

REKORD KIRI
23-12-2004
001369
5120001369001

TUGAS AKHIR

**UJI KOMPARASI
BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR
BATU PUTIH ASAL GUNUNG KIDUL
DAN KLATEN**



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DISUSUN OLEH :

NUNING BERTY RUKMINI

99 511 066

GHALIB SHUTA PURWANTO

99 511 106

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

P

691-3

perk

XVI ; 70 ; 616 ; 2004

Beton dan batu putih

TUGAS AKHIR

UJI KOMPARASI

BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR

BATU PUTIH ASAL GUNUNG KIDUL

DAN KLATEN

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia

Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat

Sarjana Teknik Sipil

DISUSUN OLEH :

NUNING BERTY RUKMINI	99 511 066
GHALIB SHUTA PURWANTO	99 511 106

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2004

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
UJI KOMPARASI
BETON RINGAN BERAGREGAT KASAR
BATU PUTIH ASAL GUNUNG KIDUL DAN KLATEN

NUNING BERTY RUKMINI
99 511 066

GHALIB SHUTA PURWANTO
99 511 106

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

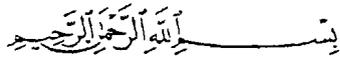


Ir. Helmy Akbar Bale, MT

Dosen Pembimbing

Tgl : *19/8/09*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan raht dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu. Tugas Akhir ini berjudul **Uji Komparasi Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Putih asal Gunung Kidul dan Klaten.**

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi jenjang program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Sipil, fakultas teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan kelemahan mengingat selama penyusunan ditemui banyak persoalan dan hambatan. Oleh karena itu saran, kritik, dan masukan sangat kami harapkan dari semua pembaca Tugas Akhir ini guna penyempurnaan bagi kami dan bagi siapapun yang nantinya memerlukan laporan Tugas Akhir ini sebagai referensi.

Pada kesempatan ini kami tidak lupa menyampaikan rasa terima kasih kami yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Helmy Akbar Bale selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Dr. Ir. Ade Ilham, MT selaku Dosen Penguji I.

4. Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT selaku Dosen Penguji II.
5. Bapak Ir. H. Munadhir selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak, ibu beserta segenap keluarga yang telah memberikan dorongan dan doa sehingga kami mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Semua rekan-rekan yang telah memberikan bantuan baik berupa saran, kritik, maupun masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu dan tidak dapat kami sebut satu persatu.

Besar harapan kami semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membutuhkan sebuah referensi mengenai pemanfaatan batu putih sebagai agregat kasar.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 2004

Penyusun

﴿٥١﴾ أَصْلَتْ بِرَبِّهِ وَتَوَكَّلْ عَلَيْهِ وَأْمُرْ بِالنَّاسِ أَنْ يَنْصُرُوا وَتَوَكَّلْ عَلَيْهِمْ وَأَنْتَ عَلَى سِدْرٍ مِّنْ عِندِ رَبِّكَ وَتَأْتِيكَ الْبُيُوتُ مِنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَأُخْرَىٰ مِمَّا رَدَّ وَرَأَىٰ لَكُمُ الْبُيُوتَ مِنْ حَيْثُ كُنْتُمْ وَأَنْتُمْ بِأَعْيُنِنَا قَدْ كُنَّا فِى لَيْلٍ مُّبِينٍ ﴿٥١﴾

Bila Kami berikan kenikmatan kepada manusia, selalu berpaling dan menjerakkan diri. Tetapi, kalau tertimpa kesesatan, ia akan bangkit berkor.

(Tushihat (11) ayat 51)

﴿٦﴾ وَمِنْ جِهَدٍ فَجَاهِدْ حَتَّىٰ تَرْضَىٰ لَكَ اللَّهُ لَيْسَ لَكَ عَلَيْهِ يَاسْرٌ وَأَنْتَ عَلَىٰ سِدْرٍ ﴿٦﴾

Siapapun yang berusaha bersungguh-sungguh, usahanya itu hakikatnya untuk dirinya sendiri. Allah Maha Kaya tidak tergantung kepada seluruh alam.

(Al'Ankabut (29) ayat 6)

﴿١٠٧﴾ وَمَا كُنَّا بِمُعْجِزِينَ لَكُمْ وَلَٰكِنَّا نَعْلَمُ مَا تَعْمَلُونَ ﴿١٠٧﴾

Tidak kah kamu mengetahui bahwa sesungguhnya kekuasaan baik di langit atau di bumi ada pada Allah ? Selain Allah kamu sekalian tidak akan mendapatkan pelindung dan penolong.

(Al Baqarah (2) ayat 107)

﴿٤٥﴾ يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اصْبِرُوا وَاصْبِرُوا بِرَأْسِهِمْ وَالْيَاكْفُرُ إِجْرَانِ ﴿٤٥﴾

Mohon lah pertolongan Allah dengan sangat sabar dan salaf. Hal itu sungguh sangat berat kecuali bagi mereka yang khinsuk.

(Al Baqarah (2) ayat 45)

LEMBAR MOTTO

LEMBAR PERSEMBAHAN



- **Bapak dan ibu tercinta**
Terima kasih yang telah memberiku kehidupan dan do'a nya yang membawaku hingga saat terakhir dibangku kuliah ini.
- **Adik-adikku Septa and Amin**
Ojo tiru masmu ini yooooo.....keset, bandel, ngeyel, akhirnya cuma nyesel dak dapat IP tinggi hehehehehe.....
- **My Dream (Ani Lestari)**
Dirimu telah memberi warna tersendiri dalam hidup, hingga menuntunku menuju kedewasaan biarpun saat ini dirimu tak dapat menemaniku seperti dulu lagi.
- **Teman TA ku Berty**
Tet ojo lali yo karo aku, inget ojo pacaran terus.
- **Agus, Arif Gondrong**
Makasih banget kemarin telah bantuin aku bermain-main dengan molen di Lab.
- **Mbak ku Wening**
Makash telah beri banyak support hingga aku bisa hadapi ujian dalam mengerjakan TA ku ini.
- **My Big Family, Nenek tersayang, Om and Tante ku, atas dukungan serta doanya selama ini.**

LEMBAR PERSEMBAHAN

- *Buat kedua orangtuaku*
Papah, terimakasih telah merawatku dari kecil, memberiku kasih sayang, semangat, harapan serta do'a nya walaupun papah jarang dirumah karena pekerjaan.
Ibu, terimakasih telah melahirkan aku dan merawatku dari kecil hingga saat ini, ibu selama ini sudah memberi kasih sayang, semangat, ketulusan serta doa, ibu adalah wanita yang sangat tegar, sanggup melalui hari-hari dengan sabar walaupun jauh dari papah, aku sangat bangga memiliki ibu.
- *Kakakku Nunung*
Makasih banyak sudah kasih semangat, rasa sayang dan kebaikanmu akan selalu aku ingat.
- *My Big Farnyli*
Kakek, Nenek, Om, tante and sepupuku semuanya makasih atas dukungannya selama ini.
- *Mas Armand*
Makasih udah kasih semangat, rasa sayang, perhatian, ketulusan, selalu kasih masukan, udah baik ma aku ,terlebih lagi bisa ngertiin dan terima aku apa adanya.
- *Buat temen-temenku*
Atun, Agus, Arif makasih bantuannya, anak-anak Wisma Kusuma yang banyak memberi warna baik siang dan malam aku syang kalian semua, buat anak 'SIPIL 99' pokoknya top abis I LOVE YOU ALL.

DAFTAR ISI

SAMPUL	.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	.....	ii
KATA PENGANTAR	.....	iii
LEMBAR MOTTO	.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	.....	vi
DAFTAR ISI	.....	viii
DAFTAR TABEL	.....	xi
DAFTAR GAMBAR	.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	.....	xiii
INTISARI	.....	xvi
Bab I Pendahuluan	.....	1
1.1. Latar Belakang	.....	1
1.2. Rumusan Masalah	.....	2
1.3. Tujuan Masalah	.....	2
1.4. Manfaat Penelitian	.....	3
1.5. Batasan Masalah	.....	3
1.6. Hipotesis	.....	4
1.7. Sistematika Penulisan	.....	4
Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori	.....	6
2.1. Hasil-hasil Penelitian	.....	6
2.2. Landasan Teori	.....	8
2.2.1. Beton	.....	8
2.2.2. Beton Ringan	.....	8
2.3. Penyusun Beton	.....	9
2.3.1. Agregat	.....	9
2.3.2. Semen Portland	.....	11

2.3.3.	Air	12
2.4.	Batu Putih	13
2.5.	Faktor Air Semen	14
2.6.	Slump	14
2.7.	Workabilitas	15
2.8.	Berat Volume	17
2.9.	Kuat Desak Beton	17
2.10.	Kuat Tarik Beton	19
2.11.	Modulus Elastis	20
2.12.	Perencanaan Campuran Beton	21
Bab III	Metode Penelitian	26
3.1.	Pengumpulan Data Awal	26
3.2.	Pelaksanaan Penelitian	27
3.2.1.	Pemeriksaan kadar lumpur pasir	27
3.2.2.	Pemeriksaan modulus halus butir	28
3.2.3.	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat	29
3.2.4.	Pemeriksaan berat volume agregat	34
3.2.5.	Pemeriksaan keausan agregat kasar	35
3.3.	Pembuatan Benda Uji	36
3.4.	Penentuan Nilai Slump	37
3.5.	Rawatan Beton	38
3.6.	Pengujian Kuat Desak dan Kuat Tarik Benda Uji	38
Bab IV	Hasil Penelitian dan Pembahasan	40
4.1.	Hasil Pengujian	40
4.1.1.	Hasil Uji Material	40
4.1.2.	Hasil Uji Sampel	41
4.2.	Analisa Data	54
4.2.1	Analisa Bahan	54
4.2.3.	Analisa Sampel / Benda Uji	58
4.3.	Pembahasan	61

4.3.1. Kandungan Lumpur dalam Pasir	61
4.3.2. Berat Volume dan Berat Jenis Agregat.....	62
4.3.3. Penyerapan Air	62
4.3.4. Abrasi	63
4.3.5. Berat Volume/Berat Jenis Beton.....	63
4.3.6. Kuat Tekan Beton	64
4.3.7. Kuat Tarik Beton	65
4.3.8. Modulus Elastis	66
Bab V Kesimpulan Dan Saran	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Saringan Inggris dan saringan Amerika yang setara	11
Tabel 2.2.	Jenis-jenis Semen	12
Tabel 2.3.	Nilai Deviasi Standar	21
Tabel 2.4.	Hubungan FAS dan kuat tekan rata-rata silinder beton	22
Tabel 2.5.	Nilai FAS Maksimum	22
Tabel 2.6.	Nilai Slump	23
Tabel 2.7.	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump	23
Tabel 2.8.	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m ³	24
Tabel 4.1.	Hasil Uji Material	40
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Silinder Beton	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Workabilitas beton dengan agregat kerikil dan batu kapur	16
Gambar 4.1.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 1	42
Gambar 4.2.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 2	43
Gambar 4.3.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 3	44
Gambar 4.4.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 4	45
Gambar 4.5.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 5	46
Gambar 4.6.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 1	47
Gambar 4.7.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 2	48
Gambar 4.8.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 3	49
Gambar 4.9.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 4	50
Gambar 4.10.	Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 9	51

DAFTAR LAMPIRAN

I. Surat-Surat Bukti Tugas Akhir

- Lampiran 1.1. Surat keterangan bimbingan tugas akhir
- Lampiran 1.2. Surat keterangan konsultasi tugas akhir
- Lampiran 1.3. Bagan Alir Prosedur Penelitian
- Lampiran 1.4. Bagan Alir Mix Design

II. Hasil-Hasil Pengujian

- Lampiran 2.1. Data pemeriksaan kadar Lumpur dalam pasir
- Lampiran 2.2. Data pemeriksaan modulus halus butir (pasir)
- Lampiran 2.3. Data pemeriksaan modulus halus butir agregat kasar (batu paras putih)
- Lampiran 2.4. Data pemeriksaan modulus halus butir agregat kasar (batu serut)
- Lampiran 2.5. Data pemeriksaan berat volume agregat halus "SSD" (pasir)
- Lampiran 2.6. Data pemeriksaan berat volume agregat kasar "SSD" (batu paras putih)
- Lampiran 2.7. Data pemeriksaan berat volume agregat kasar "SSD" (batu serut)
- Lampiran 2.8. Data pemeriksaan berat jenis agregat halus (pasir)
- Lampiran 2.9. Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar (batu paras putih)
- Lampiran 2.10. Data pemeriksaan berat jenis agregat kasar (batu serut)
- Lampiran 2.11. Data pemeriksaan keausan agregat / abrasi test AASHTO T 96 – 77 (batu paras putih)
- Lampiran 2.12. Data pemeriksaan keausan agregat / abrasi test AASHTO T 96 – 77 (batu serut)
- Lampiran 2.13. Data perhitungan material pakai dengan metode ACI (American Concrete Institute)
- Lampiran 2.16. Data pemeriksaan desak silinder beton (hari I)
- Lampiran 2.17. Data pemeriksaan desak silinder beton (hari II)

- Lampiran 2.18. Data pemeriksaan tarik belah silinder beton (hari I)
Lampiran 2.19. Data pemeriksaan tarik belah silinder beton (hari II)

III. Hasil-Hasil Perhitungan

- Lampiran 3.1. Perhitungan berat jenis beton
Lampiran 3.2. Perhitungan mutu beton (kuat desak beton kuat tarik beton)
Lampiran 3.3. Perhitungan modulus elastis beton
Lampiran 3.4. Pembacaan deformasi sampel beton berdasarkan alat ekstensometer
Lampiran 3.5. Persamaan untuk membuat grafik tegangan regangan
Lampiran 3.7. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel P. 01
Lampiran 3.8. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel P. 02
Lampiran 3.9. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel P. 03
Lampiran 3.10. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel P. 04
Lampiran 3.11. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel P. 05
Lampiran 3.12. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel S. 01
Lampiran 3.13. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel S. 02
Lampiran 3.14. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel S. 03
Lampiran 3.15. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel S. 04
Lampiran 3.16. Data-data perhitungan untuk mencari persamaan grafik tegangan regangan sampel S. 09

IV. Lampiran Grafik Modulus Elastis

- Lampiran 4.1. Modulus elastis Sampel P. 01
- Lampiran 4.2. Modulus elastis Sampel P. 02
- Lampiran 4.3. Modulus elastis Sampel P. 03
- Lampiran 4.4. Modulus elastis Sampel P. 04
- Lampiran 4.5. Modulus elastis Sampel P. 05
- Lampiran 4.6. Modulus elastis Sampel S. 01
- Lampiran 4.7. Modulus elastis Sampel S. 02
- Lampiran 4.8. Modulus elastis Sampel S. 03
- Lampiran 4.9. Modulus elastis Sampel S. 04
- Lampiran 4.10. Modulus elastis Sampel S. 09

INTISARI

Dalam perkembangan pembangunan, struktur beton mendominasi dalam bentuk bangunan terutama tempat tinggal. Namun mengingat di alam banyak terdapat jenis dan macam material, maka dalam penelitian ini dicoba menggunakan batu putih sebagai agregat kasar untuk bahan penyusun beton ringan. Tujuan penelitian ini untuk mencari nilai berat jenis beton, kuat desak beton, kuat tarik beton, dan modulus elastis beton yang dihasilkan dengan pemakaian batu putih sebagai agregat kasar.

Pada penelitian ini diambil dua macam batu putih, yaitu batu paras putih asal Gunung Kidul dan batu serut asal Klaten. Pengambilan batu macam ini bertujuan untuk membandingkan dua macam batu putih yang berbeda dan berasal dari dua daerah yang berdekatan. Metode penelitian laboratorium digunakan sebagai cara pengumpulan data.

Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa batu paras putih dan batu serut memenuhi syarat sebagai agregat ringan. Untuk batu paras putih memiliki berat jenis sebesar 1,863 dan 1,913 untuk batu serut, dengan batasan agregat ringan adalah kurang dari 2,0. Pemakaian ke dua macam batu putih tersebut tidak mencapai mutu yang diharapkan. Pada perencanaan awal diinginkan beton dapat mencapai kuat desak beton sebesar 20 MPa. Namun pada beton yang menggunakan batu paras putih didapatkan kuat desak beton sebesar 19,871 MPa dan 18,899 MPa untuk beton yang menggunakan batu serut. Untuk nilai modulus elastis secara teoritis beton ringan dapat mencapai nilai 18 GPa. Tapi pada penelitian ini untuk beton yang menggunakan batu paras putih hanya diperoleh nilai $7,473 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (0,7473 GPa) dan $6,630 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (0,663 GPa) untuk beton yang menggunakan batu serut.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton tersusun dari campuran antara semen, agregat halus dan agregat kasar. Didalam pembentukan beton itu sendiri, rencana beban sangat berpengaruh pada perbandingan material pakai penyusunnya dan juga jenis material pakainya. Untuk beton ringan dapat dibentuk berdasarkan pemakaian material agregat kasar yang ringan. Satu diantaranya adalah batu putih.

Pemakaian batu putih ini memanfaatkan hasil limbah kerajinan batu. Pemanfaatan limbah ini diharapkan nantinya akan dapat digunakan sebagai alternatif pemakaian material agregat kasar pengganti batu pecah, untuk bahan penyusun beton ringan.

Untuk penelitian mengenai batu putih itu sendiri hingga kini masih sangat terbatas, dalam arti terbatas dibandingkan dengan banyaknya ragam batu putih yang ada. Keragaman ini muncul dikarenakan berbedanya tempat dari mana batu putih itu berasal. Secara umum dapat dikatakan bahwa perbedaan asal batu putih diduga akan menentukan sifat dan kualitas batu putih yang berbeda. Penelitian yang pernah ada diantaranya adalah pemanfaatan batu putih asal Gunung Kidul tepatnya daerah Panggang. Pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan batu putih yang disebut Paras Putih dari daerah Gunung Kidul

tepatnya daerah Gari, Kelurahan Nglipar, Kecamatan Wonosari, yang akan dibandingkan dengan batu putih asal Klaten yang disebut Serut.

Dengan adanya perbedaan jenis batu putih dimungkinkan akan menyebabkan komposisi material pakai yang berbeda pula pada setiap campuran beton. Adanya penelitian ini nanti diharapkan dapat diketahui komposisi material pakai berdasarkan acuan metode pencampuran tertentu apakah dapat mencapai mutu beton yang diharapkan.

1.2. Rumusan Masalah

Satu metode pencampuran beton dicoba sebagai acuan pencampuran beton dengan agregat kasar batu putih. Pemakaian material yang berasal dari sumber yang berbeda akan memunculkan kemungkinan proporsi yang berbeda pula untuk pencapaian mutu beton yang sama. Demikian pula dengan ketercapaian mutu yang direncanakan berdasarkan metode yang dipilih.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton dengan menggunakan agregat kasar batuan Gunung Kidul dan Klaten, antara lain :

- 1) berat jenis beton yang dihasilkan,
- 2) kuat tekan beton,
- 3) kuat tarik beton, dan
- 4) modulus elastis beton.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan nantinya masyarakat dapat memanfaatkan material khususnya batu putih, sebagai agregat kasar pengganti batu pecah. Selain didapatkan manfaat dari segi kegunaan juga akan di dapat manfaat dari segi peningkatan nilai teknis batu putih dari segi ekonomis bagi masyarakat yang tinggal di daerah yang terdapat sumber batu putih yang melimpah.

1.5. Batasan Masalah

Untuk dapat lebih terarah, penelitian ini dibatasi dalam beberapa hal, yaitu :

- 1) Benda uji desak dan belah menggunakan benda uji dengan bentuk silinder tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
- 2) Semen yang dipergunakan adalah semen Portland merk Nusantara kemasan 40 kg.
- 3) Agregat halus mempergunakan pasir asal kali Krasak.
- 4) Agregat kasar menggunakan batu putih asal Gunung Kidul (paras putih) dan batu putih asal Klaten (serut).
- 5) Agregat kasar yang di pakai sudah dalam bentuk pecahan (sisa bahan pembuatan patung).
- 6) Air berasal dari Laboratorium BKT, FTSP, UII, Yogyakarta.
- 7) Campuran rencana mutu beton $f_c' = 20$ MPa dan jumlah sampel tiap jenis batuan direncanakan sebanyak 5 buah.

- 8) Campuran beton dalam pengadukan dianggap baik menggunakan metode ACI (American Concrete Institute).
- 9) Direncanakan dengan $f_{as} = 0,45$.

1.6. Hipotesis

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu putih, merupakan batuan yang mengandung unsur kapur. Kapur mempunyai sifat mampu menyerap air lebih besar jika dibandingkan dengan batu pecah karena itu dengan pemakaian batu putih sebagai agregat kasar kemungkinan kualitas beton yang dihasilkan akan lebih rendah dari yang direncanakan.

Untuk pemakaian kedua jenis batu kapur, diperkirakan beton yang menggunakan agregat kasar batu serut lebih baik daripada yang menggunakan batu paras putih, karena batu paras putih lebih mudah menyerap air sehingga agregat akan lebih rapuh saat digunakan dan hancur menjadi pasta kapur.

1.7. Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

- 1) Bab pertama, mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.
- 2) Bab kedua, tinjauan pustaka dan landasan teori, mengemukakan mengenai penelitian-penelitian terdahulu yang sekiranya dapat

dijadikan suatu acuan penelitian yang akan dilakukan ini beserta pengertian beton, penyusun beton, kapur, faktor air semen (fas), slump, workabilitas, berat volume beton, kuat desak beton, kuat tarik beton dan modulus elastis.

- 3) Bab Ketiga, metode penelitian berisikan tentang tinjauan umum, dan tata cara pelaksanaan penelitian dari persiapan bahan dan alat hingga pengujian benda uji.
- 4) Bab Keempat, hasil penelitian dan pengamatan serta pembahasan atas penelitian yang dilakukan di laboratorium.
- 5) Bab Kelima, simpulan dan saran yang didapat dari hasil penelitian di laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Beberapa karya tulis ilmiah, hasil penelitian, beserta tinjauan literatur yang terkait dengan penelitian ini, diantaranya :

2.1 Hasil-hasil Penelitian

1) Aji dan Nur Rochman (2002)

Mereka melakukan penelitian uji komparasi mengenai bahan agregat kasar dengan judul “ Penggunaan Batuan Gunung Kidul dengan Batuan Kali Krasak sebagai Agregat Kasar Beton”. Untuk pengujian ini dipergunakan 2 macam batuan dari Gunung Kidul yaitu yang disebut Watu Putih dan Watu Lintang. Salah satu kesimpulan yang mereka dapatkan adalah Watu Putih layak digunakan sebagai agregat kasar untuk beton.

2) Sugiyo dan Hurriyanto (2003)

Mereka mengambil judul “Tinjauan Kuat Desak dan Kuat Tarik Belah pada Beton dengan agregat kasar Batu Kuning”. Pada penelitian ini dipergunakan batu kuning yang berasal dari Kabupaten Sragen dan Split yang berasal dari Sungai Progo (clereng) serta agregat halus dari Kali Krasak.

Kesimpulan yang dapat dijadikan acuan pada penelitian ini antara lain bahwa pemakaian agregat yang mampu menyerap air harus dipergunakan fas lebih besar dari 0,4 dan beton yang dihasilkan mudah mengalami regangan dibandingkan beton yang menggunakan agregat kasarnya split.

3) Mindratno dan Santoso (1999)

Penelitian mereka mengambil judul “Pengaruh Variasi Campuran Agregat yang Berasal dari Sungai Clereng, Sungai Krasak, Sungai Progo, dan Sungai Srumbung terhadap Kuat Desak Beton”. Pemakaian agregat yang dimaksudkan sangat variasi. Batu pecah dari celereng produksi PT. Suradi, pasir dari sungai Srumbung Kaliurang, kerikil dan pasir dari Sungai Krasak, dan kerikil dari Sungai Progo. Inti penelitian ini untuk mengetahui variasi campuran yang dapat menghasilkan kuat desak beton yang optimal.

Kesimpulan yang dapat dijadikan acuan pada penelitian ini, pemakaian komposisi / perbandingan campuran yang berbeda dapat menghasilkan data yang berbeda pula. Selain itu dengan bahan yang berasal dari tempat yang berbeda walaupun jenisnya sama tetapi akan menghasilkan data yang berbeda pula.

2.2. Landasan teori

2.2.1. Beton

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan setara daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperature, dan kondisi perawatan pengerasannya. (Dipohusodo, 1991).

2.2.2. Beton Ringan

Beton disebut beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/cm^3 . Cara yang dapat dipakai untuk membuat beton ringan antara lain (Kardiyono, NF) :

- a. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen, sehingga akan terjadi banyak pori udara di dalam betonnya.
- b. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat, batu apung yang membuat beton akan lebih ringan daripada beton biasa.
- c. Pembuatan beton dengan tanpa butir-butir halus. Dengan demikian beton ini disebut "beton non pasir" dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20

mm atau 10 mm). Beton demikian mempunyai pori-pori yang hampir seragam.

Beton dengan agregat ringan mempunyai kuat tarik rendah, modulus elastis rendah, serta rayapan dan susutan yang lebih tinggi. Beton ringan bukanlah beton mutu rendah karena untuk beton ringan mengacu pada berat beton, tapi pada beton mutu rendah mengacu pada nilai kuat desaknya yang rendah. Pada konsep pedoman beton, mutu beton sendiri dibedakan menjadi tiga yaitu (PBI 1971) :

- a. Beton mutu rendah $f_c' < 125 \text{ kg/cm}^2$ (12,259 MPa)
- b. Beton mutu sedang $125 \text{ kg/cm}^2 \leq f_c' < 225 \text{ kg/cm}^2$
- c. Beton mutu tinggi $f_c' \geq 225 \text{ kg/cm}^2$ (22,065 MPa)

Sebagai catatan 1 MPa sama dengan 10,197 kg/cm².

Jadi, sudah jelas bahwa beton ringan bukanlah beton mutu rendah, tapi jika diinginkan untuk beton mutu sedang atau beton mutu tinggi juga dapat dibuat dari beton ringan.

2.3. Penyusun Beton

2.3.1. Agregat

Agregat merupakan salah satu material pembentuk beton yang juga menentukan kekuatan dari suatu beton. Sedangkan agregat sendiri terbagi atas :

1) Agregat kasar

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan

dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm (PBI 1971 pasal 3.4. ayat 1).

2) Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. (PBI 1971 pasal 3.3. ayat 1).

Untuk membedakan macam agregat ini, dapat dipergunakan metode saringan/ayakan (proses analisa saringan). Jenis saringan yang dapat digunakan ada dua macam yaitu berdasar acuan Saringan Inggris dan Saringan Amerika. Perbandingan antara keduanya dalam dilihat berdasarkan tabel dibawah ini (Murdock dan Brook, 1991).

Tabel 2.1. Saringan Inggris dan Saringan Amerika yang setara

Saringan Uji BS 410		Saringan ASTM E11-70 yang ditunjuk sebagai saringan setara	
Ukuran Nominal Lubang			
Metrik	Satuan Inggris yang setara	Lebar Standar Lubang Saringan	Saringan ASTM
37,5 mm	1½ in	38,1 mm	1½ in
20,0 mm	¾ in	19,0 mm	¾ in
10,0 mm	⅜ in	9,5 mm	⅜ in
5,0 mm	3/16 in	4,76 mm	No. 4
2,36 mm	No. 7	2,38 mm	No. 8
1,18 mm	No. 14	1,19 mm	No. 16
600 m	No. 25	595 m	No. 30
300 m	No. 52	297 m	No. 50
150 m	No. 100	149 m	No. 100
75 m	No. 200	74 m	No. 200

2.3.2. Semen Portland

Semen yang dipakai untuk bahan beton adalah Semen Portland atau Semen Portland Pozzolan, berupa semen hidrolis yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton (Dipohusodo, 1991). Kata hidrolis diatas berarti menyatakan bahwa air dipergunakan sebagai bahan pelarut.

Adapun bahan-bahan penyusun dari semen itu sendiri terdiri atas (Murdock dan Brook, 1991) :

- 1) Tricalcium Aluminate (C_3A)
- 2) Tricalcium Silikat (C_3S)
- 3) Dicalcium Silikat (C_2S)
- 4) Tetar Calcium Aluminoferrite (C_4AF)

Sedangkan dari jenis semen sendiri dibedakan atas (PUBI – 1982) :

Tabel 2.2. Jenis-jenis Semen

Jenis Semen	Tujuan Pemakaian
Jenis I	Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya
Jenis II	Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang
Jenis III	Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi
Jenis IV	Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah
Jenis V	Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

2.3.3. Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi utama yaitu (Murdock dan Brook, 1991) :

- 1) untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
- 2) sebagai pelincir campuran kerikil, pasir, dan semen agar mudah pencetakan

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, antara lain (PBI NI-2 1971):

- 1) Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan / atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.
- 2) Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh air itu ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diselidiki sampai seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton dan/atau tulangan.
- 3) Apabila pemeriksaan contoh air seperti disebut dalam ayat 2 itu tidak dapat dilakukan, maka dalam hal ini adanya keragu-raguan air harus diadakan perbandingan antara kekuatan tekan mortal semen + pasir dengan memakai air itu dan dengan memakai air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai, apabila kekuatan tekan mortal dengan memakai air itu pada umur 7 dan 28 hari paling sedikit

adalah 90% dari kekuatan tekan mortal dengan memakai air suling pada umur yang sama.

- 4) Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

2.4. Batu Putih

Dalam penelitian ini batu putih dipergunakan sebagai material pengganti agregat kasar. Batu putih dalam rumus senyawa dapat dinyatakan sebagai CaCO_3 dan selama ini jarang dipergunakan sebagai agregat. Batu putih banyak digunakan dalam bentuk serbuk kapur yang hingga kini lebih banyak digunakan sebagai bahan ikat sedangkan untuk bahan bangunan kapur dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam berdasar penggunaannya yaitu kapur pemutih dan kapur aduk (Kardiyono, 1992).

Untuk mendapatkan hasil di atas kapur harus mengalami pemanasan guna memisahkan antara kapur dengan karbon dioksida yang terkandung di dalamnya dan untuk penelitian ini digunakan batu putih seperti dalam keadaan biasa tanpa mengalami pemanasan terlebih dahulu. Hanya saja batu kapur dipecah menjadi bongkahan kecil-kecil sesuai ukuran agregat yang diinginkan.

Kebanyakan kapur digunakan sebagai bahan kerajinan pahat batu seperti halnya patung. Batuan paras putih dan serut merupakan 2 jenis batuan yang dapat dipergunakan sebagai bahannya. Para pengrajin dari Bali khususnya secara khusus

telah mendatangkan ke dua jenis batuan tersebut sebagai salah satu dasar pembuatan patung.

2.5. Faktor Air Semen (fas)

Nilai fas merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan berat air terhadap berat semen yang dinyatakan dengan rumus :

$$\text{fas} = \frac{w_n + w_m}{w_c} = \frac{W}{W_c} \quad \dots\dots (2.1)$$

fas = faktor air semen

w_n = berat air yang diserap dalam agregat, kg

w_m = berat air permukaan pada agregat, kg

w_c = berat semen, kg

Semakin besar nilai fas, maka semakin besar pula berat air pada campuran dan semakin banyaknya air maka akan mengurangi lekatan antar agregat. Perbandingan ini disimpulkan dalam suatu hukum perbandingan air semen dari Abrams (Murdock dan Brook, 1991), "Pada bahan-bahan dan keadaan pengujian tertentu, jumlah air campuran yang dipakai menentukan kekuatan beton, selama campuran cukup plastis dan dapat dikerjakan".

2.6. Slump

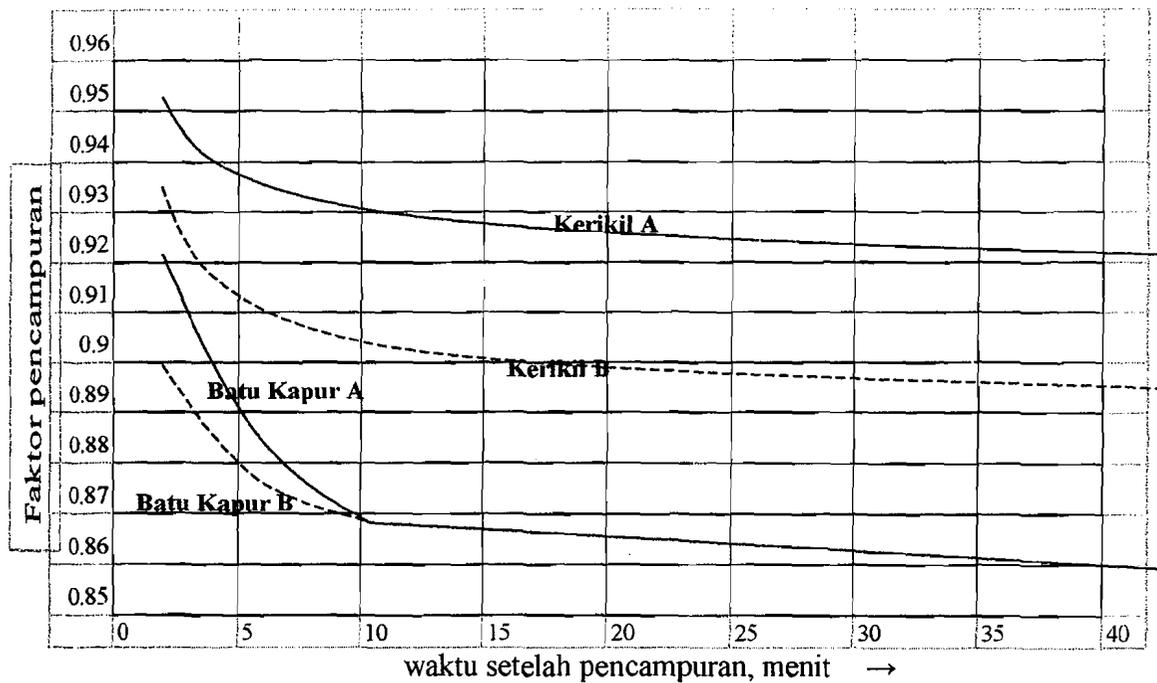
Pengujian slump merupakan salah satu cara untuk mengetahui tingkat kelecakan campuran adukan beton setelah campuran beton itu diaduk dalam suatu molen sehingga nilai slump ini sangat dipengaruhi oleh faktor air. Berbeda dengan

fas yang mencari perbandingan air semen, slump merupakan nilai yang dipakai sebagai ukuran kekentalan dari suatu campuran. Semakin banyak air maka semakin besar pula nilai slump, atau dapat dikatakan bahwa campuran terlalu encer.

2.7. Workabilitas

Istilah workabilitas sulit untuk didefinisikan dengan tepat, dan Newman mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah (Murdock dan Brook, 1991) :

- 1) Kompaktibilitas atau kemudahan di mana beton mudah dipadatkan dan rongga-rongga diambil.
- 2) Mobilitas atau kemudahan di mana beton dapat mengalir ke dalam cetakan di sekitar baja dan dituang kembali.
- 3) Stabilitas atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen ; koheren dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi / pemisahan butiran dari bahan-bahan utamanya.



Gambar 2.1. Workabilitas beton dengan agregat kerikil dan batu kapur

sumber : Murdock dan Brook 1991

Keterangan :

- Campuran pada tiap kasus ialah 1 : 6 (semen : agregat) dan pasir kali digunakan untuk semua campuran.
- Semua campuran : perbandingan air/semen efektif 0,6.
- Bantuan untuk penyerapan agregat diberikan oleh :
 - A. Tambahan air yang ditambahkan pada waktu mencampur (seolah-olah digunakan agregat kering).
 - B. Air yang secukupnya ditambahkan pada agregat kering untuk memberi kejenuhan air $\frac{1}{2}$ jam sebelum pencampuran
- Suhu pencampuran dan perawatan : 18°C (64°F)
- Penguapan dicegah, sebelum dan sesudah pencampuran.

2.8. Berat Volume Beton

Nilai ini menyatakan berat beton persatuan volume yang dapat dirumuskan sebagai :

$$BV = \frac{B_s}{V_b} \quad \dots\dots (2.2)$$

Bv = Berat volume (kg/cm³)

B_s = Berat beton (kg)

v_b = Volume beton (cm³)

Dalam penelitian ini dipergunakan sampel beton dengan bentuk silinder maka volume beton dapat dinyatakan sebagai $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$. dengan d sebagai diameter silinder beton dan t sebagai tinggi silinder beton.

2.9. Kuat Desak Beton

Kuat desak beton menyatakan kekuatan atau batas maksimum yang dimiliki oleh beton dalam menerima gaya desak. Kekuatan maksimum dapat terlihat dimana saat beton menerima beban tertentu dan menimbulkan kerusakan yang menyebabkan kekuatan dari beton tersebut menurun. Kuat beton ini tergantung dari macam gaya yang bekerja (terpusat atau merata) dan juga dipengaruhi oleh luasan beton yang menerima gaya tersebut. Kuat desak beton ini dirumuskan sebagai :

$$f_c' = \frac{P_{\text{mak}}}{A_s} \quad \dots\dots (2.3)$$

f_c' = Kuat Desak Beton (N/m^2)

P_{mak} = Beban Maksimum yang merusak silinder beton (N)

A_s = Luas tampang silinder beton (m^2)

Jika penelitian memakai beberapa sampel maka kuat desak beton dapat diambil sebagai nilai rerata kuat desak semua sampel yang dirumuskan sebagai

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c}{n} \quad \dots\dots (2.4)$$

f_{cr} = kuat desak rerata silinder beton (N/m^2)

n = jumlah sampel / benda uji beton

Pada penelitian yang terdapat lebih dari 20 sampel. Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan tersebut menyebar normal (mengikuti lengkung dari Gauss), maka ukuran besar kecilnya penyebaran dari pemeriksaan tersebut, jadi ukuran dari mutu pelaksanaan, adalah deviasi standar menurut rumus (PBI NI-2 1971 pasal 4.5 ayat 1) :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{N - 1}} \quad \dots\dots (2.5)$$

Keterangan : s = deviasi standar (kg/cm^2)

σ_b' = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

σ_{bm}' = kekuatan tekan beton rata-rata (kg/cm^2) menurut rumus

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_1^N \sigma'_b}{N} \quad \dots\dots (2.6)$$

N = jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan, jadi seluruh benda uji yang diperiksa, yang harus diambil minimum 20 buah

Sehingga kekuatan beton karakteristik dapat dihitung sesuai dengan PBI NI-2 1971 pasal 4.5 ayat 2 :

Dengan menganggap nilai-nilai dari hasil pemeriksaan benda uji menyebar normal (mengikuti lengkung dari Gauss), maka kekuatan tekan beton karakteristik σ'_{bk} , dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi syarat seperti ditentukan dalam pasal 4.1. ayat 1, ditentukan oleh rumus :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64.s \quad \dots\dots (2.7)$$

dimana s adalah deviasi standard yang ditetapkan dalam ayat 1.

Apabila sampel kurang dari 20 buah maka hasil-hasil pemeriksanan benda uji harus dievaluasi menurut dalil-dalil matematika statistik (rumus 2.4.) sehingga peramalan dari kekuatan beton dan/atau deviasi standard dapat dilakukan dengan derajat konfidensi yang cukup.

2.10. Kuat Tarik Beton

Secara umum kekuatan tarik suatu beton kurang sekali diperhitungkan. Dikarenakan kekuatan tarik yang dimiliki oleh beton sendiri sangatlah kecil. Pada beton normal diperkirakan berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,

1991). Sehingga beton jarang direncanakan berdasarkan kekuatan tariknya atau didesain untuk menerima beban tarik.

Kekuatan tarik belah beton dapat dirumuskan sebagai :

$$f_t = \frac{2.P_t}{\pi.L.D} \quad \dots\dots (2.8)$$

f_t = Kuat Tarik Belah (N/m^2)

P_t = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (m)

D = Diameter benda uji silinder (m)

2.11. Modulus Elastis

Modulus elastis adalah suatu konstanta bahan yang mempunyai nilai tertentu. Tiap bahan mempunyai modulus elastis tersendiri yang memberi gambaran mengenai perilaku bahan itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai modulus elastis semakin kecil, akan semakin mudah bagi bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan. (Vis dan Kusuma, 1993).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad \dots\dots (2.9)$$

dimana

$$\sigma = \frac{P}{A_s} \quad \dots\dots (2.10)$$

$$\epsilon = \frac{x}{L} \quad \dots\dots(2.11)$$

Keterangan	E	= modulus elastis, (kg/m ²)
	ϵ	= regangan
	L	= Panjang benda uji silinder, (m)
	σ	= tegangan, (kg/m ²)
	A _s	= Luas tampang silinder beton, (m ²)
	P	= beban (kg)
	x	= perubahan bentuk dibawah beban (arah tinggi), (m)

2.12. Perencanaan Campuran Beton Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*)

a. Hitung kuat tekan rata-rata beton dengan memakai rumus :

$$m = 1,64 \times S_d \quad \dots\dots (2.12)$$

$$f'_{cr} = f_c + m \quad \dots\dots (2.13)$$

Keterangan :	S _d	= nilai deviasi standar
	m	= nilai margin, MPa
	f _c	= kuat tekan yang disyaratkan, MPa
	f' _{cr}	= kuat desak rerata, MPa

Untuk nilai deviasi standar dapat dicari berdasarkan tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai Deviasi Standar (kg/cm²)

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar / s (kg/cm ²)		
Sebutan	Jumlah Beton (m ³)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
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 ≤ 35	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 65

- b. Dihitung nilai faktor air semen dengan tabel 2.4.

Tabel 2.4. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton pada umur 28 hari

Faktor Air Semen	Perkiraan Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,8	14

Dan dari tabel 2.5 didapat fas maksimum

Tabel 2.5. Nilai Faktor Air Semen Maksimum

Beton di dalam ruang bangunan	
a Keadaan keliling non-korosif	0,6
b Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
Beton di luar ruang bangunan	
a Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
Beton yang masuk ke dalam 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 kontinu berhubungan dengan air	
a Air tawar	0,57
b Air laut	0,52

c. Nilai Slump didapatkan dari tabel 2.6.

Tabel 2.6. Nilai Slump (cm)

Uraian	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di 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

d. Tetapkan jumlah air yang dibutuhkan per meter kubik beton dengan berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum kerikil menurut tabel 2.7.

Tabel 2.7. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat, (liter)

Slump, mm	Ukuran maksimum agregat, mm		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara Terperangkap, %	3	2	1

e. Dihitung jumlah semen yang diperlukan per meter kubik beton dengan rumus :

$$w_s = \frac{A}{fas} \quad \dots (2.14)$$

Keterangan : w_s = berat semen, ton

A = volume air, m^3

fas = faktor air semen

- f. Dihitung volume kerikil berdasarkan ukuran maksimum kerikil dan modulus halus butir pasir, dengan tabel 2.8.

Tabel 2.8. Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m³ beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya, dalam m³

Ukuran maksimum agregat, mm	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,4
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,8	0,78
150	0,9	0,88	0,86	0,84

Volume kerikil dapat dihitung dengan rumus :

$$w_k = B_{j_k} \times mhb \quad \dots\dots (2.15)$$

Keterangan : w_k = berat kerikil, Kg

mhb = modulus halus butir, m³

B_{j_k} = berat jenis kerikil, t/m³

- g. Jumlah volume absolute air, semen, kerikil, dan udara adalah :

$$v_t = v_a + v_c + v_k + v_u \quad \dots\dots (2.16)$$

v_t = volume absolute air, semen, kerikil, udara, m³

v_a = volume air, m³

v_c = volume semen, m³

v_k = volume kerikil, m³

v_u = volume udara, m³

Volume absolute pasir :

$$v_p = 1 - v_t \quad \dots\dots (2.17)$$

v_p = volume pasir, m^3

$$w_p = v_t \times B_j_p \quad \dots\dots (2.18)$$

B_j_p = Berat jenis pasir

- h. Kontrol hitungan dengan cara menghitung berat 1 m^3 beton, yaitu berat total air, semen, kerikil, dan pasir :

$$\text{Berat beton} = w_a + w_s + w_k + w_p \quad \dots\dots (2.19)$$

w_a = berat air, ton

w_s = berat semen, ton

w_k = berat kerikil, ton

w_p = berat pasir, ton

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data Awal

Pengumpulan data diambil dari material yang dipakai penelitian ini yaitu material yang dipergunakan sebagai bahan-bahan penyusun beton antara lain semen dan agregat baik kasar maupun halus serta air.

1) **Semen**

Semen digunakan semen Nusantara kemasan 40 kg yang mudah didapat di pasaran.

2) **Agregat Kasar**

Agregat kasar digunakan batu putih yang diambil pada lokasi yang sama yaitu tempat pengrajin batu. Batuan pakai berupa batuan pecah atau sisa pemakaian dari pembuatan kerajinan dari batu seperti patung, meja, kursi, dan lain sebagainya. Untuk batu putih yang diambil sebagai bahan penelitian ini diambil 2 (dua) macam yaitu batu serut yang berasal dari Klaten dan batu paras putih yang berasal dari Gunung Kidul.

3) Agregat Halus

Agregat halus berasal dari Kali Krasak. Agregat pakai ini jika diperlukan dilakukan pencucian terlebih dahulu sehingga diharapkan kandungan lumpur yang ada dapat diminimalkan.

4) Air

Air diambil dari air yang tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

3.2. Pelaksanaan Penelitian

3.2.1. Pemeriksaan kadar lumpur pasir

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kandungan lumpur dalam agregat pasir baik sebelum maupun sesudah mengalami pencucian. Alat yang terpakai antara lain : gelas ukur 250 cc, timbangan, air, oven dengan suhu $(105 - 110)^{\circ} \text{C}$ dan alat tulis. Adapun tahapan yang dilakukan :

- 1) Siapkan alat dan bahan (pasir) terlebih dahulu.
- 2) Timbang piring sebelum digunakan untuk tempat pasir (w_{pi}).
- 3) Pasir 100 gram di timbang, lalu dimasukkan ke dalam gelas ukur 250 cc dan di isi dengan air jernih hingga setinggi 12 cm di atas muka pasir.
- 4) Gelas ukur di kocok-kocok selama ± 25 kali, biarkan selama ± 1 menit, bila air dalam gelas masih terlihat keruh, maka air di buang dan di isi kembali dengan air yang jernih.

- 5) Lakukan hingga pasir dalam gelas ukur jernih, lalu air dipisahkan dengan pasir dan di buang, pasir letakkan dalam piring, kemudian masukkan dalam oven pada suhu $(105 - 110)^{\circ} \text{C}$ selama ± 36 jam.
- 6) Pasir dikeluarkan dari oven di dinginkan, dan timbang beratnya (w_{ko}), setelah itu pasir di buang.

$$\text{Kandungan Lumpur} = \frac{100 - (w_{ko} - w_{pi})}{100} \times 100\% \quad \dots\dots (3.1)$$

Keterangan : w_{ko} = berat kering oven, (gram)

w_{pi} = berat piring, (gram)

3.2.2. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan.

Alat-alat yang dipergunakan :

- 1) Timbangan
- 2) Satu set saringan dengan urutan ukuran pakai $1 \frac{1}{2}$ in, $\frac{3}{4}$ in, $\frac{3}{8}$ in, no.4, no.8, no. 16, no. 30, no. 50, no. 100, no. 200. (standar ASTM).
- 3) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- 4) Talam (loyang)
- 5) Mesin penggoyang saringan

Tahapan pemeriksaannya :

- 1) Agregat diambil sebanyak 5000 gram, kemudian masukkan ke dalam oven pada suhu $(100 \pm 25)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- 2) Keluarkan agregat diamkan sejenak, lalu ambil sebanyak 2000 gram untuk agregat halus dan 2500 gram untuk agregat kasar..
- 3) Persiapkan saringan sesuai dengan urutan, lalu letakkan saringan tersebut pada mesin penggoyang.
- 4) Agregat yang telah ditimbang tersebut letakkan pada saringan.
- 5) Aktifkan mesin penggoyang selama ± 15 menit.
- 6) Setelah itu, ambil agregat dan timbang setiap agregat yang tertinggal pada setiap saringan.
- 7) Catat setiap berat agregat yang tertinggal.
- 8) Lakukan percobaan diatas pada agregat kasar dan agregat halus.

3.2.3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat kering permukaan jenuh (SSD) dan penyerapan dari agregat.

- 1) Berat jenis permukaan jenuh (SSD), yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- 2) Penyerapan adalah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap agregat kering.

a. Agregat Kasar

Adapun alat-alat yang dipersiapkan :

- 1) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
- 2) Tempat air dengan bentuk dan kapasitas yang sesuai dengan pemeriksaan. Tempat ini harus diperlengkapi dengan pipa, sehingga permukaan air selalu tetap.
- 3) Timbangan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- 4) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu hingga $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- 5) Alat pemisah contoh.
- 6) Saringan no.4.

Untuk pelaksanaan pengujian dikerjakan melalui tahapan :

- 1) Setelah dicuci (2500 gram) batu putih direndam dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
- 2) Batu putih dimasukkan dalam keranjang, kemudian dimasukkan ke dalam bak terendam yang terisi air dan digoncang-goncangkan agar udara yang tersekap dapat keluar. Kemudian ditimbang beratnya dalam air. (w_{aa})

- 3) Batu putih dikeluarkan dari air dan lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD). Untuk ukuran yang besar pengeringannya satu persatu.
- 4) Batu putih ditimbang dalam kering permukaan jenuh. (w_{jn})
- 5) Batu putih dikeringkan dalam oven antara suhu (100 – 110)°C, sampai kering.
- 6) Batu putih dikeluarkan dari oven, didiamkan sampai mencapai suhu ruangan lalu ditimbang sehingga diperoleh berat kering. (w_{ko})

$$\text{Berat SSD} = \frac{w_{jn}}{w_{jn} - w_{aa}} \quad \dots\dots (3.2)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{w_{jn} - w_{ko}}{w_{ko}} \times 100\% \quad \dots\dots (3.3)$$

Keterangan w_{jn} = berat agregat (batu putih) jenuh, (gram)

w_{aa} = Berat agregat (batu putih) dalam air, (gram)

w_{ko} = Berat kering oven, (gram)

b. Agregat Halus

Peralatan yang dipergunakan antara lain :

- 1) Timbangan halus dengan ketelitian 0,1 gram.
- 2) Picnometer dengan kapasitas 500 ml.
- 3) Conne / kerucut terpancung (tabung kerucut dengan penumbuknya) dengan ukuran diameter atas (40 ± 3) mm dan diameter bawah (90 ± 3) mm dan tingginya (75 ± 3) mm, dengan tebal logam 0,8 mm, dan ukuran penumbuk yang mempunyai

bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.

- 4) Saringan no. 4.
- 5) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai (110 ± 5)° C.
- 6) Loyang seng dan loyang plastik (talam).
- 7) Kuas, bejana tempat air dan alat yang lainnya.
- 8) Thermometer.
- 9) Pompa hampa udara (vacum pump) atau tungku.
- 10) Air suling.

Tahapan pemeriksaannya :

- 1) Pasir sebanyak 2500 gram ditimbang.
- 2) Pasir dikeringkan di dalam oven pada suhu (150 ± 5)°C, sampai kering tetap / berat tetap, didinginkan pada suhu ruang dan kemudian direndam di dalam air selama (24 ± 4) jam sampai basah jenuh. Berat tetap yang dimaksud adalah keadaan berat pasir selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1%.
- 3) Air rendaman dibuang dengan hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang.
- 4) Pasir dimasukkan ke dalam loyang seng, kemudian dipanaskan dengan menggunakan kompor dan dengan dibolak-balik hingga kering permukaan jenuh.

- 5) Untuk mengetahui kering permukaan semu dengan jalan ditest memakai conne dengan diisi sebanyak 3 lapis hingga penuh dimana tiap lapis ditumbuk lapis pertama 8 kali, lapis kedua 8 kali dan lapis ketiga 9 kali, kemudian conne diangkat dengan hati-hati, kalau pasir masih berbentuk kerucut seperti conne berarti benda uji belum mencapai kering permukaan jenuh.
- 6) Pekerjaan no. 4 dan no. 5 diulangi lagi sampai kering permukaan jenuh (SSD).
- 7) Kalau sudah mencapai keadaan SSD pasir ditimbang sebanyak 500 gram dan dimasukkan ke dalam picnometer yang sudah diketahui beratnya, kemudian diisi lagi dengan air suling sebanyak 90% dari kapasitas picnometer.
- 8) Picnometer yang sudah berisi pasir dan air suling diletakkan di atas kompor yang sudah dinyalakan, kemudian direbus untuk menghilangkan gelembung udara yang ada di dalam pasir atau dapat digunakan pipa hampa udara guna mempercepat proses tersebut tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap.
- 9) Setelah mendidih didiamkan sampai mencapai suhu ruang, kemudian ditambah air suling sebanyak yang diperlukan (sampai batas maksimum) lalu ditimbang. Perhitungkan suhu standar 25°C.
- 10) Ditambahkan dengan air sampai tanda batas dan timbang picnometer berisi air dan pasir sampai ketelitian 0,1 gram. (W_t)

- 11) Pasir dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian didinginkan dan diuji dalam desikator.
- 12) Setelah dingin pasir ditimbang. (W_{ko}) Ditentukan berat picnometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C . (W)

$$\text{Berat SSD} = \frac{W_g}{w + w_g - w_t} \quad \dots\dots (3.4)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{W_g - W_{ko}}{W_{ko}} \times 100\% \quad \dots\dots (3.5)$$

Keterangan w = berat picnometer berisi air, (gram)

w_t = berat picnometer berisi air dan pasir, (gram)

w_{ko} = berat pasir kering oven, (gram)

w_g = berat agregat ditimbang di udara

Dengan 500 adalah berat pasir mula-mula.

3.2.4. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat agregat per satuan volume.

Adapun peralatan yang dipersiapkan :

- 1) Tabung silinder ($\emptyset 15 \times t 30$) cm.
- 2) Timbangan kapasitas 20 kg.
- 3) Tongkat penumbuk $\emptyset 16$ panjang 60 cm.
- 4) Serok, sekop, lap.

Tahapan pemeriksaannya :

- 1) Timbang berat tabung (W_t) dan volume tabung (V).
- 2) Isi tabung dengan agregat dengan setiap $\frac{1}{3}$ volume ditumbuk sebanyak 25 kali, lalu timbang (W_{ta}).
- 3) Lakukan pada agregat kasar dan agregat halus.

$$\text{Berat Volume} = \frac{B_s}{V_b} = \frac{w_{ta} - w_{ts}}{V_b} \quad \dots\dots (3.6)$$

Keterangan B_s = berat beton, (kg)

w_{ta} = berat tabung silinder berisi agregat, (kg)

w_{ts} = berat tabung silinder, (kg)

v_b = volume beton, (m^3)

3.2.5. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angelos. Alat-alat yang dipergunakan : Mesin Los Angelos, saringan no. 12, timbangan dengan tingkat ketelitian 5 gram, bola baja dengan diameter 4,68 cm dan berat antara 390 - 445 gram, oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ C$. Tahapan pemeriksaan :

- 1) Timbang agregat sebanyak masing-masing 2500 gram untuk agregat yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ in dan $\frac{1}{2}$ in. (W_1).
- 2) Agregat (kedua ukuran) dan bola dimasukkan ke dalam mesin Los Angelos.
- 3) Putar mesin dengan kecepatan 30-33 RPM, 500 putaran untuk gradasi A, B, C, dan D, 100 putaran untuk gradasi E, F, dan G.

- 4) Setelah selesai pemutaran keluarkan batu putih dari mesin, kemudian saring dengan saringan no. 12. Butiran yang tertahan di atasnya dicuci, selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ kemudian setelah dikeluarkan dari oven ditimbang (W_{ko})

$$\text{Keausan} = \frac{w_1 - w_{ko}}{w_1} \times 100\% \quad \dots\dots (3.7)$$

Keterangan w_1 = Berat agregat (batu putih), (kg)

w_{ko} = Berat kering oven, (kg)

3.3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan campuran benda uji berdasarkan metode ACI (American Concrete Institute).

Adapun tahapan pembuatan benda uji :

- 1) Alat-alat (molen, cetok, ember tempat bahan, cetakan silinder, kaca) yang akan dipergunakan dipersiapkan terlebih dahulu.
- 2) Persiapkan jumlah bahan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan (komposisi perbandingan berat), berdasarkan perhitungan yang ada (metode ACI).
- 3) Agregat (halus dan kasar) harus dalam keadaan SSD (kering permukaan) terlebih dahulu.
- 4) Cetakan silinder ditimbang dan diukur dimensinya.
- 5) Bahan-bahan yang sudah dipersiapkan dicampur / diaduk dalam molen sampai rata sambil ditambahkan air secukupnya.

- 6) Bila sudah cukup rata adukan beton isikan pada cetakan silinder lalu ditimbang beratnya dan dicatat hasilnya.
- 7) Diatas permukaan beton ditutupi dengan kaca yang dilapisi minyak pelumas dan diberi pemberat atasnya.

3.4. Penentuan Nilai Slump

Nilai slump menandakan kepadatan dan atau kecairan campuran beton.

Alat-alat yang dipergunakan antara lain :

- 1) Corong baja yang berbentuk konus pada kedua ujungnya. Bagian bawah berdiameter 20 cm dan bagian atas berdiameter 10 cm dengan tinggi 30 cm disebut juga sebagai kerucut Abrams.
- 2) Tongkat baja dengan diameter 1,6 cm dan panjang 60 cm, bagian ujungnya bulat.

Adapun tahapan pengerjaannya :

- 1) Isikan adukan beton pada kerucut Abrams.
- 2) Pengisian dilakukan secara tiga tahap dimana pada setiap tahapnya ditusuk sebanyak 25 kali. Setelah merata hingga permukaan cetakan kerucut Abrams diangkat perlahan dan akan terjadi penurunan pada adukan beton tersebut. Penurunan adukan beton menunjukkan nilai slump dengan harga ideal antara 7,5 – 10,0 cm.

3.5. Rawatan Beton

Rawatan beton ini bertujuan agar permukaan beton segar selalu lembab hingga beton dianggap cukup keras. Kelembaban ini dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna.

Beberapa cara yang dapat dipergunakan untuk merawat beton :

- 1) Meletakkan beton segar di dalam ruangan yang lembab.
- 2) Meletakkan beton segar dalam genangan air atau perendaman.
- 3) Menyelimuti permukaan beton segar dengan karung yang basah.
- 4) Menyirami permukaan beton segar secara teratur.

Untuk penelitian ini dipakai benda uji pada umur 28 hari dengan meletakkan beton segar dalam genangan air atau perendaman.

3.6. Pengujian Kuat Desak dan Kuat Tarik Benda Uji

Pengujian dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari. Adapun langkah-langkah pengujiannya :

- 1) benda uji yang telah mencapai umur 28 hari dipersiapkan,
- 2) ditimbang untuk mendapatkan data berat silinder beton dalam keadaan kering,
- 3) mengukur dimensi benda uji menggunakan kaliper,
- 4) meletakkan benda uji pada mesin uji desak yang diletakkan secara vertikal untuk uji desak dan diletakkan secara horisontal untuk uji kuat tarik belah dengan cara peletakan secara simetris,

-
- 5) menyalakan mesin uji desak dengan tekanan yang dinaikkan secara berangsur-angsur dengan kecepatan 0.05"/menit tiap detik.
 - 6) pembebanan dilakukan sampai benda uji tidak kuat lagi menahan tekanan dan retak atau hancur,
 - 7) mencatat regangan, khususnya untuk pengujian kuat desak hingga mencapai pembebanan maksimal.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Uji Material

Uji material dimaksudkan untuk mengetahui data awal mengenai material pakai. Data awal itu antara lain kandungan lumpur dalam pasir, modulus halus butir, berat volume, berat jenis, penyerapan air, dan keausan/abrasi. Data-data yang di dapat akan dipergunakan sebagai acuan perhitungan campuran beton.

Adapun data-data yang diperoleh :

Tabel. 4.1. Hasil Pengujian Material

Penelitian	Paras putih	Scrut	Pasir
Kandungan lumpur dalam pasir	-	-	1 %
Modulus halus butir	7,3 %	7,056 %	2,58 %
Berat volume	0,905 t/m ³	0,867 t/m ³	1,62 t/m ³
Berat jenis SSD	1,863	1,913	2,688
Penyerapan air	25,17 %	18,141 %	11,12 %
Abrasi	75,68 %	56,77 %	-
Ukuran agregat maksimum	40 mm	40 mm	-

4.1.2. Hasil Uji Sampel

Berdasarkan pengujian benda uji di laboratorium didapatkan hasil sebagai berikut :

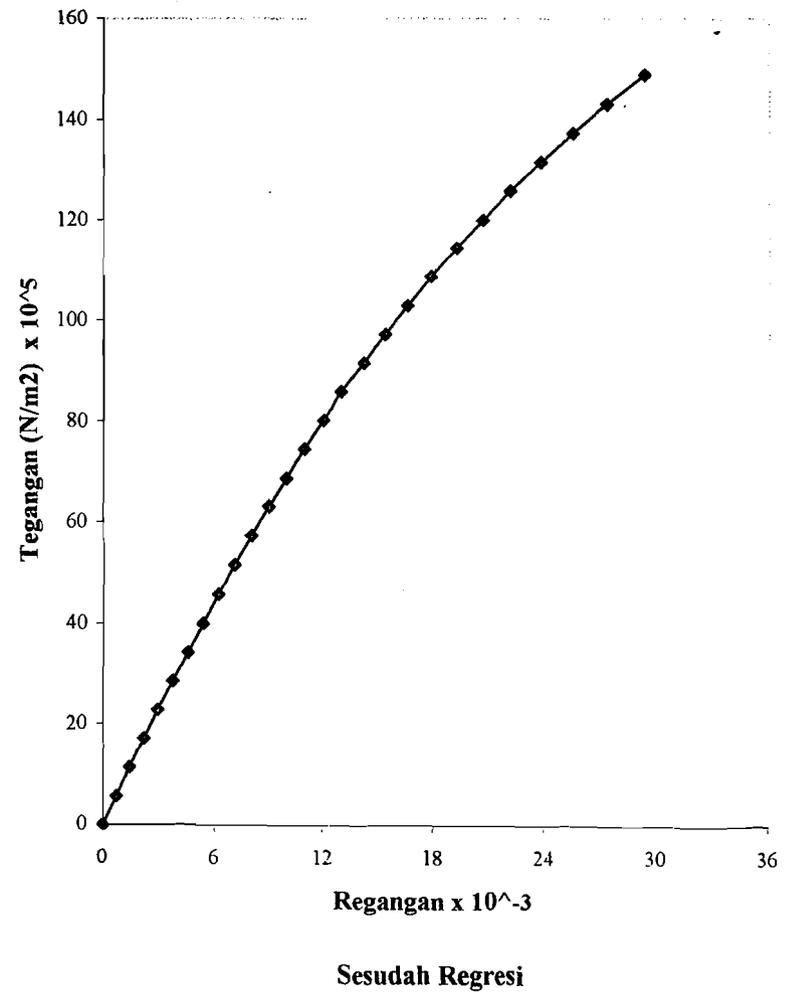
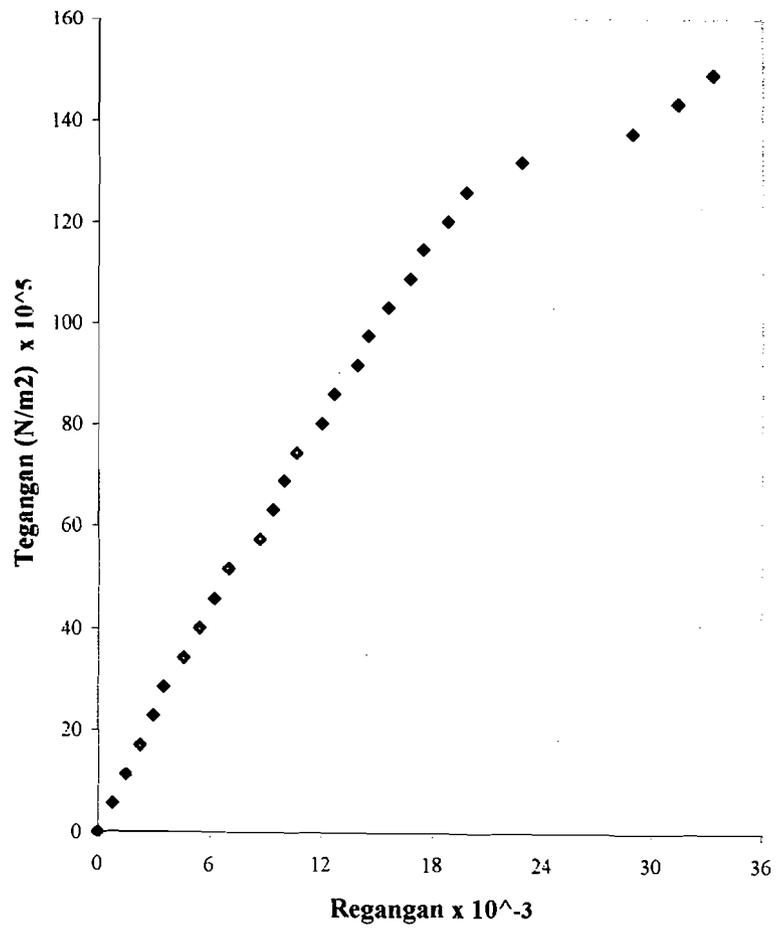
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Silinder Beton

Jenis Uji	Silinder Beton dengan Agregat Kasar			
	Paras Putih		Serut	
Berat Volume Rata-rata	2.172	t/m ³	2.137	t/m ³
Kuat Desak Rata-rata	19.695	MPa	18.899	MPa
Kuat Tarik Rata-rata	1.279	MPa	1.911	MPa
Modulus Elastis Rata-rata ($\times 10^8$)	7.625	Pa	6.770	Pa

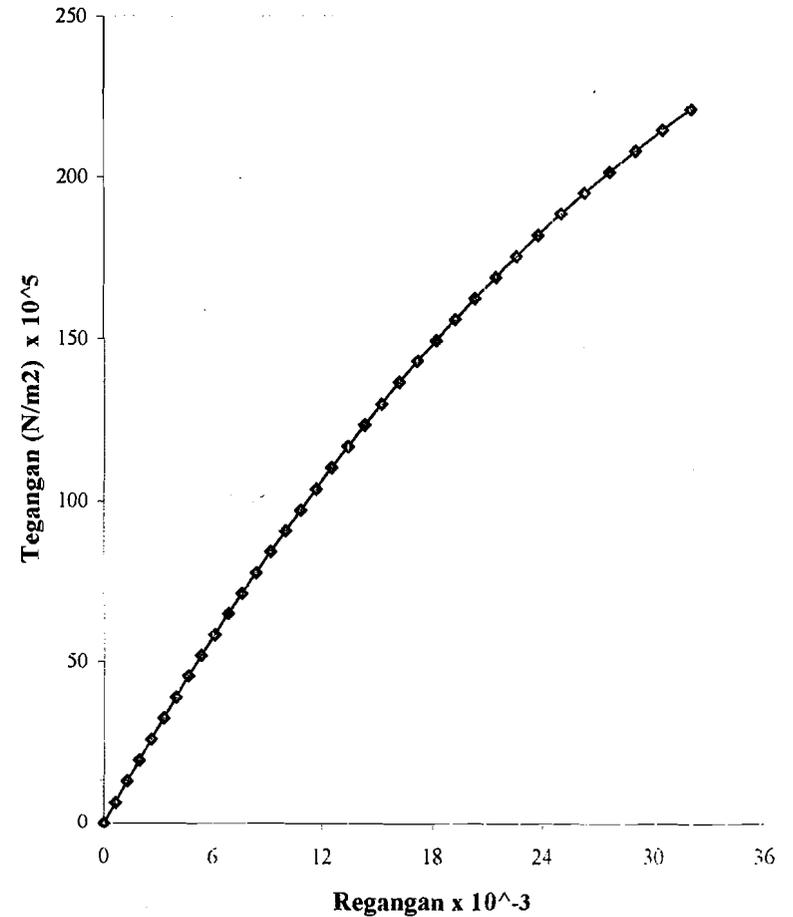
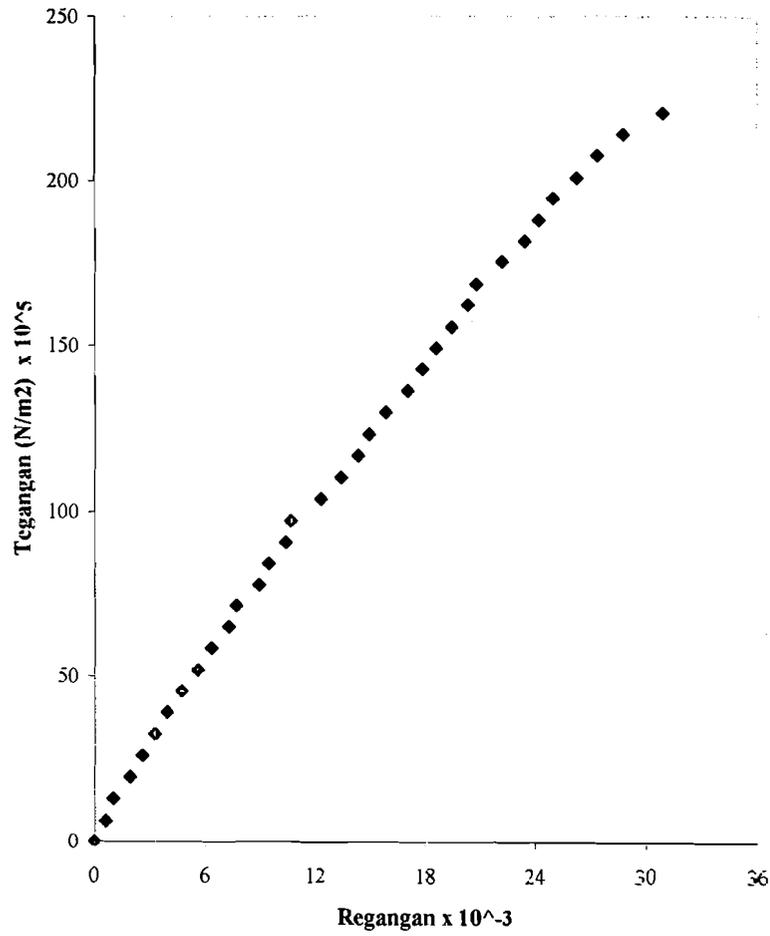
Catatan :

- Perhitungan berat volume (lihat lampiran 3.1)
- Perhitungan kuat desak rata-rata (lihat lampiran 3.2)
- Perhitungan kuat tarik rata-rata (lihat lampiran 3.3)
- Perhitungan Modulus Elastis (lihat lampiran 3.4)
- $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$, $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$, $1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ N/m}^2$

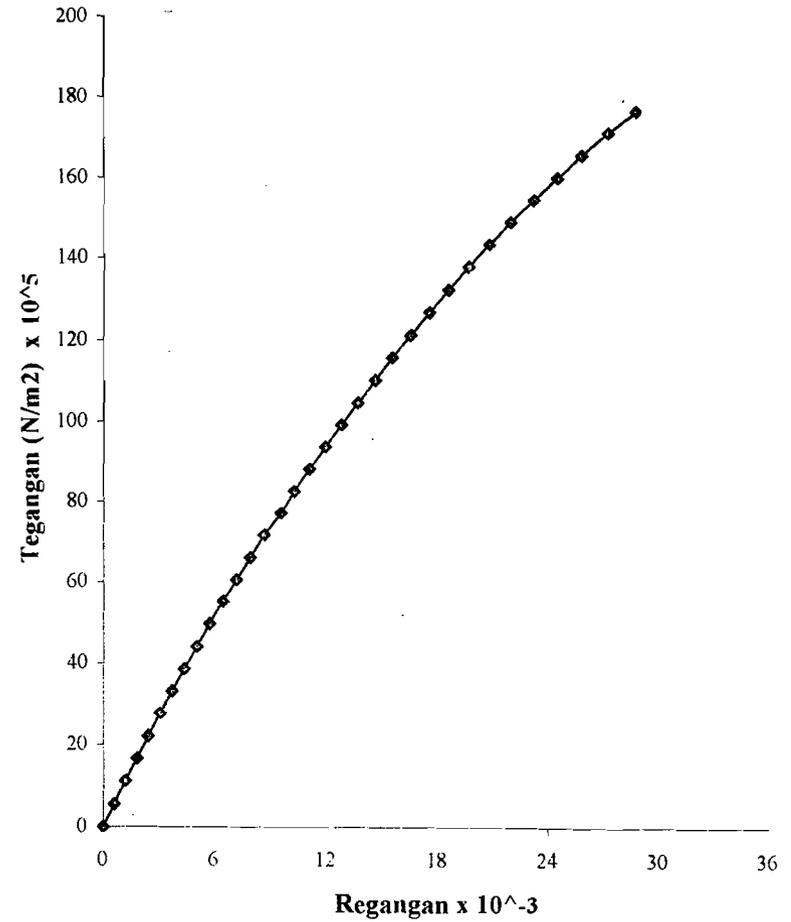
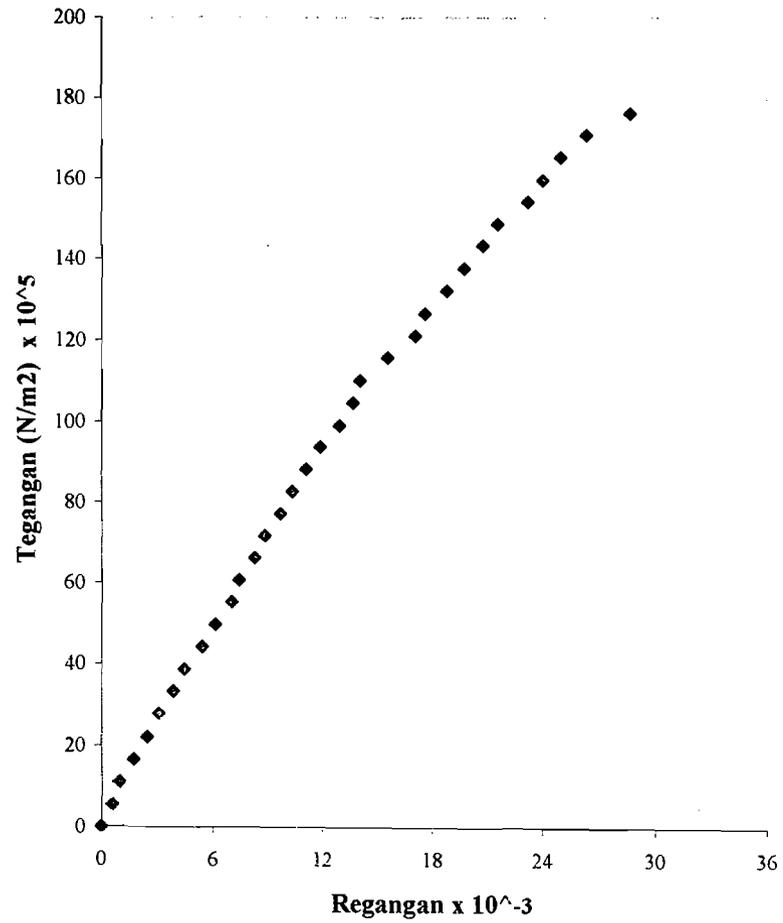
Selain itu juga dari pengujian sampel / benda uji silinder juga didapatkan regangan yang terjadi setiap kenaikan 10 kN pembebanan. Adapun grafik tegangan-regangan yang terjadi, dapat dilihat pada grafik-grafik berikut :



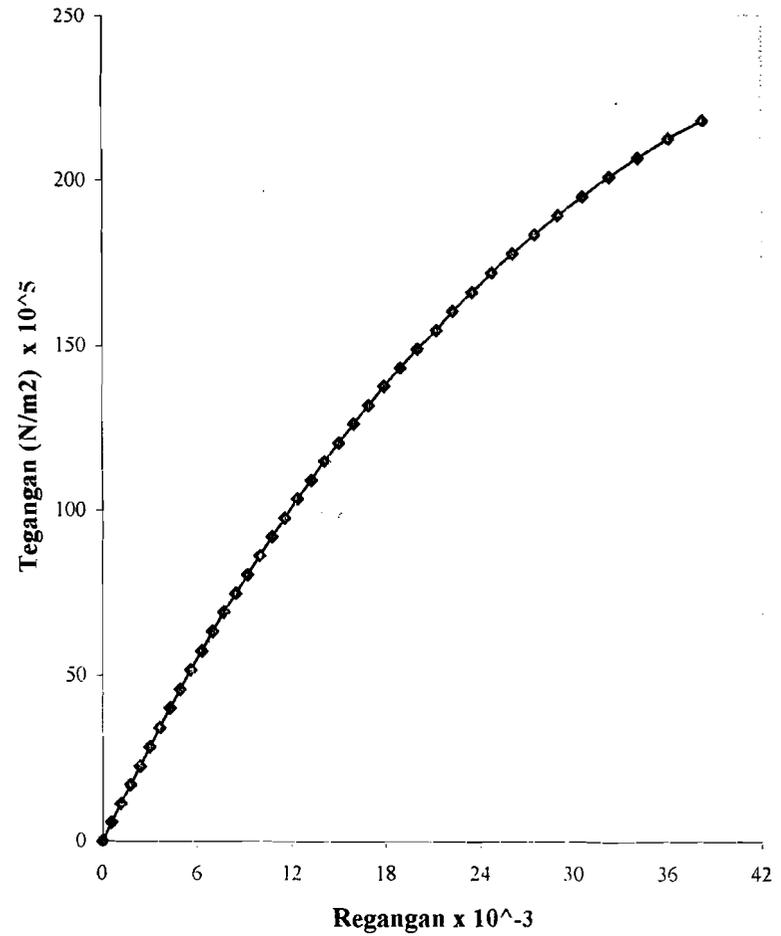
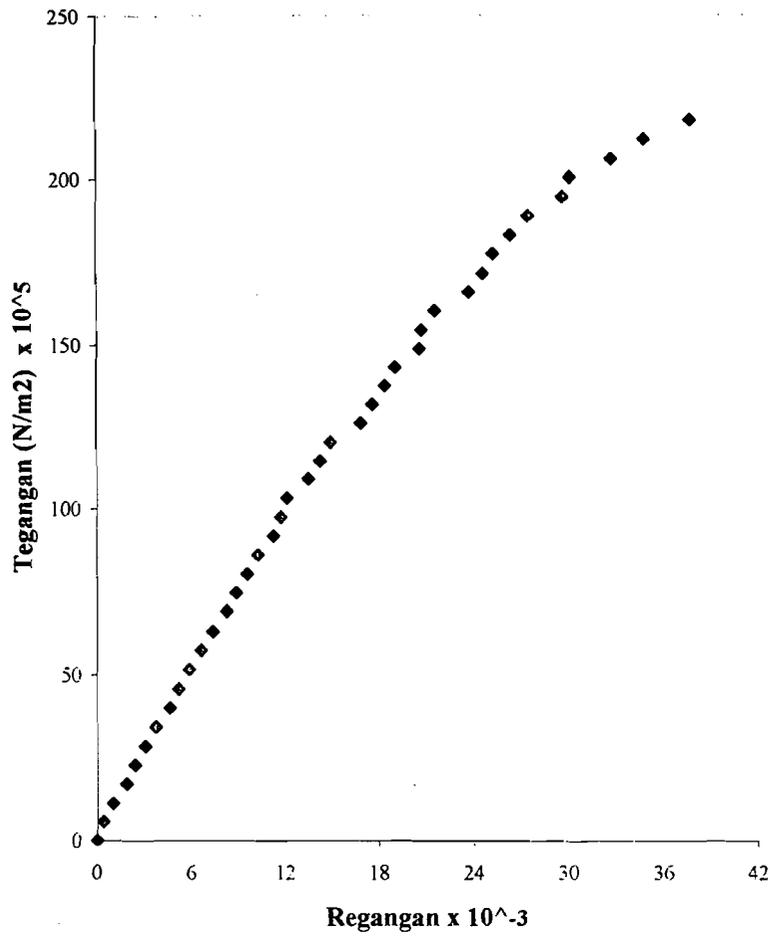
Gambar 4.1. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 1



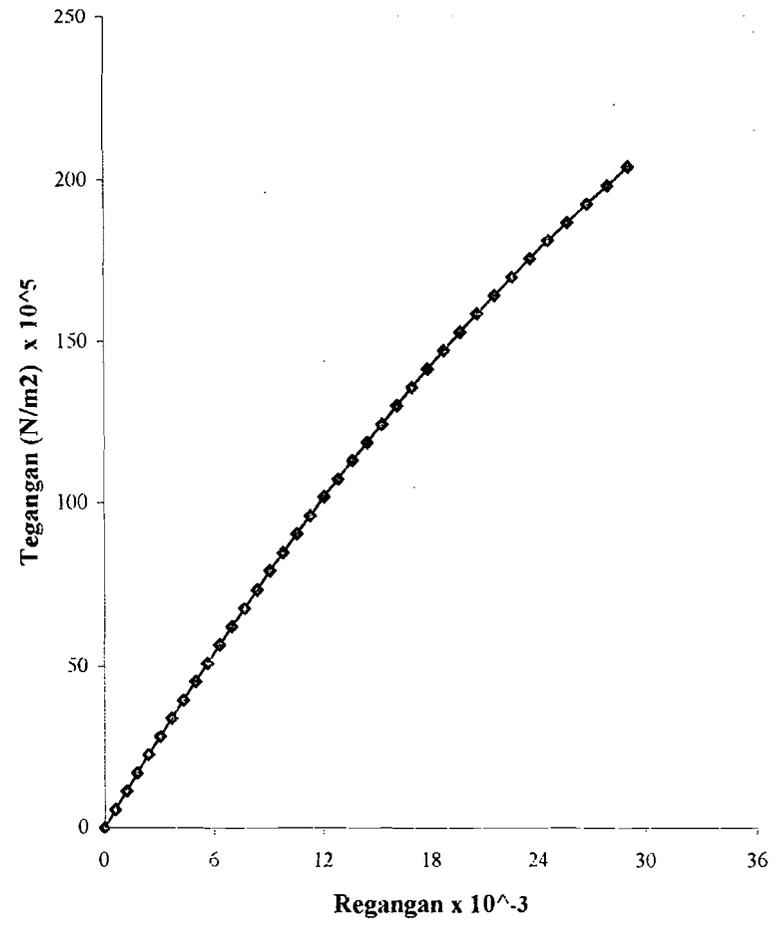
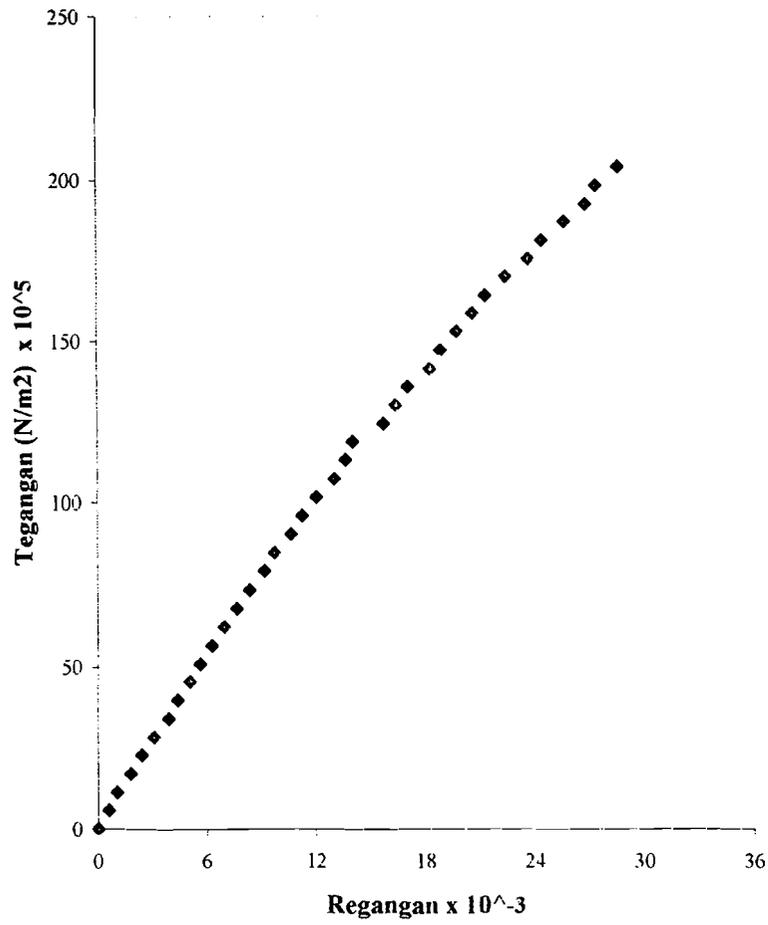
Gambar 4.2. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 2



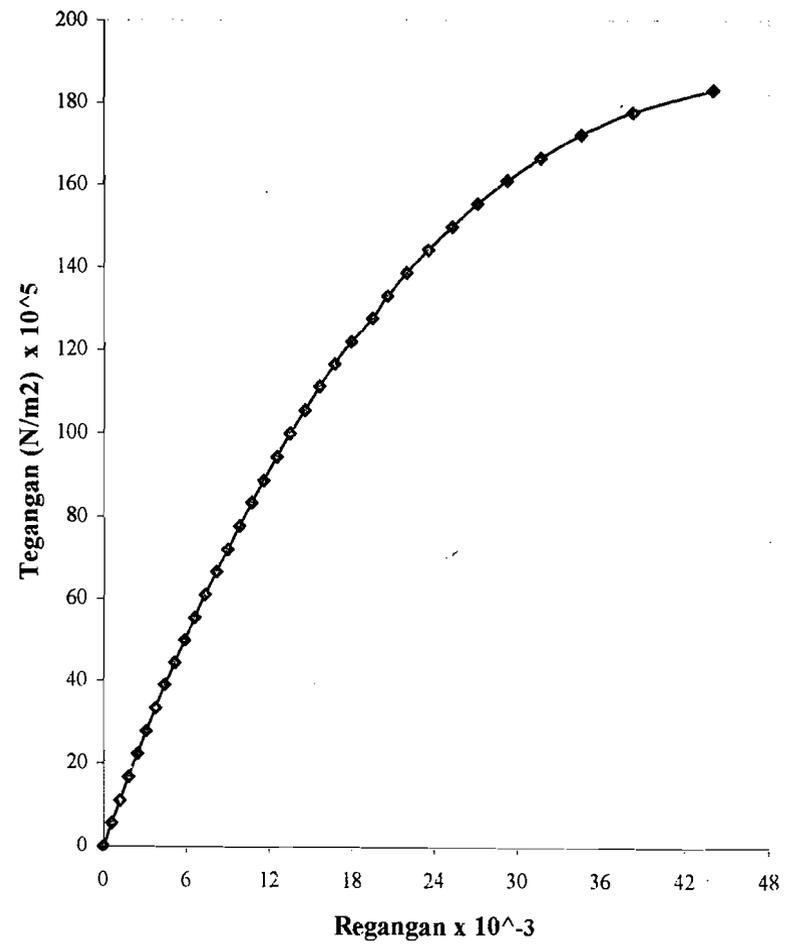
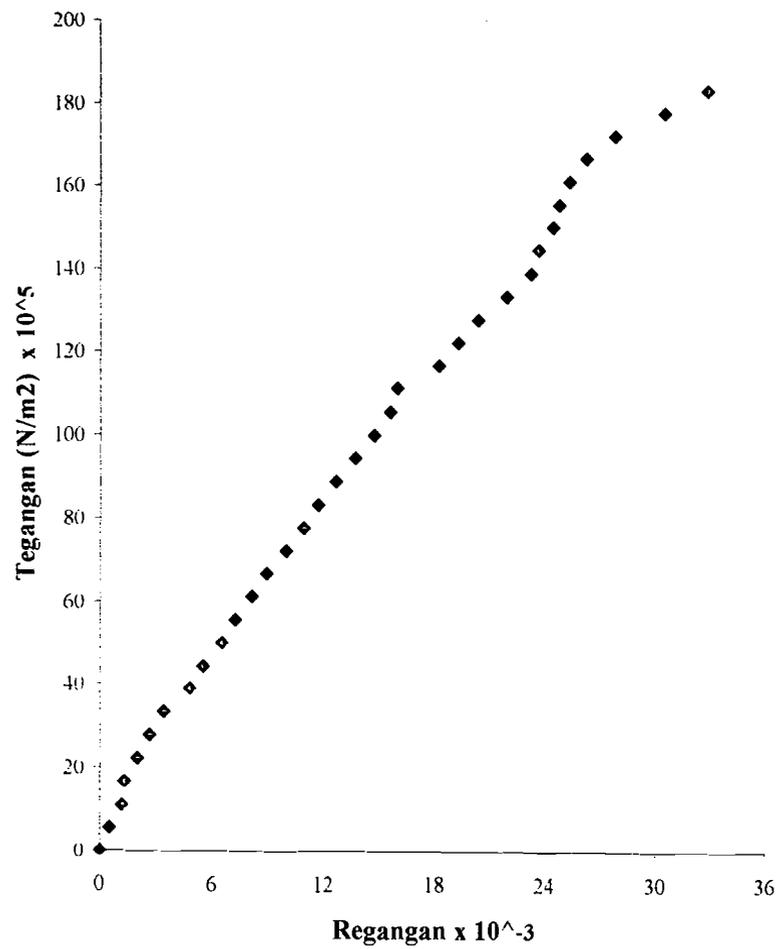
Gambar 4.3. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 3



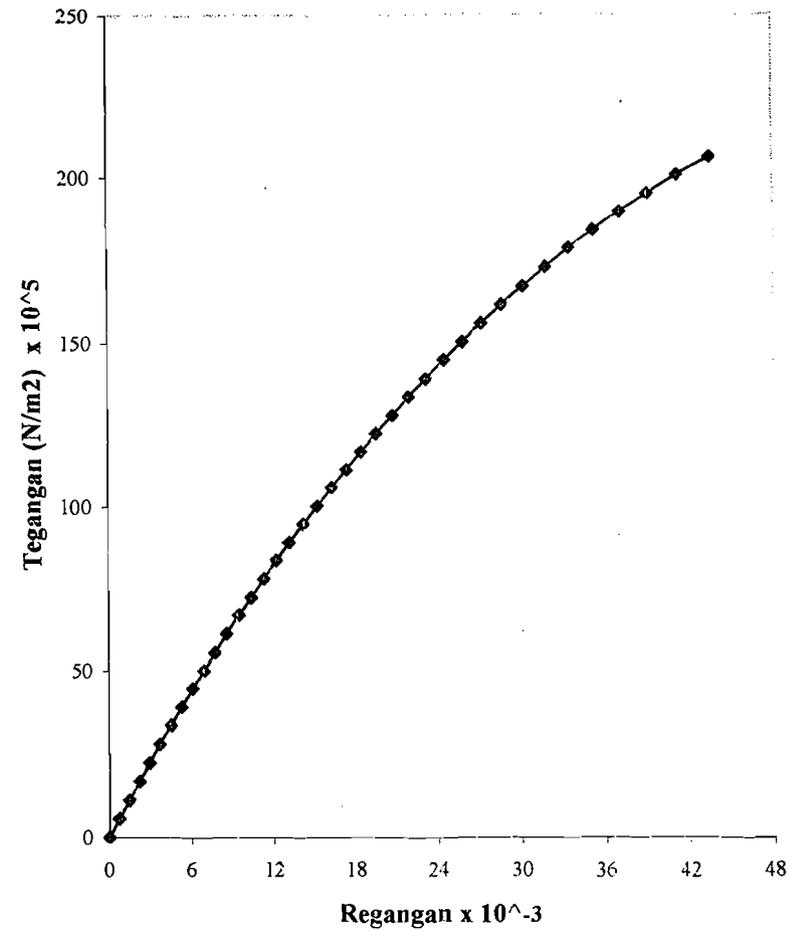
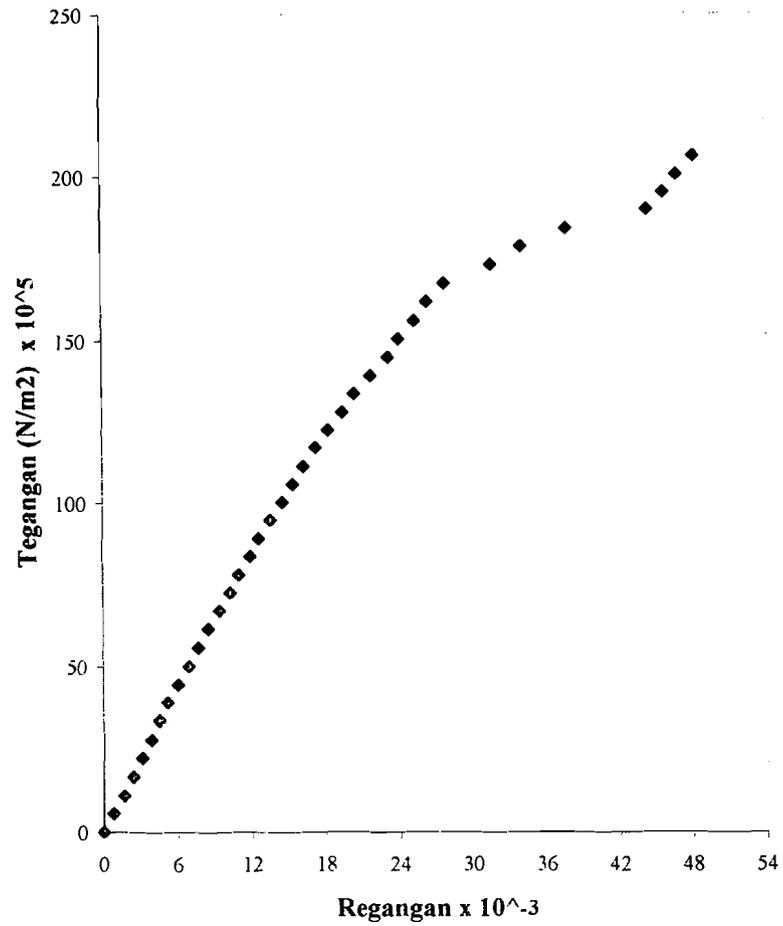
Gambar 4.4. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 4



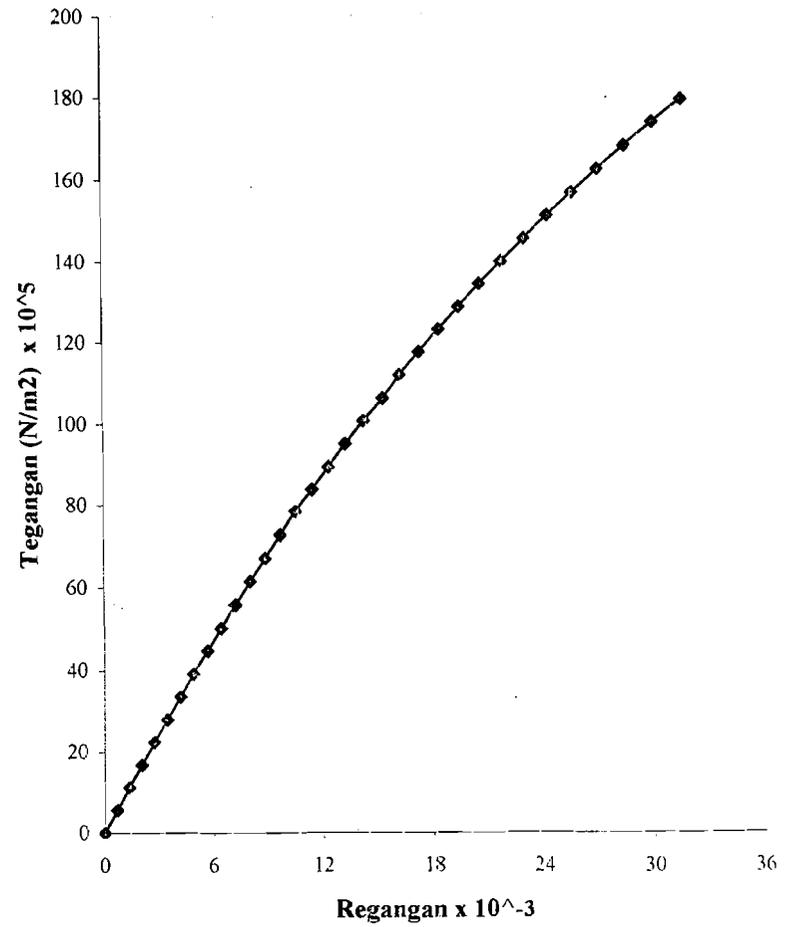
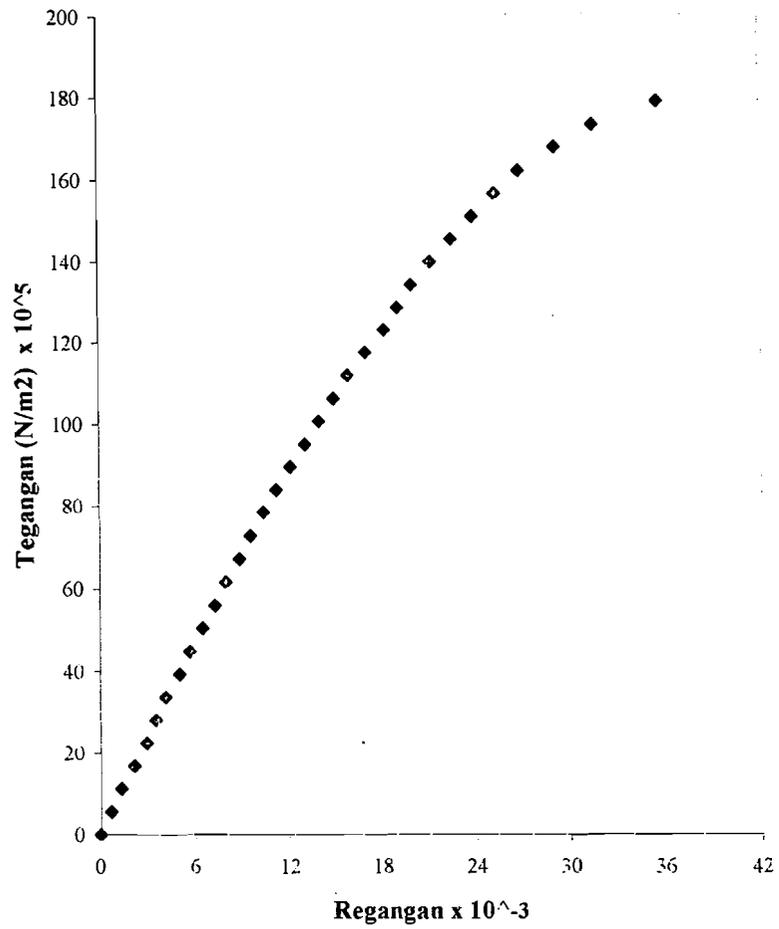
Gambar 4.5. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Paras Putih, Sampel 5



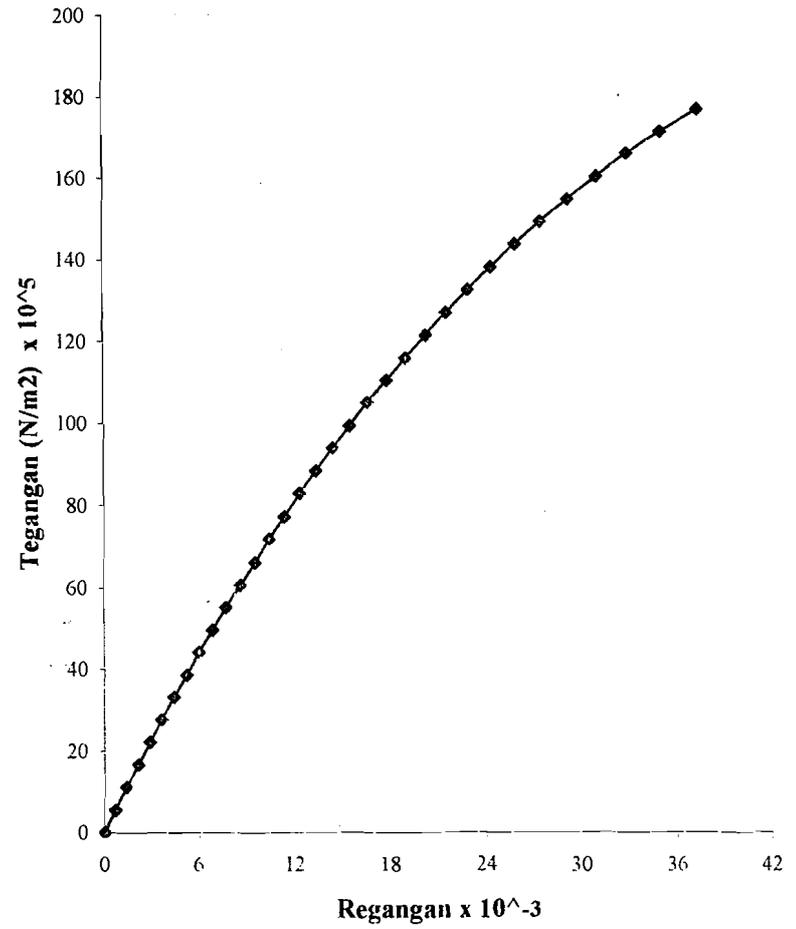
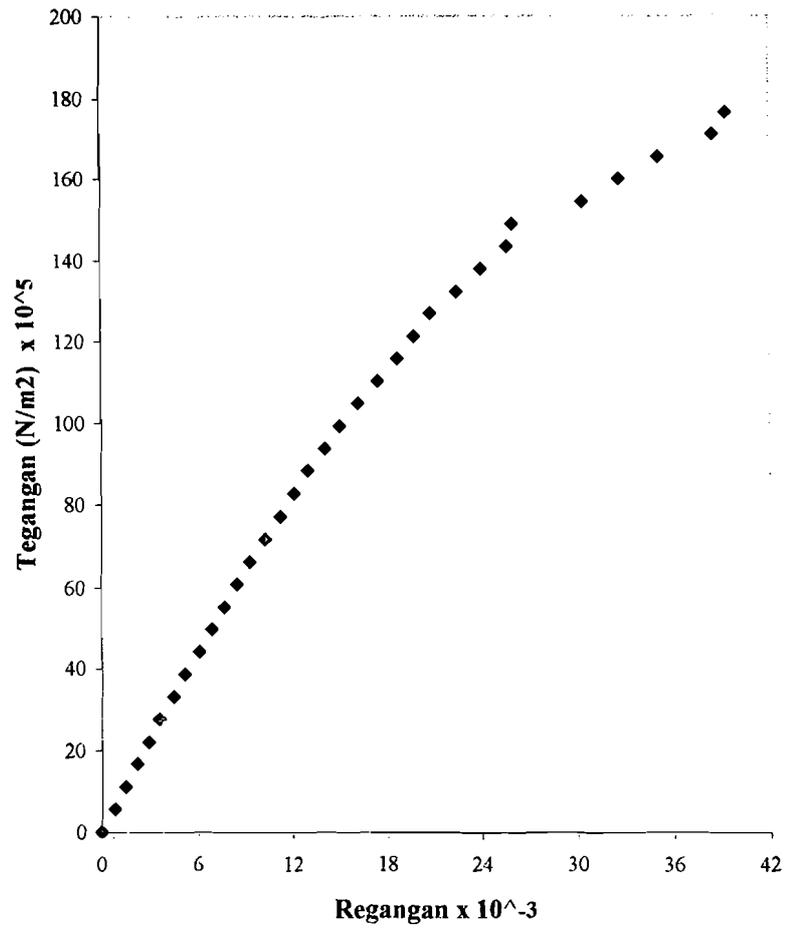
Gambar 4.6. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Serut, Sampel 1



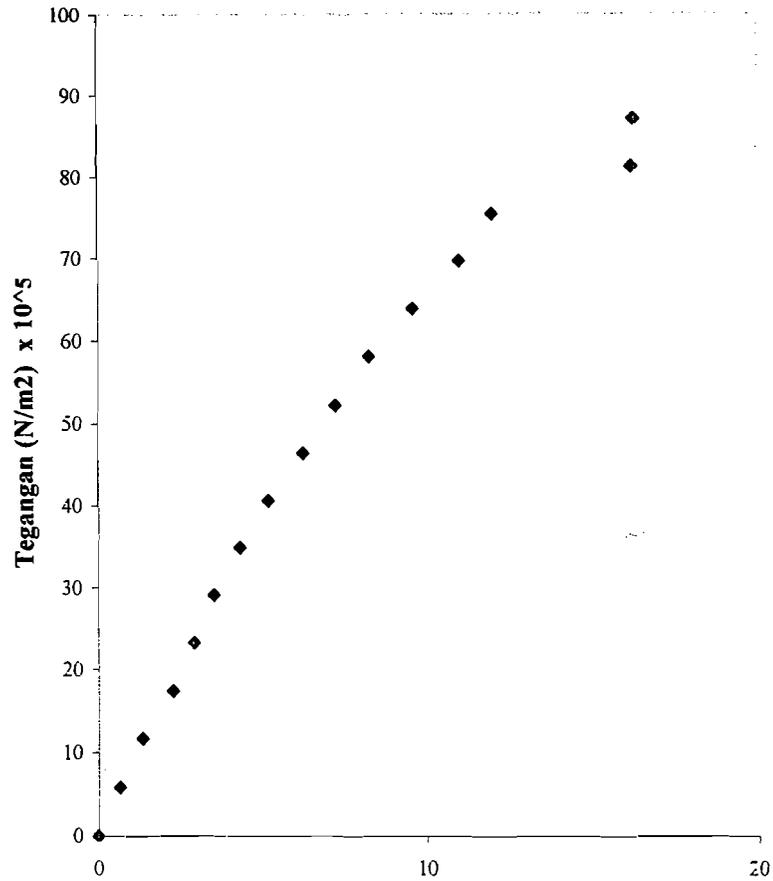
Gambar 4.7. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 2



Gambar 4.8. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 3

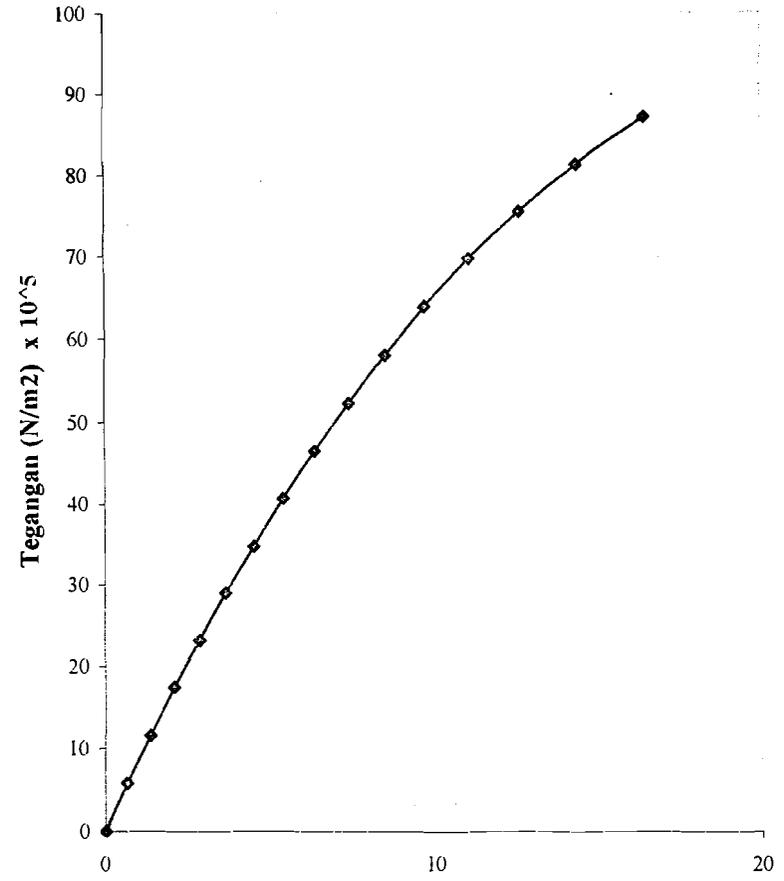


Gambar 4.9. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 4



Regangan x 10^{-3}

Sebelum Regresi

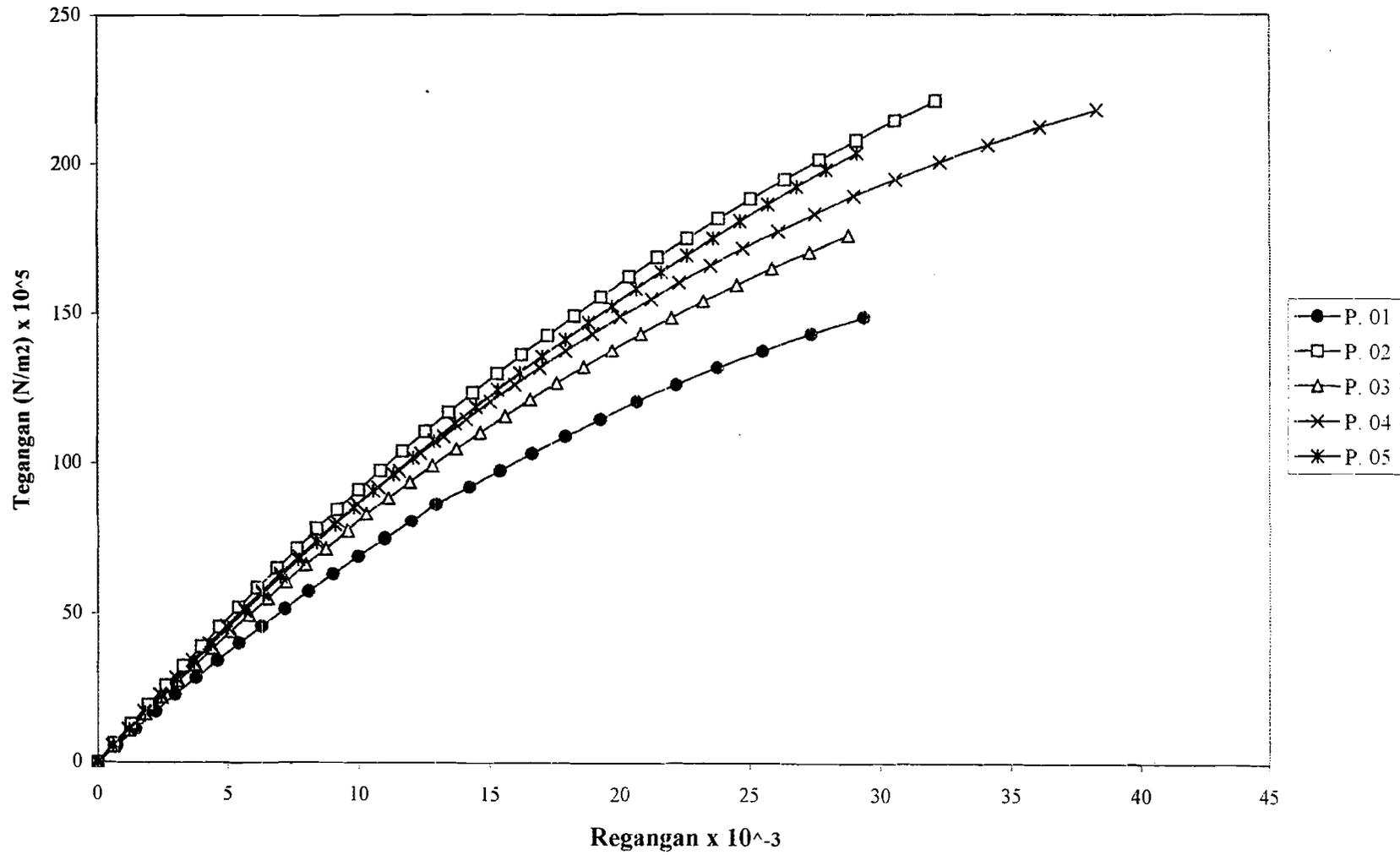


Regangan x 10^{-3}

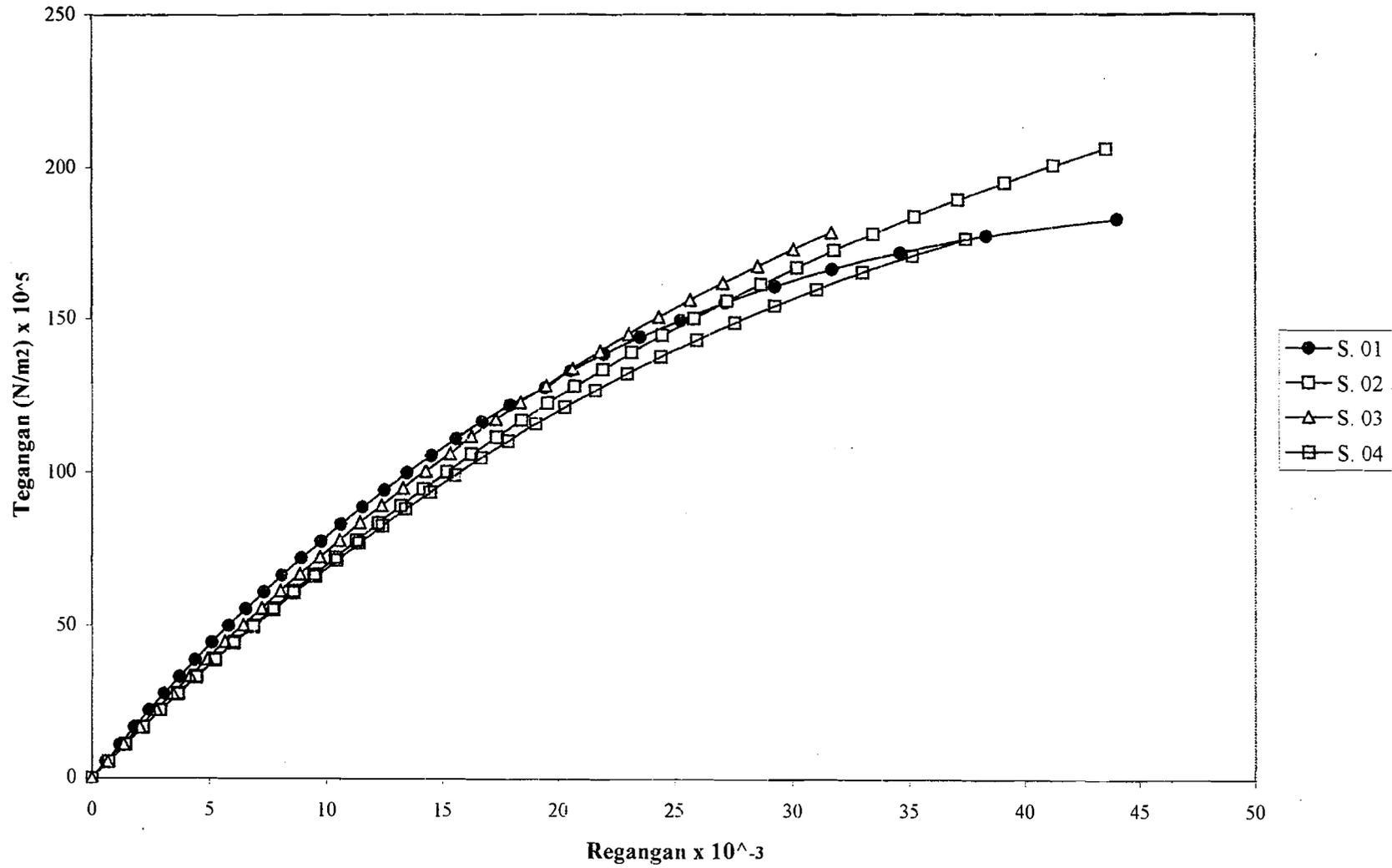
Sesudah Regresi

Gambar 4.10. Grafik Tegangan Regangan Silinder Beton dengan Agregat Kasar Batu Serut, Sampel 9

Uji Desak Silinder Agregat Kasar Batu Paras Putih



Uji Desak Silinder Agregat Kasar Batu Serut



4.2. Analisa Data

4.2.1. Analisa Bahan

a) Agregat Halus / Pasir

Pada hasil uji bahan maka diketahui bahwa untuk kandungan lumpur pasir masih memenuhi syarat yang ditetapkan pada PUBI 1973, yaitu sebesar maksimal 5 % dan memiliki berat jenis SSD sebesar 2,688. Pada penelitian ini diperoleh kandungan lumpurnya sebesar 1 %.

b) Agregat Kasar / Batu Putih

Untuk kedua jenis batu putih digunakan ukuran maksimal 40 mm. Salah satunya dikarenakan untuk mencapai ukuran yang lebih kecil sangatlah sulit. Mengingat batu putih merupakan material yang mengandung banyak unsur kapur sehingga mudah menyerap air dan ketika dalam keadaan jenuh mudah hancur.

Pengambilan agregat dilakukan saat musim hujan. Jadi untuk mengupayakan keadaan agregat dalam kondisi kering sangatlah tidak mungkin. Pengeringan agregat membutuhkan waktu satu hari penuh dalam keadaan panas. Seandainya terjadi mendung bahkan hujan, maka agregat tidak akan sepenuhnya kering. Jadi saat penghancuran agregat guna mendapatkan ukuran yang dibutuhkan, agregat akan lebih mudah hancur bahkan menjadi material yang lembut (hancur semua).

Pada saat agregat kasar (batu putih) siap untuk digunakan sebelumnya dilakukan perendaman selama 24 jam. Dari hasil perendaman tersebut kemudian material dikeringkan dengan diangin-anginkan selama \pm 4 jam. Kemudian

material siap digunakan. Tujuan dari perendaman dan pengeringan tersebut untuk mendapatkan keadaan SSD agregat atau kering permukaan agregat.

c) Semen

Semen dipakai merk Nusantara, dimana penyimpanan dilakukan di gudang BKT UII. Kondisi semen dalam keadaan baik. Warna abu-abu, tidak terjadi penggumpalan, dan berat semen satu sak seberat 40 kg.

d) Air

Untuk air yang dipergunakan merupakan air dari laboratorium BKT UII, dimana keadaan air jernih, bebas dari kotoran, tidak bau, dan tidak mengandung unsur minyak maupun garam.

e) Keausan Agregat

Dari uji keausan yang telah dilakukan didapatkan hasil nilai keausan batu paras putih sebesar 75,68 % sedangkan untuk batu serut sebesar 56,77 %. Kedua hasil yang didapatkan ini menyatakan bahwa untuk kedua batuan tidak memenuhi syarat yang ditetapkan oleh PBI-1971, yaitu agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton tidak boleh kehilangan berat mencapai 50 %.

f) Berat Volume Agregat dan Berat Jenis Agregat

Berat volume merupakan ukuran untuk menyatakan berat agregat per satuan volume yang diukur berdasar volume ruang cetakan sedangkan berat jenis diukur berdasarkan volume sesungguhnya volume agregat itu sendiri.

Setelah dilakukan pengujian bahan didapatkan bahwa berat volume batu paras putih sebesar $0,905 \text{ t/m}^3$ dan berat volume batu serut sebesar $0,867 \text{ t/m}^3$. Selisih berat volume kedua jenis batuan tersebut kecil yaitu sebesar 4,2 %. Ini dikarenakan untuk batuan paras putih saat dilakukan pemadatan akan lebih mudah hancur sehingga memungkinkan bongkahan batuan paras putih akan menjadi lebih kecil dan dapat mengisi ruang-ruang kosong dalam cetakan ukur.

Berat jenis disini dalam keadaan SSD yaitu dimana agregat dalam keadaan kering permukaan jenuh dibandingkan berat air yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa berat jenis SSD batu paras putih sebesar 1,863 dan batu serut sebesar 1,913 sehingga dari hasil tersebut terlihat bahwa berat kedua batu pada volume yang sama memiliki berat yang berbeda. Berat jenis batu serut lebih besar daripada batu paras putih.

g) Penyerapan Air

Pada penelitian material juga diamati besarnya penyerapan air yang terjadi pada setiap batuan. Besarnya penyerapan air batu paras putih adalah 25,17 % dan 18,141 % untuk batu serut. Dari hasil ini terlihat bahwa batu paras putih merupakan agregat yang lebih mudah menyerap air. Selisih yang terjadi

antara kedua agregat sebesar 6,029 %. Semakin besar penyerapan menandakan bahwa pori yang dimiliki agregat semakin banyak. Jadi air yang terserap oleh agregat mengisi pori yang pada agregat tersebut. Namun untuk material batu putih selain faktor pori, kandungan kapur yang dimiliki batu putih juga memungkinkan terjadinya penyerapan air.

h) Uji Kekentalan Beton / Nilai Slump Beton

Nilai slump ini berpengaruh pada kuat desak beton dan kemudahan dalam pengerjaan. Adukan beton yang memiliki nilai slump kecil akan menghasilkan kuat desak beton yang tinggi namun dengan kecilnya nilai slump berarti pada saat pencampuran kurang mudah yang menyebabkan sulitnya pengerjaan beton. Hal ini terjadi karena adukan beton lebih kohesif dan penggumpalan agregat kasar dengan mortar mungkin terjadi, sehingga kemungkinan kurang meratanya campuran juga mungkin terjadi.

Pada penelitian ini nilai slump untuk beton yang menggunakan batu paras putih sebesar 8 cm dan 4 cm untuk yang menggunakan batu serut. Dari nilai slump ini menandakan bahwa batu serut cenderung tidak dapat mempertahankan kejenuhannya setelah perendaman, sehingga nilai slump rencana (8 - 15) cm tidak tercapai. Akibat yang mungkin ditimbulkan adalah penyerapan air yang dipakai pada pencampuran beton (perhitungan berat air berdasarkan nilai fas) oleh agregat (batu serut). Dengan adanya penyerapan air oleh agregat tersebut menyebabkan kurang meratanya campuran beton.

4.2.2. Analisa Sampel / Benda Uji

Beton segar yang didapatkan dari hasil pencampuran agregat, dimasukkan ke dalam cetakan yang sebelumnya telah diolesi dengan oli. Fungsi oli untuk mempermudah melepaskan benda uji dari cetakan setelah dianggap kering. Namun sebelum dimasukkan ke dalam cetakan beton segar tersebut dicari terlebih dahulu nilai slumpnya.

Beton dilepas dari cetakan dan masing-masing benda uji diberi nomor untuk menandai benda uji yang dibuat setelah dianggap cukup kering lalu setelah dilakukan penandaan, benda uji direndam ke dalam bak perendaman hingga beton berumur 28 hari. Pada umur 28 hari benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan dilakukan pengukuran dimensi masing-masing benda uji dan ditimbang untuk mengetahui beratnya. Setelah itu dilakukan pengujian pada benda uji. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kuat desak dan kuat tarik beton. Khusus pada uji desak diberikan alat tambahan yaitu Ekstensometer (alat ukur untuk membaca regangan yang terjadi).

a) Berat Jenis Beton / Berat Volume Beton

Dari tabel 4.2. dapat dilihat bahwa berat volume beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih lebih besar ($2,172 \text{ t/m}^3$) daripada berat volume beton yang menggunakan agregat kasar batu serut ($2,137 \text{ t/m}^3$). Dari hasil penelitian didapatkan berat volume batu paras putih sebesar $0,905 \text{ t/m}^3$ dan batu serut sebesar $0,867 \text{ t/m}^3$. Untuk penelitian ini berat volume agregat berpengaruh pada berat volume beton sedangkan jika dilihat dari nilai berat jenis

agregat, batu paras putih sebesar 1,893 dan 1,913 pada batu serut yang hasilnya berbanding terbalik dengan nilai berat volume masing-masing agregat.

Jenis agregat juga dapat berpengaruh pada berat jenis beton yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dipakai batu putih dimana kapur menjadi unsur pembentuk batuan sehingga saat dicampurkan dengan air cenderung lebih mudah menyerap air. Sebaliknya agregat akan lebih cepat kering saat dilakukan proses pengeringan. Khususnya untuk batu paras putih dimana terlihat kering agregat tidak terjadi secara merata. Kehancuran agregat dimungkinkan akan terjadi saat agregat dimasukkan ke dalam molen yang memungkinkan akan menghasilkan berat volume beton lebih besar.

b) Kuat Desak Beton

Kuat desak beton merupakan hal yang sangat mendasar pada perencanaan suatu konstruksi bangunan beton. Kuat beton itu sendiri menentukan kekuatan dari beton dalam memikul beban per satuan luas. Dari tabel 4.2. dapat terlihat bahwa kuat desak beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih mencapai 19,871 MPa sedangkan jika menggunakan agregat kasar batu serut mencapai 18,899 MPa. Dengan catatan dari kelima sampel / benda uji yang diuji untuk beton yang menggunakan agregat kasar batu serut hanya 4 yang diperhitungkan karena satu sampel / satu benda uji dianggap gagal / failed.

Dengan melihat hasil tersebut, berarti kuat desak beton yang dihasilkan yang menggunakan kedua jenis agregat tersebut tidak mencapai kuat desak yang

diinginkan, yaitu sebesar 20 MPa. Pada saat pengujian semua sampel mengalami pecah terbelah menjadi dua bagian yang hampir sama.

Beberapa faktor yang dapat dijadikan acuan gagalnya kuat desak beton yang direncanakan :

- 1) Agregat kasar terpakai (batu paras putih dan batu serut) hancur terlebih dahulu daripada pasta semen karena kedua jenis batu tersebut adalah batu putih / batu kapur.
- 2) Dari nilai abrasi dapat terlihat bahwa kedua agregat tidak memenuhi syarat dimana telah kehilangan lebih dari 50 % berat awal.
- 3) Kurangnya air (nilai fas) yang menyebabkan campuran kurang merata dan kurang padat.
- 4) Karena agregat kasar dipakai 100 % batu kapur maka dimungkinkan sebagian air terpakai, berdasarkan perhitungan fas, terserap oleh agregat kasar itu sendiri.

c) Kuat Tarik Beton

Pada perencanaan, kuat tarik beton kurang diperhitungkan karena nilainya sangat kecil dibandingkan kuat desak beton itu sendiri. Dari tabel 4.2. terlihat bahwa kuat tarik beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih lebih besar daripada beton yang menggunakan agregat kasar batu serut.

Untuk beton yang menggunakan agregat kasar batu paras putih kuat tariknya sebesar 1,911 MPa dan 1,279 MPa untuk beton yang menggunakan agregat kasar batu serut.

d) Regangan

Nilai regangan didapatkan pada saat pengujian desak. Dengan bantuan alat Ekstensometer, maka nilai regangan yang terjadi pada kenaikan pembebanan 10 kN dapat terbaca. Untuk menghindari kesalahan pembacaan maka data hasil pengamatan nantinya akan dilakukan koreksi yang bertujuan untuk meminimalkan adanya salah pembacaan. Karena sampel mendapatkan gaya tekan maka sampel mengalami regangan tekan. Regangan menyatakan perbandingan perubahan panjang terhadap panjang awal sehingga pada penelitian ini dapat diketahui perubahan panjang sampel yang terjadi saat kenaikan beban 10 kN hingga sampel tidak mampu memikul beban.

Dengan adanya data tegangan dan regangan maka dapat dibuat grafik tegangan-regangan. Dari grafik nantinya dapat terlihat besar perubahan bentuk sampel (khususnya tinggi sampel) setiap adanya kenaikan beban. Semakin miring grafik yang terbentuk maka deformasi yang terjadi cukup besar. Sebaliknya jika grafik terlihat semakin tegak maka perubahan sampel lebih kecil.

4.3. Pembahasan**4.3.1. Kandungan Lumpur dalam Pasir**

Pasir adalah agregat yang digunakan untuk mengisi pori yang tidak dapat diisi oleh agregat yang lebih besar. Karena itu pasir juga menentukan kekuatan dari beton yang dihasilkan. Kandungan lumpur merupakan suatu ukuran yang menentukan banyaknya pasir yang lolos ayakan 0,063 mm. Bagian yang lolos tersebut tidak dapat disebut sebagai agregat melainkan serbuk karena terlalu

halus. Pada PBI 1971 disebutkan bahwa agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.

4.3.2. Berat Volume dan Berat Jenis Agregat

Berat volume seharusnya sebanding terhadap berat jenis. Tapi pada penelitian ini dimungkinkan karena dipakai agregat batu putih sehingga hasilnya berbanding terbalik. Batu putih merupakan material yang terbentuk dari kapur, yang mungkin saat terendam didalam air ikatan kapurnya akan melemah yang menandakan air terserap oleh batu putih selain dari faktor pori yang terdapat di dalam agregat itu sendiri. Jadi walaupun pada volume yang sama akan didapatkan nilai berat jenis yang berbeda terhadap jenis batu putih yang berbeda tergantung dari banyaknya air diserap oleh agregat. Pada penelitian ini kedua batu putih dapat disebut agregat ringan karena memiliki berat jenis kurang dari 2 (lihat table 4.1.).

Untuk berat volume sendiri, tidak dapat dikatakan sebanding terhadap berat jenis, khususnya untuk material batu putih. Selain kepadatan batu putih sendiri, faktor pengujian juga akan mempengaruhi hasil berat volume batu putih. Penumbukan saat pengujian mungkin menyebabkan agregat batu putih yang lebih rapuh akan semakin padat sehingga memungkinkan memiliki berat volume lebih besar.

4.3.3. Penyerapan Air

Penyerapan air, pada agregat batu putih akan mempengaruhi kekerasan dari agregat tersebut. Mengingat batu putih merupakan material yang terbentuk

oleh kapur yang memadat, sehingga saat menyerap air memungkinkan akan melemahkan ikatan antar partikel kapur yang membentuk batu putih. Juga saat digunakan sebagai agregat kasar pada beton akan berpengaruh pada nilai fas. Semakin besar nilai penyerapan air maka nilai fas juga akan besar.

4.3.4. Abrasi

Nilai abrasi menyatakan besarnya kehancuran agregat saat dilakukan pencampuran. Pemakaian mesin molen sebagai alat pengadukan beton merupakan salah satu penyebab kehancuran agregat itu, sehingga dengan diketahui nilai abrasi dapat ditentukan pemakaian metode campuran yang lebih efisien selain molen untuk mengantisipasi kehancuran agregat saat pengadukan. Atau dapat dipertimbangkan pemakaian agregat jenis lain sebagai pengganti agregat kasar.

4.3.5. Berat Volume Beton / Berat Jenis Beton

Dari hasil penelitian / uji laboratorium didapatkan berat volume beton dengan menggunakan agregat batu paras putih lebih besar daripada batu serut. Apabila dilihat dari hasil uji keausan / abrasi, terlihat bahwa nilai keausan batu paras putih lebih besar daripada batu serut yang memungkinkan saat pengadukan beton dengan menggunakan mesin molen banyak agregat dari batu paras putih yang hancur dibandingkan dengan batu paras serut.

Pada pemakaian agregat ringan sebagai agregat kasar pembentuk beton ringan jenis agregat akan menentukan berat jenis beton yang dihasilkan. Selain itu ukuran agregat dapat menentukan pori dalam beton, sehingga semakin

beragamnya ukuran agregat mungkin dapat mengurangi adanya pori dalam beton. Pada penelitian ini tidak dihasilkan beton ringan karena beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis/berat volume kurang dari 1800 kg/cm^3 ($1,8 \text{ t/m}^3$) jadi pada penelitian ini menghasilkan beton normal. (lihat tabel 4.2)

4.3.6. Kuat Tekan Beton

Pada hasil pengujian didapatkan kekuatan tekan maksimum rerata beton dengan agregat kasar batu paras putih sebesar 19,695 MPa dan 18,899 MPa untuk beton dengan agregat kasar batu serut. Dari hasil uji tersebut ternyata beton tidak dapat memenuhi mutu seperti yang direncanakan. Dapat dikatakan bahwa beton gagal. Kegagalan dari kuat beton rencana ini dapat dipengaruhi oleh faktor volume air terpakai dan pengaruh agregat.

Volume air akan mempengaruhi slump beton, terlihat pada penelitian ini slump beton kurang karena air diserap oleh agregat. Akibat yang akan ditimbulkan karena penyerapan air tersebut adalah melemahnya kekuatan beton akibat timbulnya rongga pada beton. Standar pengukuran kekuatan beton dilakukan saat beton berumur 28 hari. Walaupun dapat juga diukur dalam umur tertentu dengan mengacu pada nilai konversi umur beton. Jenis, bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran maksimum agregat juga akan mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan.

Agregat yang bersudut (batu pecah) mempunyai luas permukaan yang lebih besar daripada agregat bulat (kerikil) sehingga memiliki daya lekat dengan pasta yang lebih kuat. Selain itu pula batu pecah juga mempunyai tekstur

permukaan yang lebih kasar, sehingga lekatan dengan pastanya juga lebih baik. Ukuran agregat berpengaruh pada luas permukaan. Jika dipakai ukuran agregat maksimum lebih besar maka luas permukaan butir agregat lebih kecil, sehingga lekatan antara pasta dan permukaan agregat lebih lemah, akibatnya kekuatan beton lebih rendah. Namun pada penelitian ini selain dari luas permukaan jenis agregat juga menjadi faktor penentu kuat tekan beton.

Pemakaian agregat ringan sebagai pembentuk beton ringan mungkin menghasilkan data seperti yang didapatkan. Mengenai mutu beton tidak dapat dijadikan acuan beton yang dihasilkan dari beton ringan mengingat jenis batu putih lebih dari satu. Mungkin saja ada jenis batu putih yang lebih keras daripada jenis batu putih yang digunakan pada penelitian ini sehingga pencapaian mutu beton dapat diperoleh.

4.3.7. Kuat Tarik Beton

Pemakaian agregat ringan menghasilkan beton ringan dengan kekuatan tarik yang kecil. Pada beton yang menggunakan agregat batu paras putih nilai kuat tariknya sebesar 1,279 MPa (6,5 % dari nilai kuat desak) dan 1,911 MPa (10,11 % dari nilai kuat desak) untuk beton yang menggunakan agregat batu serut, sehingga pemakaian agregat ringan juga berpengaruh pada nilai kuat tarik. Jika pada beton normal didapatkan interval kuat tarik berkisar 9 % - 15 % (Dipohusodo, 1991) dari kuat desaknya. Pada penelitian ini untuk beton ringan didapatkan interval nilai 6,5 % - 10,11 % dari nilai kuat desaknya.

Kecilnya nilai kuat tarik beton ringan ini juga dipengaruhi oleh faktor antara lain seperti bentuk, tekstur, dan juga ukuran agregat berpengaruh pada kuat tarik terutama mengenai kuat lekat antara pasta semen dan agregat. Karena itu saat terjadi beban tarik seolah-olah agregat tidak terjadi penarikan dan seluruh beban tarik dilimpahkan ke pasta semen.

4.3.1. Modulus Elastis

Modulus elastis merupakan sifat yang dimiliki oleh beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton tersebut mengalami regangan (perpanjangan maupun perpendekan) saat mendapat beban. Semakin besar nilai modulus elastis maka semakin kecil regangan yang terjadi karena nilai modulus elastis berbanding terbalik dengan nilai regangan. Nilai modulus elastis ini akan ditentukan oleh kemiringan kurva pada grafik tegangan regangan. Dimana kurva ini dipengaruhi oleh tegangan beton dan regangan beton. Semakin tegak suatu kurva dan memiliki panjang garis linier yang panjang, berarti beton tersebut memiliki kuat desak yang besar pula. Dengan semakin bertambahnya beban maka makin berkurangnya kekakuan material sehingga kurva tidak akan linier lagi. Karena dengan semakin tegaknya kurva perubahan yang terjadi pada sampel sangat kecil sehingga dapat dikatakan sampel dalam keadaan kaku.

Pada penelitian ini dapat terlihat bahwa modulus elastis maksimum rerata untuk beton dengan agregat batu paras putih sebesar $7,625 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (0,7625 GPa) sedangkan pada beton yang menggunakan agregat kasar batu serut modulus elastis maksimum rerata sebesar $6,77 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (0,677 GPa). Nilai

modulus elastis ini diambil berdasar penentuan titik offset, yaitu dengan menarik garis sejajar dengan garis linier pada kurva (data sebanding) saat regangan mencapai 2×10^{-3} dan tegangan nol.

Dengan melihat hasil tersebut diketahui bahwa kedua beton tidak mencapai nilai modulus elastis secara teoritis yang mencapai 18 GPa (Gere & Timoshenko, 1987). Hasil ini dikarenakan penggunaan material batu putih yang mudah hancur, sehingga kekakuan beton kurang. Akan tetapi beton dengan agregat kasar batu paras putih lebih kaku daripada beton yang menggunakan agregat kasar batu serut. Kekakuan beton mungkin saja disebabkan dengan perataan material yang lebih merata.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian didapatkan berat volume beton dengan batu paras putih sebesar 2,172 t/m³ dan beton dengan agregat batu serut sebesar 2,137 t/m³. Untuk agregat, berat jenis batu paras putih sebesar 1,863 dan 1,913 untuk batu serut. Berat volume batu paras putih sebesar 0,905 t/m³ dan 0,867 t/m³ untuk batu serut.
2. Berat jenis dan berat volume agregat tidak dapat dijadikan acuan penentuan berat jenis / berat volume beton yang dihasilkan.
3. Pada penelitian ini terdapat penyimpangan data dimana berat volume agregat yang seharusnya sebanding dengan berat jenis agregat pada penelitian ini dihasilkan data yang berbanding terbalik. Munculnya data tersebut dimungkinkan karena faktor agregat. Batu paras putih cenderung lebih rapuh jika dibandingkan dengan batu serut.
4. Nilai kuat desak beton dengan agregat batu paras putih (19,695 MPa) lebih besar daripada beton dengan agregat batu serut (18,899 MPa). Tapi nilai kuat tarik beton dengan agregat batu paras putih (1,279 MPa) lebih

kecil daripada beton dengan agregat batu serut (1,911 MPa). Ini dimungkinkan karena pada beton yang menggunakan batu paras putih material agregat kasarnya lebih rata daripada yang menggunakan material batu serut.

5. Pada nilai modulus elastis, beton yang menggunakan batu paras putih (0,7625 GPa) lebih besar daripada yang menggunakan batu serut (0,677 GPa).
6. Batu paras putih dan batu serut, dapat digunakan sebagai agregat kasar pada penyusun beton dengan mutu kurang dari 20 MPa. Untuk mendapatkan mutu yang diinginkan metode ACI kurang sesuai, sehingga dapat digunakan metode coba-coba.
7. Khusus pada agregat batu paras putih, perlu diadakan pengujian khususnya mengenai pasta yang terbentuk oleh hancuran-hancuran halus agregat tersebut pada saat pengadukan.

5.2 Saran

1. Dengan banyaknya jenis batu putih perlu dikaji lebih lanjut tentang batu putih jenis lain sehingga didapatkan jenis batu putih yang layak pakai sebagai agregat kasar pada beton.
2. Dalam pembuatan beton dengan agregat kasar 100 % batu putih nilai fas (faktor air semen) tidak dapat dijadikan acuan. Sebaiknya menggunakan acuan nilai slump.

3. Perlunya diadakan penelitian pengaruh pasta agregat batu putih terhadap berat jenis beton dan mutu beton.

DAFTAR PUSTAKA

1. L.J. Murdock, K. M. Brook, Ir. Stephanus Hindarko (Alih Bahasa), 1991, Bahan dan Praktek Beton, Erlangga, Jakarta
2. Istimawan Dipohusodo, 1991, Struktur Beton Bertulang, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
3. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2 (PBI 1971).
4. Persyaratan Umum Bahan Di Indonesia (PUBI-1982).
5. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, Binsar Hariandja (Alih Bahasa), 1993, Disain Beton Bertulang, Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
6. Ir. Kardiyono Tjokrodinulyo, M.E., Buku Ajar Teknologi Beton, JTS, UGM, Yogyakarta, 1992.
7. L. Wahtudi dan Syahril A. Rahim, Struktur Beton Bertulang Standar Baru SNI T-15-1991-03, PT Gramedia Puataka Utama, Jakarta, 1997.
8. W.C. Vis dan Gideon Kusuma, Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, PT Gelora Aksara Pratama, 1993.
9. W. H. Mosley dan J. H Bungey, Perencanaan beton Bertulang edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, 1989.
10. E.P. Popov, Mekanika Teknik, Erlangga, Jakarta, 1984.
11. James R. Gere dan Stephen P. Timoshenko, Mekanika Bahan, Erlangga, Jakarta, 1987.

12. Wahyu Budi Aji dan Bachtiar Nur Rochman, 2002 , Penggunaan Batuan Gunung Kidul dengan Batuan Kali Krasak sebagai Agregat Kasar Beton, Tugas Akhir, JTS, UII, Yogyakarta.
13. Sugiyo dan David Hurriyanto, 2003 , Tinjauan Kuat Desak dan Kuat Belah pada Beton dengan agregat Kasar Batu Kuning' Tugas Akhir, JTS, UII, Yogyakarta.
14. Sidik Mindratno dan Budi Santoso, 1999 , Pengaruh Variasi Campuran Agregat yang Berasal dari Sungai Clereng, Sungai Krasak, Sungai Progo, dan Sungai Srumbung terhadap Kuat Desak Beton, Tugas Akhir, JTS, UII, Yogyakarta.



FM-UII-AA-FPU-09

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Ghalib SP	99 511 106	Teknik Sipil
2	N.Berty Rukmini	99 511 066	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....Uji Komparasi Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Batu Putih Asal Gunung Kidul Dan
.....Klaten.....

PERIODE I : SEPTEMBER - PEBRUARI
TAHUN : 2003- 2004

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Sep.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Feb.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Doseu Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal		■	■	■	■	■
5.	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	■
6.	Sidang-Sidang					■	■
7.	Pendadaran.						■

DOSEN PEMBIMBING I : Helmy Akbar Bale,Ir,MT
DOSEN PEMBIMBING II :



Yogyakarta, 16-Dec-03
a.n. Dekan,

(.....)

Catatan.

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :



الجامعة الإسلامية

Lampiran 1.2

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

FM-UII-AA-FPU-09

Nomor : : 13 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./XII/2003
Lamp. : -
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR
Periode : : 1 (Sep - Feb 2004)

Jogjakarta, 16-Dec-03

Kepada .
Yth. Bapak / Ibu : Helmy Akbar Bale,Ir,MT
di -
Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

- 1 : Na m a : Ghalib SP
No. Mhs. : 99 511 106
Bidang Studi : Teknik Sipil
Tahun Akademi : 2003 - 2004
- 2 : Na m a : N Berty Rukmini
No. Mhs. : 99 511 066
Bidang Studi : Teknik Sipil
Tahun Akademi : 2003 - 2004

Dapat diberikan petunjuk- petunjuk, pengarahan serta bimbingan dalam melaksanakan Tugas Akhir. Kedua Mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok dengan dosen pembimbing sebagai berikut :

Dosen Pembimbing I	: Helmy Akbar Bale,Ir,MT
Dosen Pembimbing II	:

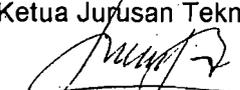
Dengan Mengambil Topik /Judul :

Uji Komparasi Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Batu Putih Asal Gunung Kidul Dan Klaten

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

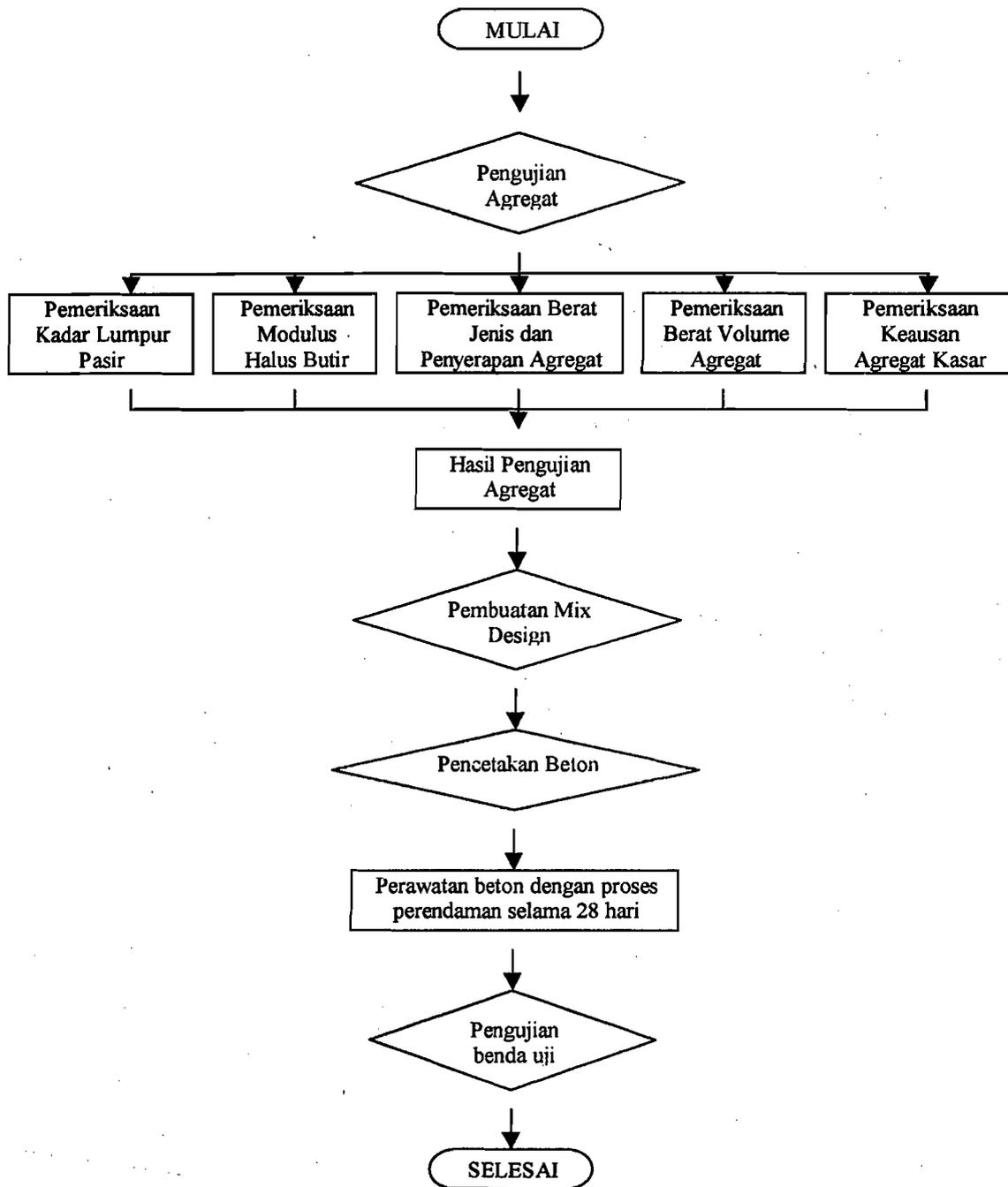
An.Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil


Ir. H. Munadhir, MS

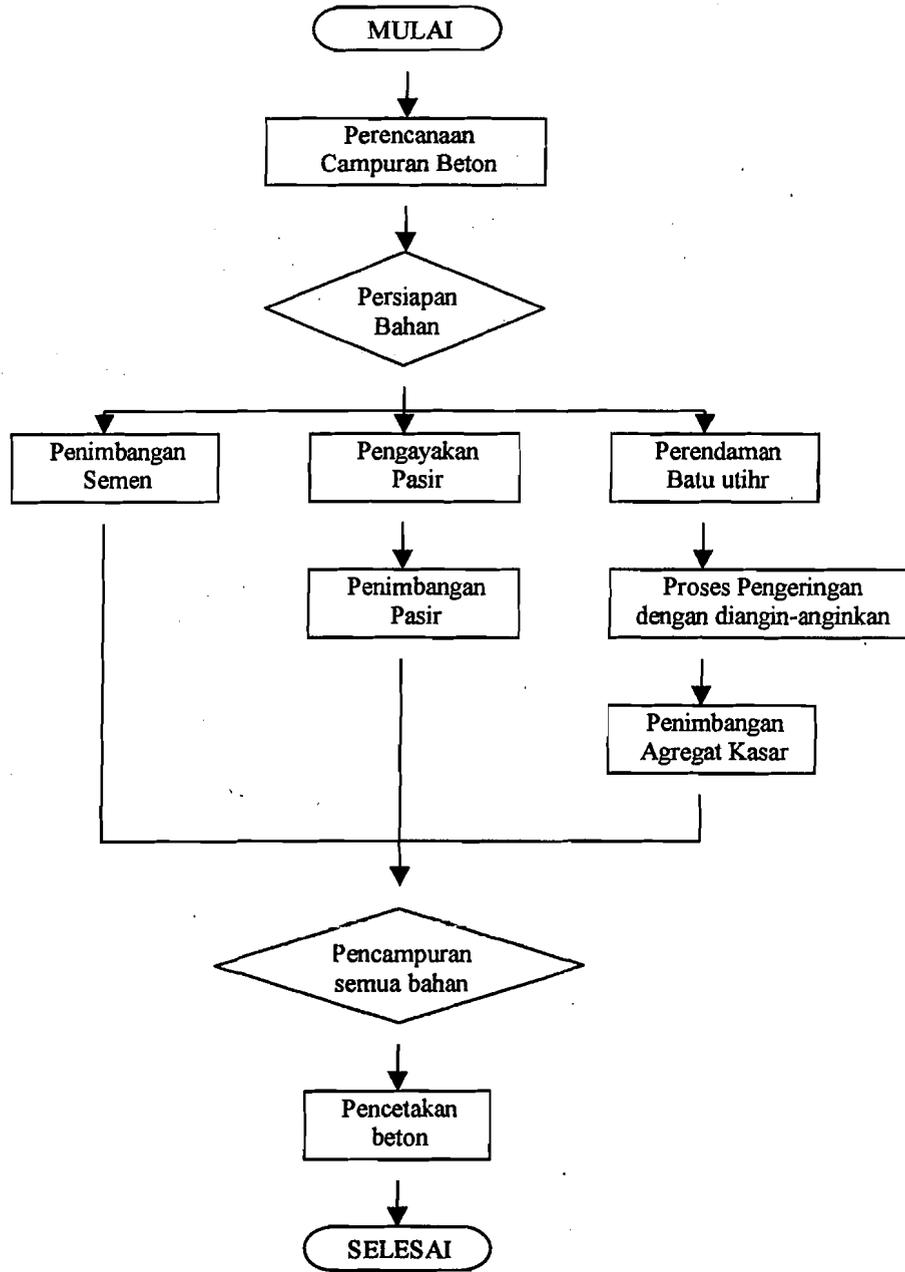
Tembusan

- 1) Dosem Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip.

PROSEDUR PENELITIAN



PROSEDUR MIX DESIGN



**HASIL-HASIL
PENGUJIAN**



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
 KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Jenis benda uji : Pemeriksaan Kadar Lumpur Diperiksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Ghalib S.P. 99 511 106
 Asal : Kali Krasak 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

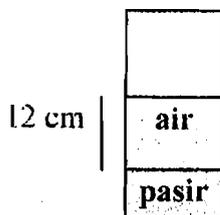
Tanggal : 05 Januari 2004

	Berat	
Berat piring (B _{po})	100	gram
Berat pasir awal (B _o)	100	gram
Berat piring + pasir (B _{p1})	199	gram
Berat pasir oven (B ₁)	99	gram

$$\text{Kandungan Lumpur} = \frac{B_o - B_1}{B_o} \times 100\% = 1 \%$$

Keterangan :

- Air tetap jernih setelah 14 kali pencampuran / pergantian air.



gelas ukur

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII

darumulan



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
 MODULUS HALUS BUTIR

Jenis benda uji : Pemeriksaan MHB Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Ghalib S.P. 99 511 106
 Asal : Kali Krasak 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 05 Januari 2004

No	Saringan	Berat		Berat		Berat Kumulatif	
	Ø lubang mm	tertinggal (gram)	tertinggal (%)	tertinggal (%)	tertinggal (%)	tertinggal (%)	tertinggal (%)
1	40						
2	20						
3	10						
4	4.75	0.6	0.4	0.03	0.02	0.03	0.02
5	2.36	199.6	103.8	9.98	5.19	10.01	5.21
6	1.18	424.1	414.9	21.21	20.745	31.215	25.955
7	0.6	642.1	546.3	32.11	27.315	63.32	53.27
8	0.3	342.1	363.1	17.11	18.155	80.425	71.425
9	0.15	233.1	237.3	11.66	11.865	92.08	83.29
10	Pan	158.4	334.2	7.92	16.71	0	0
Jumlah						516.25	

Jumlah rata-rata = 258.125

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{258.13}{100} \times 100\% = 258.125\%$$

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Darus
 Darus



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Pemeriksaan MHB Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Paras Putih 1. Chalib S.P. 99 511 106
 Asal : Gunung Kidul 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 05 Januari 2004

No	Saringan	Berat tertinggal (gram)	Berat lolos (%)	Berat Kumulatif (%)
	Ø lubang mm			
1	40	0	100	
2	20	1745	30,06012024	30,06012024
3	10	750	69,93987976	100
4	4.75	0	0	100
5	2.36	0	0	100
6	1.18	0	0	100
7	0.6	0	0	100
8	0.3	0	0	100
9	0.15	0	0	100
10	Pan			
Jumlah				730,0601202

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{730,06012}{100} = 7,3006$$

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

Lanusulan



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN

MODULUS HALUS BUTIR AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Pemeriksaan MHB Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Serut 1. Ghalib S.P. 99 511 106
 Asal : Klaten 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 05 Januari 2004

No	Saringan	Berat tertinggal (gram)	Berat lolos (%)	Berat Kumulatif (%)
	Ø lubang mm			
1	40	0	100	
2	20	2357	5.606728074	5.606728074
3	10	140	94.39327193	100
4	4.75	0	0	100
5	2.36	0	0	100
6	1.18	0	0	100
7	0.6	0	0	100
8	0.3	0	0	100
9	0.15	0	0	100
10	Pan			
			Jumlah	705.6067281

$$\text{MODULUS HALUS BUTIR} = \frac{705.606728}{100} = 7.05607$$

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT HALUS "SSD"

Jenis benda uji : Pemeriksaan Berat Volume Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Pasir 1. Ghalib S.P. 99 511 106
 Asal : Kali Krasak 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 05 Januari 2004

Alat-alat

1. Tabung silinder (\emptyset 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \emptyset 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll

		Benda Uji		
Berat tabung (W1)		5.4	5.4	Kg
Berat tabung + Agregat (W2)		14.1	13.9	Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$		0.0053	0.0053	m ³
Berat volume	W2 - W1	1.6404	1.6027	t/m ³
	V			
Berat Volume Rata-rata		1.622		t/m ³

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN

BERAT VOLUME AGREGAT KASAR "SSD"

Jenis benda uji : Pemeriksaan Berat Volume Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Paras Putih 1. Ghalib S.P. 99 511 106
 Asal : Gunung Kidul 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 05 Januari 2004

Alat-alat

1. Tabung silinder (\emptyset 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \emptyset 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll

		Benda Uji		
Berat tabung (W1)		5.4	5.4	Kg
Berat tabung + Agregat (W2)		10.1	10.3	Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$		0.0053	0.0053	m ³
Berat volume	W2 - W1	0.8862	0.9239	t/m ³
	V			
Berat Volume Rata-rata		0.905		t/m ³

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM *Seneca*
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR "SSD"

Jenis benda uji : Pemeriksaan Berat Volume Di periksa oleh :
 Nama benda uji : Serut 1. Ghalib S.P. 99 511 106
 Asal : Klaten 2. N. Berty R. 99 511 066
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 05 Januari 2004

Alat-alat

1. Tabung silinder (\emptyset 15 x t 30) cm
2. Timbangan kap. 20 kg
3. Tongkat penumbuk \emptyset 16 panjang 60 cm
4. Serok / sekop, lap dll

		Benda Uji		
Berat tabung (W1)		5.4	5.4	Kg
Berat tabung + Agregat (W2)		10.2	9.8	Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$		0.005	0.005	m ³
Berat volume	W2 - W1	0.905	0.83	t/m ³
	V			
Berat Volume Rata-rata		0.867		t/m ³

Yogyakarta, 12 Februari 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM *Staneus*
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



جامعة الإسلامية

Lampiran 2. 8

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

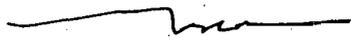
PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : Pasir Krasak
Di test tanggal : 6 Pebruari 2004
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan oleh :
1. Ghalib SP.
2. N. Berty R
Diperiksa :
Ir. Iskandar S, MT.

No.	Keterangan	Benda Uji		
		I (gram)	II (gram)	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan SSD (BJ)	500.00	500.00	500.000
2	Berat Vicnometer + air (B)	665.00	668.00	666.500
3	Berat Vicnometer + air + Benda Uji (BT)	980.00	981.00	980.500
4	Berat kering oven (BK)	494.00	495.00	494.500
5	Berat Jenis Bulk = $BK / (B + 500 - BT)$	2.670	2.647	2.659
6	Berat Jenis SSD = $500 / (B + 500 - BT)$	2.703	2.674	2.688
7	Berat Jenis Semu = $BK / (B + BK - BT)$	2.760	2.720	2.740
8	Penyerapan = $(BJ - BK) / BK \times 100 \%$	1.215	1.010	1.112

Yogyakarta, 5 Februari 2004
Kepala Lab. Jalan Raya


Ir. Iskandar S, MT.



الجامعة الإسلامية

Lampiran 2. 9

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

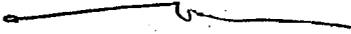
PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : Batu Paras Putih, Gunung Kidul
Di test tanggal : 5 Pebruari 2004
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan oleh :
1. Ghalib SP.
2. N Berty R
Diperiksa :
Ir. Iskandar S, MT.

No.	Keterangan	Benda Uji		
		I (gram)	II (gram)	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan SSD (BJ)	1,653.00	1,656.00	1,654.500
2	Berat benda uji dalam air (BA)	765.00	768.00	766.500
3	Berat kering sample (BK)	1,320.60	1,323.00	1,321.800
4	Berat Jenis Bulk = $BK / (BJ - BA)$	1.487	1.490	1.489
5	Berat Jenis SSD = $BJ / (BJ - BA)$	1.861	1.865	1.863
6	Berat Jenis Semu = $BK / (BK - BA)$	2.377	2.384	2.380
7	Penyerapan = $(BJ - BK) / BK \times 100 \%$	25.170	25.170	25.170

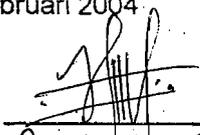
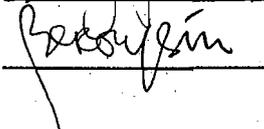
Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya


Ir. Iskandar S, MT.

Yogyakarta, 5 Pebruari 2004
Penelitian

1. Ghalib S.P

2. N Berty R



جامعة الإسلامية

Lampiran 2. 10

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

PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : Batu Serut, Gunung Kidul
Di test tanggal : 5 Pebruari 2004
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir

Dikerjakan oleh :
1. Ghalib SP.
2. N Berty R
Diperiksa :
Ir. Iskandar S, MT.

No.	Keterangan	Benda Uji		
		I (gram)	II (gram)	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan SSD (BJ)	1,574.00	1,578.00	1,576.000
2	Berat benda uji dalam air (BA)	750.00	754.00	752.000
3	Berat kering sample (BK)	1,332.00	1,336.00	1,334.000
4	Berat Jenis Bulk = $BK / (BJ - BA)$	1.617	1.621	1.619
5	Berat Jenis SSD = $BJ / (BJ - BA)$	1.910	1.915	1.913
6	Berat Jenis Semu = $BK / (BK - BA)$	2.289	2.296	2.292
7	Penyerapan = $(BJ - BK) / BK \times 100 \%$	18.168	18.114	18.141

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT.

Yogyakarta, 5 Pebruari 2004
Penelitian

1. Ghalib S.P

2. N Berty R



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Lampiran 2. 11

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : Kapur Paras Putih,

Dikerjakan Oleh : 1. Ghalib S.P.

Di test tanggal : 5 Pebruari 2004

2. N. Berty R

Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir SI

Diperiksa Ir. Iskandar S, MT.

No	JENIS GRADASI		F	
	SARINGAN		BENDA UJI (gram)	
	LOLOS	TERTAHAN	I	II
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	2500	2500
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500	2500
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")		
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")		
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (4")		
10	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	5000
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		1215	1217
13	KEAUSAN = (A- B)/A x 100 %		75.7	75.66
14	Rata-rata Keausan		75.68	

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT.

Yogyakarta, 5 Pebruari 2004
Peneliti,

1. Ghalib S.P.
2. N Berty R



الجامعة الإسلامية

Lampiran 2. 12

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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)
AASHTO T 96 - 77

Contoh dari : Kapur Serut, Gunung Kidul
Di test tanggal : 5 Pebruari 2004
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir S1

Dikerjakan Oleh : 1. Ghalib S.P.
2. N. Berty R
Diperiksa : Ir. Iskandar S, MT.

0

No	JENIS GRADASI		F	
	SARINGAN		BENDA UJI (gram)	
	LOLOS	TERTAHAN	I	II
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	2500	2500
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500	2500
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")		
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")		
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (4")		
10	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000	5000
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12(B)		2163	2160
13	KEAUSAN = (A- B)/A x 100 %		55.74	56.80
14	Rata-rata Keausan		56.77	

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT.

Yogyakarta, 5 Pebruari 2004
Peneliti,

1. Ghalib S.P.
2. N Berty R



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

PERHITUNGAN MATERIAL PAKAI DENGAN METODE ACI

1) Berdasarkan ketentuan yang telah disyaratkan :

- a. Kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c = 20$ MPa.
- b. Volume pekerjaan kecil ($< 1000 \text{ m}^3$) dan mutu pekerjaan dianggap baik.
- c. Nilai fas ditentukan 0,45.
- d. Jenis struktur adalah balok dan kolom gedung, di dalam ruangan dengan keadaan sekeliling non-korosif.
- e. Ukuran maksimum kerikil 40 mm.
- f. Berat satuan kerikil
 - serut 0,867
 - paras 0,9051
- g. Berat jenis kerikil
 - serut 1,913
 - paras 1,863
- h. Berat jenis pasir = 2,688
- i. Modulus halus butir pasir (MHB) = 2,58

2) Dari deviasi standar pada tabel 3.3., dengan data volume pekerjaan serta mutu pekerjaan diperoleh $S_d = 6$ MPa

a. menghitung nilai margin

$$m = 1,64 \times S_d = 1,64 \times 6 = 9,84 \text{ MPa}$$



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

b. menghitung kuat desak rata-rata

$$f'_{cr} = f'_c + m = 20 + 9,84 = 29,84 \text{ MPa}$$

3) Dihitung nilai fas dengan tabel 3.4. dari interpolasi didapat fas = 0,506. dari tabel 3.5., didapat nilai 0,6 dan dari batasan pakai diambil 0,45.

Fas pakai = 0,45 (yang terendah)

4) Nilai slam di dapat dari tabel 3.6 = 75 – 150 mm. Ukuran maksimum agregat ditentukan 40 mm.

5) Berdasar tabel 3.7.. kebutuhan air = 177 liter = 0.177 m³

6) Jumlah semen yang dibutuhkan

$$W_s = A/fas = 0,177 / 0,45 = 0,393 \text{ ton.}$$

7) Dari tabel 3.8.. volume kerikil = 0.742 m³.

Dengan berat satuan kerikil 0,867 (serut) dan 0,9051 (paras), maka berat kerikil,

$$W_k = 0,867 \times 0,742 = 0,643 \text{ ton}$$

$$W_k = 0,9051 \times 0,742 = 0,672 \text{ ton}$$

8) Jumlah volume absolute air, semen, kerikil dan udara terperangkap

$$\begin{aligned} V_a + V_s + V_k + V_u &= 0,177 + (0,393 / 3,15) + (0,643 / 1,913) + 0,01 \\ &= 0,648 \text{ m}^3 \text{ (serut)} \end{aligned}$$

$$\text{Volume pasir} = 1 - 0,648 = 0,352 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir} = 0,352 \times 2,688 = 0,946 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_a + V_s + V_k + V_u &= 0,177 + (0,393 / 3,15) + (0,672 / 1,863) + 0,01 \\ &= 0,672 \text{ m}^3 \text{ (paras)} \end{aligned}$$



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

$$\text{Volume pasir} = 1 - 0,672 = 0,328 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat pasir} = 0,328 \times 2,688 = 0,88 \text{ ton}$$

9) Kontrol hitungan, dengan cara menghitung berat 1 m³ beton

$$\begin{aligned} \text{Berat beton} &= W_a + W_s + W_k + W_p \\ &= 0,177 + 0,393 + 0,643 + 0,946 = 2,159 \text{ ton (serut)} \end{aligned}$$

$$\text{Berat beton} = 0,177 + 0,393 + 0,672 + 0,88 = 2,122 \text{ ton (paras)}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan kebutuhan 1 m}^3 &= 0,393 : 0,946 : 0,643 \\ &= 1 : 2,4 : 1,636 \quad (\text{serut}) \\ &= 0,393 : 0,88 : 0,67 \\ &= 1 : 2,24 : 1,707 \quad (\text{paras}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan sampel} &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3\right) \times 10 \\ &= 0,053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan total berat material untuk sampel (dalam ton)

$$\begin{aligned} \text{Semen : pasir : kerikil} &= 0,02 : 0,05 : 0,034 \quad (\text{serut}) \\ &= 1 : 2,5 : 1,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Semen : pasir : kerikil} &= 0,02 : 0,047 : 0,036 \quad (\text{paras}) \\ &= 1 : 2,35 : 1,8 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan total material pakai :

Bahan	Semen	Batu Serut	Batu Paras Putih	Pasir
Berat (kg)	40	34	36	97

Yogyakarta, 20 Februari 2004
 Mengetahui,
 Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM *Senen*
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
DESAK SILINDER BETON

Nama Benda Uji : Silinder Beton
Jenis Beton : Ringan **Mutu Beton Rencana (f'c)** : 20 MPa
Dibuat Tgl : 21 - 02 - 2004 **Ditest Tgl** : 20 - 03 - 2004
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 21 Maret 2004

Beban KN	Regangan (x 0,001)			
	S. 01	S. 02	S. 03	S. 04
10	8	12	10	12
20	18	25	20	22
30	20	36	32	33
40	30	48	44	44
50	40	59	53	54
60	51	68	62	67
70	72	78	75	78
80	83	90	85	92
90	98	103	97	104
100	109	116	109	116
110	122	128	120	127
120	134	141	133	140
130	150	154	144	154
140	164	165	156	169
150	175	178	168	182
160	190	189	182	195
170	206	203	196	211
180	221	218	210	226
190	234	231	224	243

Beban KN	Regangan (x 0,001)			
	S. 01	S. 02	S. 03	S. 04
200	240	243	238	262
210	274	258	255	280
220	289	274	273	296
230	306	292	286	312
240	329	306	300	337
250	349	326	318	360
260	355	347	338	385
270	367	360	358	390
280	372	380	380	455
290	380	395	404	490
300	394	416	438	527
310	418	473	474	578
320	458	510	535	590
325	493	566		
335		666		
350		686		
360		702		
370		723		
375				

Sampel	Dimensi (cm)		Berat Kg
	t	D	
S. 01	30,31	15,14	11,5
S. 02	30,16	15,11	11,4
S. 03	30,16	15,09	11,3
S. 04	29,94	15,19	11,45

Ket

S = Silinder beton dengan agregat kasar batu serut

t = tinggi silinder

D = diameter silinder

Dikerjakan Oleh :

1. N. Berty R. 99 511 066

2. Ghalib S. P. 99 511 106

Yogyakarta, 25 Maret 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
DESAK SILINDER BETON

Nama Benda Uji : Silinder Beton

Jenis Beton : Ringan

Mutu Beton Rencana (f'c) : 20 MPa

Dibuat Tgl : 23 - 02 - 2004

Ditest Tgl

: 23 - 03 - 2004

Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 23 Maret 2004

Beban KN	Regangan (x 0.001)					
	S. 09	P. 01	P. 02	P. 03	P. 04	P. 05
10	10	12	9	9	6	9
20	20	23	15	15	15	16
30	34	34	29	26	28	27
40	44	45	39	37	36	36
50	53	53	49	46	46	46
60	65	69	59	58	56	58
70	78	82	71	67	69	66
80	94	94	84	81	78	76
90	109	105	95	92	88	85
100	124	130	109	105	99	94
110	144	140	115	111	111	104
120	165	150	134	124	124	115
130	180	160	142	132	133	126
140	243	180	156	145	144	138
150	244	190	160	155	154	146
155		209	184	166	169	160
170		218	201	178	176	169
180		234	215	194	182	181
190		252	224	205	203	196
200		262	238	211	214	205
210		283	256	234	224	211

Beban KN	Regangan (x 0.001)					
	S. 09	P. 01	P. 02	P. 03	P. 04	P. 05
220		298	268	256	253	236
230		342	279	264	264	246
240		434	292	282	276	256
250		472	305	296	286	274
260		500	312	311	309	283
270			333	324	311	296
280			352	348	324	309
290			363	360	356	320
300			375	375	369	336
310			394	395	379	355
320			411	430	395	366
324			432		412	385
340			464		445	402
341					452	411
360					491	429
365					522	
380					566	
390						
400						
410						
420						

Sampel	Dimensi (cm)		Berat Kg
	t	D	
S. 09	30	14,8	11,4
P. 01	30,4	14,9	11,2
P. 02	30,2	14	11,2
P. 03	30,2	15,2	11,4
P. 04	30,1	14,9	11,3
P. 05	29	15	11,3

Ket :

S = Silinder beton dengan agregat kasar batu seut

P = Silinder beton dengan agregat kasar batu paras putih

t = tinggi silinder

D = diameter silinder

Dikerjakan Oleh :

1. N. Berty R. 99 511 066

2. Ghalib S. P. 99 511 106

Yogyakarta, 25 Maret 2004

Mengetahui

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
TARIK SILINDER BETON

Nama Benda Uji : Silinder Beton
Jenis Beton : Ringan Mutu Beton Rencana ($f'c$) : 20 MPa
Dibuat Tgl : 21 - 02 - 2004 Ditest Tgl : 20 - 03 - 2004
Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 21 Maret 2004

Sampel	Dimensi (cm)		Berat kg	ft KN
	t	D		
S. 05	30,26	15,13	11,6	120
S. 06	30,39	15,07	11,4	160
S. 07	30,27	14,09	11,2	120
S. 08	30,46	15,15	11,4	142

Ket : S = Silinder Beton dengan agregat kasar batu serut

Dikerjakan Oleh :

1. N. Berty R. 99 511 066

2. Ghalib S. P. 99 511 106

Yogyakarta, 25 Maret 2004

Mengetahui

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



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

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
TARIK SILINDER BETON

Nama Benda Uji : Silinder Beton
 Jenis Beton : Ringan Mutu Beton Rencana ($f'c$) : 20 MPa
 Dibuat Tgl : 23 - 02 - 2004 Ditest Tgl : 23 - 03 - 2004
 Keperluan : Penelitian Tugas Akhir

Tanggal : 23 Maret 2004

Sampel	Dimensi (cm)		Berat kg	ft KN
	t	D		
S. 10	30,15	15,2	11,3	78
P. 06	29,6	15,1	11,25	95
P. 07	29,5	15	11,4	84
P. 08	29,75	15	11,3	104
P. 09	29,75	15	11,3	85
P. 10	30	14,95	11,4	80

Ket : S = Silinder Beton dengan agregat kasar batu serut
 P = Silinder Beton dengan agregat kasar batu paras putih

Dikerjakan Oleh :

1. N. Berty R. 99 511 066
 2. Ghalib S. P. 99 511 106

Yogyakarta, 25 Maret 2004

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

**HASIL - HASIL
PENGHITUNGAN**

Perhitungan Berat Jenis Beton

Sampel	Dimensi (cm)		Berat Kg	Volume cm ³	BJ	
	t	D			kg/cm ³	t/m ³
S. 01	30.31	15.14	11.5	5458.865	0.002	2.107
S. 02	30.16	15.11	11.4	5410.344	0.002	2.107
S. 03	30.16	15.09	11.3	5396.031	0.002	2.094
S. 04	29.94	15.19	11.45	5427.902	0.002	2.109
S. 05	30.26	15.13	11.6	5442.663	0.002	2.131
S. 06	30.39	15.07	11.4	5422.778	0.002	2.102
S. 07	30.27	14.09	11.2	4721.707	0.002	2.372
S. 08	30.46	15.15	11.4	5493.129	0.002	2.075
S. 09	30	14.8	11.4	5163.086	0.002	2.208
S. 10	30.15	15.2	11.3	5473.173	0.002	2.065
Rata-rata				5340.968	0.002	2.137

Sampel	Dimensi (cm)		Berat Kg	Volume cm ³	BJ	
	t	D			kg/cm ³	t/m ³
P. 01	30.4	14.9	11.2	5302.867	0.002	2.112
P. 02	30.2	14	11.2	4650.800	0.002	2.408
P. 03	30.2	15.2	11.4	5482.249	0.002	2.079
P. 04	30.1	14.9	11.3	5250.537	0.002	2.152
P. 05	29	15	11.3	5126.786	0.002	2.204
P. 06	29.6	15.1	11.25	5302.861	0.002	2.121
P. 07	29.5	15	11.4	5215.179	0.002	2.186
P. 08	29.75	15	11.3	5259.375	0.002	2.149
P. 09	29.75	15	11.3	5259.375	0.002	2.149
P. 10	30	14.95	11.4	5268.273	0.002	2.164
Rata-rata				4681.543	0.002	2.172

Keterangan S = Silinder beton dengan agregat kasar batu serut

P = Silinder beton dengan agregat kasar batu paras putih

Catatan : $Volume = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$

Berat Jenis = $\frac{Berat}{Volume}$

Perhitungan Mutu Beton

a. Kuat Desak Beton

Sampel	Dimensi (cm)		A		Beban Mak kN	f _c	
	t	D	cm ²	m ²		kN/m ²	MPa
S. 01	30.31	15.14	180.101	0.018	335	18600.662	18.601
S. 02	30.16	15.11	179.388	0.018	375	20904.399	20.904
S. 03	30.16	15.09	178.914	0.018	325	18165.202	18.165
S. 04	29.94	15.19	181.293	0.018	325	17926.816	17.927
S. 09	30	14.8	172.103	0.017	155	9006.242	9.006
Rata-rata						18899.270	18.899

*

Sampel	Dimensi (cm)		A		Beban Mak kN	f _c	
	t	D	cm ²	m ²		kN/m ²	MPa
P. 01	30.4	14.9	174.436	0.0174	270	15478.418	15.478
P. 02	30.2	14	154.000	0.0154	341	22142.857	22.143
P. 03	30.2	15.2	181.531	0.0182	324	17848.149	17.848
P. 04	30.1	14.9	174.436	0.0174	390	22357.715	22.358
P. 05	29	15	176.786	0.0177	365	20646.465	20.646
Rata-rata						19694.721	19.695

Catatan : Luas (A) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$

$$f_c = \frac{\text{Beban Maksimum}}{\text{Luas}}$$

$$1 \text{ KN} = 101,9716 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 0,098 \text{ MPa}$$

Keterangan S = Silinder beton dengan agregat kasar batu serut

P = Silinder beton dengan agregat kasar batu paras putih

* = Tidak terpakai karena dianggap gagal

D = Diameter silinder beton (cm)

b. Kuat Tarik Beton

Sampel	Dimensi (cm)		Beban Mak kN	f_t	
	t	D		kN/m ²	MPa
S. 05	30.26	15.13	120	1668.605	1.669
S. 06	30.39	15.07	160	2224.109	2.224
S. 07	30.27	14.09	120	1791.175	1.791
S. 08	30.46	15.15	142	1958.962	1.959
S. 10	30.15	15.2	78	1083.537	1.084
Rata-rata				1910.713	1.911

*

Sampel	Dimensi (cm)		Beban Mak kN	f_t	
	t	D		kN/m ²	MPa
P. 06	29.6	15.1	95	1353.116	1.353
P. 07	29.5	15	84	1208.499	1.208
P. 08	29.75	15	104	1483.663	1.484
P. 09	29.75	15	85	1212.609	1.213
P. 10	30	14.95	80	1135.554	1.136
Rata-rata				1278.688	1.279

Catatan $f_t = \frac{2 \cdot P_{\text{mak}}}{\pi \cdot t \cdot D}$

- Keterangan
- S = Silinder beton dengan agregat kasar batu serut
 - P = Silinder beton dengan agregat kasar batu paras putih
 - * = Tidak terpakai karena dianggap gagal
 - P_{mak} = Beban maksimum
 - t = Tinggi silinder beton (cm)
 - D = Diameter silinder beton (cm)

Perhitungan Modulus Elastis Beton

Sampel	$\sigma \times 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\epsilon \times 10^{-3}$	$E \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$
S. 01	102.72	13.932	7.373
S. 02	105.916	16.273	6.509
S. 03	117.375	17.299	6.785
S. 04	98.184	15.309	6.413
S. 10	78.325	13.419	5.837
Rata-rata			6.77

Sampel	$\sigma \times 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\epsilon \times 10^{-3}$	$E \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$
P. 01	91.638	14.397	6.397
P. 02	136.201	16.227	8.394
P. 03	112.653	15.110	7.455
P. 04	115.802	14.302	8.097
P. 05	150.974	19.397	7.783
Rata-rata			7.625

- Keterangan
- S = Silinder beton dengan agregat kasar batu serut
 - P. = Silinder beton dengan agregat kasar batu paras putih
 - * = Tidak terpakai karena dianggap gagal
 - σ = Tegangan
 - ϵ = Regangan
 - E = Modulus Elastis

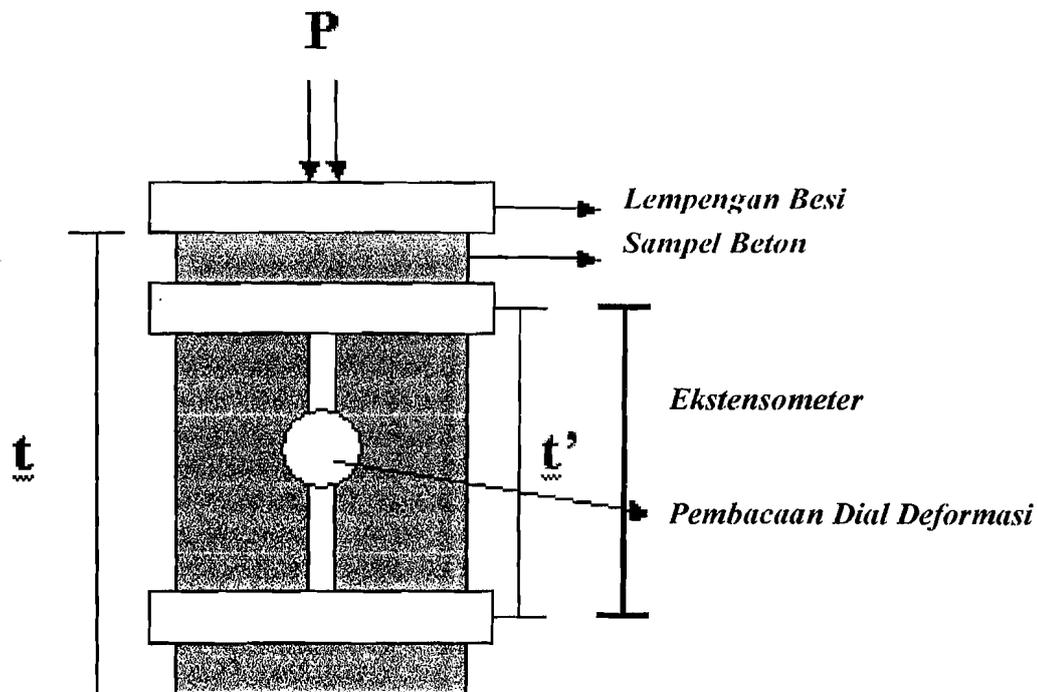
$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Kpa} = 1000 \text{ N/m}^2 = 1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ MPa} = 1000000 \text{ N/m}^2 = 1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ GPa} = 1000000000 \text{ N/m}^2 = 1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

PEMBACAAN DEFORMASI SAMPEL BETON BERDASARKAN ALAT EKSTENSOMETER



Keterangan

- P , adalah pembebanan dari alat uji desak beton
- lempengan besi dipergunakan untuk meratakan pembebanan, karena sampel dianggap permukaannya kurang rata
- t , tinggi sampel beton
- t' , jarak antar as alat ekstensonometer
- pembacaan alat ekstensonometer didapat deformasi (perubahan tinggi bentang) pada jarak t'
- alat ekstensonometer merupakan alat yang memiliki jarak antar as 15 cm, diperkirakan alat berada di tengah-tengah sampel beton

Jadi dari keterangan gambar diatas dapat disimpulkan jika regangan yang didapat dari hasil pengujian (pembacaan alat) pada sampel hanya pada bentangan 15 cm dimana letak alat diusahakan berada ditengah-tengah sampel.

**PERSAMAAN UNTUK MEMBUAT
GRAFIK TEGANGAN REGANGAN**

Untuk membuat persamaan grafik tegangan regangan dapat menggunakan persamaan $\sigma = k_1 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-k_2 \cdot \varepsilon)}$. Mengingat fungsi yang diinginkan adalah fungsi eksponensial, maka fungsi tersebut harus ditransfer menjadi fungsi linier yaitu,

$$\sigma = k_1 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-k_2 \cdot \varepsilon)}$$

$$\sigma / \varepsilon = k_1 \cdot e^{(-k_2 \cdot \varepsilon)}$$

$$\ln(\sigma / \varepsilon) = \ln k_1 - k_2 \cdot \varepsilon$$

$$g = a + b \cdot x$$

dengan catatan $g = \ln(\sigma / \varepsilon)$, $a = \ln k_1$, $b = -k_2$, dan $x = \varepsilon$

Sedangkan bentuk matriknya dapat ditulis dalam bentuk :

$$\begin{bmatrix} m & \sum x_1 \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} a \\ b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum g \\ \sum g \cdot x \end{Bmatrix}$$

	P. 01	P. 02	P. 03	P. 04	P. 05	S. 01	S. 02	S. 03	S. 04	S. 09
m	26	34	32	38	36	33	37	32	32	15
$\sum x_i$ ($\times 10^3$)	331.4	477.6	402.133	584.333	477.867	476.6	677.667	447.8	502.067	107.133
$\sum x_i^2$ ($\times 10^6$)	6294.29	9307.71	7124.63	12947	8819	9780.39	19069.6	9054.85	11761	1118.88
$\sum g$	528.011	699.621	655.035	778.893	739.411	673.397	750.026	652.095	648.716	305.801
$\sum g \cdot x$	6.697	9.795	8.201	11.919	9.788	9.671	13.659	9.090	10.124	2.173
a	20.510	20.755	20.653	20.724	20.684	20.679	20.485	20.557	20.490	20.616
b	-15.818	-12.646	-14.596	-14.758	-10.925	-18.903	-11.689	-12.804	-13.849	-32.153
k_1 ($\times 10^8$)	8.077	10.319	9.324	10.009	9.617	9.567	7.880	8.469	7.917	8.986
k₂	15.818	12.646	14.596	14.758	10.925	18.903	11.689	12.804	13.849	32.153

Dari data diatas maka dapat disusun persamaan untuk masing-masing sampel

$$P. 01 \Rightarrow \sigma = 8,077 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-15,818 \cdot \varepsilon)}$$

$$P. 02 \Rightarrow \sigma = 10,319 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-12,646 \cdot \varepsilon)}$$

$$P. 03 \Rightarrow \sigma = 9,319 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-14,596 \cdot \varepsilon)}$$

$$P. 04 \Rightarrow \sigma = 10,009 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-14,758 \cdot \varepsilon)}$$

$$P. 05 \Rightarrow \sigma = 9,617 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-10,925 \cdot \varepsilon)}$$

$$S. 01 \Rightarrow \sigma = 9,567 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-18,903 \cdot \varepsilon)}$$

$$S. 02 \Rightarrow \sigma = 7,88 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-11,689 \cdot \varepsilon)}$$

$$S. 03 \Rightarrow \sigma = 8,469 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-12,804 \cdot \varepsilon)}$$

$$S. 04 \Rightarrow \sigma = 7,917 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-13,849 \cdot \varepsilon)}$$

$$S. 09 \Rightarrow \sigma = 8,986 \cdot 10^8 \cdot \varepsilon \cdot e^{(-32,153 \cdot \varepsilon)}$$

Berdasarkan persamaan diatas dengan memasukkan nilai tegangan dapat diketahui nilai regangan terkoreksi, sehingga grafik tegangan regangan dapat digambar.

Adapun data perhitungannya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban	P. 01		t = 30.4 cm	D = 14.9 cm	W = 11.2 kg	A = 174.436 cm ²		
	KN	$\Delta\varepsilon$ 10 ⁻³	ε 10 ⁻³	ε^2 10 ⁻⁶	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ε 10 ⁻¹⁰	g = ln (σ/ε)	g · ε	ε baru 10 ⁻³
1	10	12	0.800	0.640	5.733	0.072	20.390	0.016	0.718
2	20	23	1.533	2.351	11.465	0.075	20.433	0.031	1.452
3	30	34	2.267	5.138	17.198	0.076	20.447	0.046	2.205
4	40	45	3.000	9.000	22.931	0.076	20.455	0.061	2.976
5	50	53	3.533	12.484	28.664	0.081	20.514	0.072	3.767
6	60	69	4.600	21.160	34.396	0.075	20.433	0.094	4.578
7	70	82	5.467	29.884	40.129	0.073	20.414	0.112	5.412
8	80	94	6.267	39.271	45.862	0.073	20.411	0.128	6.270
9	90	105	7.000	49.000	51.595	0.074	20.418	0.143	7.153
10	100	130	8.667	75.111	57.327	0.066	20.310	0.176	8.063
11	110	140	9.333	87.111	63.060	0.068	20.331	0.190	9.002
12	120	150	10.000	100.000	68.793	0.069	20.349	0.203	9.972
13	130	160	10.667	113.778	74.526	0.070	20.365	0.217	10.976
14	140	180	12.000	144.000	80.258	0.067	20.321	0.244	12.016
15	150	190	12.667	160.444	85.991	0.068	20.336	0.258	12.956
16	160	209	13.933	194.138	91.724	0.066	20.305	0.283	14.220
17	170	218	14.533	211.218	97.457	0.067	20.324	0.295	15.391
18	180	234	15.600	243.360	103.189	0.066	20.310	0.317	16.615
19	190	252	16.800	282.240	108.922	0.065	20.290	0.341	17.898
20	200	262	17.467	305.084	114.655	0.066	20.302	0.355	19.246
21	210	283	18.867	355.951	120.388	0.064	20.274	0.383	20.668
22	220	298	19.867	394.684	126.120	0.063	20.269	0.403	22.174
23	230	342	22.800	519.840	131.853	0.058	20.176	0.460	23.778
24	240	434	28.933	837.138	137.586	0.048	19.980	0.578	25.495
25	250	472	31.467	990.151	143.319	0.046	19.937	0.627	27.346
26	260	500	33.333	1111.111	149.051	0.045	19.918	0.664	29.361
27	510								
			331.400	6294.289			528.011	6.697	

Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban	P. 02		t = 30.2 cm	D = 14 cm	W = 11.2 kg	A = 154 cm ²		
	KN	$\Delta \epsilon$.10 ⁻³	ϵ .10 ⁻³	ϵ^2 .10 ⁻⁶	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ϵ .10 ⁻¹⁰	$g =$ ln (σ/ϵ)	$g \cdot \epsilon$	ϵ baru .10 ⁻³
1	10	9	0.600	0.360	6.494	0.108	20.802	0.012	0.634
2	20	15	1.000	1.000	12.987	0.130	20.985	0.021	1.279
3	30	29	1.933	3.738	19.481	0.101	20.731	0.040	1.934
4	40	39	2.600	6.760	25.974	0.100	20.722	0.054	2.601
5	50	49	3.267	10.671	32.468	0.099	20.717	0.068	3.279
6	60	59	3.933	15.471	38.961	0.099	20.714	0.081	3.970
7	70	71	4.733	22.404	45.455	0.096	20.683	0.098	4.673
8	80	84	5.600	31.360	51.948	0.093	20.648	0.116	5.389
9	90	95	6.333	40.111	58.442	0.092	20.643	0.131	6.118
10	100	109	7.267	52.804	64.935	0.089	20.611	0.150	6.863
11	110	115	7.667	58.778	71.429	0.093	20.652	0.158	7.622
12	120	134	8.933	79.804	77.922	0.087	20.587	0.184	8.396
13	130	142	9.467	89.618	84.416	0.089	20.609	0.195	9.188
14	140	156	10.400	108.160	90.909	0.087	20.589	0.214	9.996
15	150	160	10.667	113.778	97.403	0.091	20.632	0.220	10.823
16	160	184	12.267	150.471	103.896	0.085	20.557	0.252	11.668
17	170	201	13.400	179.560	110.390	0.082	20.529	0.275	12.534
18	180	215	14.333	205.444	116.883	0.082	20.519	0.294	13.421
19	190	224	14.933	223.004	123.377	0.083	20.532	0.307	14.330
20	200	238	15.867	251.751	129.870	0.082	20.523	0.326	15.264
21	210	256	17.067	291.271	136.364	0.080	20.499	0.350	16.222
22	220	268	17.867	319.218	142.857	0.080	20.500	0.366	17.208
23	230	279	18.600	345.960	149.351	0.080	20.504	0.381	18.222
24	240	292	19.467	378.951	155.844	0.080	20.501	0.399	19.268
25	250	305	20.333	413.444	162.338	0.080	20.498	0.417	20.346
26	260	312	20.800	432.640	168.831	0.081	20.515	0.427	21.460
27	270	333	22.200	492.840	175.325	0.079	20.487	0.455	22.613
28	280	352	23.467	550.684	181.818	0.077	20.468	0.480	23.807
29	290	363	24.200	585.640	188.312	0.078	20.472	0.495	25.047
30	300	375	25.000	625.000	194.805	0.078	20.474	0.512	26.337
31	310	394	26.267	689.938	201.299	0.077	20.457	0.537	27.681
32	320	411	27.400	750.760	207.792	0.076	20.447	0.560	29.087
33	330	432	28.800	829.440	214.286	0.074	20.428	0.588	30.559
34	340	464	30.933	956.871	220.779	0.071	20.386	0.631	32.108
			477.600	9307.707			699.621	9.795	

Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban KN	P. 03		t = 30.2 cm	D = 15.2 cm	W = 11.4 kg	A = 181.531 cm ²		ε baru .10 ⁻³
		Δε .10 ⁻³	ε .10 ⁻³	ε ² .10 ⁻⁶	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ε .10 ⁻¹⁰	g = ln (σ/ε)	g · ε	
1	10	9	0.600	0.360	5.509	0.092	20.638	0.012	0.596
2	20	15	1.000	1.000	11.017	0.110	20.820	0.021	1.203
3	30	26	1.733	3.004	16.526	0.095	20.676	0.036	1.820
4	40	37	2.467	6.084	22.035	0.089	20.610	0.051	2.449
5	50	46	3.067	9.404	27.543	0.090	20.616	0.063	3.090
6	60	58	3.867	14.951	33.052	0.085	20.566	0.080	3.744
7	70	67	4.467	19.951	38.561	0.086	20.576	0.092	4.411
8	80	81	5.400	29.160	44.070	0.082	20.520	0.111	5.091
9	90	92	6.133	37.618	49.578	0.081	20.510	0.126	5.786
10	100	105	7.000	49.000	55.087	0.079	20.484	0.143	6.496
11	110	111	7.400	54.760	60.596	0.082	20.523	0.152	7.211
12	120	124	8.267	68.338	66.104	0.080	20.500	0.169	7.964
13	130	132	8.800	77.440	71.613	0.081	20.517	0.181	8.723
14	140	145	9.667	93.444	77.122	0.080	20.497	0.198	9.572
15	150	155	10.333	106.778	82.630	0.080	20.500	0.212	10.300
16	160	166	11.067	122.471	88.139	0.080	20.496	0.227	11.119
17	170	178	11.867	140.818	93.648	0.079	20.486	0.243	11.959
18	180	194	12.933	167.271	99.156	0.077	20.458	0.265	12.824
19	190	205	13.667	186.778	104.665	0.077	20.456	0.280	13.713
20	200	211	14.067	197.871	110.174	0.078	20.479	0.288	14.629
21	210	234	15.600	243.360	115.682	0.074	20.424	0.319	15.573
22	220	256	17.067	291.271	121.191	0.071	20.381	0.348	16.549
23	230	264	17.600	309.760	126.700	0.072	20.395	0.359	17.558
24	240	282	18.800	353.440	132.209	0.070	20.371	0.383	18.603
25	250	296	19.733	389.404	137.717	0.070	20.364	0.402	19.687
26	260	311	20.733	429.871	143.226	0.069	20.353	0.422	20.814
27	270	324	21.600	466.560	148.735	0.069	20.350	0.440	21.988
28	280	348	23.200	538.240	154.243	0.066	20.315	0.471	23.215
29	290	360	24.000	576.000	159.752	0.067	20.316	0.488	24.498
30	300	375	25.000	625.000	165.261	0.066	20.309	0.508	25.847
31	310	395	26.333	693.444	170.769	0.065	20.290	0.534	27.269
32	320	430	28.667	821.778	176.278	0.061	20.237	0.580	28.773
33	324								
			402.133	7124.631			655.035	8.201	

Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban	P. 04		t = 30.1 cm	D = 14.9 cm	W = 11.3 kg	A = 174.436 cm ²		
	KN	$\Delta\varepsilon$.10 ⁻³	ε .10 ⁻³	ε^2 .10 ⁻⁶	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ε .10 ⁻¹⁰	g = ln (σ/ε)	g . ε	ε baru .10 ⁻³
1	10	6	0.400	0.160	5.733	0.143	21.083	0.008	0.578
2	20	15	1.000	1.000	11.465	0.115	20.860	0.021	1.165
3	30	28	1.867	3.484	17.198	0.092	20.641	0.039	1.763
4	40	36	2.400	5.760	22.931	0.096	20.678	0.050	2.372
5	50	46	3.067	9.404	28.664	0.093	20.656	0.063	2.993
6	60	56	3.733	13.938	34.396	0.092	20.641	0.077	3.625
7	70	69	4.600	21.160	40.129	0.087	20.587	0.095	4.270
8	80	78	5.200	27.040	45.862	0.088	20.598	0.107	4.927
9	90	88	5.867	34.418	51.595	0.088	20.595	0.121	5.598
10	100	99	6.600	43.560	57.327	0.087	20.582	0.136	6.283
11	110	111	7.400	54.760	63.060	0.085	20.563	0.152	6.984
12	120	124	8.267	68.338	68.793	0.083	20.540	0.170	7.699
13	130	133	8.867	78.618	74.526	0.084	20.550	0.182	8.432
14	140	144	9.600	92.160	80.258	0.084	20.544	0.197	9.181
15	150	154	10.267	105.404	85.991	0.084	20.546	0.211	9.949
16	160	169	11.267	126.938	91.724	0.081	20.518	0.231	10.736
17	170	176	11.733	137.671	97.457	0.083	20.538	0.241	11.544
18	180	182	12.133	147.218	103.189	0.085	20.561	0.249	12.374
19	190	203	13.533	183.151	108.922	0.080	20.506	0.278	13.227
20	200	214	14.267	203.538	114.655	0.080	20.505	0.293	14.105
21	210	224	14.933	223.004	120.388	0.081	20.508	0.306	15.007
22	220	253	16.867	284.484	126.120	0.075	20.433	0.345	15.941
23	230	264	17.600	309.760	131.853	0.075	20.434	0.360	16.905
24	240	276	18.400	338.560	137.586	0.075	20.433	0.376	17.901
25	250	286	19.067	363.538	143.319	0.075	20.438	0.390	18.933
26	260	309	20.600	424.360	149.051	0.072	20.400	0.420	20.004
27	270	311	20.733	429.871	154.784	0.075	20.431	0.424	21.227
28	280	324	21.600	466.560	160.517	0.074	20.426	0.441	22.278
29	290	356	23.733	563.271	166.250	0.070	20.367	0.483	23.490
30	300	369	24.600	605.160	171.982	0.070	20.365	0.501	24.759
31	310	379	25.267	638.404	177.715	0.070	20.371	0.515	26.093
32	320	395	26.333	693.444	183.448	0.070	20.362	0.536	27.500
33	330	412	27.467	754.418	189.181	0.069	20.350	0.559	28.990
34	340	445	29.667	880.111	194.913	0.066	20.303	0.602	30.576
35	350	452	30.133	908.018	200.646	0.067	20.317	0.612	32.274
36	360	491	32.733	1071.471	206.379	0.063	20.262	0.663	34.105
37	370	522	34.800	1211.040	212.112	0.061	20.228	0.704	36.100
38	380	566	37.733	1423.804	217.844	0.058	20.174	0.761	38.298
39	390								
			584.333	12947.000			778.893	11.919	

Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban KN	P. 05		t = 29 cm	D = 15 cm	W = 11.3 kg	A = 176.786	cm ²	
		$\Delta \epsilon$ $\cdot 10^{-3}$	ϵ $\cdot 10^{-3}$	ϵ^2 $\cdot 10^{-6}$	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ϵ $\cdot 10^{-10}$	g = ln (σ/ϵ)	g · ϵ	ϵ baru $\cdot 10^{-3}$
1	10	9	0.600	0.360	5.657	0.094	20.664	0.012	0.582
2	20	16	1.067	1.138	11.313	0.106	20.782	0.022	1.192
3	30	27	1.800	3.240	16.970	0.094	20.664	0.037	1.800
4	40	36	2.400	5.760	22.626	0.094	20.664	0.050	2.416
5	50	46	3.067	9.404	28.283	0.092	20.642	0.063	3.040
6	60	58	3.867	14.951	33.939	0.088	20.593	0.080	3.674
7	70	66	4.400	19.360	39.596	0.090	20.618	0.091	4.316
8	80	76	5.067	25.671	45.253	0.089	20.610	0.104	4.968
9	90	85	5.667	32.111	50.909	0.090	20.616	0.117	5.629
10	100	94	6.267	39.271	56.566	0.090	20.621	0.129	6.301
11	110	104	6.933	48.071	62.222	0.090	20.615	0.143	6.983
12	120	115	7.667	58.778	67.879	0.089	20.602	0.158	7.676
13	130	126	8.400	70.560	73.535	0.088	20.590	0.173	8.379
14	140	138	9.200	84.640	79.192	0.086	20.573	0.189	9.095
15	150	146	9.733	94.738	84.848	0.087	20.586	0.200	9.822
16	160	160	10.667	113.778	90.505	0.085	20.559	0.219	10.562
17	170	169	11.267	126.938	96.162	0.085	20.565	0.232	11.315
18	180	181	12.067	145.604	101.818	0.084	20.553	0.248	12.081
19	190	196	13.067	170.738	107.475	0.082	20.528	0.268	12.861
20	200	205	13.667	186.778	113.131	0.083	20.534	0.281	13.656
21	210	211	14.067	197.871	118.788	0.084	20.554	0.289	14.467
22	220	236	15.733	247.538	124.444	0.079	20.489	0.322	15.293
23	230	246	16.400	268.960	130.101	0.079	20.492	0.336	16.136
24	240	256	17.067	291.271	135.758	0.080	20.494	0.350	16.997
25	250	274	18.267	333.671	141.414	0.077	20.467	0.374	17.876
26	260	283	18.867	355.951	147.071	0.078	20.474	0.386	18.774
27	270	296	19.733	389.404	152.727	0.077	20.467	0.404	19.693
28	280	309	20.600	424.360	158.384	0.077	20.460	0.421	20.633
29	290	320	21.333	455.111	164.040	0.077	20.461	0.436	21.596
30	300	336	22.400	501.760	169.697	0.076	20.446	0.458	22.583
31	310	355	23.667	560.111	175.354	0.074	20.423	0.483	23.595
32	320	366	24.400	595.360	181.010	0.074	20.425	0.498	24.634
33	330	385	25.667	658.778	186.667	0.073	20.405	0.524	25.702
34	340	402	26.800	718.240	192.323	0.072	20.391	0.546	26.801
35	350	411	27.400	750.760	197.980	0.072	20.398	0.559	27.932
36	360	429	28.600	817.960	203.636	0.071	20.384	0.583	29.099
37	365								
			477.867	8818.996			739.411	9.788	

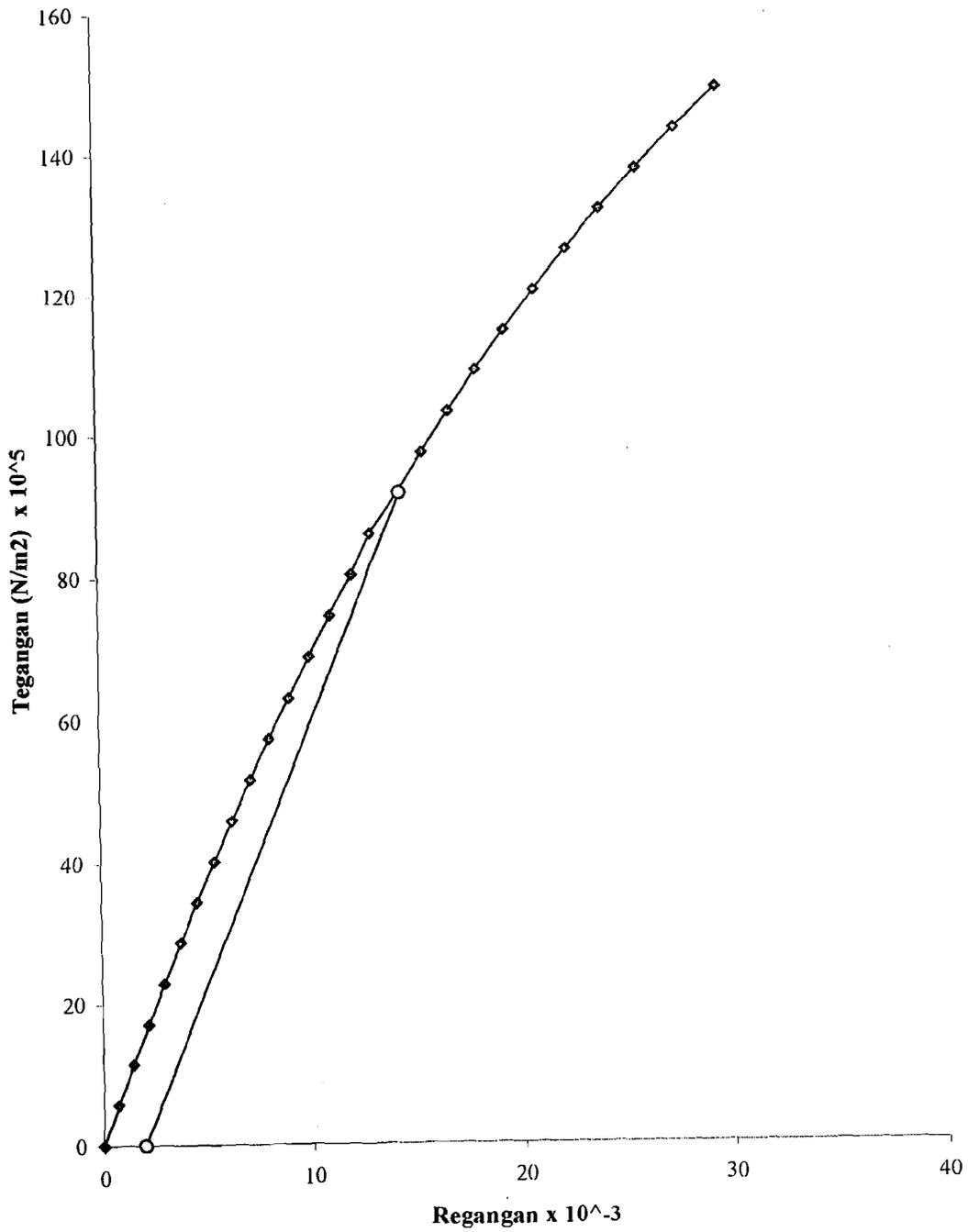
Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban	S. 01		t = 30.31 cm	D = 15.14 cm	W = 11.5 kg	A = 180.101 cm ²		ε baru .10 ⁻³ .
	KN	$\Delta \epsilon$.10 ⁻³ .	ϵ .10 ⁻³ .	ϵ^2 .10 ⁻⁶ .	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ϵ .10 ⁻¹⁰ .	g = ln (σ/ϵ)	g . ϵ	
1	10	8	0.533	0.284	5.552	0.104	20.764	0.011	0.587
2	20	18	1.200	1.440	11.105	0.093	20.646	0.025	1.187
3	30	20	1.333	1.778	16.657	0.125	20.946	0.028	1.801
4	40	30	2.000	4.000	22.210	0.111	20.828	0.042	2.431
5	50	40	2.667	7.111	27.762	0.104	20.764	0.055	3.076
6	60	51	3.400	11.560	33.315	0.098	20.703	0.070	3.737
7	70	72	4.800	23.040	38.867	0.081	20.512	0.098	4.416
8	80	83	5.533	30.618	44.419	0.080	20.504	0.113	5.114
9	90	98	6.533	42.684	49.972	0.076	20.455	0.134	5.832
10	100	109	7.267	52.804	55.524	0.076	20.454	0.149	6.572
11	110	122	8.133	66.151	61.077	0.075	20.437	0.166	7.334
12	120	134	8.933	79.804	66.629	0.075	20.430	0.183	8.120
13	130	150	10.000	100.000	72.182	0.072	20.397	0.204	8.933
14	140	164	10.933	119.538	77.734	0.071	20.382	0.223	9.774
15	150	175	11.667	136.111	83.287	0.071	20.386	0.238	10.647
16	160	190	12.667	160.444	88.839	0.070	20.369	0.258	11.553
17	170	206	13.733	188.604	94.391	0.069	20.348	0.279	12.495
18	180	221	14.733	217.071	99.944	0.068	20.335	0.300	13.479
19	190	234	15.600	243.360	105.496	0.068	20.332	0.317	14.507
20	200	240	16.000	256.000	111.049	0.069	20.358	0.326	15.584
21	210	274	18.267	333.671	116.601	0.064	20.274	0.370	16.718
22	220	289	19.267	371.204	122.154	0.063	20.268	0.390	17.915
23	230	306	20.400	416.160	127.706	0.063	20.255	0.413	19.421
24	240	329	21.933	481.071	133.258	0.061	20.225	0.444	20.536
25	250	349	23.267	541.338	138.811	0.060	20.207	0.470	21.987
26	260	355	23.667	560.111	144.363	0.061	20.229	0.479	23.554
27	270	367	24.467	598.618	149.916	0.061	20.233	0.495	25.263
28	280	372	24.800	615.040	155.468	0.063	20.256	0.502	27.150
29	290	380	25.333	641.778	161.021	0.064	20.270	0.514	29.268
30	300	394	26.267	689.938	166.573	0.063	20.268	0.532	31.704
31	310	418	27.867	776.551	172.126	0.062	20.241	0.564	34.613
32	320	458	30.533	932.284	177.678	0.058	20.182	0.616	38.331
33	330	493	32.867	1080.218	183.230	0.056	20.139	0.662	44.001
34	335								
			476.600	9780.387			673.397	9.671	

Data perhitungan untuk mencari persamaan grafik Tegangan – Regangan

m	Beban KN	S. 02		t = 30.16 cm	D = 15.11 cm	W = 11.4 kg	A = 179.388 cm ²		
		$\Delta\varepsilon$.10 ⁻³	ε .10 ⁻³	ε^2 .10 ⁻⁶	σ N/m ² (10 ⁵)	σ/ε .10 ⁻¹⁰	g = ln (σ/ε)	g · ε	ε baru .10 ⁻³
1	10	12	0.800	0.640	5.575	0.070	20.362	0.016	0.713
2	20	25	1.667	2.778	11.149	0.067	20.321	0.034	1.439
3	30	36	2.400	5.760	16.724	0.070	20.362	0.049	2.177
4	40	48	3.200	10.240	22.298	0.070	20.362	0.065	2.928
5	50	59	3.933	15.471	27.873	0.071	20.379	0.080	3.693
6	60	68	4.533	20.551	33.447	0.074	20.419	0.093	4.472
7	70	78	5.200	27.040	39.022	0.075	20.436	0.106	5.266
8	80	90	6.000	36.000	44.596	0.074	20.427	0.123	6.076
9	90	103	6.867	47.151	50.171	0.073	20.409	0.140	6.901
10	100	116	7.733	59.804	55.745	0.072	20.396	0.158	7.744
11	110	128	8.533	72.818	61.320	0.072	20.393	0.174	8.605
12	120	141	9.400	88.360	66.894	0.071	20.383	0.192	9.484
13	130	154	10.267	105.404	72.469	0.071	20.375	0.209	10.683
14	140	165	11.000	121.000	78.043	0.071	20.380	0.224	11.302
15	150	178	11.867	140.818	83.618	0.070	20.373	0.242	12.243
16	160	189	12.600	158.760	89.192	0.071	20.378	0.257	13.208
17	170	203	13.533	183.151	94.767	0.070	20.367	0.276	14.196
18	180	218	14.533	211.218	100.341	0.069	20.353	0.296	15.210
19	190	231	15.400	237.160	105.916	0.069	20.349	0.313	16.252
20	200	243	16.200	262.440	111.490	0.069	20.350	0.330	17.323
21	210	258	17.200	295.840	117.065	0.068	20.338	0.350	18.425
22	220	274	18.267	333.671	122.639	0.067	20.325	0.371	19.560
23	230	292	19.467	378.951	128.214	0.066	20.306	0.395	20.731
24	240	306	20.400	416.160	133.788	0.066	20.301	0.414	21.940
25	250	326	21.733	472.338	139.363	0.064	20.279	0.441	23.191
26	260	347	23.133	535.151	144.937	0.063	20.256	0.469	24.487
27	270	360	24.000	576.000	150.512	0.063	20.257	0.486	25.832
28	280	380	25.333	641.778	156.086	0.062	20.239	0.513	27.230
29	290	395	26.333	693.444	161.661	0.061	20.235	0.533	28.687
30	300	416	27.733	769.138	167.235	0.060	20.217	0.561	30.208
31	310	473	31.533	994.351	172.810	0.055	20.122	0.635	31.802
32	320	510	34.000	1156.000	178.384	0.052	20.078	0.683	33.477
33	330	566	37.733	1423.804	183.959	0.049	20.005	0.755	35.244
34	340	666	44.400	1971.360	189.533	0.043	19.872	0.882	37.115
35	350	686	45.733	2091.538	195.108	0.043	19.871	0.909	39.106
36	360	702	46.800	2190.240	200.682	0.043	19.877	0.930	41.239
37	370	723	48.200	2323.240	206.257	0.043	19.874	0.958	43.540
38	375								
			677.667	19069.569			750.026	13.659	

$$\sigma = 91,638 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$
$$\varepsilon = 14,324 \times 10^{-3}$$
$$E = 6,397 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

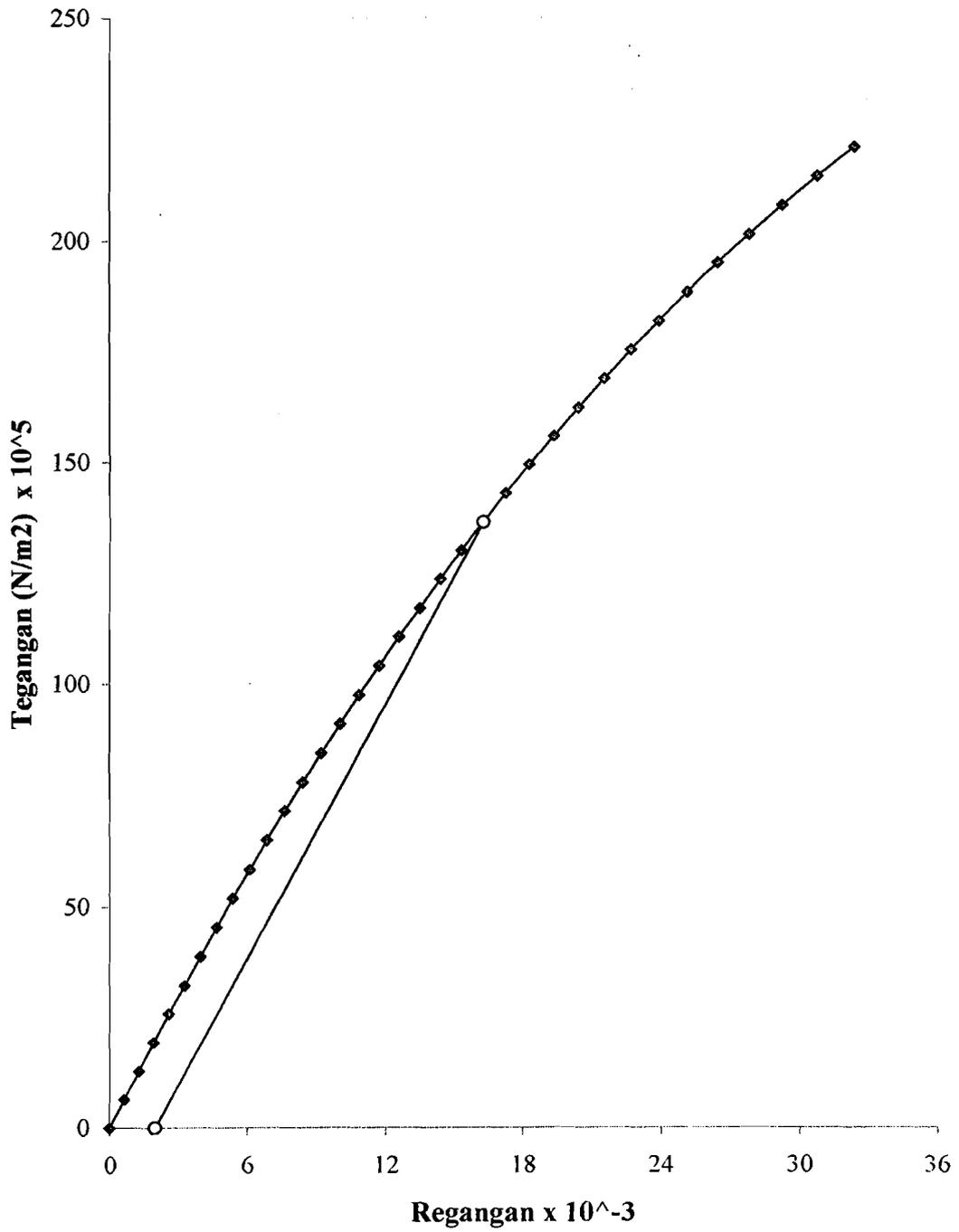


Modulus Elastis P. 01

$$\sigma = 136,201 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

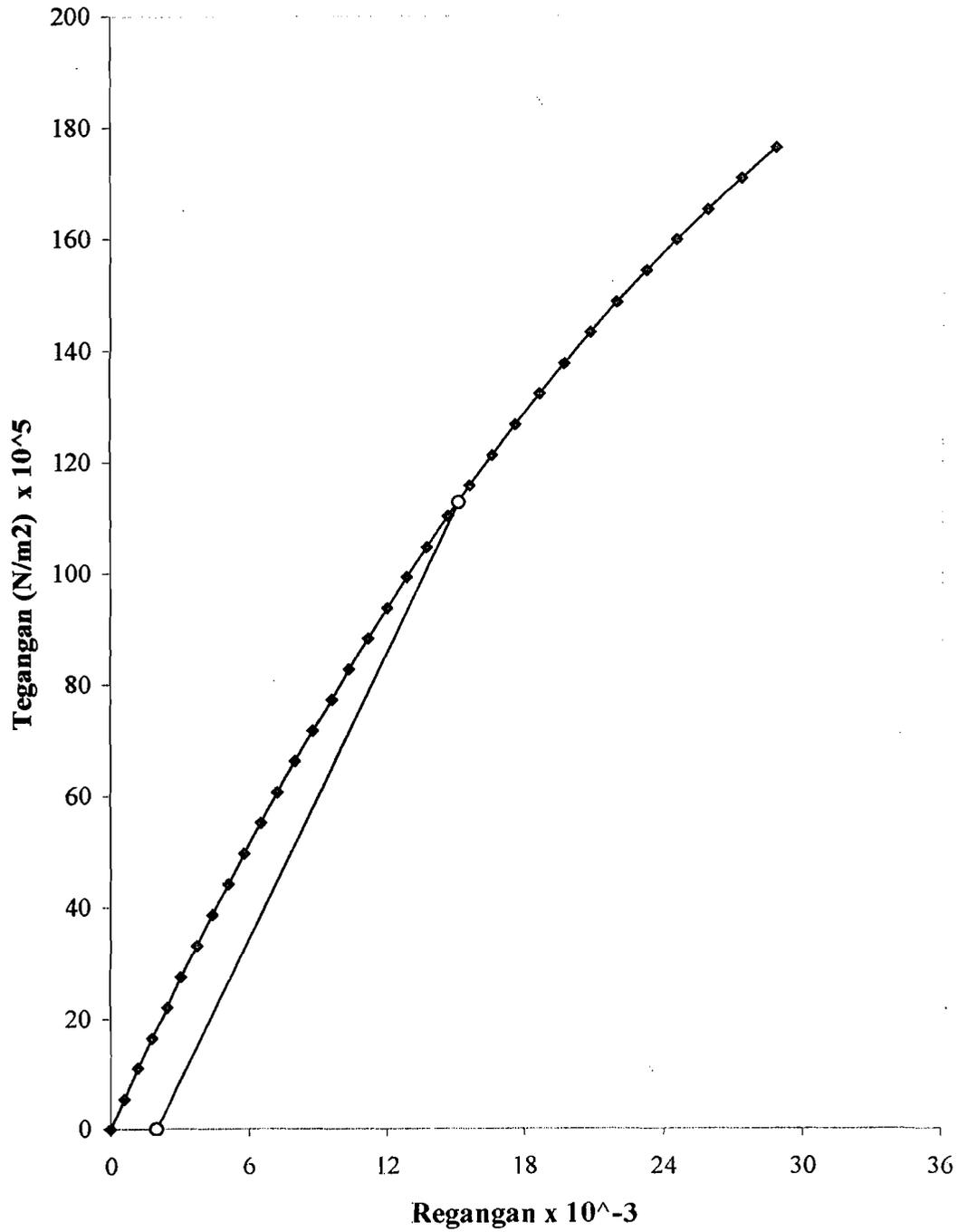
$$\varepsilon = 16,227 \times 10^{-3}$$

$$E = 8,394 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$



Modulus Elastis P. 02

$$\sigma = 112,653 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$
$$\varepsilon = 15,11 \times 10^{-3}$$
$$E = 7,455 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

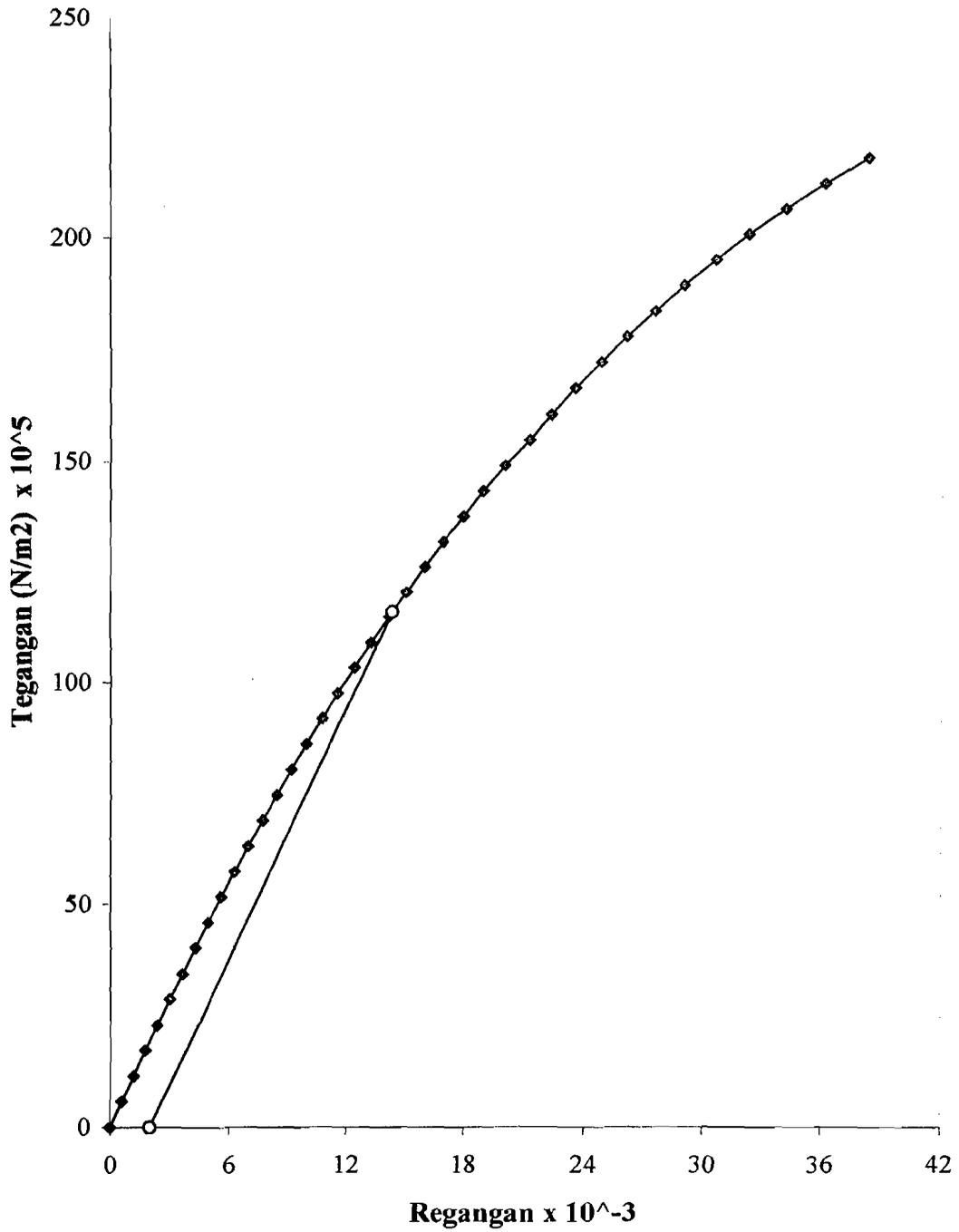


Modulus Elastis P. 03

$$\sigma = 115,802 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\varepsilon = 14,302 \times 10^{-3}$$

$$E = 8,097 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

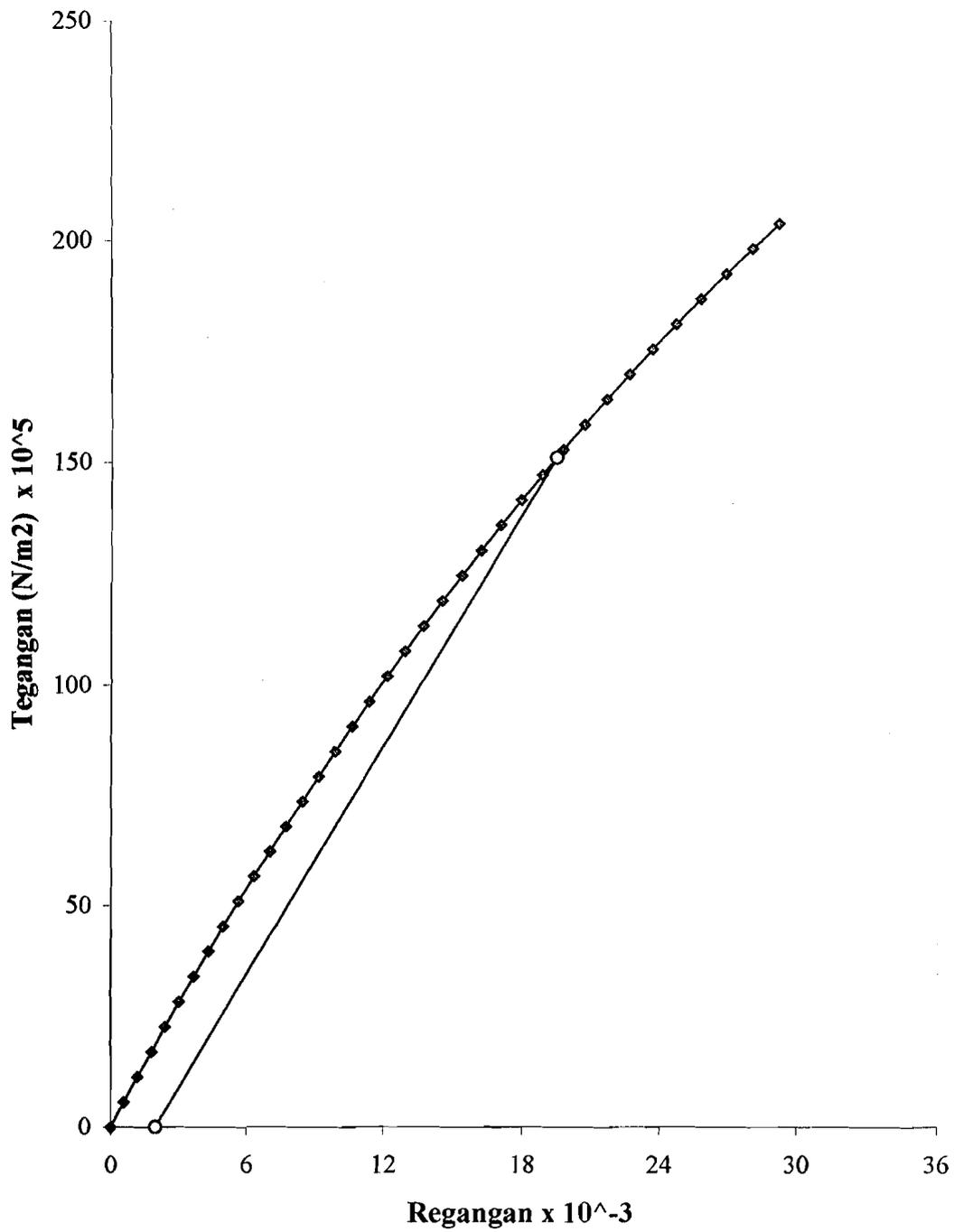


Modulus Elastis P. 04

$$\sigma = 150,974 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

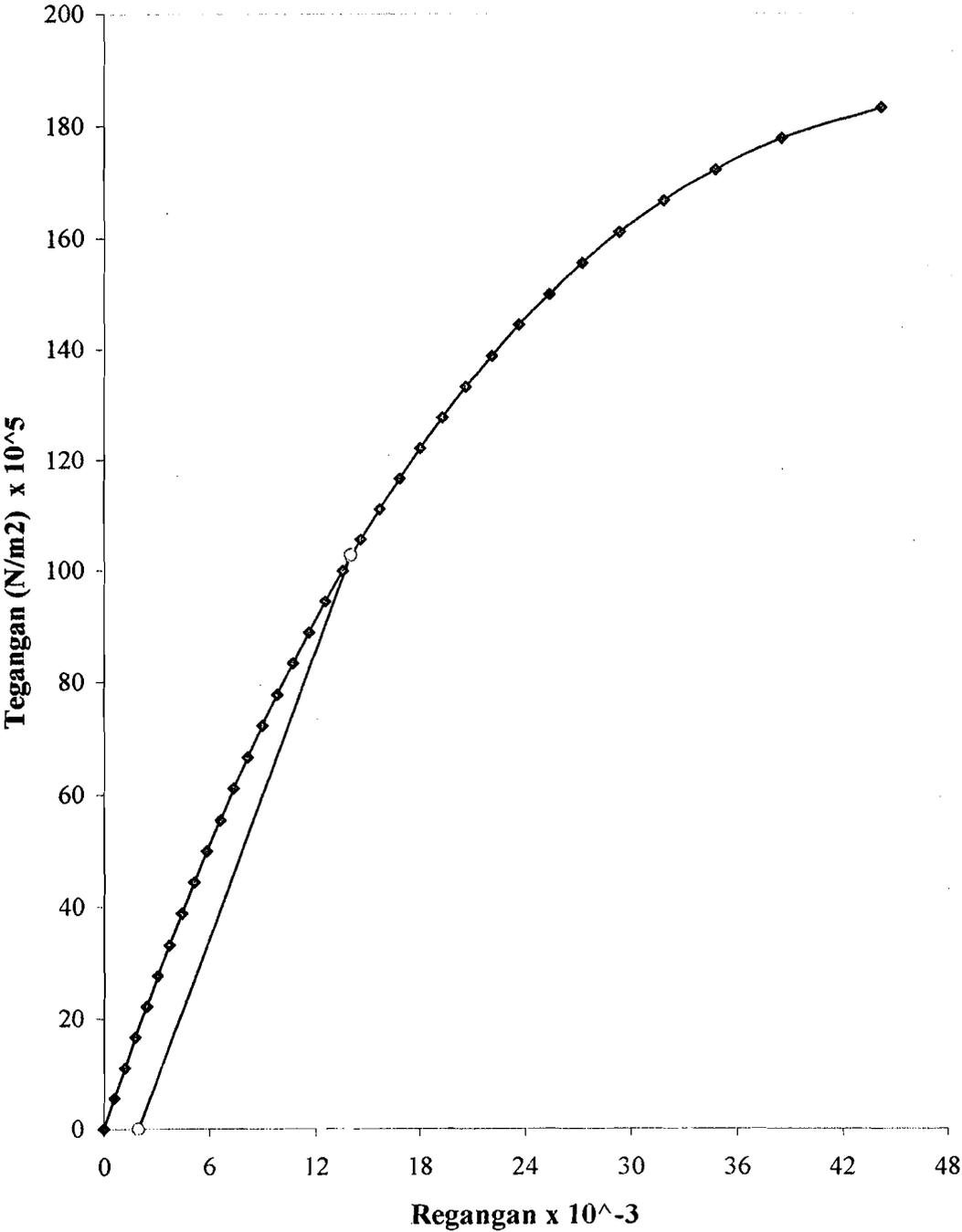
$$\varepsilon = 19,397 \times 10^{-3}$$

$$E = 7,783 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$



Modulus Elastis P. 05

$$\sigma = 102,72 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$
$$\epsilon = 13,932 \times 10^{-3}$$
$$E = 7,373 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

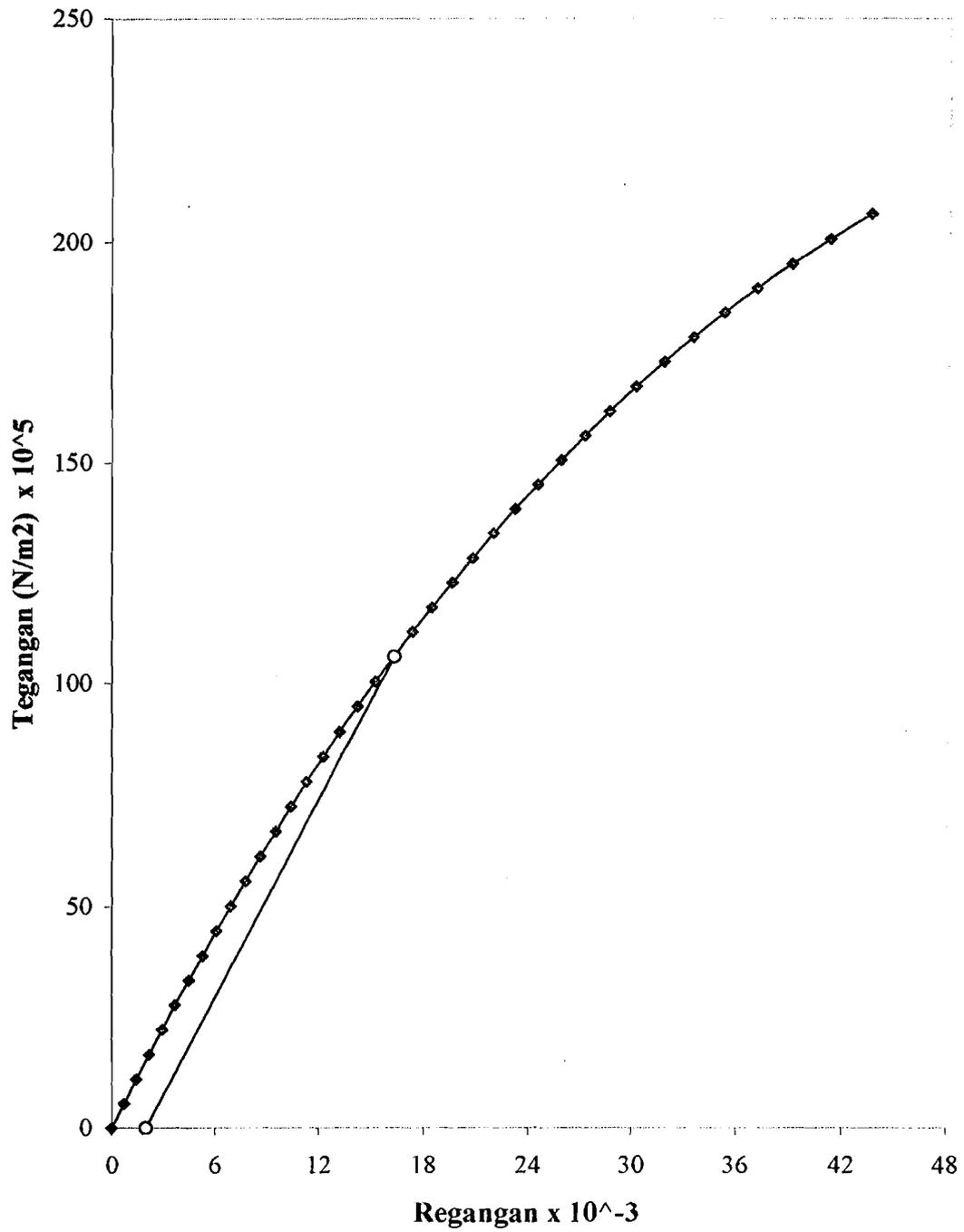


Modulus Elastis S. 01

$$\sigma = 105,916 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\epsilon = 16,273 \times 10^{-3}$$

$$E = 6,509 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

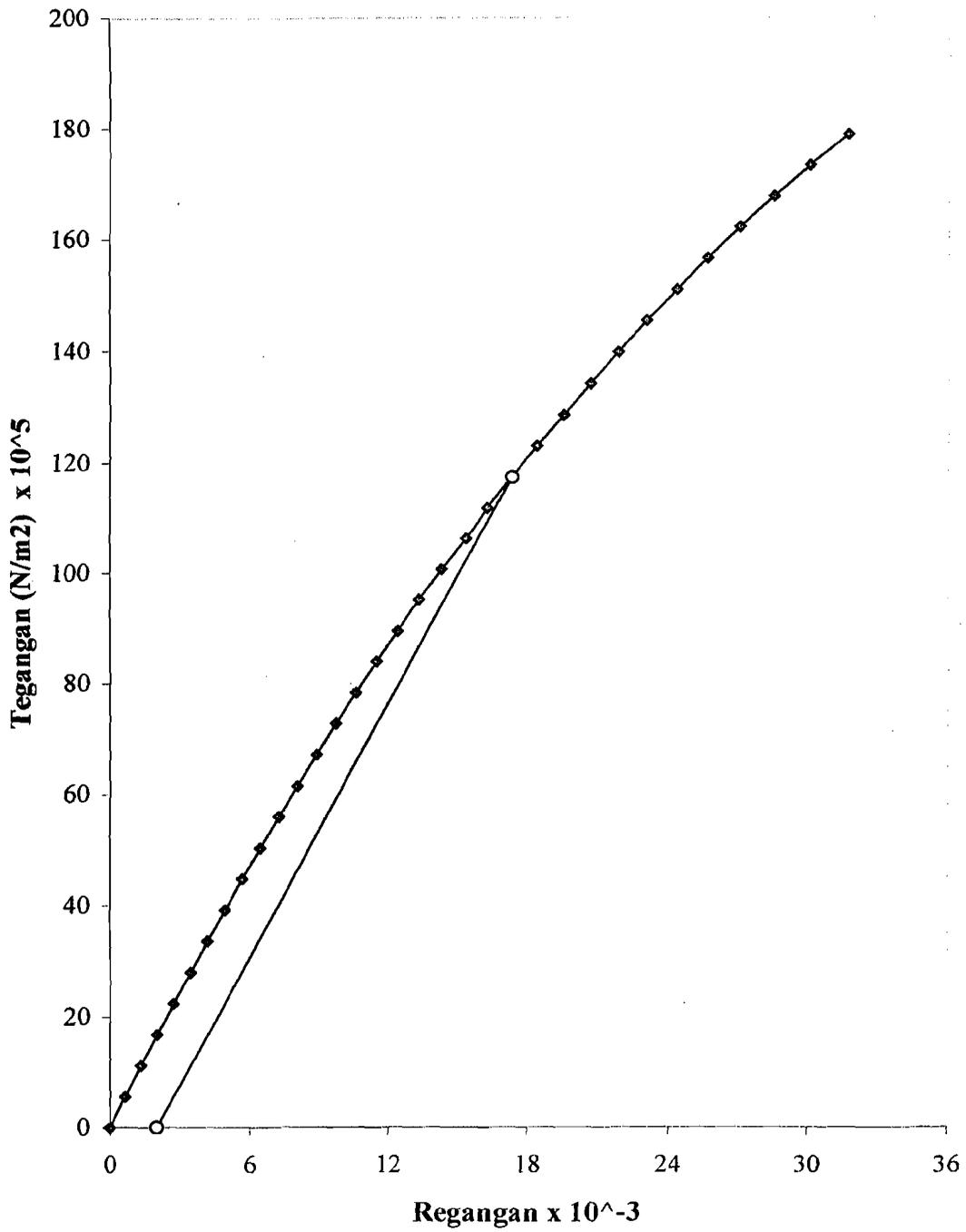


Modulus Elastis S. 02

$$\sigma = 117,375 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

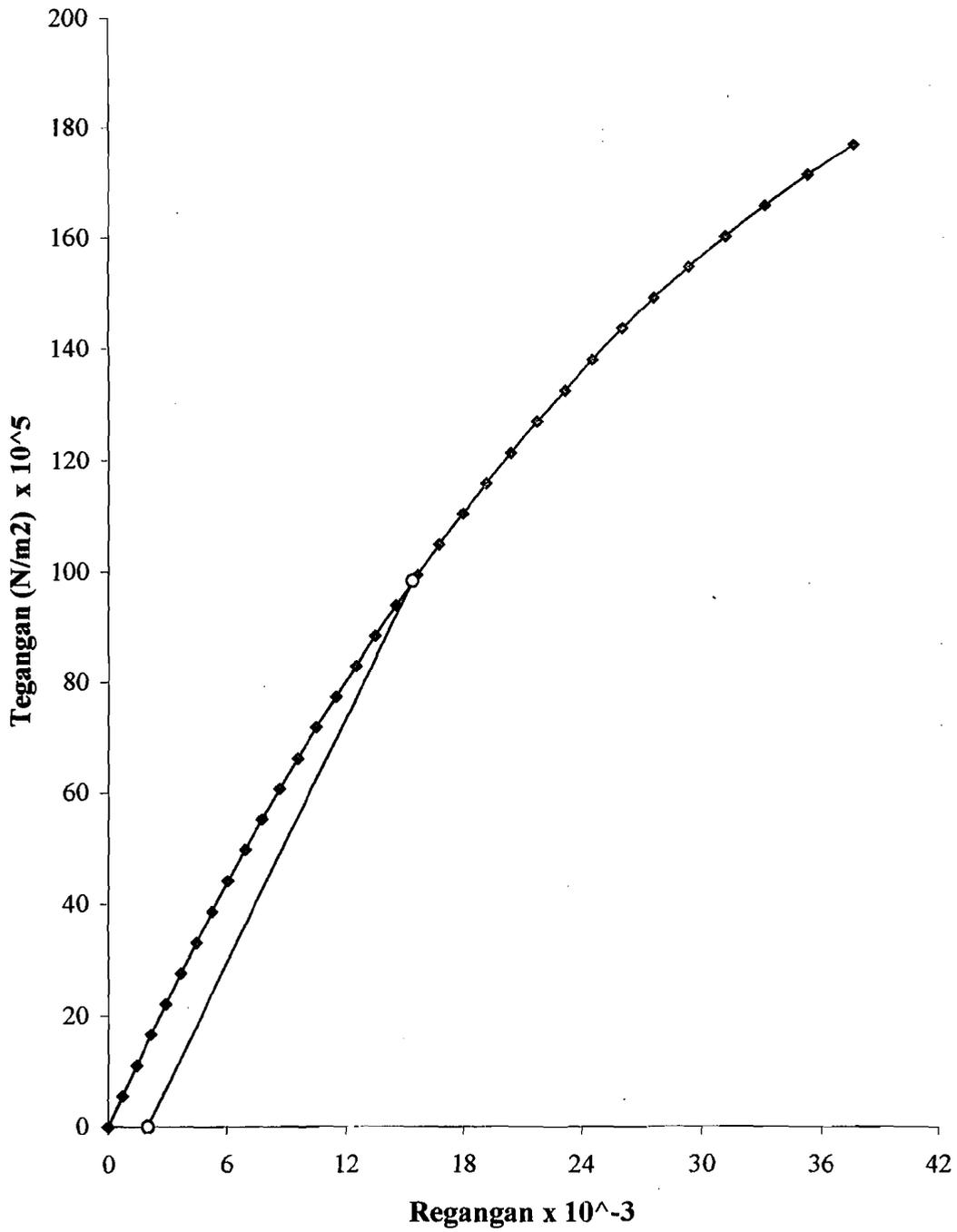
$$\varepsilon = 17,299 \times 10^{-3}$$

$$E = 6,785 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$



Modulus Elastis S. 03

$$\sigma = 98,184 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$
$$\epsilon = 15,309 \times 10^{-3}$$
$$E = 6,413 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

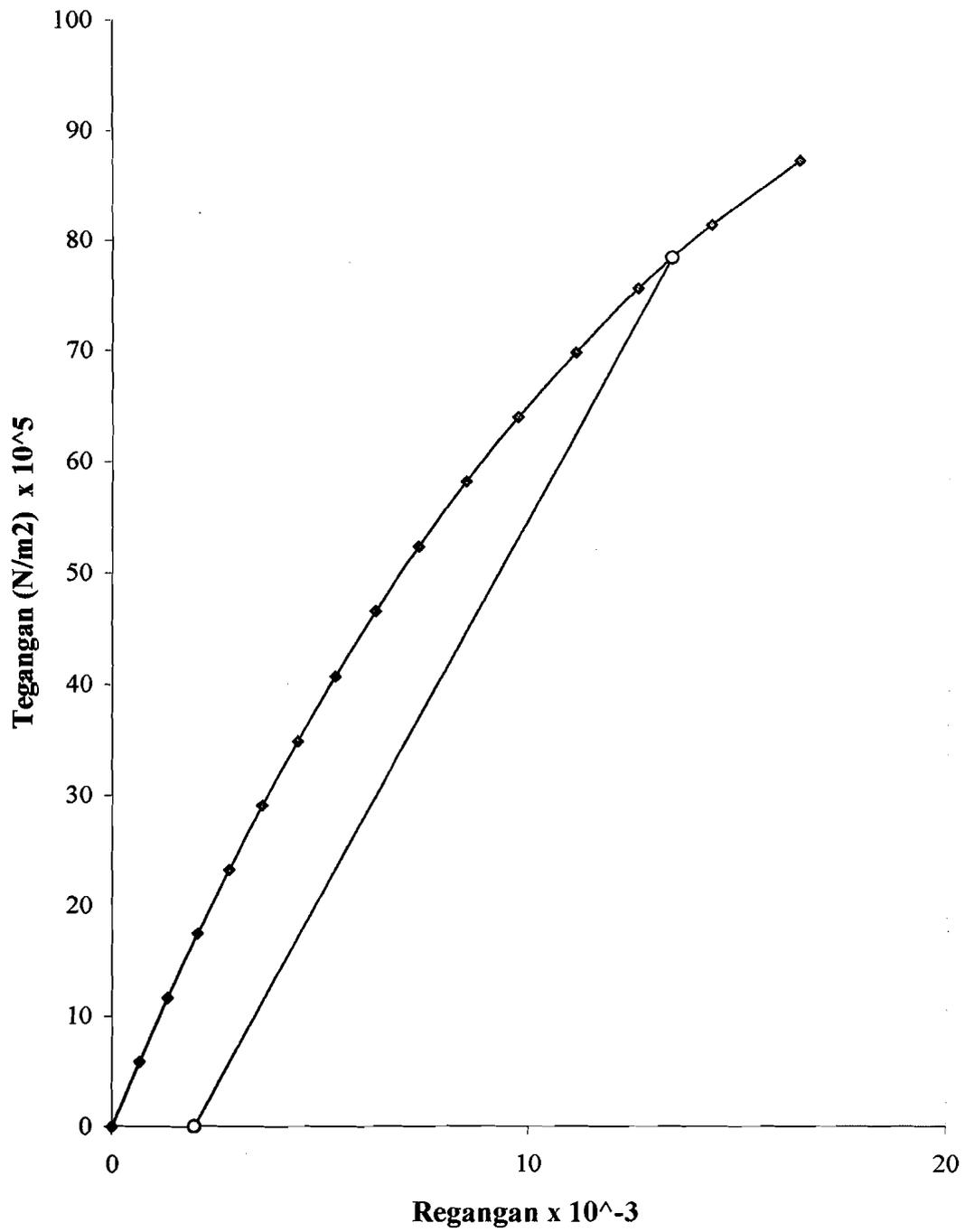


Modulus Elastis S. 04

$$\sigma = 78,325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\epsilon = 13,419 \times 10^{-3}$$

$$E = 5,837 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

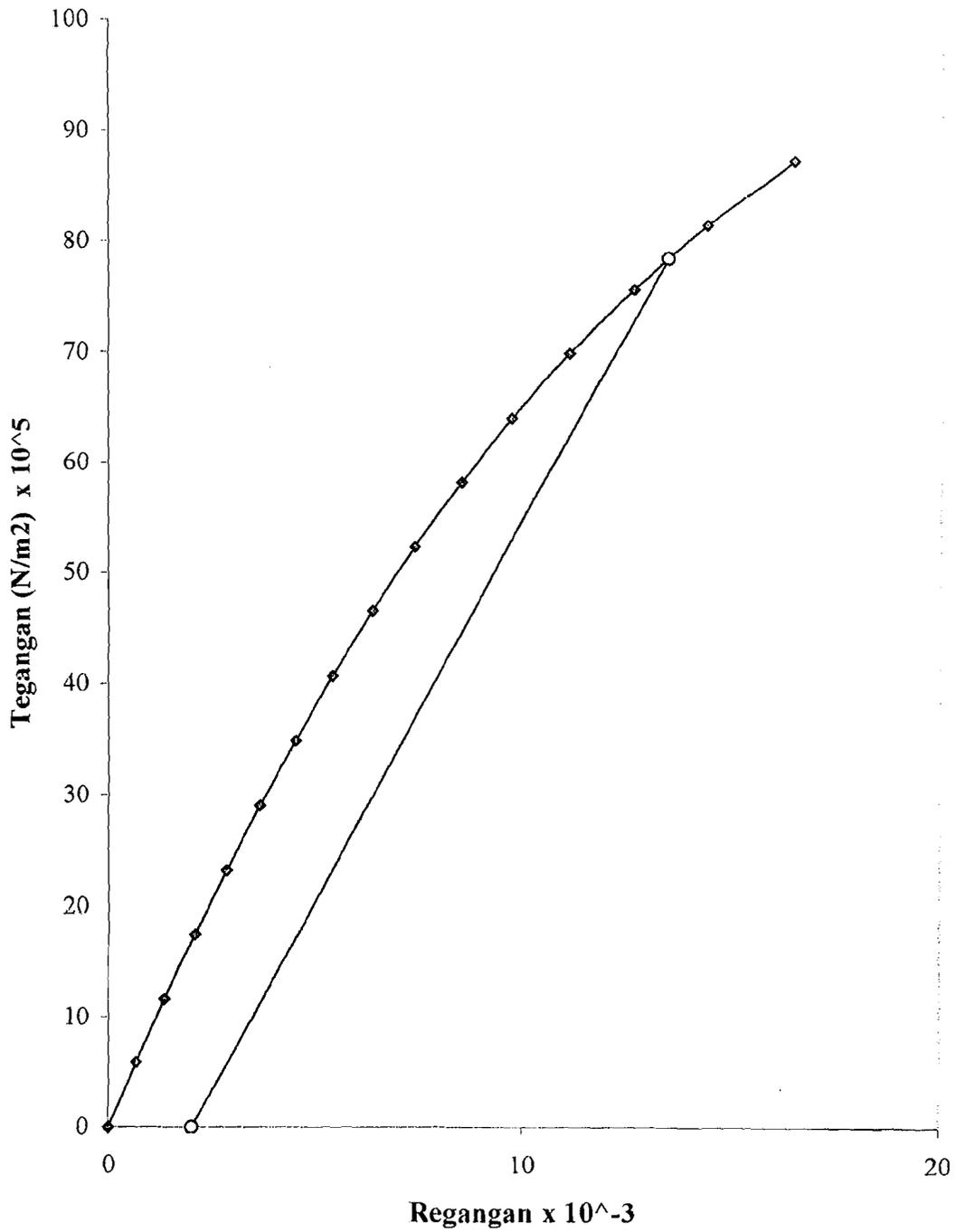


Modulus Elastis S. 09

$$\sigma = 78,325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\epsilon = 13,419 \times 10^{-3}$$

$$E = 5,837 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$



Modulus Elastis S. 09