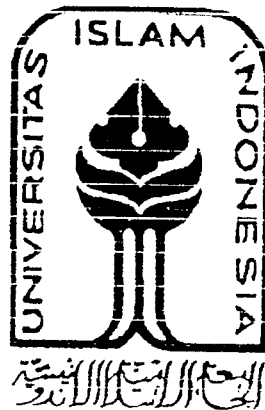


TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN
GERGAJIAN BATU ANDESIT TERHADAP
KUAT DESAK DAN KUAT LENTUR BETON**



Disusun Oleh :

Nama : Evy Kusumaningrum

No. Mhs : 97 511 141

Nama : Wahyuning Marfuatun

No. Mhs : 97 511 163

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

2002

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN
GERGAJIAN BATU ANDESIT TERHADAP
KUAT DESAK DAN KUAT LENTUR BETON**


Nama : EVY KUSUMANINGRUM
No. Mhs : 97511141
Nirm : 970051013114120116

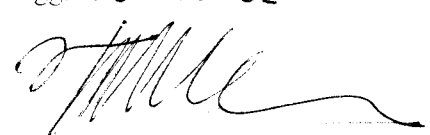
Nama : WAHYUNING MARFUATUN
No. Mhs : 97511163
Nirm : 970051013114120135

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. M. Samsudin, MT.
Dosen Pembimbing I

Ir. Fatkhurrohman N, MT.
Dosen Pembimbing II


Tanggal: 6-08-02


Tanggal: 10-08-02

Motto dan Persembahan

*“Dan Dia mendapati kamu sebagai orang yang bingung,
lalu Dia memberikan petunjuk”*

*“...katakanlah:”Adakah orang-orang yang mengetahui
sama dengan orang-orang yang tidak mengetahui?
Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat
menerima pelajaran”(Q.S AZ-Zumar: 9)*

*“...Seseungguhnya apabila kamu bersyukur,
pasti Aku akan menambah nikmat-Ku,
dan jika kamu mengingkari,
sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”(Q.S Ibrahim: 7)*

*Persembahan,
Dengan perasaan bahagia dan syukur kepada Allah SWT,
Kupersembahkan laporan Tugas Akhir ini kepada
Bapak dan Ibu tercinta,
Serta kakak dan adikku tersayang,
Yang telah memberikan dorongan semangat dan segalanya...*

EvySpecial thanks to :

Allah SWT yang telah memberi kemudahan kepadaku dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Segala bentuk ucapan rasa syukur saya panjatkan kehadirat Allah atas nikmat ilmu pengetahuan yang saya peroleh hingga saat ini dan masa depan. "Ya Allah bukannya dadaku, mudahkanlah urusanku dan hilangkanlah kekakuan lidahku, agar mereka faham perkataanku"

Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan bagi junjungan hamba, **Rosululloh Muhammad SAW** penyampai ajaran Islam yang menjadi cahaya yang slalu menembus kegelapan umat manusia. Semoga saya selalu menjadi pengikut setia beliau .

Bapak dan Ibu tersayang , yang telah melahirkan, merawat, mendidik , dan membesarkan serta senantiasa mendoakan aku setiap saat serta membiayai aku sekolah slama ini. Ya **Allah** semoga Engkau mengampuni keduanya dan memberikan kebaikan sebagaimana keduanya memberikan kebaikan kepadaku. Ya **Allah** jadikanlah hambamu yang sholeh dan akan selalu berbakti kepada kedua orang tua. Amien....

Bapak Ir. H. M. Samsudin, MT dan Bapak Ir. Fatkhurrohman N, MT sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingannya. Bapak secara tidak langsung sudah membantu membiasakan kita untuk bangun pagi. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS yang telah menjadi dosen tamu yang paling baik, sabar murah senyum. Makasih atas pertanyaan-pertanyaannya .

Mas-mas karyawan lab BKT dan Struktur , makasih ya mas atas bantuannya. Mas Heri yang baik buanget ngurusin Sidang TA. Pak Basuki yang mengurus Pendadaran.

Adikku Lia dan Afiff yang imut imut , jangan nakal . Sholat dan ngaji jangan sampe lupa. Belajar yang rajin biar cepat lulus jadi tukang sarjana. Makasih ya adik-adikku atas supportnya dan bantuannya nyaring pasir, krikil dan ngangkat beton. Capek ya.....

Mbak Yuning, ST , kowe wis dadi tukang insinyur ,yang menjadi partnerku. Suka duka kita hadapi bersama Kamu bisa.....Ning nek nesu ojo bantingi opo-opo eman – eman..... larang regane...kalau kamu besok udah jadi orang (emang sekarang apa ?) jangan lupa ama aku yang cakep ini.

Temen-temenku di kampus FTSP UII, spesial for my D'97- class kapan nih kita foto- foto pake kaos kebangsaan kita! Mas Novntrims buanget atas bimbingannya kamu jadi pembimbing III ku lho, Nurul- Ijo makasih bantuan kalian, kapan ya kita bisa bareng ngantri asistensi lagi, Ayoh cepet selesain TAny yang akur ama Rusbi ya, Ainoen kelas kita tanpa kamu sepi noen, Inka, Eisa, Ayati, Ime, Wiwit, Dede, Lika, Kecret ama Gemboeks kalian memang pasangan yang serasi, Lik

Sigit, mas Heri, Mas Boy , Mas Alif kalian gak sopan jadi sarjanaduluan, Mas Thomas aku pingin sekali-kali lihat kamu manjangan rambut dari dulu kok gundul terus, Adi, Joko makasih kartu perpusnya, Wahyu, Mamad, Dian, Daus, Arya, Didik, Iroel, Bejo, Dayat, Muklis, Agung Yesus, Djasun, Adit, Arif, Topik, Ervan, Agung , Agus, Hadi, temen-temen yuning. Kalian semua memang temen-temenku yang paling oke!

Anak-anak Kost PELANGI Mbak Iis Solo makasih komputernya, Mbak Siti (kamu adalah Suhu di kost kita), Mbak Upie (ojo galak galak, kamu itu aslinya baik, ojo mbojo terus ama mas Tejo), Mbak Ika, Mbak Nina, Mbak Yuni, Dik Iis (kalem sithix ngopo !) Dik Indah, Dik Liza, Dik Sari jaga kekompakan kita. Hidup kost Pelangi.....!!! Kost Dayu juga hidup.....!!!

Spesial buat Abangku, Bang ADe yang paling cakep, baik, tapi sok jaim kapan lulusnya?! Cepetan lulus ya....jangan males-malesan terus, nanti keburu tua di kampus. Makasih ya abang udah banyak nasehatin and bantuain aku. Tebar pesona dikit dong! Orang kok seperti almari es berjalan.....

Temen-temenku maen Momo + Erza kapan nikahnya, Dimas + Ayu wah hebat kalian, Capung katanya kamu punya cewek baru ? kenalin dong! Faisal + Nina.. Sal Nina jangan ditinggal terus kasihan khan, Ngabdul, Rina makasih kamu udah nungguin aku sidang, pendadaran, bawain aku baju ganti.... tau aja kamu rin cerdas emang.....Hadi kamu lucu deh, Alif pulang ... bantuin nanem kentang, Iq-ball kenapa kamu tinggalkan jogja.

Temen-temenku Kost Timoho Ronal jahat loe jangan sok baik gitu dong!, Bapak Kost jaga dong anak kostnya, Iwan rambutnya kok dipotong buang sial ya.....,Ase alias Bule Depok alias Adi ganteng jangan sok usil loe! Ayo 'Di maen bola lagi , Momo makan yang banyak biar cepet gedhe, Haidir kapan kamu punya cewek, Amri teruskan usahamu mengejar temenku nak! Yupit jaga Rahmi baik – baik, Dodi, Norman, Bang Al , Roni jaga nama baik kos-kosan kalian.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat, dukungan dan do'a restu. Semoga Allah memberikan balasan yang berlipat ganda atas segala amal baik mereka.

Wahai seluruh seluruh penghuni alam ini aku udah lulus jadi **TUKANG INSINYUR.....!!!!**

yOUNINK ucap makasih :

- ❖ Tengadah jari kehadiran *Allah SWT*, ucapkan syukur atas perkenan-Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Allah telah memberikan jalan untuk mewujudkan harapan dan cita, meski banyak "sandungan" tapi dengan usaha, kesabaran, dan do'a yang selalu kupanjatkan kepada-Mu mampu menghadapi rintangan. Aku yakin Engkau tidak akan memberikan cobaan yang melebihi kemampuan hamba dan yakin semua yang aku kerjakan dapat terwujud atas kuasa-Mu dan karunia-Mu." Ya Allah berikanlah kepadaku umur yang panjang, kemudahan, dan kesabaran agar hamba mampu melanjutkan langkah dalam perjalanan hamba yang masih panjang."
- ❖ Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan hamba *Nabi Muhammad saw* yang telah memberikan ajaran kepada ummat manusia untuk menuju jalan Allah SWT, yaitu jalan yang benar dan dirahmati Allah. Insyaallah dengan mengikuti ajaran beliau akan membawa kebenaran, ketenangan, dan kebahagiaan ummat manusia di dunia dan akhirat. Amiin...
- ❖ *Bapak H. Kasijar dan Almarhumah Mamak Fathonah* tercinta..yang telah melahirkanku ke dunia ini, merawat dengan penuh kesabaran, mendidik dengan segala kemampuan, dan memanjatkan do'a setiap saat untuk keberhasilanku, serta usaha yang keras untuk membiayai aku sekolah. Bapak...matur nuwun sanget pandanganipun, perhatian yang Bapak berikan sangat berarti untuk kehidupanku kini dan masa datang.
Mamak...dalam tidurmu yang tenang, slalu kupanjatkan do'a untukmu agar Mamak mendapatkan tempat yang mulia di sisi Allah SWT dan diampuni dosa-dosa waktu di dunia dan akhirat. Smoga selesainya TA ini mampu menjadi langkah awal untuk membalas smua kebaikan yang Bapak dan Mamak berikan dengan tulus dan ikhlas.
- ❖ *Kakak-kakakku:* Kasfajar (Alm), Drs. Nurharyadi (Mas Noeng) + Mbak Yus, Mas Fajar Shodiq, Dra. Eny.F + Mas Tarto makasih udah dianterin sidang dan supportnya, Taufik Qurahman (Alm), Nani Qomaryatun,ST (Mbak Nani) + Mas Purwanto.ST yang kasih lungsuran buku, Edy Fajar H.AMD (Mas Yoyox) ojo mbalap terusingat umur yang sudah semakin tua mending cari "bojo" wae untuk pendamping hidupmu, Farida Aminiyatun, AMD (Mbak Ida) + Ambang Hanafi.SE matur nuwun kiriman uangnya,

Yusuf Noor Hartoko (Mas Yus)+ Ana....yang rukun. Untuk semua makasih kalian telah "momong" aku sejak kecil dan memberikan dorongan semangat, moriil, dan materiil.....dhenok sayang kalian.

- ❖ ***Keponakan-keponakanku*** : Dadang matur nuwun banget dah bantuin antar Bulik dan angkat balok..sregep Bantu mbah kakung yo!. Nasoka, dah gantiin aku bersih-bersih di rumah kalo' aku ke Lab. Roni, Yudhis, Aldi, Farid, Abin, Abror, Anin,Ruri, Riris, dan Fathur nurut sama mbah Kakung ya...!!
- ❖ ***Bapak Ir. H. Samsudin, MT dan Bapak Ir. Fathurrohman, MT*** selaku dosen pembimbing. Pak Sam makasih atas kemudahan yang Bapak berikan untuk konsultasi, sidang dan pendadaran. Pak Fathur...yang gampang aja lah pak kalo kasih kerjaan, kalo konsultasi siang bisa ngga' pak?masalahnya jam 06.00 kan dingliiin apalagi saya kan jauh rumahnya. Pak Susastrawan dosen tamu yang paling top....
- ❖ ***Mas Heri*** yang ngurus sidang, makasih dah kasih dosen tamu yang uueenak...pokoke modal senyum tho?. Pak Basuki yang ngurus pendadaran, mbok ngguyu... kan bikin awet muda. Mas Daru, yang sabar ya kalo sama yang TA di lab BKT. Mas Warno, yang udah banyak kasih komentar dan murah senyum.... Mas Afid nuwun nggih...
- ❖ ***Evy***, kamoe adalah temen senasib dan seperjuangan jangan pernah lupakan saat-saat kita menyaring kerikil dan pasir. Pokoke kalo lembur beli roti bakar dulu ya...biar aku ngga' kelaparan. Yang penting..... wis Rampung. Vy teruskan "usahamu" sampai kamoe dapatkan yang pasti jangan sampai kamoe menyesal nanti....gunakan kesempatan yang ada,oke???.Oh iya jangan terlalu baik sama orang karna bisa-bisa kamu yang dikhianati....meski itu "teman" kita.
- ❖ ***Konco-konco bengkel***: Oecil, Gueteres, Bodhong, nuwun dah dibantu angkat pasir dan balok hingga meringankan TA-koekalian baiik dech.
- ❖ ***Team "Bodoh"*** D'97....Sigit"lex Zeegate", Fajar"kecret", Nur"Gemboex", Panji" mas Boy",tangan kalian memang dapat diandalkan untuk nyaring kerikil 'n pasir, dan aduk beton, makasih atas nasehatnya.
- ❖ Obay, makasih banget atas waktu yang kamoe sisihkan untuk-koe. Kamoe udah bantu banyak untuk TA-koe 'n itu sangat berarti boeatkoe aku akan slalu ingat itu.....maaf kalo aku sering buat kamoe "mangkel". Komputerku wis lancar koq bay.....

- ❖ *Special for my D'97-class...de-klassip:* Sigit"lex Zeegate", Fajar"kecret", Nur"Gemboex", Panji" mas Boy", Heri, Alief, Adi, Wahyoe, Mamad, Rizal, Didik"H", Bedjo, Irul, Mukhlis,Thomas, Joxo, Yousef, Ainoen, Nurul, Idjo, Ayoh, Elsa, Ayati, Inka, Imed, Dede', pokoke' semua komunitas de-klassip..D'97 tercinta... yang apik-an Smoga kekompakan dan persahabatan kita tetap terjaga meski udah pada jadi ST dan tetap budidayakanDolan D'97 "We are is the best".
- ❖ Novri dan Hadi makasih ya atas informasi dan bimbingannya.
- ❖ *Shogun biroe-koe* yang ngeritlin 'n setia mengantarku kemanapun aku pergi dan selalu ada saat aku butuhkan....wuueeezzz!. Komputer yang mau temani aku lembur meski masih sering ngambex.

Seluruh civitas akademika dan komunitas FTSP UII semuanya makasih.....!!!!

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan semangat, dukungan dan do'a untuk keberhasilanku selama ini yang tidak dapat aku sebutkan satu persatu. Semoga Allah memberikan balasan yang berlipat ganda atas segala amal baik mereka.

Alhamdulillah Jazaakumullahu Khoiron, Amin.

Ku ucap Syukur Alhamdulillah..... akhirnya ku mampu raih Sarjana Teknik

yOUNINK

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanurrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang . Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tentang PENGARUH PENAMBAHAN GERGAJIAN BATU ANDESIT TERHADAP KUAT DESAK DAN LENTUR BETON, ini dengan baik.

Penelitian yang merupakan salah satu syarat untuk mencapai derajat Sarjana S-1 ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dengan selesainya laporan penelitian ini., penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. H. M. Samsudin, MT, selaku dosen Pembimbing Utama dengan penuh kesabaran dan ketekunan telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
2. Ir. Fatkhurrohman Nursodik, MT, selaku dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan ide-ide dasar dan bimbingannya hingga selesainya penelitian penulis, juga selaku Kepala Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3. Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. H Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan universitas Islam Indonesia.
5. Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
6. Ibu dan Ayah tercinta yang telah membimbing sejak kecil hingga kini dan selalu memberi dorongan baik moral maupun material selama pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan penulisan skripsi ini .
7. Segenap staff dan Karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dan Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
8. Pimpinan dan karyawan perusahaan dagang Rizky Citra Muntilan.
9. Rekan-rekan: Novri, Hadi, Kecret, Gemboex, Lik Zeagate, Panji, Alief, Nurul, Idjo, Ayoh, Ainoen,Ayati, Wiwied, Elsa, Dik Lia, Iis, Dadang, Wahyu, Thomas, Joko, Rizal, Adi, Mamad, Bedjo,Dian, Rusbi,teman-teman klas D '97 serta semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu yang telah membantu penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa hasil karya penelitian tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu saran dan kritik dari pembaca

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi.....	vi
Daftar Simbol	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Lampiran	xvi
Abstraksi	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Literatur Yang Menunjang Penelitian	4
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Material Penyusun Beton.....	7

3.1.1 Semen.....	7
3.1.2 Agregat.....	12
3.1.3 Air	13
3.1.4 Tinjauan Limbah Gergajian Batu Andesit	13
3.1.5 Tinjauan Porositas Terhadap Kekuatan Beton	18
3.2 Slump.....	20
3.3 Workability.....	20
3.4 Kuat Tekan Beton.....	20
3.5 Kuat Lentur Beton	21
3.6 Hubungan Beban dan Lendutan	24
3.7 Hubungan Momen dengan Kelengkungan	26
3.8 Hipotesis	29

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Material Pembentuk Beton.....	31
4.1.1 Semen.....	31
4.1.2 Agregat.....	31
4.1.3 Air	31
4.1.4 Gergajian Batu Andesit	31
4.1.5 Baja Tulangan	32
4.2 Peralatan Pengujian	32
4.2.1 Ayakan.....	32
4.2.2 Timbangan.....	32
4.2.3 Mesin Penyaring.....	33

4.2.4	Mistar dan Kaliper.....	33
4.2.5	Mesin pengaduk	33
4.2.6	Cetok dan talam baja.....	33
4.2.7	Kerucut Abrams	33
4.2.8	Mesin Uji Kuat Tarik	34
4.2.9	Mesin Uji Kuat Desak.....	34
4.2.10	“Loading Frame”.....	34
4.2.11	Dukungan Sendi Rol	35
4.2.12	Hidraulic Jack.....	36
4.2.13	“Dial Gauge”	36
4.3	Pelaksanaan Penelitian.....	37
4.3.1	Persiapan	37
4.3.2	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	37
4.3.3	Pelaksanaan pengujian	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		
5.1	Hasil Penelitian.....	40
5.1.1	Hasil Uji Kandungan Kimia Gergajian Batu Andesit	40
5.1.2	Hasil Uji Kuat Desak Beton.....	41
5.1.3	Hasil Uji Kuat Tarik Beton	41
5.1.4	Hasil Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang.....	42
5.2	Pembahasan.....	47
5.2.1	Kandungan Silika Abu Batu Andesit	47
5.2.2	Kuat Desak Beton.....	48

5.2.3 Workability.....	49
5.2.4 Kuat Tarik Baja.....	49
5.2.5 Kuat Lentur Ditinjau dari Hubungan Beban Lendutan	49
5.2.6 Kuat Lentur Ditinjau dari Hubungan Momen dengan Kelengkungan.....	50
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	52
6.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR SIMBOL

A	= Luas Penampang
A_s	= Luas Tulangan Tarik
A'_s	= Luas Tulangan Desak
a	= Kandungan Udara Dalam Beton
b	= Lebar Balok
c	= Jarak Serat Tekan Terluar ke Garis Netral
d	= Tinggi Efektif Balok
d'	= Jarak Dari serat terluar desak ke Pusat Tulangan Desak
E_c	= Modulus Elastis Beton
E_I	= Faktor Kekakuan
f_c	= Kuat Tekan Beton
f_{cr}	= Kuat Tekan Beton Rata-rata
f_r	= Modulus Retak Beton
f_{rel}	= Kuat Tekan Relatif
f_s	= Tegangan dalam
f_y	= Tegangan Leleh Baja
G_c	= BJ semen
h	= Tinggi Balok
I	= Momen Inersia
K	= Kekakuan
L	= Panjang

M	= Momen
Mcr	= Momen Retak
Mn	= Momen Nominal
Mu	= Momen Terfaktor
N	= Jumlah benda uji
Nd	= Gaya desak
Nr	= Gaya Tarik
p	= Porositas
P	= beban
Po	= Porositas total
R	= regresi
s	= Jarak Sengkang
S	= Standar Deviasi
SR	= Silika Rasio
t	= umur percobaan
Ua	= berat pasta semen yang mengandung udara
Uo	= Berat dari pasta semen
Va	= Udara Void
Vag	= Volume Agregat Dalam Beton
Vc	= Volume Semen
Vg	= Volume Gel
Vw	= Volume Air
w	= massa cairan dalam semen

- X_f = Gel Space Rasio
- y = Perpindahan
- y' = Turunan pertama displacement terhadap sumbu x
- y'' = Turunan kedua displacement terhadap sumbu x
- E_s' = Modulus Elastis Tulangan Desak
- E_s = Modulus Elastis Baja Tulangan Tarik
- E_y = Modulus Elastis Baja
- ϕ = Kelengkungan
- ρ = Rasio Tulangan
- β = Konstanta Kelas Kuat Beton
- Δ = Lendutan

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Hubungan Antara Kuat Tekan Mortar dan kuat Tekan Campuran
- Gambar 3.2 Hubungan Antara Kuat Tekan Lentur Relatif Mortar dengan Kuat Lentur Campuran
- Gambar 3.3 Skema Komposisi Beton Segar
- Gambar 3.4 Skema Komposisi Pasta
- Gambar 3.5 Skema Hidrasi Semen
- Gambar 3.6 Hubungan Porositas Kapiler dan Kuat Desak Beton
- Gambar 3.7 Distribusi Regangan dan Tegangan Lentur Balok Beton Bertulang
- Gambar 3.8 Hubungan Beban dan Lendutan
- Gambar 3.9 Kelengkungan Balok Beton Bertulang
- Gambar 3.10 Kurva Momen Kelengkungan Ideal
- Gambar 4.1 Loading Frame
- Gambar 4.2 Dukungan Sendi dan rol
- Gambar 4.3 Dial Gauge
- Gambar 4.4 Balok Uji
- Gambar 5.1 Grafik Kenaikan Kuat desak Silinder Beton
- Gambar 5.2 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan
- Gambar 5.3 Diagram Hubungan Beban Lendutan Balok Normal dan Balok dengan Penambahan Gergajian Batu Andesit Gambar 5.4

Gambar 5.4 Grafik Kenaikan Kekakuan Balok

Gambar 5.5 Grafik Hubungan Momen dan Kelengkungan

Gambar 5.6 Grafik Kenaikan Faktor Kekakuan

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Koefisien untuk Persamaan 3.1
- Tabel 3.2 Kandungan Unsur Kimia Limbah Gergajian Batu Andesit
- Tabel 5.1 Hasil Analisis Silika Gergajian Batu Andesit
- Tabel 5.2 Hasil Analisis Kuat Desak Silinder
- Tabel 5.3 Hasil Uji Kuat Tarik Baja
- Tabel 5.4 Hasil Pengujian Lentur Balok Normal
- Tabel 5.5 Hasil Analisis Hubungan Beban dan Lendutan
- Tabel 5.6 Hasil Hitungan Momen Kelengkungan Teoritis
- Tabel 5.7 Hasil Analisis Momen Kelengkungan dengan Faktor Kekakuan
- Tabel 5.8 Kandungan Unsur Kimia Gergajian Batu Andesit

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 2 Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 3 Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar
- Lampiran 4: Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir
- Lampiran 5 Grafik Gradasi Standar Agregat
- Lampiran 6 Hitungan Modulus Halus Butir
- Lampiran 7 Perhitungan Mix Design
- Lampiran 8 Analisis Kandungan Kimia Silika Batu Andesit
- Lampiran 9 Kandungan Senyawa Semen Portland dan Kuat Tekan Berdasarkan Umur Beton
- Lampiran 10 Hasil Uji Kuat Desak Silinder
- Lampiran 11 Hasil Pengujian dan Grafik
- Lampiran 12 Perhitugan Teoritis Momen Retak
- Lampiran 13 Perhitungan Momen Kelengkungan Secara Teoritis

ABSTRAKSI

Pada masa sekarang ini, beton merupakan salah satu material struktur bangunan yang banyak dipakai secara luas. Pemilihan beton sebagai bahan konstruksi dengan pertimbangan beton memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan. Untuk mengurangi kelemahan seperti kuat tarik rendah, bersifat getas misalnya dengan penambahan gergajian batu andesit yang diambil dari perusahaan Rizky Citra Muntilan.

Penelitian eksperimental menguji kuat desak 40 silinder dan pengujian lentur 8 balok. Penambahan gergajian batu andesit bervariasi, mulai dari 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen awal. Jumlah sampel terdiri dari 10 buah silinder, 2 buah balok untuk setiap variasi. Semua sampel dibandingkan dengan beton normal. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan gergajian batu andesit sebagai filler terhadap kuat desak dan kuat lentur beton.

Dari hasil penelitian dan analisis data didapatkan bahwa nilai kuat desak beton (f_c), faktor kekakuan (EI) dan kekakuan balok (K) mengalami kenaikan. Kuat desak beton mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15% sebesar 8,16% dari beton normal, faktor kekakuan balok (EI) mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15% sebesar 126,858% dari beton normal, sedangkan kekakuan balok (K) mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15% sebesar 24,03% dari beton normal.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada masa sekarang ini, beton merupakan salah satu material struktur bangunan yang banyak dipakai secara luas. Bahan susun beton yang paling umum digunakan di Indonesia adalah semen, pasir, batu pecah, dan air.

Pemilihan beton sebagai bahan konstruksi dengan pertimbangan beton memiliki beberapa kelebihan, seperti: kuat tekan tinggi, tingkat keawetan tinggi, mudah dibentuk dan tidak memerlukan perawatan yang khusus. Disamping kelebihan-kelebihan yang dimiliki beton juga mempunyai beberapa kekurangan, seperti: kuat tarik rendah, bersifat getas sehingga dalam perencanaan struktur beton bertulang perlu penanganan khusus.

Upaya mendapatkan sifat dan mutu beton yang lebih baik terus dilakukan, maka disamping diperlukan persyaratan tertentu dari bahan penyusunnya, juga dipikirkan tentang bagaimana cara mengurangi kelemahan-kelemahan beton tersebut. Misalnya dengan memanfaatkan limbah gergajian batu andesit dari perusahaan Rizky Citra Muntilan yang selama ini hanya digunakan sebagai bahan urugan, hal ini dirasakan kurang efisien.

Limbah gergajian batu andesit mempunyai butiran yang cukup halus yaitu lolos saringan nomor 100 dan 200 ($150\ \mu\text{m}$ dan $75\ \mu\text{m}$) karena itu besar

kemungkinan dapat dimanfaatkan sebagai filler. Selain itu limbah gergajian batu andesit mengandung SiO_2 cukup bersama-sama dengan unsur-unsur lain seperti CaO dan Al_2O_3 membentuk C_3S yang memberi sumbangan terhadap kekuatan mortar. Limbah gergajian batu andesit dimanfaatkan sebagai filler dalam adukan beton, diharapkan cara ini dapat mengurangi porositas beton sehingga kekuatan beton meningkat. Semakin kecil porositas dalam beton, maka kuat desak beton meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, gergajian batu andesit yang mengandung SiO_2 , CaO , dan Al_2O_3 dimanfaatkan sebagai pengisi yaitu mengisi rongga kecil diantara butiran yang lebih besar. Dengan pemanfaatan limbah ini diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah dan kerusakan lingkungan.

1.3 Batasan Masalah

1. Pengujian kuat desak dan kuat lentur dilakukan pada umur beton 28 hari.
2. Bahan untuk pembuatan beton : Semen Nusantara Tipe I, agregat halus dari sungai Boyong, agregat kasar dari sungai Krasak, air dari Laboratorium bahan konstruksi teknik Universitas Islam Indonesia, limbah gergajian batu andesit berasal dari perusahaan gergajian batu andesit Rizky Citra, Muntilan.
3. Rencana campuran benda uji dengan kuat desak silinder f'_c : 22,5 Mpa menggunakan metode Road Note.
4. Benda uji yang digunakan untuk pemeriksaan kuat desak adalah silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan jumlah 10 buah. Untuk

pengujian kuat lentur berupa balok dengan ukuran 12 x 18 x 240 cm dengan jumlah 2 buah.

5. Variasi penambahan yang dilakukan pada setiap benda uji yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dari berat semen.
6. Digunakan tulangan polos dengan perincian; ϕ 8 mm untuk tulangan baja tarik, ϕ 6 mm untuk tulangan desak, dan untuk tulangan sengkang dipakai ϕ 4 mm.
7. Reaksi kimia yang terjadi tidak dijabarkan.
8. Penyebaran serbuk batu andesit dalam campuran dianggap merata.
9. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh penambahan gergajian batu andesit terhadap kuat desak beton dan kuat lentur balok beton bertulang.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Dengan penambahan limbah gergajian batu andesit diharapkan dapat menghasilkan beton yang mempunyai tingkat porositas rendah, sehingga kekuatan beton meningkat.
2. Pemakaian limbah gergajian batu andesit dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya pengurangan kuantitas bahan limbah tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan konstruksi bangunan, baik pada konstruksi gedung, jembatan dan lain. Beton mempunyai sifat-sifat dasar dan kualitas yang bervariasi. Hal tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya, antara lain bahan dasar yang digunakan, faktor air semen, jenis semen, dan pemakaian bahan tambah.

Dari teori teknologi beton disebutkan, bahwa beton adalah bahan bangunan yang terbuat dari campuran antara semen portland, pasir, kerikil, dan air. Semen dan air merupakan bahan ikat yang berfungsi melekatkan bahan pengisi yang berupa agregat kerikil dan pasir.

2.2. Literatur Yang Menunjang Penelitian

Menurut Standar SK-SNI T-15-03 (1991), beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat (agregat kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Nawy G Edward (1990), beton merupakan bahan campuran yang tidak homogen, hal ini memungkinkan beton tersebut tidak dapat dengan mudah untuk dibentuk dengan cara menempatkan campuran yang masih basah ke dalam

cetakan beton sampai terjadi pengerasan beton. Jika berbagai unsur pembentuk beton tersebut dirancang dengan baik maka hasilnya adalah bahan yang kuat dan tahan lama.

Popovics (1998), mengatakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler, dan pori udara, semakin besar porositas semakin kecil kuat desak beton yang terjadi.

Kardiyono (1992), mengemukakan bahwa semakin sedikit pori-pori beton maka kuat tekanannya makin tinggi.

Murdock dan brook (1986), mengemukakan bahwa tepung batu dapat digunakan untuk menambah karakteristik kohesif dari beton, setiap 1% penambahan kandungan udara tampaknya mengakibatkan kekuatan antara 5 dan 6%.

Gambhir (1986), mengemukakan bahwa ketahanan dari struktur beton mempunyai dua kriteria pokok yaitu mempunyai ketahanan terhadap reaksi kimia dan mempunyai kepadatan yang tinggi. Jadi pada beton yang mempunyai porositas dapat mengakibatkan penurunan kualitas dari beton.

Murdock dan brook (1986), mengemukakan bahwa hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen.

Chu-Kia Wang dan Salmon (1993), kuat tekan beton dipengaruhi oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan

berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penentuan kekuatan beton.

Nawy (1990), mengemukakan beban yang bekerja pada struktur menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar.

Kusnadi (1985), komposisi silika untuk semen portland dapat dibatasi dengan menentukan perbandingan silika ratio.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Material Penyusun Beton

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir dan koral atau agregat lainnya, dan air (George Winter, Arthur H Nilson, 1993). Sifat beton yaitu kuat desak, kuat tarik, modulus elastis dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan. Sifat-sifat beton ini tergantung pada proporsi campuran, pada kesempurnaan dari adukan bahan-bahan pembentuk campuran, dan perawatan beton. Uraian tentang bahan-bahan pembentuk beton adalah sebagai berikut.

3.1.1. Semen

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kalsium yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat.

Menurut **Edward G Nawy (1990)**, bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari kapur, Silika (SiO_2) dari lempung, Alumina (Al_2O_3) dari lempung. Menurut **Kusnadi (1985)**, komposisi silika untuk semen portland dapat dibatasi dengan menentukan perbandingan “silica ratio” yang didekati dengan Persamaan (3.1)

$$SR = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (3.1)$$

Dari persamaan (3.1) tampak bahwa semakin tinggi kandungan silika dalam semen portland, nilai SR semakin besar. Dengan nilai SR yang semakin besar kemungkinan pori-pori dalam campuran beton akan semakin kecil sehingga kuat desak dan kuat lentur beton meningkat (Kusnadi, 1985)

Pengurangan atau salah satu unsur semen seperti silika akan mengubah persentasi senyawa kimia semen portland (**Neville dan Brook, 1987**). Analisis kimia senyawa tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tricalcium Silika (C_3S)

$$C_3S = 4,07(C_aO) - 7,6(S_iO_2) - 6,72(Al_2O_3) - 1,43(Fe_2O_3) - 2,85(SO_3) \quad (3.2)$$

2. Dicalcium Silika (C_2S)

$$C_2S = 2,87 (S_iO_2) - 0,754 (C_3S) \quad (3.3)$$

3. Trikalsium Aluminat (C_3A)

$$C_3A = 2,65 (Al_2O_3) - 1,69 (Fe_2 O_3) \quad (3.4)$$

4. Tetrakalsium Alumina Ferrit (C_4AF)

$$C_4AF = 3,04 (Fe_2O_3) \quad (3.5)$$

Dari persamaan diatas akan diperoleh persentasi senyawa kimia dari semen portland, sehingga dapat diketahui kenaikan atau penurunan kandungan senyawa kimia dari semen portland.

Ketika semen dicampur dengan air timbullah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat yang paling penting yaitu Tricalcium Aluminate (C_3A), Tricalcium Silikat (C_3S), Dicalcium Silikat (C_2S), dan Tetra Calcium Aluminaferrita (C_4AF).

Menurut **Popovics (1998)**, hubungan antara komposisi campuran semen dan kekuatan berdasarkan perbedaan umur dapat dilihat dalam persamaan fungsi linier, yang didekati dengan Persamaan (3.6)

$$f = \text{strength} = a (C_3S) + b (C_2S) + c (C_3A) + d (C_4AF) \quad (3.6)$$

dengan : a, b, c, d = koefisien (dapat dilihat pada Tabel 3.1)

C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF = komponen semen (%)

Tabel 3.1 Koefisien untuk persamaan 3.1 (Popovics, 1998)

Senyawa Kimia	Umur			
	1 hari	3 hari	7 hari	28 hari
C_3S	8.5	27.4	40.0	48.8
C_2S	0.3	-1.1	-5.1	19.1
C_3A	11.3	24.1	58.4	100.1
C_4AF	-6.5	-9.8	-0.2	30.8

Dari tabel tampak bahwa nilai C_3S dan C_3A yang merupakan senyawa kimia dalam semen terus meningkat. Empat unsur kimia yang terkandung dalam semen yaitu C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF sangat berpengaruh pada kekuatan (f).

Alexander (1972) mengemukakan dengan menyederhanakan persamaan dua komponen linier, dimana silika dan alumina diwakili oleh satu variabel. Dengan cara menggabungkan C_3S dan C_2S lebih baik daripada C_3A dan C_4AF . Dari pernyataan tersebut didapat persamaan untuk setiap kekuatan dengan standar Ottawa pasir mortar dengan perendaman:

$$f_3 = -1477 + 24.64 C_3S + 40.43 C_3A + 0.484 S_s \quad (3.7)$$

$$f_7 = -1245 + 41.16 C_3S + 78.84 C_3A + 0.344 S_s \quad (3.8)$$

$$f_{28} = 286 + 28.26 C_3S + 146.96 C_3A + 0.384 S_s \quad (3.9)$$

dimana S_s : kepadatan semen yang dapat ditembus udara (metode Blaine), cm^2/g

Dari persamaan diatas tampak bahwa koefisien C_3A merupakan yang terbesar.

Menurut **Popovic(1998)**, persamaan eksponensial untuk kekuatan relatif meliputi banyak hal karena persamaan ini menggambarkan proses kekuatan semen portland yang lebih baik. Persamaan asli ditunjukkan dalam bentuk numerik yang terdapat pada Persamaan (3.10) dan (3.11).

$$f_{rel} = 100 \frac{f}{f_{28}} = 100 \frac{C_3(1 - e^{-a_1 t}) + (100 - C_3)(1 - e^{-a_2 t})}{C_3(1 - e^{-28a_1}) + (100 - C_3)(1 - e^{-28a_2})} \quad (3.10)$$

$$= 100 \frac{100 - C_3 e^{-a_1 t} - (100 - C_3) e^{-a_2 t}}{100 - C_3 e^{-28a_1} - (100 - C_3) e^{-28a_2}} \quad (3.11)$$

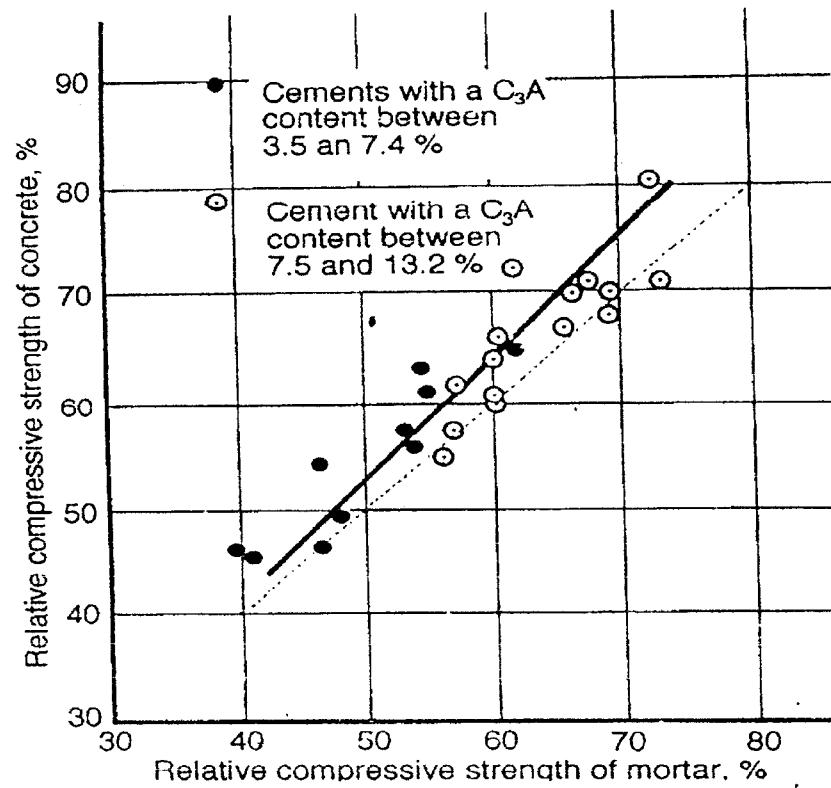
dimana f_{rel} = kekuatan relatif dari campuran semen portland (% dalam 28 hari)

t = umur percobaan (hari)

C_3 = kandungan C_3S dalam semen (berat, %)

a_1 dan a_2 = parameter pertama dan kedua komponen kekerasan, yang berturut-turut, tidak tergantung pada kekuatan, umur, dan kandungan C_3S tetapi mungkin dipengaruhi oleh suhu, kandungan C_3A , dan faktor yang lain yang mempengaruhi hidrasi (1/hari)

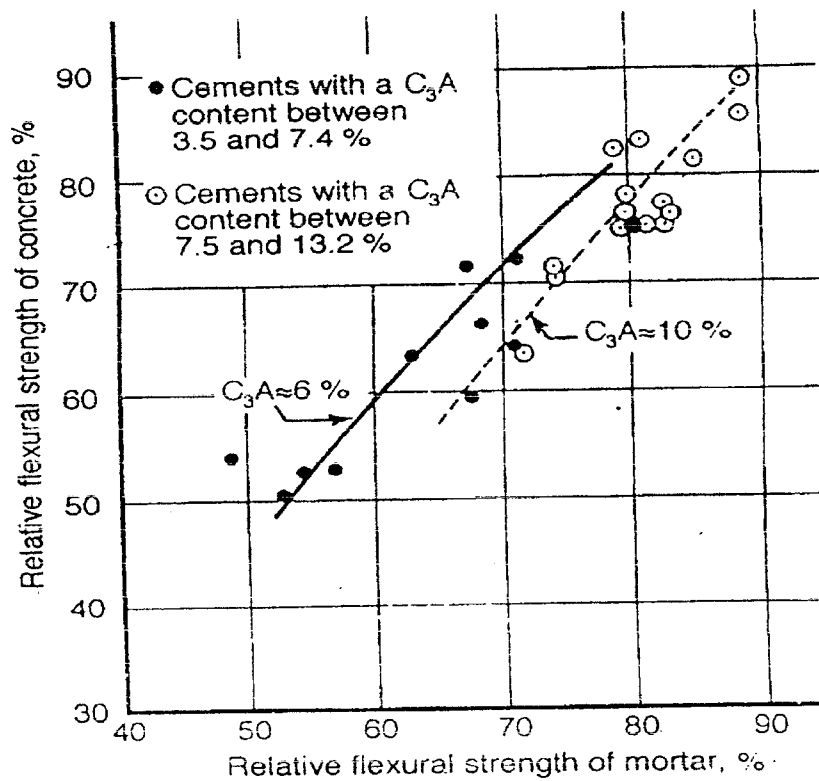
Menurut **Popovics (1998)** hubungan antara kuat tekan relatif mortar (%) dengan kuat tekan relatif campuran dapat dilihat pada Gambar (3.1)



Gambar 3.1 Hubungan antara kuat tekan mortar dan kuat tekan campuran

Dari Gambar (3.1) terlihat hubungan antara kuat tekan Ottawa pasir mortar dan kuat tekan relatif campuran dalam umur 7 hari membentuk garis lurus yang didapat dari titik-titik hasil Persamaan (3.11)

Sedangkan hubungan antara kuat lentur relatif mortar (%) dengan kuat lentur campuran (%) dapat dilihat pada Gambar (3.2)



Gambar 3.2 Hubungan antara kuat tekan lentur relatif mortar dengan kuat Lentur campuran

Dari Gambar (3.2) tampak bahwa hubungan antara kuat tekan lentur relatif mortar dan kuat lentur campuran akan membentuk garis lurus.

3.1.2. Agregat

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, dan pasir) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu

dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Murdock.L. J. dan K. M. Brock, 1991). Agregat alami pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar. Disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6mm) dan untuk agregat halus ukurannya bervariasi antara ukuran No.4 dan No.100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No.100.

3.1.3. Air

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatan dan dapat juga mengubah sifat-sifat semen.

3.1.4. Tinjauan limbah gergajian batu andesit

Bahan pengisi (filler) yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah gergajian batu andesit yang mempunyai ukuran 75-150 μm . Bahan tambah ini diharapkan dapat mengisi pori-pori dalam beton sehingga meningkatkan kuat desak beton. Kandungan senyawa batu andesit adalah SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O (Anthony Hall, 1987). Kandungan unsur kimia semen yang terdapat juga pada gergajian batu andesit adalah SiO_2 , CaO , dan Al_2O_3 . Hasil analisa kandungan unsur kimia pada gergajian batu andesit dapat dilihat pada Tabel (3.2).

Tabel 3.2 Kandungan unsur kimia limbah gergajian batu andesit

Parameter	Hasil analisa (%)
SiO_2	15.72
CaO	0.1034
Al_2O_3	2.97

Sumber: Laboratorium Analisa Kimia dan Fisika UGM Yogyakarta

Jika SiO_2 dan Al_2O_3 dalam gergajian batu andesit dimasukkan dalam semen (%) akan berpengaruh terhadap nilai C_3S , C_2S , C_3A . Semakin besar prosentase SiO_2 dan Al_2O_3 maka C_3S , C_2S , dan C_3A semakin besar.

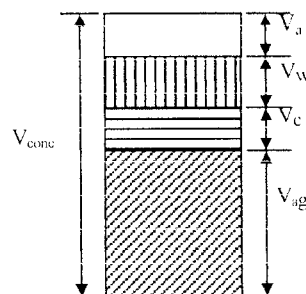
Menurut **Popovics (1998)**, udara void dalam pasta semen merupakan hasil konsolidasi yang tidak sempurna atau proses penguapan air yang terlalu cepat atau kedua-duanya. Volume dari udara void (V_a), sebenarnya menunjukkan kandungan yang konstan dalam umur pasta semen atau beton. Proporsi dari porositas kapiler (V_w) menurun sejalan dengan umur beton dalam kondisi dibawah normal karena proses hidrasi keluar dari pori-pori tersebut secara berangsur-angsur. Kandungan volume beton dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Persamaan dibawah ini menunjukkan kandungan volume beton

$$V_c + V_{ag} + V_w + V_a = V_{conc} \quad (3.12)$$

dengan : V_c, V_{ag} = volume semen dan volume agregat dalam beton

V_w, V_a, V_{conc} = volume air, udara dalam beton dan volume sampel beton



Gambar 3.3. Skema komposisi beton segar

Untuk kandungan dalam proporsi berat dapat dilihat dalam persamaan (3.13)

$$W_c + W_{ag} + W_w = W_{conc} \quad (3.13)$$

dengan: W_c, W_{ag} = berat semen dan berat agregat

W_w, W_{conc} = berat air, dan berat sampel beton

Menurut **Popovic (1998)**, porositas dapat dinyatakan dalam jumlah total dari campuran, dengan Persamaan (3.14).

$$P_o = \frac{V_a + V_w}{V} = P_o' + P_o^n \quad (3.14)$$

dengan : P_o = porositas total, %

V = volume dari pasta semen, sama dengan pori udara

P_o' dan P_o^n = kuantitas relatif dalam udara yang terisi dan pori yang diisi udara, %

V_a dan V_w = volume air dan udara pada campuran

Menurut **Popovic (1998)**, untuk menentukan kadar udara dapat dilihat dalam Persamaan (3.15)

$$a = 100 p' = 100 \left(1 - \frac{U_a}{U_o} \right) \quad (3.15)$$

$$= 100 \left(1 - U_a \frac{w/c + 1/G_c}{w/c + 1} \right) \quad (3.16)$$

dengan : a = kadar udara dalam %

U_a = berat dari pasta semen yang mengandung udara, g/cm

U_o = berat dari pasta semen yang diperkirakan dalam udara bebas, g/cm

w = massa cairan dalam sampel

c = berat semen dalam campuran

w/c = faktor air semen

Ge = Bj semen

Menurut **Popovic (1998)**, luas permukaan gel didekati dengan ukuran “gel space ratio”(Xf) yang dapat dihitung dengan rumus:

$$X_F = \frac{V_g}{V_w + V_a + V_p} \quad (3.17)$$

dengan : Va = volume udara

Vw = volume air

Vg = volume gel

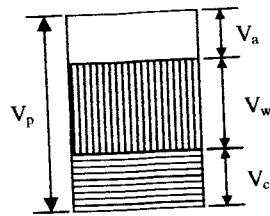
Vp = volume pasta semen

Dari Persamaan (3.17) tampak bahwa semakin besar jumlah gel yang terbentuk maka “ gel space ratio” makin besar. Hubungan antara “ gel space ratio” dan kuat desak beton dihitung dengan persamaan (Popovic,1998)

$$f^c = 29000 \cdot X_F^3 \quad (3.18)$$

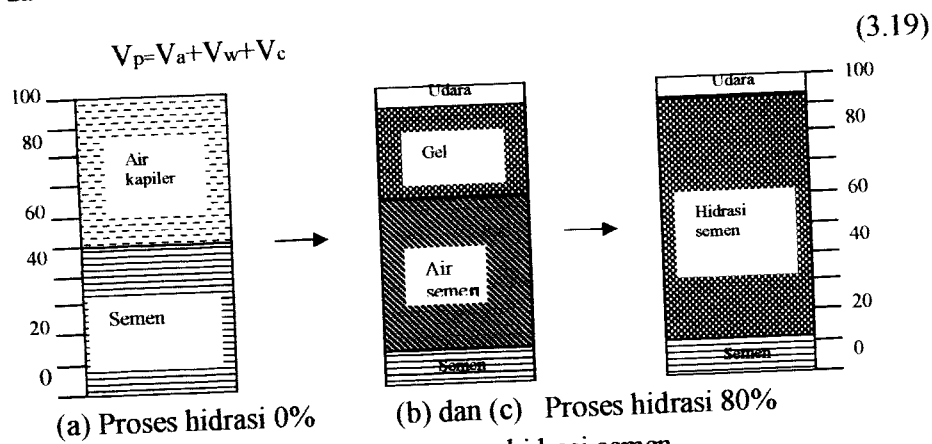
Dari Persamaan (3.18) tampak bahwa “ gel space ratio” merupakan fungsi pangkat tiga dari kuat desak beton (f^c) sehingga semakin besar “ gel space ratio” (Xf), makin besar kuat desak (f^c).

Menurut **Popovics (1998)**, porositas terbentuk pada saat hidrasi semen berlangsung. Komposisi volume udara, air, dan semen pada saat hidrasi semen dapat dilihat seperti tampak pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Skema komposisi pasta

Dari Gambar 3.4 Hubungan pasta semen (V_p), volume udara (V_a), volume air (V_w), dan volume semen (V_c). Dapat didekati dengan Persamaan (3.19).



Gambar 3.5. Skema proses hidrasi semen

Pada saat awal hidrasi berlangsung antara semen dan air dianggap terpisah dengan prosentase semen 50% dan air 50%. Proses pencampuran air dan semen menghasilkan gel, ketika terjadi curing hidrasi semen berhenti pada volume 82%, volume air kapiler 7,5%, sehingga semen yang tersisa sebesar 10,5%.

Menurut Popovic (1998), dari Gambar (3.5) pada saat hidrasi berlangsung, proses pencampuran air dan semen menghasilkan gel yang diikuti dengan naiknya air semen kepermukaan (bleeding) melalui pori kapiler jumlah pori kapiler yang terbentuk dalam hidrasi semen dihitung dalam persen yang didekati dengan Persamaan (3.20).

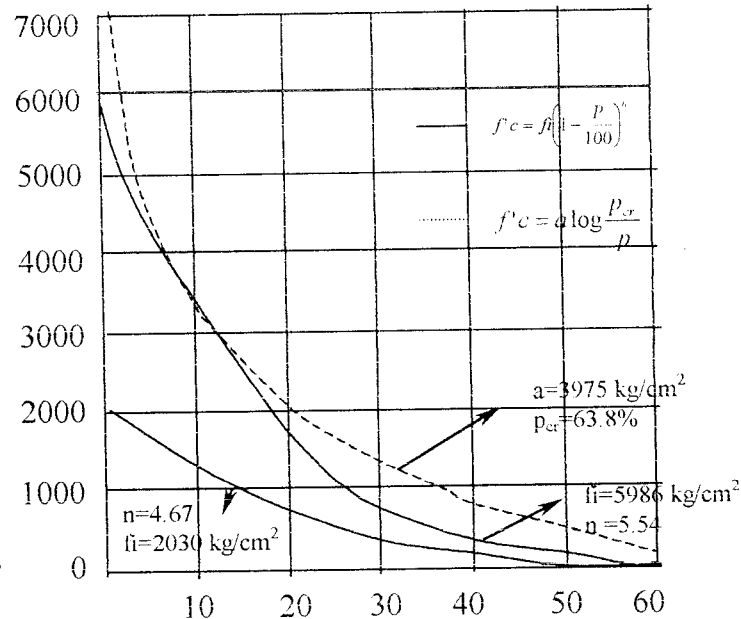
$$P = \frac{V_a + V_w + V_p - V_g}{V} \tag{3.20}$$

Dari Persamaan (3.20) menunjukkan bahwa karakteristik porositas di dalam pasta semen menunjukkan persentasi ruang yang dapat diisi oleh semen gel.

3.1.5. Tinjauan porositas terhadap kekuatan beton

Menurut **Murdock dan Brook (1986)**, petunjuk kehilangan kekuatan disebabkan oleh adanya rongga-rongga. Rongga-rongga termasuk volume udara yang terperangkap, dan rongga yang terbentuk oleh pengeringan air berlebihan.

Kadar pori yang terkandung dalam beton sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Semakin besar kadar pori (porositas) maka kuat tekan beton akan semakin kecil. Hubungan porositas kapiler dan kuat desak beton dapat dilihat pada Gambar (3.6).



Gambar 3.6 Hubungan porositas kapiler dan kuat desak beton

Menurut Popovics (1998), hubungan kuat desak beton dengan porositas didekati dengan Persamaan (3.21).

$$f_c = f_i \left(1 - \frac{P}{100} \right) \quad (3.21)$$

$$f_c = a \log \frac{P_{cr}}{P} \quad (3.22)$$

Dari Persamaan (3.21 dan 3.22) terlihat bahwa semakin besar porositas kapiler maka kuat desak beton semakin kecil.

Kuat tekan beton merupakan fungsi eksponensial dan fungsi porositas (Popovics, 1998), hal ini dapat dijelaskan pada persamaan di bawah ini:

$$f_{rel} = \frac{f}{f_0} = 10^{-\gamma a} \quad (3.23)$$

$$= \frac{1}{B a^a} \quad (3.24)$$

dengan γ = koefisien eksperimental yang bebas antara kekuatan dan umur material dalam praktek terbatas tetapi tergantung berdasarkan tipe dan kekuatan material.

$$B a = 10^\gamma \quad (3.25)$$

$$a = \frac{100 \cdot V_a}{V} \quad (3.26)$$

dengan: a = kandungan udara (%)

V_a = volume udara dalam beton padat

V = volume beton padat termasuk volume udara.

Dari Persamaan (3.23) terlihat bahwa semakin kecil porositas semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

3.2 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, makin besar nilai slump berarti semakin cair adukan betonnya.

3.3 Workability

Menurut **Newman (1964)**, workability didefinisikan sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah, (Murdock dan Brook, 1986) :

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

Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton.

3.4. Kuat Tekan Beton

Nilai-nilai hasil pemeriksaan kuat desak dianggap menyebar normal, maka ukuran besar kecilnya penyebaran dari nilai-nilai hasil pemeriksaan kuat desak beton didapat berdasarkan persamaan deviasi standar .

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{N-1}} \quad (3.27)$$

dengan: S = deviasi standar

f'_{ci} = kuat desak beton masing-masing benda uji

f'_{cr} = kuat desak beton rata-rata

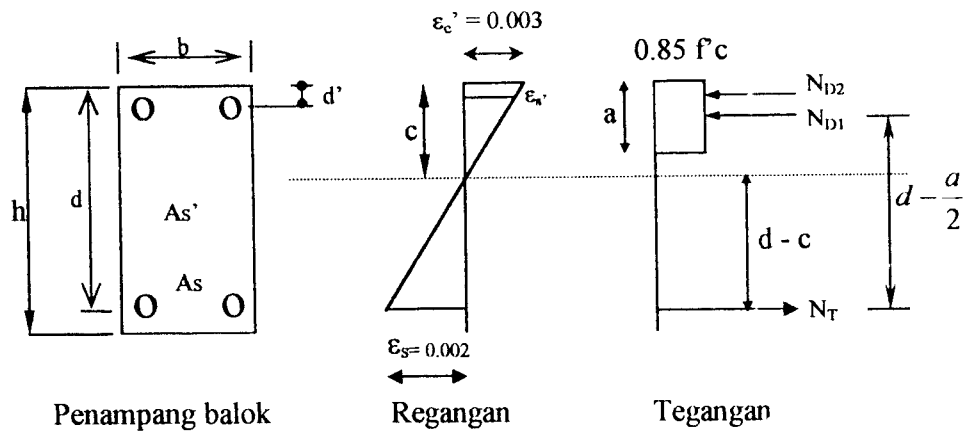
$$\text{dengan: } f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_{ci}}{N} \quad (3.28)$$

N = jumlah benda uji

3.5. Kuat Lentur Beton

Menurut Edward G. Nawy asumsi-asumsi yang digunakan dalam menetapkan perilaku penampang adalah sebagai berikut:

- 1 Distribusi regangan dianggap linier. Asumsi ini berdasarkan hipoteses Bernaulli yaitu penampang yang datar sebelum mengalami lentur akan tetap datar dan tegak lurus terhadap sumbu netral setelah mengalami lentur.
- 2 Regangan pada baja dan beton disekitarnya sama sebelum terjadi retak pada beton atau leleh baja.
- 3 Beton lemah terhadap tarik. Beton akan retak pada taraf pembebanan kecil, yaitu sekitar 10% dari kekuatan tekannya. Akibatnya bagian beton yang mengalami tarik pada penampang diabaikan dalam perhitungan analisis dan desain, juga tulangan tarik yang ada dianggap memikul gaya tarik tersebut.



Gambar 3.7. Distribusi regangan dan tegangan lentur balok beton bertulang.

Untuk menghitung gaya tekan maka Whitney mengusulkan untuk menggunakan blok tegangan segiempat ekuivalen yang dapat digunakan untuk menghitung gaya tekan yang juga berarti dapat digunakan untuk menghitung kekuatan lentur penampang. Besarnya tegangan rata-rata dari blok tegangan segiempat ekuivalen adalah $0.85 f_c$ sedalam "a". Besarnya "a" ditentukan dalam Persamaan:

$$a = \beta \cdot c \quad (3.29)$$

dimana, c = jarak serat tekan terluar ke garis netral

β = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton.

Harga β diberikan dengan Persamaan sebagai berikut

$$\blacklozenge \text{ Untuk } f_c \leq 30 \text{ Mpa} \Rightarrow \beta = 0.85 \quad (3.30)$$

$$\blacklozenge \text{ Untuk } f_c > 30 \text{ Mpa} \Rightarrow \beta = 0.85 - 0.008 (f_c - 30) \geq 0.65 \quad (3.31)$$

Dalam perencanaan dimensi balok dengan menggunakan tulangan rangkap terdapat dua anggapan, (Edward G Nawy, 1990) yaitu:

a). Jika tulangan baja desak (A_s') telah leleh sebelum beton mencapai regangan

0,003 atau $\epsilon_s' \geq \epsilon_y$ maka:

Maka tinggi balok tegangan beton desak adalah

$$a = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{(0,85 \cdot f_c) \cdot b} \quad (3.32)$$

dengan : a = tinggi blok tegangan ekuivalen a

A_s = luas tulangan tarik

A_s' = luas tulangan desak

f_y = tegangan leleh

f_c = tegangan desak

b = lebar

maka momen lentur ultimit dapat dihitung dengan Persamaan (3.33)

$$M_u = (A_s - A_s') f_y (d - 1/2 \cdot a) + a \cdot A_s' \cdot f_y \cdot d (d - d') \quad (3.33)$$

b). Jika tulangan baja desak (A_s'), belum leleh pada saat beton mencapai regangan

desak 0,003 atau $\epsilon_s \leq \epsilon_y$ dan $\epsilon_s \geq \epsilon_y$ maka:

momen ultimit dapat dihitung dengan Persamaan 3.34

$$M = (0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot \beta) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) c - 600 \cdot d' \cdot A_s' = 0 \quad (3.34)$$

Tegangan tulangan baja desak (f_s') dicari dengan Persamaan (3.35)

$$f_s' = \frac{c - d'}{c} (600) \quad (3.35)$$

Mengacu pada Gambar (3. 6) gaya desak yang terjadi adalah:

$$N_{D1} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \quad (3.36)$$

$$N_{D2} = A_s' \cdot f_s' \quad (3.37)$$

Gaya tarik dihitung dengan Persamaan (3.38)

$$N_T = A_s \cdot f_y \quad (3.38)$$

Keseimbangan gaya-gaya dalam adalah

$$N_{D1} + N_{D2} - N_T = 0 \quad (3.39)$$

Kekuatan momen lentur nominal dapat dihitung dengan Persamaan (3.40)

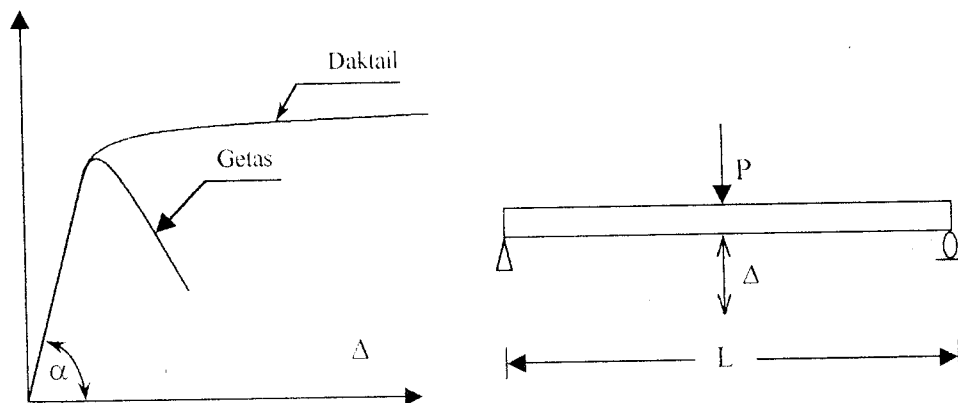
$$M_n = N_{D1}(d - 1/2a) + N_{D2}(d - d') \quad (3.40)$$

Kekuatan momen lentur ultimit dapat dihitung dengan Persamaan (3.41)

$$M_u = \phi M_n \quad (3.41)$$

3.6. Hubungan Beban dan Lentutan

Menurut **Park dan Pauley (1975)**, jika suatu balok dikenai beban, maka balok yang semula lurus akan mengalami perubahan bentuk menjadi sebuah kurva yang disebut dengan lentutan (Δ).



Gambar 3.8 Hubungan beban dan lentutan

Dari Gambar 3.8 tampak bahwa semakin besar beban yang bekerja pada beton bertulang, lendutan yang terjadi makin besar, sehingga balok akan mengalami “daktail”. Jika beban bekerja pada balok tanpa tulangan maka struktur akan mengalami getas, sehingga kekakuan balok (K) dapat dihitung dengan rumus:

$$K = \text{tg } \alpha = \frac{P}{\Delta} \quad (3.42)$$

Nilai-nilai hasil penelitian kuat lentur digambarkan dalam grafik dengan persamaan regresi linier. Jika sepasang variabel kontinyu x dan y mempunyai korelasi, maka dapat dicari dengan menggunakan koefisien korelasi. Analisis statistik bentuk regresi linier dengan persamaan garis lurus :

$$Y = bx + a \quad (3.43)$$

dengan Y = beban

x = lendutan

Untuk menentukan harga a dan b digunakan persamaan sebagai berikut:

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (3.44)$$

$$a = \frac{\sum y - b \cdot \sum x}{n} \quad (3.45)$$

Koefisien distribusi regresi (r) yaitu harga yang menyatakan eratnya hubungan antara kedua variabel, dimana r selalu terbatas dalam interval $-1 < r < 1$. Apabila $r = 1$ memberikan arti bahwa hubungan antara kedua variabel positif dan nilai $r = -1$ memberikan arti bahwa hubungan kedua variabel negative. Bila $r = 0$ memberikan arti bahwa kedua variabel tidak mempunyai hubungan. Rumus yang digunakan:

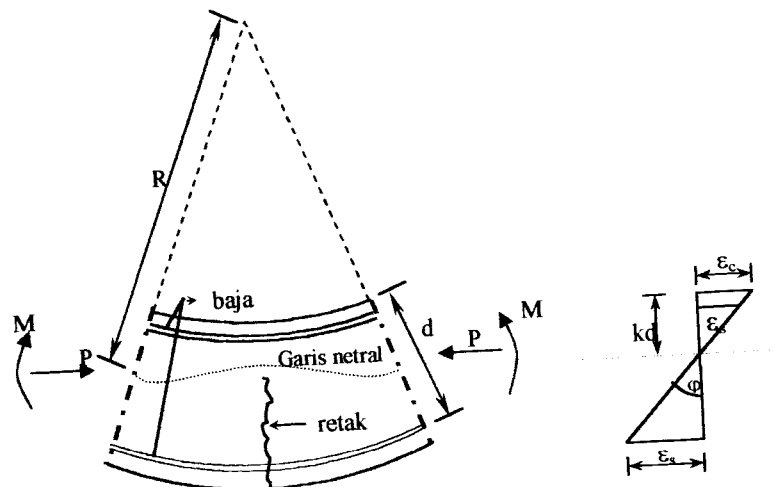
$$r = \frac{n \cdot \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (3.46)$$

dengan n = jumlah pengamatan dari masing-masing variabel.

3.7. Hubungan Momen dengan Kelengkungan

Menurut Park dan Pauley (1975), kelengkungan terjadi pada saat balok mengalami retak karena dibebani gaya aksial yang bekerja. Adanya retak pada beton menunjukkan terjadinya penambahan tegangan pada balok sehingga merubah jari-jari kelengkungan (R), tinggi garis netral (C), regangan beton (ϵ_c), dan regangan baja tarik (ϵ_s), hubungan ketiga parameter tersebut dapat didekati dengan rumus :

$$\frac{1}{R} = \frac{\epsilon_c}{kd} = \frac{\epsilon_s}{d(1-k)} \quad (3.47)$$

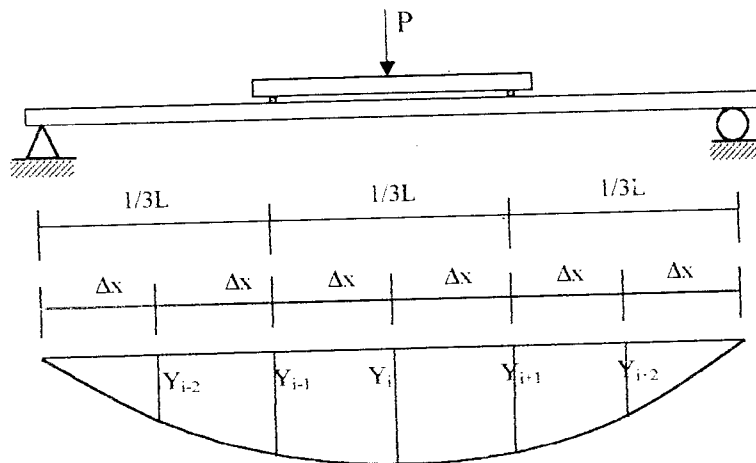


Gambar 3.9 Kelengkungan balok beton bertulang

Untuk menghitung kelengkungan (ϕ) dapat digunakan memasang alat “strain gauge” pada daerah regangan beton dan regangan baja. Dari Gambar (3.9) kelengkungan dapat dihitung dengan Persamaan (3.48)

$$\phi = \frac{\varepsilon_c}{kd} = \frac{\varepsilon_s}{d(1-k)} = \frac{\varepsilon_s + \varepsilon_c}{d} \quad (3.48)$$

Selain menggunakan Persamaan (3.32) kelengkungan juga dapat dihitung dengan metode "central difference", yaitu suatu cara pendekatan besarnya lendutan balok akibat pembebanan statis yang diperoleh dengan mengukur lendutan 3 titik secara berurutan pada jarak $1/3$ bentang (L) seperti tampak pada Gambar(3.10)



Gambar 3.10 Lendutan balok

Mengacu pada Gambar 3.10, menghasilkan Persamaan (3.49)

$$\phi = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}))}{(\Delta_x)^2} \quad (3.49)$$

Dari Persamaan (3.44), faktor kekakuan untuk balok beton bertulang dapat didekati dengan:

$$EI = \frac{M}{\phi} \quad (3.50)$$

Menurut **Park dan Pauley (1975)**, hubungan momen dan kelengkungan dihitung secara bertahap.

a. Momen kelengkungan sebelum retak

Momen dan kelengkungan didekati dengan persamaan :

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I}{y} \quad (3.51)$$

$$\phi_{cr} = \frac{f_r}{E_c \cdot y} \quad (3.52)$$

$$f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} \quad (3.53)$$

M_{cr} = Momen retak

f_r = modulus retak beton

I = inersia balok

Y = jarak garis netral ke tepi desak

b. Momen kelengkungan setelah retak pada saat leleh pertama

Momen dan kelengkungan yang terjadi pada balok didekati dengan Persamaan

(3.54):

$$M_y = A_s \cdot f_y \cdot j \cdot d \quad (3.54)$$

$$\phi_y = \frac{(f_y \cdot E_s)}{d(1-k)} \quad (3.55)$$

$$k = \left[(\rho + \rho')^2 n^2 + 2 \left(\rho + \frac{\rho' d'}{d} \right) n \right]^{1/2} - (\rho + \rho') n \quad (3.56)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (3.57)$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (3.58)$$

$$\rho' = \frac{A_s'}{bd} \quad (3.59)$$

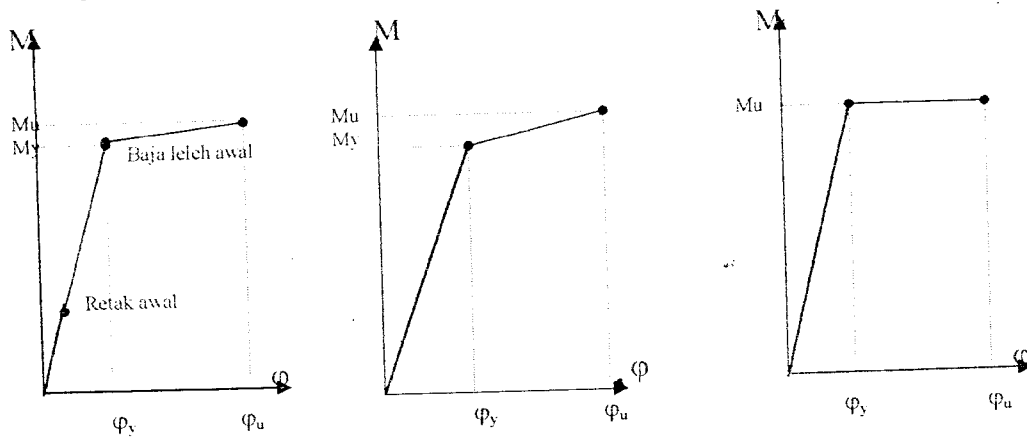
c. Momen kelengkungan saat beban ultimit

Momen dan kelengkungan ditunjukkan dalam persamaan:

$$M_u = 0,85 \cdot f_c \cdot ab \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s \cdot f'_s \cdot (d - d') \quad (3.60)$$

$$\varphi = \frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_c \beta}{a} \quad (3.61)$$

Hubungan $M - \varphi$ ideal pada balok beton bertulang dapat digambarkan dengan grafik trilinear dan bilinear seperti tampak pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Kurva momen-kelengkungan ideal

3.8. Hipotesis

Kadar pori yang terkandung dalam beton sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Semakin kecil kadar pori (porositas) maka kuat tekan beton akan semakin besar. Jadi dengan penambahan ~~gergajian~~ ~~batu~~ ~~andesit~~ sebagai filler

maka kuat desak dan lentur meningkat, yang diikuti dengan naiknya modulus elastis beton (E_c), semakin besar nilai E_c maka faktor kekakuan dari balok (EI) semakin besar, kekakuan yang terjadi (K) naik sehingga kekuatan beton meningkat.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Material Pembentuk Beton

4.1.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen jenis I merk Nusantara kemasan 50 kg.

4.1.2 Agregat

Terdapat dua macam agregat yang digunakan yaitu:

1. Agregat halus, digunakan pasir yang berasal dari Sungai Boyong. Agregat halus ini dipisahkan setiap fraksinya dari diameter lolos saringan nomor 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; dan 0,15 mm.
2. Agregat kasar, digunakan kerikil yang berasal dari sungai Krasak, dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tertahan 10 mm dan tertahan 5 mm.

4.1.3 Air

Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.1.4 Gergajian Batu Andesit

Gergajian batu andesit yang digunakan dalam penelitian ini diayak sehingga lolos saringan nomor 200 ASTM ("American Society for Testing

Materials”). Bahan ini diambil dari perusahaan gergajian batu Rizky Citra di Muntilan.

4.1.5 Baja tulangan

Baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah tulangan polos ϕ 8 mm sebagai tulangan tarik, ϕ 6mm sebagai tulangan desak dan ϕ 4mm sebagai tulangan sengkang

4.2 Peralatan Pengujian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai sarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian ini yaitu.:

4.2.1 Ayakan

Ayakan yang digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran yang dipakai untuk memisahkan diameter butiran pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm. Untuk mengayak kerikil digunakan ayakan dari kawat dengan lubang 20 mm, 10 mm, dan 5 mm.

4.2.2 Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah merk “Fagani” dengan kapasitas 150 kg dan merk “O house” kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

4.2.3 Mesin Penyaring

Mesin penyaring yang digunakan untuk menyaring gergajian batu andesit, pada penelitian ini dipakai merk “ Controls”, yang dilengkapi dengan saringan nomor 150 dan 200 ASTM (“ American Society for Testing Materials”).

4.2.4 Mistar dan Kaliper

Mistar dari fiberglass dan logam untuk mengukur dimensi cetakan sampel balok beton, sedangkan kaliper untuk mengukur diameter tulangan dan benda uji.

4.2.5 Mesin Pengaduk

Mesin pengaduk beton (“mixer”), digunakan untuk mengaduk bahan susun beton (semen, kerikil, pasir, gergajian batu andesit, dan air) sehingga diperoleh campuran adukan beton yang homogen.

4.2.6 Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan balok dan silinder beton, talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk beton (“mixer”).

4.2.7 Kerucut Abrams

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton (“Slump”), dengan tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dilengkapi dengan alat penumbuk besi dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

4.2.8 Mesin Uji Kuat Tarik

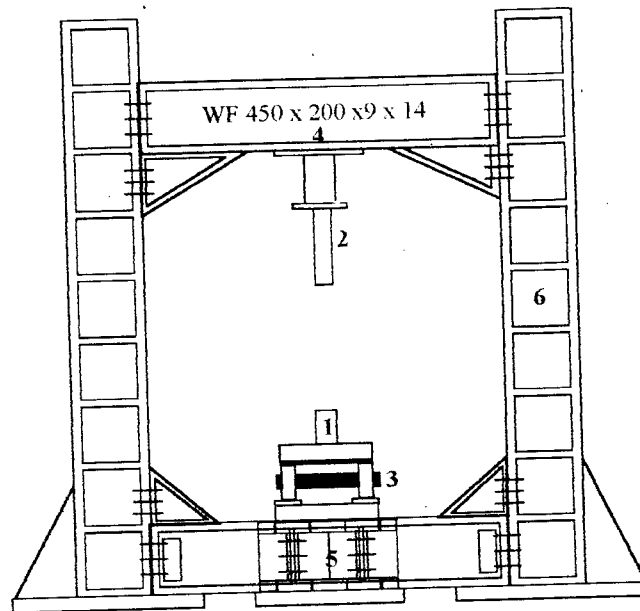
Mesin ini digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh baja tulangan. Pada penelitian ini digunakan “ Universal Testing Material” (UTM) merk “ Shimadzu” tipe UMH 30, kapasitas 30 ton.

4.2.9 Mesin Uji Kuat Desak

Mesin uji kuat desak yang digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder beton, di dalam penelitian ini dipakai mesin uji desak merk “ Control” dengan kapasitas 2000 KN.

4.2.10 “Loading Frame”

Untuk keperluan penelitian ini dibuat “loading frame” dari bahan baja profil WF 450x200x9x14. Bentuk dasar “loading frame” berupa portal segi empat yang berdiri di atas lantai beton (“Rigit floor”) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm, agar “loading frame” tetap stabil, pelat dasar dibaut pada lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x9x14 mm. Posisi portal balok dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan cara melepas sambungan baut. Bentuk fisik dari “ loading frame” dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 "Loading Frame"

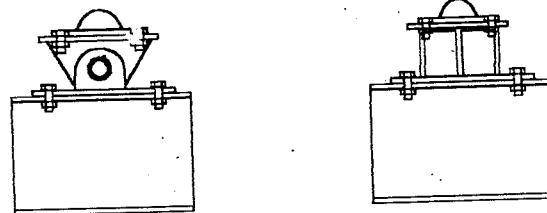
Keterangan :

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| 1. Sampel balok | 4. Balok portal (bisa digeser) |
| 2. Dongkrak hidrolik | 5. Balok lintang |
| 3. Dukungan | 6. Kolom |

4.2.11 Dukungan Sendi dan Rol

Dukungan sendi dipasang pada salah satu ujung sampel balok yaitu dengan menjepit balok dengan mur baut, sedangkan pada ujung yang lain

dipasang dukungan rol, sehingga model balok mendekati balok sederhana atau "Simple Beam" seperti tampak pada Gambar 4.2.



(a) Dukungan rol

(b) Dukungan sendi

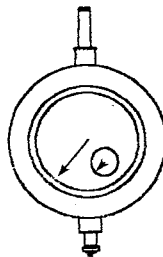
Gambar 4.2 Dukungan sendi dan rol

4.2.12 Hidraulic Jack

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada benda uji dengan kapasitas maksimum 30 ton .

4.2.13 "Dial Gauge"

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya lendutan yang terjadi dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan tingkat ketelitian 0,01 mm (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Dial Gauge

4.3 Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi: uji sifat-sifat teknis bahan susun beton (pasir, kerikil dan semen), perancangan adukan beton, uji kuat tarik baja tulangan.

a). Uji Agregat Halus (pasir)

Hasil uji pasir didapat berat jenis SSD 2,54032 dan modulus halus butir 2,8

b). Uji Agregat Kasar (kerikil)

Uji agregat kasar atau kerikil bertujuan untuk mendapatkan berat jenis dan berat volume kerikil keadaan SSD. Didapat berat jenis SSD 2,58237 dan berat volume 1,51423 t/m³.

c). Perencanaan Campuran Adukan Beton

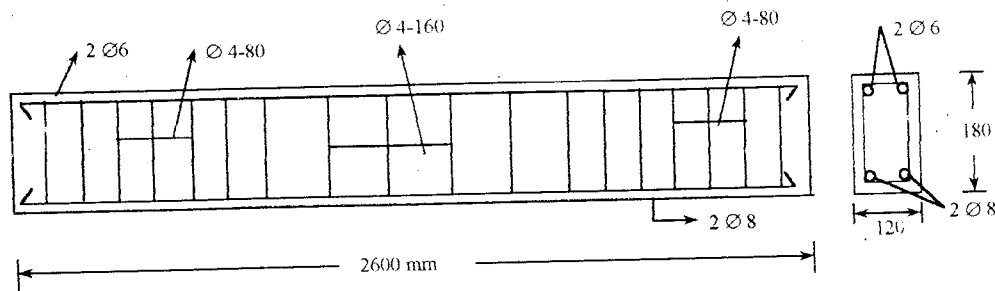
Perencanaan campuran adukan beton menggunakan cara Road Note. Untuk setiap 1m³ beton dengan kuat desak rencana 22,5 Mpa.

4.3.2 Pembuatan dan perawatan benda uji

Dalam penelitian ini dibuat 40 buah silinder beton dengan ukuran (150 mmx 300mm) dan 8 buah balok beton bertulang dengan ukuran (120mmx 180mm x 2600mm) dengan ketentuan untuk tiap variasi campuran dibuat 10 buah silinder dan 2 buah balok beton bertulang. Balok benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.4. Variasi yang dipakai adalah sebagai berikut:

1. Sampel A, tanpa campuran abu batu andesit (normal)
2. Sampel B, dengan campuran abu batu andesit 5% dari berat semen

3. Sampel C, dengan campuran abu batu andesit 10% dari berat semen
4. Sampel D, dengan campuran abu batu andesit 15 % dari berat semen.



Gambar 4.4 Balok Uji

Perawatan terhadap benda uji silinder dilaksanakan dengan cara merendam dalam bak air, untuk balok dilaksanakan dengan cara membungkus balok dengan karung basah yang disiram air setiap hari. Perawatan terhadap sampel tersebut dilakukan selama 28 hari. Dengan cara tersebut diharapkan hidrasi semen berlangsung dengan baik.

4.3.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian meliputi uji tarik baja, uji desak silinder, dan uji lentur yang diuraikan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1) Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Data diambil pada pengujian tarik baja adalah beban maksimum, beban patah, dan batas luluh awal. Tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari diameter baja tulangan.

2) Pengujian Kuat Desak Silinder Beton

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian kuat desak beton adalah :

- a. Setelah silinder beton direndam dalam air selama 28 hari, tinggi dan diameternya diukur, setelah itu ditimbang beratnya, kemudian diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
- b. Mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji hancur dan besarnya beban maksimal dicatat sesuai pembacaan.

3). Pengujian Kuat Lentur Balok Beton

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Sebelum pengujian dilakukan, sisi permukaan balok dicat putih dan dibuat skala dengan ukuran yang seragam, kemudian setelah kering dapat diletakkan pada tumpuan dari "loading frame" sesuai dengan tanda yang telah diberikan. Pemasangan "Dial" dilakukan pada jarak $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{2}{3}$ bentang (L) dari tumpuan.
- b. Setelah "Load Cell", "Dial Gauge", dan dongkrak hidrolik sudah terpasang, pengujian kuat lentur dapat dimulai. Mula-mula balok beton diberi pembebanan melalui dongkrak hidrolik, besarnya beban yang terjadi dicatat sedangkan lendutan dapat dibaca melalui "Dial" dan dicatat.
- c. Pada saat pengujian berlangsung, pola retak yang muncul pada permukaan sisi balok beton dapat diperjelas dengan spidol dan diberi notasi angka yang menunjukkan nomor retak saat pembebanan.
- d. Setelah tinggi pola retak yang terjadi hampir mendekati tinggi penampang balok, pembebanan dihentikan dan pola retak tersebut digambar.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil penelitian

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh data berupa kuat desak silinder beton, dan kuat lentur beton bertulang dengan atau tanpa bahan tambah berupa gergajian batu andesit. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh kekakuan dari beban dan lendutan serta faktor kekakuan dari dari momen kelengkungan.

5.1.1 Hasil Uji Kandungan Kimia Gergajian Batu Andesit

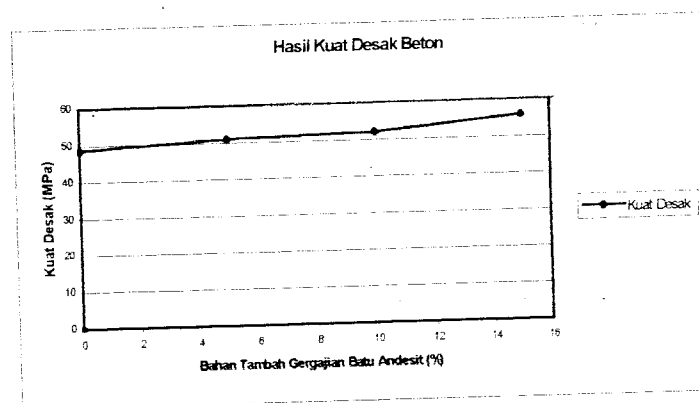
Berdasarkan hasil uji kandungan kimi, diperoleh prosentasi silika sebesar 15,76%. Data tersebut kemudian dianalisa dan dicari pengaruhnya terhadap perubahan jumlah senyawa kimia semen portland seperti pada Tabel 5.1

Tabel. 5.1 Hasil Analisis Silika Gergajian Batu Andesit

Jenis Semen	Prosentasi (%)				Silika Ratio(SR)
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	
Jenis I	54,1	16,61	10,83	9,12	2,222222
5%	56,805	17,44	11,37	9,58	2,222222
10%	59,51	18,27	11,91	10,03	2,222222
15%	62,215	19,1	12,45	10,49	2,222222

5.1.2 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Kuat desak beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah 22,5 Mpa. Dari hasil uji kuat desak beton, dapat digambarkan diagram yang memberikan hubungan prosentasi gergajian batu andesit terhadap kenaikan kuat desak beton sebagai berikut:



Gambar 5.1 Grafik Kenaikan Kuat Desak Silinder Beton

Hasil analisis dari Gambar 5.1 dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel. 5.2 Hasil Analisis Kuat Desak Silinder

Sampel	f'_{cr} (Mpa)	Standar Deviasi	f'_c (Mpa)	f'_c (%)
Normal	49.95	0.851	48.554	100
Variasi 5%	52.9	1.243	50.862	104.75
Variasi 10%	54.15	1.370	51.903	106.89
Variasi 15%	61.2	3.256	55.861	115.05

5.1.3 Hasil Uji Kuat Tarik Baja Tulangan

Untuk mengetahui kualitas baja tulangan yang terpasang dilakukan uji tarik baja ditunjukkan pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Uji Tarik Baja

Diameter (mm)	Kuat Leleh (Mpa)	Kuat Tarik Maksimum (Mpa)
4	170.478	219.994
6	185.774	276.175
8	216.852	306.783

5.1.4 Hasil Uji Lentur Balok Beton Bertulang

Hasil pengujian balok beton bertulang dengan atau tanpa bahan tambah gergajian batu andesit pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

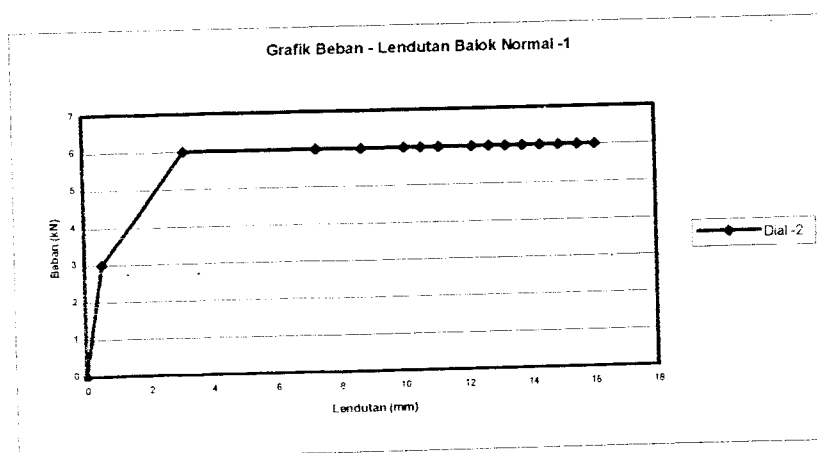
1. Hubungan Beban dan Lendutan

Pelaksanaan uji kuat lentur dilaksanakan di laboratorium struktur Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian kuat lentur balok diberi pembebanan dengan metode "Central Difference". Dibawah ini disajikan hasil pengujian balok normal.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Lentur Balok Normal

Balok Normal					
P (KN)	Defleksi (mm)			Momen KN.m	Kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	31	53	19	1.2	0.0000035
6	271	315	188	2.4	1.06875E-05
6	560	733	680	2.4	0.000014125
6	643	875	752	2.4	2.21875E-05
6	716	1008	880	2.4	0.00002625
6	775	1060	935	2.4	0.000025625
6	812	1115	991	2.4	2.66875E-05
6	889	1221	1054	2.4	3.11875E-05
6	926	1274	1161	2.4	2.88125E-05
6	964	1326	1216	2.4	0.0000295
6	1001	1380	1272	2.4	3.04375E-05
6	1038	1436	1331	2.4	3.14375E-05
6	1078	1494	1387	2.4	3.26875E-05
6	1115	1555	1391	2.4	0.00003775
6	1154	1611	1445	2.4	3.89375E-05

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur balok normal yang terdapat dalam, Tabel 5.4 dapat digambarkan grafik hubungan beban dengan lendutan ($P-\Delta$) dan dapat dilihat pada Gambar 5.2

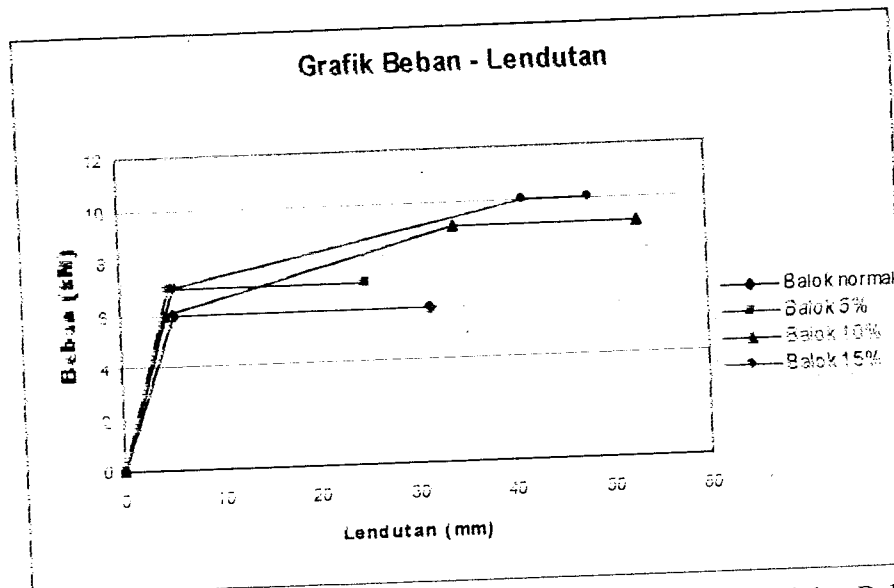


Gambar 5.2 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan

Hubungan beban – lendutan uji kuat lentur balok normal, dan balok dengan penambahan gergajian batu andesit ditunjukkan pada lampiran 11. Dari data tersebut dibuat grafik beban lendutan dan momen kelengkungan.

2. Grafik beban – lendutan balok normal, balok dengan penambahan gergajian batu andesit

Grafik beban - lendutan balok normal, dengan penambahan gergajian batu andesit ditunjukkan pada Gambar 5.3 sebagai berikut:



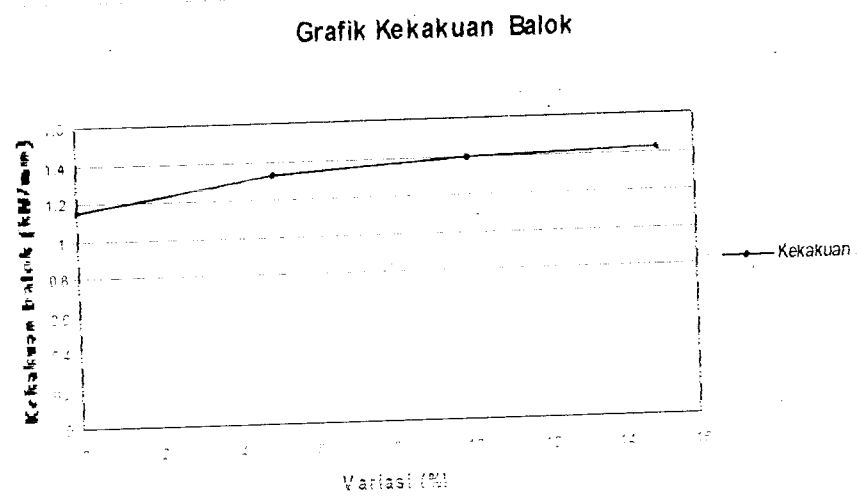
Gambar 5.3 Grafik hubungan Beban Lendutan Balok Normal dan Balok Dengan Penambahan Gergajian Batu Andesit

hasil analisis hubungan beban dan lendutan dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5.5 Hasil analisis Hubungan Beban dan Lendutan

Variasi (%)	P (kN)	P (%)	Δ (mm)	K (kN/mm)	K (%)
0	6	100	5.22	1.149	100
5	7	116.67	5.27	1.328	115.555
10	6	100	4.3	1.395	121.368
15	7	116.67	4.91	1.426	124.03

Dari hasil analisis beban dan lendutan dapat digambarkan grafik kenaikan kekakuan balok beton bertulang seperti pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik kenaikan Kekakuan Balok

3. Hubungan Momen dan Kelengkungan

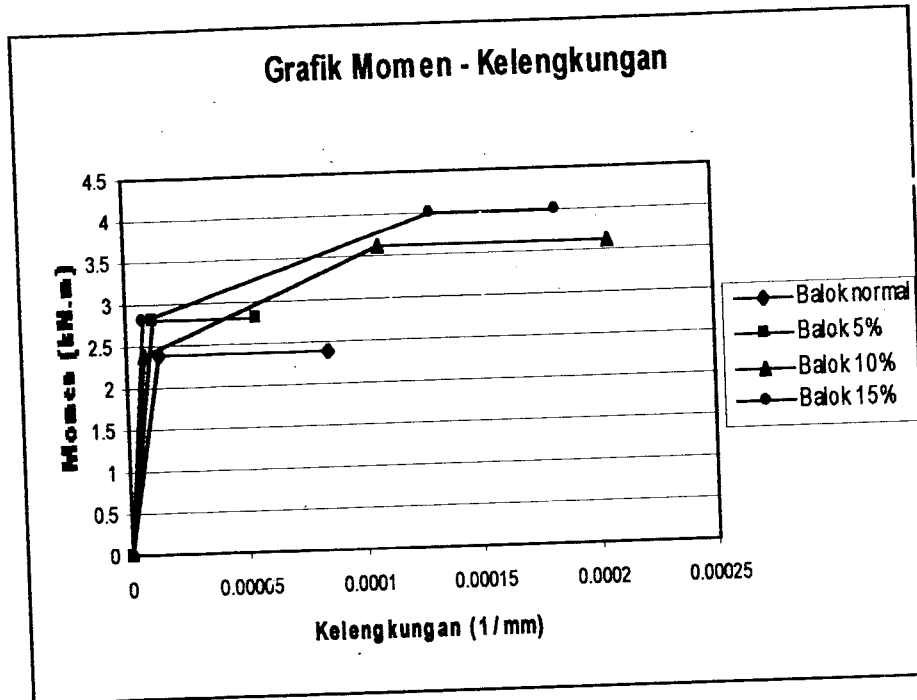
Hasil perhitungan momen dan kelengkungan secara teoritis dapat dilihat dalam Tabel 5.6 berikut

Tabel 5.6 Hasil Hitungan Momen - Kelengkungan Teoritis

M_o (KN mm)	M_y (KN mm)	M_u (KN mm)	ϕ_{per} (rad/mm)	ϕ_y (rad/mm)	ϕ_u (rad/mm)
3.288	2.422	10.659	$1.65 \cdot 10^{-5}$	$9.755 \cdot 10^{-5}$	$2.680 \cdot 10^{-5}$

Berdasarkan dari data hitungan momen kelengkungan teoritis maka dapat digambarkan grafik hubungan antara momen dan kelengkungan dan dapat dilihat pada Gambar 5.5





Gambar 5.5 Grafik Hubungan Momen dan Kelengkungan Normal dan Balok Dengan Penambahan Gergajian Batu Andesit

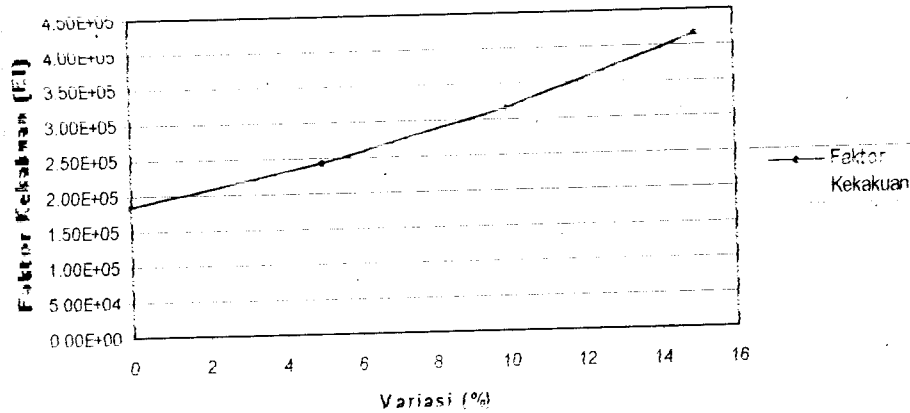
Dari hasil analisis momen dan kelengkungan didapatkan faktor kekakuan yang dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Analisis Momen Kelengkungan dengan Faktor Kekakuan

Variasi (%)	My (kN-mm)	ϕ_y (1/mm)	EI (kN-mm ²)	My (%)	EI (%)
Teoritis	10.659	2.68E-04	3.98E+04	444.13	64.46
0	2.4	1.313E-05	1.829E+05	100	100
5	2.8	1.163E-05	2.409E+05	116.67	131.725
10	2.4	7.625E-05	3.148E+05	100	182.094
15	2.8	6.75E-06	4.148E+05	116.67	226.858

data pada Tabel 5.7 dapat digambarkan grafik kenaikan faktor kekakuan (EI) seperti pada Gambar 5.6

Grafik Faktor Kekakuan



Gambar 5.6 Grafik Kenaikan Faktor Kekakuan

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kandunga Silika Gergajian Batu Andesit

Kandungan unsur kimia yang terdapat pada gergajian batu andesit dianalisa di Laboratorium Analisis Kimia dan Fisika UGM Yogyakarta. Dari hasil penelitian tersebut ternyata kandungan unsur kimia yang terdapat dalam gergajian batu andesit mengalami penurunan, terutama unsur SiO_2 , Al_2O_3 , CaO yang merupakan unsur pendukung pokok dari semen. Penurunan kandungan unsur kimia ini disebabkan karena ikatan kovalen antara molekul-molekul yang terdapat dalam batu andesit tersebut terpotong akibat adanya penggergajian batu tersebut. Hasil analisis kandungan kimia gergajian batu andesit dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Kandungan Unsur Kimia Gergajian Batu Andesit

Parameter	Hasil Analisa (%)
CaO	0.1034
SiO ₂	15.72
Al ₂ O ₃	2.97

Sumber: Laboratorium Analisa Kimia dan Fisika UGM Yogyakarta

5.2.2 Kuat Desak Beton

Dari beban (P) dan luas penampang (A) silinder beton, kuat desak yang terjadi dapat diketahui. Dengan membandingkan kuat desak silinder beton untuk variasi normal dengan variasi penambahan gergajian batu andesit akan didapatkan besarnya prosentase kenaikan kuat desak sebagai berikut:

- Silinder beton dengan variasi penambahan gergajian batu andesit 5% dari berat semen awal mengalami kenaikan kuat desak beton sebesar 4.75%
- Silinder beton dengan variasi penambahan gergajian batu andesit 10% dari berat semen awal mengalami kenaikan kuat desak beton sebesar 6.89%
- Silinder beton dengan variasi penambahan gergajian batu andesit 15% dari berat semen awal mengalami kenaikan kuat desak beton sebesar 15.05%.

Berdasarkan data-data diatas terlihat bahwa penambahan gergajian batu andesit ternyata mengakibatkan terjadinya kenaikan kuat desak beton. Hal ini dikarenakan gergajian batu andesit berfungsi sebagai filler dalam campuran beton sehingga rongga udara dalam campuran beton mengecil. Semakin kecil rongga udara dalam campuran beton maka kuat desak beton semakin besar. Kenaikan kuat desak beton ini juga disebabkan karena adanya penambahan semen.

5.2.3 Workability

Untuk menentukan kemudahan pengerjaan beton maka dapat dilihat dari nilai slump. Nilai slump diambil antara 7-10. Dengan adanya penambahan gergajian batu andesit maka berat semen juga ditambah untuk mendapatkan perbandingan agregat dengan semen yang konstan. Dengan adanya penambahan agregat dan semen maka campuran beton semakin kental sehingga memerlukan penambahan air agar nilai slump untuk setiap variasi hampir sama.

5.2.4 Kuat Tarik Baja

Dari uji tarik terhadap tulangan baja yang digunakan yaitu $\varnothing 4$ untuk tulangan sengkang, $\varnothing 6$ untuk tulangan baja desak, dan $\varnothing 8$ untuk tulangan baja tarik dapat diketahui besarnya gaya (P) saat baja mengalami leleh. Tegangan leleh dihitung dengan cara membagi gaya (P) dengan luasan penampang baja yang diuji.

5.2.5 Kuat Lentur Ditinjau dari Hubungan Beban dan Lendutan

Dari Tabel 5.5 dapat dilihat dan dianalisa pengaruh penambahan gergajian batu andesit terhadap kuat lentur balok dalam menahan beban, serta perilaku lendutan yang terjadi pada benda uji. Dari penelitian didapat hubungan beban (P) dan lendutan (Δ), dalam hal ini nilai kekakuan didapat dari $tg \alpha = P / \Delta$.

Dengan membandingkan grafik beban dan lendutan balok variasi normal dengan campuran dapat diketahui besarnya nilai kekakuan. Grafik beban dan lendutan dianggap mempunyai kekakuan 100%, sedangkan pada balok dengan variasi penambahan gergajian batu andesit kekakuan harus dibandingkan dengan

grafik beban dan lendutan balok variasi normal. Dengan demikian diperoleh angka kenaikan nilai kekakuan sebagai berikut:

- a. Balok dengan variasi penambahan gergajian batu andesit 5% dari berat semen awal mengalami kenaikan kapasitas beban sebesar 16,67% dan kenaikan kekakuan sebesar 15,555%
- b. Balok dengan variasi penambahan gergajian batu andesit 10% dari berat semen awal mengalami kenaikan kapasitas beban sebesar 0% dan kenaikan kekakuan sebesar 21,368%
- c. Balok dengan variasi penambahan gergajian batu andesit 15 % dari berat semen awal mempunyai kapasitas sebesar 16,67% dan kenaikan kekakuan sebesar 24,03%

Dari hasil penelitian terlihat bahwa kekakuan yang terjadi semakin besar. Kenaikan kekakuan disebabkan kuat beton meningkat karena adanya penambahan gergajian batu andesit.

5.2.6 Kuat Lentur Ditinjau dari Hubungan Momen dengan Kelengkungan

Hubungan momen dengan kelengkungan menunjukkan faktor kekakuan. Dari Tabel 5.7 dapat dianalisis sebagai berikut.

- a. Untuk perhitungan secara teoritis terjadi momen sebesar 444,13% dan faktor kekakuan sebesar 64,46%
- b. Balok dengan penambahan gergajian batu andesit sebanyak 5% dari berat semen awal terjadi kenaikan sebesar 16,67% dan kenaikan faktor kekakuan sebesar 31,725%

- c. Balok dengan penambahan gergajian batu andesit sebanyak 10% dari berat semen awal terjadi kenaikan momen sebesar 0% dan kenaikan faktor kekakuan sebesar 82,094%
- d. Balok dengan penambahan gergajian batu andesit sebanyak 15% dari berat semen awal terjadi kenaikan momen sebesar 16,67% dan kenaikan faktor kekakuan sebesar 126,85%

Dari hasil penelitian didapat kenaikan faktor kekakuan karena pada beban yang sama kelengkungan yang terjadi semakin kecil.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian di laboratorium didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin banyak penambahan gergajian batu andesit maka berat volume beton semakin meningkat.
2. Penambahan gergajian batu andesit yang berfungsi sebagai filer dapat meningkatkan kuat desak beton, kenaikan terkecil pada penambahan 5% sebesar 4,75% dan kenaikan terbesar pada penambahan 15% sebesar 8,16%.
3. Dengan adanya penambahan gergajian batu andesit maka faktor kekakuan balok (EI) dan kekakuan balok (K) mengalami kenaikan. Kenaikan EI terkecil pada penambahan 5% sebesar 31,725% dan kenaikan terbesar pada penambahan 15% sebesar 126,858%. Kenaikan K terkecil pada penambahan 5% sebesar 15,555% dan kenaikan terbesar pada penambahan 15% sebesar 24,03%.

6.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan memperbanyak variasi campuran.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, nilai "slump" diusahakan relatif sama. Ketelitian pada saat pelaksanaan pencampuran, pengujian dan analisa data perlu diperhatikan.

3. Pada saat pengujian balok perlu ketelitian dalam membaca dial pembebanan dan dial defleksi balok.
4. Penambahan gergajian batu andesit dapat meningkatkan kuat desak, kekakuan dan faktor kekakuan sehingga bahan ini dapat dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

- Popovic, 1998, STRENGTH AND RELATED PROPERTIES OF CONCRETE, Jhon Wiley & Sons, Inc, Canada
- Park,R., Paulay, T., 1975, REINFORCED CONCRETE STRUCTURES, Jhon Wiley & Sons, Inc, Canada
- Nawy, E.G., 1990, BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR, P.T. Eresco, Bandung
- Kardiyono Cokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Biro Penerbit, Yogyakarta
- Murdock,L.J., Brook,K.M., 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Erlangga, Jakarta
- Istimawan Dipohusodo, 1994, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia, Jakarta
- Winter,G., Nilson,A.H., 1993, PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG, PT Pradnya Paramita, Jakarta
- _____, 1991, SK SNI T-15-1991-03
- Gambhir,M.L., 1986, CONSRET OF TECHNOLOGY, Mc Graw Hill, New Delhi

LAMPIRAN 1



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 JENIS AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Kirsak 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 25 Februari 2002

ALAT – ALAT

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

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
400.....	Gram	...400...	Gram
Berat agregat (W)	...500...	Cc	..500..	Cc
Volume air (V ₁)	...659...	Cc	..651..	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	$\frac{400}{659-500} = 2,51572$		$\frac{400}{651-500} = 2,64901$	
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$				
Berat jenis rata – rata	<u>2,58237</u>			

Catatan :

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LAMPIRAN 2



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 JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Kaliurang 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 23 Februari 2002

ALAT – ALAT

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

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
	Berat agregat (W)	... 400 ...	Gram	... 400 ...
Volume air (V ₁)	... 500 ...	Cc	... 500 ...	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	... 660 ...	Cc	... 655 ...	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{660 - 500}$		$\frac{400}{655 - 500}$	
Berat jenis rata – rata	2,54032			

Catatan :

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LAMPIRAN 3



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 : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Krasak 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 25 Februari 2002

ALAT - ALAT

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

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	7,352 Kg	7,348 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	15,288 Kg	15,459 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,29875 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,29875 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{15,288 - 7,352}{5,29875 \cdot 10^{-3}}$ $= 1497,712 \text{ kg/m}^3$ $= 1,49771 \text{ t/m}^3$	$\frac{15,459 - 7,348}{5,29875 \cdot 10^{-3}}$ $= 1503,74 \text{ kg/m}^3$ $= 1,53074 \text{ t/m}^3$
Berat volume rata-rata	1,51423 t/m ³	

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LAMPIRAN 4



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 : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. _____
 Asal : Kaliurang . 2. _____
 Keperluan : _____
 Tanggal : 23 Februari 2009 .

ALAT - ALAT

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

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	5,413 Kg	5,413 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	13,696 Kg	13,668 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	45298,76 $\cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	4529875 $\cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{13,696 - 5,413}{5,29875 \cdot 10^{-3}} \text{ t/m}^3$ $= 1563,19 \text{ Kg/m}^3 = 1,56319 \text{ t/m}^3$	$\frac{13,668 - 5,413}{5,29875 \cdot 10^{-3}} \text{ t/m}^3$ $= 1557,92 \text{ Kg/m}^3 = 1,55792 \text{ t/m}^3$
Berat volume rata-rata	1,56056 t/m^3	

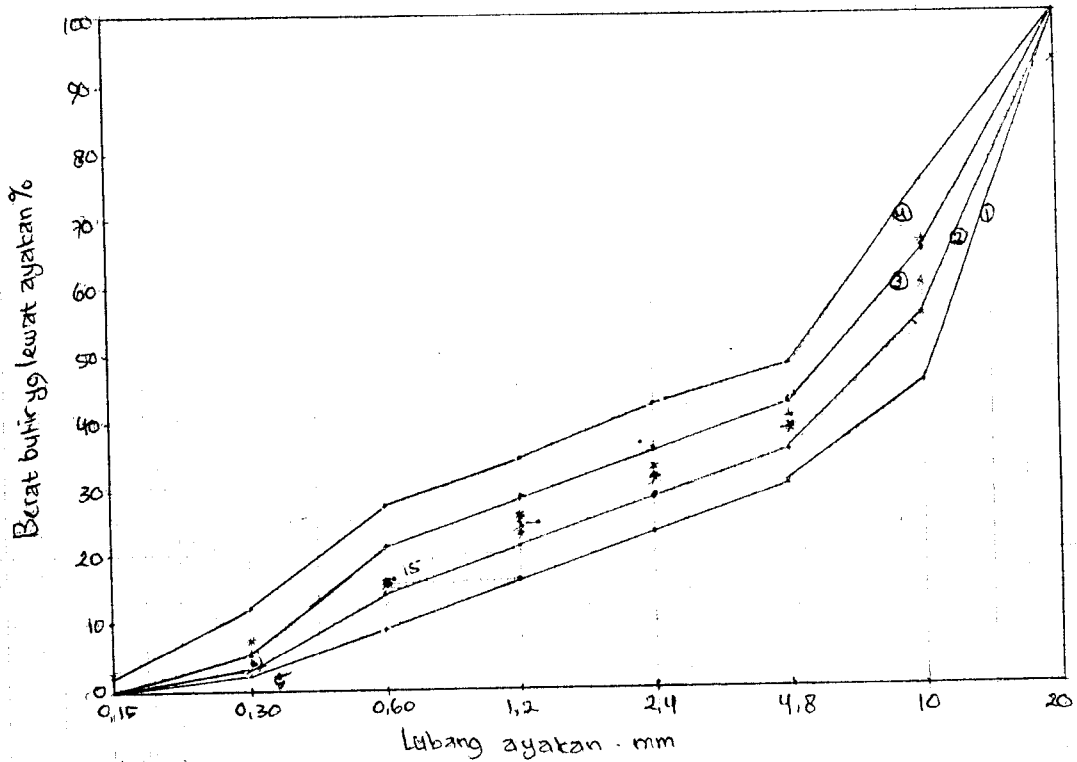
Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LAMPIRAN 5

GRADASI STANDAR AGREGAT DE BUTIR MAKSIMUM 20MM



0-3

= 7,25

=

1 : 3

slum \Rightarrow fas

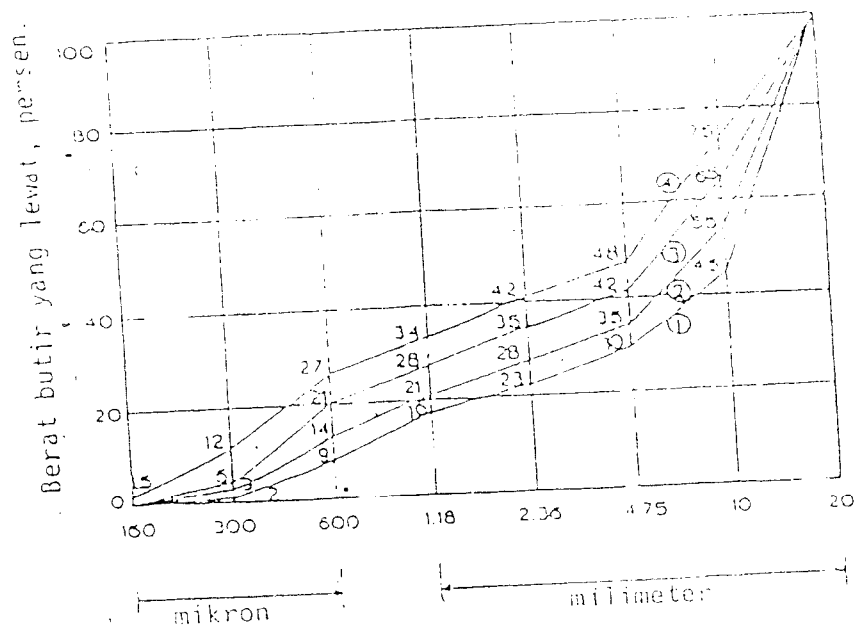
$\frac{1}{\text{agregat}}$

$\frac{\text{agregat}}{\text{semen}}$: harus tetap :

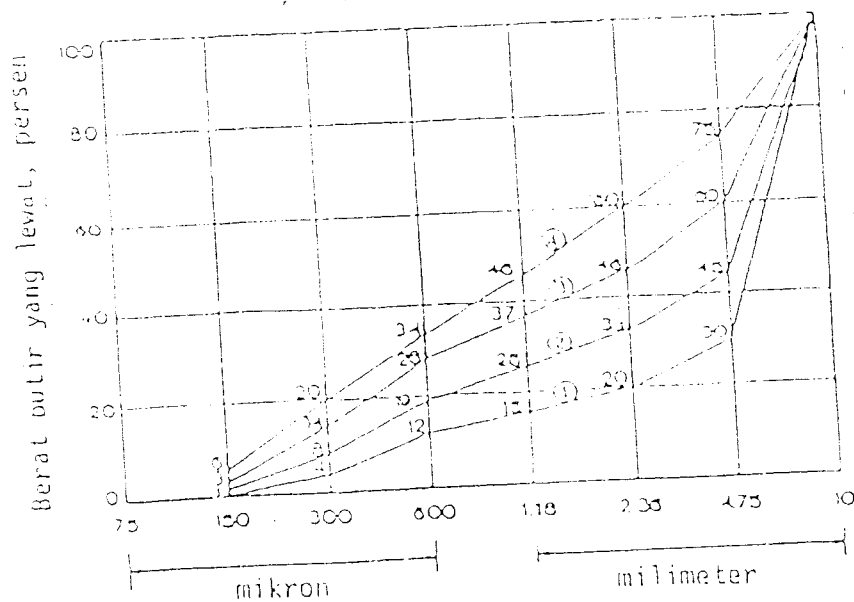
1 : 2 : 3

agregat \Rightarrow pasir + kerikil + batu andesit

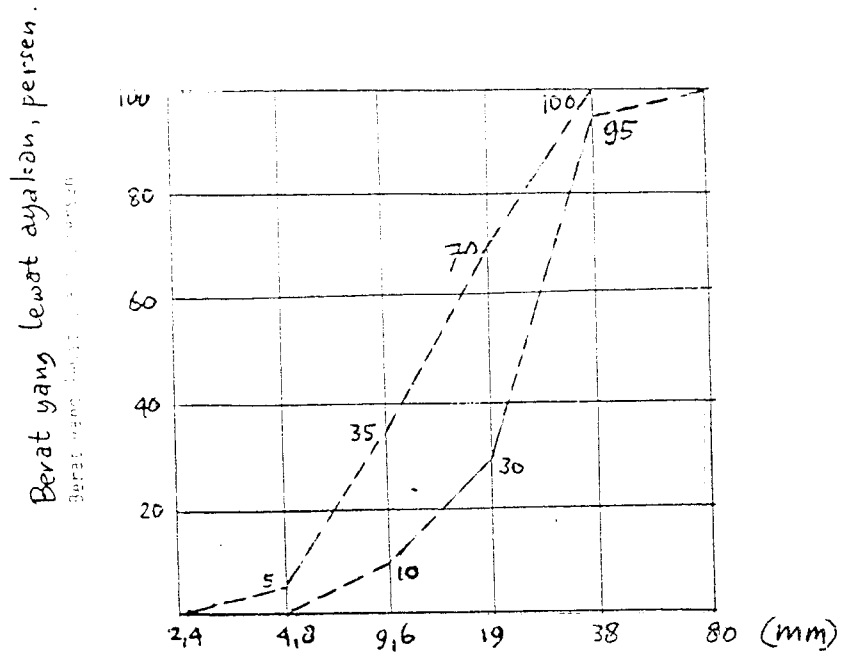
semen :



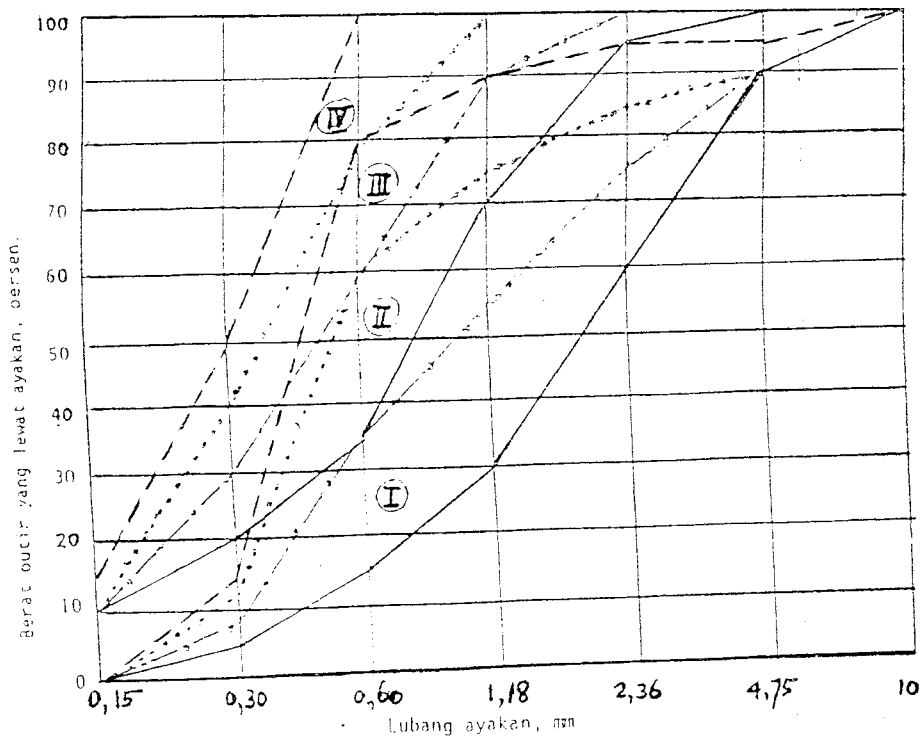
Gb.3.3. Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 20 mm



Gb.3.4. Gradasi standar agregat dengan butir maksimum 10 mm



Gb.3.7. Gradasi kerikil (khusus ukuran maksimum 40 mm).



Gb.3.8. Gradasi pasir



LAMPIRAN 6

Hubungan antara Mhb pasir, Mhb kerikil dan Mhb campurannya:

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

Dimana : W = persentase berat pasir terhadap kerikil

K = Modulus halus butir kerikil

P = Modulus halus butir pasir

C = Modulus halus butir campuran

Diambil : C = 5.2 (5.0- 6.5)

$$W = \frac{6.5 - 5.2}{5.2 - 2.8} \times 100 \% = 54 \%$$

Berat pasir terhadap kerikil sebesar 54 % atau perbandingan antara berat pasir dan kerikil sebesar 54 : 100 atau 1 : 1.85 atau berat pasir 35% dan berat kerikil 65%.

Hitungan campuran pasir dan kerikil

Lubang ayakan (mm)	Berat butir yang lewat		(2) x P	(3) x K	(4)+(5)
	Pasir(%)	Kerikil(%)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
40	100	100	35	654	100
20	100	89.5	35	58.175	93.175
10	100	47.75	35	31.0375	66.0375
4.8	94	8.25	32.9	5.3625	38.2625
2.4	86.75	2	30.36	1.3	31.66
1.2	65.75	0	23.01	0	23.01
0.6	43	0	15.05	0	15.05
0.3	22.5	0	7.875	0	7.875
0.15	7	0	2.45	0	2.45

Hitungan Modulus Halus Butir Pasir

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)
40	0	0	0
20	0	0	0
10	0	0	0
4.80	52.5	5.25	5.25
2.40	72.5	7.25	12.5
1.20	210	21.0	33.5
0.6	227.5	22.75	56.25
0.3	205	20.5	76.75
0.15	155	15.5	92.25
sisa	76.5	7.65	-
Jumlah	992.5 gram	99.25 %	279.5

279.5

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{279.5}{100} = 2.8$$

Hitungan Modulus Halus Butir Kerikil

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)
40	0	0	0
20	97.5	9.75	9.75
10	417.5	41.75	51.5
4.80	395	39.5	91
2.40	62.5	6.25	97.25
1.20	20	2	99.85
0.60	0	0	99.85
0.30	0	0	99.85
0.15	0	0	99.85
sisa	0	0	99.85
Jumlah	998.5 gram	99.85 %	648.9

648.9

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{648.9}{100} = 6.489 = 6.5$$

PERHITUNGAN MIX DESIGN

Kuat tekan yang disyaratkan $f_c = 22,5$ Mpa

Jenis semen adalah semen biasa jenis I

Agregat kasar berupa kerikil, ukuran maksimum 20 mm

Perbandingan berat pasir : kerikil = 40% : 60%

Gradasi campuran yang diperoleh sesuai dengan kurva 2

Mutu pekerjaan cukup

Slump yang diinginkan sekitar 80 mm

Berat jenis semen = 3,15

Berat jenis pasir = 2,6

Berat jenis kerikil = 2,6

Volume pori = 1%

1. Nilai banding antara kuat tekan yang disyaratkan dan kuat tekan rata-rata adalah 0,6 (tabel 7.1)

$$f_{cr} = \frac{22,5}{0,6} = 37,5$$

2. Dari Gambar 7.8 dengan $f_{cr} = 37,5$ Mpa pada umur 28 hari dan semen biasa diperoleh nilai faktor air semen (f.a.s) = 0,45
3. Proporsi berat pasir dan kerikil sekitar 40% dan 60% serta gradasinya sesuai dengan kurva nomor 2.
4. Berdasarkan ukuran maksimum agregat 20 mm, nilai slump 80 mm, gradasi agregat no.2, agregat kasar berupa kerikil, dan f.a.s 0,45 maka

dengan tabel 7.2 diperoleh proporsi berat agregat- semen (A/C) . Slump

50- 100 mm diperoleh A/C = 5,3

5. Dihitung proporsi berat bahan dengan dasar berat semen : 1,0

$$A = 0,45$$

$$S = 1$$

$$P \text{ pasir} = 0,4 \times 5,3 = 2,12$$

$$P \text{ kerikil} = 0,6 \times 5,3 = 3,18$$

6. Kebutuhan berat bahan-bahan untuk tiap m³beton dihitung dengan rumus:

$$\frac{S}{Y_s \cdot Y_{air}} + \frac{P_{psr} \cdot S}{Y_{psr} \cdot Y_{air}} + \frac{P_{krk} \cdot S}{Y_{krk} \cdot Y_{air}} + \frac{A \cdot S}{Y_{air}} + 0,01 \cdot V = 1 \text{ m}^3$$

$$\frac{S}{3,15 \cdot 1} + \frac{2,12 \cdot S}{2,6 \cdot 1} + \frac{3,18 \cdot S}{2,6 \cdot 1} + \frac{0,45 \cdot S}{1} + 0,01 \cdot 1 = 1 \text{ m}^3$$

$$S = 0,352$$

$$\text{Kebutuhan semen} = 352 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 0,45 \times 352 = 158,4 \text{ liter}$$

$$\text{Kebutuhan pasir} = 2,12 \times 352 = 746,24 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan kerikil} = 3,18 \times 352 = 1119,36 \text{ kg}$$

$$\text{Kontrol : } 352 + 158,4 + 746,24 + 1119,36 = 2356 \text{ kg/m}^3$$

- Penambahan gergajian batu andesit 5% dari berat semen semula

$$\text{Kebutuhan semen} = 355,32 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan air} = 0,45 \times 355,32 = 159 \text{ liter}$$

$$\text{Kebutuhan pasir} = 746,24 \text{ kg}$$

$$\text{Kebutuhan kerikil} = 1119,36 \text{ kg}$$

LAMPIRAN 8

ANALISA KANDUNGAN KIMIA SILIKA ABU BATU ANDESIT
TERHADAP PERUBAHAN MUTU SEMEN PORTLAND

Pada penelitian ini dipakai abu batu andesit dengan data sebagai berikut:

Tabel komposisi kimia abu batu andesit

Unsur kimia	Prosentase (%)
Kapur, CaO	0.1034
Silika, SiO ₂	15.072
Alumina, Al ₂ O ₃	2.97

Semen portlan yang digunakan adalah jenis I dengan data sebagai berikut:

Tabel komposisi kimia semen jenis I

Unsur kimia	Prosentase (%)
Kapur, CaO	63
Silika, SiO ₂	20
Alumina, Al ₂ O ₃	6
Besi, Fe ₂ O ₃	3
Sulfur, SO ₃	2

Asumsi: Abu batu andesit mampu mereduksi 10 % dari ber4at semen sehingga besarnya "silika ratio" adalah:

$$SR = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O}$$

$$SR = \frac{(20 \times 90\%) + (15.72 \times 10\%)}{\{(6 \times 90\%) + (2.97 \times 10\%)\} + (3 \times 90\%) + (0)} = 2.33$$

Cek: $1.6 < SR < 3.5$ -----ok

Besarnya "silika ratio" untuk semen portland jenis I adalah:

$$SR = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{20}{6+3} = 2.22$$

Hitungan Prosentase senyawa kimia untuk semen jenis I :

$$\begin{aligned} C_3S &= 4.07 (\text{CaO}) - 7.6 (\text{SiO}_2) - 6.72 (\text{Al}_2\text{O}_3) - 1.43 (\text{Fe}_2\text{O}_3) - 2.85 (\text{SO}_3) \\ &= 4.07 (63\%) - 7.6 (20\%) - 6.72 (6\%) - 1.43 (3\%) - 2.85 (2\%) \\ &= 54.1\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2S &= 2.87 (\text{SiO}_2) - 0.754 (C_3S) \\ &= 2.87 (20\%) - 0.754 (54.1\%) \\ &= 16.61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_3A &= 2.65 (\text{Al}_2\text{O}_3) - 1.69 (\text{Fe}_2\text{O}_3) \\ &= 2.65 (6\%) - 1.69 (3\%) \\ &= 10.83\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_4AF &= 3.04 (\text{Fe}_2\text{O}_3) \\ &= 3.04 (3\%) \\ &= 9.12\% \end{aligned}$$

Hitungan senyawa kimia untuk semen modifikasi (jenis I + silika abu batu andesit):

$$\begin{aligned} C_3S &= 4.07(\text{CaO}) - 7.6(\text{SiO}_2) - 6.72(\text{Al}_2\text{O}_3) - 1.43(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 2.85(\text{SO}_3) \\ &= 4.07\{(63 \times 90\%) + (0.1034 \times 10\%)\} - 7.6\{(20 \times 90\%) + (15.72 \times 10\%)\} - \\ &\quad 6.72\{(6 \times 90\%) + (2.97 \times 10\%)\} - 1.43\{(3 \times 90\%) + (0 \times 10\%)\} - \\ &\quad 2.85\{(2 \times 90\%) + (0 \times 10\%)\} \\ &= 34.789 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2S &= 2.87 (SiO_2) - 0.754 (C_3S) \\ &= 2.87 \{(20 \times 90\%) + (15.72 \times 10\%)\} - 0.754 (34.789) = 29.941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_3A &= 2.65 (Al_2O_3) - 1.69 (Fe_2O_3) \\ &= 2.65 \{(6 \times 90\%) + (2.97 \times 10\%)\} - 1.69 \{(3 \times 90\%) + (0 \times 10\%)\} = 10.534 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_4AF &= 3.04 (Fe_2O_3) \\ &= 3.04 \{(3 \times 90\%) + (0 \times 10\%)\} = 8.208 \end{aligned}$$

Perkiraan kekuatan beton bila ditinjau dari komposisi kandungan unsur kimia yang terdapat dalam semen dapat didekati dengan persamaan berikut ini :

$$f_c = a (C_3S) + b (C_2S) + c (C_3A) + d (C_4AF)$$

- Kekuatan beton untuk variasi campuran 0 % (umur 28 hari)

$$\begin{aligned} f_c &= a (C_3S) + b (C_2S) + c (C_3A) + d (C_4AF) \\ &= 48.8 (54.1) + 19.1 (16.61) + 100.1 (10.83) + 30.8 (9.12) \\ &= 4322.28 \text{ psi} = 303.90 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kekuatan beton untuk variasi campuran 5 % (umur 28 hari)

$$\begin{aligned} f_c &= 48.8 (56.805) + 19.1 (17.44) + 100.1 (11.37) + 30.8 (9.58) \\ &= 4538.389 \text{ psi} = 319.0946 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kekuatan beton untuk variasi campuran 10 % (umur 28 hari)

$$\begin{aligned} f_c &= 48.8 (59.51) + 19.1 (18.27) + 100.1 (11.91) + 30.8 (10.03) \\ &= 4754.16 \text{ psi} = 334.8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kekuatan beton untuk variasi campuran 15 % (umur 28 hari)

$$\begin{aligned} f_c &= 48.8 (62.215) + 19.1 (19.1) + 100.1 (12.45) + 30.8 (10.49) \\ &= 4970.239 \text{ psi} = 350.0168 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kandungan Senyawa Semen Portland dan Kuat Tekan Berdasarkan Umur Beton

Semen portland	
CaO	63
SiO ₂	20
Al ₂ O ₃	6
Fe ₂ O ₄	3
SiO	2

Bahan Tambah	
CaO	0.1034
SiO ₂	15.72
Al ₂ O ₃	2.97

Senyawa	0%	5%	10%	15%
CaO	63	66.15	69.3	72.45
SiO ₂	20	21	22	23
Al ₂ O ₃	6	6.3	6.6	6.9
Fe ₂ O ₄	3	3.15	3.3	3.45
SiO	2	2.1	2.2	2.3

Senyawa	0%	5%	10%	15%
SR	2.222222	2.222222	2.222222	2.222222
C ₃ S	54.1	56.805	59.51	62.215
C ₂ S	16.61	17.44	18.27	19.1
C ₃ A	10.83	11.37	11.91	12.45
C ₄ AF	9.12	9.58	10.03	10.49

umur	f _c (psi)			
	0	5	10	15
1 hari	527.77	554.29	580.704	607.03
3 hari	1,635.70	1,717.41	1,799.21	1,880.92
7 hari	2,693.53	2,845.35	2,980.76	3,116.17
28 hari	4,322.28	4,538.39	4,754.16	4,970.24
3 bulan	5,030.93	5,282.61	5,533.81	5,785.39
1 tahun	5,970.23	6,266.00	6,566.96	6,865.47
2 tahun	5,573.54	5,852.38	6,130.84	6,409.57

	f _c (kg/cm ²)			
	0	5	10	15
0	40.27	38.97961	40.83713	42.68847
115.01	120.7743	126.5267	132.2729	138.0191
189.38	200.0949	209.6174	219.1401	228.6823
303.9	319.1554	334.3291	349.5246	364.7401
353.72	371.4916	389.1568	406.8488	424.1101
419.77	440.647	461.8115	482.8038	504.0161
391.88	411.5598	431.1421	450.7433	470.4191

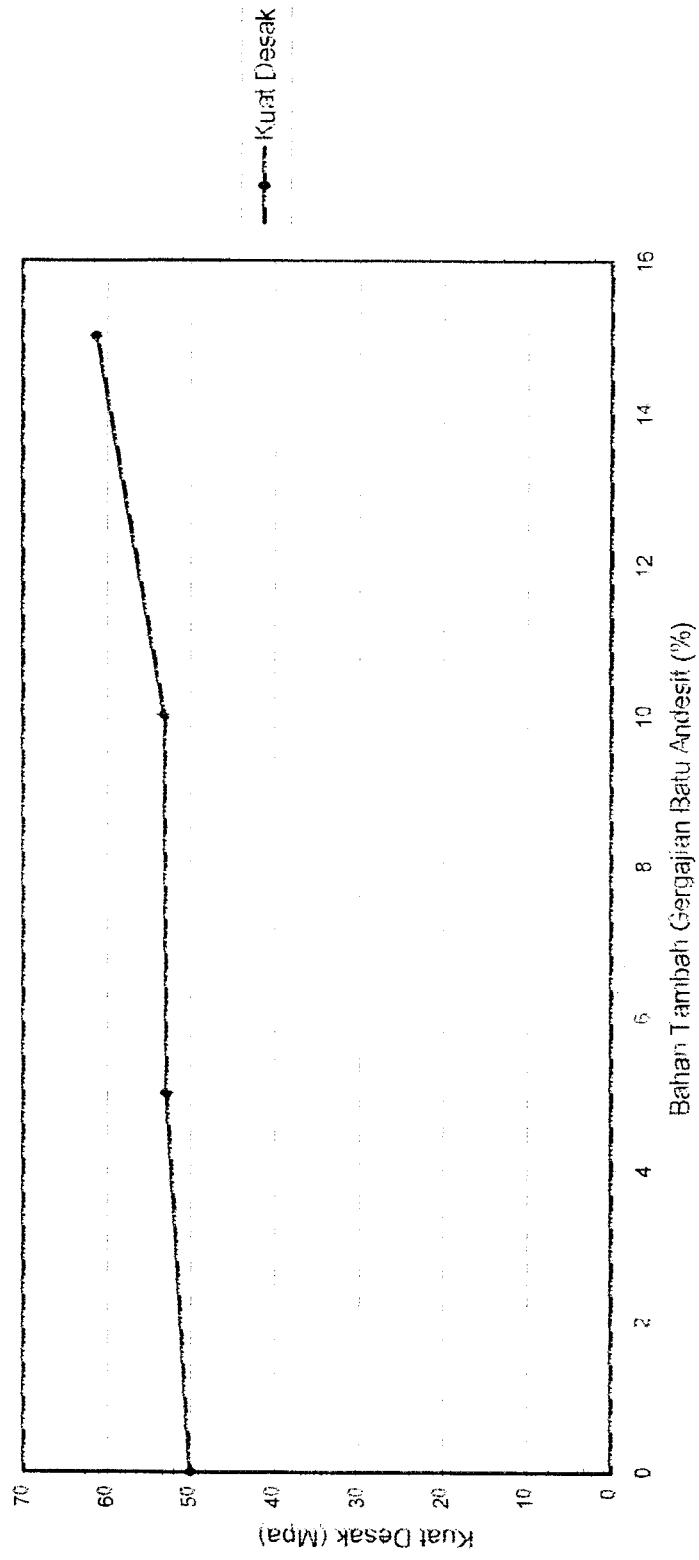
LAMPIRAN 10

HASIL UJI DESAK SILINDER

VARIASI	NO	TINGGI (MM)	DIAMETER (MM)	BERAT (Kg)	f _c	f _c rata-rata
0%	1	299,45	151,75	12,7	490	
	2	302,75	148,75	12,6	500	
	3	300,15	150,25	12,65	480	
	4	298,25	149,4	12,65	505	
	5	301,75	148,15	12,7	500	
	6	305,8	150,75	12,7	500	
	7	303,75	152,75	12,9	505	
	8	300,75	148,25	12,5	495	
	9	301,45	153,15	12,8	510	
	10	303,5	150,75	12,7	500	499,5
5%	1	300,55	150,75	12,7	550	
	2	298,8	148,3	12,4	515	
	3	300,3	150,75	12,6	520	
	4	298,65	149,1	12,6	530	
	5	300,85	151,45	12,8	540	
	6	298,6	151,2	12,6	510	
	7	300,8	160	12,6	525	
	8	302,7	150,6	12,6	540	
	9	299,7	149,75	12,7	535	
	10	297,5	151,65	12,5	525	529
10%	1	298,5	160	12,7	555	
	2	300,8	150,75	12,6	535	
	3	302,6	150,5	12,8	540	
	4	299,8	149,75	12,8	550	
	5	299,55	149,5	12,5	535	
	6	300,75	149,65	12,7	505	
	7	304,15	152,45	12,8	510	
	8	305,9	153,9	13	520	
	9	300,25	149,05	12,7	525	
	10	304,9	151,7	12,5	540	541,5
15%	1	303,15	150,3	12,9	645	
	2	300,25	153,8	12,8	645	
	3	300,75	149,75	12,7	625	
	4	298,25	150,75	12,6	610	
	5	300,75	150,1	12,6	625	
	6	303,6	152,5	12,9	660	
	7	303	149,7	12,7	585	
	8	297,6	150,75	12,5	605	
	9	299,75	149,5	12,7	555	
	10	302,05	152,25	12,9	585	612

LAMPIRAN 11

Hasil Kuat Desak Beton

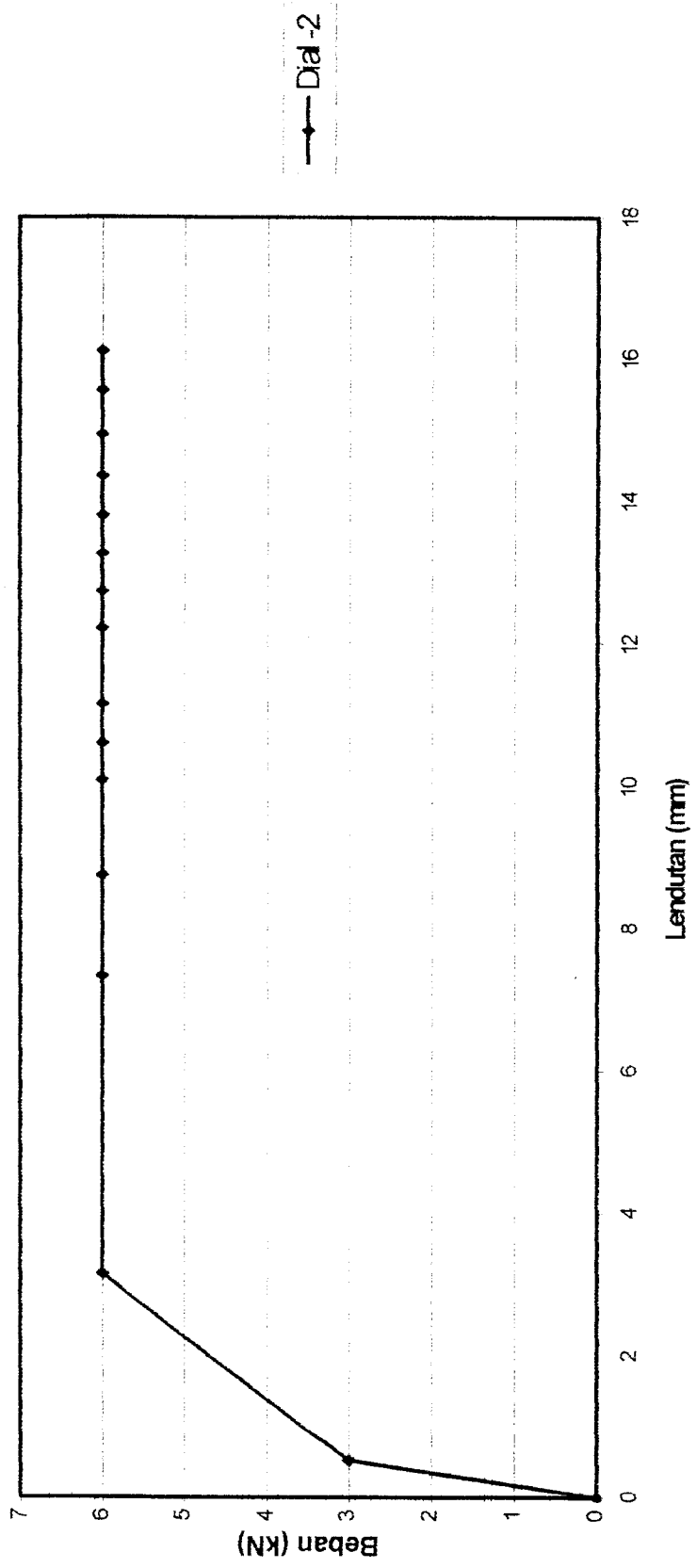


LAMPIRAN 12

Balok Normal 1					
P (KN)	Defleksi (0.01mm)			Momen	Kelengkungan
	d1	d2	d3	KN.m	1/mm
0	0	0	0	0	0
3	31	53	19	1.2	0.0000035
6	271	315	188	2.4	1.06875E-05
6	560	733	680	2.4	0.000014125
6	643	875	752	2.4	2.21875E-05
6	716	1008	880	2.4	0.00002625
6	775	1060	935	2.4	0.000025625
6	812	1115	991	2.4	2.66875E-05
6	889	1221	1054	2.4	3.11875E-05
6	926	1274	1161	2.4	2.88125E-05
6	964	1326	1216	2.4	0.0000295
6	1001	1380	1272	2.4	3.04375E-05
6	1038	1436	1331	2.4	3.14375E-05
6	1078	1494	1387	2.4	3.26875E-05
6	1115	1555	1391	2.4	0.00003775
6	1154	1611	1445	2.4	3.89375E-05

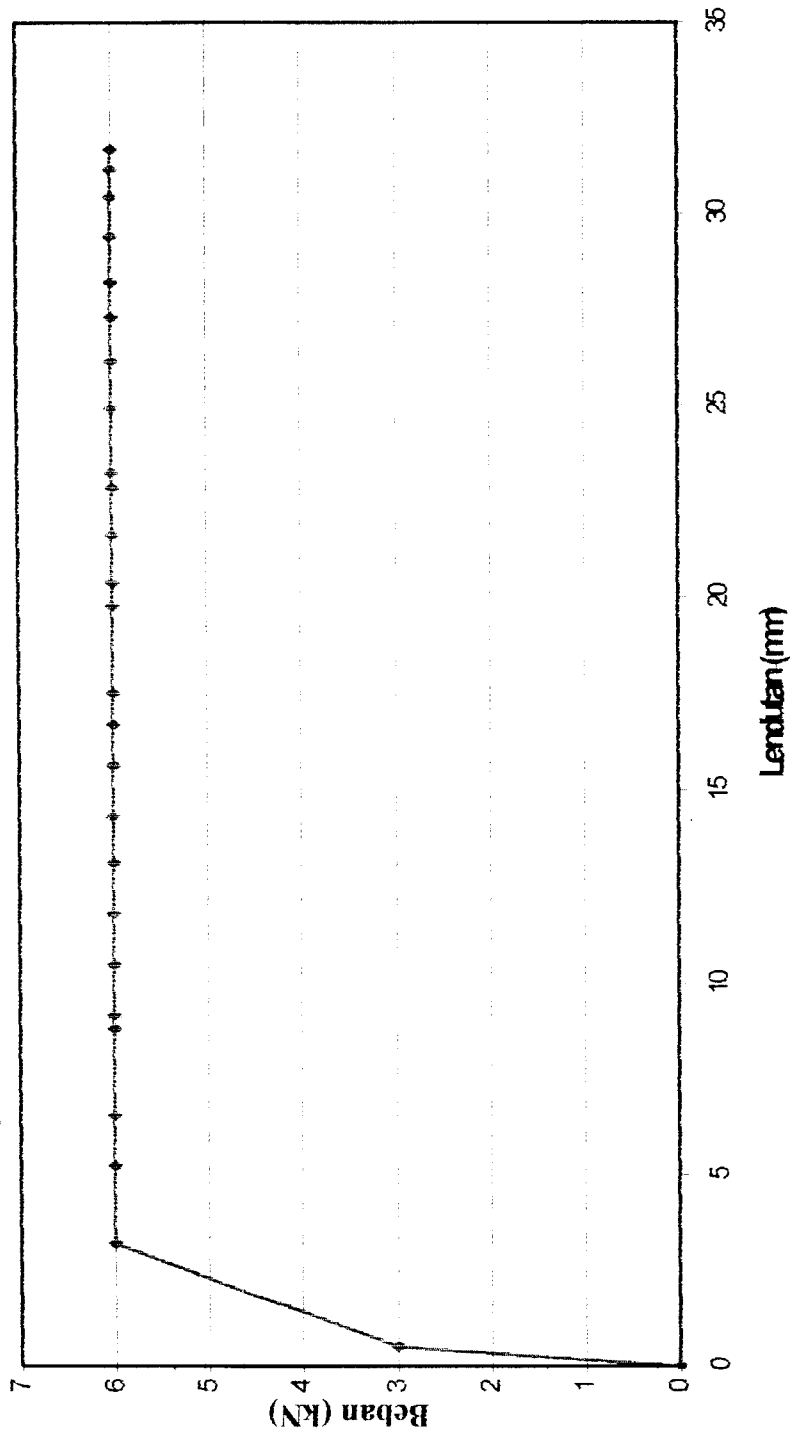
Balok Normal 2					
P (kN)	Defleksi (x0.01 mm)			Momen	Kelengkungan
	d1	d2	d3	kN.m	1/mm
0	0	0	0	0	0
3	47	52	46	1.2	6.875E-07
6	292	320	289	2.4	3.6875E-06
6	415	522	419	2.4	0.000013125
6	509	653	509	2.4	0.000018
6	601	882	699	2.4	0.000029
6	706	916	791	2.4	2.09375E-05
6	800	1048	880	2.4	0.000026
6	997	1181	971	2.4	0.000024625
6	1011	1312	1063	2.4	0.000034375
6	1195	1432	1144	2.4	3.28125E-05
6	1203	1563	1234	2.4	4.30625E-05
6	1394	1670	1308	2.4	0.000039875
6	1365	1753	1365	2.4	0.0000485
6	1461	1975	1446	2.4	6.51875E-05
6	1693	2036	1559	2.4	0.00005125
6	1705	2158	1649	2.4	0.000060125
6	1812	2280	1687	2.4	6.63125E-05
6	1994	2319	1709	2.4	5.84375E-05
6	2009	2488	1884	2.4	6.76875E-05
6	2070	2611	1972	2.4	0.00007375
6	2141	2726	2075	2.4	0.00007725
6	2203	2819	2156	2.4	7.99375E-05
6	2384	2937	2262	2.4	0.00007675
6	2356	3042	2360	2.4	0.0000855
6	2428	3113	2465	2.4	8.33125E-05
6	2464	3168	2511	2.4	8.50625E-05

Grafik Beban - Lendutan Balok Normal -1



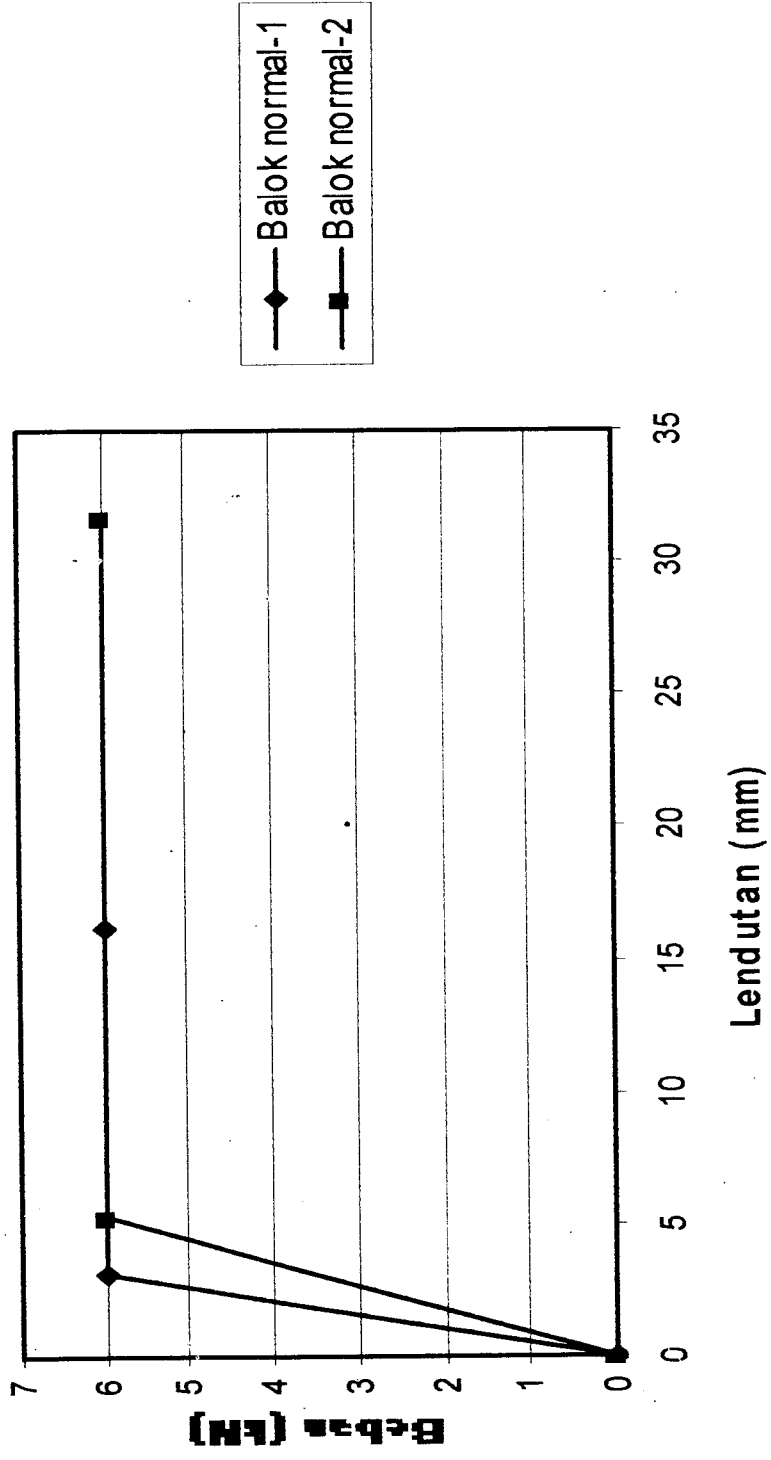
—●— Dial -2

Grafik Beban - Lendutan Balok Normal -2

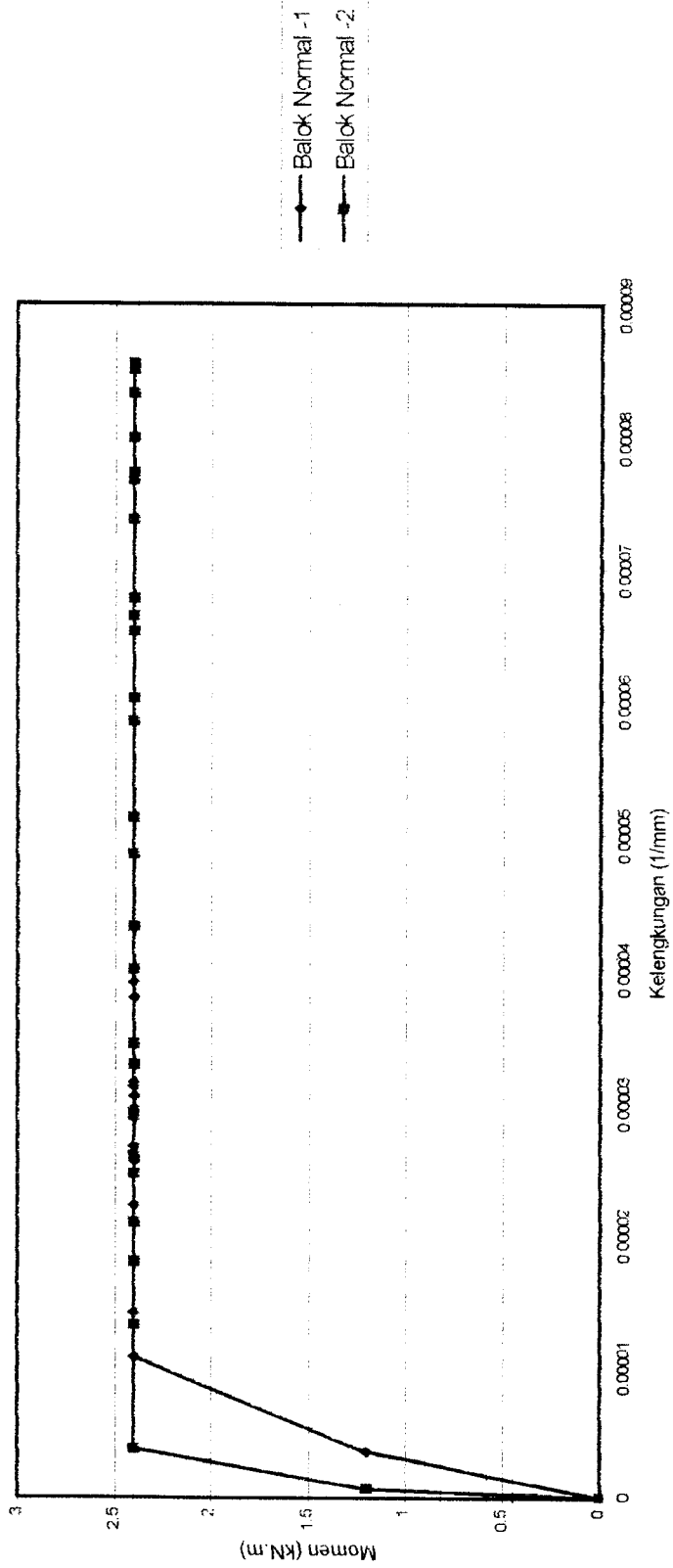


Daftar-2

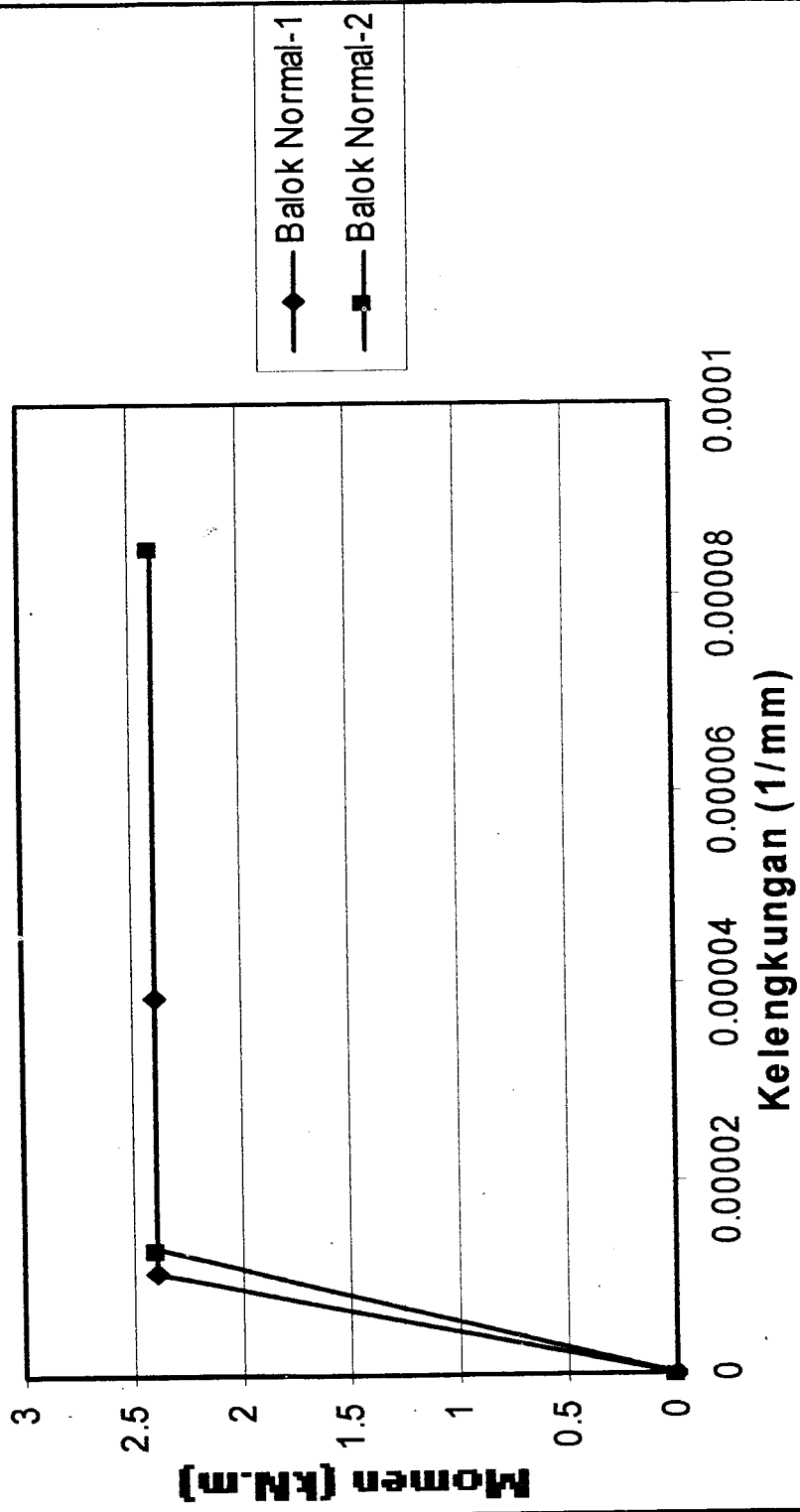
Grafik Beban- Lendutan Balok Normal



Grafik Momen-kelengkungan Balok Normal



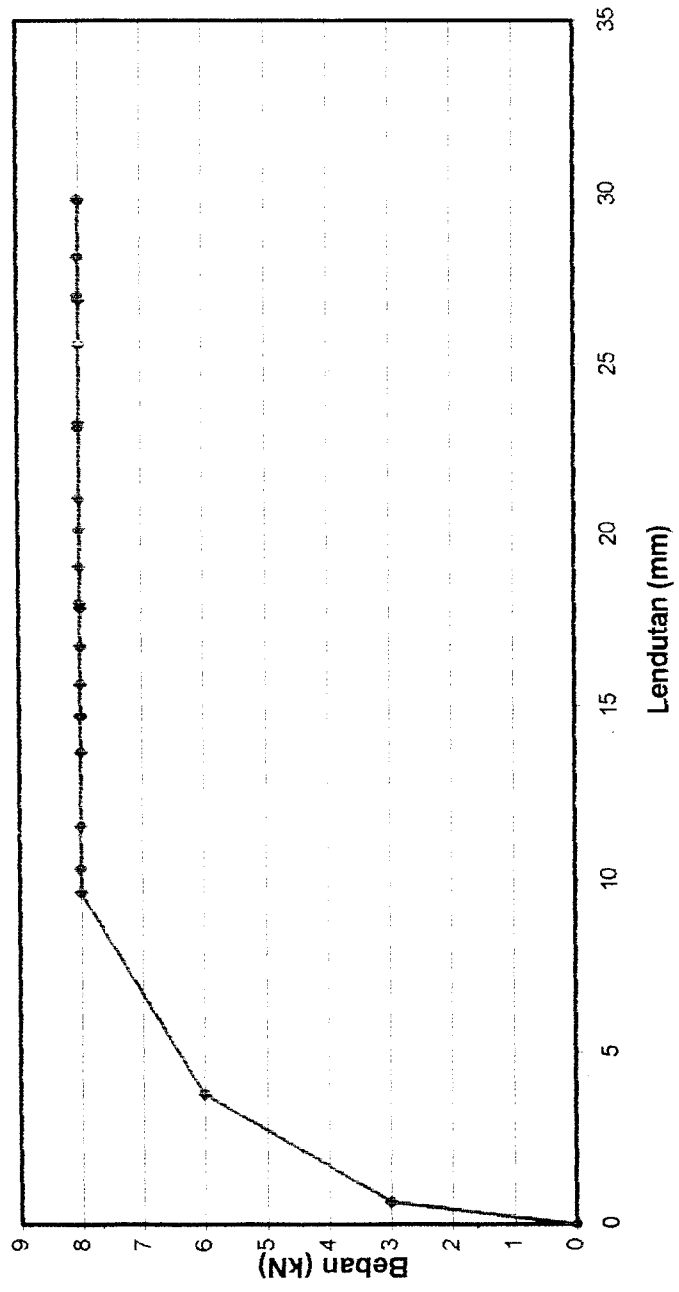
Grafik Momen-Kelengkungan Balok Normal



Balok 5% - 1					
P (kN)	Defleksi (x0.01mm)			Momen kN.m	Kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	24	66	58	1.2	0.000003125
6	287	381	226	2.4	1.55625E-05
8	731	967	709	3.2	0.000030875
8	876	1034	835	3.2	2.23125E-05
8	971	1155	934	3.2	2.53125E-05
8	137	1367	1046	3.2	9.69375E-05
8	1112	1471	1147	3.2	4.26875E-05
8	1184	1562	1254	3.2	0.000042875
8	1271	1672	1357	3.2	0.00004475
8	1360	1787	1467	3.2	4.66875E-05
8	1445	1801	1677	3.2	0.00003
8	1529	1906	1774	3.2	3.18125E-05
8	1613	2012	1877	3.2	0.000033375
8	1792	2105	1943	3.2	2.96875E-05
8	1871	2311	1961	3.2	0.000049375
8	1895	2325	2055	3.2	0.00004375
8	1951	2556	2158	3.2	6.26875E-05
8	2050	2689	2254	3.2	0.000067125
8	2152	2704	2342	3.2	0.000057125
8	2231	2816	2456	3.2	5.90625E-05
8	2395	2979	2538	3.2	6.40625E-05
8	2461	2985	2651	3.2	0.000053625

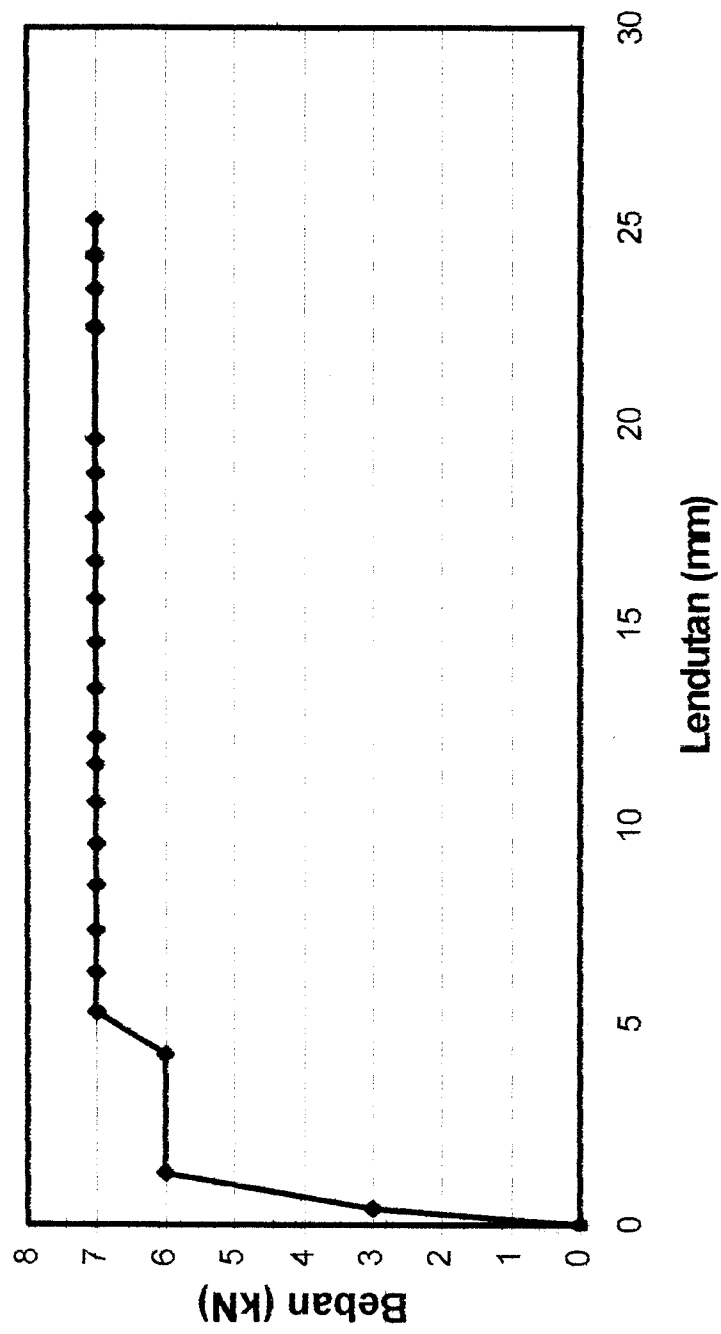
Balok 5% - 2					
P (kN)	Defleksi (x0.01mm)			Momen kN.m	Kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	18	40	32	1.2	0.000001875
6	81	128	115	2.4	0.00000375
6	287	421	401	2.4	0.000009625
7	360	527	508	2.8	0.000011625
7	430	629	605	2.8	1.39375E-05
7	519	735	695	2.8	0.000016
7	599	848	302	2.8	4.96875E-05
7	671	950	906	2.8	2.01875E-05
7	744	1054	1009	2.8	2.21875E-05
7	814	1149	1099	2.8	2.40625E-05
7	867	1214	1159	2.8	0.000025125
7	978	1336	1257	2.8	2.73125E-05
7	1078	1451	1341	2.8	3.01875E-05
7	1168	1560	1430	2.8	0.000032625
7	1245	1656	1515	2.8	0.0000345
7	1327	1763	1613	2.8	0.000036625
7	1417	1873	1704	2.8	3.90625E-05
7	1492	1958	1765	2.8	4.11875E-05
7	1557	2239	1832	2.8	6.80625E-05
7	1630	2243	1929	2.8	5.79375E-05
7	1708	2338	2019	2.8	5.93125E-05
7	1776	2427	2095	2.8	6.14375E-05
7	1840	2419	2068	2.8	0.000058125
7	1910	2513	2237	2.8	5.49375E-05

Grafik Beban - Lendutan Balok 5% -1



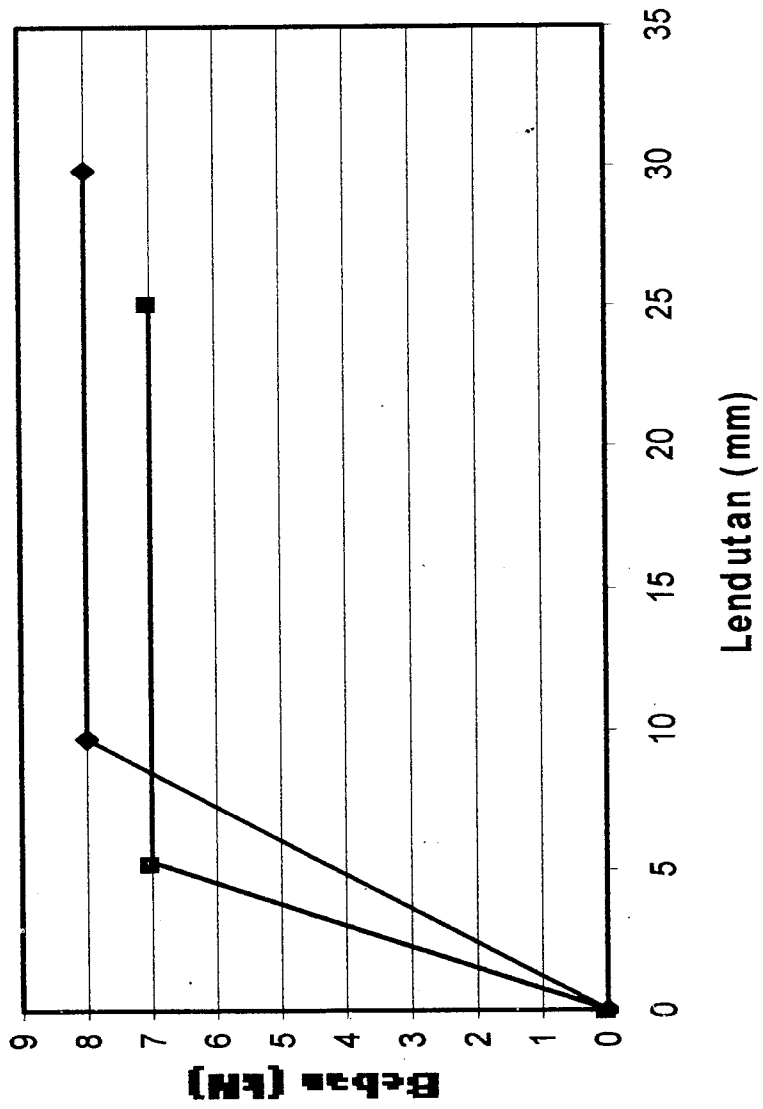
Dial -2

Grafik Beban - Lendutan Balok 5%-2



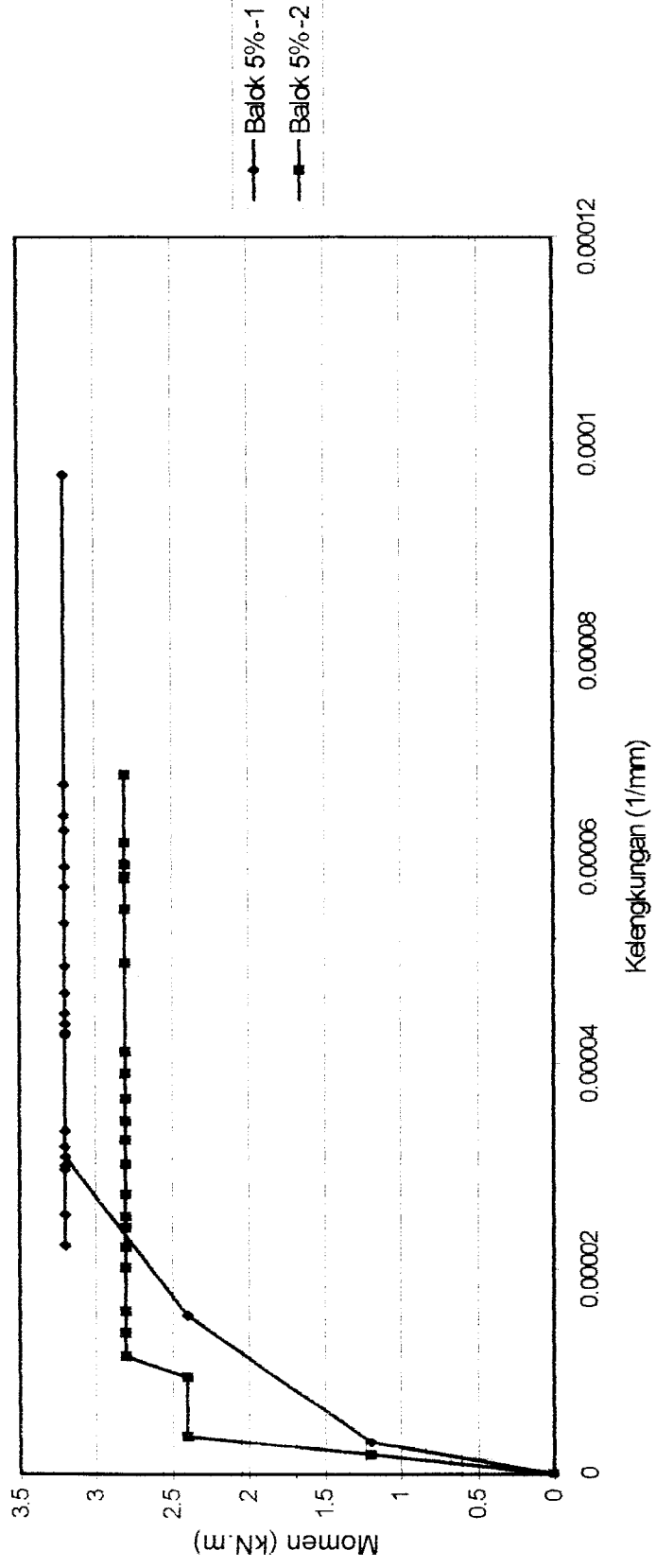
—●— Dial -2

Grafik Beban- Lendutan Balok 5%

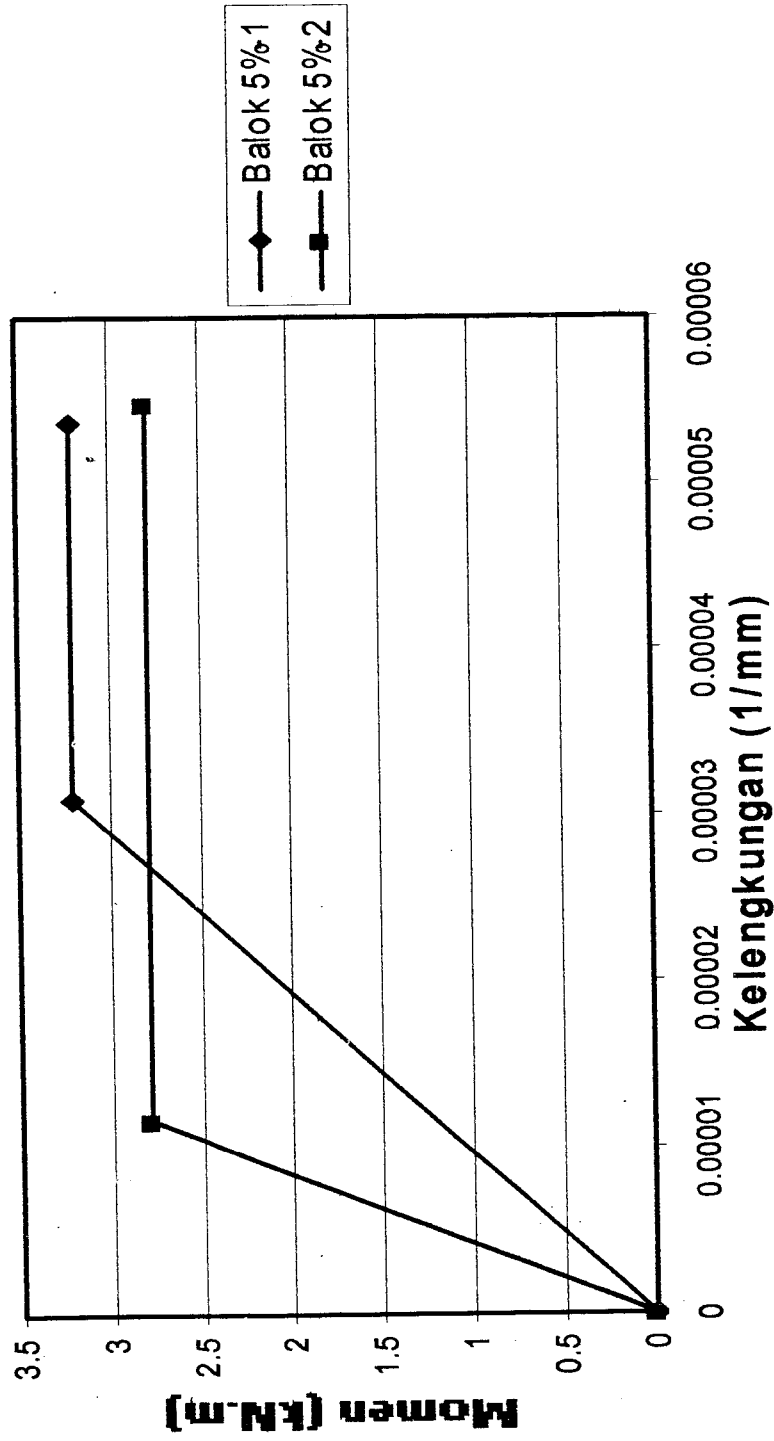


◆ Balok 5%1
■ Balok 5%2

Grafik Momen-kelengkungan Balok 5%



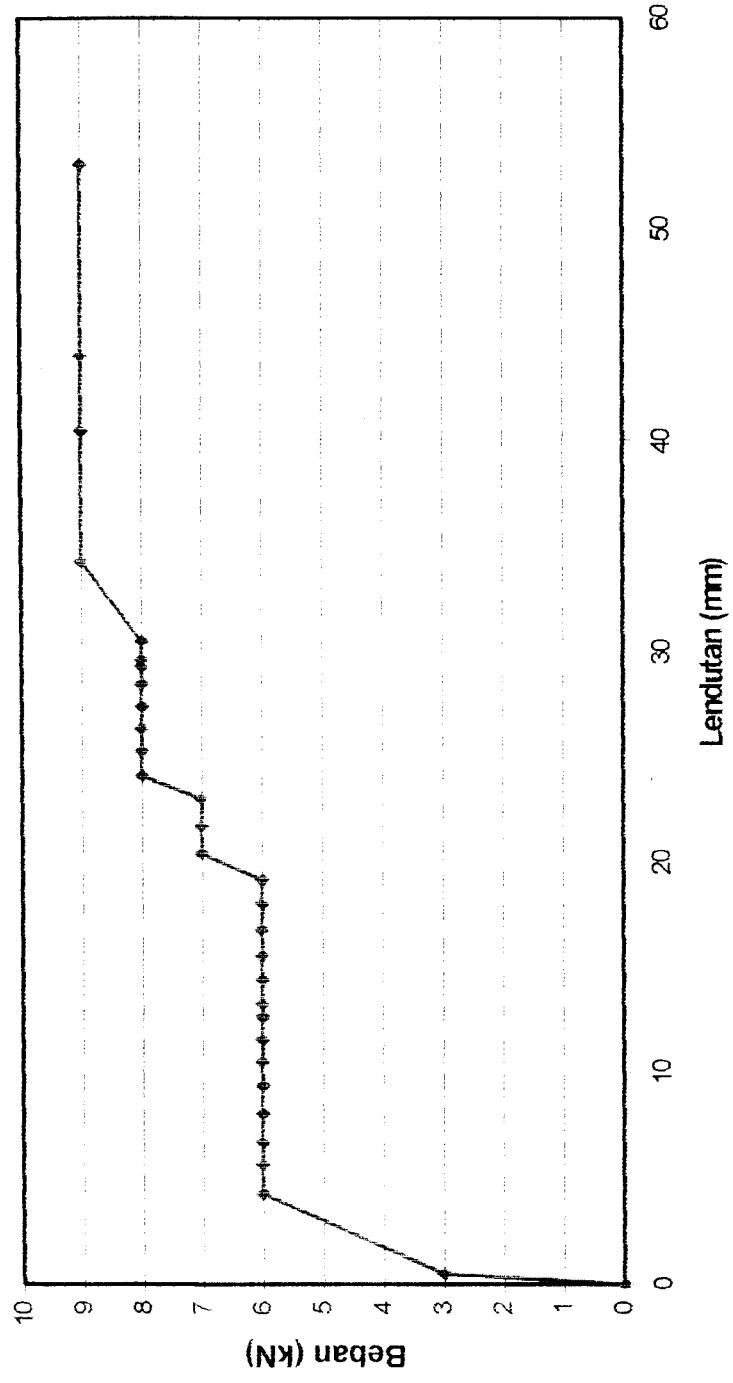
Grafik Momen Kelengkungan Balok 5%



Balok 10% -1					
P (kN)	Defleksi (x0.01mm)			Momen kN.m	Kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	14	52	46	1.2	0.00000275
6	346	430	392	2.4	0.000007625
6	566	570	419	2.4	9.6875E-06
6	659	675	501	2.8	0.000011875
6	695	808	693	2.8	0.00001425
6	754	939	783	2.8	2.13125E-05
6	957	1053	863	2.8	0.000017875
6	1048	1156	872	2.8	0.0000245
6	1087	1265	910	2.8	3.33125E-05
6	1192	1326	948	2.8	0.000032
6	1200	1439	1025	2.8	4.08125E-05
6	1289	1555	1100	2.8	4.50625E-05
6	1493	1676	1282	2.8	3.60625E-05
6	1589	1801	1362	2.8	4.06875E-05
6	1581	1915	1402	2.8	5.29375E-05
7	1679	2043	1455	2.8	0.0000595
7	1875	2171	1502	2.8	6.03125E-05
7	1984	2305	1684	2.8	0.000058875
8	2084	2413	1700	3.2	0.000065125
8	2177	2531	1738	3.2	7.16875E-05
8	2262	2636	1828	3.2	0.000073875
8	2342	2739	1957	3.2	7.36875E-05
8	2333	2847	2045	3.2	0.00008225
8	2419	2934	2251	3.2	0.000074875
8	2458	2963	2291	3.2	7.35625E-05
8	2532	3054	2310	3.2	0.000079125
9	2689	3427	2445	3.6	0.0001075
9	3015	4045	3001	3.6	0.000129625
9	3323	4401	3175	3.6	0.000144
9	3809	5303	3500	3.6	0.000206063

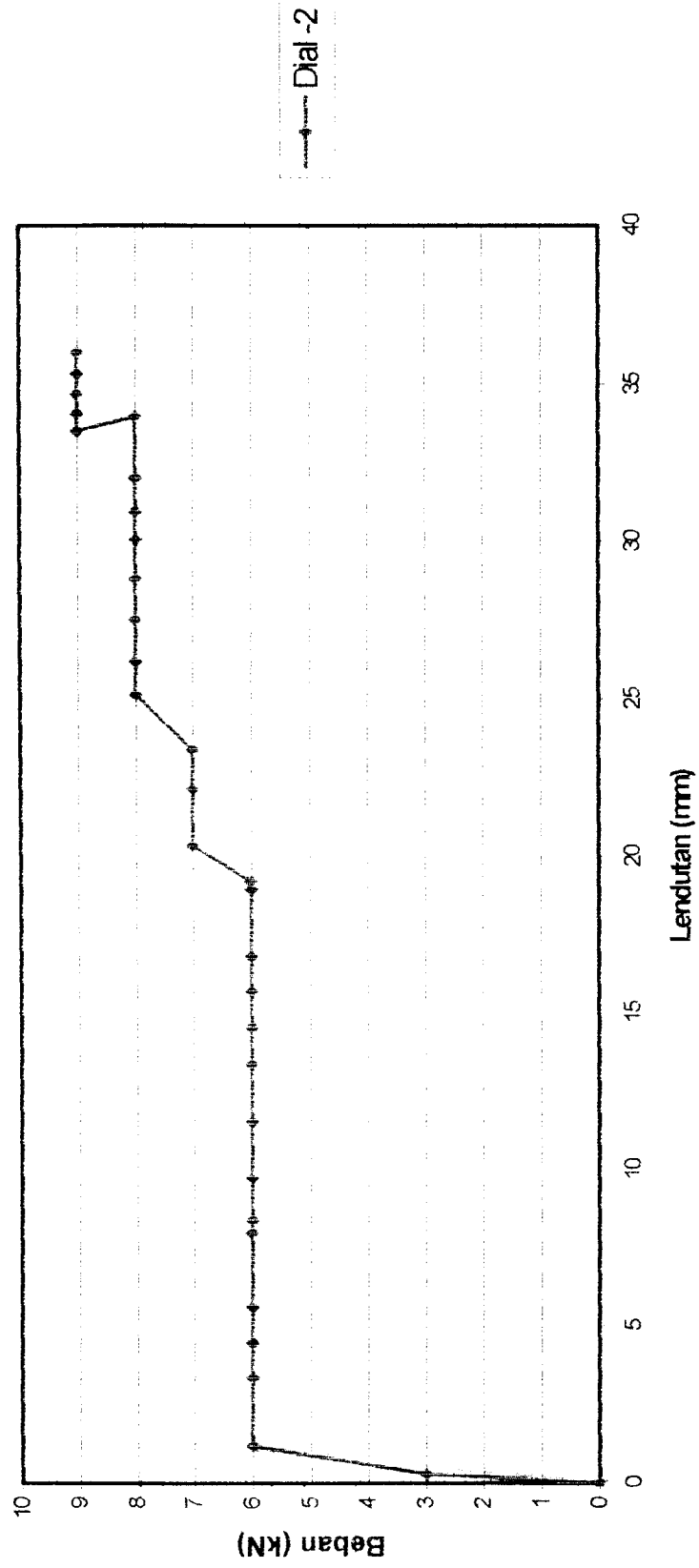
Balok 10% -2					
P (kN)	Defleksi (x0.01mm)			Momen kN.m	Kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	21	28	23	1.2	0.00000075
6	179	117	185	2.4	0.000008125
6	261	338	230	2.4	1.15625E-05
7	331	447	310	2.8	1.58125E-05
7	462	559	498	2.8	0.000009875
7	555	795	587	2.8	0.000028
7	655	835	683	2.8	0.00002075
7	751	973	770	2.8	2.65625E-05
7	857	1153	888	2.8	3.50625E-05
8	957	1336	905	3.2	0.000050625
8	1034	1453	980	3.2	0.00005575
8	1180	1569	1155	3.2	5.01875E-05
8	1374	1679	1170	3.2	0.000050875
8	1479	1892	1292	3.2	6.33125E-05
8	1562	1920	1372	3.2	0.000056625
9	1694	2035	1421	3.6	5.96875E-05
9	1897	2214	1541	3.6	0.000061875
9	1914	2338	1623	3.6	7.11875E-05
9	2187	2510	1730	3.6	6.89375E-05
9	2274	2616	1810	3.6	0.00007175
9	2385	2748	1905	3.6	0.000075375
9	2464	2880	2093	3.6	7.51875E-05
9	2504	3005	2178	3.6	0.000083
9	2536	3095	2254	3.6	0.0000875
9	2643	3201	2330	3.6	8.93125E-05
9	2671	3394	2370	3.6	0.000109188
9	2729	3347	2478	3.6	9.29375E-05
10	2781	3402	2599	4	0.000089
10	2866	3465	2692	4	0.00008575
10	2880	3532	2740	4	0.00009025
10	2957	3600	2832	4	8.81875E-05

Grafik Beban - Lendutan Balok 10% -1

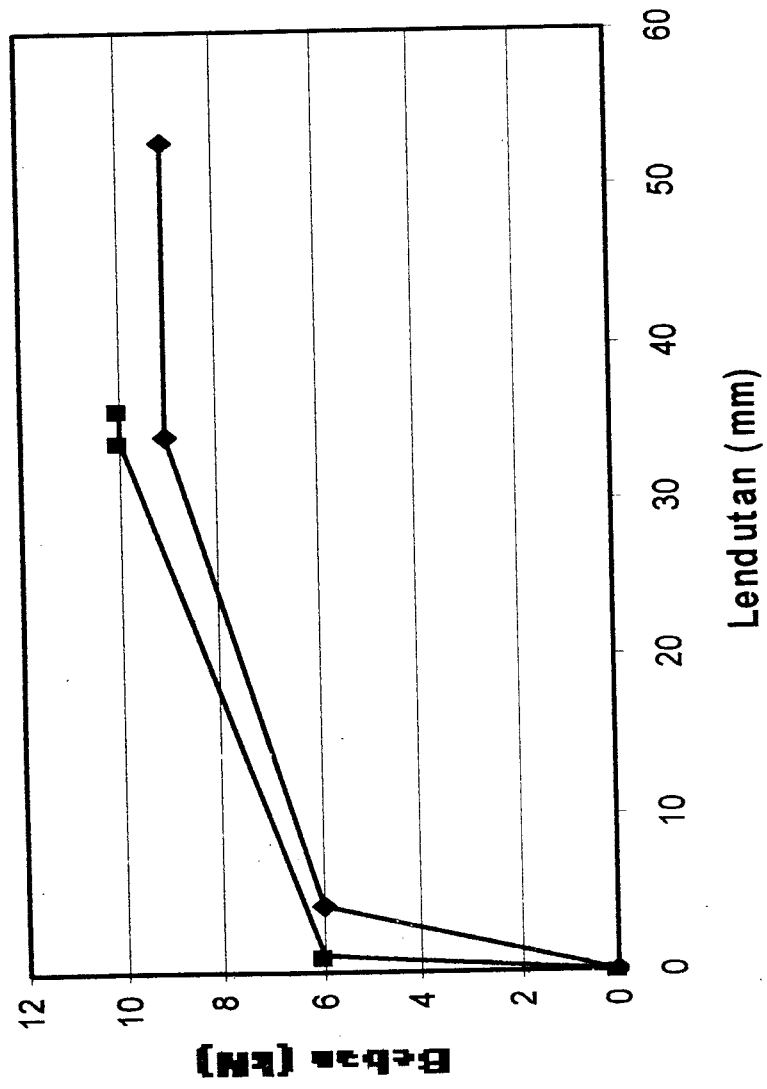


Dial -2

Grafik Beban - Lendutan Balok 10%-2

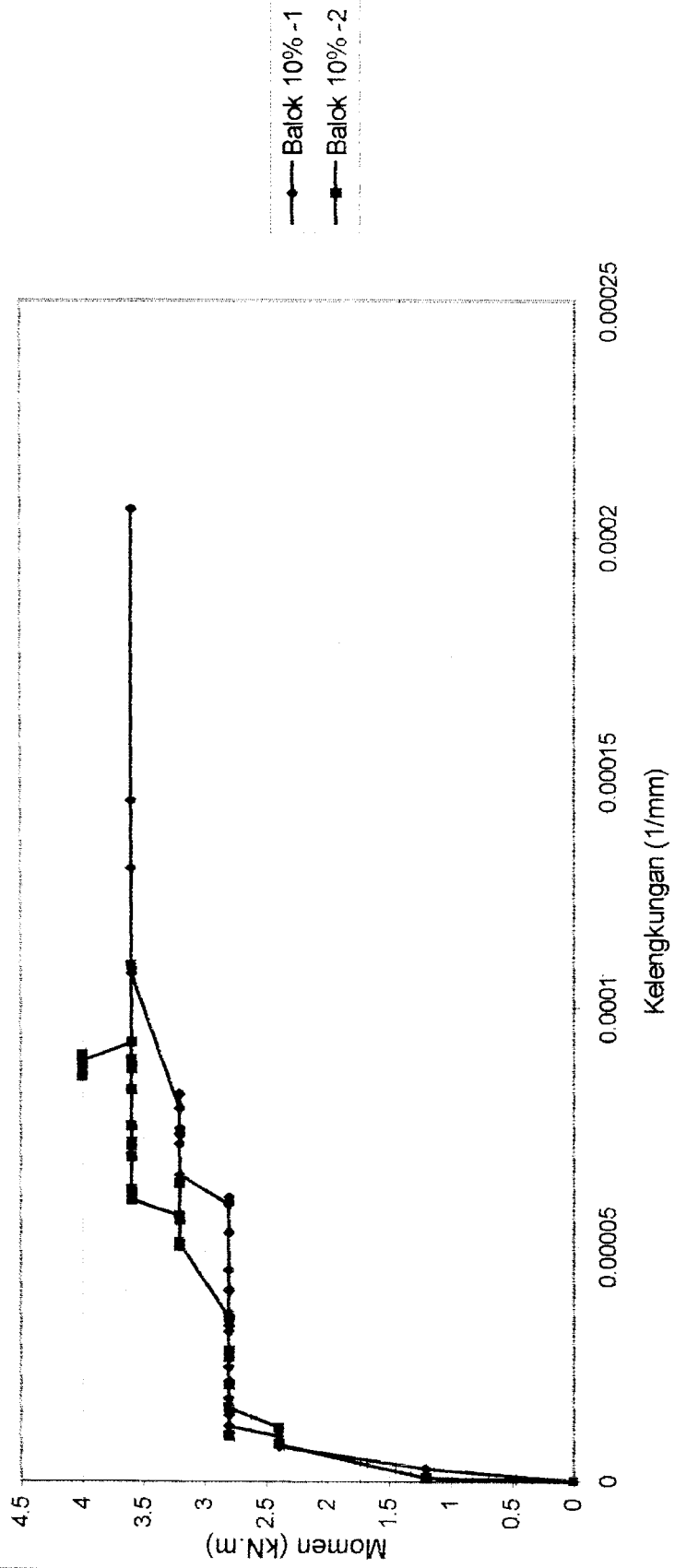


Grafik Beban - Lendutan balok 10%

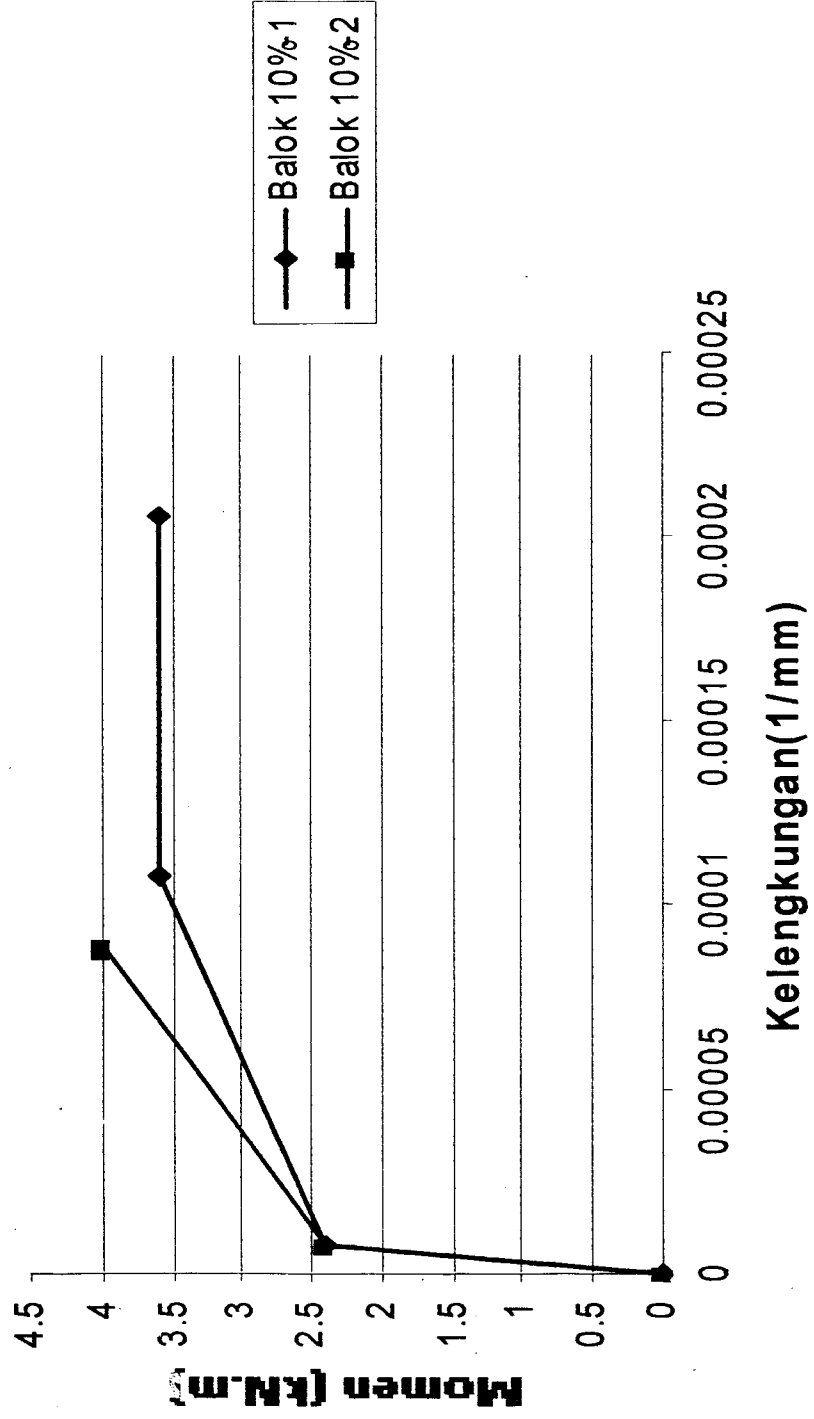


◆ Balok 10%1
■ Balok 10%2

Grafik Momen-kelengkungan Balok 10%



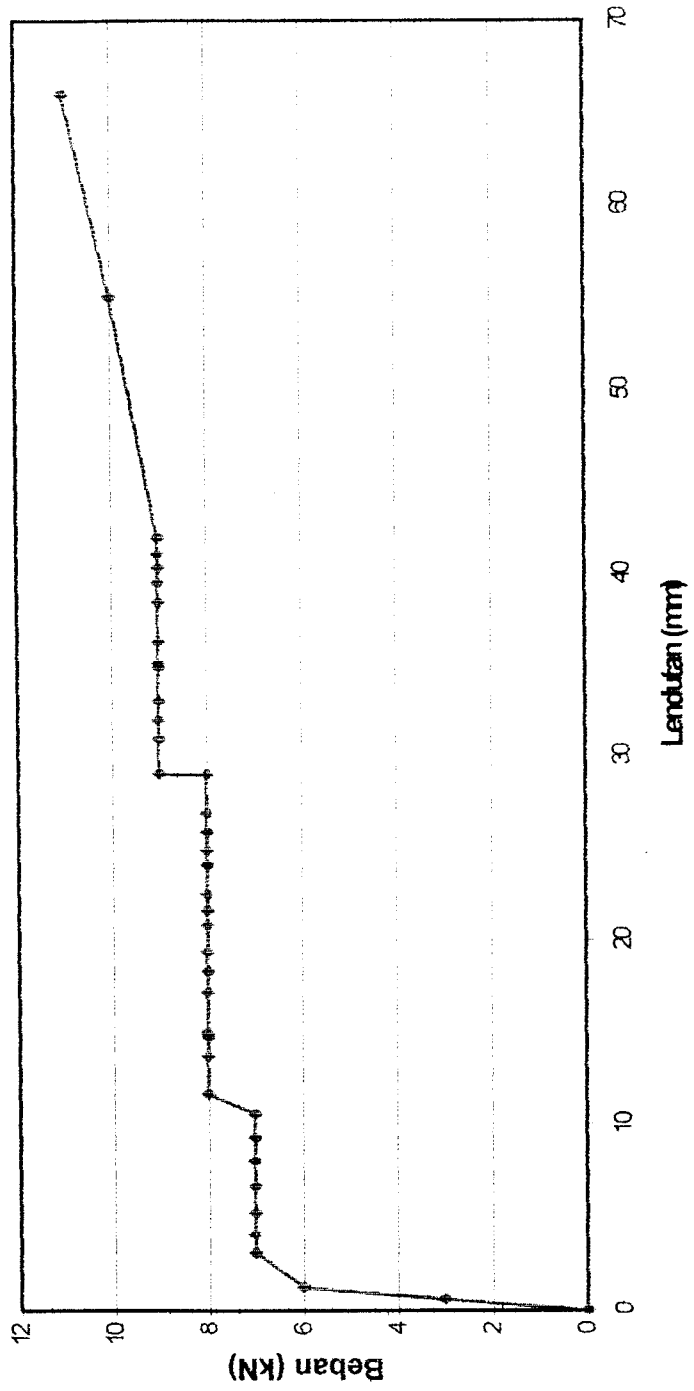
Grafik Momen-Kelengkungan Balok 10%



Balok 15% -1					
P (kN)	Defleksi (x0.01mm)			Momen kN.m	kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	57	61	30	1.2	2.1875E-06
6	119	127	58	2.4	4.8125E-06
7	389	312	229	2.8	0.000000375
7	495	408	300	2.8	1.3125E-06
7	596	527	368	2.8	0.000005625
7	607	667	450	2.8	1.73125E-05
7	715	805	523	2.8	0.00002325
7	809	931	597	2.8	0.0000285
7	998	1055	674	2.8	0.000027375
8	1073	1167	752	3.2	3.18125E-05
8	1166	1373	850	3.2	0.000045625
8	1240	1480	939	3.2	4.88125E-05
8	1250	1495	1025	3.2	4.46875E-05
8	1335	1503	1109	3.2	0.000035125
8	1419	1718	1200	3.2	5.10625E-05
8	1513	1830	1290	3.2	5.35625E-05
8	1604	1941	1374	3.2	0.0000565
8	1728	2080	1474	3.2	0.000059875
8	1894	2160	1541	3.2	5.53125E-05
8	1971	2248	1610	3.2	5.71875E-05
8	2085	2405	1739	3.2	0.000061625
8	2195	2483	1790	3.2	6.13125E-05
8	2220	2582	1851	3.2	6.83125E-05
8	2334	2687	1920	3.2	0.00007
8	2420	2895	2014	3.2	0.00008475
9	2514	2900	2094	3.6	0.0000745
9	2780	3096	2235	3.6	7.35625E-05
9	2857	3199	3404	3.6	8.5625E-06
9	2940	3305	2484	3.6	0.000074125
9	3021	3492	2663	3.6	0.00008125
9	3178	3512	2900	3.6	0.000059125
9	3250	3630	3084	3.6	0.000057875
9	3398	3845	3274	3.6	0.000063625
9	3474	3952	3356	3.6	0.000067125
9	3550	4035	3427	3.6	6.83125E-05
9	3600	4108	3479	3.6	7.10625E-05
9	3670	4200	3553	3.6	7.35625E-05
10	3870	5500	5353	4	0.000111063
11	3870	6600	6353	4.4	0.000186063

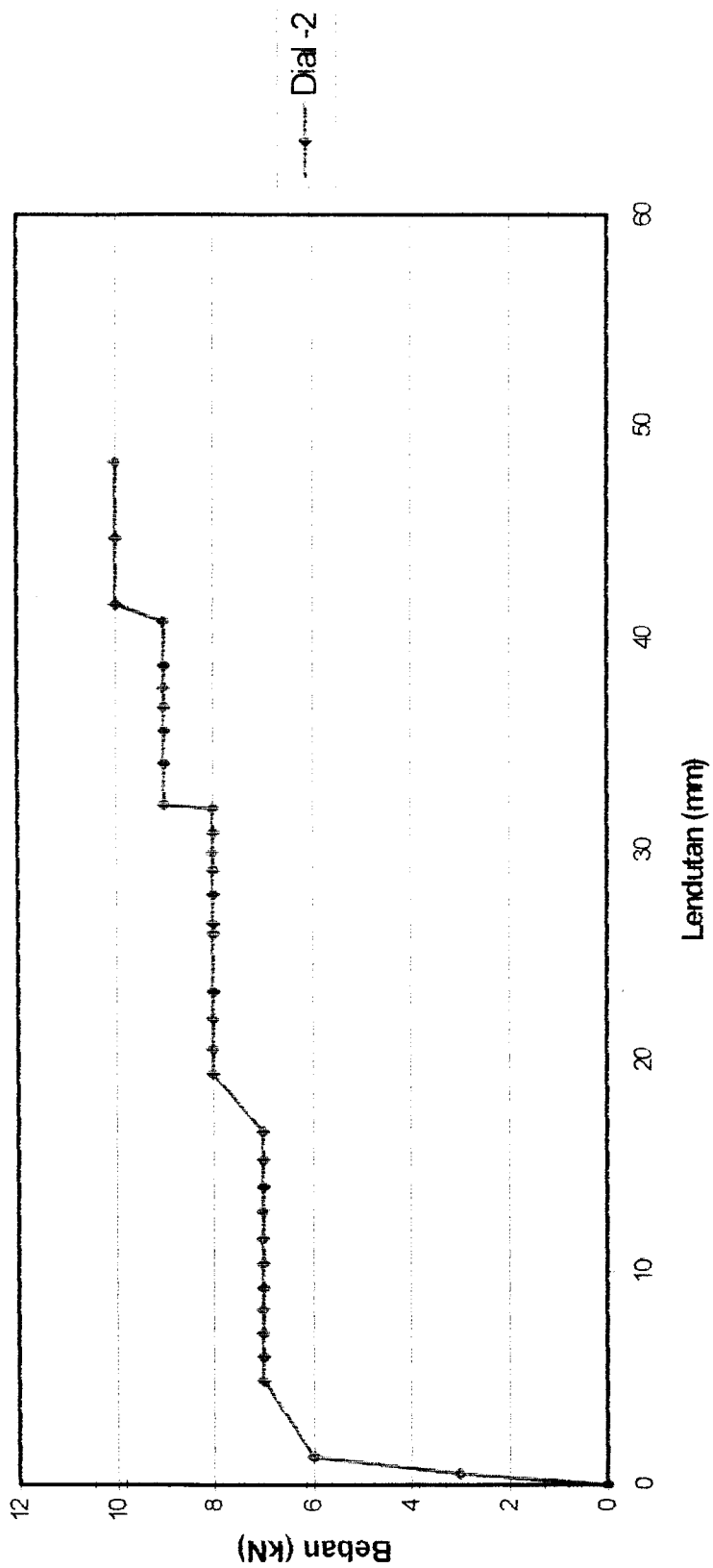
Balok 15% -2					
P (kN)	Defleksi (x0.01mm)			Momen kN.m	Kelengkungan 1/mm
	d1	d2	d3		
0	0	0	0	0	0
3	28	54	43	1.2	2.3125E-06
6	185	130	139	2.4	0.000004
7	429	491	445	2.8	0.00000675
7	519	601	520	2.8	1.01875E-05
7	614	710	603	2.8	1.26875E-05
7	723	821	689	2.8	0.000014375
7	824	922	781	2.8	1.49375E-05
7	940	1038	865	2.8	1.69375E-05
7	1032	1155	946	2.8	0.00002075
7	1112	1280	1036	2.8	0.00002575
7	1202	1402	1121	2.8	3.00625E-05
7	1292	1527	1202	2.8	0.000035
7	1478	1659	1286	2.8	0.000034625
8	1565	1929	1362	3.2	5.81875E-05
8	1661	2049	1441	3.2	0.00006225
8	1756	2194	1520	3.2	0.0000695
8	1845	2322	1698	3.2	6.88125E-05
8	1949	2598	1782	3.2	9.15625E-05
8	2059	2647	1863	3.2	0.00008575
8	2154	2788	1910	3.2	0.0000945
8	2256	2904	1935	3.2	0.000101063
8	2319	2985	2010	3.2	0.000102563
8	2394	3078	2084	3.2	0.000104875
8	2486	3190	2165	3.2	0.000108063
9	2590	3209	2238	3.6	0.000099375
9	2672	3404	2324	3.6	0.00011325
9	2742	3558	2418	3.6	0.00012225
9	2823	3668	2595	3.6	0.000119875
9	2885	3758	2685	3.6	0.000121625
9	2970	3865	2769	3.6	0.000124438
9	3057	4072	2907	3.6	0.00013625
10	3120	4154	3101	4	0.000130438
10	3345	4467	3121	4	0.00015425
10	3480	4824	3223	4	0.000184063

Grafik Balok - lendutan Balok 15%-1

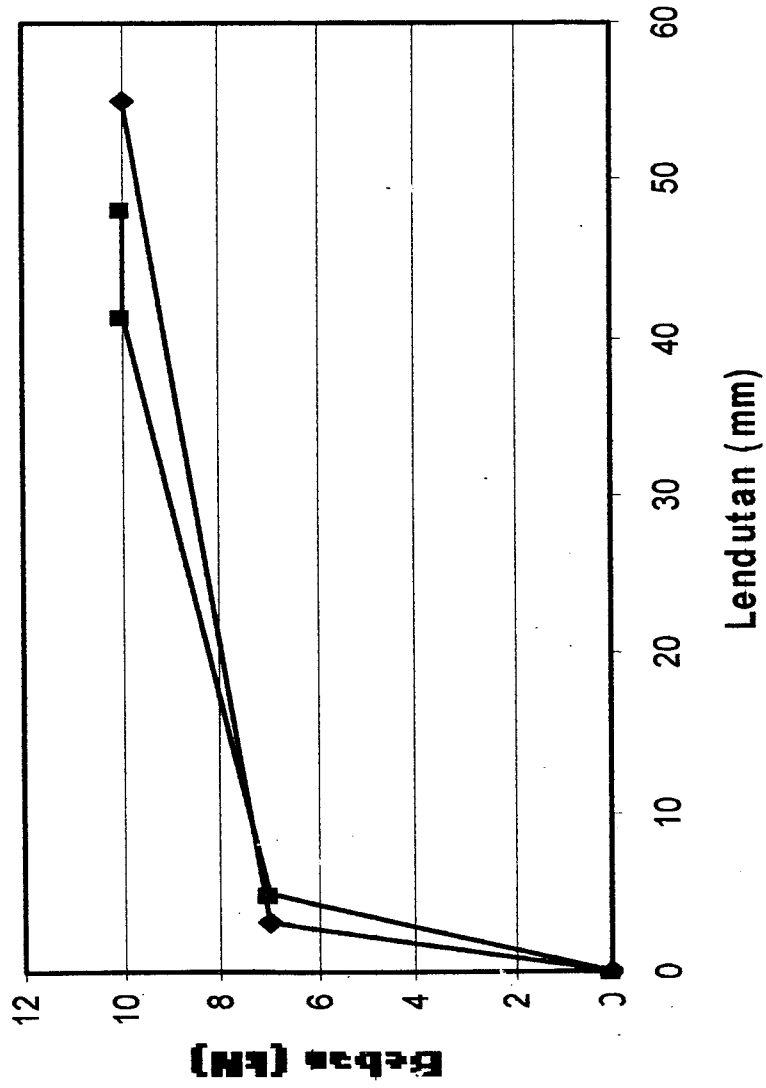


Daftar-2

Grafik Beban - lendutan Balok 15%-2

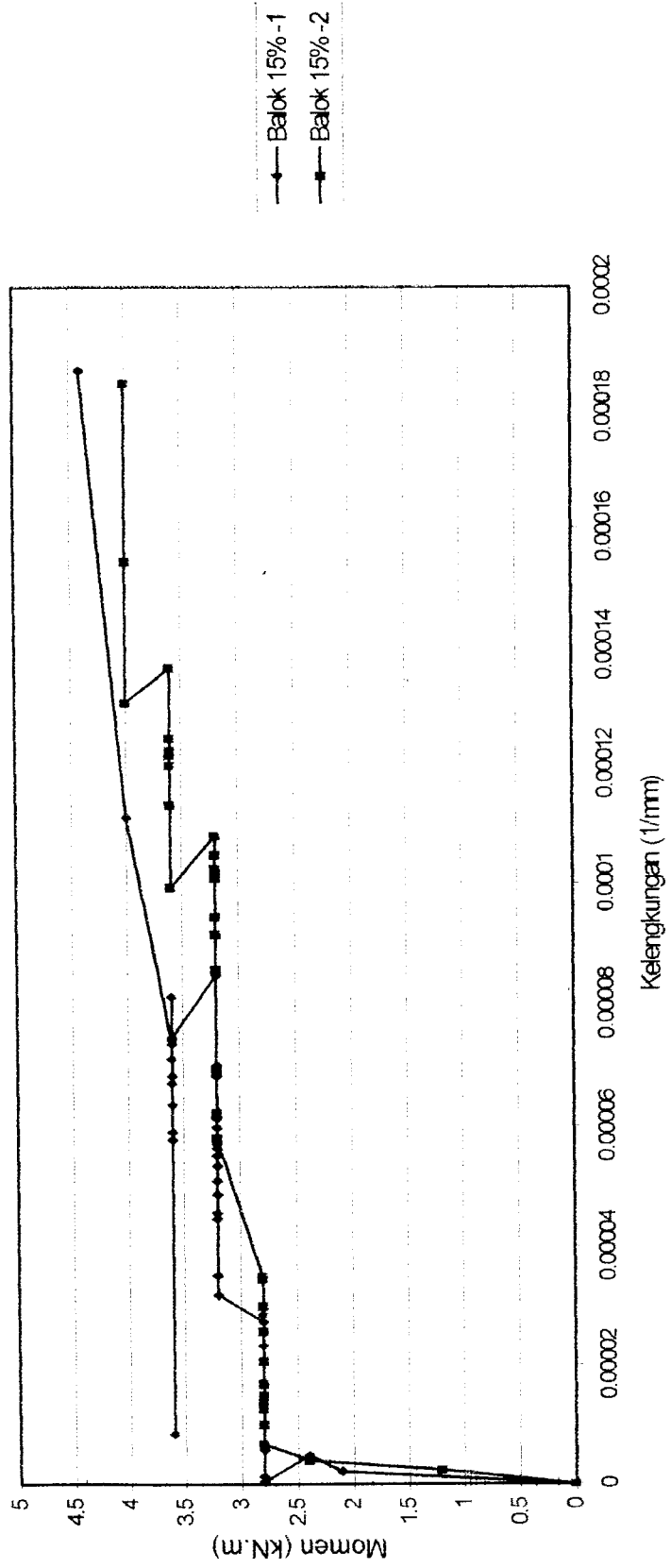


Grafik Beban Lendutan Balok 15%

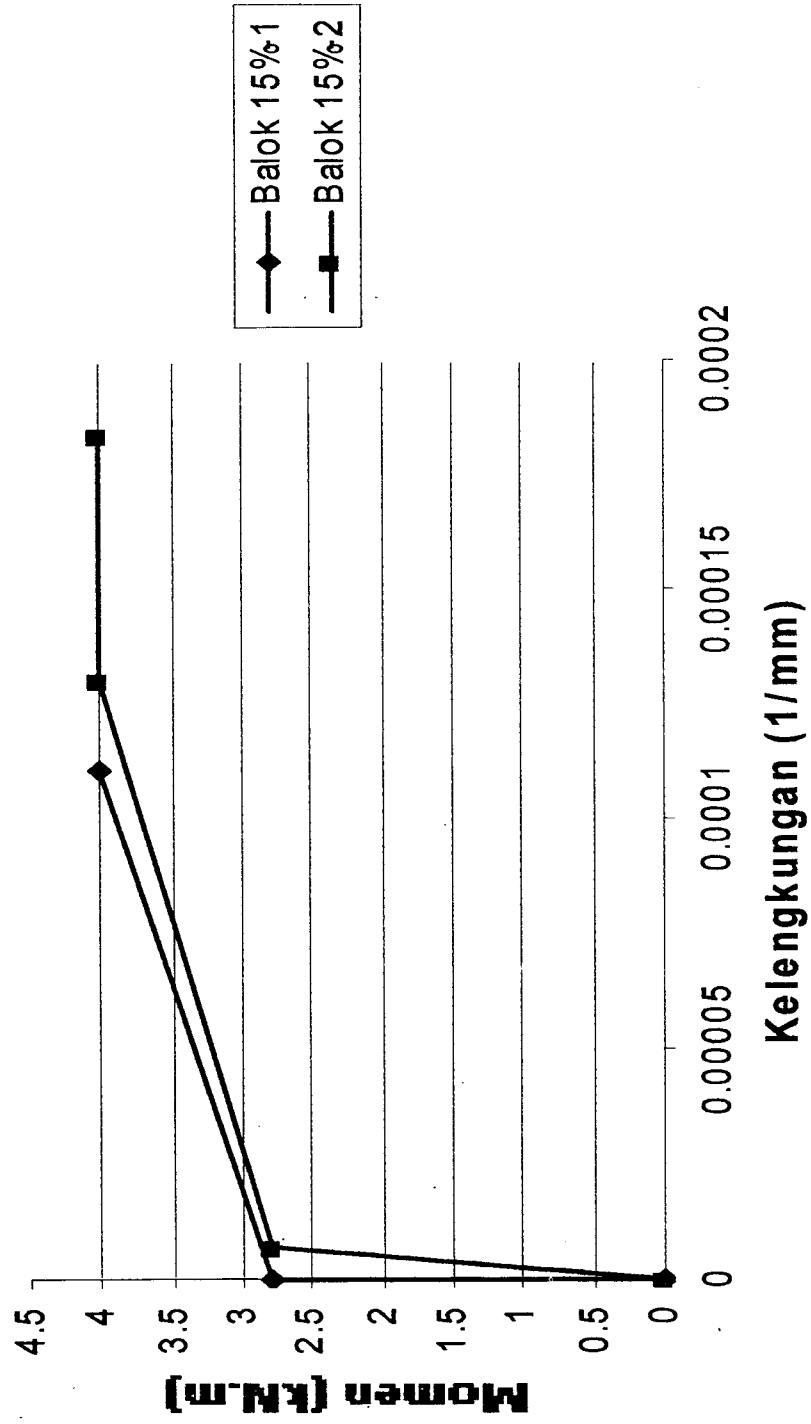


◆ Balok 15%1
■ Balok 15%2

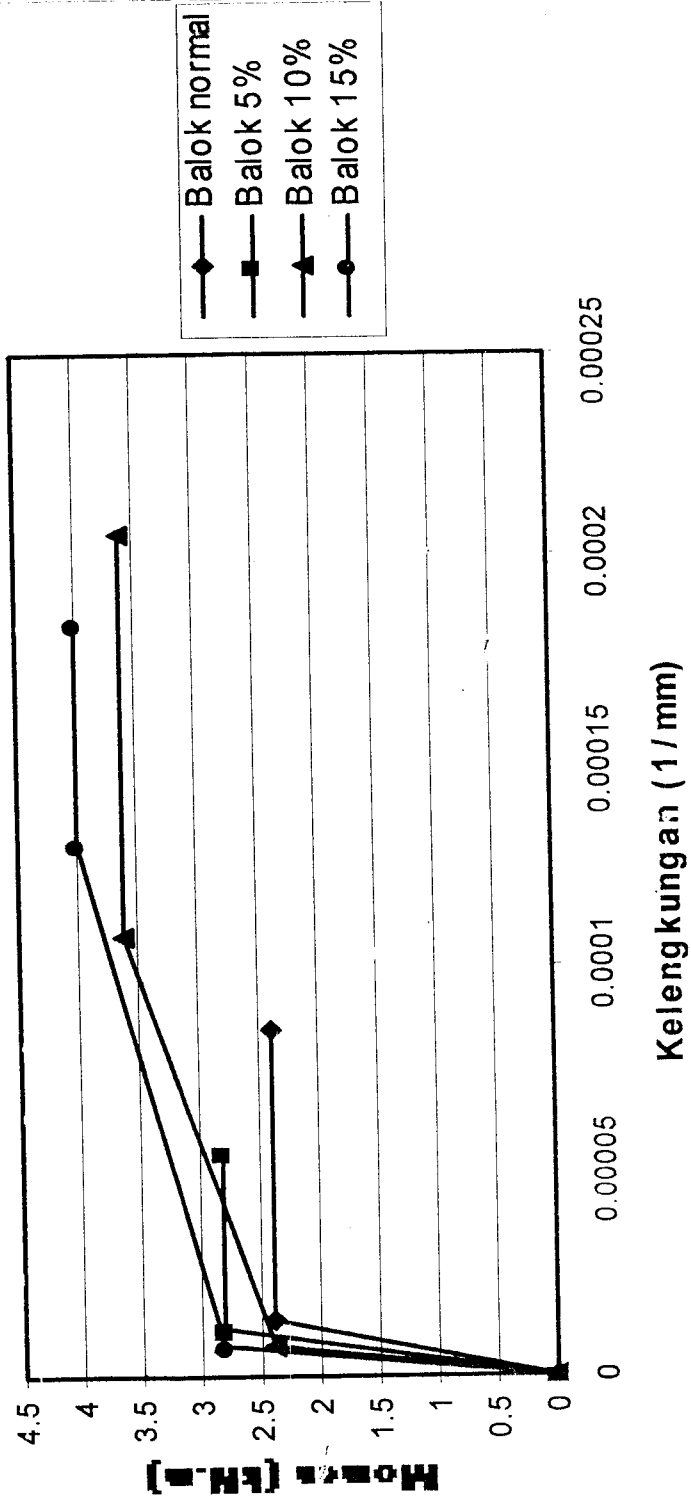
Grafik Momen-kelengkungan Balok 15%



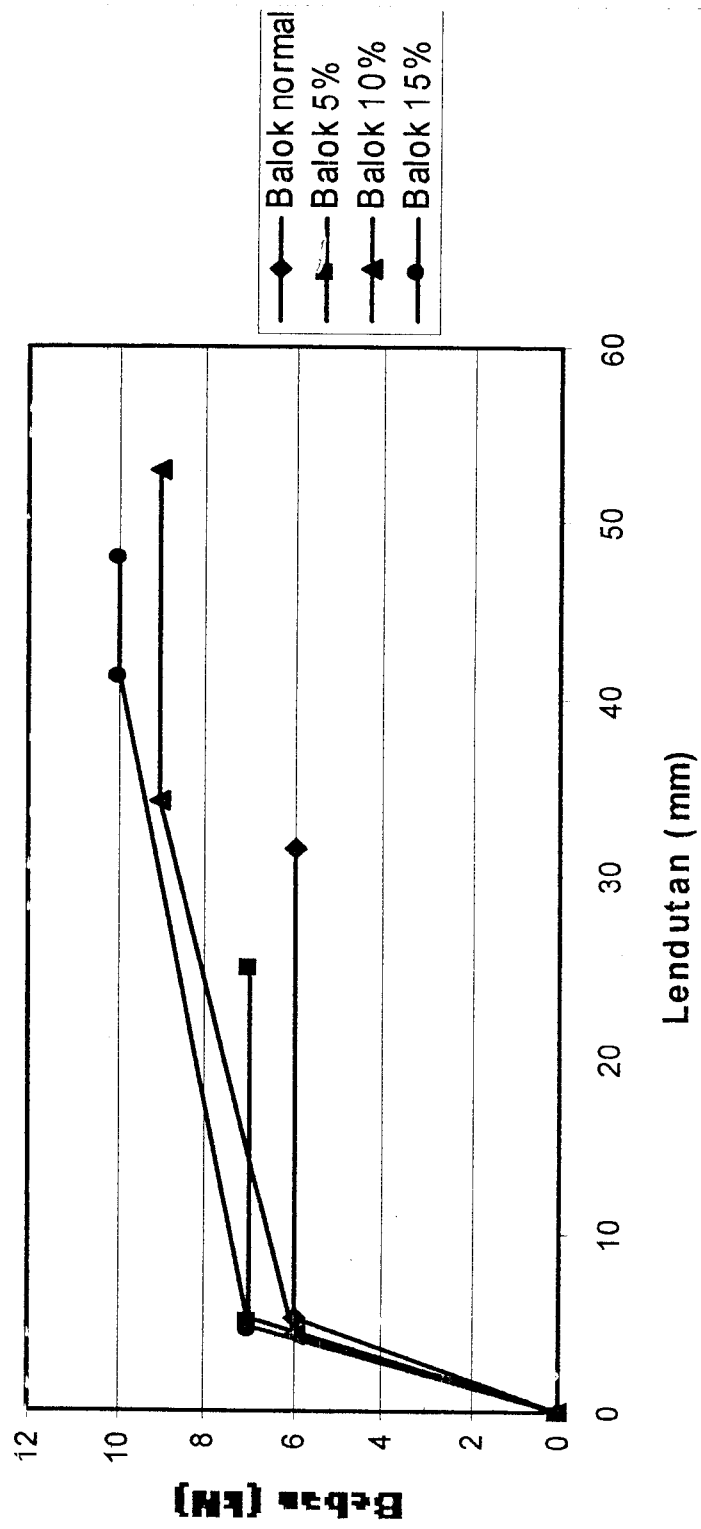
Grafik Momen-Kelengkungan Balok 15%



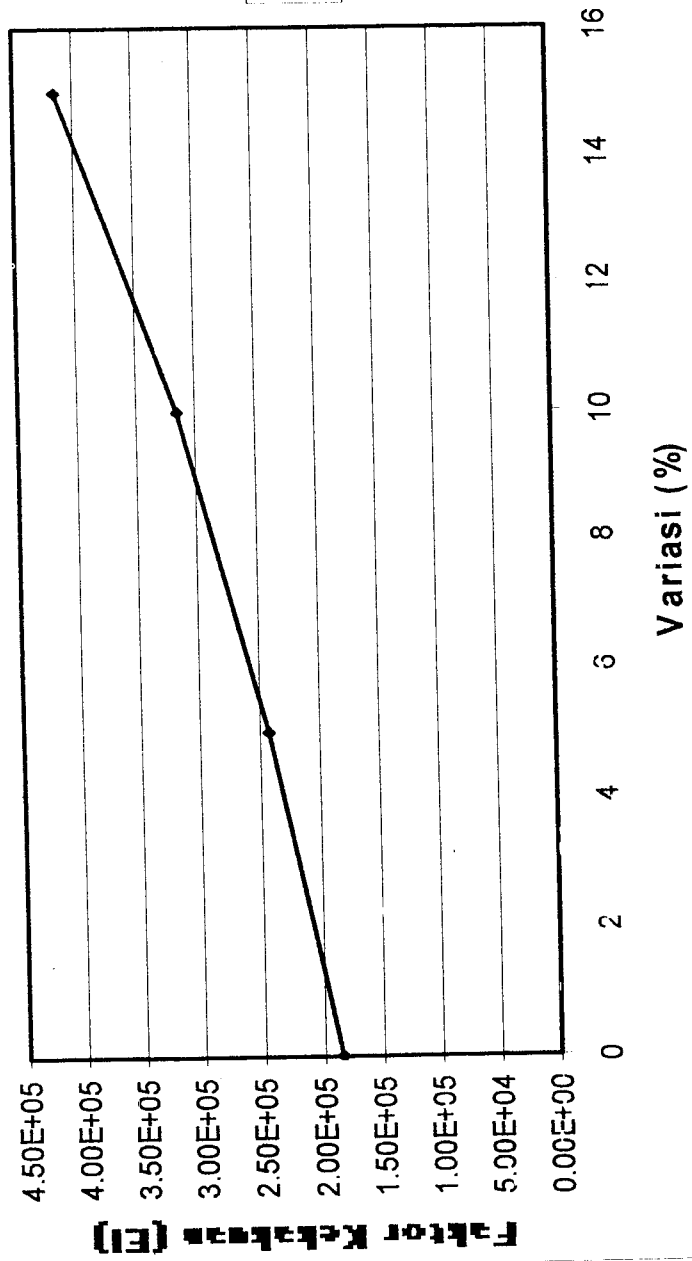
Grafik Momen - Kelengkungan



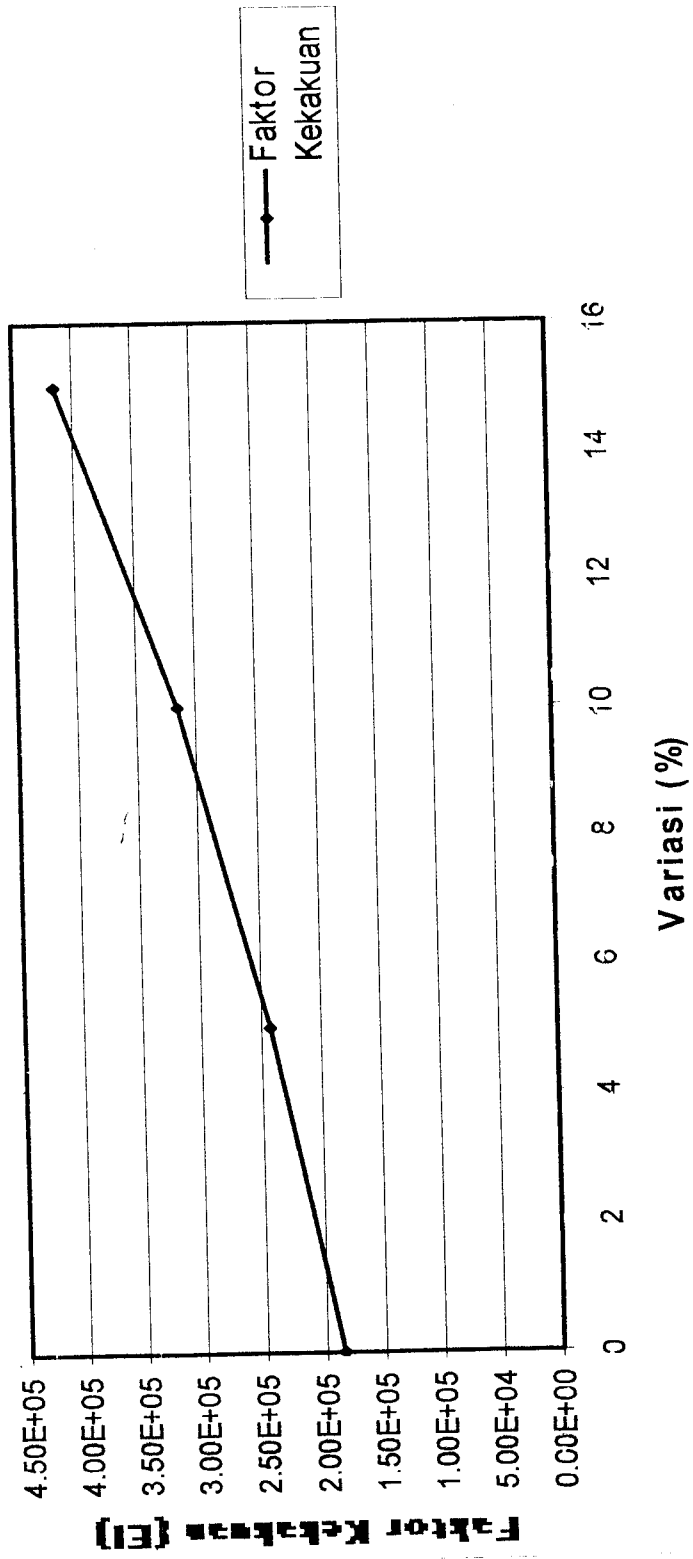
Grafik Beban - Lendutan



Grafik Faktor Kekakuan



Grafik Faktor Kekakuan



PERHITUNGAN TEORITIS MOMEN RETAK

Menurut Park & Paully momen retak secara teoritis dinyatakan dengan persamaan:

$$M_{cr} = \frac{f_r I}{y}$$

$$f'_c = 49.95 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{f'_c} = 0.7 \times \sqrt{49.95} = 4.9472 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} I &= \left(\frac{1}{12} \times 120 \times 180^3 \right) + \left(21600 \times 0,5518^2 \right) + \left(400,46304 \times 69.4482^2 \right) + \\ &\quad \left(225.126046 \times 70.5518^2 \right) \\ &= 61379277,74 \end{aligned}$$

$$A_s = 0,25 \times \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0.25 \times \pi \times 6^2 = 28,26$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{49.95} \\ &= 33217,3976 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{33217,3976} = 6,0209$$

$$\begin{aligned} A &= bh + (n-1) (A_s + A_s') \\ &= 120 \times 180 + (5,0209) (50,24 + 28,26) \\ &= 28728,5856 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$y = \frac{(21600 \times 90) + (400.463 \times 160) + (225,2605 \times 20)}{28728,5854}$$

$$= 70,0549 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r I}{y} = \frac{4,9472 \times 61379277,74}{(180 - 70,0549)} = 2,7618 \times 10^6 \text{ Nmm} = 2,7618 \text{ KNm}$$

Untuk P retak (P_{cr}) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M_{cr} = \frac{P_{cr} l}{6}$$

$$P_{cr} = \frac{M_{cr} \times 6}{2,4} = \frac{2,7618 \times 6}{2,4} = 6,9045 \text{ KN}$$

PERHITUNGAN MOMEN KELENGKUNGAN SECARA TEORITIS

$$f_y \text{ } \varnothing 8 = 216,852 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ } \varnothing 6 = 185,774 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 0,25 \times \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 0,25 \times \pi \times 6^2 = 28,26 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{(2 \times 50,24)}{(120 \times 152)} = 5,5088 \cdot 10^{-3}$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b \cdot d} = \frac{(2 \times 28,26)}{(120 \times 152)} = 3,0987 \cdot 10^{-3}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{49,95} = 33217,3976 \text{ Mpa} = 33,2174 \text{ KN/m}^3$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{33217,3976} = 6,0209$$

1. Sebelum Retak

$$\begin{aligned} A &= b \cdot h + (n-1)(A_s + A_{s'}) \\ &= (120 \times 180) + (6,0209 - 1)(50,24 + 28,26) \\ &= 21994,1407 \text{ MM}^2 \end{aligned}$$

$$Y = \frac{\{(120 \times 180) \times 90\} + \{(5,0209 \times 50,24) \times 152\} + \{(5,0209 \times 28,26) \times 20\}}{21994,1407}$$

$$= 90,2602 \text{ mm}$$

$$I = (1/12 \times 120 \times 180^3) + (21600 \times 0,2602^2) + (252,3504 \times 61,7398) + (141,8906 \times 70,2602)$$

$$= 59983814,71 \text{ mm}^4$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{49,95} = 4,9473 \text{ Mpa} = 4,9473 \cdot 10^{-3} \text{ KN/m}^3$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I}{Y} = \frac{4,9473 \times 59,9838 \cdot 10^6}{90,2602} = 32,8817 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$\varphi_{cr} = \frac{f_r / E_c}{Y} = \frac{4,9473 \cdot 10^{-3} / 33,2174}{9,02602 \cdot 10^{-2}} = 1,65 \cdot 10^{-3} \text{ rad/m}$$

2. Setelah retak pada saat leleh pertama

Dengan menganggap beton elastis maka

$$k = \left[(\rho + \rho')^2 n^2 + 2 \left(\rho + \frac{\rho' d'}{d} \right) n \right]^{1/2} - (\rho + \rho') n$$

$$k = \left[(5,5088 \cdot 10^{-3} + 3,0987 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 8,0209^2 + 2 \left(5,5088 \cdot 10^{-3} + \frac{3,0987 \cdot 10^{-3} \cdot 20}{152} \right) \cdot 6,0209 \right]^{1/2} - (5,5088 \cdot 10^{-3} + 3,0987 \cdot 10^{-3}) \cdot 6,0209$$

$$= 0,2718$$

$$\text{maka } k \cdot d = 0,2718 \times 152 = 41,3166 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{216,852}{200000} = 1,0843 \cdot 10^{-3}$$

$$\epsilon_c = \frac{1,0843 \cdot 10^{-3} \cdot 41,3166}{110,6834} = 4,0475 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_s' = \frac{1,0843 \cdot 10^{-3} \cdot 13,3166}{110,6834} = 1,3045 \cdot 10^{-4}$$

$$f_c = 4,0475 \cdot 10^{-4} \cdot 33217,3976 = 13,4447$$

$$f_s = 1,3045 \cdot 10^{-4} \cdot 200000 = 26,0909$$

$$C_c = \frac{1}{2} \times f_c \times b \times kd = \frac{1}{2} \times 13,4447 \times 120 \times 41,3166 = 33329,3735 \text{ N}$$

$$= 33,3294 \text{ KN}$$

$$C_s' = A_s' \cdot f_s = 28,26 \times 26,0909 = 737,3288 \text{ N} = 0,7373 \text{ KN}$$

$$C = C_c + C_s' = 33,3294 + 0,7373 = 34,0667 \text{ KN}$$

$$Y = \frac{(d' \times C_s') + (C_c \times kd)}{C} = \frac{(20 \times 737,3288) + (33329,3735 \times 41,3166)}{34066,7}$$

$$= 40,8552 \text{ mm}$$

$$\text{Jadi } jd = d - Y = 152 - 40,8552 = 111,1448 \text{ mm}$$

Maka

$$M_y = A_s \times f_y \times jd = 100,48 \times 216,852 \times 111,1448 = 2421766,164 \text{ Nmm}$$

$$= 2,4218 \text{ KNm}$$

$$\phi_y = \frac{f_y/E_s}{(d - kd)} = \frac{216,852/200000}{(152 - 40,8552)} = 9,7554 \cdot 10^{-6} \text{ rad/mm}$$

3. Setelah retak pada saat beban maksimum

Diasumsikan tulangan tekan telah leleh

$$a = \frac{(A_s \cdot f_y) - (A_s' \cdot f_y)}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{(100,48) - (56,52 \cdot 185,774)}{0,85 \cdot 49,95 \cdot 120} = 2,2158$$

$$C = \frac{a}{\beta}$$

$$= \frac{2,2158}{0,85} = 2,6068$$

Dari perhitungan diatas nampak bahwa garis netral terletak diatas tulangan atas, jadi tulangan tersebut berfungsi sebagai tulangan tarik

$$\epsilon_c' = \frac{C - d'}{C} \epsilon_{cu} = \frac{2,26068 - 20}{2,26068} 0,003 = -0,02$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{185,774}{200000} = 9,2887 \cdot 10^{-4}$$

$\epsilon_s' < \epsilon_y$ ----Tulangan tekan belum leleh

$$T = Cc + Cs$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a + f_s' \cdot A_s'$$

$$a = \beta \cdot C$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s = \frac{C - d'}{C} \epsilon_c \cdot E_s$$

$$\begin{aligned}
A_s \cdot f_y \cdot C &= (0,85 \cdot f_c) \cdot b \cdot \beta \cdot C^2 + C \cdot 0,003 \cdot E_s \cdot A_s' - d' (0,003) \cdot E_s \cdot A_s' \\
(0,85 \cdot f_c) \cdot b \cdot \beta \cdot C^2 + (0,003 \cdot E_s \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot C - d' \cdot (0,003) \cdot E_s \cdot A_s' &= 0 \\
(0,85 \cdot f_c) \cdot b \cdot \beta \cdot C^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) C - 600 \cdot d' \cdot A_s' &= 0 \\
(0,85 \cdot 49,95 \cdot 120 \cdot 0,85) C^2 + (600 \cdot 56,52 - 100,48 \cdot 216,852) C - 600 \cdot 20 \cdot 56,52 &= 0 \\
4330,665 C^2 + 12122,7110 C - 678240 &= 0 \\
C &= 11,192
\end{aligned}$$

$$f'_s = \frac{C - d'}{C} 600 = \frac{11,192 - 20}{11,192} 600 = -472,194 \text{ Mpa} < 185,774 \text{ Mpa}$$

Dengan demikian anggapan benar.

$$a = \beta \cdot C = 0,85 \cdot 11,192 = 9,5132$$

$$\begin{aligned}
C_c &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 49,95 \cdot 9,5132 \cdot 120 = 48468,8027 \text{ N} \\
&= 48,4688 \text{ KN}
\end{aligned}$$

$$C_s \cdot A_s' \cdot f'_s = 56,52 \cdot (-472,194) = -26688,4049 \text{ N} = -26,6884 \text{ KN}$$

$$C = C_c + C_s = 48,4688 - 26,6884 = 21,7804 \text{ KN}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 100,48 \cdot 216,852 = 217804 \text{ N} = 21,7804 \text{ KN}$$

$$C = T$$

$$\begin{aligned}
M_u &= C_c (d - \frac{1}{2} a) + C_s (d - d') \\
&= 48468,8027 (152 - \frac{1}{2} \cdot 9,5132) + 26688,4049 (152 - 20) \\
&= 10659580,75 \text{ Nmm} = 10,6596 \text{ KNm}
\end{aligned}$$

$$\phi_u = \frac{\epsilon_c}{C} = \frac{0,003}{11,192} = 2,6804 \cdot 10^{-4} \text{ rad/mm}$$

LAMPIRAN 14



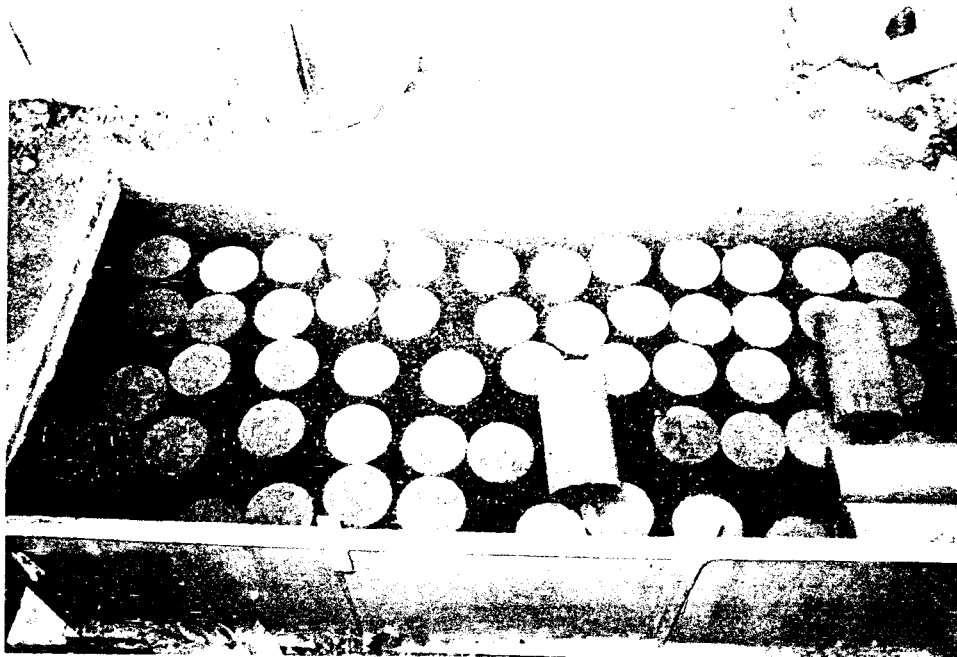
1. Penyaringan agregat halus (pasir)



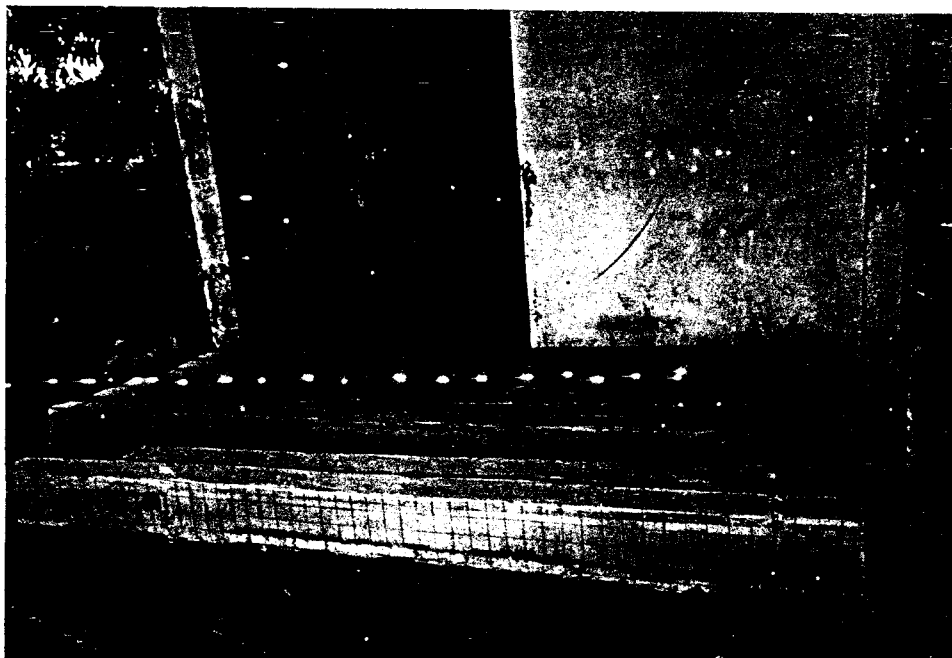
2. Pencampuran beton



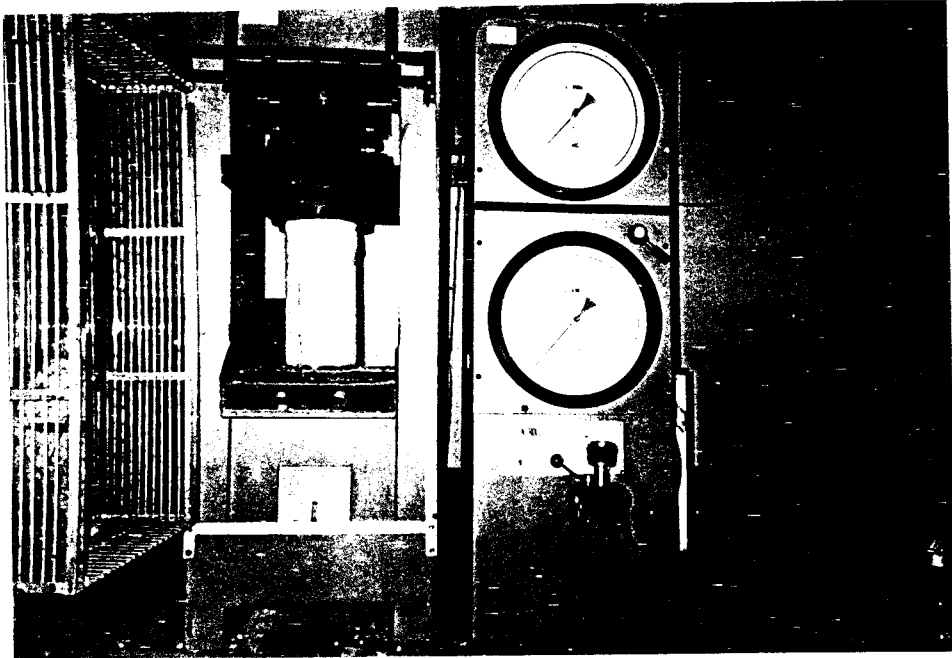
3. Pencetakan adukan beton



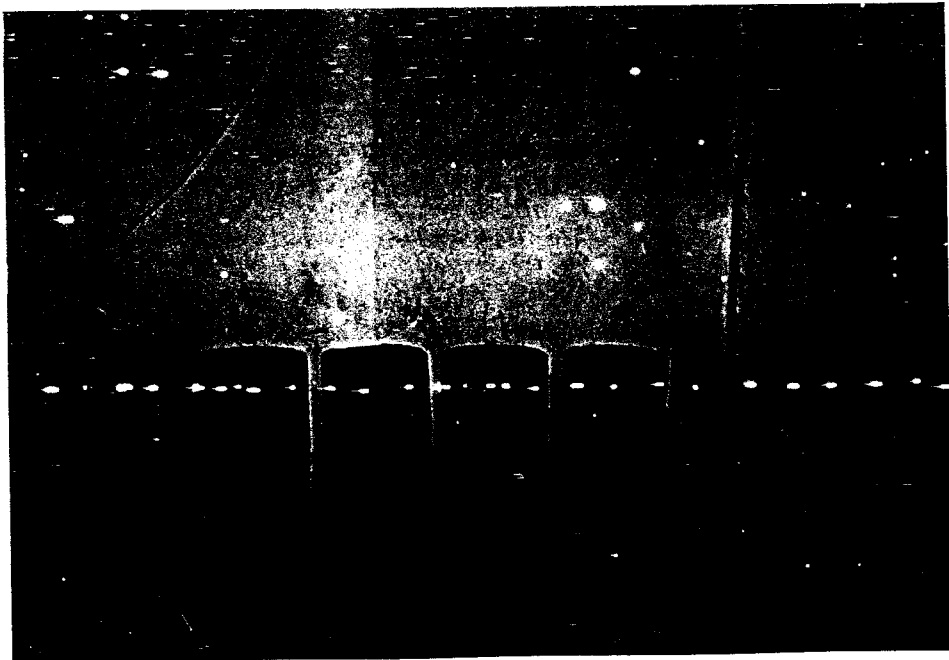
4. Perawatan Beton Silinder



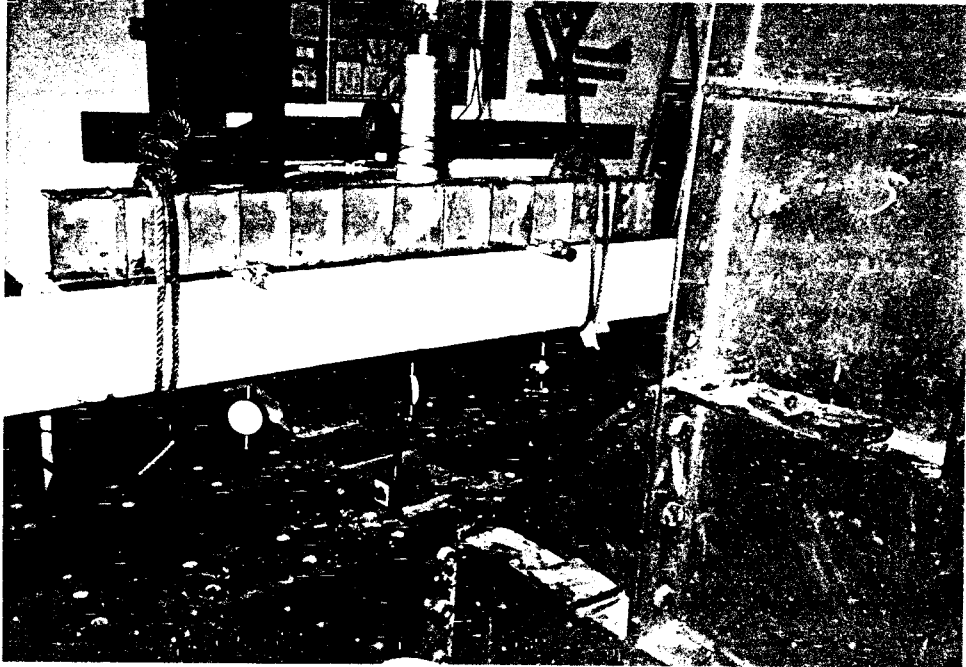
5. Balok berumur 28 hari



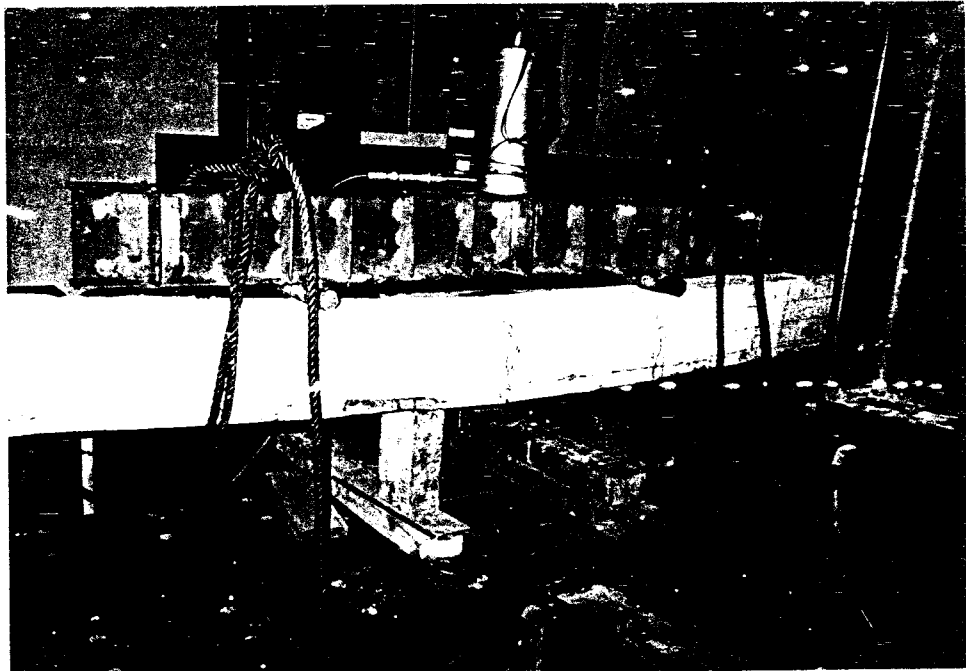
6. Uji Desak Beton Silinder



7. Hasil Uji Desak Beton



8. Uji Lentur Balok



9. Hasil Uji Lentur Balok

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Evy Kusumaningrum	97 511 141	Struktur
2	Wahyuning Marfuatun	97 511 163	Struktur

JUDUL TUGAS AKHIR :

Pengaruh penambahan gergajian btu andesit terhadap kuat desak lentur dan porositas beton.....

**PERIODE II : DESEMBER - MEI
TAHUN : 2001/2002**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang-Sidang						
7.	Pendadaran.						

DOSEN PEMBIMBING I
DOSEN PEMBIMBING II

Ir. H.M. Samsudin, MT.
Ir. Fatkhurrohman N., MT.



Yogyakarta, **07 Januari 2002**
Dekan,
(Signature)
Ir. H. Munadhir, MS.

Catatan.

Seminar :
Sidang :
Pendadaran :