

TUGAS AKHIR

**KUAT DESAK DAN MODULUS
ELASTISITAS BETON DENGAN BERBAGAI
VARIASI PENAMBAHAN “BENTONITE”**



Disusun oleh:

Achmad Kurniawan

Nomor Mhs. : 91 310 098
Nirm. : 91310051013114120094

Helmy Abdul Aziz

Nomor Mhs. : 92 310 197
Nirm. : 92310051013114120097

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

TUGAS AKHIR

**KUAT DESAK DAN MODULUS
ELASTISITAS BETON DENGAN BERBAGAI
VARIASI PENAMBAHAN “BENTONITE”**

Disusun oleh:

Achmad Kurniawan

Nomor Mhs. : 91 310 098

Nirm. : 91310051013114120094

Helmy Abdul Aziz

Nomor Mhs. : 92 310 197

Nirm. : 92310051013114120097

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**KUAT DESAK DAN MODULUS
ELASTISITAS BETON DENGAN BERBAGAI
VARIASI PENAMBAHAN “BENTONITE”**

*Disusun sebagai syarat untuk mendapatkan
gelar sarjana starta satu pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2000*

Disusun oleh:

Achmad Kurniawan

Nomor Mhs : 91 310 098

Nirm : 91310051013114120094

Helmy Abdul Aziz

Nomor Mhs : 92 310 197

Nirm : 92310051013114120097


Telah diperiksa dan disetujui oleh :

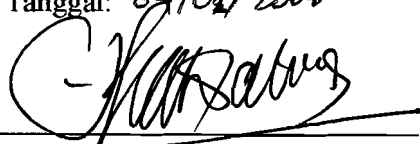
Ir. H.Sarwidi, MSCE, Ph.D

Dosen Pembimbing I

Ir. Suharyatmo, MT

Dosen Pembimbing II


Tanggal: 09/02/2000


Tanggal: 09/02/2000

GAMBARAN UMUM SKRIPSI

Pembuatan Tugas Akhir atau Sripsi ini terdiri dari berbagai bab. Bab yang tertulis dalam skripsi ini, tercakup enam bab yang setiap bab-nya harus ada keterkaitannya dengan judul yang ada. Bab I. Pendahuluan, Bab II. Tinjauan Pustaka, Bab III. Landasan Teori, Bab IV. Metodologi Penelitian, Bab V. Hasil dan Analisa Data Perhitungan, Bab VI. Kesimpulan dan Saran.

Selain bab, ada yang lebih penting keabsahan suatu Tugas Akhir yaitu lembar judul. Judul yang akan dijadikan acuan untuk menulis Tugas Akhir ini adalah "Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Berbagai Variasi Penambahan Bentonite". Adapun yang tidak kalah pentingnya lembar pengesahan Tugas Akhir yang harus disetujui oleh Dosen Pembimbing. Dosen Pembimbing dalam Tugas Akhir ini ada dua dosen, yaitu Dosen Pembimbing I oleh Bapak Ir.H. Sarwidi, Ph.D. dan Dosen Pembimbing II oleh Bapak Ir. Suharyatmo, MT. Dibalik lembar pengesahan ada lembar lainnya sebagai lembar pelengkap yaitu lembar Motto, Persembahan, Kata Pengantar, Daftar Isi, Tabel, Gambar atau Grafik, Lampiran.

Untuk isi dari Tugas Akhir atau Skripsi dibuat setebal 115 halaman. Untuk uraian halaman ditunjukkan dengan Daftar Isi yang dapat dilihat pada halaman berikutnya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan skripsi kami ini.

Skripsi ini dibuat guna melengkapi salah satu persyaratan dalam menempuh ujian sarjana pada Fakultas Teknik dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Dalam kesempatan ini kami tak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. H. Tadjudin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. H. Sarwidi, MSCE, PhD, selaku Dosen Pembimbing I yang sangat membantu terselesainya skripsi ini.
4. Ir. Suharyatmo, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang sangat membantu terselesainya skripsi ini.
5. Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Ketua Bagian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
6. Para Asisten Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
7. Istriku tercinta yang sangat mendorong untuk terus maju.

8. Sahabat-sahabatku Ragil, Shodiq yang telah mendoakan dan memberi support dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Rekan-rekan Mahasiswa Sipil Angkatan 1992.
10. Sdr. Sholeh yang telah mengajarkan teori yang terdapat dalam skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyusun skripsi ini.

Ahkirnya kami menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna . Untuk itu kami mengharapkan dari pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang membangun. Penyusun berharap semoga hasil ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Terimakasih.

Yogyakarta, Januari 2000

Penyusun

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Kepada :

- ♣ Keluarga kami berdua tercinta, Bapak dan Ibu serta adik-adik kami yang tidak bosan-bosannya memberikan semangat.
- ♣ Istri dan anakku tersayang.
- ♣ Sahabat-sahabatku&Teman-temanku yang setia membantu tanpa pamrih.

MOTTO

- Seorang pemuda bukanlah orang yang berkata , “Inilah bapakku”.Tetapi, seorang pemuda adalah orang yang berkata , “Inilah aku”.
- Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.
Sesungguhnya bersama kesulitan, ada kemudahan.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
GAMBARAN UMUM SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
ABSTRAK	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Bentonite.....	6
2.2 Penelitian Tentang Bentonite.....	7
2.3 Kesimpulan.....	8
3 LANDASAN TEORI	
3.1 Pengertian Beton.....	9
3.2 Jenis-jenis Beton	10
3.2.1 Beton Normal	10
3.2.2 Beton Plastis dan Penggunaan Bentonite.....	11
3.3 Sifat-sifat Beton	13

3.3.1	Kuat Tekan.....	13
3.3.2	Kuat Tarik dan Lentur.....	15
3.3.3	Regangan dan Tegangan.....	15
3.3.4	Modulus Elastisitas.....	17
3.3.5	Rayapan.....	20
3.3.6	Workabilitas.....	22
3.4	Bahan Tambah.....	22
3.4.1	Jenis-jenis Bahan Tambah	23
3.4.2	Fungsi Bahan Tambah.....	24
3.5	Klasifikasi Mutu Beton	31
3.6	Bahan Penyusun Beton.....	34
3.6.1	Semen Portland.....	34
3.6.2	Agregat.....	38
3.6.3	Pasir.....	39
3.6.4	Batu Pecah atau Kerikil.....	40
3.6.5	Air.....	42
3.6.6	<i>Bentonite</i> Sebagai Material Tambahan.....	43
3.7	Hipotesa	45

4 METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Pendahuluan	46
4.1.1	Persiapan Bahan dan Alat.....	47
4.1.2	Perhitungan Campuran Adukan Beton.....	47
4.2	Sampel Penelitian	48
4.3	Pemeriksaan dan Pengujian.....	49
4.3.1	Pengujian Agregat Halus.....	50
4.3.1.a	Kadar Lumpur.....	50
4.3.1.b	<i>Specific Gravity</i>	52
4.3.1.c	Gradasi.....	54
4.3.2	Pengujian Agregat Kasar.....	55
4.3.2.a	<i>Specific Gravifity</i>	55
4.3.2.b	Gradasi.....	57
4.3.2.c	Abrasi.....	58
4.4	Pembuatan Benda Uji.....	59
4.5	Perawatan Benda Uji.....	61
4.6	Pengujian Benda Uji.....	62
4.6.1	Kuat Desak Beton.....	62
4.6.2	Modulus Elastisitas Beton.....	63

	4.6.2	Modulus Elastisitas Beton.....	63
	4.7	Metodologi Pembahasan.....	65
5		HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
	5.1	Pengujian Bahan Dasar.....	67
	5.1.1	Hasil Pengujian Agregat Halus.....	67
		5.1.1.a Kadar Lumpur.....	67
		5.1.1.b <i>Specific Gravity</i> dan <i>Absorpsi</i>	68
		5.1.1.c Gradasi.....	69
		5.1.1.d Berat Satuan Volume.....	70
	5.1.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	70
		5.1.2.a <i>Specific Gravity</i> dan <i>Absorpsi</i>	70
		5.1.2.b Gradasi.....	71
		5.1.2.c Abrasi.....	72
		5.1.2.d Berat Satuan Volume.....	72
	5.2	Perhitungan dan Hasil Pengujian.....	73
		5.2.1 Hasil Pengujian Kuat Desak dan Modulus. E.....	73
		5.2.2 Perbandingan Modulus E. Benda Uji dan Teori.....	82
	5.3	Analisa Data Hasil Pengujian.....	83
		5.3.1 Metode Regresi Polinomial Pangkat Dua.....	84
	5.4	Pembahasan Hasil Penelitian.....	92
6		KESIMPULAN DAN SARAN	
	6.1	Kcsimpulan.....	96
	6.2	Saran-saran.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1	Gambar Kurva Tekanan dan Regangan Pada Beton Yang Dibebani Tidak Tetap berulang-ulang (Murdock dan Brook, 1991).	hal. 16
Gambar 3-2	Gambar Ilustrasi Dengan Perubahan Bentuk Beton Yang Dibebani (Murdock dan Brook, 1991).	hal. 18
Gambar 5-1	Gambar Hasil Uji Gradasi Agregat Halus.	hal. 69
Gambar 5-2	Gambar Hasil Uji Gradasi Agregat Kasar.	hal. 72
Gambar 5-3	Gambar Grafik Hubungan Hasil Kuat Desak Dengan Variasi Penambahan <i>Bentonite</i>	hal. 87
Gambar 5-4	Gambar Grafik Hubungan Hasil Modulus Elastisitas Dengan Variasi Penambahan <i>Bentonite</i>	hal. 87

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Mutu dan Kelas Beton.	hal. 32
Tabel 3-2	Unsur Kimia Semen	hal. 36
Tabel 3-3	Nilai Khas Beberapa Jenis Mineral Tanah.	hal. 44
Tabel 3-4	Hasil Analisa Kimia <i>Bentonite</i>	hal. 45
Tabel 4-1	Rancangan Hasil Perhitungan Kuat Desak dan Modulus E. Untuk Beton Normal dan Bahan Tambah.	hal. 60
Tabel 5-1	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus.	hal. 69
Tabel 5-2	Hasil Pengujian Agregat Halus.	hal. 70
Tabel 5-3	Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar.	hal. 71
Tabel 5-4	Hasil Pengujian Agregat Kasar	hal. 73
Tabel 5-5	Hasil Perhitungan Kuat Desak Katarestik Pada Penambahan <i>Bentonite</i> 0 %.	hal. 75
Tabel 5-6	Hasil Perhitungan Kuat Desak Karakteristik Pada Penambahan <i>Bentonite</i> 0.2-0.5%.	hal. 76
Tabel 5-7	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Pada Penambahan <i>Bentonite</i> 0%.	hal. 79
Tabel 5-8	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Pada Penambahan <i>Bentonite</i> 0.2-0.5%.	hal. 79
Tabel 5-10	Hasil Banding Modulus Elastisitas Uji dan Teori	hal. 83
Tabel 5-11	Hasil Perhitungan Numerik Hubungan Kuat Desak Dengan Berbagai Variasi Penambahan <i>Bentonite</i> Dengan Menggunakan Metode Regresi Polinomial Pangkat Dua.	hal. 85
Tabel 5-12	Hasil Modulus Elastisitas.	hal. 88
Tabel 5-13	Hasil Kuat Desak.	hal. 88
Tabel 5-14	Komputasi Untuk Analisis Kuat Desak Kecocokan Polinomial Kuadrat Terkecil Ordo Dua.	Hal. 90
Tabel 5-15	Komputasi Untuk Analisis Modulus Elastisitas Kecocokan Kuadrat Terkecil Ordo Dua.	hal. 91

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Foto-foto dalam pelaksanaan uji coba di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
- Lampiran B Hasil pencatatan tegangan dan penurunan bentuk (deformasi) dalam setiap 10 kN.
- Lampiran C Gambar-gambar yang menunjukkan (grafik) dari hasil tegangan dan regangan proporsional.

ABSTRAK

Bentonite merupakan salah satu mineral hasil pelapukan batuan silika yang memiliki sifat plastisitas dan koloidal tinggi dengan kandungan utamanya adalah montmorilonit. Dengan sifat plastis dan koloidal yang dimiliki, secara fisis *bentonite* dapat diasumsikan sebagai salah satu bahan yang dapat meningkatkan plastisitas, juga akan membantu dalam pengikatan *filler* beton. Dalam hal ini *bentonite* sebagai bahan tambah yang mempunyai sifat dominan untuk mereduksi air.

Untuk bahan tambah *bentonite*, penggunaannya banyak dilakukan untuk bangunan atau struktur yang berhubungan dengan air. Contohnya adalah bangunan bendungan, saluran irigasi, kolam-kolam peresapan air dan lain sebagainya.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai kuat desak dan modulus elastisitas beton akibat penambahan *bentonite*.

Dalam penelitian ini, benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perbandingan berat semen : pasir : kerikil adalah 1 : 2 : 3 dan nilai FAS adalah 0.6. Sedangkan untuk penambahan *bentonite* 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1%, 2%, 3%, 4%, 4.25%, 4.5%, 4.75%, 5%, 5.25%, dan 5.5% (terhadap berat semen) dengan jumlah benda uji adalah 83 buah. Semua benda uji diuji pada saat beton pada umur 28 hari.

Tahapan dalam penelitian meliputi persiapan bahan dan alat, pengujian terhadap bahan yang akan diuji, perhitungan untuk desain campuran, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, perhitungan terhadap kuat desak dan modulus elastisitas serta menganalisa data hasil perhitungan.

Dengan menggunakan perhitungan regresi polinomial berkuadrat kecil diperoleh persamaan garis lengkung. Analisa untuk data kuat desak persamaannya adalah $Y = 22.098 - 5.217x + 0.936x^2$. Prosentase kenaikan maksimum sebesar 2.73% dari beton normal dan penurunan minimum sebesar 49%. Masing-masing terjadi pada penambahan *bentonite* sebesar 5.5% untuk maksimum dan 3% untuk minimum. Analisa untuk data modulus elastisitas persamaannya adalah $Y = 17583 - 3786x + 732.6x^2$. Prosentase kenaikan maksimum sebesar 5.65% dari beton normal dan penurunan sebesar 37%. Masing-masing terjadi pada penambahan *bentonite* sebesar 5.5% untuk maksimum dan 3% untuk minimum.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Beton adalah material yang sangat populer dan luas penggunaannya. Hampir semua elemen konstruksi dari berbagai jenis struktur dapat dibuat dari beton. Kuat desaknya yang tinggi merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki beton. Selain itu kemudahan untuk memperoleh bahan campuran beton dan kemudahan beton dibentuk untuk memperoleh kenampakan yang diinginkan adalah merupakan keuntungan yang lain dari penggunaan beton.

Sejalan dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, teknologi betonpun mengalami perkembangan yang sangat berarti. Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pelaksanaan pekerjaan dilapangan, misalnya proses pengerasan beton terlalu lama sehingga pembongkaran bekisting atau acuan harus menunggu sampai beton benar-benar kering. Dalam menghadapi permasalahan tersebut penggunaan *admixture* merupakan salah satu langkah yang cukup praktis dan sering kali dilaksanakan oleh para praktisi di lapangan.

Salah satu jenis bahan tambah yang dapat dicampurkan ke dalam adukan beton adalah bahan tambah pemercepat proses ikat dan pengerasan beton (*accelerating admixture*). Dengan menambahkan bahan tambah pemercepat ini ke dalam adukan beton diharapkan dapat mempercepat proses pengikatan awal dan pengerasan adukan beton sehingga selanjutnya diharapkan pula dapat meningkatkan kuat desak beton. Dari uraian diatas bekisting dapat dibuka lebih cepat dan kuat desak beton lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa campuran bahan tambah.

Dalam penelitian ini digunakan *bentonite* sebagai alternatif penggunaan bahan tambah pemercepat, hal ini karena *bentonite* merupakan salah satu mineral hasil pelapukan silika yang memiliki sifat plastisitas dan koloid tinggi dengan kandungan utamanya adalah montmorilonit.

Dengan sifat platis dan koloidal tinggi yang dimiliki, secara fisis *bentonite* dapat diasumsikan sebagai salah satu bahan yang dapat meningkatkan kuat desak beton juga akan membantu semen dalam pengikatan *filler* beton. Bahan tambah tersebut dapat berfungsi mempercepat pengerasan (*accelerator*), bahan untuk memperlambat pengerasan (*retarder*), untuk mereduksi air (*plasticizer*), ataupun bahan yang bersifat pozzolanik yang bereaksi bebas dengan kapur ikat bebas yang dilepaskan oleh semen pada waktu hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada suhu kamar.

1.2. Perumusan Masalah

Karakteristik dari beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan mutu yang dituntut untuk suatu tujuan konstruksi tertentu. Yang paling penting dalam konstruksi adalah dapat memenuhi harapan semaksimal mungkin. Dari tinjauan diatas, bentonite dalam campuran beton diharapkan dapat membantu proses ikatan awal dan pengerasan adukan beton, dan selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan kuat desak beton.

Implikasi dari uraian diatas adalah deskripsi "*Kuat Desak Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Berbagai Variasi Penambahan Bentonite*" dalam perencanaan beton. Dengan demikian, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

- a). Sejauh mana pengaruh penambahan bentonite pada campuran beton terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Beton ?
- b). Adakah kemungkinan terjadi peningkatan Kuat Desak Beton dengan penambahan prosentase bentonite yang berbeda ?
- c). Adakah kemungkinan terjadi penurunan Modulus Elastisitas Beton dengan penambahan prosentase bentonite yang berbeda ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi pemakaian *bentonite* sebagai bahan tambah terhadap kuat desak dan modulus elastisitas beton, serta untuk mengetahui prosentase bentonite yang dapat

ditambahkan ke dalam adukan beton sehingga diperoleh kuat desak beton maksimum, dengan adukan beton yang masih bisa dikerjakan.

1.4. Manfaat Penelitian

Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

a. Manfaat teoritis

Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa teknik sipil dalam memahami serta menguasai permasalahan terutama mengenai teknologi pengembangan beton .

b. Manfaat praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan, jika ditemukan permasalahan-permasalahan yang identik dengan penelitian ini dan sesuai dengan keadaan lokasi, fungsi dan manfaat konstruksi, sehingga kebijaksanaan yang diambil dapat lebih optimal.

1.5. Batasan Masalah

Untuk membatasi subyek penelitian dan memberikan langkah-langkah sistematis serta mengatasi kesimpangsiuran pemakaian, maka lingkup permasalahan perlu dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Pembuatan benda uji dibuat sama, yang meliputi silinder diameter (Φ) : 15 cm, tinggi (h) : 30 cm.

2. Prosentase penggunaan material baik agregat kasar, agregat halus, semen dan air dibuat sama; sedangkan yang membedakan hanya proporsi bahan tambahan (*bentonite*).
3. Campuran beton yang dipakai untuk kelompok pembanding adalah semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) dengan perbandingan 1 : 2 : 3 dan faktor air semen = 0,60. Sedangkan campuran adukan beton dan faktor air semen untuk setiap perlakuan sama dengan kelompok pembanding.
4. Kecepatan dan lamanya waktu pembebanan dibuat konstan pada seluruh percobaan.
5. Waktu uji silinder beton untuk uji Modulus Elastisitas dan uji Kuat Desak beton dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*) pada umur beton 28 hari.
6. Jenis pembebanan pada uji Modulus Elastisitas Beton adalah setiap penurunan 10 kN.
7. Modulus Elastisitas Beton didefinisikan sebagaimana direkomendasikan oleh ASTM C 469 yaitu *Chord Modulus*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *Bentonite* Terhadap Beton Plastis

Penggunaan beton secara potensial terhadap bahan campurannya telah berkembang hampir bersamaan waktunya dengan penemuan semen. Penggunaan bahan campuran ini dipertimbangkan sebagai upaya untuk memberikan tingkat penyesuaian terhadap struktur yang dihadapi atau sebagai modifikasi proporsi dari komposisi beton normalnya. Sebagai misal, campuran yang kaku dapat dibuat lebih plastis dan kohesip dengan penambahan bahan untuk menjadikan plastis (*plasticizer*), atau dapat juga dengan bahan pengisi pori, bahan pengisi udara, perubahan proporsi pasir kepada agregat kasar, perubahan gradasi pasir, atau dengan menggunakan tambahan semen (Murdock, 1991 : 84).

Bahan campuran seharusnya hanya berguna kalau sudah dievaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan dipergunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh-contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya.

Teknologi beton plastis telah banyak digunakan sebelumnya, misalnya di Jerman dan Jepang dengan berbagai macam penggunaan struktur. Beton plastis ini didapat dengan memanipulasi (memperbaiki, merubah, membentuk) sedemikian rupa terhadap sifat-sifat beton dengan memasukkan bahan tambahan diluar bahan pengisi utama, baik berbentuk, serat, cairan, serbuk, mineral ataupun bahan kimia tambahan sampai bahan-bahan non-kimia.

Untuk memilih bahan tambahan (khususnya) dalam perencanaan beton plastis, sekurang-kurangnya bahan tambahan yang dipakai harus mempunyai sifat plastisitas yang baik. Salah satu diantara bahan tersebut adalah *bentonite*, yaitu material dari hasil pelapukan batuan silikat yang mempunyai sifat plastis dan koloidal tinggi, dengan kandungan utamanya montmorilonit.

Bentonite dalam kandungan struktur tanahnya mengandung natrium (Na). Natrium ini adalah suatu unsur yang mempunyai sifat mengembang. Apabila kadar Natrium dalam *bentonite* belum mencapai standart, maka perlu ditambahkan soda ash supaya *bentonite* dapat mengembang dengan sempurna.

Dalam *bentonite* kandungan NaO lebih besar dari pada kandungan CaO, sehingga sifat pengembangannya atau pembuihannya lebih sempurna *bentonite* dari pada semen biasa. Sedangkan struktur lain yang terkandung dalam *bentonite* antara lain SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO.

A. yaitu untuk kolam-kolam, saluran irigasi, menutup kebocoran waduk, membantu mencegah perembesan air dan bangunan yang serupa.

Berdasarkan hal ini, maka penyusun berkeinginan untuk meneliti *bentonite* dari sifat-sifat betonnya. Khususnya adalah dari sifat kuat desak dan modulus elastisitas. Karena sifat ini merupakan dasar dari pembuatan desain struktur dalam pengembangan Teknologi Beton.

2.3.Kesimpulan

Bahan yang berupa *bentonite* ini, banyak pemanfaatannya. Untuk itu penyusun berharap agar penelitian kuat desak dan modulus elastisitas dari bahan tambah *bentonite* dapat menjadi keanaeka-ragaman dari manfaat tersebut. Khususnya dalam bidang Teknik Sipil yaitu berupa penerapan beton plastis, sehingga *bentonite* ini dapat merupakan salah satu bahan tambah yang baik untuk beton plastis.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Beton

Beton merupakan suatu campuran antara semen, air dan agregat serta (jika diperlukan) bahan tambahan dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituangkan didalam cetakan akan mengeras seperti batuan yang disebabkan terjadinya reaksi kimia antara air dan semen. Peristiwa tersebut berjalan lama, akibatnya campuran itu selalu bertambah keras sejalan dengan umurnya.

Beton mempunyai kuat tekan yang relatif tinggi dibanding kuat tariknya. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya, akibatnya beton bersifat getas. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya diperkuat dengan tulangan sebagai bahan yang dapat bekerja sama membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik, yang kemudian lebih dikenal dengan beton bertulang. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja bertugas menahan gaya tarik, sedangkan beton diasumsikan untuk menahan gaya tekan (Dipohusodo, 1994 : 1).

Pada beton tanpa tulangan (*plain concrete*), untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (strategi) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang (Tjokrodimulyo, 1992 : 1.2).

3.2. Jenis-jenis Beton

Pada hakekatnya menurut bahan pembentuknya, seperti penjelasan tentang pengertian beton bahwasanya beton merupakan suatu campuran antara semen, air dan agregat serta (jika diperlukan) bahan tambahan dengan perbandingan tertentu, maka jenis-jenis beton dapat diasumsikan:

- a. Beton normal, yaitu beton yang bahan pengisinya (*filler*) terbatas pada bahan utama (semen, agregat, dan air),
- b. beton jenis lain, yaitu jenis beton yang telah dilakukan suatu manipulasi (strategi) terhadap sifat-sifat beton dengan tujuan tertentu. Bahan pengisinya sangat variatif, diantaranya dengan memasukkan bahan tambahan dan bahkan mengganti komponen utamanya. Jenis-jenis beton tersebut diantaranya : 1. beton ringan, 2. beton massa (*mass concrete*), 3. ferosemen, 4. beton serat (*fibre concrete*), 5. beton non-pasir (*no-fines concrete*), 6. beton siklop, 7. beton hampa (*vacuum concrete*), 8. mortar (Tjokrodimulyo, 1992 : 10.1 - 10.10), dan 10. beton plastis (*plastic concrete*) (Multi Purpose Dam Project Vol. IV, chapter XV).

Sebagian dari pengertian jenis-jenis beton yang tersebut diatas dengan pengaruhnya, secara singkat akan diuraikan dibawah ini.

3.2.1. Beton Normal

Penyebutan beton normal/biasa sebenarnya merupakan pengidentifikasian yang dimaksudkan untuk membedakan bahwa pembentukannya dengan cara dan pemilihan bahan yang terbatas pada bahan utama (semen, agregat, dan air). Diluar dari

identifikasi diatas disebut/dikelompokkan dengan istilah beton jenis lain, yaitu beton yang terbentuk dari bahan maupun metode pembuatan yang telah dimanipulasi (strategi) untuk tujuan dan penggunaan dalam (konstruksi) tertentu.

Modifikasi produksi beton menunjukkan banyak keanekaragaman dalam penggunaannya yang bersumber terhadap perbedaan dan kekuatan kecepatan pengerasan bahan. Adanya berbagai macam pekerjaan konstruksi yang ada, baik untuk bangunan sederhana maupun bertingkat, maka diadakan klasifikasi kelas dan mutu beton yang berguna untuk pengawasan.

Pada prinsipnya, permasalahan bagaimana dalam mendesaian mix beton adalah memilih secara tepat proporsi dari semen, agregat halus dan kasar serta air untuk menghasilkan beton yang mempunyai sifat-sifat atau karakteristik tertentu.

3.2.2. Beton Plastis dan Penggunaan *Bentonite*

Penggunaan beton secara potensial terhadap bahan campurannya telah berkembang hampir bersamaan waktunya dengan penemuan semen. Penggunaan bahan campuran ini dipertimbangkan sebagai upaya untuk memberikan tingkat penyesuaian terhadap struktur yang dihadapi atau sebagai modifikasi proporsi dari komposisi beton normalnya. Sebagai misal, campuran yang kaku dapat dibuat lebih plastis dan kohesip dengan penambahan bahan untuk menjadikan plastis (*plasticizer*), atau dapat juga dengan bahan pengisi pori, bahan pengisi udara, perubahan proporsi pasir kepada agregat kasar, perubahan gradasi pasir, atau dengan menggunakan tambahan semen (Murdock dan Brook, 1991 : 84).

Bahan campuran seharusnya hanya berguna kalau sudah dievaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan dipergunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh-contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya.

Teknologi beton plastis telah banyak digunakan sebelumnya, misalnya di Jerman dan Jepang dengan berbagai macam penggunaan struktur. Beton plastis ini didapat dengan memanipulasi (memperbaiki, merubah, membentuk) sedemikian rupa terhadap sifat-sifat beton dengan memasukkan bahan tambahan diluar bahan pengisi utama, baik berbentuk, serat, cairan, serbuk, mineral ataupun bahan kimia tambahan sampai bahan-bahan non-kimia.

Untuk memilih bahan tambahan (khususnya) dalam perencanaan beton plastis, sekurang-kurangnya bahan tambahan yang dipakai harus mempunyai sifat plastisitas yang baik. Salah satu diantara bahan tersebut adalah *bentonite*.

Bentonite yang diproduksi oleh Indobent dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain penggunaan *bentonite* dalam konstruksi sipil dengan menggunakan Indobent Grade-A. yaitu untuk dinding inti bendungan, kolam-kolam, saluran irigasi, menutup kebocoran waduk, membantu mencegah perembesan air dan bangunan yang serupa. *Bentonite* produksi Indoben antara lain adalah untuk :

1. Bahan penjernih minyak kelapa dan kelapa sawit,
2. pengolahan air limbah,
3. pemboran air bersih, dan
4. pemboran minyak dan gas bumi, baik didarat maupun di laut.

3.3. Sifat-sifat Beton

Menurut Murdock dan Brook (1991), sifat-sifat beton terdiri atas : 1. Kuat tekan, 2. Kuat Tarik dan Lentur, 3. Kekuatan Geser, 4. Perubahan Bentuk Karena Pembebanan, 5. Modulus Elastisitas, 6. Angka Perbandingan Poisson, 7. Rayapan, 8. Penyusutan Kering dan Rambatan, 9. Retak-Retak Plastis, 10. Pengaruh Suhu, 11. Keawetan, 12. Sifat Kedap Air, 13. Daya Tahan Terhadap Kikisan. 14. Daya Penutup Retak-Retak.

Kesesuaian antara sifat-sifat beton sangat mempengaruhi mutu dari beton. Berikut uraian singkat dari beberapa sifat-sifat beton.

3.3.1. Kuat Tekan

Beton dapat mencapai kuat tekan/kuat hancur sampai 80 N/mm^2 (12.000 lb/in^2) atau lebih, tergantung pada perbandingan air semen serta tingkat pematatannya. Kuat hancur antara 20 dan 50 N/mm^2 pada umur 28 hari bisa diperoleh dilapangan dengan pengawasan pekerjaan yang baik, perbandingan campuran semen : pasir : agregat kasar sebagai $1 : 2 : 4$. Dalam jenis konstruksi tertentu seperti bantalan rel kereta api pra-cetak, kekuatan berkisar antara 40 sampai 65 N/mm^2 pada umur 28 hari, yang dicapai dengan menggunakan campuran yang banyak semennya dan rendah perbandingan semennya.

Kuat tekan dari beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air semen dan tingkat pematatannya. Faktor-faktor penting lainnya :

1. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton,
2. jenis dan lekak-lekuk (*relief*) bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun tarik yang lebih besar dari pada kerikil halus dari sungai,
3. efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji, dan
4. suhu, pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.

Umur pada keadaan yang normal, kekuatan beton bertambah dengan umurnya kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen, misalnya semen dengan kadar alumina yang tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam sama dengan semen portland biasa pada umur 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun (Murdock dan Brook, 1991 : 8).

3.3.2. Kuat Tarik dan Lentur

Kuat tarik dan lentur beton berkisar antara seperdelepan belas kuat desaknya pada waktu umurnya masih muda, dan berkisar antara seperduapuluh sesudahnya. Biasanya tak diperhitungkan di dalam perencanaan bangunan beton. Kuat tarik merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan suhu dan

kadar air. Pengujian kuat tarik diadakan untuk pembuatan beton konstruksi jalan raya dan lapangan terbang.

Pengukuran kuat tarik secara langsung sukar dilakukan, dan jarang dicoba. Terdapat dua buah cara untuk merintis usaha mendapatkan kekuatan tarik. Yang pertama menghasilkan besaran kuat tarik dalam keadaan lentur. Menguraikan secara terperinci, bagaimana membuat dan merawat benda uji untuk pengujian lentur, serta dari cara pengujian.

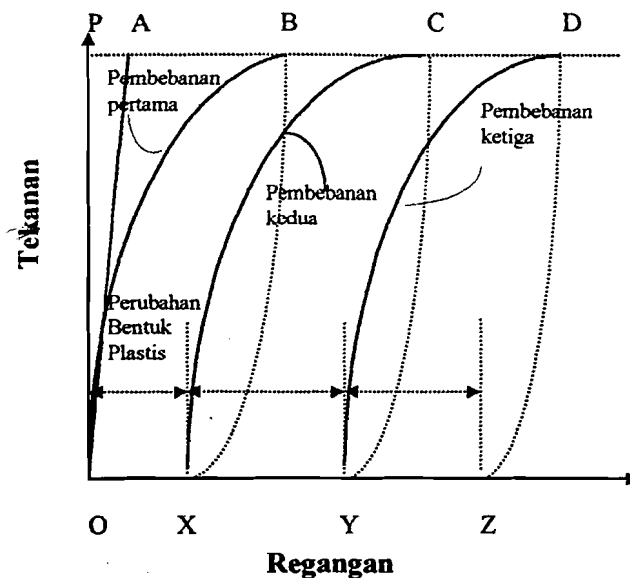
3.3.3. Regangan dan Tegangan

Bilamana beton dibebani, perubahan bentuk terjadi dan bertambah sesuai dengan pertambahan beban, sebagaimana baja dan bahan-bahan lain. Pada baja terjadi perubahan bentuk secara elastis pada pembebanan di bawah batas elastis, sedemikian sehingga benda uji kembali kepada bentuk semula bila beban uji ditiadakan. beton berubah bentuk sebagian mengikuti regangan elastis dan sebagian mengalami regangan plastis atau rayapan. Hal ini digambarkan pada Gambar 3.1 dimana diperlihatkan kurva tegangan dan regangan untuk pembebanan yang bertambah terus menerus.

Hubungan yang ada pada elastis, seperti baja, ditunjukkan oleh garis lurus OA, sedangkan untuk bahan yang sebagian plastis, seperti beton, diperlihatkan oleh garis OB. Pada waktu beban ditiadakan suatu benda uji beton telah ditekan sampai titik B. Kemudian regangan elastis menghilang, tetapi regangan plastis tetap dan diperlihatkan oleh OX. Pengaruh dari pada beban yang diulang-ulang diperlihatkan juga dimana perubahan bentuk akibat regangan plastis XY, YZ yang berkurang pada

tiap pengulangan beban, meskipun jumlah perubahan bentuk atau rayapan OX, OY, OZ, terus menerus bertambah.

Regangan ini diperjelas gambarnya dari sebenarnya; di dalam batasan rencana beban yang normal, kurva tekanan regangan beton untuk maksud praktis adalah suatu garis lurus.



Gambar 3.1: Kurva tekanan regangan pada beton yang dibebani tidak tetap berulang-ulang (Murdock dan Brook, 1991 :10)

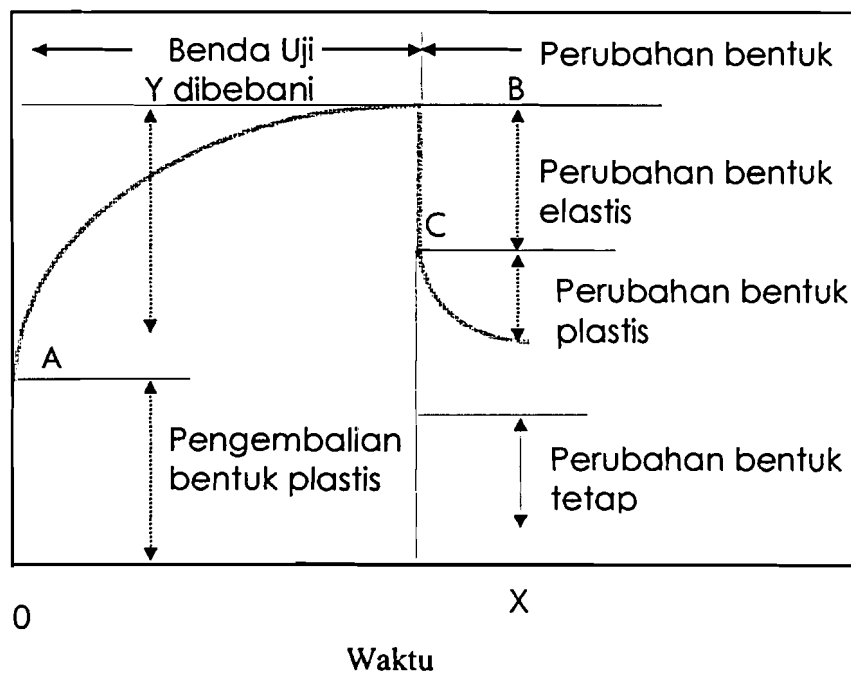
Bilamana beban ditambah melebihi batas rencana, kurva tekanan-regangan jauh menyimpang dari garis lurus, dimana diperlihatkan bahwa tekanan dan regangan tidak lagi berbanding lurus pada tujuan praktis. Batas dari ketidaklurusan perbandingan antara 25 sampai 75 persen dari kekuatan batas, dengan 40 persen sebagai harga rata-rata.

Bilamana beton dibebani dengan beban tetap, perubahan bentuk yang diakibatkan dapat dibagi atas dua buah bagian; perubahan bentuk yang timbul seketika ketika beban bekerja, dan rayapan atau aliran plastis yang mulai beban bekerja, serta terus menerus bertambah tanpa penambahan besaran beban dalam

jangka waktu benda uji mengalami pembebanan. Perubahan bentuk menerus sesuai dengan waktu, dibawah beban tetap digambarkan pada Gambar 3.2, oleh garis AB. Bilamana pada waktu X beban ditiadakan, terdapat pengembalian bentuk elastis BC yang sama dengan perubahan bentuk elastis OA. Pengembalian bentuk plastis, yang jauh lebih kecil dari pada rayapan atau aliran plastis AY, kemudian akan mengikutinya secara perlahan-lahan (Murdock dan Brook, 1991 :10).

3.3.4. Modulus Elastisitas

Tolok ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan.



Gambar 3.2: Ilustrasi dari perubahan bentuk beton yang dibebani
(Murdock, 1991: 11)

$$\text{Modulus Elastisitas}(E) = \frac{f}{\varepsilon}$$

$$\text{dimana : } f = \frac{W}{A}$$

adalah tekanan yang diberikan, W adalah beban dan A adalah luas tampang melintang.

$$\varepsilon = \frac{x}{L}$$

adalah perubahan bentuk per satuan panjang atau regangan, x adalah perubahan bentuk dibawah beban W, dan L adalah panjang dari batang.

A, x dan L diukur dalam satuan yang sama.

Beton adalah bahan yang bukan benar-benar elastis, seperti yang telah diterapkan, dan kurva tekanan regangan dari beban yang terus-menerus bertambah adalah jenis yang digambarkan pada OB dalam Gambar 3.1, kelengkungan diperbesar daripada yang sebenarnya agar lebih jelas. Bila mana tak ada perubahan bentuk plastis, maka kurva akan menjadi garis lurus OA, yang merupakan garis singgung OB pada titik awal O.

Modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dapat dihitung dari garis singgung OA, tetapi untuk maksud praktis biasanya ditentukan besarnya modulus pada tekanan yang dipilih sembarang, dan bekerja pada suatu kecepatan tertentu. disini diperhatikan juga gerakan akibat rayapan.

$$\text{Maka modulus elastisitas itu besarnya adalah : } \frac{OP}{PB} = \frac{f}{\varepsilon}$$

Dalam hal ini perlu untuk mengatur pembebanan pada kecepatan yang tertentu karena beton mempunyai waktu yang cukup banyak untuk rayapan pada kecepatan

pembebanan yang lebih rendah. Oleh karena rayapan dipengaruhi oleh sejumlah faktor, maka modulus elastisitas juga terpengaruh.

Modulus elastisitas tidak berkaitan langsung dengan sifat-sifat beton lainnya, meskipun kekuatan yang lebih tinggi biasanya mempunyai harga ε yang lebih tinggi juga. Untuk beton normal modulus elastisitas berkisar antara 25 - 36 kN/mm². Sebagaimana seperti umumnya, modulus elastisitas juga bertambah, dan juga perlu dicatat, karena cukup penting bahwa batang beton yang terjepit sudah berada pada suatu tingkat regangan karena, misalnya suatu pendinginan setelah pengerasan awal, sehingga terjadi kenaikan tekanan tarik. Hal ini teratasi sebagian oleh pengaruh dari rayapan seperti diterangkan diatas. Bila tertahan sepenuhnya maka tekanan pada suatu waktu diberikan dengan rumus biasa, yaitu : $f = E \cdot \varepsilon$

Dimana, f = tegangan beton

E = modulus elastisitas beton

ε = regangan beton

3.3.5. Rayapan

Aliran plastis dan rayapan telah disebutkan dalam hubungannya dengan modulus elastisitas. Rayapan adalah perubahan bentuk yang non-elastis dibawah suatu pembebanan yang diduga disebabkan oleh penutupan pori-pori dalam, aliran dari pasta semen, pergerakan kristal di dalam agregat dan terjadinya penekanan dari gel semen karena adanya tekanan. Di dalam praktek rayapan dan penyusutan kering biasanya timbul secara bersama dan kadang-kadang membingungkan. Pengecualian terdapat pada konstruksi bendungan, terowongan dan pekerjaan dibawah tanah

lainnya, dan konstruksi pejal di mana hanya sedikit atau hampir tidak ada pengeringan yang terjadi.

Rayapan berguna di dalam memungkinkan pengaturan kembali tekanan, bilamana suatu tegangan lokal yang besar intensitasnya dapat mengancam rusaknya konstruksi. Dalam hal ini keuntungan dari rayapan tergantung pada keadaan sekitarnya. Misalnya, bilamana beton ditulangi dengan baja, rayapan umumnya memprakarsai suatu pengalihan beban dari beton kepada baja tulangan. Hal ini mungkin dapat membebaskan beton dari suatu tegangan tinggi, tetapi mungkin juga mengakibatkan tegangan yang berlebihan pada baja tulangan.

Pada beton pra-cetak, rayapan mempunyai akibat sebaliknya yaitu terjadinya pengurangan dari kawat atau kabel pra-tekan; oleh karena itu perlu untuk memberikan kesempatan ini dengan menambah pra-tegangan awal.

Rayapan mengurangi kecenderungan terjadinya retak dalam batang tekan yang tertahan kedua ujungnya, dengan melepaskan tegangan akibat penyusutan. Semakin tinggi persentase tulangan dan semakin besar penahan kedua ujung batang beton, maka demikian juga halnya kecenderungan untuk terjadi retak, tetapi penahanan mempunyai akibat yang menguntungkan, karena retak-retak diinduksikan pada interval yang lebih sering, retak-retak ini biasanya sangat halus dapat diabaikan karena tidak begitu penting.

Rayapan pada beton yang tidak bertulang kira-kira berbanding lurus dengan perbandingan dari tegangan pada kekuatan beton dalam batasan normal yang dipakai didalam rencana, tetapi bilamana keruntuhan semakin dekat, kecepatan dari rayapan juga bertambah dengan cepat.

Kecepatan dari rayapan bergantung kepada faktor-faktor berikut ini :

1. Semakin besar kenaikan kekuatan, rayapan makin dapat dikurangi karena perbandingan tegangan/kekuatan juga berkurang. Tetapi ada hal lain yang malahan menaikkan tegangan, misalnya penyusutan dari suatu batang tertahan kedua ujungnya,
2. Semen, pengaruh semen terhadap rayapan tidak begitu penting kecuali bilamana rayapan dihubungkan dengan angka perbandingan tegangan/tekanan dari beton,
3. perbandingan campuran, rayapan berkurang bilamana perbandingan air semen dan volume dari pasta semen juga berkurang. Pergerakan dari campuran yang sangat basah mungkin sebesar dua kali dari campuran jenis yang kering,
4. agregat, rayapan makin bertambah bilamana agregat semakin halus dan biasanya bertambah besar lagi bila dipakai agregat yang berongga,
5. perawatan, rayapan berkurang ketika hidrasi semen telah berlangsung, sedemikian sehingga beton mengalami rayapan terus pada waktu basah yang besarnya kurang dibandingkan bila dirawat dalam udara terbuka. Pergantian dari basah ke kering mengakibatkan meningkatnya rayapan, dan
6. umur, kecepatan rayapan berkurang sejalan dengan umur beton. Rayapan pada satu tahun dapat mencapai dua kali dibanding pada umur 28 hari, tetapi penambahan rayapan lebih lanjut sebesar 20 persen mungkin membutuhkan 5 tahun. Rayapan batas setelah 20 atau 30 tahun mungkin sebesar 30 sampai 40 persen diatas satu tahun itu.

3.3.6. *Workabilitas*

Istilah *workabilitas* sulit didefinisikan secara tepat, dalam uraiannya mengandung sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah :

1. Kompaktibilitas atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil,
2. mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir kedalam cetakan disekitar tulangan dan dituangkan kembali, dan
3. stabilitas, atau kemampuan beton tetap sebagai massa yang homogen; saint homogen; koheren dan stabil selama dikerjakan, digetarkan tanpa terjadi agregasi/pemisahan butiran dari bahan utama butirannya

3.4. Bahan Tambahan (*admixture*)

Bahan campuran tambahan (*admixture*) adalah bahan selain unsur pokok beton (semen, air, agregat) berkisar pada campuran bahan kimia sampai pada penggunaan bahan buangan yang dianggap potensial, dan ditambahkan pada adukan sebelum, segera atau selama pengadukan beton segar. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton yang spesifik dalam keadaan segar atau setelah mengeras.

Bahan campuran seharusnya hanya berguna kalau sudah dievaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan dipergunakan. Dalam hal-hal yang meragukan terutama untuk pekerjaan khusus, perlu diadakan pemeriksaan pada contoh yang mewakili, agar diperoleh informasi yang dapat dipercaya. Bahan tambahan biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif

sedikit, dan pengawasan yang ketat, harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan memperburuk sifat beton.

Produk bahan kimia pembantu yang komersial jenisnya sering dikombinasikan. Hanya sedikit informasi secara detail yang diperoleh, terutama tentang komposisi kimianya, sehingga sukar mengestimasi semua pengaruhnya pada beton. Karena itu perlu pertimbangan untuk memakai produk yang sudah dikenal, bila perlu dicoba dengan campuran percobaan. Efek dari bahan ini bisa berbeda untuk pemakaian merk semen yang berbeda (Nugraha, 1990: 70).

3.4.1. Jenis-jenis Bahan Tambahan

Bahan tambahan berkisar pada senyawa bahan kimia sampai pada penggunaan bahan buangan yang dianggap potensial. Bahan kimia pembantu (*admixture*) terdapat bermacam-macam jenisnya.

Menurut ASTM terbagi menjadi ;

1. Jenis A : *Water reducer admixture* (mengurangi air).
2. Jenis B : *Retarder admixture* (memperlambat pengikatan).
3. Jenis C : *Accelerator admixture* (mempercepat pengikatan)
4. Jenis D : *Water reducer dan retarder admixture*.
5. Jenis E : *Water reducer dan accelerator admixture*
6. Jenis F : *Superplasticizer admixture*.
7. Jenis G : *Superplasticizer dan retarder admixture*.

3.4.2. Fungsi Bahan Tambahan

1. *Water reducer admixture.*

Sesuai dengan namanya, *admixture* jenis ini berguna untuk mengurangi air campuran tanpa mempengaruhi *workabilitas*. Ini dimungkinkan karena fungsinya sebagai pelumas meskipun tanpa menambah air sampai berapa jauh pengurangan kadar air dengan menggunakan bahan campuran ini tergantung dari karakteristik campurannya, namun umumnya 5 - 10 persen.

Kegunaan *water reducer admixture* antara lain :

1. Mengurangi air tanpa mempengaruhi *workabilitas*, dan
2. pemakaian semen lebih sedikit untuk kekuatan dan *workabilitas* yang sama.

Kelemahan *water reducer admixture* adalah bila pemakaiannya berlebihan akan menyebabkan cacat pada beton, juga dapat menyebabkan pemisahan (*segregation*).

Komposisi utama *water reducer admixture* adalah *ligno sulphonates* produksi sampingan dari industri kayu, atau garam-garam *hydroxylated carboxylic acid*. Bahan campuran pada kelompok *ligno sulphonates* menghasilkan beton yang agak kohesif, kecenderungan mengurangi *bleeding* (peresapan keluar air semen dari campuran beton) (Murdock dan Brook, 1991: 88).

2. *Retarder Admixture.*

Retarder adalah bahan kimia pembantu untuk memperlambat waktu pengikatan (*setting time*), sehingga campuran akan tetap mudah dikerjakan (*workable*) untuk waktu yang lebih lama. Penghambatan dan pengembangan

kekuatan beton pada umumnya tidak dikehendaki. Akan tetapi pengurangan kecepatan menyebarnya panas hidrasi sangat menguntungkan karena dapat mencegah timbulnya retak-retak pada bangunan yang sedang dilaksanakan pembetonan massal. Bahan ini paling berguna di negeri-negeri panas dimana beton harus dibawa sejauh tertentu dan untuk pekerjaan beton dalam jumlah besar di musim panas.

Mengenai mekanisme kerjanya, *retarder* akan membungkus butir-butir semen dengan OH⁻ sehingga memperlambat reaksi awal dari hidrasinya. Terbentuknya garam Ca dalam air akan mengurangi konsentrasi ion Ca²⁺ dan memperlambat kristalisasi selama fase hidrasi.

Kegunaan *retarder admixture* antara lain :

1. Memperlambat waktu pengikatan (*setting time*) dan pengerasan (*hardening*),
2. menghindari terjadinya sambungan dingin (*cold joint*),
3. untuk pengangkutan yang lama misalnya pada pembuatan beton jadi (*ready mix*), karena proses penundaan waktu pengikatan awal (*initial set*) dengan tetap menjaga *workabilitasnya*, dan
4. untuk kondisi penuangan yang sulit seperti pier dan penyemenan sumur minyak.

Kelemahan *retarder admixture* antara lain ;

1. Dapat mengakibatkan keluarnya air dari campuran beton (*bleeding*), dan
2. ada tendensi pengurangan kekuatan pada umur dini (1 sampai 3 hari).

3. *Accelerator admixture.*

Bahan kimia ini dipakai untuk mempercepat waktu pengikatan (*setting time*) reaksi hidrasi, terutama dipakai pada musim dingin dimana pengikatan terlalu lambat. Juga untuk mempercepat peningkatan kekuatan, namun harus hati-hati pemakaiannya pada iklim yang panas.

Komposisi kimia yang paling aktif adalah kalsium klorida. Selain itu juga dipakai garam-garam anorganik yang dapat larut (klorida, bromida, flourida, karbonat, nitrat, thiosulfat, silikat, aluminat, alkali hidroksida), susunan organik yang dapat larut (trithanolamine, kalsium format, kalsium asetat, kalsium propionat, kalsium butiran) dan bahan padat seperti mineral silika (Nugraha, 1990:75).

Kegunaan *accelerator admixture* antara lain :

1. Untuk mempercepat reaksi (pengikatan dan pengembangan kekuatan diri, terutama pada musim dingin), dan
2. dapat digunakan untuk menambal kebocoran pada tekanan air yang merata kesemua arah.

Kerugian pemakaian *accelerator admixture* antara lain :

1. Sifat mempercepatnya kurang berpengaruh pada daerah tropis, bahkan bisa berbahaya karena pengikatan yang terlalu cepat,
2. berpengaruh negatif pada kekuatan beton pada umur 28 hari dan kekuatan akhir, meskipun berpengaruh baik pada kekuatan dini,
3. pemacuan hidrasi menghasilkan panas, hal ini dapat menyebabkan terjadinya retak, dan

4. *accelerator* dari bahan klorida dapat menyebabkan korosi pada tulangan dan mengurangi ketahanan beton terhadap agresi sulfat.

Selain kerugian-kerugian diatas pemakaian yang over dosis dari *accelerator* dapat menyebabkan kesulitan pematatan dan dapat menambah susut pengeringan.

4. *Water reducer dan retarder admixture.*

Kegunaan *admixture* jenis ini ialah untuk mengurangi air tanpa mempengaruhi *workabilitas* sekaligus untuk memperpanjang waktu pada penuangan campuran beton. Campuran untuk kekuatan tinggi dapat dibuat kemudahan dalam pengerjaan tanpa kehilangan kepadatannya. Pada umumnya digunakan pada perusahaan *ready mix* untuk pengangkutan yang lama.

Bahan dasar yang digunakan ialah modifikasi garam *lignosulfate* atau asam *polyhidroxy carboxylic* dan garam-garamnya. Bahan dasar pertama menambah kadar udara, sedang yang kedua mengurangi kadar udara.

Proses hidrasi yang diperlambat akan menyebabkan puncak panas hidrasi yang lebih rendah, namun dalam pemakaiannya cenderung menyebabkan terjadinya *bleeding*.

5. *Water reducer dan Accelerator admixture.*

Admixture jenis ini mengurangi pemakaian air sekaligus mempercepat waktu pengikatan dan perkembangan kekuatan dini. Pemakaian *admixture* jenis ini biasanya berkisar antara 1 % sampai 2 % dari berat semen.

Komposisi kimianya, secara umum adalah modifikasi *lignosulfonate* yang bertindak sebagai asam aktif permukaan dan memaksa flokulasi butir semen

sebagaimana *admixture* jenis *water reducer*. Disamping itu terdapat juga kalsium klorida yang berfungsi mempercepat pengikatan seperti *admixture* jenis *accelerator*, sehingga didapat kekuatan awal yang tinggi. Sedang efek sampingnya sama dengan *accelerator admixture*.

6. *Superplasticizer admixture (water reducer, high range admixture)*.

Bahan kimia tambahan jenis ini merupakan bahan tambahan jenis baru yang telah dikembangkan dan telah banyak penggunaannya. Bila ditambahkan pada campuran beton *superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workabilitas* sampai pada tingkat yang cukup besar. *Superplasticizer* juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena mengurangi penggunaan air dengan mempertahankan *workabilitas* yang sama (Murdock dan Brook, 1991: 93).

Dalam hal *workabilitas* beton, *superplasticizer* juga dapat digunakan meningkatkan nilai slump sampai 20 cm, sehingga sangat berguna untuk pencetakan pada tempat yang terdapat tulangan yang rapat. Terutama digunakan pada beton mutu tinggi, karena mengurangi air sampai 30 %. (Nugraha, 1989:77)

Bahan ini juga memungkinkan beton untuk dicetak dengan cepat pada keadaan yang sesuai, seperti untuk pelat lantai dimana kecenderungan untuk meratakan diri sendiri mengurangi usaha-usaha dalam mencetak dan menghaluskan.

Superplasticizer pada umumnya tersedia dalam bentuk cairan dalam komposisi kimia antara lain :

- a. *Sulphonate melamine formaldehyde condensates*,
- b. *sulphonate naphthaline formaldehyde condensates*, dan

c. modifikasi dari *Lignosulfate*.

Dalam hal ini mekanisme kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut, anion berukuran koloidal dengan sejumlah besar polar group dalam mata rantai (N dan O). Sementara anion tersebut terdiri dari sekitar 60 group SO_3 . Dengan cara ini butir-butir semen secara kuat diberi muatan negatif, sehingga menghasilkan tolak menolak yang mempertinggi kecairan. Secara lebih detailnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Butir semen mempunyai kecenderungan untuk menjadi satu dan membentuk kumpulan (*floc*), yang menyebabkan air terjebak di dalamnya,
2. bahan kimia ini membawa muatan listrik negatif, dan jika dimasukkan kedalam air cenderung untuk berpindah ke permukaan air, dengan muatan listrik atau ujung tongkat yang aktif didalam air dan ekor di udara,
3. ekor dari permukaan yang aktif diserap oleh permukaan semen. Akibatnya partikel semen tidak menyatu lagi, sebab permukaan yang bermuatan sama akan saling tolak menolak, dan
4. akibat terjadinya gaya tolak-menolak tersebut, butir semen yang mengumpul tadi menjadi tersebar, sehingga air yang terjebak diantara butir semen tersebut terlepas.

Kegunaan *superplasticizer admixture* adalah :

1. Meningkatkan *workabilitas* yang lebih besar dari pada water reducer biasa, juga bisa mengurangi kebutuhan air,
2. memudahkan pembuatan beton yang sangat cair,
3. memudahkan pembuatan beton yang rapat atau bagian yang sukar dijangkau oleh pepadatan yang memadai, dan

4. karena tidak terpengaruh oleh perawatan yang dipercepat, dapat membantu mempercepat pelepasan kabel prategang dan acuan.

Kelemahan *superplasticizer admixture* antara lain:

1. Harga relatif mahal, dan
2. tidak adanya informasi tentang pengaruh jangka panjang dari *superplasticizer* pada beton dan baja tulangan.

Namun bukti-bukti yang ada, bahan kimia tambahan jenis ini merupakan bahan tambahan jenis baru yang telah dikembangkan dan telah banyak penggunaannya. Bila ditambahkan pada campuran beton *superplasticizer* mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas sampai pada tingkat yang cukup besar. *Superplasticizer* juga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton, karena mengurangi penggunaan air dengan mempertahankan *workabilitas* yang sama.

Dalam hal workabilitas beton, *superplasticizer* dapat meningkatkan nilai *slump* sampai 20 cm, sehingga sangat berguna untuk pencetakan pada tempat yang sulit seperti tempat yang terdapat tulangan rapat. Terutama digunakan menyatakan bahwa tidak ada alasan untuk tidak percaya bahwa bahan ini dapat menurunkan daya awet dari beton bertulang (Murdock dan Brook, 1991 : 93- 94).

7. *Superplasticizer* dan *retarder admixture* (*water reducer high range* dan *retarding admixture*).

Bahan kimia tambahan jenis ini bersifat mengurangi jumlah air sampai 12% atau lebih dan sekaligus memperlambat pengikatan semen dengan air. Komposisi kimianya sama dengan jenis *superplasticizer*, tetapi bahan yang bersifat

memperlambat lebih banyak. Bahan utamanya adalah modifikasi asam *poly hidroxy-carboxylic* dan garam-garamnya.

Prinsip cara kerjanya sama dengan jenis *retarder* dan jenis *superplasticizer*. Mengkombinasikan pengaruh *superplasticizer* dan *retarder*, yaitu meningkatkan *workabilitas* dan memperlambat waktu pengikatan yang jauh melebihi hasil dari pemakaian jenis *retarder*. Sedang dosis yang digunakan biasanya 300 - 2000 ml per 50 kg semen.

3.5. Klasifikasi Mutu Beton

Klasifikasi kelas dan mutu beton ini sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia Sub Bab 4.2.1 dan 4.2.2. Dalam Sub Bab 4.2.2, diuraikan bahwa beton untuk konstruksi beton bertulang dibagi dalam mutu dan kelas sebagai berikut :

- A. Beton kelas I adalah beton untuk pengerjaan-pengerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton kelas I ini dinyatakan dengan B_0 ,
- B. beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standart : B_1 , K_{125} , K_{175} , K_{225} . Pada mutu B_1 , pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan . pada mutu-mutu K_{125} , K_{175} dan K_{225} , pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang

ketat terhadap mutu bahan-bahan dengan keharusan memeriksa kekuatan beton secara kontinyu menurut Pasal 4.7, dan

- C. beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm². Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinyu. Mutu beton kelas III

Tabel 3.1. Mutu dan Kelas Beton
(Departemen P.U, 1971b : 35)

Kelas	Mutu	(Kg/cm ²)	dg.s = 46 (Kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan Terhadap	
					Mutu Agregat	Kuat Tekan
I	Bo	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K ₁₂₅	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K ₁₇₅	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K ₂₂₅	225	300	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

dinyatakan dengan huruf "K" dengan angka dibelakangnya yang menyatakan kekuatan karakteristik beton yang bersangkutan.

Pembuatan beton sebenarnya tidak semudah mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran sebagaimana apa yang bisa kita lihat dalam pembuatan bangunan sederhana, tetapi harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton yang baik. Didalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, pada Sub Bab 4.3 dijelaskan tentang campuran beton untuk masing-masing kelas, yang didefinisikan sebagai berikut :

1. Untuk beton mutu Bo dapat dipakai setiap campuran yang lazim dipakai untuk pekerjaan non-struturil, dengan syarat perbandingan jumlah pasir dan kerikil batu pecah terhadap jumlah semen, tidak boleh melampaui 8 : 1,
2. untuk beton mutu B1 dan K₁₂₅ harus dipakai campuran nominal semen, pasir, dan kerikil batu pecah dalam perbandingan 1 : 2 : 3 atau 1 : 10 : 20,
3. untuk beton mutu K₁₇₅ dan mutu lainnya yang lebih tinggi, hanya dipakai campuran beton yang direncanakan. Yang diartikan dengan campuran beton yang direncanakan adalah campuran yang dapat dibuktikan dengan data otentik dari pengalaman-pengalaman pelaksanaan beton diwaktu yang lalu atau dengan data dari percobaan-percobaan pendahuluan, bahwa kekuatan karakteristik dapat tercapai, dan
4. dalam melaksanakan beton dengan campuran yang direncanakan jumlah semen minimum dan nilai faktor semen maksimum yang dipakai harus disesuaikan dengan keadaan sekelilingnya. Dalam hal ini dianjurkan untuk memakai jumlah-jumlah semen minimum dan nilai faktor air semen maksimum yang tercantum dalam Tabel 4.3.4. PBBI'1971 dimana faktor air semen tersebut berlaku untuk agregat yang berada dalam keadaan kering.

3.6. Bahan-Bahan Penyusun Beton

3.6.1. Semen Portland

Semen portland atau disingkat SP adalah sejenis bahan ikat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *clinker* yang terutama terdiri dari silika-silika kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan.

Semen portland diperoleh dari hasil pembakaran bahan-bahan dasar yang terdiri antara lain batu kapur (yang mengandung CaO) dan tanah geluh/serpih yang mengandung H₂O dan SiO₂. Disamping itu ada tambahan bahan lain sesuai dengan jenis semen yang diinginkan. Campuran dari bahan tersebut diatas selanjutnya dibakar dalam tanur bakar, hingga diperoleh butir-butir *clienker*. Kemudian klingker digiling halus secara mekanik sambil ditambahkan gips tak terbakar. Hasilnya berbentuk tepung kering yang dimasukkan dalam kantong-kantong semen, yang beratnya umumnya 40-50 kg.

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi 10 % saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol.

3.6.1.1. Jenis-jenis dan Kegunaan

Berdasarkan atas tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi dalam 6 (enam) jenis, yaitu ;

1. Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya,
2. Jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agar tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.

4. Jenis IV : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat, dan
6. *Oil Well Cement* : Merupakan semen khusus yang dipergunakan pada konstruksi sumur minyak bumi dan gas alam yang mempunyai kedalaman tertentu.

3.6.1.2. Sifat-sifat Semen Portland

Penggolongan jenis semen satu terhadap semen yang lain dapat terjadi karena komposisi kimia maupun secara fisis yang menyusun mempunyai standart teknis berbeda-beda (disesuaikan dengan karakter yang diinginkan dalam penggunaannya dalam suatu konstruksi). Secara singkat dapat diuraian sebagai berikut :

3.6.1.2.a. Susunan Kimia

Karena bahan dasarnya terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semennya. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan empat unsur yang paling penting yaitu :

1. Trikalsium Silika (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$,
2. Dikalsium Silika (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$,

3. Trikalsium Aluminat (C_3A) atau $3CaO \cdot Al_2O_3$,
4. Tetra Kalsium Aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO \cdot Al_2O_3$.

Tabel 3.2. Unsur Kimia Semen Biasa
(Tjokrodimulyo, 1992 : 23)

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO_2)	17-25
Alumina (Al_2O_3)	3-8
Besi (Fe_2O_3)	0.5-6
Magnesia (MgO)	0.5-4
Sulfur (SO_3)	1-2
Soda/Potash ($Na_2O + K_2O$)	0.5-1

Huruf dalam tanda kurung pertama hanyalah simbol dari komponen tersebut. Dua unsur yang pertama (1 dan 2) berkisar antara 70 sampai 80 persen dari semen, sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen.

3.6.1.2.b. Hidrasi Semen

Bila semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung dalam arah keluar dan kedalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap dibagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam secara bertahap akan terhidrasi, sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2 - 5 jam (periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. Pada tahapan hidrasi berikutnya, pasta semen terdiri dari gel (suatu butiran yang sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang sangat besar), dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium hidroksida $Ca(OH)_2$ dan air, serta beberapa senyawa yang lain. Kristal-kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan

membentuk suatu rangkaian tiga dimensi yang saling merekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan munculah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi benda yang padat dan kuat. Dengan demikian pasta semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori, dengan ukuran pori bervariasi dari yang sangat kecil (4×10^{-7} mm) sampai yang lebih besar. Pori-pori ini disebut pori-pori gel, pori-pori yang berada didalam pasta semen yang sudah keras itu mungkin saling berhubungan tapi mungkin juga tidak. Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi pada permukaan butiran semen membuat difusi air kebagian dalam yang belum terhidrasi semakin sulit, sehingga laju hidrasi semakin lambat. Proses hidrasi ini bisa berlangsung sampai 50 th, sehingga kekuatan tekan beton akan terus naik.

3.6.1.2.c. Sifat Fisik Semen

Semen portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan baik yang masih berbentuk bubuk kering maupun yang pasta semennya yang sudah keras, juga betonnya yang dibuat dari semen tersebut. Sifat fisik semen salah satunya adalah kehalusan butir, dimana reaksi antara semen dan air dimulai dari permukaan butir-butir semen, sehingga semakin luas permukaan butir-butir semen (dari berat semen yang sama) makin cepat proses hidrasinya. Hal ini berarti bahwa, butir-butir semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dari pada semen dengan butir-butir yang lebih kasar. Secara umum, semen berbutir halus meningkatkan kohesivitas pada beton segar

(*fresh concrete*) dan dapat pula bleeding, akan tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut peraturan, paling sedikit 78 % berat semen harus dapat lewat ayakan nomor 200 (lubang 1/200 inc). Namun perlu dicatat, bahwa jika butir-butir semen terlalu halus, sifat semen akan menjadi kebalikannya, karena terjadi hidrasi awal (Tjokrodimulyo, 1992:2.7).

3.6.2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kurang lebih menempati 70 % volume dari beton atau mortar. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar beton, sehingga pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan mortar beton.

Secara garis besar agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Agregat halus yaitu agregat yang berbutir kecil yang lolos ayakan no. 4, dan
2. agregat kasar yaitu agregat yang berbutir kasar, tertahan pada ayakan no. 4.

3.6.3. Pasir

Pasir merupakan bahan batuan dengan ukuran kecil 0,15-5mm. Dalam hal ini, pasir diidentifikasi sebagai agregat halus. Pasir diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alami atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena

beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau tepi laut. Oleh karena itu pasir digolongkan menjadi 3 (tiga) macam :

1. Pasir Galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, sudut berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci,

2. pasir sungai

pasir diperoleh dari sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir-butir agak kurang karena butir yang bulat. Karena besar butirannya kecil maka baik dipakai untuk memplester tembok. Juga dipakai untuk keperluan yang lain.

3. pasir laut

pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu basah dan mengakibatkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Oleh karena itu sebaiknya pasir laut jangan dipakai.

Pasir diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran yang diinginkan dengan cara meledakkan, memecahkan, menyaring dan sebagainya. Dari kronologinya agregat alam maupun yang hasil pemecahan dapat dibagi menjadi beberapa jenis kelompok yang memiliki sifat-sifat khusus (Tjokrodimulyo, 1992 : 3.4).

3.6.4. Batu Pecah Atau Kerikil

Batu pecah atau kerikil merupakan batuan yang mempunyai ukuran antara 5 - 40 mm. Proses memperoleh batu pecah atau kerikil biasa dengan menggunakan alat pemecah atau bisa dengan cara alami seperti batuan sungai.

Batuan yang apabila dipecah bisa digunakan untuk campuran beton antara lain :

1. Batu kapur adalah suatu batuan hasil sedimentasi yang komposisi utamanya adalah kalsium karbonat. Semakin keras jenis batuan ini maka semakin cocok untuk pembuatan beton, seperti di daerah Debyshire dan Mendips,
2. batu api, terdiri dari bermacam-macam jenis batuan seperti granit, basalt, dolerit, gabbros. Granit merupakan batu api yang paling baik untuk beton dikarenakan sangat keras, ulet dan padat,
3. *sand stone*, semua jenis ini sangat baik untuk agregat terutama yang mempunyai komposisi *quart* yang terikat oleh oksida besi terhidrasi atau amorphous silika, dan
4. batuan metamorfosa, batuan ini memiliki karakter yang bervariasi terutama marmer dan *quartzites* yang sifatnya pejal, padat, serta ulet dan kuat.

Akan tetapi sebaiknya agregat yang digunakan untuk bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk agregat antara lain sebagai berikut :

1. Harus mempunyai variasi besar butiran (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit (untuk pasir modulus halus butirnya anatar 1,50 - 3,80 mm). Pasir seperti ini hanya memerlukan pasta semen yang sedikit,
2. butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin uji *Los Angeles* atau bcjana *Rudolff*,

3. tidak boleh mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm dan tidak boleh lebih dari 5% agregat halus. (prosentase berat dalam keadaan kering),
4. harus yang benar-benar tidak mengandung zat organik,
5. tidak boleh mengandung bahan garam, minyak dan sebagainya, dan
6. bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca.

Untuk beton tingkat keawetan yang tinggi, agregat halus mempunyai reaktif yang negatif terhadap alkali.

3.6.5. Air

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan, perawatan beton, pemadatan kapur, adukan pasangan dan plesteran.

Air digunakan untuk pembuatan adukan seperti bubur kental dan juga sebagai bahan untuk menimbulkan reaksi pada bahan lain untuk dapat mengeras, seperti fungsinya dalam pekerjaan pembuatan beton. Oleh karena itu air sangat dibutuhkan didalam pelaksanaan pekerjaan pasangan, sehingga tanpa air konstruksi pasangan tidak akan terlaksana dengan baik dan sempurna. Syarat-syarat air untuk keperluan tersebut adalah :

1. Air harus bersih, dengan kata lain bebas dari bahan organik, seperti kotoran hewan, kotoran manusia dan tumbuh-tumbuhan,
2. air tidak boleh mengandung minyak, lumpur, garam, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual dan zat-zat lain,
3. tidak mengandung benda-benda tersuspensi, lebih dari 2 gram/liter,

4. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut yang dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat,
5. bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10 %, dan
6. semua air yang mutunya meragukan harus dianalisis secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya,

Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat yang tersebut diatas, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 p.p.m.

3.6.6. *Bentonite* Sebagai Material Tambahan

Bentonite bukan satu-satunya bahan yang dimungkinkan dapat dicampurkan sebagai bahan tambahan pada pengolahan beton. Pemilihan material ini diharapkan dapat memperbaiki atau merubah sifat-sifat beton. Wujud *bentonite* yang diamati saat mata telanjang tampak seperti tanah (dalam bentuk serbuk), dan seperti lumpur apabila bersenyawa dengan air.

Untuk produksi PT. Indobent Wijaya Mineral, *bentonite* mempunyai kehalusan sekitar 400 mesh. Dengan sifat plastis dan koloidal tinggi, *bentonite* akan cenderung membentuk beton yang plastis dan kohesif, dimana mempunyai kecenderungan mereduksi air dan sifat-sifat lain yang akan diteliti.

3.6.6.a. Sifat Fisik dan Minerologi *Bentonite*

Seperti dalam pembahasan terdahulu, kandungan mineral yang mendominasi *bentonite* adalah montmorolonit, dimana montmorolonit terdapat dalam habitat massa tanah dan secara fisik berbentuk kristal sukar dilihat (dibedakan). Mempunyai kekerasan antara 2 - 2,5 dan berat jenis antara 2 - 2,7 akan menurun dengan kadar air. Warna biasanya kelabu atau kelabu kehijauan. Goresan berwarna putih serta tidak mengkilap/baur.

Mineral lempung *smektit* memiliki butiran yang sangat halus dan secara kimia sangat aktif. Sejumlah substitusi ion mungkin terjadi dalam lapisan oktahedron. Salah satu contoh mineral smektit yang khas adalah montmorilonit. Mineral lempung montmorilonit dapat dengan mudah menyerap dan menghilangkan air.

Sedangkan *bentonite* sebagai material yang heterogen, mempunyai berat jenis yang relatif kecil berkisar (2,13 - 2,18), perbandingan secara jelas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.3. Nilai Khas Beberapa Jenis Mineral Tanah
(Bowles, 1991 : 44)

Mineral	Berat Jenis	Mineral	Berat Jenis
Bentonite	2,13 - 2,18	Muskovit (Mika)	2,80 - 2,90
Gypsum	2,30	Dolomit	2,87
Gibsit	2,30 - 2,40	Aragonit	2,94
Montmorillonite	2,40	Anhydrit	3,00
Felspar ortoklas	2,56	Boitit (Mika)	3,00 - 3,10
Illit	2,00	Hornblende	3,00 - 3,47
Kuarsa	2,60	Augit	3,20 - 3,40
Kaolit	2,60 - 2,63	Olivin	3,27 - 3,37
Klorit	2,60 - 3,00	Limonit	3,80
Felspar Plagioklas	2,62 - 2,76	Siderit	3,83 - 3,88
Talkum	2,70 - 2,80	Hermitit	4,90 - 5,30
Kalsit	2,80 - 2,90	Magnetit	5,17 - 5,18

3.6.6.b. Unsur Kimia *Bentonite*

Bentonite mempunyai struktur kimia yang tidak mengandung kalsium (Ca), sehingga apabila direaksikan dengan Asam klorida (HCl) akan membuih, gelembung-gelembung udara. Dalam kandungan struktur tanahnya mengandung natrium (Na) sebagai indikasi fungsi khas *bentonite*, yakni dapat mengembang (mereduksi air). Apabila kadar standart Na masih kurang, penambahan soda ash pada *bentonite* sangat diperlukan supaya fungsi mereduksi air (khususnya dalam pembuatan beton plastis) tetap optimal.

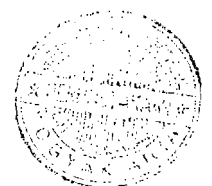
Tabel 3.4. Hasil Analisa Kimia Bentonite
(Dinas Vulkanologi dan Geofisika Gunung Merapi, 1997)

Unsur	Kandungan (%) Berat		Unsur	Kandungan (%) Berat	
	A	B		A	B
SiO ₂	48,2	47,21	K ₂ O	0,27	0,28
Al ₂ O ₃	16,19	16,38	MnO	0,12	0,13
Fe ₂ O ₃	12,13	12,84	TiO ₂	1,01	1,07
CaO	1,96	1,84	P ₂ O ₅	0,42	0,52
MgO	2,77	2,84	H ₂ O	6,18	6,1
Na ₂ O	2,44	2,56	HD	8,23	8,17

Produksi *Bentonite* di Indonesia didasarkan pada kebutuhan yang sangat besar terutama sektor industri dan eksplorasi-eksploitasi minyak, yang sementara bahan *bentonite* masih harus diimport untuk kebutuhan dalam negeri. Pada perkembangan fungsinya *bentonite* sangat membantu, baik secara teknis maupun non-teknis terhadap beberapa permasalahan pemberdayaan.

3.7. Hipotesis

Bentonite yang dicampurkan kedalam campuran beton merupakan bahan tambah yang difungsikan untuk memperbaiki sifat kimiawi beton yang digunakan. Perbaikan sifat kimiawi ini akan berpengaruh pada fisik beton, sehingga dapat meningkatkan kuat desak beton.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Pendahuluan

Dalam penelitian setiap pengumpulan data, harus ditentukan dahulu elemen atau obyek yang akan diteliti, elemen yang akan diteliti adalah silinder beton. Tujuan dari pengumpulan data tersebut adalah untuk mengetahui sifat-sifat atau hal-hal yang berhubungan dengan beton, dalam hal ini adalah kuat desak dan modulus elastisitas beton. Ukuran kuat desak beton sebagai benda uji mencerminkan mutu standart yang seragam dari sifat-sifat lain dari beton, seperti kuat tarik dan lentur, kuat geser, modulus elastisitas, rayapan, penyusutan kering, sifat awet, sifat kedap air, dan lain-lain.

Dalam penelitian ini variabel yang mempengaruhi kuat desak dan modulus elastisitas beton adalah variasi penambahan *bentonite* pada campuran beton. Sedangkan faktor lain seperti susunan gradasi, bentuk dan ukuran gradasi, kekerasan, perawatan selama proses pengerasan, cara pemadatan digunakan cara-cara standard agar pengaruhnya kecil terhadap kuat mesak dan modulus elastisitas beton.

Tahapan-tahapan pokok dalam penelitian ini dapat diuraikan melalui beberapa tahap berikut :

1. Pengujian terhadap bahan yang akan digunakan yaitu agregat halus, agregat kasar,
2. perhitungan rencana campuran dan pembuatan sampel,

3. perawatan benda uji selama 28 hari,
4. pengujian kuat desak dan modulus elastisitas (regangan) beton, dan
5. analisa data dan pembahasan.

Dari rangkaian percobaan pada penelitian ini akan diperoleh data. Data ini akan diolah guna membuktikan dasar teori yang ditetapkan. Untuk memperoleh data yang baik harus dilakukan secara cermat mulai dari persiapan, pembuatan sampel, pengujian dan pengolahan data hasil pengujian.

4.1.1. Persiapan Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan harus terlebih dahulu dipersiapkan, agar dalam pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

Bahan :

1. Semen Portland Pozolan merk Nusantara kemasan 40 kg jenis A,
2. agregat kasar dan halus yang berasal dari sungai Progo,
3. *bentonite* yang berasal dari PT. Indobent Wijaya Mineral, Pacitan,
4. air diambil dari Laboratorium BKT UII Yogyakarta.

Alat :

1. Oven untuk pengeringan agregat,
2. piring agregat untuk menampung agregat didalam oven,
3. mesin *Siever* untuk mengayak agregat halus maupun kasar,
4. ayakan untuk menyaring agregat,
5. timbangan untuk meninbang bahan-bahan,
6. gelas ukur untuk menakar air,

7. ember untuk menampung agregat,
8. kerucut *Abrams* untuk pengujian *slump*,
9. *mixer* listrik untuk pengadukan beton,
10. sekop besar untuk mengambil agregat yang jatuh dari *mixer* dan dimasukkan lagi ke dalam *mixer*,
11. sekop kecil untuk memasukkan adukan ke dalam cetakan,
12. penggaris untuk mengukur *slump*,
13. tongkat penumbuk untuk memadatkan benda uji,
14. cetakan silinder untuk tempat mencetak benda uji,
15. kaliper untuk mengukur benda uji,
16. kolam penampungan untuk perawatan beton,
17. mesin uji desak merk “control” untuk tes desak beton, dan
18. “compressometer” untuk mengetahui besarnya regangan.

4.1.2. Perhitungan Kebutuhan Campuran Adukan Beton

Sebelum pembuatan benda uji kita laksanakan, kita harus menghitung terlebih dahulu kebutuhan air, semen, pasir, kerikil. Untuk perhitungannya harus kita sesuaikan dengan kebutuhan yang akan kita buat.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Campuran yang kita pakai telah ditetapkan yaitu 1: 2: 3, dan nilai FAS 0.6, *slump* kita perkirakan 7-10 cm. Untuk mengetahui kebutuhan air per m³ , dilihat dari tabel 4.1. (berdasarkan buku “Teknologi Beton”, Tjokrodimulyo, 1992).

Tabel 4.1. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai *slump* ukuran maksimum agregat (liter)

<i>Slump</i> (mm)	Ukuran maksimum agregat(mm)		
	10	20	40
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai *slump* dan ukuran maksimum agregat. Sedangkan kita memakai ukuran agregat 38 mm. Setelah dihitung dengan perbandingan segitiga atau interpolasi didapat 183 liter atau 0,183 m³ per m³.

Sehingga kita dapat menghitung kebutuhan semen.

$$\text{kebutuhan.semen} = \frac{\text{kebutuhan.air}}{\text{FAS}} = \frac{0.183}{0.6} = 0.305 \text{ m}^3 \text{ atau } 305 \text{ kg per m}^3$$

Sehingga diperlukan kebutuhan per m³ nya adalah air : semen : pasir : kerikil yaitu 183 : 305 : 610 : 915 (kg). Tetapi kita hanya membutuhkan per satu adukan molen sebesar 7x isi dari cetakan silinder. $0.25 \times \pi \times 0.15^2 \times 0.30 \times 7 = 0.03711 \text{ m}^3$. Jadi campuran yang hanya kita butuhkan adalah (183x0.0371) : (305x0.0371) : (610x0.0371) : (915x0.0371) = 6.8 : 11.32 : 22.64 : 34 (kg) per molen.

4.2. Sampel Penelitian

Untuk memperkuat pemahaman ilmiah atas realita dan dapat diterima oleh akal sehat perlu didukung dengan bukti empirisnya yaitu dengan membuat sampel. Sebagian dari populasi yang bersifat dan ciri-cirinya akan diselidiki dan dianggap mewakili dari keseluruhan populasi yang disebut sampel.

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini maka sampel penelitian dibuat tiga jenis beton yaitu :

- a) Beton normal untuk dilakukan uji standard kuat desak dan modulus elastisitas (regangan) beton dengan faktor air semen 0.6,
- b) beton *bentonite*, beton dengan penambahan *bentonite* 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0% 4.25%, 4.5%, 4.75%, 5%, 5.25%, 5.5% (terhadap berat semen) untuk pengujian kuat desak dan modulus elastisitas beton.

Dari kedua macam benda uji tersebut diatas dilakukan perawatan selama 28 hari, jumlah masing-masing pada tiap variasi penambahan *bentonite* ada yang 6 dan 5 buah. Pengujian terhadap benda uji dilakukan terhadap semua benda uji yaitu :

- a) Uji kuat desak dan uji modulus elastisitas (regangan) standard tanpa penambahan *bentonite* pada waktu beton berumur 28 hari (6 sampel)
- b) Uji kuat desak dan modulus elastisitas beton dengan penambahan *bentonite* pada waktu beton berumur 28 hari (77 sampel)

Jadi jumlah total populasi sampel silinder beton ukuran diameter (ϕ) = 15 cm dan tinggi (h) = 30 cm adalah : $6 + 77 = 83$ sampel

Dari pengujian kuat desak dan modulus elastisitas tadi akan dibandingkan antara beton standard dengan beton *bentonite* (beton dengan penambahan *bentonite*).

4.3. Pemeriksaan dan Pengujian Benda Uji

Sebelum bahan penyusun beton digunakan untuk campuran beton terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah bahan layak digunakan atau tidak. Pengujian bahan hanya diterapkan pada agregat (halus dan kasar) bahan-bahan lain seperti semen, *bentonite* sudah diperoleh datanya dari produsen. Adapun standard yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ASTM, PBI '71 dan SKSNI.

4.3.1. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus sesuai dengan ASTM dan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI '71. Standard pengujian terhadap agregat halus sebagai berikut :

- a) Pengujian kadar lumpur dalam agregat halus,
- b) pengujian *specific gravity* dan *absorpsi* agregat halus, dan
- c) pemeriksaan gradasi agregat halus.

4.3.1.a. Pengujian Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Pasir adalah salah satu bahan dasar beton yang berfungsi sebagai agregat halus, untuk itu mutu dari material ini akan berpengaruh pada beton yang dihasilkan. Salah satu persyaratan yang harus dipenuhi yaitu kandungan lumpur dalam agregat halus disyaratkan tidak boleh lebih dari 5 % dari berat keringnya. Pengertian lumpur disini adalah bagian dari pasir yang lolos dari ayakan 0.063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci sebelum digunakan dalam campuran beton. Hal ini diatur dalam PBI '71 (PBI NI – 2 – 1971).

1. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian kadar lumpur dalam agregat halus untuk mengetahui besar kecilnya kandungan lumpur dalam pasir.

2. Alat dan Bahan

Alat : - Gelas ukur 250 cc - Cawan
- Timbangan neraca - Pipet
- Oven

Bahan : - Pasir 100 gram
- Air bersih

3. Pelaksanaan Pengujian :

- a) Mengambil agregat halus kering yang telah dioven selama 24 jam dengan suhu 110° C seberat 100 gram (G1),
- b) Mencuci pasir dengan air bersih yaitu dengan memasukkan pasir kedalam gelas ukur 250 cc dan menambahkan air bersih hingga permukaan air setinggi 12 cm di atas muka pasir, kemudian dikocok-kocok 10 kali kemudian didiamkan selama kurang lebih 2 menit. Air yang kotor dibuang tanpa ada pasir yang ikut terbang, langkah ini dilakukan sampai air tampak jernih,
- c) Menuangkan pasir ke dalam cawan, kemudian membuang sisa air dengan pipet, setelah itu pasir dikeringkan dalam oven bersuhu 110° C selama 24 jam,
- d) Mengambil pasir yang telah kering oven, dan dibiarkan dingin hingga mencapai suhu kamar, kemudian pasir tersebut ditimbang (G2),
- e) Menghitung prosentase kadar lumpur dalam pasir dengan rumus :

$$X = \frac{G1 - G2}{G1} \times 100 \% \quad (4.1)$$

Dimana x = Prosentase kadar lumpur pasir 5% maka pasir harus dicuci sebelum digunakan dalam campuran beton.

4.3.1.b. Pengujian *Specific Gravity* Agregat Halus

Untuk mengetahui mutu dari suatu agregat halus perlu diadakan pengujian *specific gravity* agregat halus :

1. Tujuan

- a) Untuk mengetahui harga *bulk specific gravity* yaitu berat jenis pasir dalam keadaan kering dengan volume keseluruhan,
- b) Untuk mengetahui *specific gravity* SSD yaitu berat jenis pasir dalam kondisi jenuh air kering permukaan atau harga perbandingan berat pasir jenuh kering permukaan dengan volume pasir total,
- c) Untuk mengetahui *apparent specific gravity* yaitu harga perbandingan berat pasir kering dengan volume pasir kering,
- d) Untuk mengetahui *absorpsi* yaitu besarnya air yang diserap oleh pasir.

2. Alat dan Bahan

- Alat : - *Volumetrik flash* - *Conical mould* - *Oven*
 - Neraca/timbangan - Pematat
- Bahan : - Agregat halus (pasir)
 - Air bersih

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Disiapkan pasir kering sebanyak 1000 gram,

- b) Pemeriksaan kondisi SSD (jenuh kering permukaan), pasir yang telah dibasahi air secukupnya dimasukkan kedalam conical mould 1/3 bagian ditumbuk 10 kali, tambahkan pasir hingga 2/3 bagian ditumbuk 10 kali, kemudian ditambah lagi pasir hingga penuh dan ditumbuk 10 kali. Angkat *conical mould* dan ukur penurunan pasir yang terjadi. Kondisi SSD tercapai bila kondisi penurunan pasir yang terjadi mencapai 1/2 dari tinggi *conical mould*,
- c) Bila pasir belum dalam kondisi SSD, maka pasir perlu diangin-anginkan terlebih dahulu dan kemudian diadakan pengujian lagi seperti diatas.
- d) Bila pasir sudah dalam kondisi SSD, ambil sebanyak 500 gram dan masukkan kedalam *volumetrik flash* dan direndam selama 24 jam,
- e) Setelah 24 jam, timbang berat *volumetrik flash* + pasir + air, pasir diambil dan ditimbang berat *volumetrik flash* + air. Kemudian pasir dioven selama 24 jam dan setelah itu ditimbang beratnya.
- f) Menganalisa hasil percobaan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{Bulk Specific Gravity Pasir} : \frac{C}{B+D-A} \quad (4.2)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} : \frac{D}{B+D-A} \quad (4.3)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} : \frac{C}{C+B-A} \quad (4.4)$$

$$\text{Absorpsi} : \frac{D-C}{C} \times 100\% \quad (4.5)$$

Keterangan :

A = Berat air + *Volumetrik flash* + pasir - C = Berat pasir Kering

B = Berat air + *Volumetrik flash*

- D = Berat pasir SSD

4.3.1.c. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Sifat kohesi dari campuran sangat ditentukan oleh gradasi agregat halus, kemudahan pengerjaan dan pemakaian semen juga ditentukan oleh gradasi ini.

1. Tujuan

Untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir, prosentase modulus kehalusannya

2. Alat dan Bahan

Alat : - Satu set saringan, dengan variasi diameter lobang 9,5 mm ; 4,75 mm ; 2,36 mm ; 1,18 mm ; 0.85 mm ; 0,30 mm ; 0,15 mm dan pan
- Neraca/timbangan
- Mesin penggetar

Bahan : - Pasir kering oven

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Menyiapkan pasir \pm 2000 mm,
- b) Memasang saringan dengan susunan sesuai urutan besar diameter lubang dan yang terbawah adalah pan,
- c) Menumpah pasir kedalam saringan teratas kemudian tutup rapat-rapat,
- d) Susunan saringan dipasang pada mesin penggetar lalu digetarkan selama 5 menit, lalu diangkat,
- e) Memindahkan pasir yang tertinggal dalam saringan kedalam cawan dan ditimbang,

f) Menganalisa modulus kehalusan pasir dengan rumus :

$$\text{Modulus Kehalusan Pasir} : \frac{a-b}{c} \times 100 \% \quad (4.6)$$

Keterangan : a = Σ Prosentase berat pasir yang tertinggal komulatif

b = Berat pasir dalam pan

c = Σ Prosentase berat pasir yang tertinggal

4.3.2. Pengujian Agregat kasar

Pengujian terhadap agregat kasar berdasarkan ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI '71. Pengujian terhadap agregat kasar antara lain :

- a) Pengujian *Specific gravity* dan *absorpsi*,
- b) Pengujian gradasi kerikil (agregat kasar),
- c) Pengujian keausan kerikil (agregat kasar),

4.3.2.a. Pemeriksaan *Specific Gravity* Agregat Kasar

Untuk mengetahui mutu dari agregat kasar perlu diadakan pengujian *specific gravity* agregat kasar. Dimana mutu kuat tekan beton juga ditentukan oleh kualitas agregat kasar.

1. Tujuan

Untuk mengetahui : a) *Bulk specific gravity*

b) *Specific gravity SSD*

c) *Apparent specific gravity*

2. Alat dan Bahan :

- Alat : - Bak air - *Container*
 - Neraca/timbangan - Cawan
 - Oven
- Bahan : - Batu pecah/kerikil
 - Air PDAM

3. Cara Pelaksanaan Pengujian

- a) Disiapkan sampel agregat kasar (kerikil) ± 3000 gram,
- b) Sampel dicuci dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam,
- c) Sampel diambil dan didiamkan hingga mencapai suhu kamar, kemudian ditimbang ± 3000 gram,
- d) Sampel ditimbang dalam air selama 24 jam,
- e) Menimbang agregat kasar dalam *container* yang terendam dalam bak air, dimana *container* tergantung pada neraca,
- f) Mengeringkan permukaan kerikil (keadaan SSD) dengan kain lap dan ditimbang beratnya,
- g) Menimbang berat *container* dalam air,
- h) Mencatat hasil penimbangan,
- i) Menganalisa hasil percobaan dengan rumus-rumus sebagai berikut :

$$\text{Bulk Specific Gravity Kerikil} : \frac{A}{B-C} \quad (4.7)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} : \frac{B}{B-C} \quad (4.8)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} : \frac{A}{A-C} \quad (4.9)$$

$$\text{Absorpsi} \quad : \quad \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (4.10)$$

Keterangan : A = Berat agregat kasar kering oven

B = Berat Kerikil dalam keadaan SSD

C = Berat kerikil dalam air

4.3.2.b. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Agregat kasar sebagai bahan campuran pembuatan beton, sangat mempengaruhi mutu beton, semakin banyak agregat kasar akan semakin mempengaruhi mutu beton. Agregat kasar dapat berupa kerikil kasar hasil disintegrasi alami atau berupa pecahan batu (*split*) yang dipecah dengan alat pemecah batu.

1. Tujuan Pengujian

Untuk memeriksa dan menentukan susunan dari variasi diameter agregat kasar.

2. Alat dan Bahan

Alat : - Ayakan satu set, dengan variasi diameter lubang 25 mm, 19 mm, 12.5 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.85 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, pan

- Neraca/timbangan - Mesin penggetar

- Kuas - Sikat

Bahan : - Agregat kasar (kerikil)

3. Pelaksanaan Pengujian

a) Menyiapkan kerikil sampel sebanyak ± 3000 mm,

b) Menyiapkan ayakan sesuai standard,

c) Menumpahkan kerikil dalam ayakan lalu diayak dengan mesin penggetar selama 5 menit,

- d) Menimbang berat agregat yang tertinggal pada tiap-tiap ayakan,
 e) Menghitung harga modulus halus butir kerikil dengan rumus :

$$\text{Modulus Butir Kerikil} = \frac{a-b}{c} \times 100 \% \quad (4.11)$$

Keterangan : a = Σ Prosentase berat butir kerikil yang tertinggal komulatif

b = Σ Prosentase berat butir kerikil yang tertinggal

4.3.2.c. Pengujian *Abrasi Agregat Kasar*

Salah satu syarat penggunaan agregat kasar sebagai bahan pembuat beton, yaitu harus dilakukan pengujian keausan akibat gesekan. Standard ini dapat diketahui dengan pengujian menggunakan bejana *Los Engeles*. Agregat kasar harus tahan terhadap daya aus, disyaratkan kehilangan karena gesekan lebih kecil dari 50 %.

1. Tujuan

Maksud dan tujuan pengujian ini untuk mengetahui daya tahan agregat kasar terhadap gesekan.

2. Alat dan Bahan

Alat : - Bejana *Los Engeles* dan bola-bola baja
 - Saringan dan neraca

Bahan : - agregat kasar/kerikil

3. Pelaksanaan Pengujian

- a) Menyiapkan agregat kasar dengan diameter dan berat berdasarkan pada tabel susunan butir contoh yang telah diuji, jumlah bola yang dipakai dan jumlah putaran mesin tiap pengujian,

- b) Mencuci kerikil lalu dioven dengan suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam kemudian ditimbang (a),
- c) Memasukkan benda uji kedalam bejana *los engeles* bersama bola gesek baja sebanyak 12 butir, bejana ditutup dan diputar dengan kecepatan putaran per menit putaran dilakukan sebanyak 1000 putaran,
- d) Mengeluarkan benda uji, kemudian disaring dengan saringan 2.36 mm. Sisa benda uji diatas saringan 2,36 mm dicuci dan dioven selama 24 jam dengan suhu 110° C,
- e) Menimbang benda uji yang telah kering oven dengan ketelitian mencapai gram (b),
- f) Menganalisa prosentase berat sampai yang hilang dengan rumus :

$$\text{Prosentase berat sampel yang hilang} = \frac{a}{b} \times 100 \% \quad (4.12)$$

4.4. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan 80 benda uji berbentuk silinder beton, dengan rancangan variasi penambahan *bentonite* yang digunakan adalah berdasarkan atas tes awal yang dilakukan, yang mana tes awal tersebut dimaksudkan untuk memperoleh gambaran secara kasar besarnya penambahan *bentonite* yang optimal pada masing-masing percobaan.

Adapun rancangan komposisi campuran beton untuk masing-masing percobaan adalah sebagai berikut :

- a) Uji Kuat Desak Beton

Perbandingan nominal Semen ; Pasir ; Kerikil adalah 1 ; 2 ; 3, dengan FAS = 0.6 dan prosentase penambahan *bentonite* adalah 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1,2%, 2.0%, 3.0%, 4.0%, 4.25%, 4.50%, 4.75%, 5%, 5.25%, 5.50% (terhadap berat semen), masing-masing prosentase adalah 6 sampel.

Tabel 4.2. Rancangan Hasil Penelitian Kuat Desak dan Modulus Elastisitas Untuk Beton Normal

Jenis Beton	Variasi Bentonite	Nama Kode	A (cm ²)	V (cm ³)	Jumlah
V _I	0,00	V _I	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,20	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,40	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,60	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	0,80	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	1,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	2,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	3,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	6
V _{II}	4,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	4,25	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	4,50	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	4,75	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	5,00	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	5,25	V _{II-a}	176,71	5301,3	5
V _{II}	5,50	V _{II-n}	176,71	5301,3	5
			2650,7	79519,5	83

Dimana V_I adalah penelitian untuk beton normal.

V_{II} adalah penelitian untuk beton dengan bahan tambah.

Setelah dilakukan pencampuran , nilai slump diukur dan dicatat dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dari masing-masing campuran beton tersebut. Selanjutnya campuran tersebut dimasukkan kedalam cetakan silinder, setelah berlangsung kurang lebih 24 jam beton dikeluarkan dari cetakan. Dan agar benda uji tidak tertukar, masing-masing benda uji diberi tanda.

4.5. Perawatan Benda Uji

Perawatan disini, adalah perawatan beton yang umumnya banyak dilaksanakan dilapangan dan mudah dilakukan tanpa mengeluarkan biaya tambahan yang tinggi, yaitu perawatan beton dengan air. Air yang digunakan adalah air yang memenuhi syarat air bersih.

Akibat dari keadaan geografis pada daerah tropis adalah mempunyai suhu rata-rata tinggi, disertai sifat angin kering sehingga mengakibatkan penguapan air yang tinggi pula. Selama penyusunan dan pengerasan beton, panas akan ditimbulkan dari reaksi hidrasi semen dan air, dan hal ini akan mengakibatkan meningkatnya temperatur pada beton. Oleh karena itu selama periode penyusunan beton dijaga kelembabannya yaitu dengan perawatan. Tujuan dari perawatan beton yaitu :

- a) Untuk melindungi meningkatnya temperatur pada beton dari reaksi hidrasi yang berkembang selama proses pengerasan beton,
- b) Untuk melindungi pengeringan beton yang mungkin akan berakibat atau menyebabkan retak-retak pada beton.

Perawatan beton yang baik akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya. Disamping lebih kuat dan lebih awet terhadap agresi kimia, beton juga lebih tahan terhadap aus karena lalulintas. Kondisi perawatan beton dengan air pada umumnya yaitu dengan membasahi permukaan beton terus menerus dan merendam/menggenangi permukaan beton dengan air, sistem perawatan ini lebih mudah dikerjakan dan lebih ekonomis.

4.6. Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji dilakukan pada semua benda uji silinder beton, dimaksudkan untuk mengetahui sifat dari masing-masing benda uji.

Adapun pengujian dalam penelitian ini ada dua macam yaitu sebagai berikut :

- a) Pengujian Kuat Desak Silinder Beton, dan
- b) pengujian Modulus Elastisitas Beton.

4.6.1. Pengujian Kuat Desak Silinder Beton

Pengujian kuat desak beton ini untuk mengetahui besarnya kuat desak beton pada umur 28 hari. Pengujian kuat desak silinder beton dilakukan dengan mesin uji desak merk *Control Milano, Italy* kapasitas maksimum 2000 kN. Adapun langkah-langkah pengujian kuat desak silinder beton adalah sebagai berikut :

- a) Hidupkan mesin uji desak beton dan panaskan terlebih dahulu sebelum digunakan,
- b) siapkan silinder beton yang akan diuji, terlebih dahulu sebelumnya ditimbang beratnya dan dicatat hasilnya,
- c) letakkan silinder beton pada mesin desaknya,
- d) laksanakan pengujian, maka jarum penunjuk akan bergerak sesuai dengan besarnya kekuatan yang bekerja. Jarum penunjuk terdiri dari dua buah yang berimpitan, pada saat beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton terlampaui maka silinder beton akan retak dan hancur. Pada saat itulah salah satu

jarum penunjuk akan berhenti menunjuk pada angka beban maksimum tersebut dan jarum penunjuk yang lain kembali ke titik nol,

- e) catat angka beban Maksimum (dalam satuan kN) dan pengujian dilaksanakan pada benda uji silinder beton yang lain sampai semua benda uji selesai diuji desak
- f) Untuk mengetahui kuat desak dalam satuan luas maka data yang ada harus ditransfer dengan rumus :

$$\text{Kuat Desak Silinder Beton } f_c = P : A \quad (4.13)$$

Dimana : f_c = Kuat desak (Mpa)

P = Angka pada jarum penunjuk setelah beton hancur (kN)

A = Luas permukaan yang dibebani (mm^2)

4.6.2. Pengujian Modulus Elastisitas (Regangan) Silinder Beton

Pengujian modulus elastisitas (regangan) silinder beton ini untuk mengetahui besarnya perpendekkan silinder beton akibat pembebanan pada umur 28 hari. Pengujian regangan arah longitudinal menggunakan alat *Compresometer* dan mesin uji desak (*Compression Testing Machine*) dengan kapasitas maksimum 100 ton. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a) Siapkan silinder beton yang akan diujikan, ditimbang beratnya dan dicatat hasilnya,
- b) pasang alat *Compresometer* pada silinder beton pada posisi yang tepat dan stel jarum penunjuk regangan pada posisi nol,
- c) letakkan silinder beton yang telah terpasang alat *compresometer* pada mesin uji desak, lalu lepaskan *pivot rod*-nya,

- d) laksanakan pengujian, pengujian dilakukan dengan memberikan beban pada kecepatan yang konstan dan dicatat penurunannya setiap 10 kN. Pada saat beban maximum yang mampu ditahan oleh silinder beton terlampaui, maka silinder beton akan retak dan hancur, kemudian diuji silinder yang lain dan seterusnya,
- e) untuk mengetahui besarnya Modulus elastisitas beton maka data harus diolah dengan rumus :

$$\text{Modulus Elastisitas } (E) : 4700\sqrt{f'_c} \quad (4.14)$$

$$\text{Modulus Elastisitas Chord } (E_c) : \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0.00005} \quad (4.15)$$

Dimana : S_2 = Tegangan sebesar 40 % f'_c
 S_1 = Tegangan yang bersesuaian dengan regangan arah longitudinal sebesar 0.00005
 ε_2 = Regangan longitudinal akibat tegangan S_2

Atau mempergunakan rumus perhitungan batas sebanding, dimana yang telah diajarkan dalam perkuliahan. Adapun rumus tersebut pernah diajarkan oleh Bapak Prof. Ir. Antono (Soal dan Penyelesaian Bahan konstruksi Teknik) sebagai berikut :

$$E_c = \frac{\sigma_p}{\varepsilon_p} \quad (4.16)$$

dimana ; E_c = Modulus Elastisitas

σ_p = Tegangan proporsional (MPa)

ε_p = Regangan proporsional (10^{-3})

4.7. Metodologi Pembahasan

Perhitungan hasil kuat desak rata-rata yang diisyaratkan ($f'c$) diperoleh dari hasil uji kuat desak beton, dimana dari perhitungan tersebut dapat diketahui mutu beton tersebut.

$$f'c = f'c_r - k.s_d \quad (4.17)$$

Dimana ; $k = 1.64$, diperoleh dari tata cara penggunaan campuran beton.

$f'c$ = Kuat desak yang diisyaratkan (Mpa)

$f'c_r$ = Kuat desak rata-rata, dengan S tertulis di bawah ini.

S = Standard deviasi

$$= \sqrt{\frac{\sum(f'c - f'cn)^2}{n-1}} \quad (4.18)$$

n = Jumlah data

Untuk membuktikan bahwa kelompok benda-benda uji dari satu jenis terdiri dari benda-benda uji dari populasi normal.

Untuk mencari hubungan kuat desak beton dengan prosentase penambahan *bentonite*, tegangan dengan regangan beton pada masing-masing penambahan *bentonite* serta hubungan modulus elastisitas dengan prosentase penambahan *bentonite*, menggunakan analisa statistik regresi dan korelasi yang mana persamaan regresi ini dapat menggambarkan perilaku hasil pengujian.

Regresi adalah garis yang membentuk suatu fungsi yang menghubungkan titik-titik data dengan kedekatan semaksimal mungkin. Korelasi merupakan ukuran

kecocokan suatu model regresi yang digunakan dengan data. Bila hubungan kedua peubah linier (keduanya disebut kolinier) maka harga mutlak korelasinya satu.

Besarnya nilai korelasi dilambangkan dengan r . Apabila besarnya $r = 0$ berarti tidak ada kecocokan sama sekali antara model yang digunakan dengan data yang dianalisis, sebaliknya bila nilai $r = \pm 1$ maka antar data yang dianalisa dengan model yang digunakan sama sekali tidak meleset

Persamaan garis regresi mempunyai berbagai bentuk baik linier maupun non linier. Untuk menganalisa data dalam percobaan ini dipilih bentuk persamaan yang mempunyai penyimpangan kuadrat terkecil.

Terdapat banyak kurva non linier yang dapat digunakan untuk menyatakan hubungan antara dua variabel atau lebih, maka dalam analisa hasil suatu penelitian ditentukan terlebih dahulu kurva yang paling tepat untuk mengeksperimenkan data hasil penelitian. Penentuan regresi ini didapat dari pengalaman maupun informasi dari sumber pustaka, kurva mana yang paling logis dibandingkan dengan kurva yang lain. Dalam hal ini penentuan persamaan regresi dengan menggunakan bantuan Program Microsoft Exel.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Pengujian Bahan Dasar Beton

Secara garis besar langkah pengujian diawali dengan penyiapan bahan dimana pasir dan krikilnya berasal dari Kulon Progo. Setelah diperiksa secara visual selanjutnya diadakan pengujian berdasarkan standard ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM, PBI'71 dan PBI'89.

5.1.1. Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus sesuai dengan ASTM dan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI'71. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Kulon Progo. Standard pengujian terhadap agregat halus adalah sebagai berikut :

5.1.1.a. Hasil Pengujian Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Air pembilas bersih pada pencucian ke - 6 :

Berat mula-mula (a) = 100 gram

Berat setelah dicuci = 96,5 gram

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{A - B}{A} \times 100\% = \frac{100 - 96,5}{96,5} \times 100\% = 3,5 \%$$

Ketentuan kandungan lumpur dalam pasir untuk beton adalah kurang dari 5 % berarti pasir ini kandungan lumpurnya masih memenuhi syarat, karena kadar lumpurnya 3.5 % < 5 %

5.1.1.b. Hasil Pengujian Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Halus

➤ Pengamatan Kondisi SSD

Tinggi pasir setelah conical mould diangkat (a) = 5 cm

Tinggi Conical mould (b) = 7.5 cm

Penurunan pasir yang harus terjadi (H) = 0.5 = 0.5 · 7.5 = 3.75 cm

Penurunan pasir yang terjadi : $b - a < H$

$$7.5 - 5.0 < 3.75 \quad (\text{Ok})$$

Berat pasir SSD = 500 gr

Pasir dari volumetrik flash yang sudah dioven (a) = 495.2 gr

Berat volumetrik flash + air (b) = 720 gr

Volumetrik flash + pasir + air setelah 24 jam (c) = 1030 gr

$$\text{Bulk Specific Gr.} = \frac{a}{b - (c - 500)} = \frac{495.2}{720 - (1030 - 500)} = 2.6063 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Specific Gr SSD} = \frac{a}{b - (c - 500)} = \frac{495.2}{720 - (1030 - 500)} = 2.6316 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Apparent Specific Gr} = \frac{a}{500 - a} = \frac{495.2}{500 - 495.2} = 2.674 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Absorpsi/penyerapan} = \frac{500 - a}{a} \times 100 \% = \frac{500 - 495.2}{495.2} \times 100 \% = 0,9693 \%$$

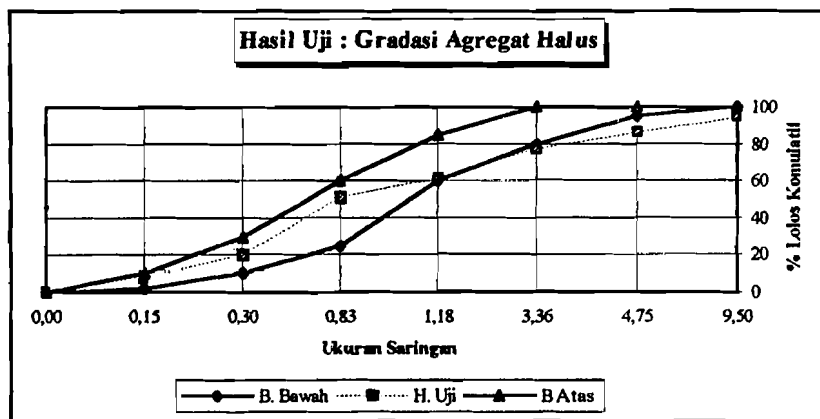
5.1.1.c. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus

No Saringan	Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Kumulatif	
		(gram)	(%)	(%)	(%)
3/8.	9,50.	167	5,57	5,57	94,43
4	4,75	249,2	8,31	13,88	86,12
8	2,36	268	8,93	22,81	77,19
16	1,18	473,1	15,77	38,58	61,42
30	0,85	304,1	10,14	48,72	51,28
50	0,3	933,3	31,11	79,83	20,17
100	0,15	363	12,1	91,93	8,07
Pan	0,00.	242,3	8,08	100,00.	0,00.
Jumlah		3000	100	301,31	

$$\text{Modulus Halus Agregat Halus} = \frac{301,31}{100} = 3,0131$$

Kemudian hasil pengujian gradasi agregat halus di atas diplotkan ke dalam batas-batas gradasi agregat halus menurut ASTM C-33.



Gambar 5.1. : Hasil Uji Gradasi Agregat Halus

5.1.1.d. Berat Satuan Volume

Berat silinder = 10,34 kg

Berat silinder + pasir = 18,635 kg

Volume silinder baja = 5301,4376 kg

$$\begin{aligned} \text{Berat satuan volume} &= \frac{18,635 - 10,34}{5301,4376} = 1,56467 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ &= 1.56467 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan dan pengujian agregat halus yang telah dilaksanakan seperti yang telah diuraikan di atas dapat dilihat pada Tabel 5.2. di bawah ini :

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Parameter	Hasil Analisa
Kadar lumpur agregat halus	3,50%
Bulk specific gravity	2,6063
Bulk specific gravity SSD	2,632
Apparent specific gravity	2,674
Absorpsi	0,97%
Modulus halus agregat halus	3,013
Berat satuan volume	1,565

5.1.2. Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Kasar

Pemeriksaan terhadap agregat kasar berdasar ASTM dan disesuaikan dengan spesifikasi bahan menurut ASTM dan PBI'71. Agregat kasar adalah kerikil yang berasal dari Boyolali, pengujian terhadap agregat kasar antara lain adalah :

5.1.2.a. Hasil Pengujian Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Kasar

Berat agregat kasar setelah dioven 24 jam pada suhu 110⁰C (a) = 3000 gr

Berat agregat kasar SSD (b) = 3096.4 gr

Berat agregat kasar dalam air + kontainer (d) = 2141.85 gr

$$\text{Berat kontainer dalam air (e)} = 348.75$$

$$\text{Berat kerikil dalam air (c) = (d - e)} = 1793.10 \text{ gr}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{a}{b - c} = \frac{3000}{3096,4 - 1793,10} = 2,3019 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bulk Specific Gravity SSD} = \frac{b}{b - c} = \frac{3096,4}{3096,4 - 1793,1} = 2,3758 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Aparent Specific Gravity Agregat Ksr} = \frac{a}{a - c} = \frac{3000}{3000 - 1793,1} = 2,4857 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Absorpsi/penyerapan} = \frac{b - a}{a} \times 100 \% = \frac{3096,4 - 3000}{3000} \times 100 \% = 3,213 \%$$

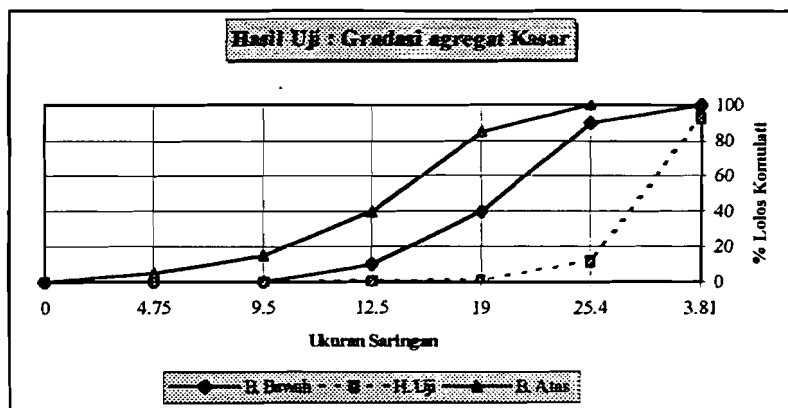
5.1.2.b. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar

No Saringan	Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Komulatif	
		(gram)	(%)	Tertahan	Lolos
				(%)	(%)
1.5	38,1	215,8	7,19	7,19	92,81
1	25,4	2428,5	80,95	88,14	11,86
3/4.	19	327	10,9	99,04	0,96
1,5	12,5	16	0,53	99,57	0,43
Pan *	0,00.	12,7	0,42	100	0,00.
Jumlah		3000	100	293,94	

$$\text{Modulus Halus Agregat Kasar} = \frac{293,94}{100} = 2,9394$$

Kemudian hasil pengujian gradasi agregat kasar di atas diplotkan ke dalam batas-batas gradasi agregat kasar menurut ASTM C-33.



Gambar 5.2. : Hasil Uji Gradasi Kasar

5.1.2.c. Hasil Pengujian Abrasi Agregat Kasar

Berat kerikil mula-mula (a) = 10000 gr

Berat kerikil setelah dimasukkan mesin los angeles (b) = 5600 gr

$$\text{Pengausan yang terjadi} = \frac{a - b}{a} \times 100 \% = \frac{10000 - 5600}{10000} \times 100 \% = 44 \%$$

Bagian yang hilang karena gesekan tidak lebih dari 50 %, sehingga agregat kasar memenuhi syarat.

5.1.2.d. Berat Satuan Volume Agregat Kasar

Berat silinder baja = 10,34 kg

Berat silinder + kerikil = 17,31 kg

Volume Silinder baja = 5301,4376 cm³

$$\begin{aligned} \text{Berat Satuan Volume Agregat Kasar} &= \frac{17,31 - 10,34}{5301,4376} = 1,31474 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \\ &= 1,31474 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan dan pengujian agregat kasar yang telah dilaksanakan seperti yang telah diuraikan di atas dapat dilihat pada Tabel 5.4. di bawah ini :

Tabel 5.4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Parameter	Hasil Analisa
Bulk specific gravity	2,6063
Bulk specific gravity SSD	2,632
Apparent specific gravity	2,674
Absorpsi	0,97%
Modulus halus agregat halus	3,013
Berat satuan volume	1,565

5.2. Perhitungan dan Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini ada dua pengujian, tetapi dijadikan satu karena ada kesatuan antara hubungan kuat desak dan modulus elastisitas. Perhitungan dan hasil pengujiannya sebagai berikut :

5.2.1. Perhitungan dan Hasil Pengujian Kuat Desak dan M.Elastisitas Beton

Sampel pengujian kuat desak berupa silinder beton ukuran diameter (ϕ)=15cm dan tinggi (h) = 30 cm, pengujian kuat desak dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

$$\text{Rumus Kuat Desak Beton } f'_c = \frac{P}{A}$$

$$\text{Rumus Modulus Elastisitas } E_c = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p}$$

dimana, f'_c = Tegangan desak (MPa)

P = Kuat hancur beton (kg)

A = Luas silinder beton (cm^2)

E_c = Modulus Elastisitas (Mpa)

σ_p = Tegangan proporsional (Mpa), didapat dari grafik.

ε_p = Regangan proporsional (Mpa), didapat dari grafik.

Perhitungan hasil kuat desak rata-rata yang diisyaratkan ($f'c$) diperoleh dari hasil uji desak beton, dimana dari perhitungan tersebut dapat diketahui mutu beton dari benda uji tersebut. Perhitungan ini didasarkan pada ketentuan sebagai berikut :

$$f'c = f'c_r - k \cdot s_d$$

dimana : $k = 1,64$ diperoleh dari tata cara penggunaan campuran dalam ACI

$f'c$ = kuat desak yang diisyaratkan (Mpa)

$f'c_r$ = kuat desak rata-rata (Mpa)

s_d = deviasi standar (Mpa)

Untuk mencari deviasi standar digunakan rumus sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f'c_r)^2}{n - 1}}$$

dimana : s = standar deviasi (Mpa)

f_c = tegangan desak masing-masing benda uji (Mpa)

$f'c_r$ = kuat desak rata-rata (Mpa)

n = jumlah benda uji

Perhitungan kuat desak beton pada umur 28 hari, seperti contoh berikut ini :

(kode $V_{II.8.4}$).

Diketahui beban maksimum $P = 440 \text{ kN} = 440 \times 101,9376 \text{ Kg} = 44852.54 \text{ Kg}$

$$\text{Luas silinder beton} = 0.25\pi \cdot 30 \cdot 15^2 = 179.0786 \text{ cm}^2$$

$$44852.54$$

$$f_{c_4} = \frac{250.4592 \text{ Kg/cm}^2}{179.0786} = 24.57 \text{ MPa}$$

$$\sum f_c (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}) = 129.75 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat desak rata-rata dari data laboratorium} = f_{c_r} = \frac{\sum f_c}{n} = \frac{129.75}{6} = 21.63 \text{ MPa}$$

$$\text{maka, } (f_c - f_{c_r}) = (24.57 - 21.63) = 2.945 \text{ MPa}$$

$$(f_c - f_{c_r})^2 = 2.945^2 = 8.673 \text{ MPa}$$

$$\sum (f_c - f_{c_r})^2 = (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6})^2 = 69.55 \text{ MPa}$$

Sehingga deviasi standar untuk semua benda uji ($V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}$) adalah :

$$s = \sqrt{\frac{69.55}{6-1}} = 3.73 \text{ MPa}$$

Jadi kuat desak yang disyaratkan adalah :

$$f_c = 21.63 - 1.64 \cdot 3.73$$

$$f_c = 15.508 \text{ Mpa}$$

Hasil perhitungan penelitian ini disusun dalam tabel dan dapat dilihat pada tabel 5.5 dan 5.6

dibawah ini,

Tabel 5.5. Hasil Perhitungan Kuat Desak yang Diisyaratkan Pada Beton Normal

Jenis Beton	No. Sample	Nama Kode	f _c MPa	f _{c_r}	(f _c -f _{c_r}) MPa	(f _c -f _{c_r}) ² MPa	f _c MPa
V _I	1	V _{I.1}	23,2	21,625	1,575	2,481	15,508
	2	V _{I.2}	24,012		2,385	5,688	
	3	V _{I.3}	16,411		-5,215	27,196	
	4	V _{I.4}	24,57		2,945	8,673	
	5	V _{I.5}	17,31		-4,315	18,62	
	6	V _{I.5}	24,57		2,625	6,891	

Tabel 5.6. Hasil Perhitungan Kuat Desak yang Diisyaratkan Pada Beton Dengan Bahan Tambah

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	f_c MPa	f_{cr}	$(f_c - f_{cr})$ MPa	$(f_c - f_{cr})^2$ MPa	f_c MPa
V _{II}	a	1	V _{II.a-1}	23,2	21,625	1,575	2,481	15,508
	a	2	V _{II.a-2}	24,012		2,385	5,688	
	a	3	V _{II.a-3}	16,411		-5,215	27,196	
	a	4	V _{II.a-4}	24,57		2,945	8,673	
	a	5	V _{II.a-5}	17,31		-4,315	18,62	
	a	6	V _{II.a-6}	24,57		2,625	6,891	
V _{II}	b	1	V _{II.b-1}	23,146	20,875	2,271	5,157	13,25
	b	2	V _{II.b-2}	26,45		5,577	31,103	
	b	3	V _{II.b-3}	21,217		0,342	0,117	
	b	4	V _{II.b-4}	12,648		-8,225	67,65	
	b	5	V _{II.b-5}	19,45		-1,425	2,031	
	b	6	V _{II.b-6}	22,337		1,465	2,146	
V _{II}	c	1	V _{II.c-1}	26,53	21,293	5,237	27,43	14,51
	c	2	V _{II.c-2}	25,52		4,227	18,29	
	c	3	V _{II.c-3}	18,623		-2,673	7,145	
	c	4	V _{II.c-4}	16,195		-5,093	25,94	
	c	5	V _{II.c-5}	18,832		-2,463	6,066	
	c	6	V _{II.c-6}	22,058		0,767	0,588	
V _{II}	d	1	V _{II.d-1}	20,72	20,137	0,5833	0,34	14,33
	d	2	V _{II.d-2}	21,22		1,0833	1,173	
	d	3	V _{II.d-3}	15,562		-4,5765	20,976	
	d	4	V _{II.d-4}	19,976		-0,157	6,025	
	d	5	V _{II.D-5}	25,508		5,377	28,87	
	d	6	V _{II.D-6}	17,835		2,2967	5,2	
V _{II}	e	1	V _{II.E-1}	16,071	15,116	0,955	0,912	10,817
	e	2	V _{II.E-2}	14,2		-0,916	0,84	
	e	3	V _{II.E-3}	17,259		2,1432	4,5796	
	e	4	V _{II.E-4}	17,855		2,7402	7,5074	
	e	5	V _{II.E-5}	14,7051		-0,411	0,169	
	e	6	V _{II.E-6}	10,6048		-4,511	20,34	

V _{II}	f	1	V _{II.f.1}	22,35	19,348	3	9	15,33
	f	2	V _{II.f.2}	18,167		-1,18	1,39	
	f	3	V _{II.f.3}	21,642		2,29	5,24	
	f	4	V _{II.f.4}	16,58		-2,7	7,67	
	f	5	V _{II.f.5}	16,98		-2,37	5,62	
	f	6	V _{II.f.6}	20,37		1,02	1,04	

V _{II}	g	1	V _{II.g.1}	12,47	11,565	0,905	0,819	8,523
	g	2	V _{II.g.2}	11,34		-0,225	0,051	
	g	3	V _{II.g.3}	11,44		-0,125	0,046	
	g	4	V _{II.g.4}	13,75		2,185	4,796	
	g	5	V _{II.g.5}	9,272		-2,295	5,29	
	g	6	V _{II.g.6}	11,12		-0,445	0,198	

V _{II}	h	1	V _{II.h.1}	20,28	15,47	4,81	23,136	8,75
	h	2	V _{II.h.2}	11,011		-4,459	19,89	
	h	3	V _{II.h.3}	20,406		-3,064	9,36	
	h	4	V _{II.h.4}	12,177		-3,293	10,82	
	h	5	V _{II.h.5}	13,48		-1,99	3,96	

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	fc MPa	fcr	(fc-fcr) MPa	(fc-fcr) ² MPa	fc MPa
-------------	-----------	----------	------	-----------	-----	-----------------	------------------------------	-----------

V _{II}	i	1	V _{II.i.1}	16,397	16,531	-0,134	0,018	14,052
	i	2	V _{II.i.2}	16,07		-0,461	0,213	
	i	3	V _{II.i.3}	19,477		2,946	8,679	
	i	4	V _{II.i.4}	13,91		-2,621	6,87	
	i	5	V _{II.i.5}	16,8		0,269	0,0723	

V _{II}	j	1	V _{II.j.1}	19,81	17,11	2,7	7,29	10,34
	j	2	V _{II.j.2}	18,829		1,22	1,488	
	j	3	V _{II.j.3}	19,523		2,42	5,856	
	j	4	V _{II.j.4}	18,05		0,93	0,865	
	j	5	V _{II.j.5}	9,85		-7,26	52,71	

V _{II}	k	1	V _{II.k.1}	17,542	19,476	-1,934	3,74	16,48
	k	2	V _{II.k.2}	22,224		2,759	7,612	
	k	3	V _{II.k.3}	18,67		-0,806	0,65	
	k	4	V _{II.k.4}	18,01		-1,469	2,158	
	k	5	V _{II.k.5}	20,94		1,462	2,137	

V _{II}	l	1	V _{II.l-1}	16,01	19,498	-3,49	12,18	15,33
	l	2	V _{II.l-2}	18,057		-0,95	0,903	
	l	3	V _{II.l-3}	19,115		-0,38	0,144	
	l	4	V _{II.l-4}	21,22		1,72	2,96	
	l	5	V _{II.l-5}	22,6		3,1	9,61	

V _{II}	m	1	V _{II.m-1}	24,106	20,356	3,75	14,063	16,06
	m	2	V _{II.m-2}	22,03		1,67	2,79	
	m	3	V _{II.m-3}	18,54		-1,82	3,31	
	m	4	V _{II.m-4}	17,96		-2,4	5,76	
	m	5	V _{II.m-5}	19,15		-1,21	1,4641	

V _{II}	n	1	V _{II.n-1}	25,77	22,4165	3,353	11,22	18,97
	n	2	V _{II.n-2}	20,73		-1,69	2,86	
	n	3	V _{II.n-3}	22,89		0,47	0,22	
	n	4	V _{II.n-4}	20,62		-1,8	3,24	
	n	5	V _{II.n-5}	22,069		0,35	0,123	

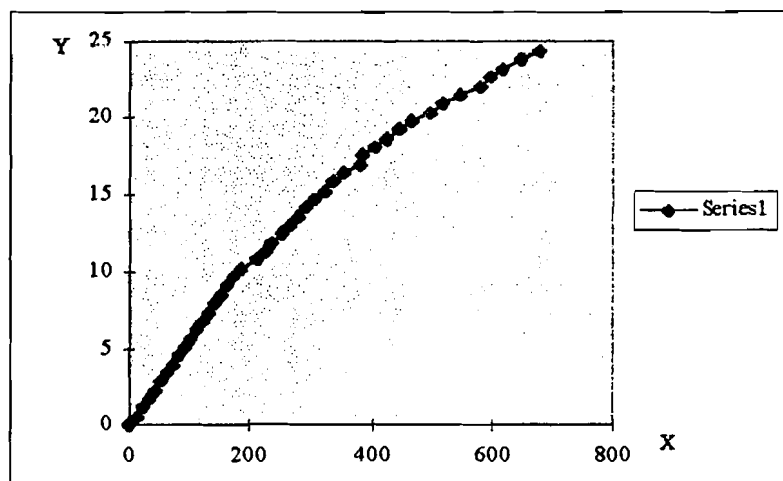
Keterangan : f_c = tegangan desak masing-masing benda uji

f'_c = kuat desak yang diisyaratkan.

Sedangkan untuk menghitung Modulus Elastisitas (kode V_{II.a.4}) :

Diketahui $f'_c \text{ mak} = 24.57 \text{ Mpa}$ dan $\epsilon \text{ Latau } \Delta L \text{ mak} = 695 \times 10^{-3}$, kalau digambarkan

dalam grafik adalah sebagai berikut ini :



$$\frac{160 \times 101.9376}{V_1 \times 15^2 \times 30} = a = 10.1 = 7.356 \text{ Mpa}$$

Didapat nilai $\sigma_p = 7.356 \text{ Mpa}$ dan $\epsilon_p = (173 \times 10^{-3}) / 300 = 4.6667 \cdot 10^{-4}$

$$\text{Nilai } E_c = \frac{7,356}{4.6667 \cdot 10^{-4}} = 15762.86 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan uji kuat desak dan modulus elastisitas beton diatas, maka dapat diketahui nilai kuat desak dan modulus elastisitas beton yang dapat dicapai untuk setiap variasi benda uji. Hasil perhitungan penelitian ini disusun dalam tabel dan dapat dilihat pada tabel 5.7 dan 5.8 dibawah ini, sedangkan untuk grafik perhitungan tegangan dan regangan dapat dilihat dalam daftar lampiran.

Tabel 5.7. Hasil Penelitian Pada Penambahan Bentonite 0%

Jenis Beton	No. Sample	Nama Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ_p (MPa)	ϵ_p 10 ⁻⁴	E (MPa)
V _I	1	V _{I-1}	12,51	176,71	10	12,1776	10,469	11632,1
	2	V _{I-2}	12,46	181,46	10	7,7943	4,8438	18155,04
	3	V _{I-3}	12,65	176,71	10	7,7111	4	21755,74
	4	V _{I-4}	12,65	179,08	10	11,2461	7,9688	16112,66
	5	V _{I-5}	12,48	176,71	10	13,4037	11,538	11617,05
	6	V _{I-5}	12,63	177,89	10	9,3185	5,7811	18108,28

Tabel 5.8. Hasil Penelitian Pada Penambahan Bentonite 0,2 % sampai 5,5%

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Nama Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ_p (MPa)	ϵ_p 10 ⁻⁴	E (MPa)
V _{II}	a	1	V _{II.a-1}	12,66	176,71	11	6,8	3,5	19428,6
	a	2	V _{II.a-2}	12,52	179,08	11	6,9	3,53	19528,31
	a	3	V _{II.a-3}	12,59	176,71	11	9,054	4,833	18735,25
	a	4	V _{II.a-4}	12,66	179,08	11	7,356	4,6667	15762,86
	a	5	V _{II.a-5}	12,72	179,08	11	7,356	3,833	19189,57
	a	6	V _{II.a-6}	12,6	176,71	11	13,0153	7,5333	18276,95

V _{II}	b	1	V _{II.b-1}	12,23	180,266	9,8	6,87	3,3667	20405,95
	b	2	V _{II.b-2}	12,22	176,71	9,8	7,406	4,0333	18362
	b	3	V _{II.b-3}	12,15	180,27	9,8	7,922	5,1667	16332,8
	b	4	V _{II.b-4}	12,45	176,71	9,8	12,844	7,1	18090,141
	b	5	V _{II.b-5}	12,16	176,71	9,8	13,581	10,63	15934,3
	b	6	V _{II.b-6}	12,23	177,89	9,8	15,279	10,5	16551,43

V _{II}	c	1	V _{II.c-1}	12,13	176,71	9,7	14,713	10,2	16424,51
	c	2	V _{II.c-2}	12,13	177,89	9,7	14,713	10,233	16377,99
	c	3	V _{II.c-3}	12,23	181,46	9,7	13,015	10,4	15514,42
	c	4	V _{II.c-4}	12,1	176,71	9,7	6,226	4,8333	14882,27
	c	5	V _{II.c-5}	12,05	176,71	9,7	9,737	7	15396,82
	c	6	V _{II.c-6}	12,23	177,89	9,7	15,279	11,6	15171,55

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ_p (MPa)	ϵ_p 10 ⁻⁴	E (MPa)
-------------	-----------	----------	------	----------	----------------------	----------	------------------	-------------------------------	---------

V _{II}	d	1	V _{II.d-1}	12,19	176,71	9,3	14,713	11,1667	13611,11
	d	2	V _{II.d-2}	12,28	176,71	9,3	5,735	3,9667	16454,22
	d	3	V _{II.d-3}	11,96	176,71	9,3	5,376	4,6333	12602,96
	d	4	V _{II.d-4}	11,95	176,71	9,3	6,88	4,16667	18511,88
	d	5	V _{II.D-5}	12,06	176,71	9,3	17,542	12,633	15885,86
	d	6	V _{II.D-6}	12,15	177,89	9,3	4,103	4,3	10541,86

V _{II}	e	1	V _{II.E-1}	12,02	176,71	9,5	6,868	7,333	9365,88
	e	2	V _{II.E-2}	12	180,267	9,5	6,31	4,8333	14056,1
	e	3	V _{II.E-3}	12,21	176,71	9,5	8,029	6	14381,667
	e	4	V _{II.E-4}	11,97	176,71	9,5	10,323	8	14903,75
	e	5	V _{II.E-5}	12,17	176,71	9,5	6,309	5,5	11980
	e	6	V _{II.E-6}	12,4	176,71	9,5	4,588	4,3	10669,77

V _{II}	f	1	V _{II.f-1}	11,79	176,71	9,5	8,603	5,4	15931,48
	f	2	V _{II.f-2}	12,07	181,489	9,5	11,47	10,6667	10753,09
	f	3	V _{II.f-3}	12,07	179,07	9,5	16,058	13,1667	14195,92
	f	4	V _{II.f-4}	11,74	179,07	9,5	8,603	6,5	14235,38
	f	5	V _{II.f-5}	12,01	181,489	9,5	9,176	5,8333	17731,185
	f	6	V _{II.f-6}	11,78	176,71	9,5	10,897	7	17567,15

V _{II}	g	1	V _{II.g-1}	11,76	176,71	9	7,456	7,8	9558,97
	g	2	V _{II.g-2}	11,84	177,894	9	5,735	5	11470
	g	3	V _{II.g-3}	11,88	181,489	9	5,825	7,1667	9127,9
	g	4	V _{II.g-4}	11,75	176,71	9	8,603	8	10753,75
	g	5	V _{II.g-5}	11,54	175,326	9	4,0153	4,3333	9266,8
	g	6	V _{II.f-6}	11,82	176,71	9	5,735	5,5	10427

V _{II}	h	1	V _{II.h-1}	12,24	181,489	9	7,4195	4,603	16118,84
	h	2	V _{II.h-2}	12,23	181,489	9	5,5923	8,387	8.667.082
	h	3	V _{II.h-3}	12	179,07	9	8,9628	6,16667	15533,485
	h	4	V _{II.h-4}	12,62	181,489	9	8,8194	5,7378	16620,077
	h	5	V _{II.h-5}	11,73	176,71	9	8,4518	6,3871	13232,82

V _{II}	i	1	V _{II.i-1}	11,62	176,71	9	10,44331	8,4063	12423,18
	i	2	V _{II.i-2}	11,83	176,71	9	8,2098	7,2581	11311,23
	i	3	V _{II.i-3}	11,77	176,71	9	7,5722	4,7541	16,317,92
	i	4	V _{II.i-4}	12	179,07	9	4,9285	4,6775	10536,611
	i	5	V _{II.i-5}	11,66	176,71	9	9,1081	8,094	12252,9
	j	1	V _{II.j-1}	11,69	176,71	9	13,2122	11,846	12153,13

Jenis Beton	Var. Ben.	No. Sam.	Kode	Berat kg	A (cm ²)	Sl. (cm)	σ _p (MPa)	ε _p 10 ⁻⁴	E (MPa)
-------------	-----------	----------	------	----------	----------------------	----------	----------------------	---------------------------------	---------

V _{II}	j	2	V _{II.j-2}	11,825	176,71	9	13,0712	10,615	13313,7
	j	3	V _{II.j-3}	11,58	176,71	9	8,9041	7,469	12921,41
	j	4	V _{II.j-4}	11,68	176,71	9	11,3005	10,0308	12266,08
	j	5	V _{II.j-5}	11,92	179,07	9	6,7201	5,231	12846,68

V _{II}	k	1	V _{II.k-1}	11,88	176,71	9	9,0923	6,0938	15916,67
	k	2	V _{II.k-2}	11,66	176,71	9	11,7561	8,125	19193,63
	k	3	V _{II.k-3}	11,88	176,71	9	9,6291	6,226	15721
	k	4	V _{II.k-4}	11,75	176,71	9	5,9212	5,397	10971,28
	k	5	V _{II.k-5}	11,57	176,71	9	9,3561	6,6032	15169,04

V _{II}	l	1	V _{II.l-1}	11,74	176,71	9	12,1776	10,469	11632,1
	l	2	V _{II.l-2}	11,66	176,71	9	7,7943	4,8438	18155,04
	l	3	V _{II.l-3}	11,49	176,71	9	7,711	4	21755,74
	l	4	V _{II.l-4}	11,37	176,71	9	11,2461	7,9688	16112,66
	l	5	V _{II.l-5}	11,83	176,71	9	13,4037	11,538	11617,05

V _{II}	m	1	V _{II.m-1}	12,3	180,267	9	9,1627	5,6452	18231,08
	m	2	V _{II.m-2}	12,39	180,267	9	10,6221	6,3492	18816,162
	m	3	V _{II.m-3}	11,87	176,71	9	10,9554	7	16650,124
	m	4	V _{II.m-4}	11,67	176,71	9	8,5537	4,4688	20235,72
	m	5	V _{II.m-5}	11,95	179,07	9	9,3185	5,781	18108,28

V _{II}	n	1	V _{II.n-1}	11,84	176,71	9	9,1627	4,235	21635,66
	n	2	V _{II.n-2}	11,87	176,71	9	10,6221	4,8769	21780,43
	n	3	V _{II.n-3}	11,97	179,07	9	11,7561	5,652	20799,89
	n	4	V _{II.n-4}	12,25	181,489	9	8,5537	4,0368	21189,3
	n	5	V _{II.n-5}	12	181,489	9	7,7943	4	19485,75

Keterangan : V_I = jenis beton normal (tanpa bahan tambah).

V_{II} = jenis beton dengan bahan tambah.

A = bahan tambah bentonite sebesar dalam %

1 = benda uji ke-1

5.2.2. Perhitungan Perbandingan Modulus Elastisitas Beton Uji Dengan Teori

Dengan cara mencari harga rata-rata dari kuat desak dan modulus elastisitas beton, nanti akan lebih mudah untuk membandingkan antara hasil penelitian dengan hasil teori pada penambahan *bentonite*, untuk rumus dari modulus elastisitas yaitu :

$$E_c = 0.043 W_c^{1.5} \sqrt{f_c}$$

dimana W_c = berat jenis beton

Untuk rata-rata dari setiap benda uji baik kuat desak atau modulus elastisitas dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Kode $V_{II.a} = \sum f_c (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}) = 129.75 \text{ Mpa}$

$$\text{Kuat desak rata-rata dari data laboratorium} = f_{c_r} = \frac{\sum f_c}{n} = \frac{129.75}{6} = 21.63 \text{ Mpa}$$

Sedangkan perhitungan rata-rata dari modulus elastisitas dari uji coba yaitu :

Diketahui : Kode $V_{II.a} = \sum E_c (V_{II.a.1} + \dots + V_{II.a.6}) = 116921.54 \text{ MPa}$

$$\text{M. Elastisitas rata-rata dari data lab.} = \sum E_{c_r} = \frac{\sum E_c}{n} = \frac{116921.54}{6} = 19486.92 \text{ MPa}$$

Selanjutnya untuk hitungan E_c teori. Contoh dari perhitungan kode $V_{II.a}$

Diketahui f_c dari perhitungan diatas = 24.57 Mpa, $W_c = 23 \text{ KN/m}^3$

$$E_c \text{ teori} = 0,043.23^{1,5} \cdot \sqrt{15,51} = 18679,51 \text{ MPa}$$

Hasil-hasil tersebut dapat ditampilkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 5.10. Hasil Banding Uji dan Teori

Jenis Beton	Var. Ben.	Bentonite %	Kode	Fcr MPa	Er teori (MPa)	Er uji (MPa)
V _I	–	0,00	V _I	18,20	20415,31	16230,14
	a	0,20	V _{II.a}	21,63	18678,00	18486,92
	b	0,40	V _{II.b}	20,88	17265,00	17612,77
	c	0,60	V _{II.c}	21,29	18069,00	15927,89
	d	0,80	V _{II.d}	20,14	17747,00	15001,32
	e	1,00	V _{II.e}	15,12	15559,00	13559,53
	f	2,00	V _{II.f}	19,35	18574,00	16069,04
V _{II}	g	3,00	V _{II.g}	11,57	13847,00	11100,74
	h	4,00	V _{II.h}	15,47	14030,00	15034,46
	i	4,25	V _{II.i}	16,53	17739,13	13568,37
	j	4,50	V _{II.j}	17,11	15251,00	13700,20
	k	4,75	V _{II.k}	19,48	19145,00	16394,32
	l	5,00	V _{II.l}	19,50	18573,00	16854,52
	m	5,25	V _{II.m}	20,36	19011,00	19408,27
	n	5,50	V _{II.n}	22,42	20658,00	20978,21

5.3. Analisa Data Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini, sebelum dapat memaparkan dan membandingkan data, maka peneliti harus yakin akan beberapa hal sebagai berikut : tidak ada bias yang melewati batas dari hasil uji tiap kelompok benda uji. Secara teoritik, hasil dari tiap kelompok benda uji harus menghasilkan data yang 100 % sama, sehingga simpangan bakunya adalah nol. Hal ini jelaslah tidak mungkin karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan benda uji.

kelompok benda uji harus menghasilkan data yang 100 % sama, sehingga simpangan bakunya adalah nol. Hal ini jelaslah tidak mungkin karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan benda uji.

Dalam penelitian biasa digunakan model, suatu hubungan fungsional antara peubah. Dengan model itu diharapkan dapat memahami, menerangkan, mengendalikan dan kemudian memprediksikan kelakuan sistem yang diteliti. Prediksi dalam hal ini mempunyai arti yang khusus yaitu inter atau ekstra polasi.

Model juga menolong dalam menentukan hubungan kausal (sebab akibat) antara dua atau lebih peubah. Ada tidaknya hubungan kausal antara peubah tidak dapat diputuskan dengan hanya menggunakan data statistik. Diharapkan model tersebut merupakan teori tentang cara kerja sistem yang diteliti. Model disini akan selalu berbentuk fungsi dan regresi merupakan alat yang tepat dalam pembentukannya.

Selanjutnya dari data pengujian modulus elastisitas (regangan beton) dianalisa dengan menggunakan analisa statistik garis regresi polinomial berkuadrat kecil.

Untuk perhitungan dengan metode numerik dari hubungan penambahan bentonite dengan kuat desak serta modulus elastisitas dihitung sebagai berikut :

5.3.1. Metode Regresi Polinomial Pangkat Dua.

Perhitungan numerik dengan metode regresi polinomial pangkat dua dilakukan dengan menggunakan Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Hasil perhitungan Numerik hubungan kuat desak beton dengan berbagai variasi penambahan bentonite dengan menggunakan metode regresi polinomial pangkat dua.

No.	Xi	Yi	Xi ²	Xi ³	Xi ⁴	Xi.Yi	Xi ² .Yi
1	0,00	19,20	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
2	0,20	21,63	0,04	0,01	0,00	4,326	0,87
3	0,40	20,88	0,16	0,06	0,03	8,350	3,34
4	0,60	21,29	0,36	0,22	0,13	12,776	7,67
5	0,80	20,14	0,64	0,51	0,41	16,109	12,89
6	1,00	15,12	1,00	1,00	1,00	15,116	15,12
7	2,00	19,35	4,00	8,00	16,00	38,696	77,39
8	3,00	11,57	9,00	27,00	81,00	34,695	104,09
9	4,00	15,47	16,00	64,00	256,00	61,880	247,52
10	4,25	16,53	18,06	76,77	326,25	70,257	298,59
11	4,50	17,11	20,25	91,13	410,06	76,995	346,48
12	4,75	19,48	22,56	107,17	509,07	92,511	439,43
13	5,00	19,50	25,00	125,00	625,00	97,490	487,45
14	5,25	20,36	27,56	144,70	759,69	106,869	561,06
15	5,50	22,42	30,25	166,38	915,06	123,310	678,21
Σ	41,25	280,02	174,89	811,94	3899,70	759,38	3280,08

Nilai rerata dari x dan y adalah:

$$X = \frac{\sum x}{n} = \frac{41,25}{15}$$

$$y = \frac{\sum y}{n} = \frac{280,2}{15} = 18,68$$

Persamaan regresi polinomial pangkat dua

n	ΣX_i	ΣX_i^2
ΣX_i	ΣX_i^2	ΣX_i^3
ΣX_i^2	ΣX_i^3	ΣX_i^4

 \times

a_0
a_1
a_2

 $=$

ΣY_i
$\Sigma X_i \cdot Y_i$
$\Sigma X_i^2 \cdot Y_i$

15,00	41,25	174,9
41,25	174,89	811,9
174,89	811,94	3899,7

 \times

a_0
a_1
a_2

 $=$

280,019
759,379
3280,084

Metode Cramer .

a_0
a_1
a_2

 $=$

0,318	-0,263	0,041
-0,263	0,390	-0,069
0,041	-0,069	0,013

 \times

280,019
759,379
3280,084

a_0
a_1
a_2

 $=$

22,098
-5,217
0,936

Persamaan garis yang mewakili titik data adalah $Y = a_0 + a_1x + a_2x^2$

dimana: $Y =$ kuat desak (Mpa)

$X =$ penambahan bentonite (%)

Sehingga diperoleh persamaan kurva adalah $Y = 22,098 - 5,217X + 0,936X^2$.

Dengan perhitungan yang sama persis diatas, persamaan untuk modulus elastisitas adalah

$$Y = 17583 - 3786x + 732,6x^2$$

Dari persamaan tersebut di atas maka persamaan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada gambar 5.8 dan 5.9

$$D = \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 \\ \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 \end{bmatrix}$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \\ \Sigma X_i \cdot Y_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 \\ \Sigma X_i^2 \cdot Y_i & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 \end{bmatrix}$$

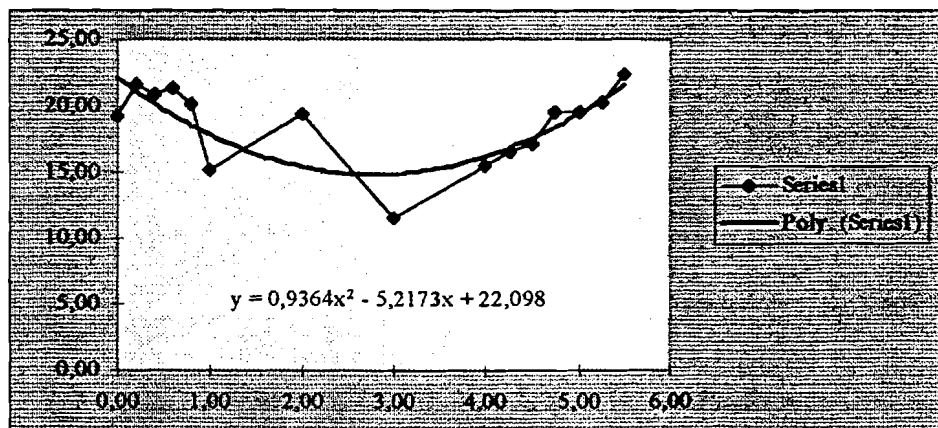
$$= \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 \\ \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} n & \Sigma X_i & \Sigma Y_i \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i \cdot Y_i \\ \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \Sigma X_i^2 \cdot Y_i \end{bmatrix}$$

$$a_0 = \frac{D_1}{D}$$

$$a_1 = \frac{D_2}{D}$$

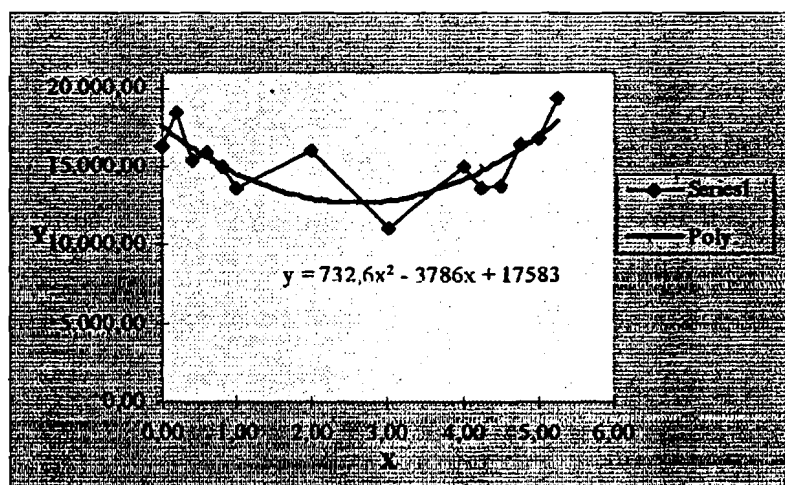
$$a_2 = \frac{D_3}{D}$$



Gambar 5.8 Grafik hubungan hasil kuat desak dengan variasi penambahan bentonite.

Keterangan : Y = Kuat desak beton / Modulus elastisitas.

X = Prosentase penambahan bentonite.



Gambar 5.9 Grafik hubungan hasil modulus elastisitas dengan variasi penambahan bentonite.

Untuk memperjelas hasil dari kuat desak dan modulus elastisitas dalam penambahan bentonite disajikan dalam tabel 5.12 dan 5.13

Tabel 5.12. Hasil Modulus Elastisitas

X	Y
0	17583
0,2	16855,11
0,4	16185,816
0,6	15575,136
0,8	15023,065
1	14529,6
2	12941,4
3	12818,4
4	14160,6
4,25	14725,01
4,5	15381,15
4,75	16128,81
5	16968
5,25	17898,81
5,5	18921,15

Tabel 5.13. Hasil K. Desak

X	Y
0	22,098
0,2	21,0924
0,4	20,161
0,6	19,3074
0,8	18,5235
1	17,817
2	15,408
3	14,871
4	16,206
4,25	16,8323
4,5	17,5755
4,75	18,438
5	19,413
5,25	20,5073
5,5	21,7185

Untuk memilih salah satu dari dua hasil yang terbagik dari dua persamaan tersebut di atas maka dihitung nilai koefisien korelasinya. Koefisien korelasi dapat dihitung dengan menggunakan tabel 5.14 dan 5.15 rumus berikut.

$$S_y = \sqrt{\frac{St}{n-1}} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-(m+1)}} \dots\dots\dots (5.2)$$

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}} \dots\dots\dots (5.3)$$

$$g(x_1) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \dots\dots\dots (5.4)$$

dimana:

r = Koefisien korelasi

m = jumlah orde

n = jumlah data

St = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa (residu), yaitu:

$$St = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 \dots\dots\dots (5.5)$$

Sr = jumlah kuadrat dari kesalahan, yaitu:

$$\text{Linier} \rightarrow Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2 \dots\dots\dots (5.6)$$

$$\text{Polynomial} \rightarrow Sr = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2 \dots\dots\dots (5.7)$$

$S_{y/x}$ = galat baku taksiran

S_y = simpangan baku total

$g(x_i)$ = persamaan garis atau kurva

Kuat Desak

Tabel 5.14. Komputasi untuk analisis kuat desak kecocokan polinomial kuadrat terkecil orde dua

No.	Xi	Yi	Polynomial		
			g(xi)	(yi-a0-a1x-a2x ²) ²	(yi-y) ²
1	0,00	19,20	2,210E+01	3,275E+00	3,685E+02
2	0,20	21,63	2,109E+01	1,800E+01	4,678E+02
3	0,40	20,88	2,016E+01	1,217E+01	4,358E+02
4	0,60	21,29	1,930E+01	1,526E+01	4,534E+02
5	0,80	20,14	1,852E+01	7,566E+00	4,055E+02
6	1,00	15,12	1,782E+01	5,154E+00	2,285E+02
7	2,00	19,35	1,541E+01	3,849E+00	3,743E+02
8	3,00	11,57	1,487E+01	3,389E+01	1,337E+02
9	4,00	15,47	1,621E+01	3,671E+00	2,393E+02
10	4,25	16,53	1,683E+01	7,312E-01	2,733E+02
11	4,50	17,11	1,758E+01	7,623E-02	2,928E+02
12	4,75	19,48	1,844E+01	4,368E+00	3,793E+02
13	5,00	19,50	1,941E+01	4,460E+00	3,802E+02
14	5,25	20,36	2,051E+01	8,820E+00	4,144E+02
15	5,50	22,42	2,172E+01	2,534E+01	5,027E+02
S	41,25	280	2,800E+02	1,466E+02	5,349E+03

1. Mencari nilai koefisien korelasi dari metode regresi polinomial, yaitu:

Perhitungan simpangan baku total menggunakan persamaan (5.1)

$$S_y = \sqrt{\frac{St}{n-1}} = \sqrt{\frac{5349}{15-1}} = 19,55$$

dan galat baku taksiran menggunakan persamaan (5.2)

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-(m+1)}} = \sqrt{\frac{146,6}{12}} = 3,495$$

Karena $S_{y/x} < S_y$ maka model regresi linier mempunyai kebaikan sehingga tingkat perbaikan diukur oleh nilai koefisien korelasi dengan menggunakan persamaan (5.3).

$$r = \sqrt{\frac{St - Sr}{St}} = \sqrt{\frac{5349 - 146,6}{5349}} = 0,9862$$

Modulus Elastisitas

Tabel 5.15. Komputasi untuk analisis modulus elastisitas kecocokan polinomial kuadrat terkecil orde dua.

No.	Xi	Yi	Polynomial		
			g(xi)	(yi-a0-a1x-a2x ²) ²	(yi-y) ²
1	0,00	16.230,14	1,758E+04	2,521E+09	2,634E+08
2	0,20	18.486,92	1,686E+04	2,300E+09	3,418E+08
3	0,40	15.467,05	1,619E+04	2,598E+09	2,392E+08
4	0,60	15.927,89	1,558E+04	2,552E+09	2,537E+08
5	0,80	15.001,32	1,502E+04	2,646E+09	2,250E+08
6	1,00	13.559,53	1,453E+04	2,796E+09	1,839E+08
7	2,00	16.069,04	1,294E+04	2,537E+09	2,582E+08
8	3,00	11.100,74	1,282E+04	3,062E+09	1,232E+08
9	4,00	15.034,46	1,416E+04	2,643E+09	2,260E+08
10	4,25	13.568,37	1,473E+04	2,795E+09	1,841E+08
11	4,50	13.700,20	1,538E+04	2,782E+09	1,877E+08
12	4,75	16.394,32	1,613E+04	2,505E+09	2,688E+08
13	5,00	16.854,52	1,697E+04	2,459E+09	2,841E+08
14	5,25	19.408,27	1,790E+04	2,212E+09	3,767E+08
15	5,50	20.978,21	1,892E+04	2,067E+09	4,401E+08
S	41,25	237780,98	2,357E+05	3,847E+10	3,856E+09

1. Mencari nilai koefisien korelasi dari metode regresi polinomial, yaitu:

Perhitungan simpangan baku total menggunakan persamaan (5.1)

$$S_y = \sqrt{\frac{St}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,85 \times 10^9}{15-1}} = 16583,124$$

dan galat baku taksiran menggunakan persamaan (5.2)

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-(m+1)}} = \sqrt{\frac{3,847 \times 10^{10}}{15-3}} = 52812,6$$

Karena $S_{y/x} < S_y$ maka model regresi linier mempunyai kebaikan sehingga tingkat perbaikan diukur oleh nilai koefisien korelasi dengan menggunakan persamaan (5.3).

$$r = \sqrt{\frac{S_r - S_t}{S_r}} = \sqrt{\frac{3,847.10^{10} - 3,85.10^9}{3,847.10^{10}}} = 0,94865$$

Dari persamaan kurva tersebut diperoleh nilai r untuk kuat desak yaitu 0,9862 maka untuk penerapannya dipakai persamaan kurva yaitu $Y = 22,098 - 5,217X + 0,936X^2$

Sedangkan untuk Modulus Elastisitas kita pakai persamaan yang berpolynomial yaitu $Y = 17583 - 3786X + 732,6X^2$, karena nilai $r = 0,94865$. Hal ini dapat dipakai, karena r menentukan apakah persamaan tersebut dipakai atau tidak. Kalau r mendekati angka 1 maka persamaan tersebut mendekati kebenaran.

5.4. Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian gradasi, berat satuan volume, kadar lumpur, *specific gravity* dan absorpsi agregat halus (pasir) masuk dalam standard ASTM C-33, sehingga agregat halus tersebut layak digunakan dalam penelitian ini. Untuk hasil pengujian agregat kasar khusus dalam pengujian gradasi, agregat kasar tidak masuk dalam standar ASTM C-33. Sedangkan untuk pengujian lainnya, berat jenis SSD, berat jenis kering permukaan, absorpsi masih masuk dalam standar ASTM C-33. Karena dari salah satu tidak masuk dalam standar, maka bahan yang digunakan ditoleransi untuk dapat dipakai.

Bahan tambah yang digunakan adalah *bentonite*, bahan ini dari teori adalah bahan tambah yang dapat mereduksi air (*water reducer*). Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil dari pengujian *slump*-nya. Hasil pengujian *slump* dari benda uji yang tidak ditambahi dengan bahan tambah agak lebih tinggi dari nilai *slump* yang ditambahi dengan bahan

tambah. Sifat dari bahan tambah *bentonite* adalah sebagai *water reducer* (mereduksi air). Dimana sifat bahan-bahan ini adalah mengurangi kadar air beton tanpa kehilangan *workabilitas* (kemudahan dalam pekerjaan). Hal ini ditunjukkan dengan nilai *slump* dan tingkat pengujiannya. Untuk beton normal nilai *slump* adalah 10 cm, sedangkan untuk bahan tambah sampai 5.5% adalah 9 cm. Dengan penurunan nilai *slump* sebesar 1 cm, pekerjaan adukan beton masih dapat dikerjakan dengan mudah atau campuran adukan masih bersifat encer.

Dari hasil perhitungan tabel 5.12. dengan memasukkan harga x (*bentonite* dalam persen) pada persamaan kurva kuat desak atau dapat dilihat dalam Gambar 5.8, bahwa penambahan *bentonite* pada campuran beton berpengaruh terhadap kuat desak dengan kenaikan terhadap beton normal sebesar 2.73 % pada penambahan *bentonite* 5.5 % dari berat semen. Kuat desak minimum terjadi pada penambahan *bentonite* sebesar 3 % dari berat semen dengan nilai penurunan sebesar 49 % dari beton normal.

Untuk tabel 5.13. telah terjadi juga kenaikan dan penurunan modulus elastisitas beton dengan bahan tambah terhadap beton normal. Dengan melihat Gambar 5.9 dapat diketahui kenaikan modulus elastisitas maksimum pada penambahan *bentonite* 5.5 % dari berat semen dengan nilai sebesar 5.65 %. Sedangkan penurunan minimum terjadi pada penambahan *bentonite* 3 % dari berat semen dengan nilai penurunan sebesar 37 % terhadap beton normal.

Dari hasil pembacaan kurva tegangan-regangan menunjukkan bahwa kurva yang dihasilkan hanya sampai pada tegangan maksimal saja. Hal ini disebabkan karena tidak semua data diatas tegangan maksimal dapat dibaca dengan baik. Nilai

regangan optimal yang diperoleh pada saat mencapai tegangan maksimal yaitu regangan beton (ϵ_b) mencapai nilai ± 0.002 . Hal ini sudah sesuai dengan teori yang ada atau tertulis dalam buku "Struktur Beton Bertulang" karangan Istimawan Dipohusodo pada tahun 1996.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

- a) Penambahan betonite dalam campuran adukan beton berpengaruh pada sifat-sifat beton yang diteliti yaitu kuat desak dan modulus elastisitas.
- b) Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kuat desak beton mencapai optimum pada penambahan bentonite sebesar 5,5 % dari berat semen. Dengan peningkatan nilai kuat desak sebesar 2.73 %.
- c) Dari hasil perhitungan juga diperoleh nilai modulus elastisitas beton mencapai optimum pada penambahan bentonite sebesar 5,5 % dari berat semen. Dengan peningkatan nilai modulus elastis sebesar 5.65 %.
- d) Sedangkan untuk hasil persamaan regresi polinomial kuadrat kecil, kuat desak memperoleh koefisien korelasi sebesar 0,9862. Untuk persamaan regresi polinomialnya yaitu $0,9364 x^2 - 5,2173 x + 22,098$.
- e) Hasil persamaan regresi polinomial kudrat kecil untuk modulus elastisitas diperoleh koefisien korelasi sebesar 0,9485. Untuk persamaan regresi polinomialnya yaitu $732,6 x^2 - 3786 x + 17583$.

6.2. Saran-saran

Setelah melihat hasil penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

- a) permukaan atas cetaka yang digunakan harus benar-benar rata dengan permukaan. Hal ini akan menyebabkan tegangan hancur akan lebih mudah hancurnya juga akan menyebabkan alat *stainsometer* bergerak lebih cepat dari normalnya,
- b) khusus untuk perhitungan tegangan-regangan proporsional, penulis memakai cara atau metode yang didapat pada masa perkuliahan, sehingga penulis menyarankan agar dilakukan dengan metode regresi untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal,
- c) perlu diteliti lebih lanjut penambahan *bentonite* pada campuran adukan beton terhadap sifat-sifat beton lainnya. Misal kekuatan geser, keretakan, dan lain sebagainya,
- d) perlu dikaji lebih lanjut tentang reaksi kimia yang terkandung dalam *bentonite* terhadap campuran beton,
- e) perlu diteliti lebih lanjut tentang penambahan *bentonite* dalam adukan beton dengan prosentase lebih kecil 0.2% dan lebih besar dari 5.5%, serta
- f) perlu diteliti tentang penggunaan *bentonite* untuk berbagai jenis campuran beton.

6.2. Saran-saran

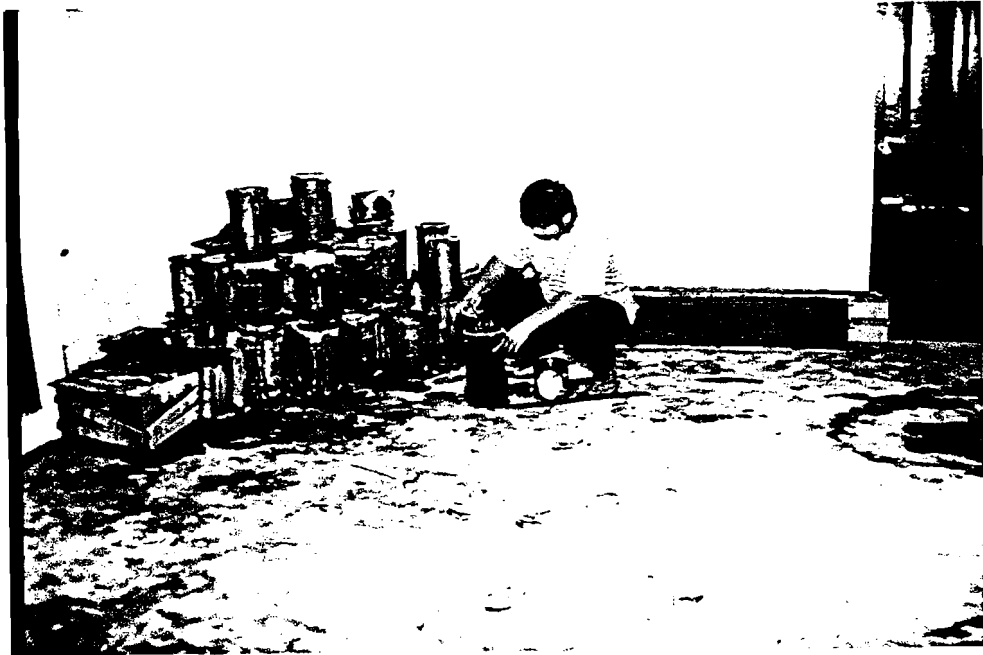
Setelah melihat hasil penelitian ini, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

- a) permukaan atas cetaka yang digunakan harus benar-benar rata dengan permukaan. Hal ini akan menyebabkan tegangan hancur akan lebih mudah hancurnya juga akan menyebabkan alat *stainsometer* bergerak lebih cepat dari normalnya,
- b) khusus untuk perhitungan tegangan-regangan proporsional, penulis memakai cara atau metode yang didapat pada masa perkuliahan, sehingga penulis menyarankan agar dilakukan dengan metode regresi untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal,
- c) perlu diteliti lebih lanjut penambahan *bentonite* pada campuran adukan beton terhadap sifat-sifat beton lainnya. Misal kekuatan geser, keretakan, dan lain sebagainya,
- d) perlu dikaji lebih lanjut tentang reaksi kimia yang terkandung dalam *bentonite* terhadap campuran beton,
- e) perlu diteliti lebih lanjut tentang penambahan *bentonite* dalam adukan beton dengan prosentase lebih kecil 0.2% atau lebih besar dari 5.5%, serta
- f) perlu diteliti tentang penggunaan *bentonite* untuk berbagai jenis campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Antono, (1978), **"SOAL DAN PENYELESAIAN BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK"**, Studi Group Deru Patlikur, Yogyakarta.
- Bowles, J. E, (1991), **"SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH"**, Erlangga, Jakarta.
- Chapra, S. C.dan R. P. Canale, (1991), **"METODE NUMERIK"**, Edisi kedua (Alih bahasa Oleh : I Nyoman S.), Erlangga, Jakarta.
- Departemen P. U, (1971a), **"PERATURAN BETON INDONESIA"**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen P. U, (1971b), **"PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA"**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen P. U, (1989), **"PERATURAN BETON INDONESIA"**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Dipohusodo, I, (1996), **"STRUTUR BETON BERTULANG"**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dinas Vulkanologi dan Geofisika Gunung Merapi, (1997), **"BERBAGAI MACAM KANDUNGAN MINERAL"**, Beta Offset, Yogyakarta.
- Kennard, K. M, (1995), **"MULTI PURPOSE DAM PROJECT VOL. IV"**, (Alih Bahasa Oleh : Drs. Budijanto), Binarupa aksara, Jakarta.
- Murdock, L. J, dan K. M, Brook, (1986), **"BAHAN DAN PRAKTEK BETON"**, Edisi keempat (Alih Bahasa Oleh : S. Hendarko), Erlangga, Jakarta.
- Neville, A. M, (1990), **"PROPERTIES OF CONCRETE SECOND EDITION"**, The English Language Book Society And Pitman Publishing, London.
- Nugraha, P, (1989), **"TEKNOLOGI BETON"**, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- P. T. Indobent Wijaya Mineral, Leaflet, (1990), **"INDOBENT"**, P.T. Wijaya Mineral , Pacitan.
- Tjokrodimulyo, K, (1992), **"TEKNOLOGI BETON"**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Triatmojo, B, (1992), **"METODE NUMERIK"**, Beta Offset, Yogyakarta.

LAMPIRAN A



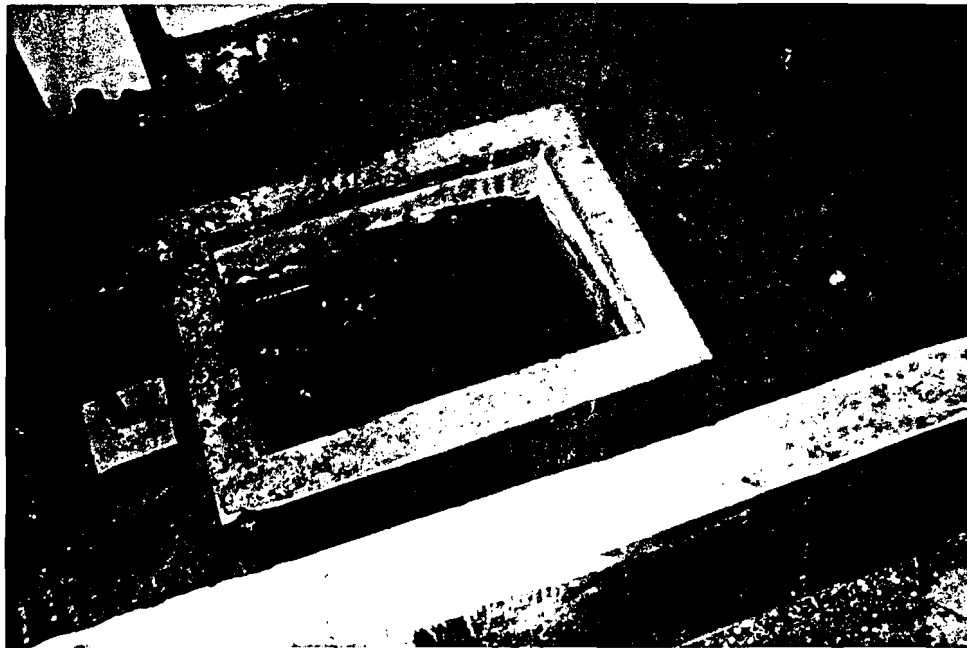
Gambar Lamp 1. Pembersihan Cetakan Sebelum Digunakan.



Gambar Lamp 2. Waktu Pengadukan Dilaksanakan, Dengan Menggunakan Alat "Molen" Otomatis.

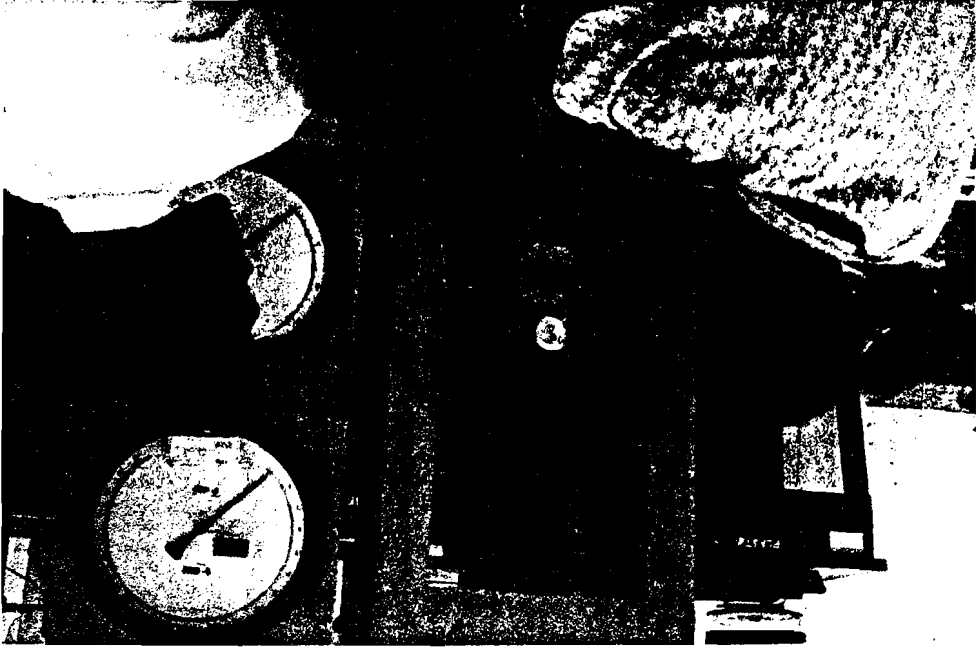


Gambar Lamp.3. Pemasakan Benda Uji.

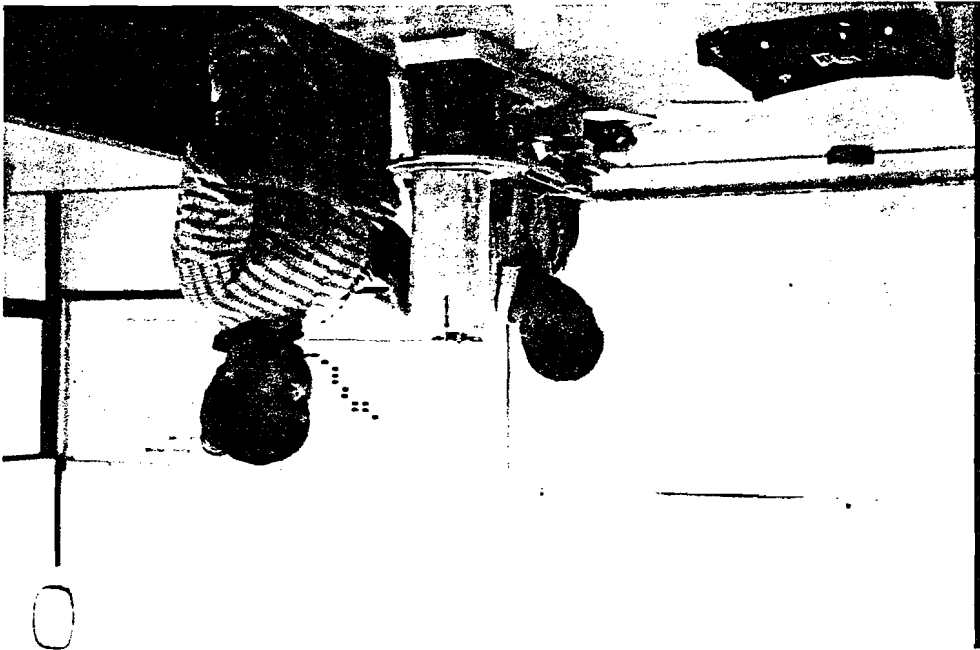


Gambar Lamp.4. Tempat Bak Air Sebagai Perawatan Benda Uji.

Gambar Lamp. 6. Pelaksanaan Pengujian Benda Uji.



Gambar Lamp. 5. Pengukuran dan Penimbangan Benda Uji.



LAMPİRAN B

Lampiran

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 0,2%

Beban P (kN)	Regangan					
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
10	10	9	10	13	12	15
20	19	29	15	23	18	20
30	25	35	23	33	20	26
40	34	40	30	43	25	37
50	43	54	39	53	35	47
60	50	61	46	63	45	57
70	60	70	54	73	55	66
80	70	79	62	84	64	71
90	80	89	72	95	74	79
100	90	99	80	105	84	86
110	99	109	89	115	94	96
120	105	119	99	125	105	106
130	115	125	110	135	115	115
140	140	130	122	145	130	124
150	150	136	133	159	140	134
160	160	145	144	165	150	144
170	166	151	159	177	160	154
180	170	153	162	188	170	164
190	195	156	190	200	190	174
200	198	159	205	214	200	188
210	208	171	225	226	215	199
220	218	180	245	238	225	213
230	229	190	265	254	238	226
240	240	200	280	268	255	240
250	254	210	290	281	290	254
260	267	214	319	295	310	266
270	280	215	350	308	340	279
280	295	216	380	324	360	285
290	309	218	530	338	390	300

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7
300	321	227		355	450	315
310	335	232		380	695	334
320	355	233		405		351
330	380	234		425		365
340	386	235		445		390
350	400	242		465		410
360	415	256		495		428
370	435	266		515		455
380	460	276		545		470
390	480	290		580		510
400	495	490		595		545
410	515			615		560
420	545			645		605
430	605			675		650
440				695		740

Lampiran

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 0,6%

Beban P (kN)	Regangan					
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
10	9	12	15	15	13	12
20	16	22	25	25	23	22
30	28	32	35	35	33	32
40	38	42	50	45	43	42
50	48	52	60	58	53	52
60	58	65	70	68	63	62
70	68	75	80	78	73	72
80	83	85	90	88	83	82
90	95	98	104	98	93	92
100	108	109	112	118	100	110
110	119	120	130	128	114	120
120	129	130	143	148	124	130
130	139	144	158	164	140	140
140	151	154	174	165	155	160
150	164	164	189	208	169	173
160	175	180	204	237	184	183
170	185	191	220	255	197	196
180	198	205	235	297	210	210
190	213	215	250	335	225	220
200	225	230	264	380	240	240
210	235	240	278	440	254	255
220	250	254	295	500	269	271
230	265	268	312	570	285	286
240	278	279	325	660	300	299
250	290	294	345	730	315	315
260	306	307	362	800	335	334
270	320	320	376	900	354	348
280	338	334	400	1020	375	365
290	355	348	420	1100	398	382

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7
300	370	365	460	1250	425	400
310	390	379	495		450	420
320	410	395	525		485	440
330	430	410	725		530	463
340	447	428			600	485
350	467	445			900	510
360	486	460				525
370	510	475				565
380	525	495				600
390	553	515				635
400	575	533				835
410	580	550				
420	620	570				
430	650	590				
440	690	615				
450	780	640				
460	920	675				

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 0,4%

Beban P (kN)	Regangan					
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
10	9	10	13	9	10	9
20	14	19	21	14	19	16
30	23	30	30	21	27	25
40	32	40	42	27	37	35
50	41	50	52	34	47	45
60	44	60	62	43	57	55
70	57	70	74	49	67	65
80	66	85	84	56	77	75
90	74	95	94	64	87	85
100	84	105	104	73	90	95
110	92	115	120	81	102	105
120	101	121	130	89	114	118
130	120	142	140	100	126	130
140	122	153	155	110	140	142
150	131	164	167	121	155	154
160	139	177	179	131	170	165
170	150	189	189	142	195	177
180	160	203	204	155	209	190
190	170	215	216	169	227	205
200	181	227	228	182	245	215
210	192	241	240	196	263	228
220	202	255	255	213	280	240
230	215	268	269	313	297	255
240	225	281	283		319	270
250	236	295	296		325	284
260	250	310	309		355	298
270	260	324	319		375	315
280	270	338	333		405	330
290	284	353	344		435	348

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7
300	297	369	359		465	365
310	310	385	375		500	385
320	324	400	395		670	404
330	334	418	410		770	425
340	354	435	433		870	445
350	364	455	456			465
360	378	480	495			490
370	395	505	540			520
380	415	510	620			555
390	420	550	820			580
400	434	570				810
410	430	580				
420		613				
430		635				
440		660				
450		695				
460		730				
470		890				

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 0,8%

Beban P (kN)	Regangan					
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
10	10	16	13	19	4	14
20	20	26	23	29	14	31
30	30	36	33	39	24	49
40	40	46	43	49	34	69
50	50	56	53	59	42	85
60	60	66	71	69	54	104
70	70	76	85	79	64	129
80	80	86	101	89	74	165
90	90	96	120	99	84	200
100	103	106	140	110	95	230
110	114	116	165	119	105	250
120	125	121	185	129	118	270
130	140	142	213	150	128	298
140	150	162	235	165	140	325
150	164	180	255	183	152	350
160	175	190	270	204	165	380
170	190	205	288	219	178	405
180	219	220	301	237	190	425
190	229	235	404	256	206	450
200	247	350	418	276	219	476
210	269	265	430	300	233	503
220	279	282	450	325	245	529
230	297	300	465	345	259	555
240	310	315	485	365	273	585
250	335	332	497	390	287	615
260	352	355	510	415	301	650
270	373	373	520	445	315	685
280	393	396	620	470	330	695
290	415	420		495	345	725

Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7
300	435	450		529	364	770
310	465	485		565	379	840
320	493	500		600	397	900
330	520	565		650	414	
340	550	610		700	432	
350	570	660		780	450	
360	600	730		900	469	
370	840	830			490	
380		1030			515	
390					548	
400					572	
410					600	
420					635	
430					670	
440					715	
450					755	

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 1%

Beban P (kN)	Regangan					
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6	7
10	19	15	13	18	16	13
20	29	25	23	28	27	23
30	39	35	33	38	38	33
40	49	45	43	48	53	43
50	59	55	53	58	68	53
60	69	65	63	68	83	74
70	79	75	73	78	94	97
80	94	92	83	88	112	109
90	110	107	103	98	135	129
100	125	121	115	108	150	200
110	140	132	120	118	165	270
120	165	145	145	121	165	300
130	495	167	165	145	205	360
140	220	190	180	165	235	420
150	245	220	198	180	255	530
160	270	245	220	193	278	640
170	300	265	240	207	310	750
180	325	283	253	224	345	880
190	365	304	278	240	385	1000
200	400	330	300	255	395	1100
210	450	360	325	275	485	
220	495	390	345	290	555	
230	545	425	370	309	635	
240	600	456	397	330	715	
250	665	494	425	355	820	
260	725	537	360	388	920	
270	795	637	495	410		
280	865		520	435		
290	955		570	465		

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7
300	1090		620	500		
310			920	545		
320				610		
330				910		

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 2%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	9	14	10	8	7
20	19	24	20	18	14
30	29	34	30	28	21
40	39	44	40	38	28
50	49	54	50	48	35
60	59	64	60	58	42
70	69	74	70	68	50
80	79	84	80	72	60
90	89	99	90	82	67
100	105	110	100	94	76
110	118	128	120	115	85
120	130	145	133	125	94
130	145	164	145	140	110
140	161	183	158	160	120
150	180	200	175	175	130
160	198	220	185	195	143
170	210	240	200	220	155
180	220	265	214	245	165
190	245	285	230	265	180
200	257	310	245	290	194
210	272	330	260	315	210
220	293	355	280	343	235
230	305	378	300	375	245
240	320	405	315	405	260
250	340	435	330	440	280
260	360	460	355	460	295
270	375	490	375	495	315
280	398	510	395	540	325
290	415	525	420	810	345

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300	435	590	448		385
310	460	610	478		410
320	480	680	498		445
330	505	720	530		500
340	540	920	555		590
350	555		595		690
360	585		610		740
370	630		675		1240
380	720		735		1400
390	930		1035		
400	1100				

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 3%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	15	13	10	14	9
20	25	23	20	24	17
30	35	33	30	34	25
40	45	43	40	44	33
50	55	53	50	54	42
60	65	63	60	70	50
70	75	80	80	85	59
80	85	95	115	97	68
90	95	115	130	115	72
100	105	134	150	130	96
110	115	150	170	150	121
120	125	169	195	170	135
130	134	194	215	195	160
140	145	215	240	215	180
150	155	240	260	20	199
160	180	266	289	260	217
170	205	298	313	289	300
180	234	350	355	340	423
190	265	400	385	400	515
200	290	440	425	450	595
210	330	580	485	510	645
220	370		550	580	
230	415		950	670	
240	405			740	
250	530			1040	
260	630				
270	810				



Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 4%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	13	15	16	19	10
20	22	30	20	23	15
30	34	45	35	31	24
40	45	70	45	45	34
50	57	95	58	58	44
60	68	125	72	70	54
70	83	160	84	83	64
80	96	200	98	95	79
90	115	260	110	108	90
100	130	380	128	125	105
110	145	490	143	140	117
120	170	600	160	155	135
130	180	660	185	175	155
140	215	790	200	195	178
150	244	840	218	210	198
160	268	1040	235	228	225
170	299	1140	260	248	250
180	340	1240	283	265	285
190	385	1340	305	285	325
200	445		320	305	385
210	500		358	325	440
220	540		388	345	490
230	570		415	370	990
240	620		425	395	
250	680		475	420	
260	710		505	450	
270	725		545	485	
280	760		585	525	
290	820		625	575	

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300	870		685	650	
310	950		725	940	
320	1030		785		
330	1095		1060		
340	1160				
350	1280				

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 4,25%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	13	20	15	16	20
20	18	33	27	35	35
30	25	45	45	50	60
40	35	65	55	65	70
50	45	85	70	90	85
60	54	90	85	120	105
70	64	100	95	145	120
80	78	115	110	200	138
90	89	140	125	230	158
100	100	165	145	250	178
110	110	175	155	300	198
120	124	199	160	360	215
130	135	225	185	420	235
140	155	255	205	460	259
150	165	285	220	495	285
160	175	300	240	550	305
170	193	335	255	615	335
180	210	365	275	686	359
190	225	399	299	760	375
200	239	440	320	825	400
210	255	495	345	935	430
220	275	540	365	1000	460
230	300	585	390	1300	490
240	335	640	415		520
250	350	695	445		550
260	420	770	475		595
270	460	890	510		635
280	720	1030	565		685
290			585		745

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300			630		
310			680		
320			740		
330			800		
340			1200		

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 4,5%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	16	8	15	18	15
20	30	15	28	28	20
30	44	25	45	38	30
40	58	30	65	52	41
50	68	38	79	68	51
60	81	49	94	78	61
70	98	60	105	90	71
80	115	71	120	110	84
90	128	85	140	125	99
100	148	95	155	145	115
110	158	108	175	155	135
120	173	119	194	175	170
130	188	135	215	185	220
140	210	148	239	205	280
150	225	165	260	225	295
160	248	175	285	245	330
170	263	188	305	268	430
180	285	205	335	288	
190	298	225	355	310	
200	315	240	385	335	
210	345	258	415	365	
220	365	278	450	398	
230	385	305	480	425	
240	420	325	515	465	
250	435	345	535	498	
260	460	375	595	545	
270	495	405	635	610	
280	525	440	695	695	
290	555	485	735	775	

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300	595	555	795	875	
310	63	755	860	1132	
320	680	1155	945		
330	720		1040		
340	750		2030		
350	1020				

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 4,75%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	13	15	12	7	20
20	23	30	25	18	31
30	35	40	37	34	45
40	50	55	50	50	60
50	60	70	61	70	75
60	71	80	75	95	88
70	85	95	89	112	100
80	98	108	103	140	115
90	114	125	119	170	135
100	127	135	135	230	135
110	141	150	145	240	150
120	157	163	163	300	164
130	175	178	180	340	175
140	195	195	193	400	193
150	210	210	214	460	208
160	225	225	230	545	228
170	244	245	245	650	248
180	265	260	265	720	265
190	285	280	285	840	288
200	305	295	300	960	308
210	330	310	320	1145	335
220	355	330	340		365
230	385	350	365		385
240	410	375	389		410
250	440	395	413		435
260	470	415	445		465
270	208	438	475		495
280	222	460	519		525
290	610	485	540		565

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300	690	505	575		610
310	940	535	615		650
320		570	660		700
330		600	710		745
340		635	770		800
350		675	920		850
360		715			930
370		780			1030
380		840			1300
390		1130			

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 5%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	18	16	15	18	25
20	27	26	20	28	33
30	38	40	31	40	48
40	54	54	44	55	65
50	68	69	53	70	78
60	81	81	64	85	95
70	94	95	74	98	105
80	108	110	84	115	119
90	123	125	97	125	135
100	138	140	108	140	150
110	154	155	138	155	165
120	168	175	148	170	185
130	185	190	168	189	200
140	202	210	178	205	220
150	215	225	188	219	235
160	232	245	203	240	250
170	249	260	219	255	270
180	269	280	245	275	295
190	292	300	265	295	315
200	315	325	290	310	335
210	334	350	305	325	350
220	356	375	325	345	375
230	384	405	355	365	395
240	410	435	385	385	415
250	440	460	410	410	440
260	485	495	440	440	465
270	545	525	475	455	470
280	635	565	510	475	495
290	760	610	550	500	515

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300		685	630	525	535
310		730	730	560	565
320		1180	830	595	600
330			1130	625	640
340			770	660	670
350				700	705
360				740	750
370				1140	810
380					1280

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 5,25%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	9	13	12	20	12
20	16	25	22	29	20
30	25	35	32	42	29
40	35	45	42	55	40
50	44	60	50	62	53
60	52	75	58	75	63
70	60	85	68	85	80
80	70	98	78	95	93
90	78	105	88	110	105
100	92	118	100	120	125
110	100	130	109	131	140
120	110	145	121	143	155
130	120	156	135	160	185
140	135	170	146	170	210
150	144	185	164	185	230
160	154	200	178	195	245
170	165	220	193	210	260
180	179	235	209	220	280
190	194	248	224	234	298
200	204	265	245	250	315
210	216	283	264	260	340
220	230	300	285	275	363
230	247	320	305	287	383
240	261	340	325	300	400
250	276	363	353	315	420
260	292	388	379	330	442
270	308	412	410	345	463
280	325	445	460	360	499
290	339	475	490	355	585

Lampiran

Lanjutan

1	2	3	4	5	6
300	357	510	535	340	660
310	375	540	1035	340	730
320	395	580	1035		830
330	410	615			940
340	430	655			
350	450	695			
360	473	745			
370	498	796			
380	525	950			
390	550				
400	580				
410	615				
420	715				

Tabel Lampiran 1. Hasil Uji Coba Beton Dengan Penambahan "Bentonite" 5,5%

Beban P (kN)	Regangan				
	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)	$\epsilon.L.10^{-3}$ (mm)
1	2	3	4	5	6
10	13	5	6	15	6
20	23	15	12	30	12
30	35	25	22	40	22
40	48	35	32	55	32
50	60	46	45	65	42
60	75	56	55	75	52
70	87	65	65	85	62
80	97	77	75	95	72
90	110	87	85	105	84
100	125	96	95	125	94
110	135	106	115	135	105
120	150	116	130	145	115
130	165	126	140	155	125
140	180	136	150	165	135
150	195	146	160	178	147
160	205	158	170	195	157
170	220	168	189	210	167
180	235	178	199	225	148
190	255	188	210	245	189
200	265	198	220	260	205
210	280	210	230	280	225
220	295	225	245	295	240
230	310	235	257	310	258
240	330	249	268	330	273
250	345	270	277	350	295
260	358	292	289	375	305
270	375	318	290	395	325
280	395	345	315	415	350
290	416	365	330	438	385

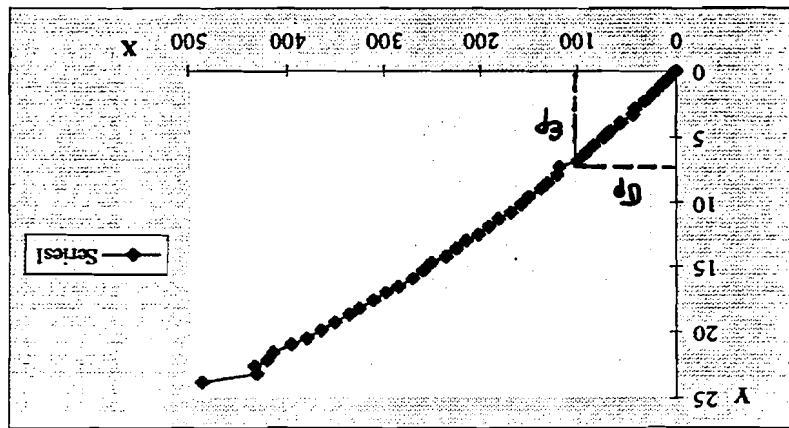
Lampiran

Lanjutan

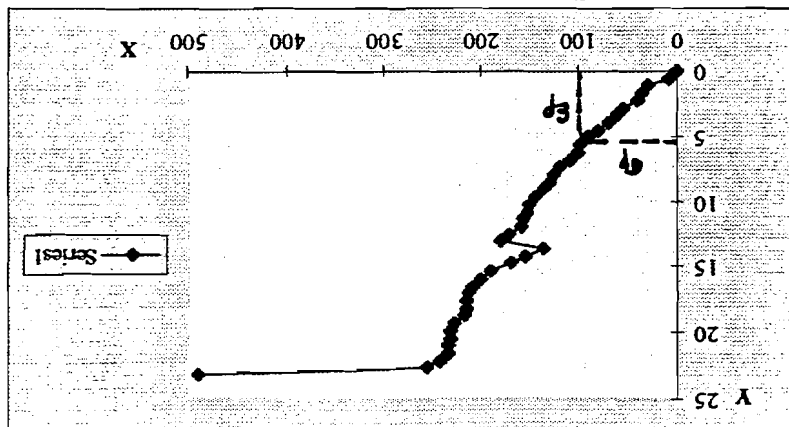
1	2	3	4	5	6
300	420	385	345	460	410
310	440	420	375	485	440
320	470	460	415	505	490
330	489	499	450	535	525
340	510	508	485	575	596
350	530	527	550	600	630
360	555	557	610	635	750
370	575	585	690	675	850
380	610	625	720	700	1050
390	645	710	920	780	
400	675	830	1040	840	
410	700	1010		960	
420	745			1160	
430	785				
440	840				
450	930				
460	1130				

LAMPIRAN C

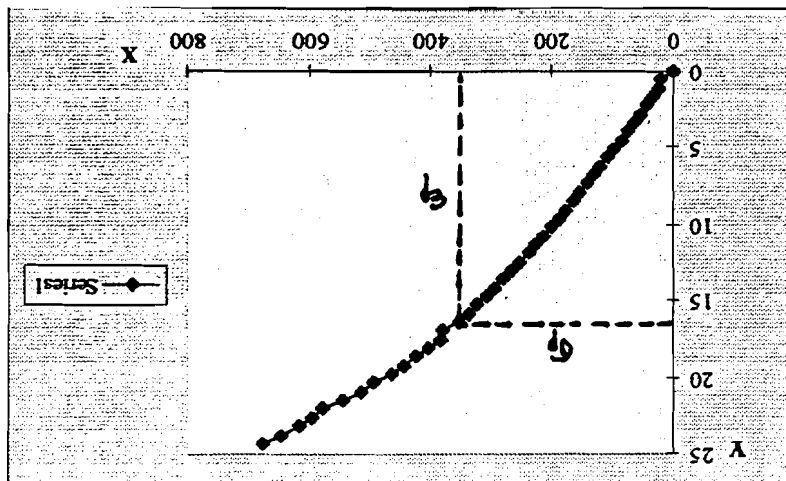
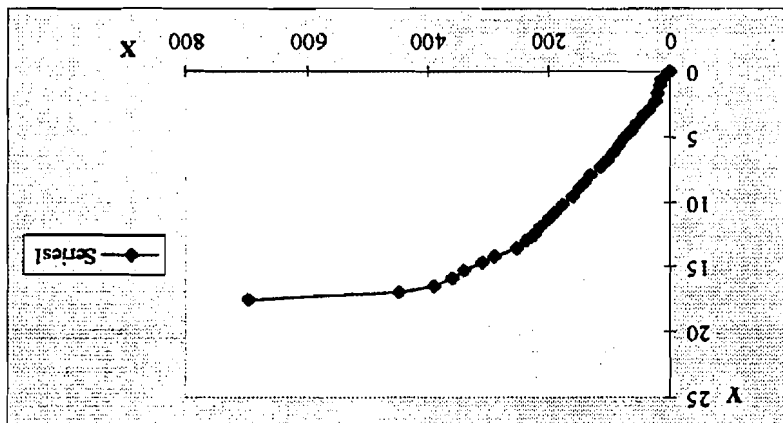
Gambar 1. Grafik V_{II.a.1}



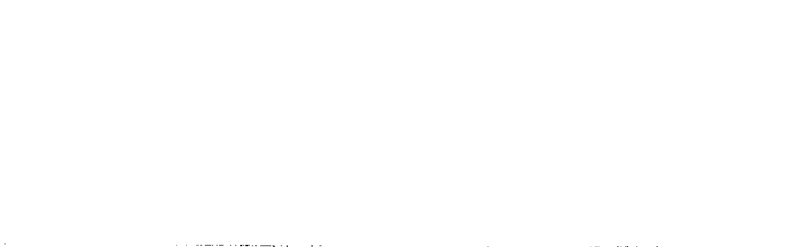
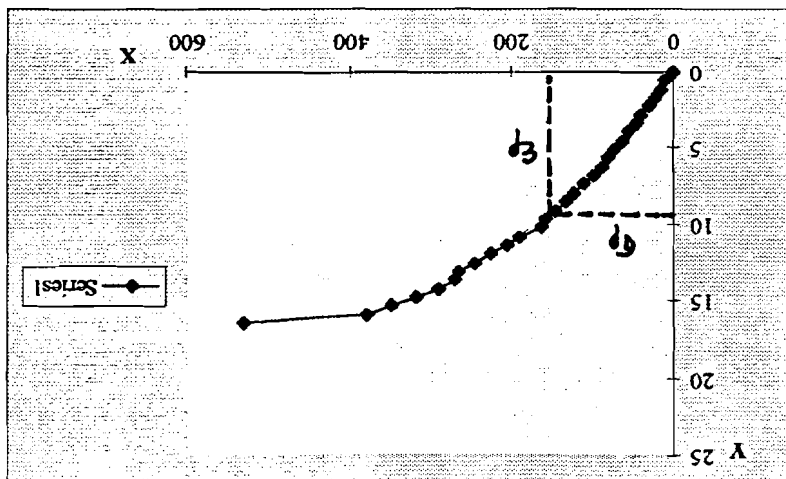
Gambar 2. Grafik V_{II.a.2}

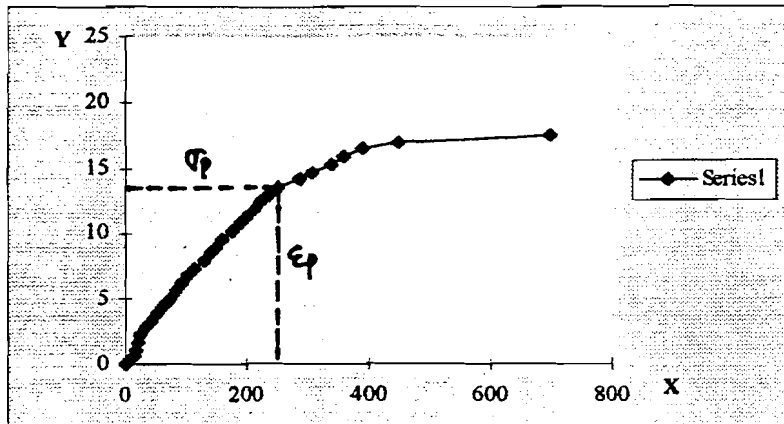


Gambar 4. Grafik $V_{II.4}$

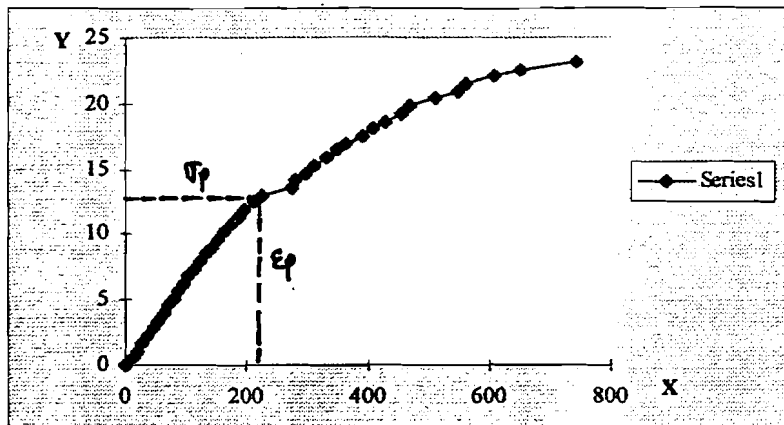


Gambar 3. Grafik $V_{II.3}$

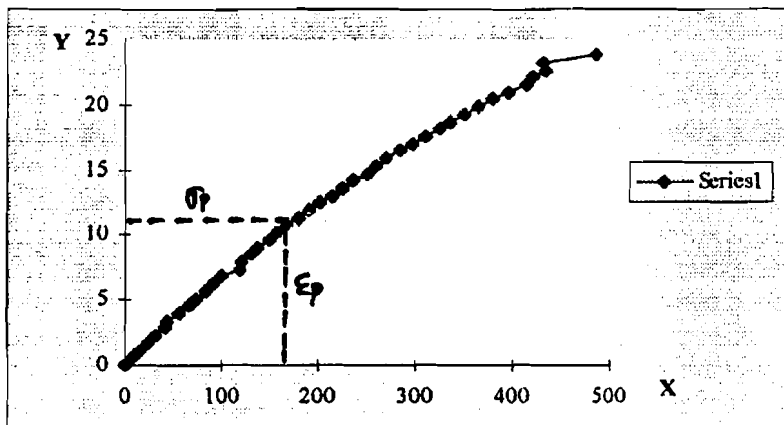




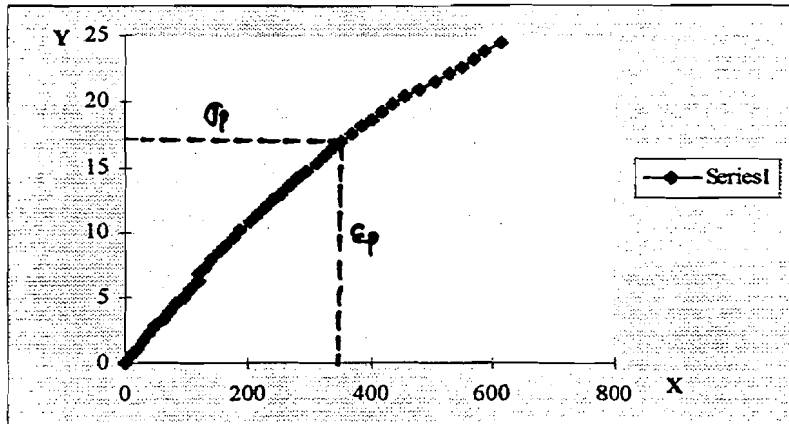
Gambar 5. Grafik $V_{II.a.5}$



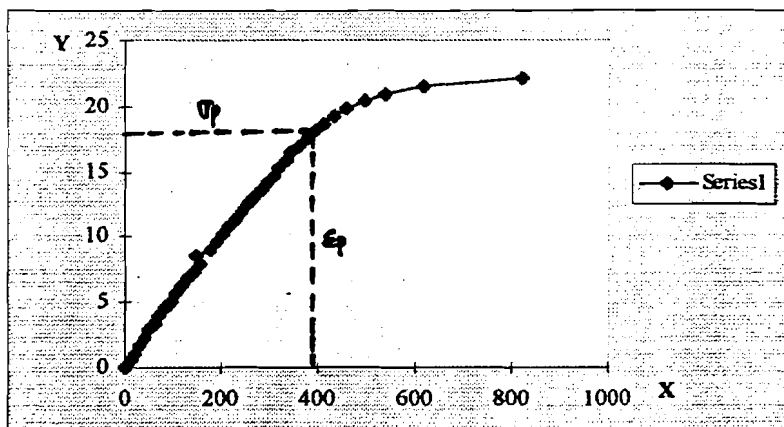
Gambar 6. Grafik $V_{II.a.6}$



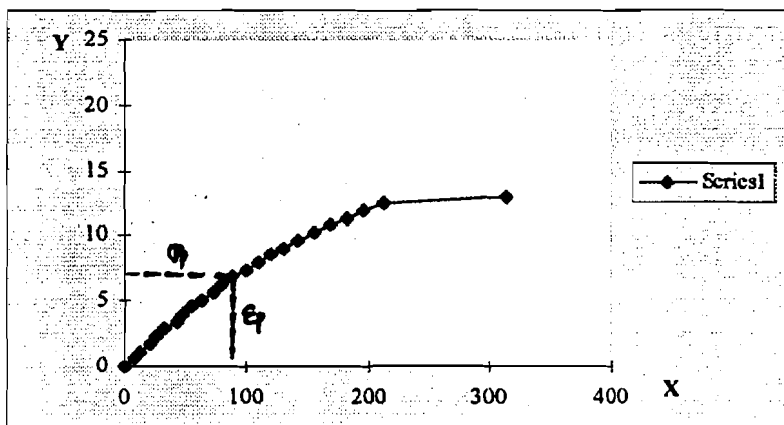
Gambar 7. Grafik $V_{II.b.1}$



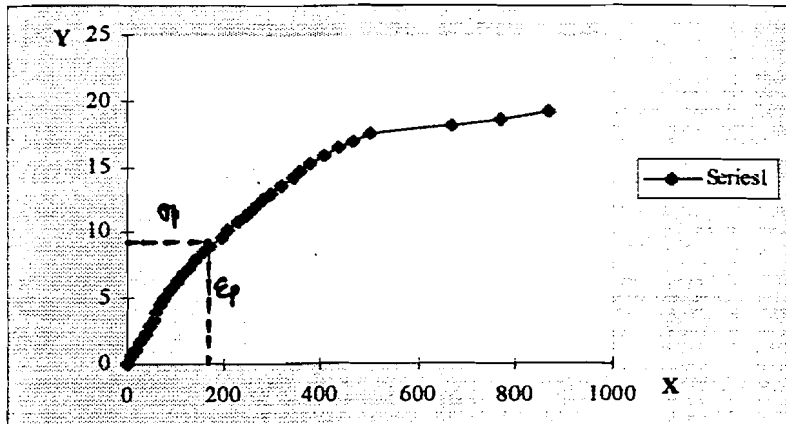
Gambar 8. Grafik $V_{II.b.2}$



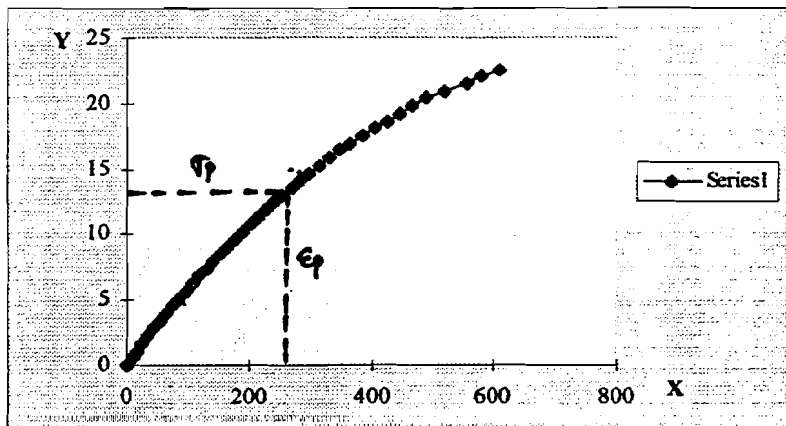
Gambar 9. Grafik $V_{II.b.3}$



Gambar 10. Grafik $V_{II.b.4}$

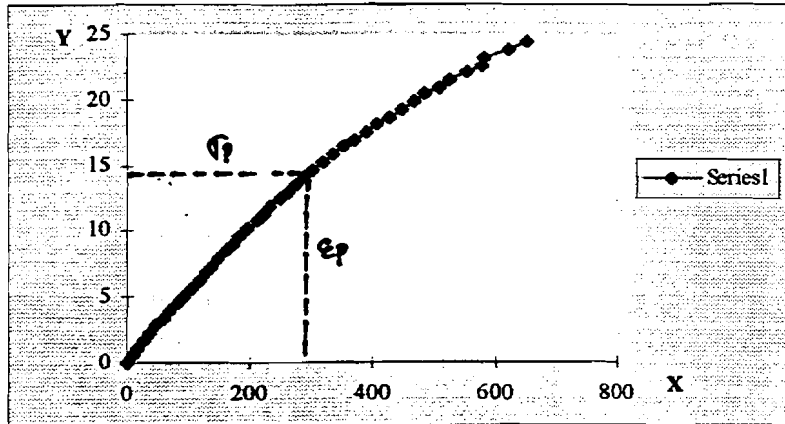


Gambar 11. Grafik V_{II.b.5}

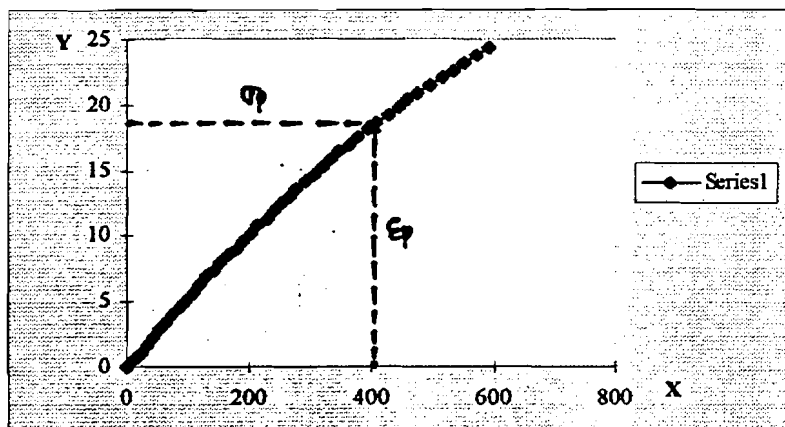


Gambar 12. Grafik V_{II.b.6}

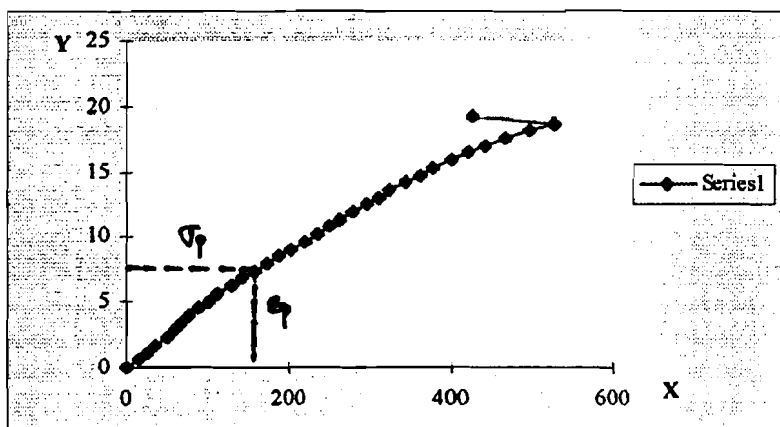
Keterangan : Gambar 1-6 adalah menunjukkan grafik tegangan dan regangan proporsional pada penambahan bentonite 0.2 %
 Gambar 7-12 adalah menunjukkan grafik tegangan dan regangan proporsional pada penambahan bentonite 0.4 %



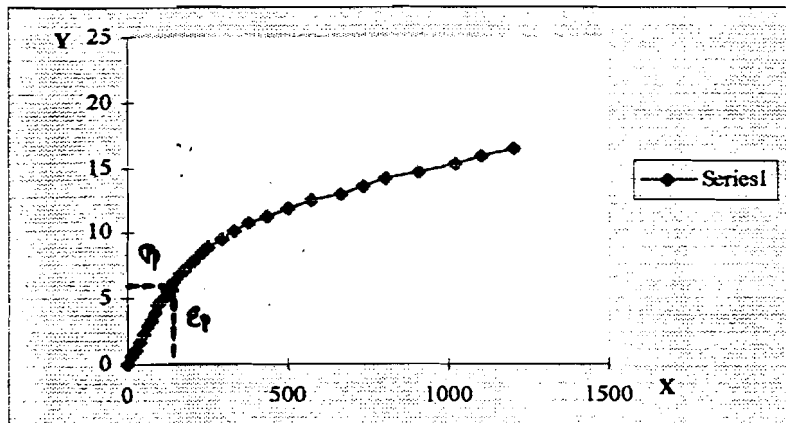
Gambar 13. Grafik $V_{II.C.1}$



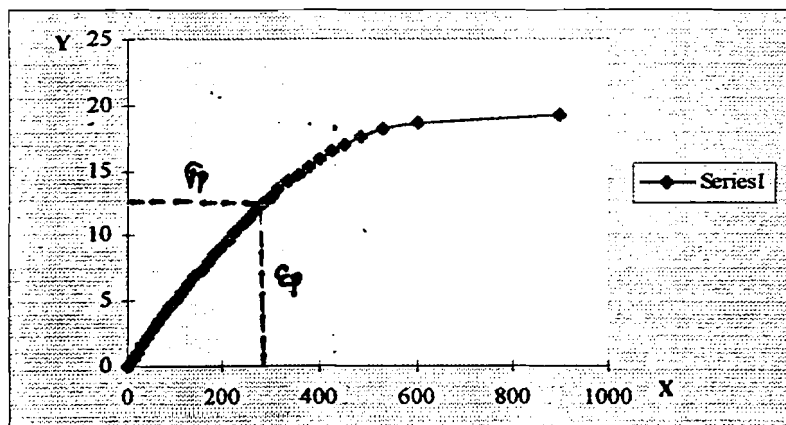
Gambar 14. Grafik $V_{II.C.2}$



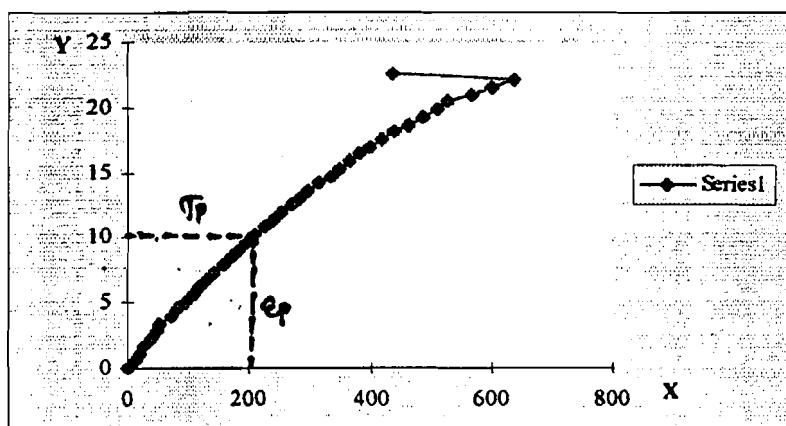
Gambar 15. Grafik $V_{II.C.3}$



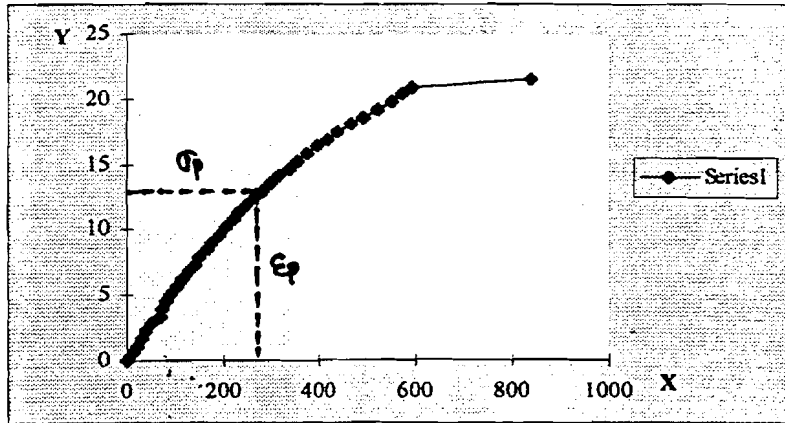
Gambar 16. Grafik $V_{II.C.4}$



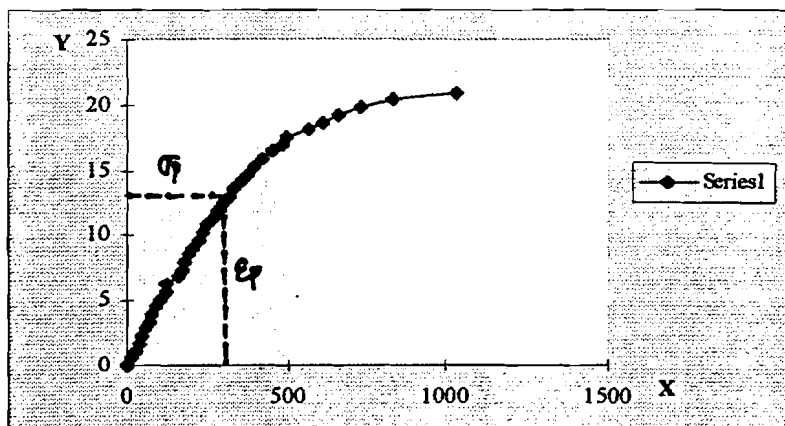
Gambar 17. Grafik $V_{II.C.5}$



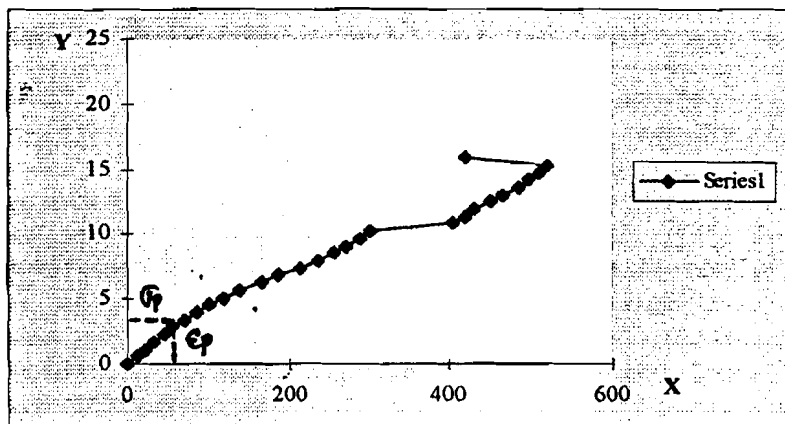
Gambar 18. Grafik $V_{II.C.6}$



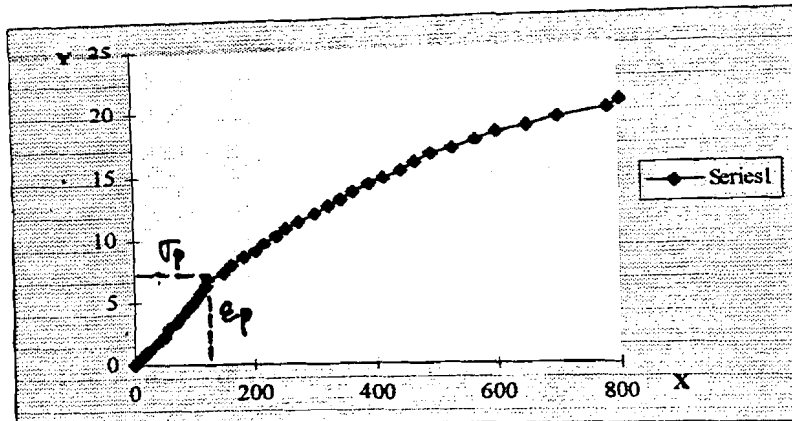
Gambar 19. Grafik $V_{II.d.1}$



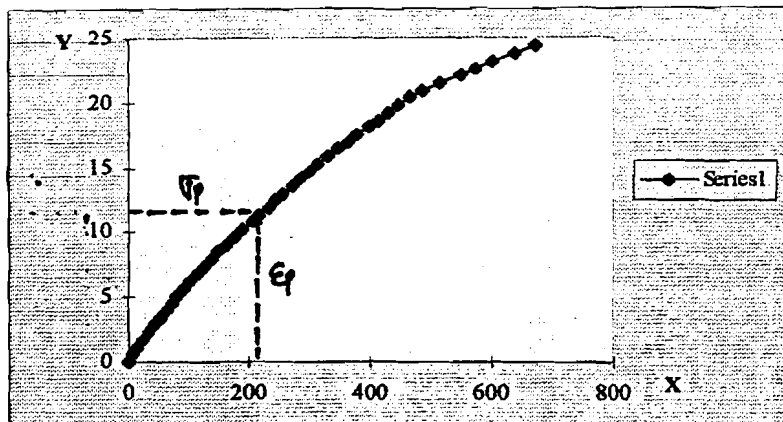
Gambar 20. Grafik $V_{II.d.2}$



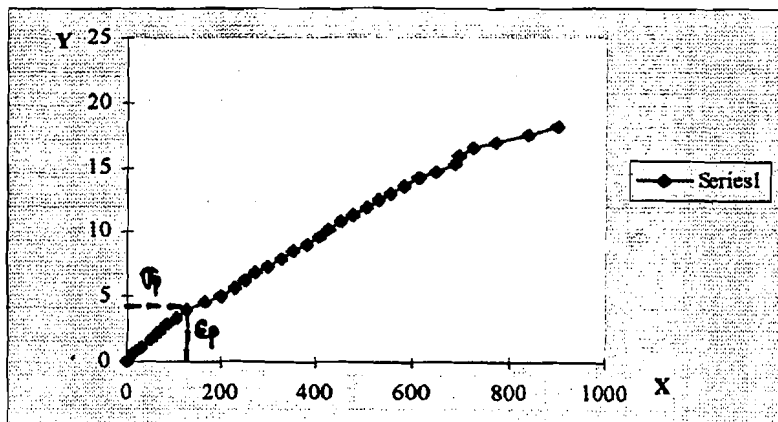
Gambar 21. Grafik $V_{II.d.3}$



Gambar 22. Grafik V_{IL.d.4}

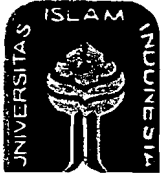


Gambar 23. Grafik V_{IL.d.5}



Gambar 24. Grafik V_{IL.d.6}

Keterangan : Gambar 13-18 adalah menunjukkan grafik tegangan dan regangan proporsional pada penambahan bentonite 0.6 %
 Gambar 19-24 adalah menunjukkan grafik tegangan dan regangan proporsional pada penambahan bentonite 0.8 %



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

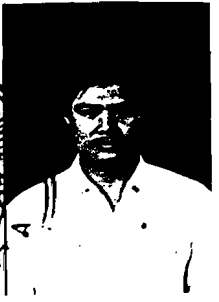


KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	HEMI ABDUL AZIZ	92 310 197		STRUKTUR
2.	ACHMAD KURNIAWAN	91 310 098		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR :
 KUAT DESAK DAN MODULUS ELASTISITAS BETON PADA VARIASI
PENAMBAHAN BENTANGITE.....

Dosen Pembimbing I : IR.H.SARWIDI, MSc. Ph.D
 Dosen Pembimbing II : IR.SUHAFYATMOJMI



Yogyakarta, 12 APRIL 1999
 An. Dekan,
 Ket. Jurusan Teknik Sipil.

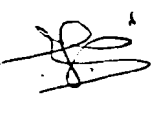
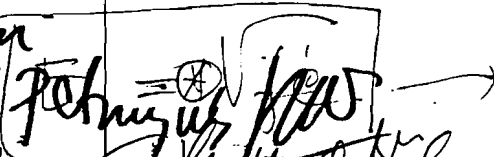
(Handwritten signature)

IR.H.TALJUDIN EM ARIS, MS

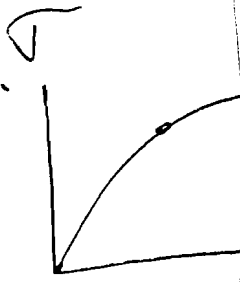
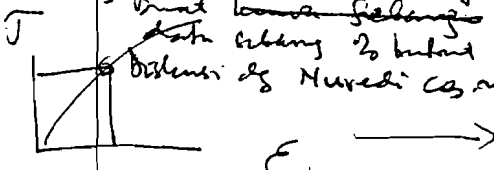
Proposal: 11bt
TA : 3 bulan.

Ahmad Liana

CATATAN - KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke :	KETERANGAN	Paraf
1	15/7/99	I	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaikan Cele kebermanan data (selang berbeda jadi ?). - but konsep terhadap JK selam 2 but but planning. - but konsep selang selam data selang 2 but but vs but desat. distensi 2 Nuradi ca model regresi 	
2	8/9/99	E	<p>Perbaikan sesuai petunjuk PLW</p>	
3	29/9/99		<p>Lanjutkan PLW</p>	
	4/10/99		<p>Perbaiki sesuai petunjuk PLW</p>	
	12/10/99		<p>21/10 Perbaiki PLW</p>	
	26/10/99		<p>Ace di lanjutkan PLW</p>	

No	
1	<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>



E = ?