

PERPUSTAKAAN FISIP UIN	
HADIWATELI	
TGL. TERIMA :	7 September 2007
NO. JUDUL :	801655
NO. INV. :	920201655001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK BENTONIT
SEBAGAI FILLER TERHADAP KUAT DESAK
BETON**



Disusun oleh :

Nama : Hendra Riadi

No Mhs : 95 310 009

Nama : Pracistilia Irfan Januar

No Mhs : 95 310 121

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2005**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK BENTONIT
SEBAGAI FILLER TERHADAP KUAT DESAK
BETON**

Disusun oleh :

Nama : Hendra Riadi

No Mhs : 95 310 009

Nama : Pracastilia Irfan Januar

No Mhs : 95 310 121

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing satu



Ir.H. MUCH. SAMSUDIN, MT

Tanggal: 12/ - '05
/08

Dosen Pembimbing dua



Ir. H. SARWIDI, MSCE, Ph.D

Tanggal: 29/07/2005

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya. Shalawat dan salam pada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillah, akhirnya penyusun telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh penggunaan bubuk bentonit sebagai filler terhadap kuat desak beton”. Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat menempuh jenjang pendidikan Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Maksud dan tujuan Tugas Akhir ini adalah agar mahasiswa bisa lebih memantapkan dan meningkatkan ilmu pengetahuan tentang teknik sipil yang selama ini telah diperoleh di bangku kuliah.

Tugas Akhir ini terdiri dari enam bab, yaitu: bab I pendahuluan, bab II tinjauan pustaka, bab III landasan teori, bab IV metodologi penelitian, bab V hasil dan pembahasan, dan bab VI kesimpulan dan saran.

Selama melaksanakan Tugas Akhir, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Ir. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Ir. H Much. Samsudin, MT, selaku Dosen Pembimbing satu,
4. Ir. H Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing dua,
5. Ir. Helmy Akbar Bale, MT, selaku dosen penguji,
6. Ir Ilman Noor, MSCE selaku kepala laboratorium BKT UII,
7. asisten laboratorium BKT dan karyawan UII yang telah banyak memberi dorongan moral,
8. Bapak, Ibu, dan seluruh anggota keluarga yang selalu mendoakan kesuksesan bagi penyusun,
9. teman-teman satu angkatan khususnya kelas D yang tidak henti-hentinya selalu memberikan dorongan semangat untuk terus maju, dan
10. teman-teman kost dan rekan-rekan yang telah banyak memberikan bantuan moral dan material yang tidak bisa disebutkan satu persatu di sini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan nasehat yang bersifat membangun demi perbaikan Tugas Akhir ini.

Dan akhirnya penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua, aamiin.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Juli 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAKSI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu	5
2.2 Literatur yang Menunjang	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Umum	8

3.2	Materi Penyusun Beton	9
3.3	Penghitungan Kuat Desak	14
3.4	Hipotesis	14
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	16
4.1	Material Penyusun Beton	16
4.2	Model dan Benda Uji	17
4.3	Peralatan Penelitian	17
4.4	Metode Pelaksanaan Penelitian	19
4.5	<i>Mix Design</i>	22
4.6	Analisa Hasil	29
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
5.1	Hasil Penelitian	33
5.2	Pembahasan Hasil Penelitian	44
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
6.1	Kesimpulan	47
6.2	Saran	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Sifat-Sifat Batu Bentonit	13
Tabel 4.1	Jumlah Benda Uji.....	17
Tabel 4.2	Nilai Deviasi Standar.....	23
Tabel 4.3	Hubungan fas Dengan Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari	23
Tabel 4.4	Faktor Air Semen Maksimum.....	23
Tabel 4.5	Nilai Slump.....	24
Tabel 4.6	Ukuran Maksimum Agregat.....	24
Tabel 4.7	Perkiraan Kebutuhan Air Berdasarkan Nilai Slump.....	24
Tabel 4.8	Perkiraan Kebutuhan Kerikil per m ³ Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan mhb Pasirnya Pada bj Kerikil 2,68.....	25
Tabel 5.1	Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir.....	33
Tabel 5.2	Berat Volume Pasir.....	34
Tabel 5.3	Berat Volume Split.....	34
Tabel 5.4	Berat Jenis Pasir.....	34
Tabel 5.5	Berat Jenis Split.....	35
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Slump.....	35

Tabel 5.7	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit 0% Pada Umur 28 Hari.....	36
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit 2% Pada Umur 28 Hari.....	36
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit 4% Pada Umur 28 Hari.....	36
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit 6% Pada Umur 28 Hari	37
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit 8% Pada Umur 28 Hari	37
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit 10% Pada Umur 28 Hari.....	37
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari	37
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari	41
Tabel 5.15	Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Hasil Regresi Polinomial ...	44

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data pemeriksaan modulus halus butir
- Lampiran 2** Data pemeriksaan berat volume pasir
- Lampiran 3** Data pemeriksaan berat volume split
- Lampiran 4** Data pemeriksaan berat jenis pasir
- Lampiran 5** Data pemeriksaan berat jenis split
- Lampiran 6** Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 0% pada umur 28 hari
- Lampiran 7** Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 2% pada umur 28 hari
- Lampiran 8** Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 4% pada umur 28 hari
- Lampiran 9** Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 6% pada umur 28 hari
- Lampiran 10** Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 8% pada umur 28 hari
- Lampiran 11** Hasil pengujian kuat desak beton dengan variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 10% pada umur 28 hari
- Lampiran 12** Kartu Peserta Tugas Akhir
- Lampiran 13** Foto-foto saat pengujian di laboratorium

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Nilai Slump Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit
- Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton (f'_{ci})
- Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr})
- Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr}) Terhadap Kuat Desak Beton Normal.
- Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c)
- Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c) Terhadap Kuat Desak Beton Normal.
- Gambar 5.7 Grafik Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Regresi Polynomial
$$Y = -0.1203x^2 + 1.5199x + 27.979$$
- Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton (f'_{ci})

- Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr})
- Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr}) Terhadap Kuat Desak Beton Normal.
- Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c)
- Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c) Terhadap Kuat Desak Beton Normal.
- Gambar 5.13 Grafik Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Regresi Polynomial
- $$Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$$

ABSTRAK

Dalam rangka memaksimalkan sumber daya alam, maka bubuk bentonit digunakan sebagai *filler* dalam campuran beton. Pemakaian bubuk bentonit sebagai *filler* diharapkan akan mampu mengisi rongga-rongga kapiler yang terjadi dalam beton sehingga akan diketahui berapa besar penambahan kuat desak beton yang maksimum, dan persentase bubuk bentonit yang optimum.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kuat desak antara beton yang menggunakan *filler* bubuk bentonit dan yang tidak menggunakan *filler* bentonit. Penelitian ini juga bertujuan mencari persentase bubuk bentonit sebagai *filler* yang optimum yang menghasilkan kuat desak beton yang maksimum.

Dalam penelitian ini bubuk bentonit digunakan sebagai *filler* dengan variasi dari 0% sampai dengan 10% dari berat semen dengan interval 2% untuk diuji pada saat umur beton 28 hari. Benda uji beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam air tawar. Metode yang digunakan adalah metode ACI.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan bubuk bentonit sebagai *filler* mempunyai kuat desak yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal. Kuat desak maksimum terjadi pada penambahan bubuk bentonit sebesar 4% dari berat semen. Dari hasil regresi didapat kuat desak maksimum terjadi pada penambahan bubuk bentonit sebesar 5,81%.

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diuraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan manfaat penelitian.

1.1. Latar Belakang

Beton sebagai bahan struktur mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan bahan bangunan lainnya. Beton dalam pemakaiannya hampir tidak memerlukan perawatan sama sekali. Beton juga mudah untuk diangkut dan dicetak sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Di Indonesia sendiri, bahan agregat dan bahan baku semen tersedia melimpah, sehingga beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan.

Beton merupakan bahan campuran antara semen, air, agregat kasar, dan agregat halus dengan atau tanpa penambahan bahan tambah. Bahan tambah yang dimaksud di sini adalah *pozzolan*, suatu campuran silica dengan alumina yang memiliki sedikit sifat semen yang akan bereaksi secara kimiawi dengan *calcium hidroxide* membentuk gel. Semua bahan, baik itu bahan alami ataupun buatan yang mengandung silica atau alumina berpotensi sebagai *pozzolan*.

Dalam rangka memaksimalkan sumber daya alam yang ada, maka dicoba meneliti kemungkinan memakai bubuk bentonit sebagai bahan pengisi (*filler*)

dalam campuran beton. Bentonit adalah jenis batuan yang terdapat di kecamatan Nanggulan, Kulon Progo. Bentonit lebih dikenal sebagai bahan penjernih air dan campuran pupuk urea. Sebagian penduduk menggunakan bentonit sebagai campuran beton.

Penggunaan bubuk bentonit sebagai bahan pengisi (*filler*) dimaksudkan untuk mengisi rongga-rongga di sela-sela agregat sehingga dapat mencegah terjadinya retak-retak beton yang terlalu awal, baik itu karena pembebanan ataupun karena panas dehidrasi.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini bubuk bentonit digunakan sebagai *filler* dalam adukan beton untuk mengisi pori-pori yang terbentuk dalam beton dan sebagai *pozzolan* yang mengikat *calcium hidroksida* hasil hidrasi semen yang akan meningkatkan daya desak beton. Dengan demikian, penggunaan bubuk bentonit sebagai *filler* akan menimbulkan pertanyaan sebagai berikut ini.

1. Apakah akan terjadi penambahan kuat desak beton?
2. Berapakah persentase bubuk bentonit yang optimum dalam campuran beton?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. perbedaan kuat desak beton dengan menggunakan *filler* bubuk bentonit dan tanpa menggunakan *filler* bubuk bentonit, dan

2. persentase *filler* bubuk bentonit pada campuran beton yang menghasilkan kuat desak maksimum.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. memberikan alternatif bahan tambah yang bisa digunakan dalam campuran beton, dan
2. memaksimalkan sumber daya alam yang bisa dimanfaatkan.

1.5. Batasan Masalah

Mengingat sangat kompleksnya permasalahan dalam penelitian ini, sedangkan dana dan waktu yang tersedia sangatlah terbatas, maka lingkup penelitian perlu dibatasi pada hal-hal sebagai berikut ini.

1. Pengujian kuat desak beton setelah beton berumur 28 hari.
2. Kuat desak yang direncanakan adalah $f'c = 20$ MPa.
3. Semen yang digunakan adalah semen Nusantara tipe I.
4. Agregat terdiri dari agregat halus/pasir yang berasal dari kali Boyong diameter maksimal 4,8 mm dan agregat kasar/split yang berasal dari Clereng diameter maksimal 20 mm.
5. Air menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
6. Bentonit yang digunakan berasal dari kecamatan Nanggulan, Kulon Progo.

7. *Filler* menggunakan bubuk bentonit ukuran lolos saringan no. 200.
8. Dimensi benda uji silinder ukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
9. Jumlah benda uji masing-masing 5 buah untuk setiap variasi jumlah *filler*.
10. Variasi penambahan *filler* bubuk bentonit: 0%; 2%; 4%; 6%; 8%; dan 10% dari berat semen.
11. Penelitian ini hanya menyelidiki kuat desak beton dengan variasi penambahan *filler* bubuk bentonit.
12. Penelitian ini merupakan uji laboratorium yang diadakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang beberapa penelitian terdahulu dan literatur yang mendukung penelitian.

2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu

Penelitian laboratorium yang menggunakan bahan tambah *pozzolan* untuk meningkatkan kualitas beton sebagai bahan bangunan, telah beberapa kali diadakan. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan sebagai pustaka bagi peneliti lainnya tentang *pozzolan*. Berikut ini beberapa penelitian yang membahas masalah *pozzolan*.

2.1.1 Pengaruh Penggunaan Filler Marmer Terhadap Kuat Desak dan Kuat Tarik Beton (Yosefto dan Deva, 2002)

Penelitian ini memanfaatkan limbah marmer yang banyak terdapat di kawasan Tulungagung untuk dijadikan sebagai *pozzolan*. Limbah marmer yang telah lolos saringan no. 200 dicampurkan ke dalam adukan beton dengan variasi campuran 0% sampai dengan 2%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kuat desak beton pada semua variasi dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan

limbah marmer sebagai *pozzolan*. Kuat desak optimal didapat pada variasi campuran limbah marmer sebesar 1,5%.

Sedangkan pada kuat tarik beton mengalami peningkatan optimal pada variasi 0,5%.

2.1.2 Pemanfaatan Batu Lintang Gunung Kidul sebagai Filler Pada Beton Mutu Tinggi (Maringka dan Supratman, 2002)

Pengaruh penambahan batu lintang (kalsit) diteliti sebagai bahan tambah yang berfungsi sebagai pengisi pori dalam adukan beton. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh kuat desak maksimum pada variasi batu lintang 5%, yaitu 10,101% dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan *filler* batu lintang.

Walaupun demikian, pada variasi penambahan di atas 5% akan menurunkan kuat desak beton.

2.1.3 Pengaruh Penambahan Gergajian Batu Andesit Terhadap Kuat Desak dan Kuat Lentur Beton (Kusumaningrum dan Marfuatun, 2002)

Untuk memperbaiki kualitas beton, digunakan gergajian batu andesit sebagai *filler* dalam adukan beton. Gergajian batu andesit diperoleh dari perusahaan Rizky Citra Muntilan. Penambahan gergajian batu andesit sebagai *filler* bervariasi, mulai dari 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen awal.

Dari hasil penelitian didapat hasil bahwa kuat desak beton ($f'c$), faktor kekakuan (EI), dan kekakuan balok (K) mengalami peningkatan dibandingkan

beton normal. Kuat desak beton mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15% sebesar 8,16% dari beton normal, faktor kekakuan balok mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15%, sedangkan kekakuan balok mengalami kenaikan terbesar pada variasi 15% sebesar 24,03% dari beton normal.

2.2 Literatur yang Menunjang

Menurut SK SNI T-15-1991-03 (1991), beton (*concrete*) terbuat dari semen (*portland cement*), air, agregat (berupa batuan kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan ataupun tanpa bahan tambah yang membentuk massa padat.

Kole dan Kusuma (1993) menyatakan bahwa air dibutuhkan dalam campuran beton untuk bereaksi dengan semen dan juga sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Popovics (1998) mengemukakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler, dan pori udara. Porositas ini terjadi pada saat hidrasi semen berlangsung. Semakin besar porositas, semakin kecil daya desak yang bisa ditahan. Untuk memperoleh kualitas beton yang baik, maka porositas ini harus dikurangi. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan bahan tambah sebagai *filler* yang berukuran kecil.

Murdock dan Brook (1986) mengemukakan bahwa *pozzolan* adalah bahan yang bereaksi dengan kapur hasil hidrasi semen. Bahan ini bisa digunakan untuk penambahan atau pengganti sampai dengan 70% berat semen.

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang digunakan, materi penyusun beton, penghitungan kuat desak dan hipotesis.

3.1 Umum

Menurut SK SNI T-15-1991-03 (1991), beton (*concrete*) terbuat dari semen (*portland cement*), air, agregat (berupa batuan kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan ataupun tanpa bahan tambah yang membentuk massa padat.

Air dibutuhkan dalam campuran beton untuk bereaksi dengan semen dan juga sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjekan dan dipadatkan (Kole dan Kusuma, 1993)

Dalam pengerjaan beton, campuran air yang berlebihan bisa menurunkan kualitas beton. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta akan mengikat agregat halus dan kasar. Ruang yang tidak ditempati butiran semen maupun agregat akan berupa rongga yang berisi air dan udara. Rongga-rongga yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras, yang berakibat pada penurunan kualitas beton.

Usaha untuk meningkatkan kualitas beton bisa dilakukan dengan mengurangi fas ataupun dengan penggunaan bahan tambah untuk mengurangi terjadinya rongga-rongga pada beton. Salah satu bahan tambah yang dipakai adalah dengan menambahkan *filler* bubuk bentonit yang bertujuan untuk mengurangi porositas.

3.2 Materi Penyusun Beton

Beton terbuat dari bahan-bahan penyusun yang akan dibahas sebagai berikut ini.

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah bahan berupa bubuk halus yang mengandung kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Komponen terbesar penyusun semen adalah kapur (60%-65%). Semen Portland dibuat dengan cara membakar bahan dasar semen menjadi klinker yang kemudian digiling halus menjadi semen dan ditambahkan *gypsum*.

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton, karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar

terhadap penyusutan beton yang berakibat pada keretakan beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis menuju keadaan keras. Sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai.

Ketika semen dicampur dengan air, akan timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Menurut Murdock dan Brook (1986), ada empat oksida utama pada semen yang akan membentuk senyawa-senyawa kimia yaitu:

1. *trikalsium silikat* (C_3S) $3CaO.SiO_2$,
2. *dikalsium silikat* (C_2S) $2CaO.SiO_2$,
3. *trikalsium aluminat* (C_3Al) $3CaO.Al_2O_3$, dan
4. *tetrakalsium aluminat* (C_4Al) $4CaO. Al_2O_3.Fe_2O_3$.

Sedangkan menurut jenisnya, semen portland bisa dibedakan menjadi lima macam, yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II : Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III : Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV : Semen Portland dengan panas hidrasi rendah
5. Jenis V : Semen Portland dengan ketahanan sulfat tinggi.

Jika semen Portland dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawa. Kondisi terburuk yang bisa terjadi adalah lepasnya kapur dari semen yang bisa menyebabkan terjadinya pemisahan struktur. Situasi ini harus dicegah dengan menambahkan pada semen suatu mineral silica. Mineral yang ditambahkan ini akan bereaksi dengan kapur bila ada uap air membentuk bahan yang kuat yaitu kalsium silikat.

3.2.2 Air

Air merupakan bahan yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan untuk bereaksi dengan semen. Air juga diperlukan untuk menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan. Menurut Kole dan Kusuma (1993), semen bisa mengikat air sekitar 40 % dari beratnya. Dengan kata lain, air sebanyak 0,4 dari berat semen sudah cukup untuk membuat seluruh semen berhidrasi. Kelebihan air hanya akan memperbanyak pori-pori kapiler yang akan menurunkan kualitas beton.

3.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini menempati sekitar 70% volume beton, yang berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Penggunaan agregat dalam adukan beton

dimaksudkan untuk penghematan penggunaan semen portland, menghasilkan kuat desak yang besar, dan mengurangi susut pengerasan.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, seperti dijelaskan sebagai berikut.

1. Agregat normal.

Agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7.

2. Agregat berat.

Agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8.

3. Agregat ringan.

Agregat yang berat jenisnya kurang dari 2.

Agregat juga bisa dibedakan menurut ukurannya, sebagai berikut ini.

1. Agregat halus.

Agregat yang berukuran lebih kecil dari 4,8 mm, yang sering juga disebut sebagai pasir.

2. Agregat kasar.

Agregat yang berukuran lebih dari 4,8 mm atau sering juga disebut kerikil, batu pecah atau split.

Menurut sumbernya, agregat juga bisa dibedakan menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan.

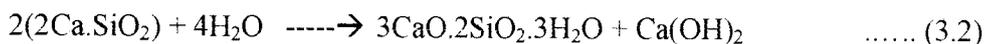
3.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah ini diberikan atau ditambahkan pada campuran adukan beton dengan perbandingan tertentu dan untuk tujuan tertentu. Pada penelitian ini akan digunakan bahan tambah berupa bubuk bentonit yang berasal dari penambangan di daerah Nanggulan, Kulon Progo, yang dikelola oleh CV Anindya. Bentonit mempunyai kadar silika dan alumina yang cukup tinggi, yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Batu Bentonit

Berat Jenis	1,5 T/m ³
Kadar SiO ₃	83,91%
Kadar Al ₂ O ₃	2,97%

Menurut Tjokrodinuljo (1992), reaksi hidrasi semen ketika bersentuhan dengan air, reaksinya adalah sebagai berikut.



Persamaan (3.1) dan (3.2) menghasilkan gel, 3CaO.2SiO₂.3H₂O atau C₃S₂H₃ dan sisa reaksinya adalah kapur bebas, Ca(OH)₂.

Jika bubuk bentonit yang mengandung silika, SiO₂, dimasukkan ke dalam adukan beton, maka reaksinya adalah sebagai berikut.



Persamaan (3.3) menghasilkan gel, 3CaO.2SiO₂.3H₂O atau C₃S₂H₃.

3.3 Penghitungan Kuat Desak

a. Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak beton (f'_c) pada umur 28 hari sesuai SK SNI T-1991-03 dengan kekuatan rencana $f'_c = 20$ MPa.

$$f'_c = P/A \text{ (MPa)} \quad \dots\dots (3.4)$$

f'_c = kuat desak masing-masing benda uji (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang desak benda uji (mm)

b. Berat Volume Tiap m³ beton

$$B_v = B_{bt} / V_{bt} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad \dots\dots (3.5)$$

B_v = Berat volume (kg/m³)

B_{bt} = Berat beton (kg)

V_{bt} = volume beton (m³)

3.4 Hipotesis

Penambahan bubuk bentonit sebagai *pozzolan* diharapkan bisa bereaksi dengan kapur bebas yang merupakan sisa hasil reaksi semen dengan air, sehingga bisa membentuk pasta dan mencegah lepasnya kapur dari semen. Sedangkan bubuk bentonit sebagai filler diharapkan bisa mengisi pori-pori kapiler yang terjadi, sehingga beton menjadi lebih padat.

Penambahan bubuk bentonit dengan kadar optimum pada campuran beton, diharapkan akan menghasilkan beton yang mengalami peningkatan daya desak

yang maksimum. Penambahan bubuk bentonit yang berlebihan justru akan mengurangi kuat tekan beton, sebab akan mengurangi lekatan yang terjadi antara agregat dan semen.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai material penyusun beton, model dan benda uji, peralatan penelitian, metode pelaksanaan penelitian, *mix design*, dan analisa hasil.

4.1 Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu bahan elemen struktur yang memiliki karakteristik mempunyai daya tahan tinggi terhadap desak. Beton terdiri dari bahan-bahan penyusun sebagai berikut.

4.1.1 Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen type 1 merek Nusantara kemasan 50 kg.

4.1.2 Agregat

Agregat yang digunakan adalah agregat kasar/*split* dari Clereng dan agregat halus yang berasal dari kali Boyong.

1. Agregat halus menggunakan pasir yang lolos saringan 4,8 mm.
2. Agregat kasar menggunakan kerikil dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tertahan saringan 5 mm.

4.1.3 Air

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

4.1.4 Filler

Filler yang digunakan adalah bubuk bentonit yang lolos saringan ukuran 0,15 mm

4.2 Model dan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk silinder dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Jumlah benda uji bisa dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jumlah Benda Uji

Variasi penambahan filler bubuk bentonit	Jumlah sampel
0%	5 buah
2%	5 buah
4%	5 buah
6%	5 buah
8%	5 buah
10%	5 buah
Jumlah	30 buah

4.3 Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut ini.

4.3.1 Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran ayakan yang digunakan untuk memisahkan diameter butiran pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; dan 0,15 mm. Sedangkan ayakan untuk memisahkan agregat kasar dengan butiran maksimum 20 mm adalah ayakan ukuran 20 mm dan 5 mm.

4.3.2 Timbangan dan Ember

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan yang akan digunakan. Sedangkan ember digunakan sebagai tempat bahan-bahan yang akan ditimbang.

4.3.3 Mistar dan Kaliper

Mistar dan kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji yang akan diteliti.

4.3.4 Mesin Pengaduk

Mesin pengaduk (*mixer*) digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton, sehingga bisa diperoleh campuran beton yang homogen.

4.3.5 Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan, sedangkan talam baja digunakan untuk menampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

4.3.6 Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk

Kerucut Abrams digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan atau slump dari adukan beton. Kerucut Abrams mempunyai dimensi bagian atas diameter 10 cm, diameter bawah 20 cm, dan tinggi 30 cm. Sedangkan baja penumbuk digunakan untuk menumbuk adukan yang telah dimasukkan ke dalam cetakan.

4.3.7 Mesin Uji Kuat Desak Beton

Mesin yang digunakan untuk menguji kuat desak beton adalah mesin uji desak merk "*Control*" yang berkapasitas 2000 KN.

4.4 Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan, pembuatan dan perawatan benda uji, dan pelaksanaan pengujian.

4.4.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pemeriksaan bahan untuk campuran beton dan persiapan peralatan yang digunakan dalam perancangan adukan beton. Pemeriksaan bahan untuk campuran beton lebih difokuskan pada agregatnya, yang meliputi:

1. pengujian agregat halus (pasir), dan
2. pengujian agregat kasar (batu *split*).

Adapun jenis-jenis pengujian agregat yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat Halus (Pasir).

a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir (mhb)

Pemeriksaan modulus halus butir menggunakan pasir kering tungku. Setelah ditimbang dan dicatat, dimasukkan dalam satu set ayakan yang berukuran 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; dan 0,15 mm. Kemudian ayakan tersebut digetarkan selama \pm 10-15 menit. Kemudian agregat yang tertinggal ditimbang dan dicatat hasil kumulatif yang tertinggal.

b. Pemeriksaan Berat Volume Pasir.

Pemeriksaan berat volume pasir dilakukan dengan cara tabung silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm ditimbang beratnya, kemudian pasir

dimasukkan ke dalam silinder. Setiap mencapai 1/3 bagian silinder, pasir ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali. Kemudian silinder yang telah berisi pasir ditimbang beratnya.

$$\text{Berat Volume Pasir} = \frac{(\text{berat total} - \text{berat silinder})}{\text{volume silinder}}$$

c. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Pasir kondisi SSD (*saturated surface dry*) yang telah lolos saringan ukuran 4,8 mm ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah diisi air.

$$\text{Berat Jenis Pasir} = \frac{\text{berat pasir}}{(\text{volume air dan pasir} - \text{volume air})}$$

2. Pengujian Agregat Kasar (*Batu Split*)

a. Pemeriksaan Berat Volume *Split*

Pemeriksaan berat volume split dilakukan dengan cara, tabung silinder diameter 15 cm tinggi 30 cm ditimbang beratnya. Kemudian *split* dimasukkan ke dalam silinder. Setiap mencapai 1/3 bagian silinder, *split* ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali. Kemudian silinder yang telah berisi *split* ditimbang beratnya.

$$\text{Berat Volume } \textit{Split} = \frac{(\text{berat total} - \text{berat silinder})}{\text{volume silinder}}$$

b. Pemeriksaan Berat Jenis *Split*

Split kondisi SSD (*saturated surface dry*) yang lolos saringan ukuran 20 mm dan tertahan saringan 5 mm ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah diisi air.

$$\text{Berat Jenis } Split = \frac{\text{berat split}}{(\text{volume air dan split} - \text{volume air})}$$

4.4.2 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibuat per 5 sampel atau 5 silinder dalam satu kali pengadukan. Hal ini dilakukan supaya bahan-bahan penyusun campuran adukan beton bisa tercampur dengan merata.

Penelitian yang dilakukan terdiri atas 6 variasi penambahan *filler* bubuk bentonit, yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% terhadap berat semen. Tiap variasi menggunakan 5 buah sampel berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sehingga total jumlah sampel adalah 30 buah.

Setelah 24 jam dalam cetakan, silinder beton dikeluarkan dari dalam cetakan untuk kemudian direndam selama 26 hari. Setelah direndam selama 26 hari, beton dikeluarkan dari tempat perendaman dan dibiarkan di tempat terbuka selama 24 jam sebelum diuji.

4.4.3 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah uji desak silinder beton. Adapun langkah-langkah yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Setelah silinder beton berumur 28 hari, tinggi dan dimensinya diukur, ditimbang beratnya, kemudian diletakkan pada mesin pengujian.
2. Mesin uji kuat desak beton dihidupkan. Pembebanan dilakukan mulai dari 0 KN sampai benda uji hancur. Besarnya beban maksimal yang bisa ditahan benda uji dicatat sesuai dengan pembacaan.

4.5 *Mix Design*

Mix design bertujuan untuk mendapatkan komposisi campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang sesuai. *Mix design* dalam penelitian ini menggunakan metode ACI. Langkah-langkah perencanaan menurut metode ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton berdasarkan kuat desak yang disyaratkan dan nilai margin.

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

dengan

$$f'_{cr} = \text{kuat desak rata-rata, MPa}$$

$$f'_c = \text{kuat desak yang disyaratkan, MPa}$$

$$m = \text{nilai margin, MPa}$$

Nilai margin adalah $1.64 \cdot sd$, dengan sd adalah nilai deviasi standar yang didapat dari Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Nilai Deviasi Standar (kg/cm^2)

Volume pekerjaan M^3	Mutu pekerjaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil : < 1000	45<sd<55	55<sd<65	65<sd<85
Sedang : 1000-3000	35<sd<45	45<sd<55	55<sd<75
Besar : >3000	25<sd<35	35<sd<45	45<sd<65

2. Menetapkan faktor air semen (fas) berdasarkan kuat desak rata-rata seperti pada Tabel 4.3 dan berdasarkan keadaan lingkungan seperti tertera pada Tabel 4.4. Angka fas yang dipakai adalah angka fas yang paling rendah.

Tabel 4.3. Hubungan Fas Dengan Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari.

Faktor air semen	Perkiraan kuat desak rata-rata (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 4.4. Faktor Air Semen Maksimum

Beton di dalam ruang bangunan.	
a. Keadaan keliling non korosif.	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh uap air.	0,52
Beton di luar bangunan.	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah.	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau dari air tanah.	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air tawar	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

Tabel 4.8. Perkiraan Kebutuhan Kerikil per m³ Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat dan Mhb Pasirnya Pada bj Kerikil 2,68(m³)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,66	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indek yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Modulus halus butir (mhb) ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir yang tertinggal di atas suatu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan lubang ayakan itu ialah sebagai berikut : 40mm, 20mm, 10mm, 4,80mm, 2,40mm, 1,20mm, 0,60mm, 0,30mm, dan 0,15mm. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Adapun modulus halus kerikil biasanya di antara 5 dan 8. (Tjokrodimulyo, 1992)

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan berdasarkan : jumlah air, semen, agregat kasar yang diperlukan, dan udara yang terperangkap dalam adukan (Tabel 4.7), dengan cara hitungan volume absolute.

Volume agregat halus = 1 - (volume air + volume kerikil + volume semen + volume udara terperangkap)

8. Hitung berat masing-masing bahan susun.

Adapun perhitungan *mix design* adalah sebagai berikut.

1. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian agregat adalah sebagai berikut ini.

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| a. Kuat desak rencana | : 20 MPa |
| b. Diameter maksimum agregat kasar | : 20 mm |
| c. Modulus halus butir pasir | : 2,421 |
| d. Berat volume pasir | : 1,717 t/m ³ |
| e. Berat jenis pasir (SSD) | : 2,36 t/m ³ |
| f. Berat volume split | : 1,613 t/m ³ |
| g. Berat jenis split | : 2,612 t/m ³ |
| h. Berat jenis semen. | : 3,15 t/m ³ |

2. Langkah-langkah perhitungan campuran beton.

a. Menghitung kuat desak rata-rata (f'_{cr})

$$f'c = 20 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'c + 1,64 \text{ } sd$$

Dari Tabel 4.2, dengan mutu pekerjaan baik dan volume pekerjaan kecil, diambil $sd = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5,88 \text{ MPa}$.

$$f'_{cr} = 20 + (1,64 \times 5,88)$$

$$f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa.}$$

b. Menetapkan faktor air semen.

Berdasar Tabel 4.3, dari nilai $f'_{cr}=29,643 \text{ MPa}$ didapat nilai fas beton usia 28 hari adalah 0,51 (interpolasi).

Dari Tabel 4.4, fas maksimum berdasarkan pengaruh tempat untuk beton terlindung dari hujan dan terik matahari adalah 0,6.

Dari kedua nilai fas tersebut, diambil nilai fas yang terkecil, yaitu 0,51.

c. Menentukan nilai slump.

Berdasarkan Tabel 4.5, untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump=7,5-10 cm. Dipakai nilai slump 7,5-10 cm.

d. Menetapkan kebutuhan air.

Berdasarkan Tabel 4.7, untuk nilai slump 7,5-10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 liter/m³ dan udara terperangkap 2%.

e. Menghitung kebutuhan semen.

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat.air}}{\text{fas}} = \frac{203}{0,51} = 395 \text{ kg}$$

f. Menentukan agregat kasar per satuan volume.

mhb pasir = 2,421 dan ukuran maksimum *split* = 20 mm.

Dari Tabel 4.8, diperoleh volume *split* per m³ pada bj 2,68 adalah 0,6479.

$$\text{Maka volume } split \text{ pada bj } 2,612 = \frac{2,612}{2,68} \times 0,6479 \text{ m}^3 = 0,631$$

Berat *split* = 0,631 x 1,613 = 1017 kg.

g. Menghitung volume agregat halus per satuan volume.

$$V_{\text{air}} + V_{\text{semen}} + V_{\text{split}} + V_{\text{pasir}} + V_{\text{udara}} = 1$$

$$0,203 + \frac{0,395}{3,15} + \frac{1,017}{2,612} + V_{\text{pasir}} + 0,02 = 1$$

$$0,203+0,1254+0,39+V_{\text{pasir}}+0,02 = 1$$

$$V_{\text{pasir}} = 1-0,7384$$

$$V_{\text{pasir}} = 0,2616$$

$$\text{Berat pasir} = 0,2616 \times 2,36 \times 1000 = 616 \text{ kg}$$

Perbandingan adukan beton per meter kubik adalah

$$\text{Pc} : \text{pasir} : \text{split} : \text{air} = 395 : 616 : 1017 : 203$$

$$= 1 : 1,56 : 2,57 : 0,51$$

$$\text{Volume 1 buah silinder adalah } 0,25 \times 3,14 \times (15)^2 = 0,0053 \text{ m}^3$$

Kehilangan proses campuran diperkirakan sebesar 20%. Maka kebutuhan

campuran beton untuk 1 silinder adalah :

$$\text{Semen} : 395 \times (0,0053 \times 1,2) = 2,512 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 616 \times (0,0053 \times 1,2) = 3,92 \text{ kg}$$

$$\text{Split} : 1017 \times (0,0053 \times 1,2) = 6,47 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 203 \times (0,0053 \times 1,2) = 1,29 \text{ kg}$$

Kebutuhan bubuk bentonit tiap silinder (6 variasi)

$$0\% = 0\% \times 2.512 = 0 \text{ kg}$$

$$2\% = 2\% \times 2.512 = 0,05 \text{ kg}$$

$$4\% = 4\% \times 2.512 = 0,10 \text{ kg}$$

$$6\% = 6\% \times 2.512 = 0,15 \text{ kg}$$

$$8\% = 8\% \times 2.512 = 0,20 \text{ kg}$$

$$10\% = 10\% \times 2.512 = 0,25 \text{ kg}$$

4.6 Analisa Hasil

Analisa hasil pengujian terdiri dari analisa kuat desak beton dan analisa regresi polinomial pangkat dua.

4.6.1 Analisa Kuat Desak Beton

Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum dengan luas permukaan benda uji, seperti rumus berikut ini.

$$f'ci = \frac{P}{A}$$

Dengan $f'ci$ – kuat desak (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)

4.6.2 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua

Gambar grafik didapat dari metode regresi polinomial pangkat dua.

Persamaan polinomial order r mempunyai bentuk :

$$Y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_r x^r \quad (4.1)$$

Jumlah kuadrat dari kesalahan adalah :

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r)^2 \quad (4.2)$$

Persamaan (4.2) didiferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial.

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2 - \dots - a_r x_i^r)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial D^2}{\partial a_1} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) \\
\frac{\partial D^2}{\partial a_2} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_r x_i^r) \\
&\vdots \\
\frac{\partial D^2}{\partial a_r} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2 - \dots - a_r x_i^r)
\end{aligned} \tag{4.3}$$

Persamaan (4.3) dapat ditulis dalam bentuk persamaan matrik seperti berikut.

$$\begin{bmatrix}
n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^r \\
\sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{r+1} \\
\sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{r+2} \\
\vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
\sum x_i^r & \sum x_i^{r+1} & \sum x_i^{r+2} & \dots & \sum x_i^{r+r}
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
a_0 \\
a_1 \\
a_2 \\
\vdots \\
a_r
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
\sum y_i \\
\sum x_i y_i \\
\sum x_i^2 y_i \\
\vdots \\
\sum x_i^r y_i
\end{bmatrix}
\tag{4.4}$$

Keterangan.

a_r = koefisien konstanta

n = jumlah data

r = pangkat polynomial

Penyelesaian dari persamaan (4.4) akan menghasilkan $a_0, a_1, a_2, \dots, a_r$. Hasil ini dimasukkan dalam persamaan (4.1) yang akan menghasilkan persamaan kurva.

Untuk membandingkan hasil regresi dengan hasil pengujian di laboratorium, digunakan koefisien korelasi. Kurva regresi polynomial bisa dikatakan sempurna apabila nilai koefisien korelasi adalah satu. Namun dalam kenyataannya jarang sekali nilai koefisien korelasi yang sama dengan satu. Oleh

karena itu nilai koefisien korelasi dianggap sudah cukup bagus apabila nilainya mendekati satu.

Koefisien korelasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$S_y = \sqrt{\frac{S_t}{n-1}} \quad (4.5)$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{S_r}{n-(m+1)}} \quad (4.6)$$

$$r = \sqrt{\frac{S_t - S_r}{S_t}} \quad (4.7)$$

Dengan r = koefisien korelasi

m = jumlah orde

n = jumlah data

S_t = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa residu

$$= \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (4.8)$$

S_r = jumlah kuadrat dari kesalahan

$$\text{Linier, } S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2$$

$$\text{Polinomial, } S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x^2 - a_2 x^2)^2 \quad (4.9)$$

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

S_y = simpangan baku total

$G(x_i)$ = persamaan garis atau kurva

Rumus yang dipakai untuk hasil pengujian laboratorium di sini adalah rumus regresi polinomial pangkat 2. Persamaan kurva yang didapat akan menghasilkan rumus berikut ini.

$$Y = ax^2 + bx + c \quad (4.10)$$

Dengan Y = Nilai kuat tekan beton

Y adalah variable terikat yang tergantung pada nilai x

x = angka penambahan bubuk bentonit dalam persen

x adalah variable bebas yang akan menentukan nilai Y

a, b, c = nilai konstanta.

Untuk mencari nilai ekstrim bisa didapat dengan rumus :

$$(x, y) = \left(-\frac{b}{2a}, \frac{D}{4a} \right) \quad (4.11)$$

$$\text{Dengan } D = b^2 - 4ac \quad (4.12)$$

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil percobaan di laboratorium berikut pembahasannya.

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar, nilai slump, dan hasil uji kuat desak beton.

5.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar.

Pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar terdiri dari pemeriksaan modulus halus butir, berat volume, dan berat jenis agregat.

a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir.

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium, didapat hasil yang bisa dilihat pada Tabel 5.1 dan pada Lampiran 1.

Tabel 5.1 Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir

Saringan		Berat tertinggal (gram)		Berat tertinggal (%)		Berat komulatif	
No	Diameter (mm)	I	II	I	II	I	II
1	4,75	0	0	0	0	0	0
2	2,36	108	111	10,8	11,1	10,8	11,1
3	1,18	156	151	15,6	15,1	26,4	26,2
4	0,60	240	245	24	24,5	50,4	50,7

5	0,30	185	187	18,5	18,7	68,9	69,4
6	0,15	161	159	16,1	15,9	85	85,3
7	pan	150	147	15	14,7		
Jumlah						241,5	242,7
Jumlah rata-rata:						242,1	

$$\text{Modulus halus butir pasir} = \frac{242,1}{100} \times 100\% = 2,421$$

b. Pemeriksaan Berat Volume.

Dari pemeriksaan di laboratorium diperoleh data pada Tabel 5.2 dan 5.3.

Tabel 5.2 Berat Volume Pasir (bisa dilihat pada Lampiran 2)

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	11 kg	11,3 kg
Berat tabung + agregat (W_2)	20,2 kg	20,3 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,0053 m ³	0,0053 m ³
Berat volume = $(W_2 - W_1) / V$	1,736 t/m ³	1,699 t/m ³
Berat volume rata-rata	1,717 t/m ³	

Tabel 5.3 Berat Volume *Split* (bisa dilihat pada Lampiran 3)

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	10,9 kg	11 kg
Berat tabung + agregat (W_2)	19,4 kg	19,6 kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t$	0,0053 m ³	0,0053 m ³
Berat volume = $(W_2 - W_1) / V$	1,604 t/m ³	1,623 t/m ³
Berat volume rata-rata	1,613 t/m ³	

c. Pemeriksaan Berat Jenis.

Dari pemeriksaan di laboratorium diperoleh data pada Tabel 5.4 dan 5.5.

Tabel 5.4 Berat Jenis Pasir. (bisa dilihat pada Lampiran 4)

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	185 gr	180 gr
Volume air (V_1)	500 cc	500 cc
Volume air + agregat (V_2)	580 cc	575 cc
Berat jenis = $W / (V_2 - V_1)$	2,3125	2,4
Berat jenis rata-rata	2,36	

Tabel 5.5 Berat Jenis *Split*. (bisa dilihat pada Lampiran 5)

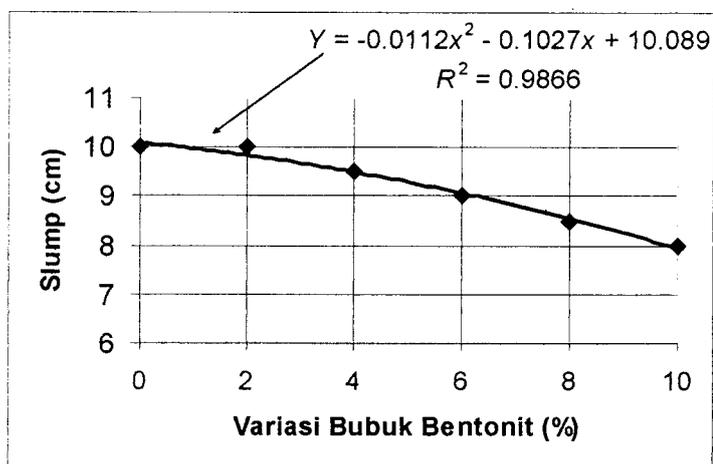
	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	446 gr	468 gr
Volume air (V_1)	500 cc	500 cc
Volume air + agregat (V_2)	670 cc	680 cc
Berat jenis = $W/(V_2-V_1)$	2,624	2,6
Berat jenis rata-rata		2,612

5.1.2 Nilai Slump

Dari hasil pengujian slump dengan menggunakan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm didapat data yang bisa dilihat pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.1.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Nilai Slump

Variasi bubuk bentonit	Nilai slump (cm)
0%	10
2%	10
4%	9,5
6%	9
8%	8,5
10%	8

**Gambar 5.1** Grafik Hubungan Antara Nilai Slump Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit.

5.1.3 Hasil Uji Kuat Desak Beton

Dari hasil uji kuat desak beton di laboratorium, didapat nilai kuat desak beton rata-rata (f'_{cr}). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai dengan Tabel 5.13. (bisa dilihat pada Lampiran 6 sampai dengan Lampiran 11)

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 0% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f'_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	304	12.8	17678.57	560	31.67677
2	149	303	12.7	17443.64	505	28.95037
3	150	300	12.6	17678.57	495	28
4	150	301	12.6	17678.57	545	30.82828
5	150	300	12.7	17678.57	535	30.26263

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 2% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f'_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.7	17678.57	615	34.78788
2	149	304	12.6	17443.64	590	33.82321
3	150	300	12.7	17678.57	595	33.65657
4	150	299	12.7	17678.57	560	31.67677
5	150	300	12.7	17678.57	585	33.09091

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 4% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f'_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.5	17678.57	615	34.78788
2	150	301	12.5	17678.57	640	36.20202
3	150	301	12.8	17678.57	625	35.35354
4	150	300	12.6	17678.57	645	36.48485
5	151	302	12.5	17915.07	565	31.53769

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 6% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.6	17678.57	605	34.22222
2	150	300	12.6	17678.57	600	34.22222
3	150	303	12.8	17678.57	680	38.46465
4	150	300	12.6	17678.57	625	35.35354
5	150	301	12.6	17678.57	655	37.05051

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 8% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	302	12.7	17678.57	660	37.33333
2	150	303	12.9	17678.57	580	32.80808
3	150	301	12.8	17678.57	630	35.63636
4	150	300	12.6	17678.57	655	37.05051
5	150	300	12.6	17678.57	600	33.93939

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Sebesar 10% Pada Umur 28 Hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Luas (A) (mm^2)	Daya dukung (P) (KN)	f_{ci} (P/A) (MPa)
1	150	301	12.6	17678.57	570	32.52525
2	149	301	12.6	17443.64	600	34.39649
3	150	303	12.8	17678.57	620	35.07071
4	150	301	12.5	17678.57	570	32.24242
5	150	300	12.6	17678.57	580	32.80808

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

Variasi bentonit	0%	2%	4%	6%	8%	10%
f_{ci}	31,67677	34,78788	34,78788	34,22222	37,33333	32,52525
	28,95037	33,82321	36,20202	34,22222	32,80808	34,39649
	28	33,65657	35,35354	38,46465	35,63636	35,07071
	30,82828	31,67677	36,48485	35,35354	37,05051	32,24242
	30,26263	33,09091	31,53769	37,05051	33,93939	32,80808
Total	149,71805	167,03534	174,36598	179,31314	176,76767	167,04295
f_{cr}	29,94361	33,40707	34,87320	35,86263	35,35353	33,40859
f_c	27,53158	31,53073	31,621318	32,81397	32,13997	31,36032

Contoh hasil perhitungan kuat desak silinder beton

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{ci}}{n}$$

$$= \frac{149,71805}{5} = 29,94361 \text{ MPa}$$

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

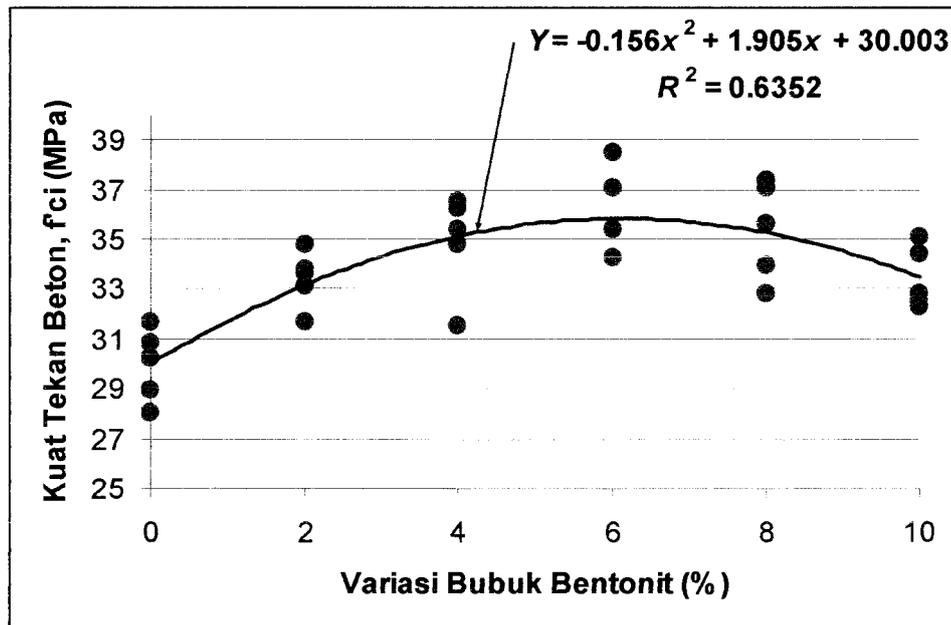
$$= \sqrt{\frac{8,6524}{4}} = 1,47075 \text{ MPa}$$

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

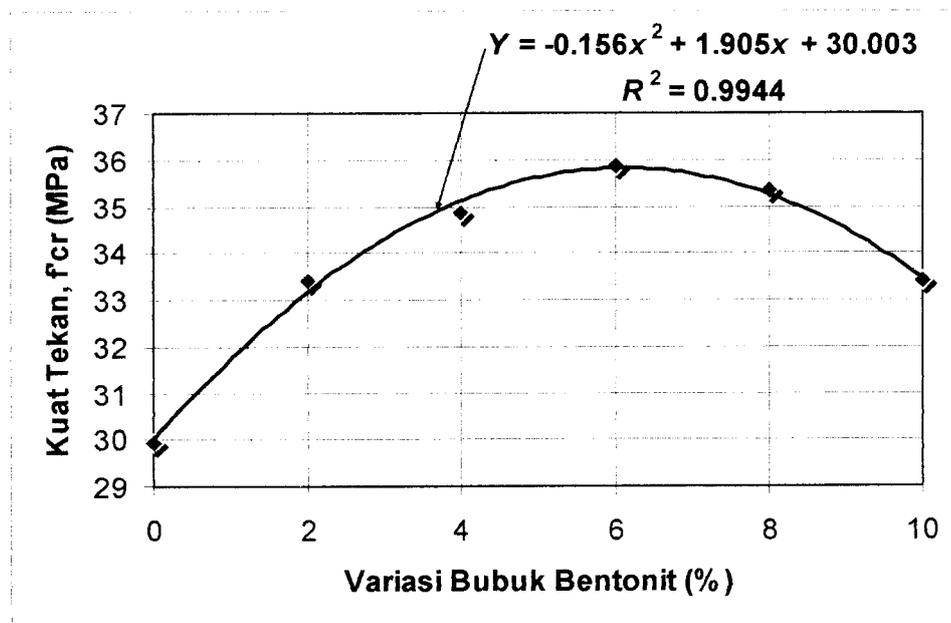
$$= 29,94361 - 1,64 \times 1,47075$$

$$= 27,53158 \text{ MPa}$$

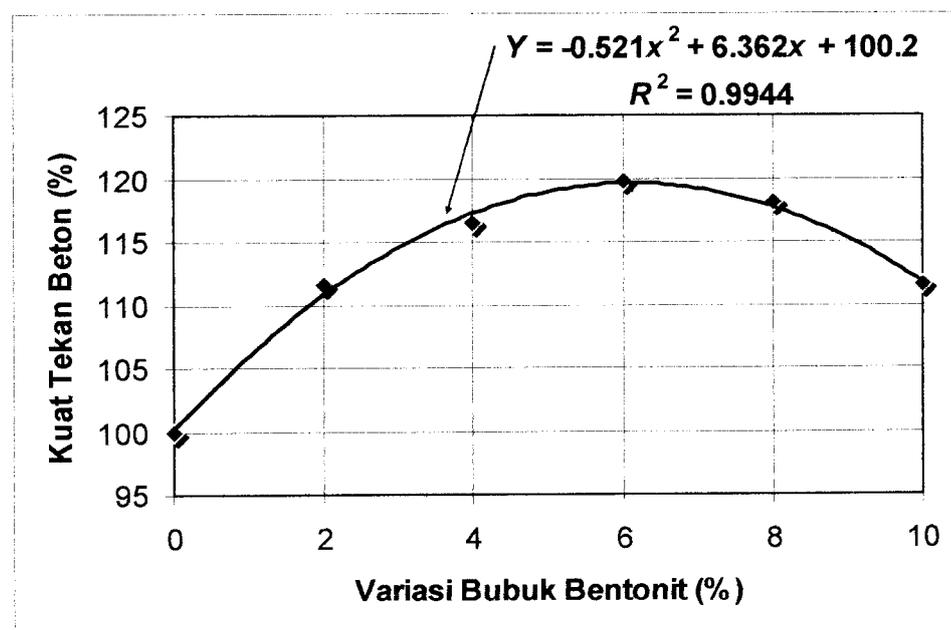
Data dari Tabel 5.13 bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.2 sampai dengan Gambar 5.6.



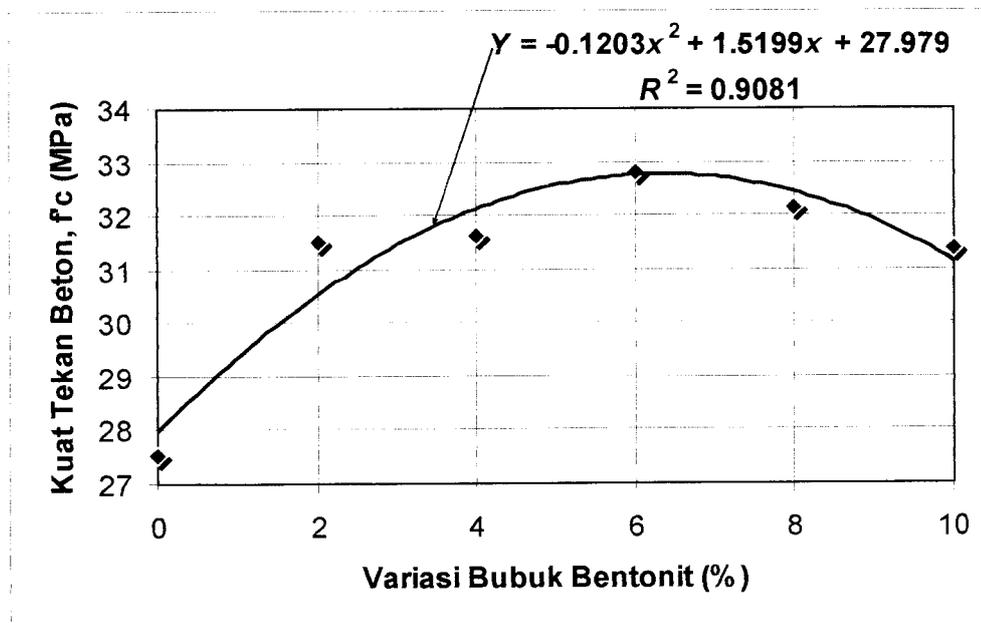
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton (f'_{ci})



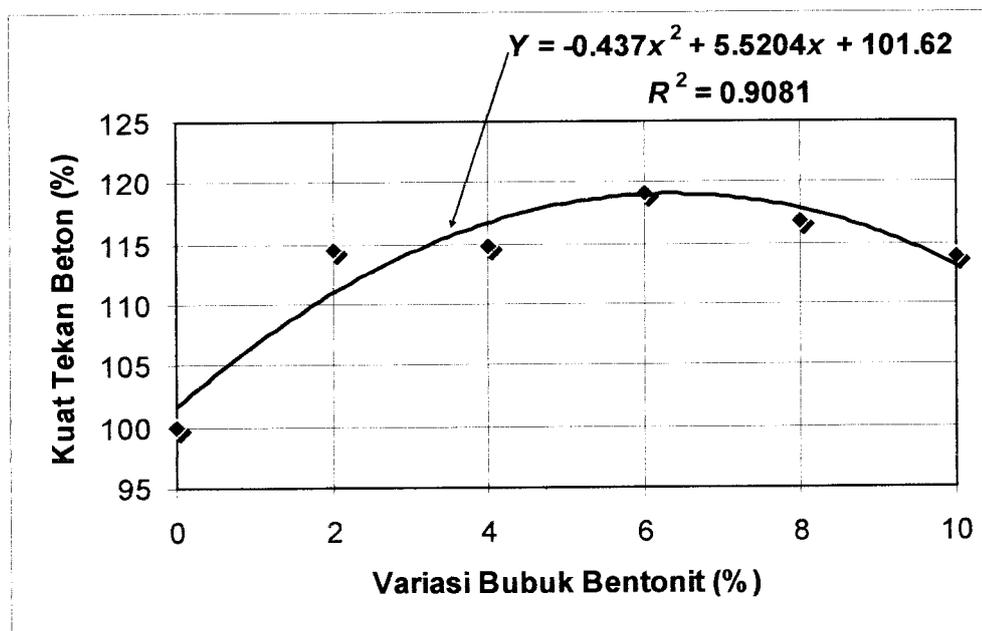
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr})



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Rata-Rata (f'_{cr}) Terhadap Kuat Desak Beton Normal

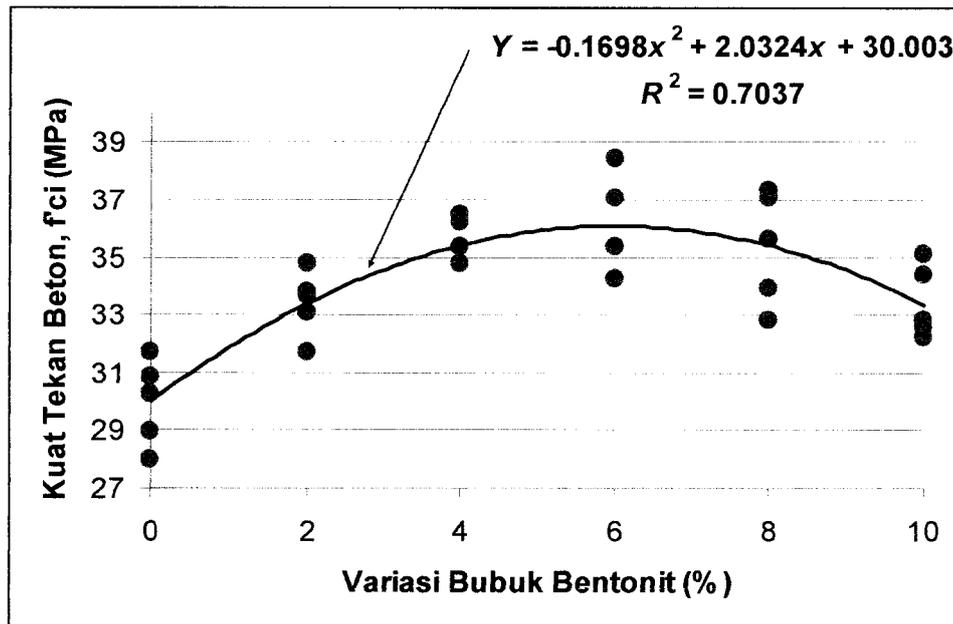


Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c)



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c) Terhadap Kuat Desak Beton Normal

Pada Gambar 5.2 terlihat ada data yang menyimpang jauh pada variasi 4%. Data tersebut bisa dihilangkan, dan diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.8.



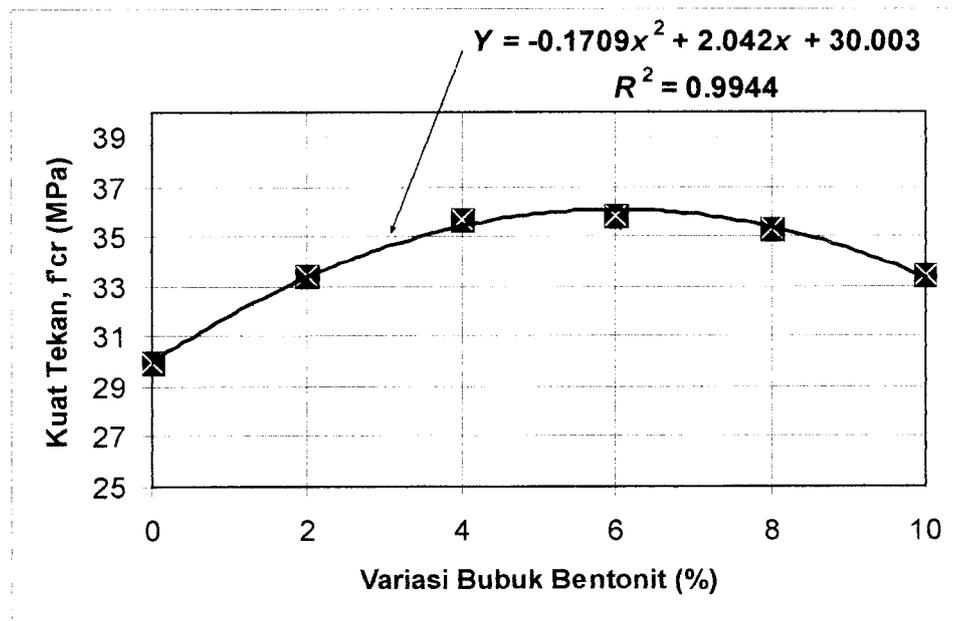
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton ($f'ci$)

Dengan penghilangan data yang menyimpang ini, maka hasil pengujian kuat desak beton pada umur 28 hari akan menjadi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.14.

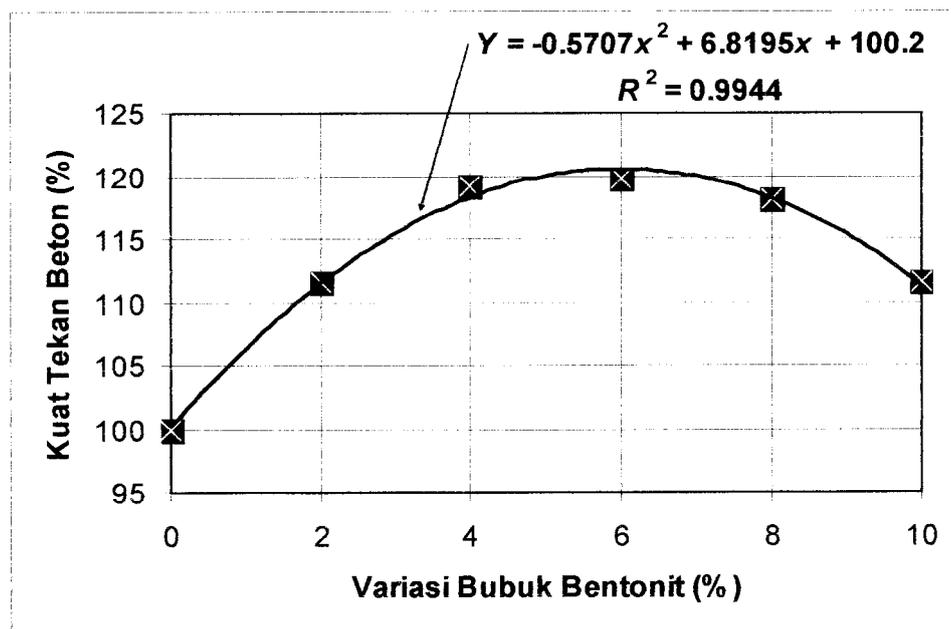
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

Variasi bentonit	0%	2%	4%	6%	8%	10%
$f'ci$	31,67677	34,78788	34,78788	34,22222	37,33333	32,52525
	28,95037	33,82321	36,20202	34,22222	32,80808	34,39649
	28	33,65657	35,35354	38,46465	35,63636	35,07071
	30,82828	31,67677	36,48485	35,35354	37,05051	32,24242
	30,26263	33,09091		37,05051	33,93939	32,80808
Total	149,71805	167,03534	142,82829	179,31314	176,76767	167,04295
$f'cr$	29,94361	33,40707	35,70707	35,86263	35,35353	33,40859
$f'c$	27,53158	31,53073	34,42976	32,81397	32,13997	31,36032

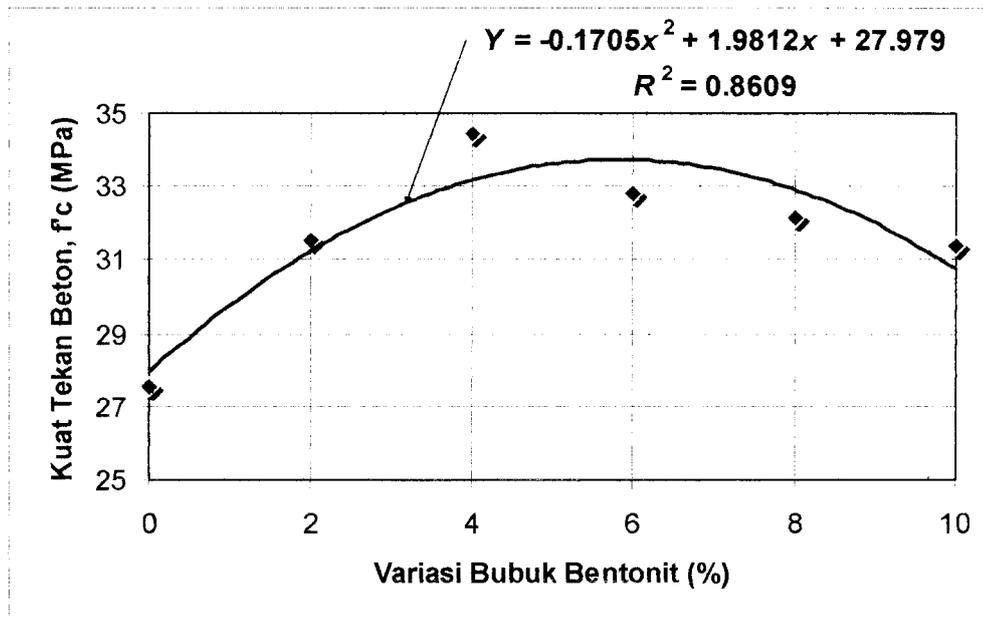
Data dari Tabel 5.14 bisa diplotkan menjadi grafik seperti pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.12.



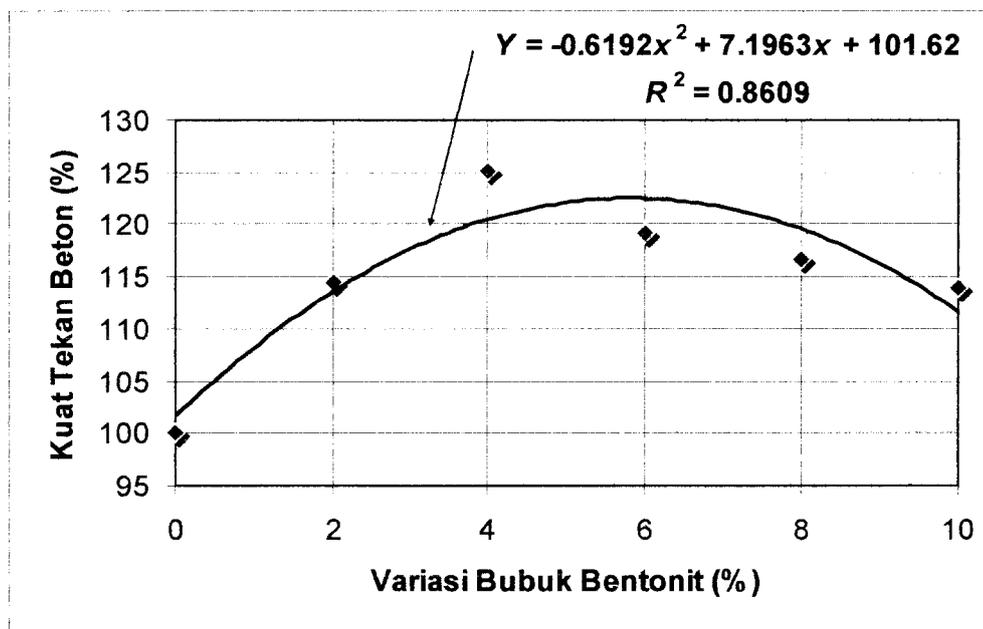
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Rata-Rata (f_{cr})



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Rata-Rata (f_{cr}) Terhadap Kuat Desak Beton Normal



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Prosentase Kuat Desak Beton Karakteristik (f'_c) Terhadap Kuat Desak Beton Normal

5.2 Pembahasan Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh di laboratorium, yang ditunjukkan pada Tabel 5.14, didapatkan bahwa penambahan bubuk bentonit akan meningkatkan kuat desak beton pada semua variasi dibandingkan dengan beton tanpa penambahan bubuk bentonit. Sedangkan kuat desak maksimum didapat pada variasi penambahan bubuk bentonit sebesar 4% yang menghasilkan kuat desak ($f'c$) 34,42976 MPa. Penambahan bubuk bentonit sebesar 4% ini meningkatkan kuat desak beton sebesar 18,57 % dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan hasil regresi polinomial, maka akan didapatkan hubungan antara penambahan bubuk bentonit dengan kuat desak beton yang bisa dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Hasil Regresi Polinomial
 $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$

x (penambahan bubuk bentonit dalam %)	Y (kuat desak beton dalam MPa)
0	27.979
2	31.2594
4	33.1758
6	33.7282
8	32.9166
10	30.741

Untuk nilai optimum penambahan bubuk bentonit bisa ditentukan dengan cara

mencari nilai ekstrim $x_{opt} = \frac{-b}{2a}$ dari persamaan kurva regresi polinomial

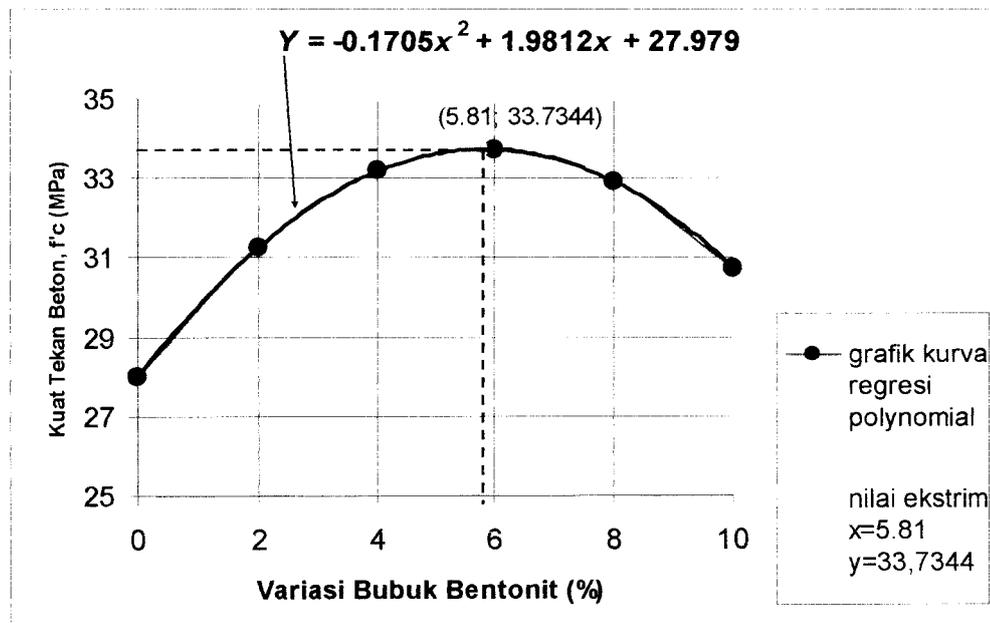
$$Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$$

Maka nilai x bisa dihitung, $x_{opt} = \frac{-1.9812}{2(-0.1705)}$

$$x_{opt} = 5,81$$

Nilai $x_{opt} = 5,81$ dimasukkan ke dalam persamaan $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$, yang akan menghasilkan nilai $Y_{maks} = 33,7344$ MPa

Hasil ini bisa diplotkan menjadi grafik seperti bisa dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Penambahan Bubuk Bentonit Dengan Kuat Desak Beton Berdasarkan Kurva Regresi Polinomial $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$

Berdasarkan kurva regresi polinomial $Y = -0.1705x^2 + 1.9812x + 27.979$, maka nilai optimum penambahan bubuk bentonit adalah 5,81% yang akan menghasilkan peningkatan kuat desak beton sebesar 20,57% dibandingkan beton yang tanpa penambahan bubuk bentonit.

Penambahan bubuk bentonit sebagai *filler* terbukti bisa meningkatkan daya desak beton karena bubuk bentonit yang berukuran kecil (lolos saringan no 200) mengisi pori-pori kapiler pada beton, sehingga beton menjadi lebih padat dan



meningkat kuat desaknya. Bubuk bentonit sebagai *pozzolan* juga bisa mengikat kapur bebas yang merupakan sisa reaksi antara semen dan air untuk dibentuk untuk menjadi gel yang menambah lekatan antar agregat, sehingga meningkatkan kuat desak beton.

Pada penambahan bubuk bentonit di atas nilai optimum, beton justru akan mengalami penurunan kuat desak. Hal ini disebabkan penambahan bubuk bentonit yang berlebihan akan melebihi volume pori-pori kapiler yang ada sehingga bubuk bentonit justru akan mengurangi lekatan yang terjadi antara agregat dan semen. Ini disebabkan juga karena jumlah bubuk bentonit yang berada dalam campuran beton melebihi jumlah kapur bebas sisa reaksi semen dan air. Akibatnya kelebihan bubuk bentonit yang tidak bisa mengikat kapur bebas, tidak bisa membentuk gel dan menghalangi lekatan antara gel dan agregat. Hal ini tampak pada beton dengan penambahan di atas 6%, pecahan yang terjadi lebih disebabkan pada lepasnya beton dari agregat. Dengan kata lain, beton kurang kuat dalam mengikat agregat yang mengakibatkan penurunan kuat desak pada beton.

Bahan tambah bubuk bentonit yang berasal dari Nanggulan, Kulon Progo, bisa menyerap kelebihan air yang terdapat dalam campuran beton. Hal ini dibuktikan pada penurunan nilai slump yang bisa dilihat pada Tabel 5.6. Semakin besar penambahan bubuk bentonit, campuran beton menjadi semakin padat sehingga semakin susah dikerjakan walaupun masih masuk dalam nilai slump rencana. Hal ini berpengaruh pada tingkat kelecakan (keenceran) yang akan mempengaruhi tingkat workabilitas (daya pengerjaan), dan pada akhirnya berpengaruh pada mutu beton.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil penelitian laboratorium mengenai pengaruh penambahan bubuk bentonit pada kuat desak beton.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan berikut ini.

1. Dari hasil pengujian laboratorium diketahui bahwa beton yang menggunakan bubuk bentonit sebagai *filler* mempunyai kuat desak yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal.
2. Pada penambahan bubuk bentonit sebesar 6% dari berat semen akan menghasilkan kuat desak beton yang maksimum yaitu 32,8137 MPa atau meningkat sebesar 19,1867% dibandingkan beton normal.
3. Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan regresi polinomial pangkat dua $Y = -0.1203x^2 + 1.5199x + 27.979$, dengan koefisien korelasi $R^2 = 0,9081$.
4. Dengan menggunakan persamaan regresi $Y = -0.1203x^2 + 1.5199x + 27.979$, didapatkan bahwa penambahan bubuk bentonit yang optimum adalah 6,32% yang akan menghasilkan kuat desak maksimum 32,7797 MPa.

5. Penambahan bubuk bentonit pada adukan beton juga berpengaruh terhadap nilai slump. Semakin besar penambahan bubuk bentonit nilai slump juga akan semakin berkurang.

6.2 Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini, penyusun memberikan saran-saran untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai:

1. penambahan bubuk bentonit pada campuran adukan beton terhadap sifat-sifat beton lainnya, seperti kuat geser, kuat tarik dan lain sebagainya,
2. penggunaan bubuk bentonit untuk berbagai jenis metoda perencanaan campuran beton selain metoda ACI, dan
3. pengaruh penambahan bubuk bentonit terhadap serangan asam.

en Pe

ndung

an Ki

angge

ngrun

ENGA

RHAI

I Yog

Romi

TU

ETION

L. J.,

langga

1998,

nn Wil

muljo,

ogyaka

Erwin

ENGGU

JAT T.



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 MODULUS HALUS BUTIR PASIR

LAMPIRAN 1

Jenis benda uji : _____
 Nama benda uji : _____
 Asal : _____
 Keperluan : _____

Di periksa oleh :
 1. HENDRA RIADI 95 000
 2. PRACASTILIA I J 95 121
 Tanggal : _____

Saringan		Berat tertinggal gram		Berat tertinggal %		Berat kumulatif	
No	Ø lubang mm	I	II	I	II	I	II
1	40	0	0	0	0	0	0
2	20	0	0	0	0	0	0
3	10	0	0	0	0	0	0
4	4.75	0	0	0	0	0	0
5	2.36	10.8	11	10.8	11.1	10.8	11.1
6	1.18	15.6	15.1	15.6	15.1	26.4	26.2
7	0.600	24.0	24.5	24	24.5	50.4	50.7
8	0.300	18.5	18.7	18.5	18.7	68.9	69.4
9	0.150	16.1	15.9	16.1	15.9	85	85.3
10	P a n	15.0	14.7	15	14.7	-----	-----
Jumlah						241.9	242.7

Jumlah rata - rata 242,1

MODULUS HALUS BUTIR = $\frac{242,1}{100} \times 100\% = 242,1$

Yogyakarta, _____
 Mengetahui
 Laboratorium BKT FTSP UII,



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT HALUS "SS"

LAMPIRAN 2

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. HENDRA RIADI 95-009
 Asal : _____ 2. PRACATI LIA I.I.J 95-121
 Keperluan : _____
 Tanggal : _____

ALAT - ALAT

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

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	...11 Kg	...11,3 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	...20,2 Kg	...20,3 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$...0,0053 m ³	...0,0053 m ³
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$...1,736 t/m ³	...1,699 t/m ³
Berat volume rata-rata	...1,717 t/m ³	

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,



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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT VOLUME AGREGAT KASAR " SSD " **LAMPIRAN 3**

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. HENDRA PIADI 95-009
 Asal : _____ 2. PRAESTITUA-I J 95-121
 Keperluan : _____
 Tanggal : _____

ALAT - ALAT

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

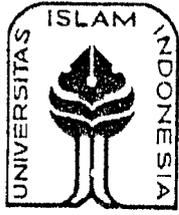
	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat tabung (W_1)	10.9 Kg	11 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	19.4 Kg	19.6 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot t$	0.0052 m ³	0.0053 m ³
Berat volume $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1.609 t/m ³	1.623 t/m ³
Berat volume rata-rata	1.613 t/m ³	

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,





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

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

DATA PEMERIKSAAN
 BERAT JENIS AGREGAT HALUS

LAMPIRAN 4

Jenis benda uji : _____
 Nama benda uji : _____
 Asal : _____
 Keperluan : _____

Di periksa oleh :
 1. HENDRA RIADI 95-000
 2. PRACASTILIA-I.J 95-121

Tanggal : _____

ALAT – ALAT

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

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	...185...	Gram	..180.	Gram
Volume air (V ₁)	...500...	Cc	..500.	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	...560...	Cc	..575	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,325		2,4	
Berat jenis rata – rata	2,36			

Catatan :

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,



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

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

DATA PEMERIKSAAN

BERAT JENIS AGREGAT KASAR

LAMPIRAN 5

Jenis benda uji : _____ Di periksa oleh :
 Nama benda uji : _____ 1. HENDRA RIADI 95-009
 Asal : _____ 2. PRAGISTILIA IJ 95-121
 Keperluan : _____
 Tanggal : _____

ALAT – ALAT

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

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
	Berat agregat (W)	44.6	Gram	48.8
Volume air (V ₁)	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	670	Cc	680	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,624		2,6	
Berat jenis rata – rata	2,612			

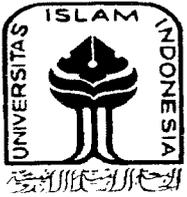
Catatan :

Yogyakarta, _____

Mengetahui

Laboratorium BKT FTSP UII,

LABORATORIUM



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

Jalan Kaliurang 14.4 telp (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

LAMPIRAN 6

0%

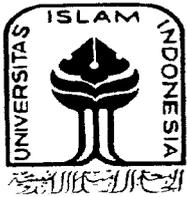
Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Daya Dukung (KN)
0-1	150	304	12.8	560
0-2	149	303	12.7	505
0-3	150	300	12.6	495
0-4	150	301	12.6	545
0-5	150	300	12.7	535

Yogyakarta,

**LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII**

Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII



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

Jalan Kaliurang 14.4 telp (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

2%

LAMPIRAN 7

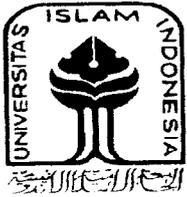
Hasil Pengujian Kuat Desak Beton.

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Daya Dukung (KN)
II-1	150	301	12.7	615
II-2	149	304	12.6	590
II-3	150	300	12.7	595
II-4	150	299	12.7	560
II-5	150	300	12.7	585

Yogyakarta,

Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

Jalan Kaliurang 14.4 telp (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

4%

LAMPIRAN 8

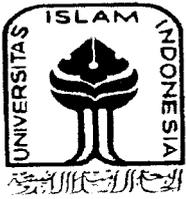
Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari.

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Daya Dukung (KN)
IV-1	150	301	12.5	615
IV-2	150	301	12.5	640
IV-3	150	301	12.8	625
IV-4	150	300	12.6	645
IV-5	151	302	12.5	565

Yogyakarta,

Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jalan Kaliurang 14.4 telp (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

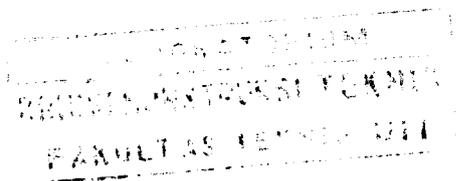
6%

LAMPIRAN 9

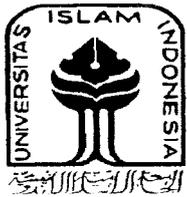
Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari.

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Daya Dukung (KN)
VI-1	150	301	12.6	605
VI-2	150	300	12.6	600
VI-3	150	303	12.8	680
VI-4	150	300	12.6	625
VI-5	150	301	12.6	655

Yogyakarta,



Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII



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

Jalan Kaliurang 14.4 telp (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

8%

LAMPIRAN 10

Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari.

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Daya Dukung (KN)
XIII-1	150	302	12.7	660
XIII-2	150	303	12.9	580
XIII-3	150	301	12.8	630
XIII-4	150	300	12.6	655
XIII-5	150	300	12.6	600

Yogyakarta,

Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



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

Jalan Kaliurang 14.4 telp (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta

10%

LAMPIRAN 11

Hasil Pengujian Kuat Desak Beton Umur 28 hari.

No	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg)	Daya Dukung (KN)
X-1	150	301	12.6	570
X-2	149	301	12.6	600
X-3	150	303	12.8	620
X-4	150	301	12.5	570
X-5	150	300	12.6	580

Yogyakarta,

Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



LAMPIRAN 12

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Pracastilia Irfan J	95 310 121	Teknik Sipil
2.	HENDRA BADI	95 310 009	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh penggunaan bubuk Bentonit sebagai Filler terhadap kuat desak beton.

PERIODE KE : 1 (Sep 04 - Peb 05)
 TAHUN : 2004 - 2005

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		SEP	OKT.	NOP.	DES.	JAN	PEB
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6	Sidang - Sidang					■	■
7	Penidadaran						■

Dosen Pembimbing I : Much.Samsudin,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : Sarwidi,Ir,H,MSCE,PhD



Jogjakarta , 22-Sep-04

Dekan



Sarwidi, MS

Cal Seminar



LAMPIRAN 12

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Pracastilia Irfan J	95 310 121	Teknik Sipil
2.	HENDRA RIADI	95 310 009	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh penggunaan bubuk Bentonit sebagai Filler terhadap kuat desak beton.

PERIODE KE : 1 (Sep 04 - Feb 05)
 TAHUN : 2004 - 2005

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		SEP	OKT.	NOV.	DES.	JAN	FEB
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar Proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA.			■			
6	Sidang - Sidang			■	■		
7	Peridadaran					■	■

Dosen Pembimbing I : Much.Samsudin,Ir,H,MT

Dosen Pembimbing II : Sarwidi,Ir,H,MSCE,PhD



Jogjakarta, 22-Sep-04
 Dekan



Cat
 Seminar

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANGGAL
01	29-09-2004	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki seperti - Buat statemen kekhosusan / pembaduan dengan penelitian terdahul - Teruskan ke bab 2 lain! 	<p align="center">✗</p>
02	04/11/2004	<ul style="list-style-type: none"> - Bena mubab? mix deesigine dan fihel 20 paly eslake - Intulu ... Bab IV, dan dula ke bab -? lain. 	<p align="center">✗</p>
03	28/12/2004	<ul style="list-style-type: none"> - Teruskan ke DP I. DP II sulu day undel Suminar 	<p align="center">✗</p>
	28/12-04	<ul style="list-style-type: none"> - Cuyhapi dy. daftar isi doo. - Bab IV supaya diluat leylog. - ... layhapi awal & d. ahliu peneli tin, lalu mundi apalm. 	<p align="center">①</p>
	31/03/2005	<ul style="list-style-type: none"> - Cuyhapi dy. schedule - esker hasil Writ, ... + ... 	<p align="center">✗</p>
	25/04/2005	<ul style="list-style-type: none"> - baca ... lebih mudala undel BV 	<p align="center">✗</p>
	29/04/2005	<ul style="list-style-type: none"> - tentukan perubahan, karsanal dy 	<p align="center">✗</p>
	02/05/2005	<ul style="list-style-type: none"> - ... pibulitort pibulit dan layhapi Rlay TA & pibulit / pover pml ± 15 unit 	<p align="center">✗</p>
	3/5-05	<ul style="list-style-type: none"> → perbaiki, de leylog 	<p align="center">①</p>
	6/5-05	<ul style="list-style-type: none"> → leyhapi dy. intisim - pertaja pembahas hasil. - perbaiki kes pml de tar. 	<p align="center">①</p>
	7/5-05	<ul style="list-style-type: none"> → kee 	<p align="center">①</p>
	09/06/2005	<ul style="list-style-type: none"> - DP II day undel ... (ata pibulit sulu) - Teruskan ke DP II 	<p align="center">✗</p>
		<ul style="list-style-type: none"> → kee 	<p align="center">①</p>



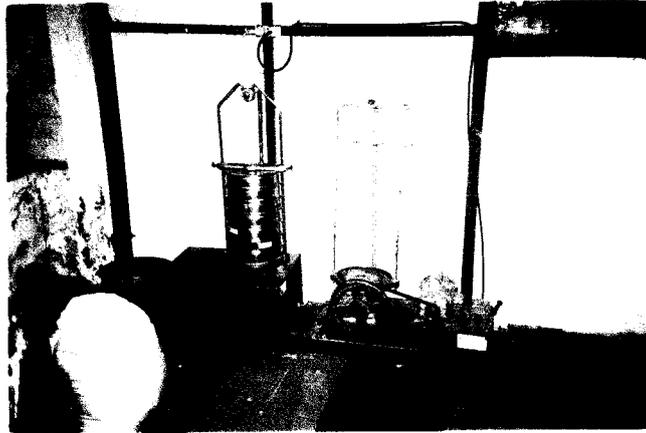
Batu split dari clereng sebagai agregat kasar



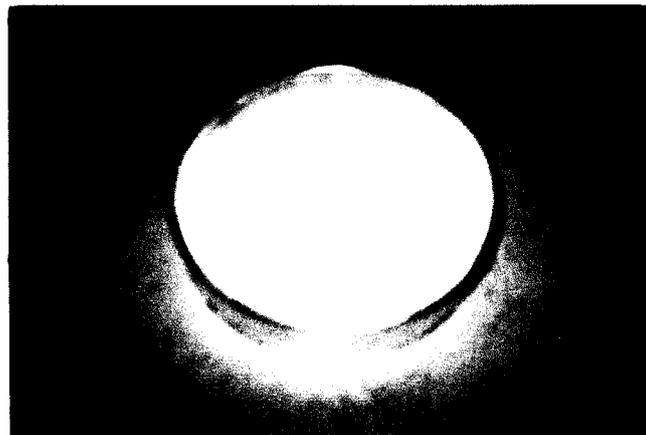
Pasir dari Kali Boyong sebagai agregat halus



Semen Nusantara ukuran 50 kg



Ayakan dan bubuk bentonit



Bubuk bentonit yang lolos saringan no 200



Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji



Pemberian lapisan olie pada cetakan



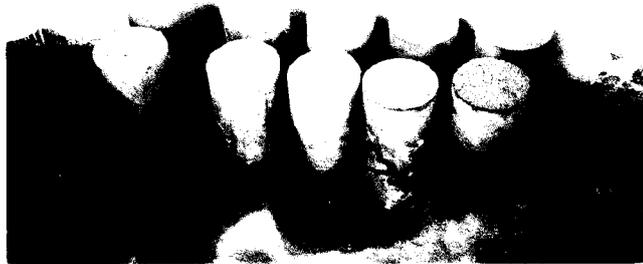
Penimbangan bahan-bahan untuk pembuatan benda uji



Pembuatan campuran semen



Perawatan benda uji dengan cara direndam



Benda uji umur 28 hari yang siap diuji



Pelaksanaan pengujian benda uji



Kondisi benda uji yang telah diuji



Bagian dalam benda uji yang telah diuji



Tumpukan benda uji yang telah diuji