

PUSPUSATAKAAH FTSP
MADJALAH
TGL. TERIMA : 12 September 2007
NO. JUDUL : 001694
NO. INV. : 5720001694031
NO. INDUK :

TUGAS AKHIR

KARAKTERISTIK BETON DENGAN VARIASI BAHAN TAMBAH KAPUR DAN BUBUK BATU KALSIT



Disusun Oleh :

FIRMANSYAH KUSTIADI

00 511 196

IWAN SETIAWAN

00 511 244

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA

2005

Lembar Pengesahan

**KARAKTERISTIK BETON DENGAN DENGAN VARIASI
BAHAN TAMBAH KAPUR DAN BUBUK BATU KALSI**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

FIPMANSYAH KUSTIADI

00 511 196

IWAN SETIAWAN

00 511 244

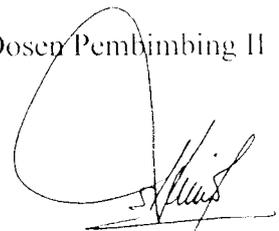
Dosen Pembimbing I



Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D

Tanggal : 09/09/2005

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Ade Ilham, MT

Tanggal : 09/09/05

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr. wb

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan semoga shalawat beserta salam selalu terlimpah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, Nabi akhir jaman, penutup risalah yang sempurna.

Penulisan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 di jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

Penyusun menyadari bahwa isi, ataupun susunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna oleh karena keterbatasan yang ada pada penulis, namun demikian penulis telah berusaha dengan segala kemampuan yang ada. Oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dalam Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Dr. Ir. Ade Ilham, MT, selaku Dosen Pembimbing II.

5. Pimpinan serta staf Laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia yang telah bersedia memberi izin dan membantu kepada penulis untuk pengambilan data.
6. Ayah dan ibu serta keluarga yang telah memberikan dorongan moril dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharap kiranya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jogjakarta, Juni 2005

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	x
ABSTRAKSI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum.....	7
2.2 Literatur Yang Menunjang Penelitian.....	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	10
3.1 Tinjauan Umum.....	10
3.2 Material Penyusun.....	11
3.2.1 Semen Portland.....	11
3.2.2 Bahan Tambah.....	14
3.2.3 Agregat.....	16
3.2.4 Air.....	19

3.3	Ketentuan Pembuatan Benda Uji menurut SK SNI M-14-1989-F	20
3.4	Pengendalian Pekerjaan Beton	21
3.5	Perencanaan Campuran Beton	22
3.6	Pengadukan Beton	32
BAB IV	METODE PENELITIAN	33
4.1	Persiapan Material dan Alat Uji	34
4.1.1	Bahan-bahan	34
4.1.2	Peralatan	40
4.1.3	Pemeriksaan Material Yang Akan Digunakan	40
4.1.4	Komposisi Campuran (<i>mix design</i>)	41
4.2	Pembuatan Benda Uji	44
4.2.1	Langkah-langkah Pembuatan Benda Uji	44
4.2.2	Pengadukan	45
4.3	Perawatan Benda Uji	46
4.4	Pengujian Benda Uji	46
4.5	Pengolahan Data	47
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	48
5.1	Pemeriksaan Agregat	48
5.2	Keleccakan (<i>workability</i>)	50
5.3	Kuat Desak Beton	52
5.3.1	Pengaruh Batu Kalsit Terhadap Kuat Desak Beton	53
5.3.2	Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Desak Beton	56
5.3.3	Pengaruh Kombinasi Bahan Tambah Batu Kalsit dan Kapur Terhadap Kuat Desak Beton	58
5.4	Biaya Bahan Pembuatan Beton	64

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	66
6.1 Kesimpulan.....	66
6.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN 1	71
LAMPIRAN 2.....	75
LAMPIRAN 3.....	80
LAMPIRAN 4.....	88
LAMPIRAN 5.....	91
LAMPIRAN 6.....	108

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Grafik faktor air semen	23
Gambar 3.1 Grafik mencari faktor air semen.....	25
Gambar 3.3 Grafik hubungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton	30
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	32
Gambar 5.1 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah batu kalsit.....	54
Gambar 5.2 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kapur alam	57
Gambar 5.3 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kalsit 2,5% dan kapur 5%, 10%, 15%.....	58
Gambar 5.4 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kalsit 5% dan kapur 5%, 10%, 15%.....	59
Gambar 5.5 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kalsit 7,5% dan kapur 5%, 10%, 15%.....	60
Gambar 5.6 Grafik kuat desak pada umur 7 hari	62
Gambar 5.7 Grafik kuat desak pada umur 28 hari	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Komposisi limit semen portland	11
Tabel 3.2 Sifat senyawa semen	13
Tabel 3.3 Deskripsi mineral batu kalsit.....	15
Tabel 3.4 Gradasi Pasir	17
Tabel 3.5 Gradasi kerikil	17
Tabel 3.6 Angka konversi benda uji beton.....	19
Tabel 3.7 Tingkat pengendalian pekerjaan.....	21
Tabel 3.8 Faktor pengali deviasi standar.....	22
Tabel 3.9 Nilai kuat tekan beton	24
Tabel 3.10 Penetapan nilai slump (cm).....	26
Tabel 3.11 Kebutuhan air per meter kubik beton.....	27
Tabel 3.12 Kebutuhan semen minimum.....	28
Tabel. 4.1 Komposisi Campuran beton untuk 1 m ³ dengan kuat tekan 25 MPa.....	40
Tabel 4.2 Variasi bahan tambah pada benda uji untuk 1 m ³ beton.....	42
Tabel 5.1 Nilai slump pada pembuatan benda uji	49
Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat desak beton rata-rata	51

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Al_2O_3	=	oksida alumina
Bj	=	berat jenis
BKL0KP10	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 0 (tanpa bubuk batu kalsit) dan kapur sebanyak 10%
BKL0KP15	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 0 (tanpa bubuk batu kalsit) dan kapur sebanyak 15%
BKL0KP5	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 0 (tanpa bubuk batu kalsit) dan kapur sebanyak 5%
BKL2,5KP0	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan kapur sebanyak 0% (tanpa kapur)
BKL2,5KP10	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan kapur sebanyak 10%
BKL2,5KP15	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan kapur sebanyak 15%
BKL2,5KP5	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan kapur sebanyak 5%
BKL5KP0	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 5% dan kapur sebanyak 0% (tanpa kapur)
BKL5KP10	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 5% dan kapur sebanyak 10%
BKL5KP15	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 5% dan kapur sebanyak 15%
BKL5KP5	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 5% dan kapur sebanyak 5%
BKL7,5KP0	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 7,5% dan kapur sebanyak 0% (tanpa kapur)
BKL7,5KP10	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 7,5% dan kapur sebanyak 10%

BKL7,5KP15	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan kapur sebanyak 5%
BKL7,5KP5	=	beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 7,5% dan kapur sebanyak 5%
BN	=	beton normal
$Ca(OH)_2$	=	kalsium hidroksida
CaO	=	oksida kapur
DOE	=	<i>Department Of Environment</i>
$f'c$	=	kuat tekan beton
$f'cr$	=	kuat tekan rata-rata
Fe_2O_3	=	oksida besi
Mhb	=	modulus halus butir
PC	=	<i>portland cement</i>
Sd	=	standard deviasi
SiO_2	=	oksida silika
SK SNI	=	Standar Konstruksi dan Standar Nasional Indonesia
SSD	=	<i>saturated surface dry</i>

ABSTRAKSI

Beton sebagai salah satu unsur penting dalam konstruksi, dan menjadikannya pilihan utama dikarenakan bahan penyusunnya mudah didapat. Usaha dan penelitian terus dilakukan untuk mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton diantaranya dengan penggunaan suatu bahan tambah. Pada penelitian ini digunakan bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit. Pemakaian bubuk kalsit diharapkan mampu meningkatkan kuat desak beton, disamping itu untuk mendapatkan beton dengan mutu yang baik dan harganya murah.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kapur, bubuk batu kalsit, dan kombinasi keduanya terhadap karakteristik beton segar dan beton keras, dan nilai ekonomis dari penggunaan bahan tambah tersebut. Kapur yang digunakan pada campuran beton sebanyak 5%, 10%, dan 15% dari kebutuhan semen, sedangkan penggunaan bubuk batu kalsit sebanyak 2,5%, 5%, dan 7,5% dari kebutuhan semen. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm, dengan mutu beton yang direncanakan $f'c = 25$ MPa.

Pengujian dilakukan pada saat umur beton 7 dan 28 hari. Hasil dari pengujian beton yang menggunakan bahan tambah akan dibandingkan dengan beton normal (tanpa menggunakan bahan tambah). Dari hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit dapat menurunkan nilai slump yang mempengaruhi *workability*. Penggunaan bahan tambah dapat membuat nilai slump menjadi lebih rendah, sehingga menurunkan *workability*. Penggunaan kapur sebanyak 5% mengurangi kuat desak beton sebesar 6,82%, penggunaan kapur sebanyak 10% mengurangi kuat desak beton sebesar 11,39%, dan penggunaan kapur sebanyak 15% mengurangi kuat desak beton sebesar 11,85%. Penggunaan bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% meningkatkan kuat desak beton sebesar 14,46%, penggunaan bubuk batu kalsit sebanyak 5% meningkatkan kuat desak beton sebesar 11,61%, dan penggunaan bubuk batu kalsit sebanyak 7,5% menurunkan kuat desak beton sebesar 6,04%. Pemakaian kedua bahan tambah (kapur dan bubuk batu kalsit) yang optimal yaitu penggunaan kapur sebanyak 5% dan bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dengan peningkatan kuat desak beton sebesar 11,31%. Dari segi ekonomis, beton yang menggunakan bahan tambah akan lebih mahal dibandingkan beton yang tidak menggunakan bahan tambah.

Kata kunci : kapur, bubuk batu kalsit, *workability*, kuat desak

BAB I

PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri atas latar belakang, permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah.

1.1 Latar Belakang

Bangunan mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat. Sebagian besar dari hidup manusia berada di sekitar atau di dalam bangunan, seperti perumahan, perkantoran, pabrik-pabrik, rumah sakit, dan jembatan. Pengaruh yang demikian luas itu mengakibatkan sektor bangunan memegang peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian Negara.

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Beton merupakan salah satu unsur struktur yang sangat penting. Hampir sebagian besar bangunan menggunakan beton sebagai struktur utama dikarenakan bahannya mudah didapat, mudah dibuat serta harganya murah.

Beton merupakan campuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, kerikil, dengan menambahkan semen dan air. Nilai kekuatan dan daya tahan beton merupakan fungsi dari beberapa faktor, yaitu nilai banding campuran serta mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan *finishing*, temperatur, dan kondisi rawatan pengerasannya. Agregat yang dipergunakan

dalam pembuatan beton harus mempunyai kekuatan dan keuletan yang tinggi untuk mendapatkan mutu beton yang baik.

Upaya mendapatkan sifat dan mutu beton yang lebih baik terus dilakukan, maka disamping diperlukan persyaratan tertentu dari bahan penyusunnya, juga dipikirkan tentang bagaimana cara mengurangi kelemahan-kelemahan beton tersebut. Misalnya dengan memanfaatkan bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit (bahan campur pembuat kaca/gelas) yang dihancurkan, selain membuat variasi pada campuran beton, juga untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas) serta mengurangi retak-retak pengerasan.

Proses hidrasi antara semen dengan air dalam campuran beton akan menghasilkan suatu perekat. Perekat ini akan menentukan kuat desak yang dihasilkan dalam campuran beton. Jenis semen dan kualitas air serta jumlah air yang dipakai dalam campuran beton akan mempengaruhi kuat desak yang dihasilkan. Faktor-faktor lain seperti jenis dan sifat agregat, cara pelaksanaan serta kondisi lingkungan saat pembuatan, mempengaruhi kuat desak beton yang dihasilkan.

Proses hidrasi semen menghasilkan zat-zat perekat dan kalsium hidroksida $[Ca(OH)_2]$ yang sifatnya merugikan. Kalsium hidroksida dapat menyebabkan beton korosi serta mengurangi kekuatan desak beton. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu bahan tambah yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida $[Ca(OH)_2]$ sehingga dapat mengurangi korosi yang terjadi pada beton.

Bahan tambah tersebut akan bereaksi secara kimia pada suhu ruang dengan kalsium hidroksida [$Ca(OH)_2$] yang akan membentuk bahan perekat baru. Bahan tambah ini kemudian dikenal dengan nama pozzolan. Salah satu pozzolan yang bisa digunakan dalam campuran beton adalah batu kalsit.

Pada penelitian ini bubuk batu kalsit juga selain menjadi pozzolan dapat berfungsi sebagai filler. Filler adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi pada pembuatan campuran beton. Filler didefinisikan sebagai fraksi debu yang lolos saringan no 200 (0,075 mm) bisa berupa debu kapur, debu dolomit atau semen portland. Pemberian filler pada campuran beton mengakibatkan berkurangnya kadar pori. Partikel filler menempati rongga diantara partikel-partikel yang lebih besar, sehingga ruang di antara partikel-partikel besar menjadi berkurang. Secara umum penambahan filler ini dimaksudkan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran beton.

Permasalahannya adalah pengaruh pemakaian kapur alam dan bubuk batu kalsit sebagai pengganti sebagian berat semen dengan faktor air semen tetap terhadap kuat desak beton yang dihasilkan terkait dengan umur dan perbandingan jumlah penggunaan bahan tambah tersebut. Penelitian laboratorium akan dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini dapat dikemukakan sebagai berikut ini.

1. Bagaimana pengaruh penambahan kapur alam (5% –15%) dan bubuk batu kalsit (2,5% – 7,5%) terhadap karakteristik beton segar dan beton keras?
2. Apakah beton dengan bahan tambah kapur dan batu kalsit akan lebih murah dibandingkan beton yang tidak menggunakan bahan tambah tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan judul Tugas Akhir dan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. karakteristik beton dengan agregat halus pasir merapi, agregat kasar batu pecah serta bahan tambah kapur alam dan bubuk batu kalsit, dimana karakteristik beton dalam penelitian ini dilihat dari beberapa segi, diantaranya adalah dari segi kuat tekan beton, dari segi kemudahan pekerjaan, dan dari segi ekonomis, dan
2. nilai ekonomis dari penggunaan bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit.

1.4 Manfaat Penelitian

Secara singkat dapat dikatakan beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, adalah menambah :

1. informasi tentang pemanfaatan kapur alam dan batu kalsit sebagai bahan tambah beton,
2. gambaran dan informasi tentang sifat-sifat beton dengan agregat halus pasir kali dan agregat kasar batu pecah serta bahan tambah kapur alam dan bubuk batu kalsit kepada pihak-pihak yang terkait yang melaksanakan pembangunan di daerah Jogjakarta dan sekitarnya, seperti Dinas Pekerjaan Umum, Kontraktor dan Konsultan serta kepada masyarakat yang memakai beton sebagai konstruksi bangunan pada umumnya, dan
3. informasi yang akurat bagi akademisi maupun praktisi, tentang pengaruh dari penambahan kapur alam dan bubuk batu kalsit, sehingga dapat menjadi acuan bagi pembuatan beton selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Untuk melaksanakan penelitian ini diperlukan pembatasan masalah agar penelitian tidak menyimpang dari tujuannya. Adapun batasannya adalah sebagai berikut ini.

1. Benda uji mempunyai kuat tekan rencana ($f'c$) = 25 MPa.
2. Semen yang digunakan adalah semen portland jenis I tipe PC merk Nusantara.

3. Agregat kasar menggunakan batu pecah yang berasal dari kali Clereng.
4. Pasir atau agregat halus berasal dari aktifitas vulkanis Merapi.
5. Bahan tambah yang digunakan adalah kapur alam dan bubuk batu kalsit yang berasal dari daerah Rembang.
6. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP, Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka terdiri dari tinjauan umum, dan literatur yang menunjang penelitian.

2.1 Tinjauan Umum

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

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

2.2 Literatur Yang Menunjang Penelitian

Menurut standar SK SNI T-15-1990-03 (1991), beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat (agregat kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Nawy G Edward (1990) menyatakan bahwa beton merupakan bahan campuran yang tidak homogen, hal ini memungkinkan beton tersebut tidak dapat dengan mudah untuk dibentuk dengan cara menempatkan campuran yang masih basah ke dalam cetakan beton sampai terjadi pengerasan beton. Jika berbagai unsur pembentuk beton tersebut dirancang dengan baik, maka hasilnya adalah bahan yang kuat dan tahan lama.

Popovics (1998) mengatakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi oleh porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler, dan pori udara, semakin besar porositas semakin kecil kuat desak beton yang terjadi, sedangkan menurut Tjokrodimulyo (1992) semakin sedikit pori-pori beton maka kuat tekannya makin tinggi.

Murdock dan Brook (1986) mengemukakan bahwa bubuk batu dapat digunakan untuk menambah karakteristik kohesif dari beton, dan oleh karenanya memperbaiki ketahanan terhadap bleeding.

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

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

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

berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton.

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

BAB III

LANDASAN TEORI

Landasan teori terdiri dari tinjauan umum, material penyusun, ketentuan pembuatan benda uji menurut SK SNI M-14-1989-F, pengendalian pekerjaan beton, perencanaan campuran beton, dan pengadukan beton.

3.1 Tinjauan Umum

Beton didapat dari percampuran bahan aktif dan bahan pasif pada perbandingan tertentu. Bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan bahan pasif adalah pasir dan kerikil atau biasa disebut agregat halus dan agregat kasar. Kelompok yang aktif sebagai perekat dan kelompok yang pasif sebagai bahan pengisi. Campuran kedua bahan di atas bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan yang memiliki kekuatan desak tinggi. Oleh karena itu, beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan.

Teknologi beton tidaklah statis saja namun terus berkembang sejalan dengan perkembangan pembangunan khususnya di bidang konstruksi. Penelitian untuk mendapatkan suatu alternatif baru dalam teknologi beton perlu sekali dilaksanakan. Tujuannya untuk mendapatkan suatu beton dengan kuat desak tinggi menggunakan semen seefisien mungkin. Penambahan bahan pozzolan

merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan kuat desak beton yang baik. Bahan tambah yang dipakai adalah kapur alam dan bubuk batu kalsit.

3.2 Material Penyusun

Material penyusun terdiri dari semen portland, bahan tambah (kapur alam dan batu kalsit), agregat, dan air.

3.2.1 Semen Portland

Menurut PUBI-1982, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dicampur dengan gips sebagai bahan tambahan.

Menurut SK.SNI T-15-1990-03 (1991), semen portland diklasifikasikan dalam lima jenis sebagai berikut ini.

1. Jenis I adalah semen portland yang digunakan untuk umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II adalah semen portland yang digunakan pada saat diperlukannya ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III adalah semen portland yang digunakan pada saat diperlukannya kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Jenis IV adalah semen portland yang digunakan pada saat diperlukannya kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V adalah semen portland yang digunakan pada saat diperlukannya ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen portland terutama terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3), dan oksida besi (Fe_2O_3). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95% dari berat semen dan biasanya disebut “*major oxides*”, sedangkan sisanya sebanyak 5% terdiri dari oksida magnesium (MgO) dan oksida lain. Komposisi spesifik semen portland tergantung pada jenis semen dan komposisi bahan baku yang dipergunakan. Komposisi kimia semen portland mempunyai limitasi seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi limit semen portland

Oksida	Komposisi (%berat)
Kapur [CaO]	60 – 67
Silika [SiO_2]	17 – 25
Alumina [Al_2O_3]	3 – 8
Besi [Fe_2O_3]	0,5 – 6,0
Magnesium [MgO]	0,1 – 5,5
Soda/Potash [$Na_2O + K_2O$]	0,5 – 1,3
TiO_2	0,1 – 0,4
P_2O_5	0,1 – 0,2
SO_3	1 – 3

Keempat oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-senyawa yang biasa disebut :

1. *Trikalsium silikat, $3CaO.SiO_2$ disingkat C_3S .*

Sifat C_3S hampir sama dengan sifat semen, yaitu apabila ditambahkan air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. C_3S menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi ± 500 joule/gram. Kandungan C_3S pada semen portland bervariasi antara 35% - 55% tergantung pada jenis semen portland.

2. *Dikalsium silikat, $2CaO.SiO_2$ disingkat C_2S .*

Sifat C_2S , pada penambahan air segera terjadi reaksi, menyebabkan pasta mengeras perkembangan kekuatannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencapai kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S . Kandungan C_2S pada semen portland bervariasi antara 15% - 35% dan rata-rata 25%.

3. *Trikalsium aluminat, $3CaO.Al_2O_3$ disingkat C_3A .*

Sifat C_3A , dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi yaitu ± 850 joule/gram. Perkembangan kekuatan terjadi pada satu sampai dua hari, tetapi sangat rendah. Kandungan C_3A pada semen portland bervariasi antara 7% - 15%.

4. *Tetra kalsium alumino ferrite, $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ disingkat C_4AF .*

Sifat C_4AF , dengan air bereaksi dengan cepat dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi ± 420 joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh C_4AF . Kandungan C_4AF pada semen portland bervariasi antara 5% - 10% dan rata-rata 8%.

Keterangan mengenai keempat senyawa di atas dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sifat senyawa semen

Senyawa	Laju reaksi	Panas ikatan (tiap satuan)	Nilai ikatan (tiap satuan)	
			Awal	Pada optimum
C_3S	sedang	sedang	baik	baik
C_2S	lambat	kecil	kurang	baik
C_3A	besar	besar	baik	kurang
C_4AF	lambat	lambat	kurang	kurang

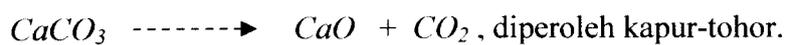
3.2.2 Bahan Tambah (Kapur Alam Dan Batu Kalsit)

Yang dimaksud dengan bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton sebelum, segera atau selama pengadukan beton berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan memperburuk sifat beton.

Dalam penelitian kali ini digunakan dua bahan tambah yaitu berupa kapur dan bubuk batu kalsit (jenis mineral sebagai bahan pembuatan kaca/*glass*) dengan penjelasan sebagai berikut ini.

1. Kapur Alam

Kapur alam adalah salah satu bahan ikat, yang terdiri dari bahan dasar batu kapur, batu karang, dan kerang. Adapun komposisi kandungan mineralnya terdiri dari kalsium karbonat ($CaCO_3$) sebanyak 98% dan sisanya terdiri dari ferro karbonat (Fe_2CO_3) dan magnesium karbonat ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). pembakaran batu kapur ($CaCO_3$) akan menghasilkan kapur-tohor. (Antono, 1978).



Sedangkan pada penelitian ini digunakan kapur alam (kapur yang belum membatu), sehingga tidak memerlukan pembakaran terlebih dahulu.

2. Batu Kalsit

Berdasarkan hasil penelitian pada laboratorium Teknik Geologi UGM tanggal 10 Agustus 1996 diperoleh data/deskripsi mineral secara *megaskopis* bahwa batuan ini mempunyai warna bening (*pink*), cerat berwarna putih, berbentuk kristal dengan belahan 3 arah, pecahan tidak teratur (*uneven*) dan mempunyai kilat seperti kaca dengan kekerasan 3 pada skala *Mohs*. Adapun nama mineralnya adalah batu kalsit dengan rumus kimia $CaCO_3$ (kalsium karbonat). Selain itu batu kalsit ini juga mengandung SiO_2 (silika oksida). Sedangkan kegunaan batu kalsit ini dalam bentuk pualam *aventurin* adalah dipakai untuk perhiasan, proses peleburan, bahan campur pembuat kaca/gelas, bahan campuran semen serta berbagai alat kosmetika.

Verhoef (1985), menggolongkan batu kalsit ($CaCO_3$) berdasarkan cara pembentukannya ke dalam batuan sedimen atau batuan endapan, yang selanjutnya

berdasarkan susunan mineralnya termasuk dalam batuan karbonat. Batu kalsit ini dalam proses waktu yang lama akan bermetamorfosis menjadi batu marmer sebagai akibat adanya perubahan yang dialami oleh batuan tersebut, karena adanya temperatur/suhu (T) dan kondisi tekanan (P) yang lain dari ketika awal pembentukannya.

Deskripsi mineral batu kalsit secara megaskopis dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Deskripsi mineral batu kalsit

Deskripsi Mineral Batu Kalsit	
Warna	Bening (<i>pink</i>)
Kilat	<i>Vitreous</i>
Cerat	Putih
Belahan	3 arah
Pecahan	<i>Uneven</i>
Kekerasan	3
Struktur	Kristalin
Rumus kimia	$CaCO_3$

3.2.3 Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Ini karena agregat menempati kira-kira sebanyak 70% volume mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian

penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain :

- a. ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara tulangan dengan cetakan,
- b. ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat, dan
- c. ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1991-03, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
0	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah I : pasir kasar

Daerah II : pasir agak kasar

Daerah III : pasir agak halus

Daerah IV : pasir halus

Adapun agregat kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Gradasi kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Dalam peraturan ini juga ditetapkan gradasi agregat campurannya, yaitu campuran pasir dan kerikil dengan diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm, masing-masing mempunyai kurva tersendiri. Gradasi campuran yang ideal adalah yang masuk dalam kurva 2 dan 3. Indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada dasarnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 dan 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus :

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan W : persentase berat pasir terhadap berat kerikil.

K : modulus halus butir kerikil.

P : modulus halus butir pasir.

C : modulus halus butir campuran.

3.2.4 Air

Air mempunyai pengaruh yang penting dalam pengikatan campuran serta bersifat mudah dikerjakan (*workability*). Namun demikian pemakaian air tidak boleh berlebihan, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan menyebabkan sambung

yang lemah. Dalam pemakaian air untuk beton, sebaiknya air memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr,
2. tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gr/ltr,
3. tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr, dan
4. tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

(Tjokrodimulyo, 1992)

3.3 Ketentuan Pembuatan Benda Uji menurut SK SNI M-14-1989-F

Ketentuan menurut SNI M-14-1989-F (1989) yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian antara lain :

1. benda uji standar berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dan

Benda uji selain silinder sebagai alternative yang memberikan kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Angka konversi benda uji beton

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1,00
Kubus 150 x 150 mm	0,80
Kubus 200 x 200 mm	0,83

2. hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

3.4 Pengendalian Pekerjaan Beton

Untuk menjaga agar mutu beton di lapangan tetap terjaga, seorang pengawas harus mengawasi pekerjaan dengan teliti. Pelaksanaan pengawasan mutu secara terus menerus selama pembuatan beton perlu dilakukan untuk mengetahui kuat desak rata-rata dan besar variasi kuat desak beton yang dibuat di lapangan secara lebih dini.

Dalam Konsep Tata Cara Perancangan dan Pelaksanaan Konstruksi Beton 1989 (1989), tercantum bahwa pekerjaan beton dapat dinyatakan memenuhi syarat jika kedua persyaratan berikut terpenuhi. Adapun kedua syarat tersebut adalah :

- 1 nilai rata-rata dari hasil semua pasangan hasil uji (yang masing-masing pasangan terdiri dari tiga hasil uji desak) tidak kurang dari $f'c + 0,82 sd$, dan
- 2 tidak satupun dari hasil uji desak (rata-rata dari dua silinder/kubus) kurang dari $0,85 f'c$.

Jika persyaratan pertama tidak terpenuhi, maka harus diambil langkah-langkah untuk meningkatkan kuat desak rata-rata betonnya. Adapun jika persyaratan kedua yang tidak dipenuhi maka harus diambil langkah-langkah untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung struktur terhadap beban yang akan ditahan masih tidak membahayakan.

3.5 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian kali ini kami menggunakan metode “*The British Mix Design Method*” atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department of Environment*). Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut ini.

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari ($f'c$).

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat di lapangan. Kuat beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5% saja dari nilai tersebut.

2. Menetapkan nilai deviasi standar (sd).

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar.

- a. Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tingkat pengendalian pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

- b. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali (lihat Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Faktor pengali deviasi standar

Jumlah data	30,0	25,0	20,0	15,0	< 15
Faktor pengali	1,0	1,03	1,08	1,16	Tidak boleh

3. Menghitung nilai tambah margin (M).

$$M = K \cdot Sd \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

M = nilai tambah, MPa

Sd = standar deviasi, MPa

K = 1,64

Rumus di atas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai M langsung diambil 12 MPa.

- c. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

$$\text{Rumusnya : } f'_{cr} = f'c + M \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata, MPa

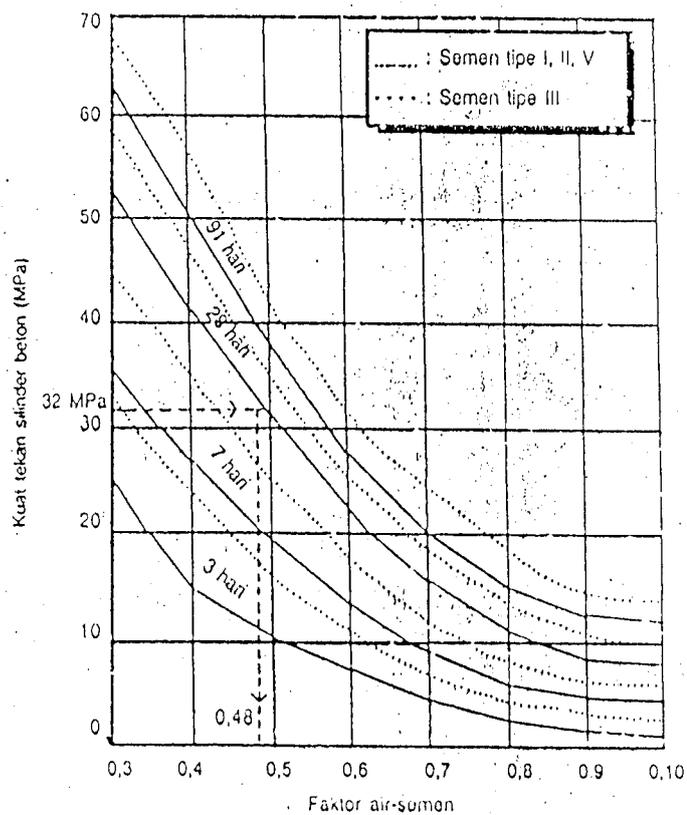
f'_{c} = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

M = nilai tambah, MPa

5. Menetapkan jenis semen.
6. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil).
7. Menetapkan faktor air semen.

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah dari tiga cara dengan penjelasan sebagai berikut ini.

a. Cara pertama



Gambar 3.1 Grafik faktor air semen (Triono, 2001)

Misal, kuat tekan silinder ($f'_{cr} = 32$ MPa) dan pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air semen (Gambar 3.1).

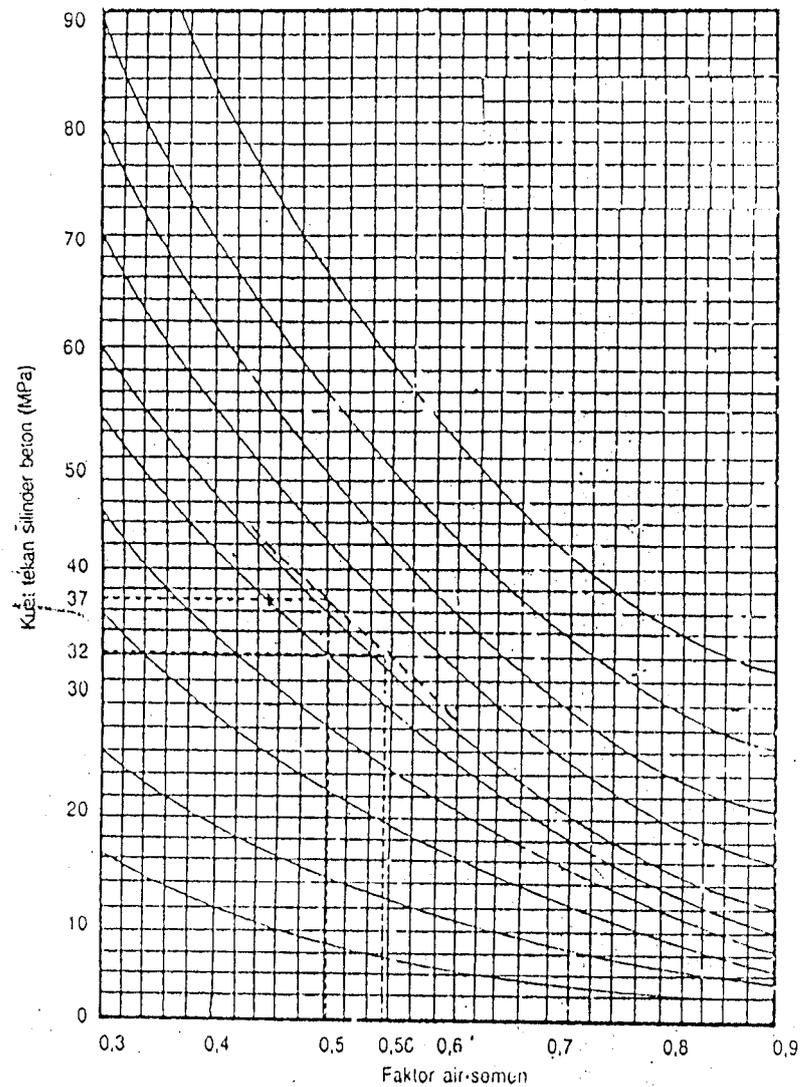
b. Cara kedua

Diketahui jenis semen I, jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan Tabel 3.9 nilai kuat tekan beton.

Tabel 3.9 Nilai kuat tekan beton

Jenis semen	Jenis agregat kasar (kerikil)	Umur beton (hari)			
		3	7	28	91
I,II,III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan = 37 MPa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan $f'_{cr} = 37$ MPa, digunakan Gambar 3.2 yaitu grafik penentuan faktor air semen di bawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.



Gambar 3.2 Grafik mencari faktor air semen (Triono, 2001)

c. Cara ketiga

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembeconan dan lengkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

1. untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,60,
2. untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa *pozzolan* untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 – 1,2 maka FAS yang diperoleh = 0,50, dan
3. untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor faktor air semennya = 0,50.

Dari ketiga cara di atas diambil nilai yang terendah.

8. Menetapkan faktor air semen maksimum.

Cara ini didapat dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semennya yang terbesar.

9. Menetapkan nilai slump.

Nilai slump didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Penetapan nilai slump (cm)

Pemakaian beton	maks	Min
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

10. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).
11. Menetapkan jumlah kebutuhan air.

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan Tabel 3.11 dan dilanjutkan dengan perhitungan.

Tabel 3.11 Kebutuhan air per meter kubik beton

Besarnya ukuran maksimum kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

12. Menetapkan kebutuhan semen.

Berat semen per meter kubik dihitung dengan rumus sebagai berikut ini.

$$C = \frac{W}{fas} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

C = berat semen per meter kubik

W = jumlah air yang dibutuhkan

fas = faktor air semen

13. Menetapkan kebutuhan semen minimum.

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasar Tabel 3.12.

Tabel 3.12 Kebutuhan semen minimum

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen min. Ukuran maks agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe	280	300
Air payau	Tipe + pozolan (15-40%)	340	380
	S.P pozolan tipe II dan V	290	330
Air laut	Tipe II dan V	330	370

14. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai.

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 1 (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

15. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen.

Jika jumlah semen pada langkah l dan m berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

- a. jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum, dan
- b. jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

16. Menentukan golongan pasir.

Golongan pasir ditentukan dengan cara menghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

17. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

18. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil.

- a. Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.
- b. Jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = (P/100) \times B_j \text{ pasir} + (K/100) \times B_j \text{ kerikil} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

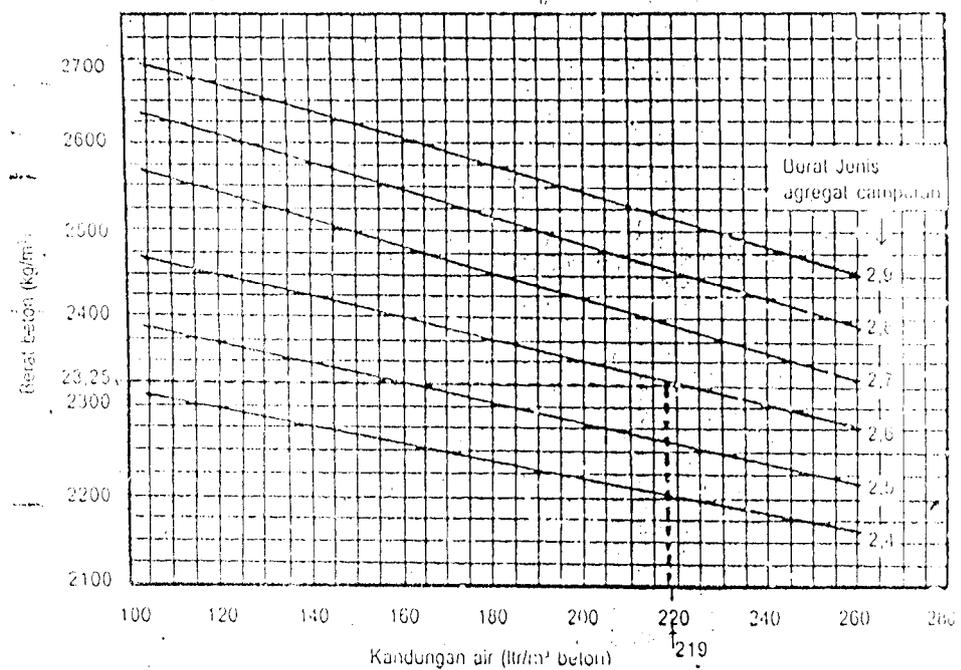
B_j campuran = berat jenis campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

19. Menentukan berat beton.

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan ke dalam grafik beton yang terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik hubungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton (Triono, 2001)

Misalnya, jika berat jenis campuran 2,6

kebutuhan air tiap meter kubik = 219

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis ke atas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis ke kiri dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m³.

20. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil.

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen

21. Menentukan kebutuhan pasir.

Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir

22. Menentukan kebutuhan kerikil.

Kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

3.6 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan cara :

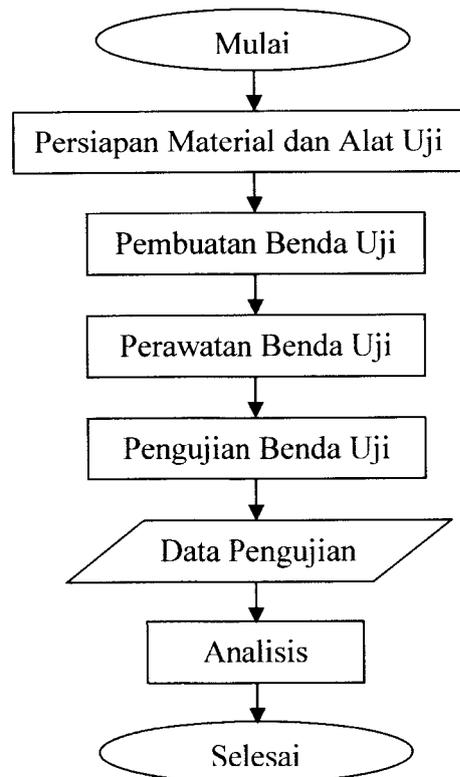
1. tangan, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit dan tidak diinginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin, dan
2. mesin, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,5 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini terdiri dari persiapan material dan alat uji, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian benda uji, dan pengolahan data.

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan cara membuat benda uji di laboratorium, kemudian menguji kuat desaknya dengan variasi umur beton 7 dan 28 hari. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Flowchart* Penelitian

4.1 Persiapan Material dan Alat Uji

Persiapan material dan alat uji terdiri dari bahan-bahan, peralatan, pemeriksaan material yang akan digunakan, dan komposisi campuran (*mix design*).

4.1.1 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen, agregat, air, dan bahan tambah (kapur dan bubuk batu kalsit) yang akan diuraikan berikut ini.

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen portland jenis I (PUBI, 1982) merk Nusantara dalam kemasan berat 50 kg.

2. Agregat

Agregat yang akan digunakan berupa agregat halus yang berasal dari Merapi dan agregat kasar Clereng. Cara-cara mendapatkan agregat kasar dan halus berupa ukuran butiran, berat jenis, berat volume, dan modulus halus butiran adalah sebagai berikut ini.

a. Ukuran butiran agregat kasar dan agregat halus.

Adapun langkah-langkah untuk mendapatkan ukuran butiran adalah :

- 1). persiapkan saringan yang akan dipakai untuk mendapatkan diameter agregat yang diinginkan. Saringan yang akan dipakai yaitu saringan dengan ukuran 40 mm, 20 mm, 10 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm. Ukuran yang dipakai untuk agregat kasar antara 4,8 sampai 20 mm dan untuk agregat halus ≤ 5 mm.

- 2). pengayakan agregat, bisa dilakukan dengan manual atau memakai mesin penggoyang saringan.
 - 3). setelah selesai pengayakan akan didapat agregat yang lolos saringan 4,8 mm sebagai agregat halus dan agregat yang lolos saringan 20 mm dan lolos saringan 4,8 mm serta tertahan saringan 2,4 mm sebagai agregat kasar.
- b. Berat jenis agregat kasar (kerikil).

Untuk mendapatkan berat jenis agregat kasar dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

- 1). Kerikil dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- 2). Kerikil direndam dalam air pada suhu kamar selama 24 jam.
- 3). Kerikil dimasukkan ke dalam keranjang, kemudian dimasukkan ke dalam bak terendam yang terisi air dan diguncang-guncangkan agar udara yang tersekap dapat keluar. Kemudian ditimbang beratnya dalam air dan didapat *B_a*.
- 4). Kerikil dikeluarkan dari air dan lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD). Untuk butiran yang besar pengeringannya dilap satu-persatu.
- 5). Kerikil ditimbang dalam kering permukaan jenuh (*B_J*).
- 6). Kerikil dikeringkan dalam oven antara suhu 100-110° C sampai 24 jam.

- 7). Kerikil dikeluarkan dari oven, didiamkan sampai mencapai suhu ruangan lalu ditimbang sehingga diperoleh berat kering (*BK*).

Rumus berat jenis kerikil :

$$B_j = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan :

B_J = berat kondisi jenuh kering muka, dalam gram

B_a = berat dalam air, dalam gram

- c. Berat jenis agregat halus (pasir).

Untuk mendapatkan berat jenis agregat halus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

- 1). Berat mula-mula pasir ditimbang (*B*).
- 2). Pasir dikeringkan di dalam oven pada suhu 150° C, sampai kering dan didinginkan pada suhu ruang kemudian direndam di dalam air selama 24 jam sampai basah jenuh.
- 3). Air rendaman dibuang dengan hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang.
- 4). Pasir dimasukkan ke dalam loyang seng, kemudian dipanaskan dengan menggunakan kompor hingga kering permukaan jenuh.
- 5). Dicari kering permukaan semu dengan jalan dites memakai kerucut dengan ditumbuk sebanyak 25 kali. Caranya kerucut diisi sepertiga bagian dulu lalu ditumbuk sebanyak 8 kali. Setelah kerucut diisi 2/3 bagian dan ditumbuk lagi 8 kali dan yang terakhir diisi kembali

hingg penuh dan ditumbuk 9 kali, kemudian kerucut diangkat dengan hati-hati, kalau pasir masih berbentuk seperti kerucut berarti pasir belum mencapai kering permukaan jenuh.

- 6). Kalau sudah mencapai keadaan SSD pasir ditimbang dan dimasukkan ke dalam picnometer yang sudah diketahui beratnya, kemudian diisi lagi dengan air suling sebanyak 90% dari kapasitas picnometer.
- 7). Picnometer yang sudah berisi pasir dan air suling diletakkan di atas kompor yang sudah dinyalakan, kemudian direbus untuk menghilangkan gelembung udara yang berada di dalam pasir atau dapat digunakan pipa hampa udara untuk mempercepat proses tersebut tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap.
- 8). Setelah mendidih didiamkan sampai mencapai suhu ruang, kemudian ditambah air suling sebanyak yang diperlukan (sampai batas maksimum) lalu ditimbang. Perhitungkan suhu standar 25°C .
- 9). Ditambah dengan air sampai tanda batas, dan timbang picnometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (*Bt*).
- 10). Pasir dikeluarkan, dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan dan uji dalam desikator.

- 11). Setelah dingin pasir ditimbang (B_J). Ditentukan berat picnometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B_p).

Rumus berat jenis pasir :

$$B_j = \frac{B_J}{B_p + B - B_t} \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan : B_J = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram
 B_p = berat picnometer berisi air, dalam gram
 B = berat mula-mula benda uji, dalam gram
 B_t = berat picnometer berisi benda uji dan air, dalam gram

d. Berat volume.

Untuk mendapatkan berat volume dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

- 1). Memakai tabung yang telah diketahui ukurannya (V).
- 2). Agregat dimasukkan ke dalam tabung hingga penuh dan merata terhadap permukaan silinder.
- 3). Timbang agregat tersebut (W).

Rumus berat volume agregat :

$$B_v = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan :

W = berat agregat, dalam gram

V = volume tabung, dalam cm^3

e. Modulus halus butir (mhb).

Untuk mendapatkan nilai modulus halus butir dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ini.

- 1). Agregat ditimbang beratnya.
- 2). Agregat disaring dengan ayakan ukuran 38 ; 19 ; 9,6 ; 4,8 ; 2,4 ; 1,2 ; 0,6 ; 0,3 ; 0,15 ; dan sisa.
- 3). Berat agregat yang tertahan di tiap ayakan dicari prosentasenya (B).
- 4). Dicari prosentase kumulatif agregat pada ayakan (B_{kum}).

Rumus modulus halus butir :

$$mhb = \frac{B_{kum}}{B} \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan :

B_{kum} = berat kumulatif agregat, dalam gram

B = berat agregat yang tertahan ayakan, dalam gram

3. Bahan tambah

Bahan tambah yang digunakan adalah kapur dan bubuk batu kalsit.

4. Air

Air diambil dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.1.2 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. mesin aduk beton (mollen),
2. mesin desak,
3. sekop besar,
4. kaliper,
5. penggaris,
6. tongkat penumbuk,
7. gelas ukur,
8. ember,
9. kerucut Abrams,
10. timbangan,
11. ayakan,
12. cetok,
13. palu karet,
14. cetakan silinder, dan
15. seperangkat alat kunci.

4.1.3 Pemeriksaan Material Yang Akan Digunakan

Pemeriksaan agregat dalam penelitian ini mencakup pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan berat volume, pemeriksaan berat jenis, dan analisis saringan.

1. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tujuan pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk mengetahui kadar lumpur yang dikandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Pada agregat ini kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 5 %.

2. Pemeriksaan Berat Volume

Pemeriksaan ini untuk mengetahui berat volume dalam kondisi “ssd” (*saturated surface dry*),

3. Pemeriksaan Berat Jenis

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat yang akan digunakan,

4. Analisa Saringan Dan Modulus Halus Butiran

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari analisis saringan yang dilakukan diperoleh modulus halus butiran agregat halus.

4.1.4 Komposisi Campuran (*mix design*)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran ini menggunakan metode DOE (*Department of Environment*), hitungan metode DOE dapat dilihat pada Lampiran D, adapun hasil perhitungan komposisi campuran tertera pada Tabel 4.1.

Tabel.4.1 komposisi Campuran beton untuk 1 m³ dengan kuat tekan 25 MPa

Semen	Air	Pasir	Kerikil
469 kg	225 liter	718 kg	913 kg

Variasi campuran bahan tambah dikelompokkan menjadi beberapa bagian, untuk memudahkan peneliti melakukan identifikasi pengelompokan tersebut yaitu:

1. BN = Beton normal
2. BKL2,5KP0 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 2,5% dan kapur 0%.
3. BKL5KP0 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 5,0% dan kapur 0%.
4. BKL7,5KP0 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 7,5% dan kapur 0%.
5. BKL0KP5 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 0% dan kapur 5%.
6. BKL0KP10 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 0% dan kapur 10%.
7. BKL0KP15 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 0% dan kapur 15%.
8. BKL2,5KP5 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 2,5% dan kapur 5%.
9. BKL5,0KP5 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 5,0% dan kapur 5%.

10. BKL7,5KP5 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 7,5% dan kapur 5%.
11. BKL2,5KP10 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 2,5% dan kapur 10%.
12. BKL5,0KP10 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 5,0% dan kapur 10%.
13. BKL7,5KP10 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 7,5% dan kapur 10%.
14. BKL2,5KP15 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 2,5% dan kapur 15%.
15. BKL5,0KP15 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 5,0% dan kapur 15%.
16. BKL7,5KP15 = Beton dengan kandungan bubuk batu kalsit 7,5% dan kapur 15%.

Adapun kebutuhan bahan tambah diambil berdasarkan persentase dari berat semen, sedangkan variasi bahan pada benda uji terdiri dari 6 macam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Variasi bahan tambah pada benda uji untuk 1 m³ beton

Variasi	Semen (kg)	Batu kalsit (kg)	Kapur alam (kg)	fas
BN	469	-	-	0,48
BKL2,5KP0	457,28	11,725	-	0,48
BKL5,0KP0	445,55	23,45	-	0,48
BKL7,5KP0	433,83	35,175	-	0,48
BKL0KP5,0	445,55	-	23,45	0,48
BKL0KP10	422,10	-	46,9	0,48
BKL0KP15	398,65	-	70,35	0,48
BKL2,5KP5	433,83	11,725	23,45	0,48
BKL5,0KP5	422,10	23,45	23,45	0,48
BKL7,5KP5	410,38	35,175	23,45	0,48
BKL2,5KP10	410,38	11,725	46,9	0,48
BKL5,0KP10	398,65	23,45	46,9	0,48
BKL7,5KP10	386,93	35,175	46,9	0,48
BKL2,5KP15	386,93	11,725	70,35	0,48
BKL5,0KP15	375,20	23,45	70,35	0,48
BKL7,5KP15	363,48	35,175	70,35	0,48

4.2 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji meliputi langkah-langkah pembuatan benda uji dan pengadukan.

4.2.1 Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji

Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. mempersiapkan bahan dan alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji,

2. menimbang bahan yang dibutuhkan,
3. mencampur bahan-bahan yang sudah ditimbang kedalam molen, kemudian diaduk sampai merata dengan permukaan mengkilap,
4. mengukur nilai slump dari adukan tersebut,
5. memasukan adukan beton ke dalam cetakan silinder setelah slump yang didapat sesuai dengan rencana. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing $\frac{1}{3}$ dari tinggi cetakan. Setiap tahap ditusuk-tusuk dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) sebanyak 25 kali sebagai pemadatan adukan,
6. meratakan permukaannya setelah pemadatan selesai, dan
7. meletakkan cetakan di tempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam.

4.2.2 Pengadukan

Setelah semua material (semen, pasir ,batu pecah dan bahan tambah) dimasukan ke dalam molen, kemudian alat tersebut dihidupkan. Pengadukan dilakukan selama ± 3 menit (tanpa air), kemudian mesin dimatikan, dan selanjutnya air yang telah diukur dimasukan ke dalam adukan/molen. Kemudian mesin dihidupkan lagi selama ± 4 menit, hingga diperoleh campuran yang benar-benar homogen. Perlu diingat bahwa selama pengadukan berlangsung alat pengaduk tersebut ditutup dengan maksud untuk menghindari penguapan dan tumpahnya campuran beton. Setelah proses pengadukan selesai, tutup alat



pengaduk dilepas, kemudian beton segar dituangkan ke atas talam baja yang telah disiapkan. Cara pengadukan ini dilakukan terhadap semua benda uji, dengan maksud memperoleh keseragaman yang sama.

4.3 Perawatan Benda Uji

Untuk menjaga penurunan kekuatan yang terjadi pada benda uji dilakukan perawatan dengan langkah-langkah :

1. menjaga benda uji dari penguapan, sebagai antisipasi agar tidak terhentinya proses hidrasi,
2. menyimpan benda uji di tempat yang datar (rata) dan tidak bergetar, serta terhindar dari berhubungan langsung dengan air,
3. mengeluarkan benda uji setelah 24 jam dari cetakan, kemudian dituliskan kode dan tanggal pembuatan benda uji tersebut. Lalu direndam dalam air selama waktu yang telah ditentukan untuk pengujian, dan
4. membersihkan kotoran yang terdapat pada benda uji sebelum pengujian dilakukan.

4.4 Pengujian Benda Uji

Pengujian kuat desak dilakukan sesuai dengan jadwal (terlampir). Untuk tahap pengujian melalui langkah-langkah :

1. mengambil benda uji dari bak perendaman 24 jam sebelum dilakukan pengujian,

2. membersihkan kotoran yang menempel dengan kain,
3. menimbang berat dari benda uji,
4. mengukur dimensi dari benda uji,
5. meletakkan benda uji pada mesin desak secara sentries, dan
6. memberikan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catat hasil maksimum.

4.5 Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sample uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan/korelasi antar satu pengujian dengan pengujian lainnya. Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya akan menghasilkan pengaruh penggunaan kapur alam dan batu kalsit sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pemeriksaan agregat, kelecakan (*workability*) beton segar, hasil pengujian kuat desak beton, dan analisis biaya material, serta pembahasannya.

5.1 Pemeriksaan Agregat

Menurut Landgren (1994), berat jenis agregat dan berat volume agregat merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton.

Dari hasil pemeriksaan berat jenis agregat didapat berat jenis agregat halus (pasir) $2,5991 \text{ t/m}^3$, sedangkan berat jenis agregat kasar (kerikil) $2,582 \text{ t/m}^3$. Dengan demikian agregat tersebut termasuk jenis agregat normal yaitu agregat yang mempunyai berat jenis antara $2,5 \text{ t/m}^3 - 2,7 \text{ t/m}^3$. Dari berat jenis tersebut, dapat dihasilkan kuat desak beton antara $15 \text{ MPa} - 40 \text{ MPa}$ (SK. SNI. T - 15 - 1990 : 1). Pada pemeriksaan berat volume didapat berat volume agregat halus (pasir) $1,56 \text{ t/m}^3$, sedangkan berat volume agregat kasar (kerikil) $1,51423 \text{ t/m}^3$.

Gradasi agregat ialah distribusi dari ukuran agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan besar. Bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit (Mulyono, 2004).

Menurut peraturan di Inggris (*British Standard*) yang juga dipakai di Indonesia saat ini (SK-SNI-T-15-1990-03) kekasaran pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, agak kasar, agak halus, dan halus.

Dari hasil analisa agregat halus (pasir) tersebut, apabila dibandingkan dengan gradasi pasir menurut *British Standard*, maka agregat halus (pasir) tersebut termasuk dalam zona/daerah II (pasir agak kasar), dengan nilai modulus halus butir (*fineness modulus*) 2,6.

Menurut PBI (1971) bab 3 pasal (3).3 disebutkan bahwa agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering) yang dapat diartikan bahwa lumpur adalah bagian pasir yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci. Adapun kandungan lumpur pada pasir yang digunakan sebesar 1,1%, maka pasir tersebut termasuk golongan pasir normal dan layak untuk digunakan.

Untuk data-data pemeriksaan agregat dapat dilihat pada Lampiran C.

5.2 Kelecekan (*Workability*) Beton Segar

Kelecekan campuran beton ditunjukkan oleh besarnya nilai slump (Triono, 2001). Adapun nilai slump yang diperoleh dari campuran-campuran beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Nilai slump pada pembuatan benda uji

Kode benda uji	Nilai Slump (mm)
BN	110
BKL2,5KP0	100
BKL5KP0	100
BKL7,5KP0	95
BKL0KP5	95
BKL0KP10	90
BKL0KP15	85
BKL2,5KP5	95
BKL5KP5	90
BKL7,5KP5	92
BKL2,5KP10	90
BKL5KP10	85
BKL7,5KP10	85
BKL2,5KP15	90
BKL5KP15	85
BKL7,5KP15	80

Pada tabel diatas terlihat bahwa, penggunaan bahan tambah dapat mempengaruhi nilai slump. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa sifat bahan tambah yang mampu menyerap air.

Sifat adukan pada proses pengadukan beton terdapat perbedaan antara proses pembuatan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah (kapur dan bubuk batu kalsit). Pada beton yang menggunakan bahan tambah (kapur dan bubuk batu kalsit) terjadi tingkat penyerapan air yang tinggi sehingga menyebabkan kurangnya kebutuhan air dari yang direncanakan yang menjadikan nilai slump rendah. Hal tersebut disebabkan oleh sifat kapur ($CaCO_3$) yang melarutkan air (Syarat-Syarat Untuk Kapur Bahan Bangunan, 1979).

Nilai slump yang rendah menyebabkan campuran beton menjadi lebih kental. Hal tersebut dipengaruhi oleh kadar semen, jenis atau tipe semen, bentuk butiran, kadar agregat halus, kadar air dan bahan tambah yang dipakai (Sagel dkk, 1993). Kelecekan campuran beton berhubungan dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*) beton, karena makin encer campuran beton makin mudah pengerjaannya, begitupun sebaliknya, makin kental campuran beton makin sulit pengerjaannya. Pada prinsipnya untuk mendapatkan campuran beton yang baik dengan kuat desak yang tinggi harus diusahakan suatu campuran dengan air seminimal mungkin. Kebanyakan air pada pembuatan beton akan menghasilkan beton dengan kualitas jelek, hal demikian akan menyebabkan terbentuknya ruang kosong dalam beton. Pertambahan air tidak lain hanya mempertinggi *workability* tetapi kualitas beton akan berkurang (Kusuma dkk, 1993).

5.3. Kuat Desak Beton

Pengujian kuat desak terhadap benda uji berupa silinder beton dilakukan setelah umur beton mencapai 7 dan 28 hari. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Lampiran E.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat desak beton rata-rata

Kode Benda Uji	Variasi Bahan Tambah (%)		Kuat Desak Beton Rata-rata (MPa)		Persentase kuat desak terhadap beton normal (%)	
	Kalsit	Kapur	7 Hari	28 Hari	7 Hari	28 Hari
BN	-	-	23,43	33,26	-	-
BKL2,5KP0	2,5	-	26,72	38,07	+12,31	+14,46
BKL5KP0	5	-	24,97	37,12	+6,17	+11,61
BKL7,5KP0	7,5	-	21,59	31,25	-7,85	-6,04
BKL0KP5	-	5	19,76	30,99	-15,6	-6,82
BKL0KP10	-	10	19,52	29,47	-16,7	-11,39
BKL0KP15	-	15	19,39	29,32	-17,24	-11,85
BKL2,5KP5	2,5	5	25,85	37,02	+9,36	+11,31
BKL5KP5	5	5	24,48	35,42	+0,96	+6,49
BKL7,5KP5	7,5	5	19,85	28,81	-15,28	-13,38
BKL2,5KP10	2,5	10	20,85	31,42	-11,01	-5,53
BKL5KP10	5	10	19,16	24,99	-18,22	-24,86
BKL7,5KP10	7,5	10	16,53	22,64	-29,5	-31,93
BKL2,5KP15	2,5	15	16,17	24,86	-30,98	-25,26
BKL5KP15	5	15	15,21	24,32	-35,08	-26,88
BKL7,5KP15	7,5	15	13,06	20,81	-44,25	-37,43

Pada penelitian ini terdapat empat kelompok benda uji yang terdiri dari beton normal, beton dengan menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit tanpa kapur, beton dengan bahan tambah kapur tanpa bubuk batu kalsit dan campuran beton yang menggunakan kedua bahan tambah tersebut (bubuk batu kalsit dan kapur). Adapun maksud dari pembuatan beton normal yaitu sebagai pembanding dengan beton yang menggunakan bahan tambah.

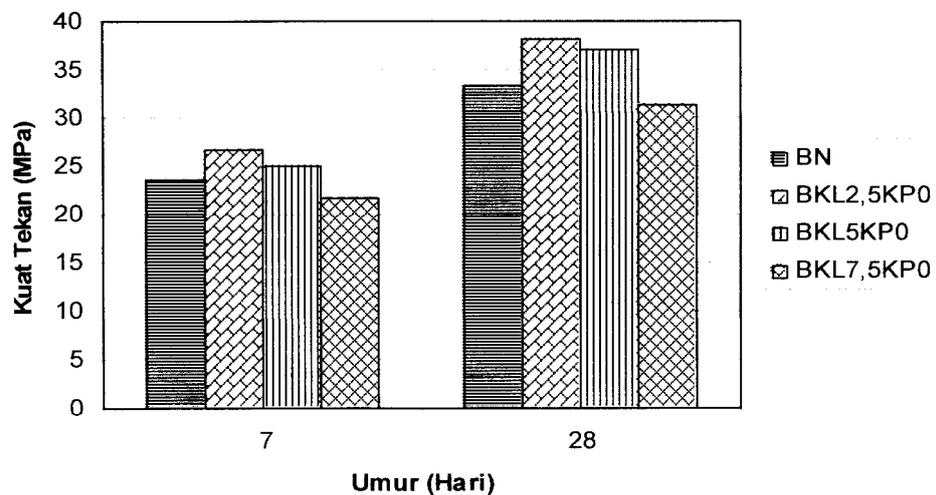
5.3.1 Pengaruh Batu Kalsit Terhadap Kuat Desak Beton

Penambahan bubuk batu kalsit mempunyai pengaruh terhadap kuat desak beton, hal itu dapat dilihat dari perbandingan kuat desak antara beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit.

Perbandingan antara beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit dapat dilihat pada Gambar 5.1. Pada gambar tersebut dapat dilihat peningkatan kekuatan dari tiga variasi yaitu 2,5%, 5%, dan 7,5% pada umur beton 7 dan 28 hari. Pada umur 7 hari peningkatan kekuatan tertinggi terjadi pada saat penggunaan bahan tambah 2,5% dengan peningkatan kekuatan sebesar 12,31% dari beton normal, dan kekuatan terendah terjadi pada saat penggunaan bahan tambah 7,5% terjadi penurunan kekuatan sebesar 7,85%. Sedangkan pada umur beton 28 hari, peningkatan kekuatan tertinggi terjadi pada saat penggunaan bahan tambah 2,5% , dengan peningkatan kekuatan sebesar 14,46% dan kekuatan terendah terjadi pada saat penggunaan bahan tambah 7,5% dengan penurunan kekuatan sebesar 6,04% dari beton normal.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Romi Maringka dan Maman Supratman (2002) yang menggunakan variasi penambahan batu kalsit sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20% dengan $f'c$ rencana sebesar 42 MPa. Dari hasil pengujian kuat desak beton yang paling baik diperoleh pada persentase batu kalsit 5% yaitu sebesar 51,8871 MPa pada umur beton 28 hari atau peningkatan kekuatan sebesar 10,101 % dari beton normal, sedangkan pada penelitian ini $f'c$ rencana 25 MPa pada penggunaan bahan tambah bubuk batu kalsit sebesar 5% kuat desak beton yang terjadi sebesar 37,12 MPa pada umur beton 28 hari atau peningkatan kekuatan sebesar 11,61% dari beton normal .

Dari perbandingan di atas peningkatan kuat desak beton dengan $f'c$ 42 MPa maupun $f'c$ 25 MPa menunjukkan persentase peningkatan kekuatan yang relatif sama.



Gambar 5.1 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah batu kalsit

Dari penjelasan di atas, dapat dilihat pengaruh penambahan bahan tambah kalsit yang mengandung SiO_2 terhadap peningkatan kuat desak beton. Pada penambahan bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan 5% menunjukkan peningkatan kuat desak beton. adapun yang mempengaruhi peningkatan kekuatan tersebut menurut Ilham dkk. (2003) kandungan silika (SiO_2) yang mempunyai kemampuan untuk bereaksi dengan kalsium hidroksida pada saat berlangsungnya proses hidrasi semen yang akan membentuk kalsium silika hidrat (CSH). Dengan demikian SiO_2 mengurangi jumlah kalsium hidroksida yang merupakan zat sisa hasil reaksi yang dapat menyebabkan menurunnya kekuatan beton. Peningkatan kuat desak beton terjadi pada beton dengan campuran kalsit 2,5% - 5% dan kuat desaknya menurun pada penambahan kalsit 7,5%, hal ini diduga karena silika (SiO_2) bersifat kurang aktif sehingga hanya berfungsi sebagai *filler*.

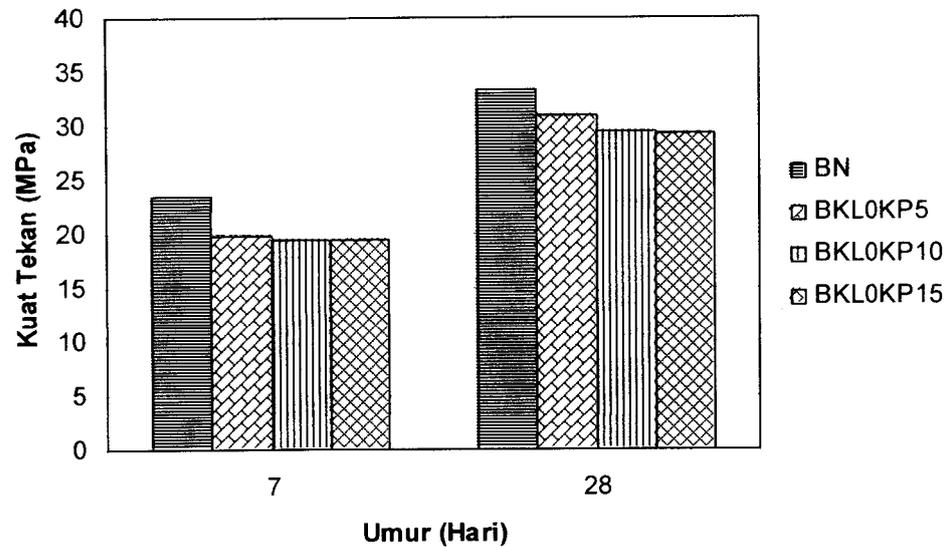
Mekanisme terjadinya pengaruh batu kalsit sebagai *filler* terhadap kuat desak beton adalah terisinya pori-pori yang sebelumnya terisi air yang terperangkap oleh gel yang dihasilkan dari reaksi kapur bebas + batu kalsit. Pada beton tanpa batu kalsit, daerah transisi (*transition zone*) berisi air yang terjebak diantara partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous (Mahmud dkk, 1997). Keadaan porous ini menyebabkan kekuatan beton relatif rendah. Bila dilihat dari hasil penelitian pada gambar 5.1, maka semakin tinggi kadar batu kalsit semakin menurun kekuatan desaknya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton yang memakai variasi batu kalsit mengalami peningkatan kekuatan pada variasi 2,5% namun akan menurun pada variasi > 2,5%, hal ini terjadi karena kemungkinan jumlah semen sebagai bahan

ikat menjadi berkurang sehingga ikatan dengan agregat (pada daerah transisi) menjadi lemah yang mengakibatkan turunnya kuat desak beton.

5.3.2 Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Desak Beton

Penambahan kapur mempunyai pengaruh terhadap kuat desak beton, hal itu dapat dilihat dari perbandingan kuat desak antara beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kapur.

Perbandingan antara beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kapur dapat dilihat pada Gambar 5.2. Pada gambar tersebut terlihat penurunan dari tiga variasi 5%, 10%, dan 15% pada umur 7 dan 28 hari. Pada umur 7 hari penurunan kekuatan terkecil terjadi pada bahan tambah 5% dengan penurunan kekuatan sebesar 15,6% dan penurunan terbesar terjadi pada bahan tambah 15% dengan penurunan kekuatan sebesar 17,24%,. Sedangkan pada umur 28 hari penurunan kekuatan terkecil terjadi pada bahan tambah 5% dengan penurunan kekuatan sebesar 6,82% dan penurunan terbesar terjadi pada bahan tambah 15% dengan penurunan kekuatan sebesar 11,85%.



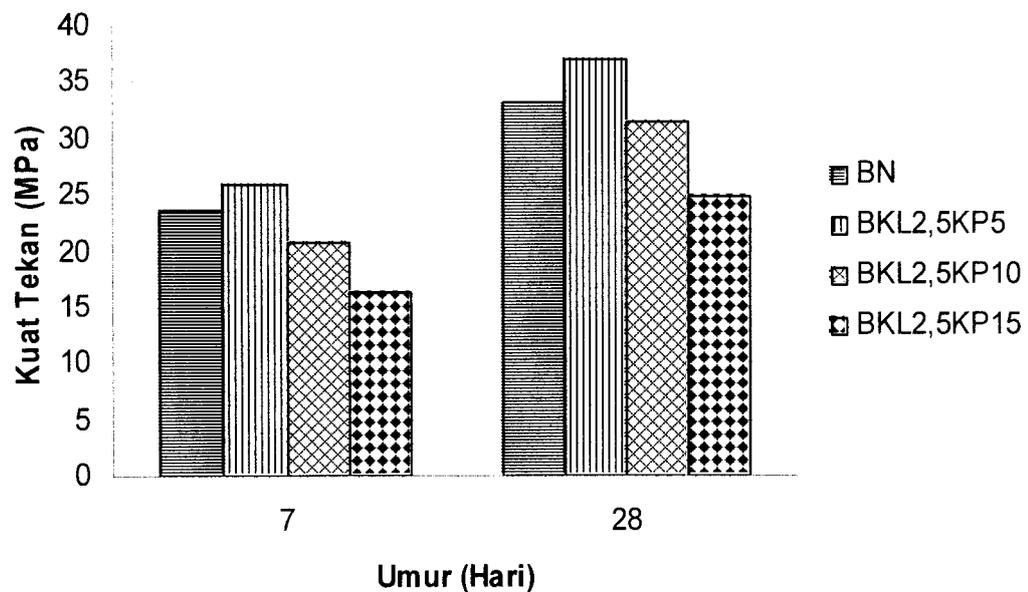
Gambar 5.2 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kapur alam

Menurut Antono (1978) kapur mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) sebanyak 98 % dan sisanya terdiri dari ferro karbonat ($Fe_2.CO_3$) dan magnesium karbonat ($Ca.CO_3.Mg.CO_3$). Di sisi lain pada proses hidrasi semen menghasilkan zat-zat perekat berupa kalsium silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida [$Ca(OH_2)$] yang sifatnya merugikan, dengan ditambahnya bahan tambah kapur menyebabkan kandungan kalsiumnya bertambah, yang mana menurut Smith dan Andres (1978) kalsium hidroksida dapat menyebabkan beton korosi serta mengurangi kekuatan desak beton.

Dari penjelasan di atas dapat diketahui bahwa bahan tambah yang dapat meningkatkan kekuatan beton adalah bubuk batu kalsit, sedangkan kapur menurunkan kekuatan beton.

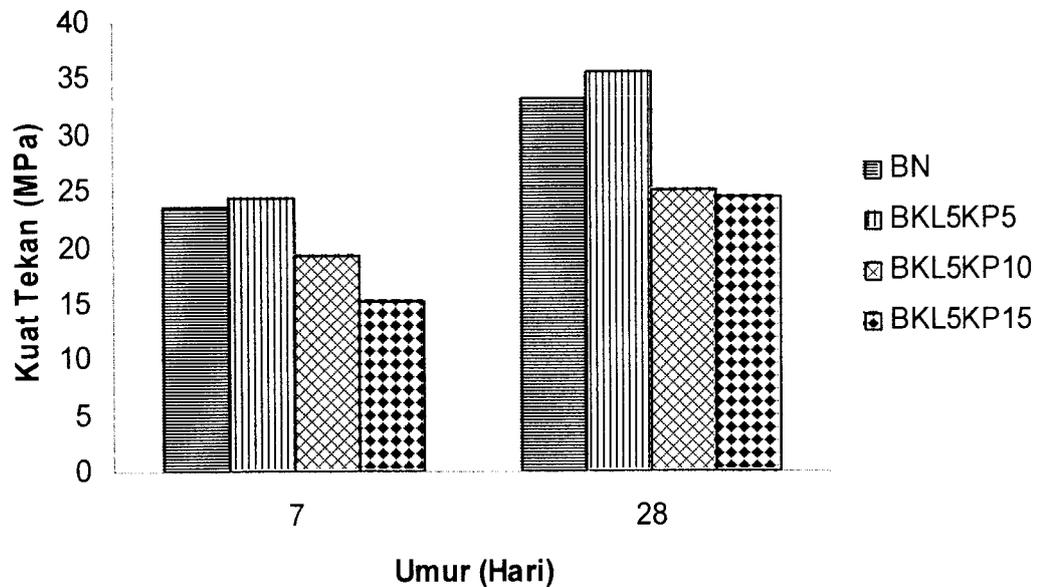
5.3.3 Pengaruh Kombinasi Bahan Tambah Batu Kalsit Dan Kapur Terhadap Kuat Desak Beton

Untuk kombinasi pemakaian bahan tambah (bubuk batu kalsit dan kapur) yang menunjukkan peningkatan kuat desak beton terjadi pada benda uji BKL2,5KP5 dan BKL5KP5 yang terlihat pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kalsit 2,5% dan kapur 5%, 10%, 15%

Dari Gambar 5.3 terlihat bahwa peningkatan kuat desak beton terhadap beton normal terjadi pada BKL2,5KP5, tetapi setelah ditambahkan kapur maka kuat desaknya akan semakin kecil dari beton normal.



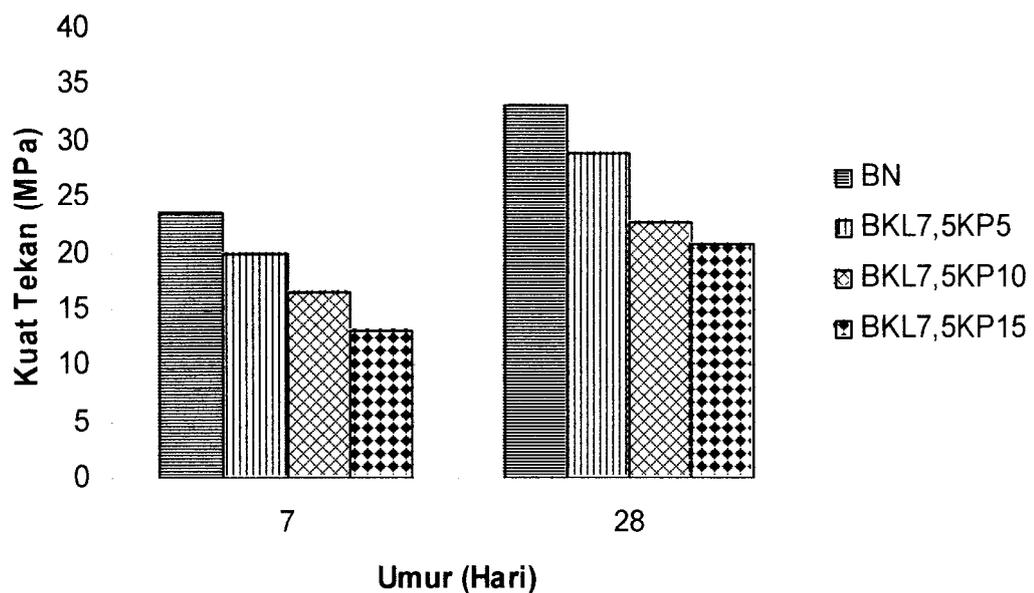
Gambar 5.4 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kalsit 5% dan kapur 5%, 10%, 15%

Dari Gambar 5.4 terlihat bahwa peningkatan kuat desak beton terhadap beton normal terjadi pada BKL5KP5, tetapi setelah ditambahkan kapur maka kuat desaknya akan semakin kecil dari beton normal.

Pada BKL2,5KP5 terjadi peningkatan kekuatan sebesar 9,36% pada umur beton 7 hari, dan 11,31% pada umur beton 28 hari terhadap beton normal, sedangkan pada BKL5KP5 terjadi peningkatan kekuatan sebesar 0,96% pada umur beton 7 hari dan 6,49% pada umur beton 28 hari. Seperti yang diketahui dari hasil pengujian, penggunaan kapur akan menyebabkan turunnya kuat desak beton, tetapi dengan ditambahkan bubuk batu kalsit sebanyak 2,5% dan 5% kuat desak beton akan bertambah. Hal ini disebabkan oleh pengaruh bubuk batu kalsit

yang berfungsi sebagai *filler* dan mungkin pengaruh kandungan silika (SiO_2) sebesar 0,01% yang bereaksi dengan kapur.

Untuk pemakaian kombinasi bahan tambah selain BKL2,5KP5 dan BKL5KP5, tingkat kekuatan beton berada di bawah beton normal seperti yang terlihat pada Gambar 5.3 sampai dengan Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah kalsit 7,5% dan kapur 5%, 10%, 15%

Dari Gambar 5.5 terlihat bahwa beton yang menggunakan bahan tambah batu kalsit dan kapur mempunyai kuat desak yang lebih kecil dibandingkan dengan beton normal.

Secara umum dari hasil penelitian, kuat desak beton yang maksimal didapat pada variasi bahan tambah batu kalsit sebesar 2,5% dengan

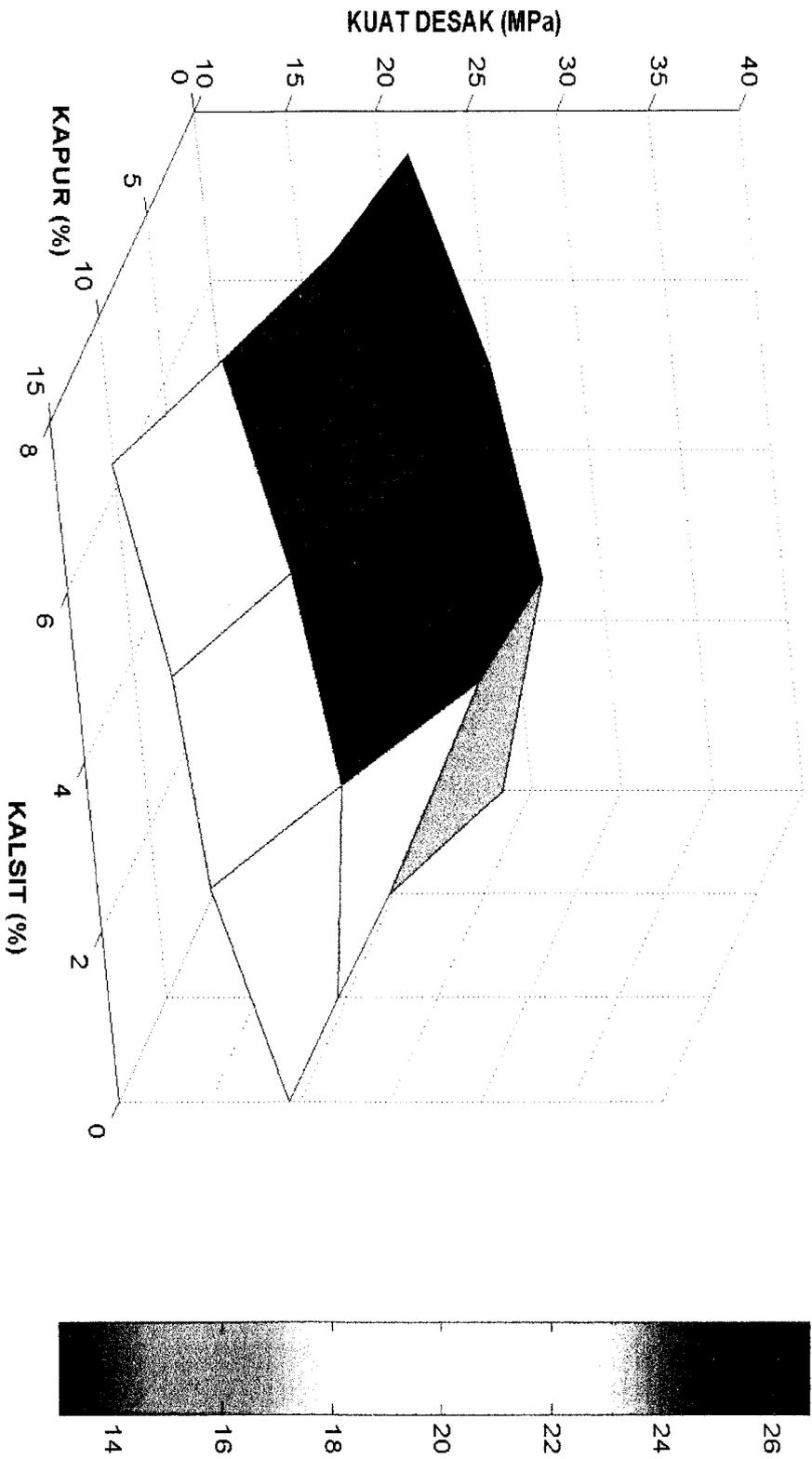
kapur 0%, sedangkan penurunan kuat desak beton yang terkecil didapat pada variasi bahan tambah kapur sebesar 5%. Sesuai dengan rencana awal pada penelitian ini, yaitu dengan menggunakan dua jenis bahan tambah, maka kekuatan maksimal didapat pada variasi bahan tambah batu kalsit 2,5% dan kapur 5%.

Secara keseluruhan hasil kuat desak beton pada umur 7 dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.

Dari gambar 5.6 dan 5.7 terlihat bahwa dengan bertambahnya kapur maka kuat desak beton akan semakin berkurang, sedangkan penambahan batu kalsit sampai sebanyak 5% akan meningkatkan kuat desak beton, tetapi pada penambahan batu kalsit $> 5\%$ maka kuat desak beton akan berkurang.

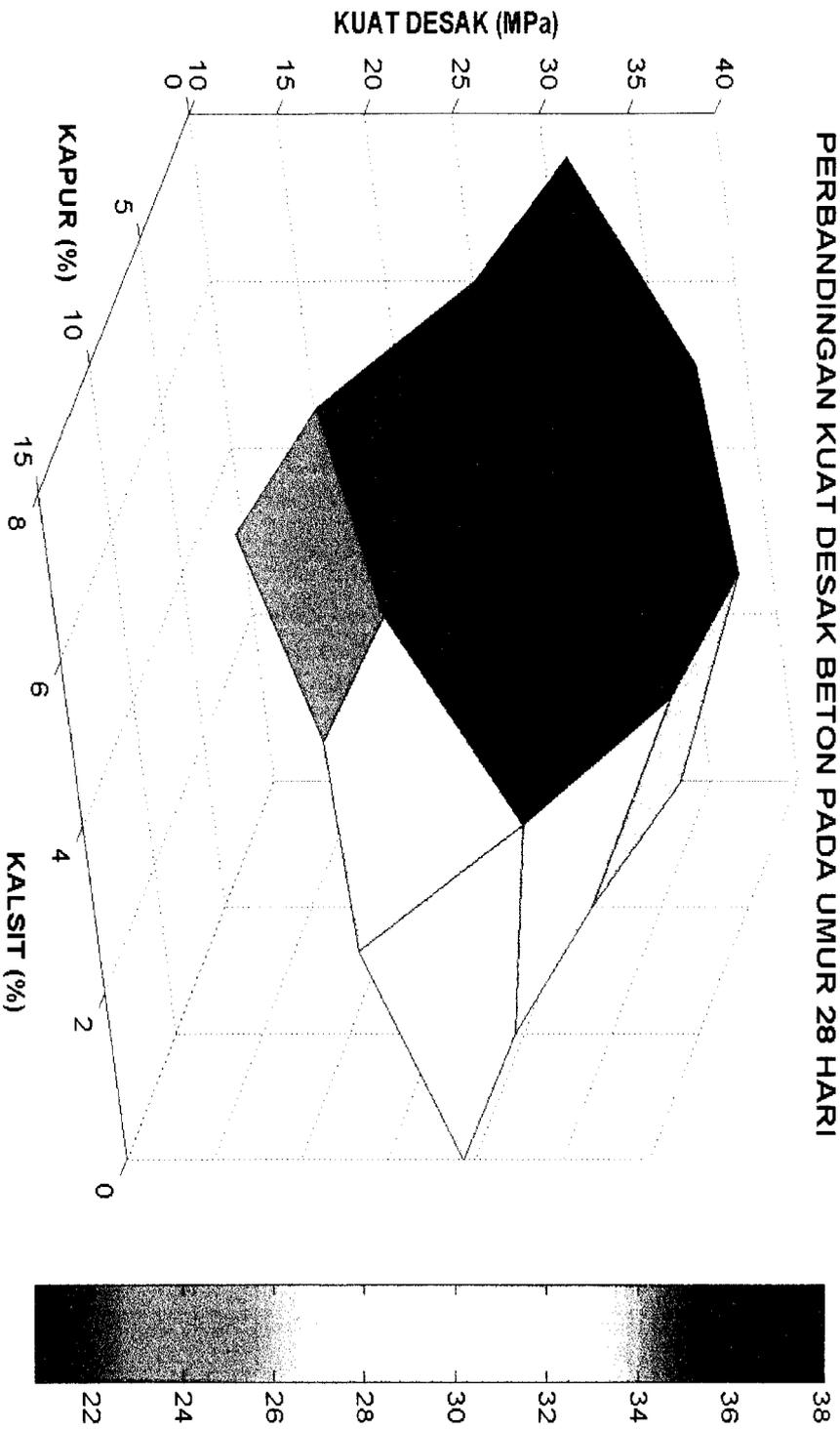
Dari pengamatan secara visual setelah benda uji itu hancur/retak, terlihat bahwa pada umur 7 hari, hancurnya benda uji terjadi pada bagian pasta semennya. Hal ini disebabkan karena benda uji masih relatif muda dan proses hidrasi masih berlangsung, sedangkan pada umur 28 hari, hancurnya benda uji sebagian besar membelah agregat kasar (split) dan sebagian kecil pada pasta semennya. Hal ini disebabkan karena proses hidrasi sudah mendekati optimum yang menyebabkan agregat lebih kuat, atau butir-butir halus batu kalsit mampu menempatkan diri pada rongga-rongga halus di antara daerah transisi permukaan agregat.

PERBANDINGAN KUAT DESAK BETON PADA UMUR 7 HARI



Gambar 5.6 Grafik Kuat Desak Beton Pada Umur 7 Hari

PERBANDINGAN KUAT DESAK BETON PADA UMUR 28 HARI



Gambar 5.7 Grafik Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

5.4. Biaya Bahan Pembuatan Beton

Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan perbandingan campuran bahan untuk mendapatkan beton dengan sifat yang diperlukan dan paling murah (Sundia, 1984) Pada perhitungan biaya bahan pembuatan beton akan dibandingkan antara biaya bahan pembuatan beton yang tidak menggunakan bahan tambah dengan beton yang menggunakan bahan tambah. Dari perbandingan biaya tersebut akan diketahui beton mana yang lebih ekonomis (murah), sehingga beton yang lebih ekonomis (murah) yang akan digunakan untuk suatu proyek pembangunan, karena jika digunakan beton yang lebih mahal maka biaya proyek pembangunan akan lebih boros.

Biaya pembuatan beton yang akan dibandingkan yaitu antara beton normal (BN) dengan beton yang menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit sebanyak 2,5 % dan kapur sebanyak 5 % (BKL2,5KP5) karena BKL2,5KP5 adalah beton yang mempunyai kuat desak paling tinggi dibandingkan beton dengan variasi bahan tambah yang lain. Adapun perhitungan biayanya dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

a. Untuk beton normal (BN)

1 m³ beton $f'c = 25$ MPa

Bahan :

Semen	9,38	zak	@ Rp 29.000*	= Rp 272.020
Pasir	0,46	m ³	@ Rp 65.000	= Rp 29.900
Kerikil	0,354	m ³	@ Rp 98.000	= <u>Rp 34.692</u> +
				= Rp 336.612

b. Untuk beton BKL2,5KP5

1 m³ beton BKL2,5KP5 $f'_c = 25$ MPa

Bahan :

Semen	8,68	zak	@ Rp 29.000	= Rp 251.720
Batu kalsit	11,725	kg	@ Rp 32.500**	= Rp 381.062,5
Kapur	23,45	kg	@ Rp 150	= Rp 3.517,5
Pasir	0,46	m ³	@ Rp 65.000	= Rp 29.900
Kerikil	0,354	m ³	@ Rp 98.000	= <u>Rp 34.692</u> +
				= Rp 700.892

Keterangan : * harga per Januari 2005

** harga batu kalsit sudah termasuk harga penghalusan sebesar Rp 30.000/kg.

Dari perhitungan biaya di atas ternyata untuk membuat beton yang menggunakan bahan tambah batu kalsit dan kapur diperlukan biaya yang lebih besar dibandingkan beton yang tidak menggunakan bahan tambah.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan dan saran ini terdiri dari kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia.

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan material dari daerah Jogjakarta, dan dengan menggunakan bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit, yang perencanaan campurannya menggunakan metode *DOE* “*Departement Of Environment*” diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Dari hasil pemeriksaan *slump* diperoleh data bahwa nilai *slump* yang terjadi berkisar antara 8 mm – 11 mm, beton masih mudah dikerjakan.
2. Dari penelitian kuat tekan beton diperoleh data bahwa penggunaan bahan tambah dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Bahan tambah yang dapat meningkatkan kuat tekan beton yaitu bubuk batu kalsit, sedangkan kapur mengurangi kuat tekan beton.

3. Dari variasi penambahan kapur dan bubuk batu kalsit diperoleh nilai yang optimum untuk kapur sebesar 5 % dari jumlah semen sedangkan untuk bubuk batu kalsit sebesar 2,5 % dari jumlah semen, menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi.
4. Dari segi biaya ternyata beton yang menggunakan bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit lebih mahal dibandingkan beton yang tidak menggunakan bahan tambah tersebut dengan prosentase kenaikan sebesar 108,22%.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kuat tekan beton, telah dihasilkan kekuatan yang melampaui kuat tekan beton normal, namun demikian diharapkan kepada pihak-pihak yang lain untuk mengembangkan penelitian ini untuk mendapatkan hasil yang mungkin lebih optimal dengan cara-cara sebagai berikut :

1. menggunakan bahan tambah bubuk batu kalsit di bawah 2,5% dari kebutuhan semen,
2. meneliti sifat reaktif silika pada batu kalsit secara kimia, dan
3. menggunakan bahan tambah mineral yang lain seperti abu terbang, silika fume, abu sekam padi, dan sebagainya yang digabungkan dengan bubuk batu kalsit.

Begitu pula pengkajian terhadap sifat dan perilaku beton yang dapat diteliti dengan menggunakan parameter-parameter lain yang mempengaruhinya. Bilamana telah diperoleh hasil yang bagus, maka hasil penelitian tersebut sebaiknya direkomendasikan kepada pihak-pihak yang terkait atau yang berkepentingan dalam melaksanakan pembangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1979, **Syarat-syarat Untuk Kapur Bahan Bangunan**, Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, Bandung
- Antono, Achmad, **Bahan Konstruksi Teknik Sipil**, JTS. FT. UGM, Jogjakarta
- Astanto, Triono, B, 2001, **Konstruksi Beton Bertulang**, Kanisius, Jogjakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971, **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI 2**, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, **Konsep Tata Cara Perancangan dan Pelaksanaan Konstruksi Beton**, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, SK SNI M-14-1989-F, **Metode Pengujian Kuat Tekan Beton**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, SK SNI T-15-1990-03, **Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, SK SNI T-15-1991-03, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, Yayasan LPMB, Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994, **Struktur Beton Bertulang**, Gramedia, Jakarta
- Gambhir, M.L., 1986, **Concrete Of Technology**, Mc Graw Hill, New Delhi
- Ilham, A., Zain, M.F.M., Yusuf, M.K., dan Mahmud, H.B., **Pengaruh Superplasticizer Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi**. Jurnal Teknisia Vol. VII No. 1 April 2003, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- Kusuma, Gideon, 1992, **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang**, Erlangga, Bandung
- Kusuma, Gideon, 1992, **Pedoman Pengerjaan Beton**, Universitas Petra, Surabaya

- Landgren, Robert, 1978, **Unit Weight, Specific Gravity, Absorption, And Surface Moisture, Significance Of Test And Properties Of Concrete And Concrete Materials**, ASTM STP 169C, Philadelphia
- Mahmud, H.B., Chia, B.S., and Hamid, N.B.A.A., 1997, **Rice Husk Ash An Alternative Material In Producing High Strength Concrete**. International Conference on Engineering Materials, Ottawa, Canada
- Maringka, Romi, dan Supratman, Maman, 2002, **Pemanfaatan Batu Lintang Gunung Kidul Sebagai Filler Pada Beton Mutu Tinggi**, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta
- Mulyono, Tri, 2004, **Teknologi Beton**, Andi, Jogjakarta
- Murdock, L. J, dan Brook, K. M, 1986, **Bahan Dan Praktek Beton**, Erlangga, Jakarta
- Nawy, E. G, 1990, **BETON Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**, P.T. Eresco, Bandung
- Popovic, 1998, **Strength And Related Properties Of Concrete**, Jhon Willey & Sons, Inc, Canada
- PUBI, 1982, **Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman**, Badan Penelitian dan pengembangan P.U., Bandung
- Sagel, R, 1993, **Pedoman Pengerjaan Beton**, Erlangga, Jakarta
- Smith dan Andres, 1989, **Material of Construction**, McGrawhill International, Singapura.
- Sundia, Tata, 1984, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Padya Paramitha, Jakarta
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992, **Teknologi Beton**, JTS. FT. UGM, Jogjakarta
- Verhoef, 1985, **Geologi Untuk Teknik Sipil**, Erlangga, Jakarta
- Wang, Chu-Kia, dan Salmon, 1993, **Desain Beton Bertulang**, Erlangga, Jakarta



LAMPIRAN 1

KARTU PESERTA DAN KARTU PRESENSI
KONSULTASASI TUGAS AKHIR



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

FM-U11-AA-FPU-09

Nomor : : 299 /Kajur.TS.20/ Bg.Pn./XII/2004
Lamp. : -
Hal : : BIMBINGAN TUGAS AKHIR
Periode Ke : : II (Des 04 - Mei 05)

Jogjakarta, 3-Jan-03

Kepada .
Yth. Bapak / Ibu : Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D
di -

Jogjakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

- 1 Nama : Firmansyah Kustiadi
No. Mhs. : 00 511 196
Bidang Studi : Teknik Sipil
Tahun Akademi : 2004 - 2005
- 2 Nama : Iwan Setiawan
No. Mhs. : 00 511 244
Bidang Studi : Teknik Sipil
Tahun Akademi : 2004 - 2005

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

Dosen Pembimbing I	: Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D
Dosen Pembimbing II	: Ade Ilham, Dr,Ir,MT
Berlaku Tgl	: 3-Jan-05 Sampai dengan Akhir Mei 05

Dengan Mengambil Topik /Judul :

Karakteristik beton dengan variasi bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

An.Dekan
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Ir.H. Munadhir,MS

Tembusan

- 1) Dosen Pembimbing ybs
- 2) Mahasiswa ybs
- 3) Arsip. 1/3/2005 2:10:42 PM



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Firmansyah Kustiadi	00 511 196	Teknik Sipil
2.	Iwan Setiawan	00 511 244	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Karakteristik beton dengan variasi bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit

PERIODE KE : II (Des 04 - Mei 05)
TAHUN : 2004 - 2005

Berlaku mulai Tgl : 3-Jan-05 – Akhir Mei 05

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

Dosen Pembimbing I : Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D

Dosen Pembimbing II : Ade Ilham, Dr,Ir,MT



Jogjakarta ,3-Jan-05
a.n. Dekan

(Signature)
H.Munadhir, MS

Catatan :
Seminar : _____
Sidang : _____
Pendadaran : _____



UNTUK DOSEN

KARTU PRESENSI KONSULTASI
TUGAS AKHIR MAHASISWA

PERIODE KE : II (Des 04 - Mei 05)

Berlaku mulai Tgl : 3-Jan-05 – Akhir Mei 05

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Firmansyah Kustiadi	00 511 196	Teknik Sipil
2.	Iwan Setiawan	00 511 244	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Karakteristik beton dengan variasi bahan tambah kapur dan bubuk batu kalsit

Dosen Pembimbing I : Sarwidi,Ir,H,MSCE,Ph.D

Dosen Pembimbing II : Ade Ilham, Dr,Ir,MT



Jogjakarta , 3-Jan-05
a.n. Dekan



A.H. Munadhir, MS

Catatan :

Seminar : _____

Sidang : _____

Pendadaran : _____

Diperfong 2d. Juli 2005

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	KONSULTASI KE :	TANGGAL
1.	20.04.05	<ul style="list-style-type: none"> - untuk hasil & pembahasan sebaiknya hasil dan bentuk Tabel atau grafik lampung di bahas - baca buku, jurnal, prosiding untuk bahan diskusi dalam pembahasan. 	JH
2.	9.05.05	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki hasil koreksi - format pembahasan : hasil Ford di bahas. - Cari literatur utk memperkuat pernyataan? anda 	JH
3.	20.05.05	<ul style="list-style-type: none"> - untuk pembahasan kelompok semua pengarang bahan tambah yg dibuktikan. 	JH
4.	6/06/05	<ul style="list-style-type: none"> - Tabel dan gambar harus di rujuk, stg dan teks manual dalam teks. - semua lampiran harus di rujuk - lengkapi semua laporan. 	JH
5.	9.06.05	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki hasil koreksi secara keseluruhan. 	JH
6.	11-06-05	<ul style="list-style-type: none"> - semua sumber yg di acu harus dimanfaatkan ke dlm daftar pustaka - drt di lampirkan konsultasi dg pembimbing I. 	JH
7.	13/06/2005	<ul style="list-style-type: none"> - Buat Abstrak, pendahuluan, kesimpulan - Gambar/Tabel / Cuplikan? di acuan. - Subur? harus ditulis. 	JH
8.	14/06/2005 18/06/2005	<ul style="list-style-type: none"> - Gambar 3D bisa diinfilkan. - Grapha sedikit perubahaan. - Siapkan litig TA 	JH



LAMPIRAN 2

PROSES PENGHALUSAN BATU KALSIT

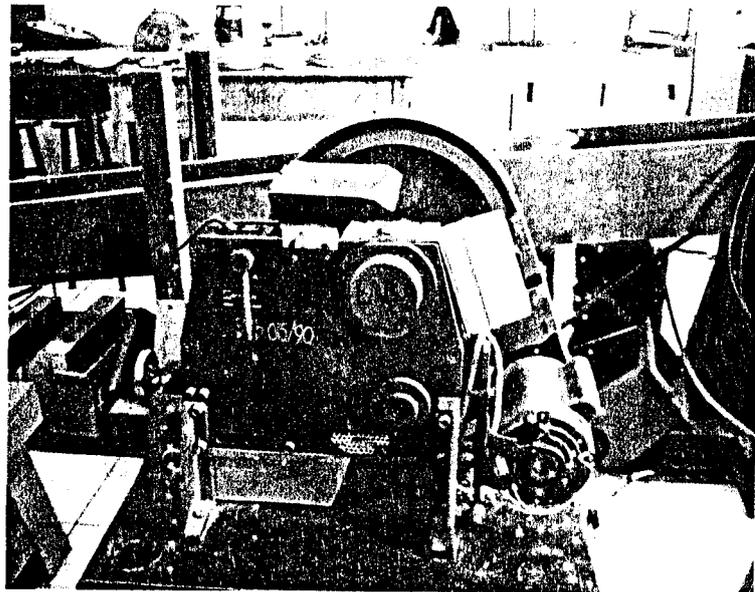
PROSES PENGHALUSAN BATU KALSIT

Untuk mencapai kehalusan yang diinginkan yaitu #200 ASTM proses yang dilakukan melalui beberapa tahap antara lain :

1. Mula-mula batu kalsit yang akan digunakan dibersihkan dari campuran material-material lainnya..
2. Batu kalsit yang sudah bersih kemudian dipecah menjadi beberapa bagian agar mudah dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu (*stone crusher*, Gambar 2).
3. Batu kalsit yang sudah hancur kemudian dimasukkan ke dalam mesin penghalus (*ball mill*, Gambar 3) di dalam *ball mill* dimasukkan beberapa batangan baja dengan tinggi ± 25 cm dan diameter ± 2 cm, agar kehalusan yang diinginkan bisa maksimal.
4. Setelah menjadi bubuk, batu kalsit ini kemudian disaring dengan menggunakan satu set saringan dengan ukuran #40, #65, #150, #200 (Gambar 4), kemudian digetarkan menggunakan mesin *vibrator* (Gambar 5).
5. Bubuk batu kalsit yang sudah halus (#200 ASTM, Gambar 6) diambil dan dimasukkan ke dalam kantong plastik, sedangkan yang masih belum halus (#40, #65, #150) dimasukkan kembali ke dalam mesin *ball mill* digiling kembali dan dilakukan penyaringan ulang, begitu seterusnya sampai bubuk batu kalsit yang dibutuhkan terpenuhi.

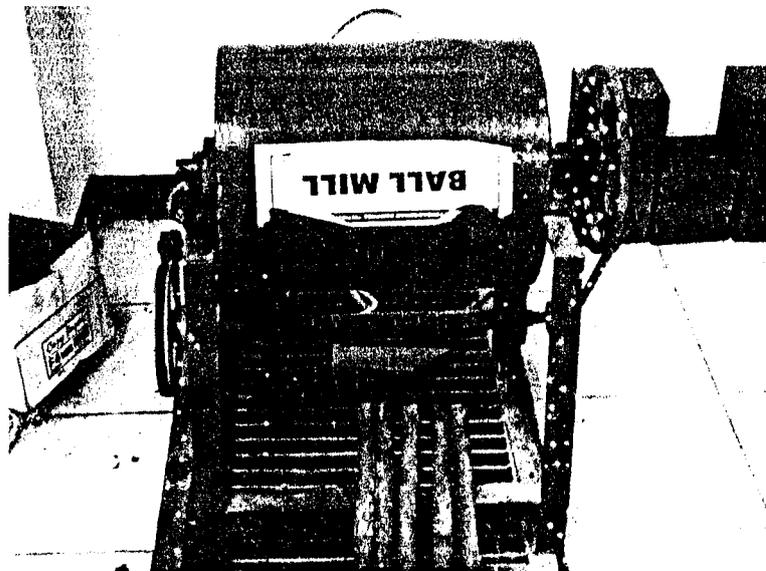


Gambar 1. Batu kalsit



Gambar 2. Stone Crusher

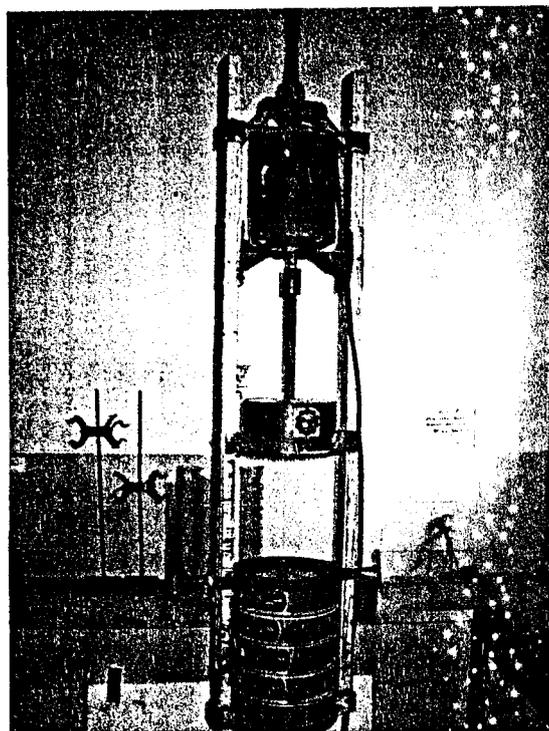
LAMPIRAN 2.3



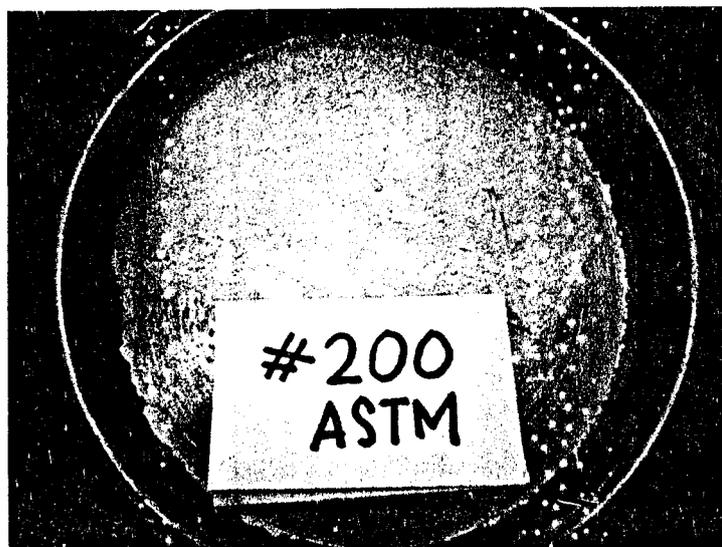
Gambar 3. *Ball Mill*



Gambar 4. Satu set saringan ASTM



Gambar 5. Mesin Vibrator



Gambar 6. Bubuk batu kalsit lolos saringan #200 ASTM



LAMPIRAN 3

HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT



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

Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895024, 895707, Yogyakarta 55584

ANALISIS NILAI MODULUS HALUS BUTIR (MHB)

Berat Pasir (gram) = 1500

Saringan		Berat tertinggal (gram)	Berat lolos (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat lolos (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Berat lolos kumulatif (%)
No	Ø lubang (mm)						
1	10	0	1500	0	100	0	100
2	4,75	3	1497	0,2	99,8	0,2	99,8
3	2,36	88	1409	5,9	94,1	6,1	93,9
4	1,18	265	1144	17,7	82,3	23,7	76,3
5	0,6	505	639	33,7	66,3	57,4	42,6
6	0,3	301	338	20,1	79,9	77,5	22,5
7	0,15	236	102	15,7	84,3	93,2	6,8
8	Pan	102		6,8		-----	-----
Jumlah		1500			Jumlah	258,1	

MODULUS HALUS BUTIR = $\frac{\% \text{ kumulatif berat tertinggal}}{100}$

100

$$= \frac{258,1}{100} = 2,581 \approx 2,6$$

GRADASI PASIR

Tabel Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Triono Budi Astanto (2001)

Dari hasil % kumulatif lolos, dicocokkan dengan tabel gradasi pasir diatas ternyata pasir masuk dalam daerah II (pasir agak kasar).

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895024, 895707, Yogyakarta 55584

DATA PEMERIKSAAN

BERAT VOLUME AGREGAT KASAR “SSD”

Jenis benda uji : _____ Diperiksa oleh :

Nama benda uji : kerikil 1. Firmansyah K 00511196

Asal : clereng 2. Iwan Setiawan 00511244

Keperluan : penelitian

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

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**
Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895024, 895707, Yogyakarta 55584

DATA PEMERIKSAAN

BERAT VOLUME AGREGAT HALUS "SSD"

Jenis benda uji : _____ Diperiksa oleh :

Nama benda uji : pasir _____ 1. Firmansyah K 00511196

Asal : kaliurang _____ 2. Iwan Setiawan 00511244

Keperluan : penelitian _____

tugas akhir _____ 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)	5,413 Kg	5,413 Kg
Berat tabung + Agregat (W_2)	13,696 Kg	13,668 Kg
Volume tabung $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	$5,29875 \cdot 10^3 \text{ m}^3$	$5,29875 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Berat volume = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	$\frac{(13,696 - 5,413) \cdot 10^{-3}}{5,29875 \cdot 10^3}$ = 1,563 t/m ³	$\frac{(13,668 - 5,413) \cdot 10^{-3}}{5,29875 \cdot 10^3}$ = 1,558 t/m ³
Berat volume rata-rata	1,56 t/m ³	

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**
Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895024, 895707, Yogyakarta 55584

**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS**

Jenis benda uji : _____ Diperiksa oleh :
 Nama benda uji : pasir _____ 1. Firmansyah K 00511196
 Asal : kaliurang _____ 2. Iwan Setiawan 00511244
 Keperluan : penelitian _____
 tugas akhir _____ Tanggal : _____

ALAT-ALAT :

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap, dll

	BENDA UJI I		BENDA UJI II	
Berat agregat (W)	400	Gram	400	Gram
Volume air (V ₁)	500	Cc	500	Cc
Volume air + Agregat (V ₂)	658	Cc	650	Cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	$\frac{400}{658 - 500} = 2,5157$		$\frac{400}{650 - 500} = 2,6667$	
Berat jenis rata-rata	2,5991			

Yogyakarta _____

Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

[Signature]
**LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII**



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**
Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895024, 895707, Yogyakarta 55584

**DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS KALSIT**

Jenis benda uji : _____
 Nama benda uji : kalsit _____
 Asal : Rembang _____
 Keperluan : penelitian _____
 : tugas akhir _____

Diperiksa oleh :
 1. Firmansyah K 00511196
 2. Iwan Setiawan 00511244

Tanggal : _____

ALAT-ALAT :

1. Gelas ukur kap 1000 ml
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Piring, sendok, lap, dll

1	No. Pengujian	1	2	3
2	Berat piknometer (W_1)	19,00	16,08	19,25
3	Berat piknometer + tanah kering (W_2)	28,67	29,54	30,00
4	Berat piknometer + tanah + air (W_3)	49,71	49,88	50,90
5	Berat piknometer + air (W_4)	43,98	41,90	44,11
6	Temperatur (T_0)	25	25	25
7	Berat tanah kering (W_t)	9,67	12,46	10,75
8	$A = W_t + W_4$	53,65	54,36	54,86
9	$I = A - W_3$	3,94	4,48	3,96
10	Berat jenis tanah, $G_s = W_t / I$	2,45	2,78	2,72
11	Berat jenis rata-rata	2,65		

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**
Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895024, 895707, Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

1. BAHAN-BAHAN

- Berat pasir dalam keadaan kering tungku (B_0) : 100 gram
- Berat piring (B_{p0}) : 149,6 gram
- Berat pasir + piring : 249,6 gram

2. ALAT-ALAT

- Gelas ukur kapasitas 250 cc
- Timbangan halus ketelitian 0,05 gram
- Tungku/ oven (suhu 105-110° C)
- Piring, sendok, corong, gayung, lap

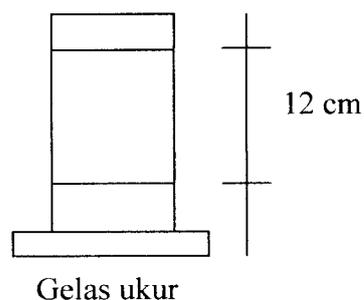
3. HASIL PERCOBAAN

- Air jernih setelah 12 kali pencampuran/ pergantian air
- Piring dan pasir masuk tungku tanggal 14 Februari 2005 dikeluarkan tanggal 16 Februari 2005
- Berat piring + pasir : 248,5 gram
- Berat piring (B_{p1}) : 149,6 gram
- Berat pasir (B_1) : 98,9 gram

KANDUNGAN LUMPURNYA

$$\frac{B_0 - B_1}{B_0} \times 100\% = \frac{100 - 98,9}{100} \times 100\% = 1,1\% < 5\% \text{ OK!}$$

Keterangan :



Handwritten signature
**LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII**



LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN MIX DESIGN

MENGGUNAKAN METODE DOE

Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran ini menggunakan metode DOE (*Department Of Environment*), yaitu :

$f'c$	= 25 MPa
Jenis semen	= biasa
Jenis kerikil	= batu pecah
Ukuran maks kerikil	= 20 mm
Nilai slump	= 100 mm
Jenis pasir	= agak kasar (golongan II)
Berat jenis pasir	= 2,5991 t/m ³
Berat jenis kerikil	= 2,5821 t/m ³

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari yaitu

$$f'c = 25 \text{ MPa}$$

2. Penetapan nilai deviasi standar (S) = 4,2 MPa

3. Perhitungan nilai tambah (M) = $1,64 \times 4,2 = 6,888$ MPa dipakai 7 MPa

4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$f'cr = f'c + M = 25 + 7 = 32 \text{ MPa}$$

5. Menetapkan jenis semen

Digunakan jenis semen biasa

6. Menetapkan jenis agregat

Digunakan jenis kerikil batu pecah

7. Menetapkan faktor air semen (FAS) = 0,48

8. Menetapkan nilai slump = 100 mm

9. Menetapkan kebutuhan air (A) = $(0,67 \times 225) + (0,33 \times 225)$
= 225 liter

10. Menentukan kebutuhan semen = $\frac{\text{air}}{\text{fas}} = \frac{225}{0,48} = 468,75 \text{ kg}$

Dipakai 469 kg

LAMPIRAN 4.2

11. Perbandingan pasir dan kerikil = 44% dan 56%
12. Menentukan berat jenis agregat campuran pasir dan kerikil
13. Menentukan berat jenis beton = 2326 kg/m^3
14. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil = $2326 - 225 - 469 = 1631$
15. Menentukan kebutuhan pasir = $44\% \times 1631 = 717,64 \text{ kg}$
dibulatkan 718 kg
16. Menentukan kebutuhan kerikil = $1631 - 718 = 913 \text{ kg}$

Kesimpulan :

Untuk 1 m^3 beton dibutuhkan :

- a. Air = 225 liter
- b. Semen = 469 kg
- c. Pasir = 718 kg
- d. Kerikil = 913 kg



LAMPIRAN 5

DATA PENGUJIAN KUAT DESAK
SILINDER BETON



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 22-02-05 dan 04-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BN

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN	MPa	
1	7	150,1	304	17686,06	13	2,41790189	435	24,6	
2	7	150,4	302,6	17756,83	12,7	2,36357485	375	21,1	
3	7	149,6	300	17568,43	12,7	2,4096253	430	24,5	
4	28	150,3	298,7	17733,22	12,5	2,35986516	595	33,6	
5	28	150	301,3	17662,5	12,48	2,34511033	565	31,99	
6	28	148,9	298,9	17404,4	12,35	2,37400695	595	34,2	

Catatan :

.....

.....

.....



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 5558

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LEKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 23-02-05 dan 05-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL2,5KPO

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks	
		Diameter	Tinggi				KN	Kua. Tekan MPa
1	7	147,8	300,6	17148,2	12,65	2,45404775	480	27,99
2	7	150,76	302,68	17841,93	13	2,40723116	460	25,78
3	7	150,6	303	17804,08	12,9	2,3912641	470	26,39
4	28	150,6	304,44	17804,08	13	2,39840269	700	39,32
5	28	150,8	300,4	17851,4	12,8	2,38691943	668	37,42
6	28	150,9	301,1	17875,09	12,9	2,39679405	670	37,48

Catatan :

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 23-02-05 dan 05-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKLSKPO

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks	
		Diameter	Tinggi				KN	Kuat Tekan MPa
1	7	150,2	300,6	17709,63	12,9	2,42321108	450	25,41
2	7	150,3	302,7	17733,22	12,8	2,38456929	415	23,4
3	7	149,8	303	17615,43	12,7	2,37940212	460	26,11
4	28	150,7	301,7	17827,73	12,85	2,38908592	665	37,3
5	28	149,3	290,7	17498,03	12,8	2,51637743	667	38,11
6	28	150	302,2	17662,5	12,65	2,36997569	635	35,95

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Peng uji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 23-02-05 dan 15-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL7,5KPP0

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks KN	Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi					
1	7	149,46	299,3	17535,56	12,4	2,3626279	390	22,24
2	7	148,76	301,2	17371,69	12,6	2,4080944	365	21,01
3	7	149,9	299,3	17638,96	12,4	2,34877812	380	21,54
4	28	149,4	298,7	17521,48	12,8	2,44570437	544	31,05
5	28	149,2	301,3	17474,6	12,7	2,41211131	532	30,44
6	28	151,08	298,9	17917,76	12,8	2,39001342	578	32,26

Catatan :

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 22-02-05 dan 04-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BK10KPS

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN	MPa	
1	7	151	300,17	17907,86	12,7	2,36261385	350	19,54	
2	7	155	300,17	18869,19	12,8	2,25990107	360	19,08	
3	7	152	300,16	18145,84	12,8	2,35006609	375	20,67	
4	28	151	301,1	17907,86	12,6	2,3367707	560	31,27	
5	28	151	300,8	17907,86	12,8	2,37622985	530	29,59	
6	28	151	298,8	17907,86	12,4	2,31738078	575	32,11	

Catatan :

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 22-02-05 dan 04-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKLOKP10

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks	
		Diameter	Tinggi				KN	Kuat Tekan MPa
1	7	150,86	299	17865,61	12,65	2,3679754	337	18,86
2	7	152,04	302,7	18146,19	13	2,3679586	372	20,5
3	7	152,2	302,6	18184,4	12,85	2,3352599	349	19,2
4	28	151,3	300,4	17969,98	12,7	2,3526439	520	28,94
5	28	151	302,2	17898,79	12,7	2,3479324	545	30,45
6	28	149,6	300,1	17568,43	12,6	2,3898552	510	29,03

Catatan :

LABORATORIUM
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK UII

[Signature]



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 22-02-05 dan 04-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL0KP15

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks KN	Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi					
1	7	151,2	300,3	17946,23	12,7	2,3565419	360	20,06
2	7	149,5	299	17544,95	12,5	2,3827951	318	18,13
3	7	149,3	302,1	17498,03	12,45	2,3552091	350	20
4	28	152,5	300,7	18256,16	12,65	2,3043459	520	28,48
5	28	151,62	299,4	18046,07	12,5	2,3135324	510	28,26
6	28	150,5	301,3	17780,45	12,5	2,3332868	555	31,21

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 22-02-05 dan 15-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BK1,2,5KPS

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Bahan Maks	
		Diameter	Tinggi				KN	Kuat Tekan MPa
1	7	151,6	302,8	18041,31	12,85	2,35222677	470	26,0513
2	7	150,4	300,8	17756,83	12,7	2,37771858	455	25,624
3	7	149,7	301,1	17591,92	12,6	2,37873766	455	25,8642
4	28	151,3	301,8	17969,98	12,9	2,37860803	660	36,7279
5	28	152,1	302,1	18160,51	12,8	2,33308845	670	36,8756
6	28	151,4	300,7	17993,74	12,8	2,36567511	674	37,4564

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 22-02-05 dan 15-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL5KP5

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Bahan Maks	
		Diameter	Tinggi				KN	Kuat Tekan MPa
1	7	150.7	300.7	17114,63	12,65	2,4580436	430	25,1247
2	7	150	298	16956	12,7	2,51341411	425	25,0649
3	7	151	302	17182,83	12,7	2,44738382	400	23,2791
4	28	151.2	302,5	17228,38	12,8	2,45606665	615	35,6969
5	28	150.7	302,5	17114,63	12,95	2,50136388	600	35,0577
6	28	149.7	302,2	16888,24	12,8	2,50802071	600	35,5277

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi

Iwan Setiawan

Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 23-02-05 dan 16-03-05

Umur : 7 & 28 hari

Jumlah : 6

Kode : BKL7,5KPs

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN	MPa	
1	7	151,4	303,34	17993,74	12,8	2,34508639	365	20,2848	
2	7	150	300	17662,5	12,5	2,35904695	340	19,2498	
3	7	148,8	300,4	17381,03	12,5	2,39405749	348	20,0218	
4	28	150,6	302,1	17804,08	12,7	2,36120372	500	28,0835	
5	28	150,7	299,9	17827,73	12,5	2,33796227	520	29,168	
6	28	150	301,6	17662,5	12,6	2,36530436	515	29,1578	

Catatan :

LABORATORIUM

BIMBING KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 25-02-05 dan 18-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL2,5KP10

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN		
1	7	149,4	299,5	17521,48	12,5	2,38200352	375		21,4
2	7	149,8	303,4	17615,43	12,5	2,33884363	390		22,14
3	7	150,9	302	17875,09	12,6	2,334078	340		19,02
4	28	150,6	305,5	17804,08	12,75	2,3441178	580		32,58
5	28	149,5	300,2	17544,95	12,6	2,39225638	540		30,78
6	28	150,6	302,3	17804,08	12,65	2,35035163	550		30,89

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 24-02-05 dan 17-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKLSKP10

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Bahan Maks	
		Diameter	Tinggi				KN	Kuat Tekan MPa
1	7	150,92	301,6	17879,82	12,2	2,26237895	365	20,41
2	7	151	301,7	17898,79	12,3	2,27775038	315	17,6
3	7	152	300	18136,64	12,3	2,26061718	353	19,46
4	28	151,7	300,2	18065,12	12,4	2,28649442	450	24,91
5	28	149,9	302,1	17638,96	12,4	2,32700858	440	24,94
6	28	151	298,9	17898,79	12,45	2,32712528	450	25,14

Catatan :

LABORATORIUM

BHIAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON

NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi

Iwan Setiawan

Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 24-02-05 dan 17-03-05

Umur : 7 & 28 hari

Jumlah : 6

Kode : BKL7,5KPP10

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN	MPa	
1	7	148,84	302,9	17390,38	12,64	2,39959931	273	15,7	
2	7	150	306,4	17662,5	12,6	2,32824999	304	17,21	
3	7	147,5	305,8	17078,66	12,85	2,46043476	285	16,69	
4	28	148,7	301,1	17357,68	12,4	2,37257119	400	23,04	
5	28	150,4	300,8	17756,83	12,5	2,3402742	395	22,24	
6	28	151	300,2	17898,79	12,6	2,34496403	405	22,63	

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK IIII

Darius



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 25-02-05 dan 18-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL2,5KPI5

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Behan Maks KN	Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi					
1	7	151.4	301.2	17993,74	12,4	2,2879434	293	16,2834
2	7	150.4	300,1	17756,83	12,55	2,35511595	290	16,3318
3	7	151.4	300,9	17993,74	12,6	2,32716361	286	15,8944
4	28	150.2	303,3	17709,63	12,55	2,33647871	465	26,2569
5	28	150.2	300	17709,63	12,55	2,36217997	440	24,8452
6	28	150	302	17662,5	12,65	2,37154521	415	23,4961

Catatan :

LABORATORIUM

RUANG KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kalitirang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 25-02-05 dan 18-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKLSKP15

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN	MPa	
1	7	153,6	302,6	18520,47	12,6	2,24827596	293	15,8203	
2	7	151,2	302,2	17946,23	12,6	2,32328696	250	13,9305	
3	7	149,9	298,9	17638,96	12,5	2,37088846	280	15,874	
4	28	149,3	303	17498,03	12,65	2,38593573	410	23,4312	
5	28	150	302,5	17662,5	12,7	2,3769835	420	23,7792	
6	28	147,5	298,7	17078,66	12,3	2,41110485	440	25,7632	

Catatan :

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 FAKULTAS TEKNIK UII



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
 Jln Kaliurang Km. 14,4 tlp 895330 Yogyakarta 55584

DATA PENGUJIAN DESAK SILINDER BETON
 NO. /Ka.Ops./LBKT/ / 2005

Penguji : Firmansyah Kustiadi
 Iwan Setiawan
 Keperluan : Tugas Akhir

Dites tanggal : 25-02-05 dan 18-03-05
 Umur : 7 & 28 hari
 Jumlah : 6
 Kode : BKL7,SKP15

No	Umur (hari)	Ukuran (mm)		Luas mm ²	Berat (kg)	Berat satuan (t/m ³)	Beban Maks		Kuat Tekan MPa
		Diameter	Tinggi				KN	MPa	
1	7	150	300,5	17662,5	12,5	2,35512174	250	14,1543	
2	7	150	301,9	17662,5	12,5	2,34420034	226	12,7955	
3	7	151,7	300,6	18065,12	12,5	2,30186678	221	12,2335	
4	28	149,5	301,6	17544,95	12,4	2,34335569	380	21,6587	
5	28	148,5	301,2	17311,02	12,4	2,37817637	340	19,6407	
6	28	149,3	300,9	17498,03	12,5	2,37409814	370	21,1452	

Catatan :

LABORATORIUM

FAKULTAS TEKNIK UII

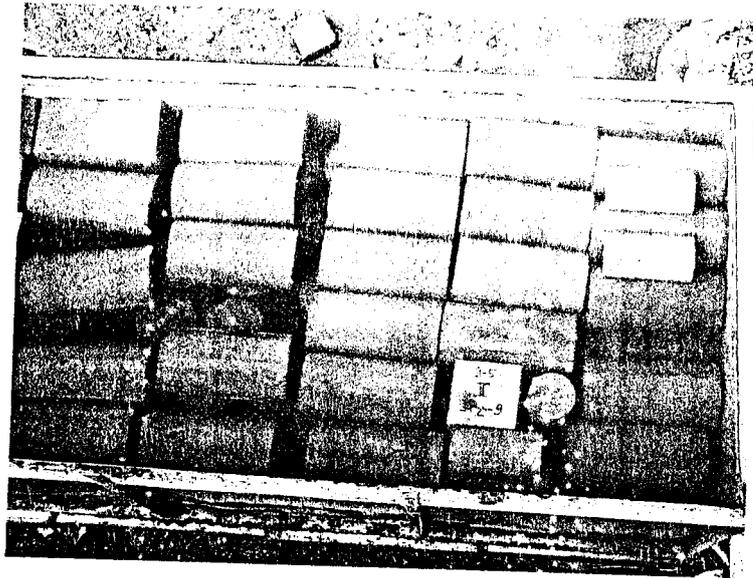
BARRIK KONSTRUKSI TEKNIK
Iwan Setiawan



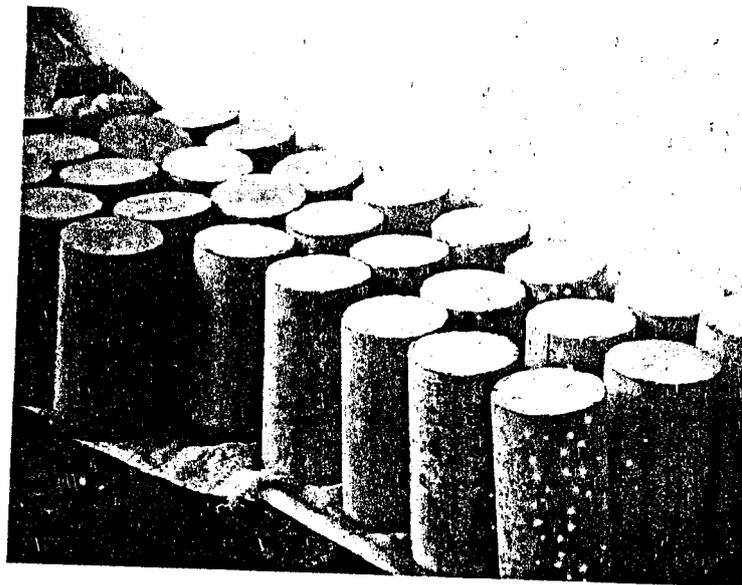
LAMPIRAN 6

GAMBAR BENDA UJI SEBELUM
DAN SETELAH PENGUJIAN

**GAMBAR BENDA UJI
PADA SAAT PERAWATAN**



Gambar 1 benda uji pada saat perawatan



Gambar 2 benda uji sebelum uji desak

**GAMBAR BENDA UJI SETELAH
UJI DESAK**



Gambar 1. Beton normal



Gambar 2. Beton-kalsit 2,5% kapur 0%

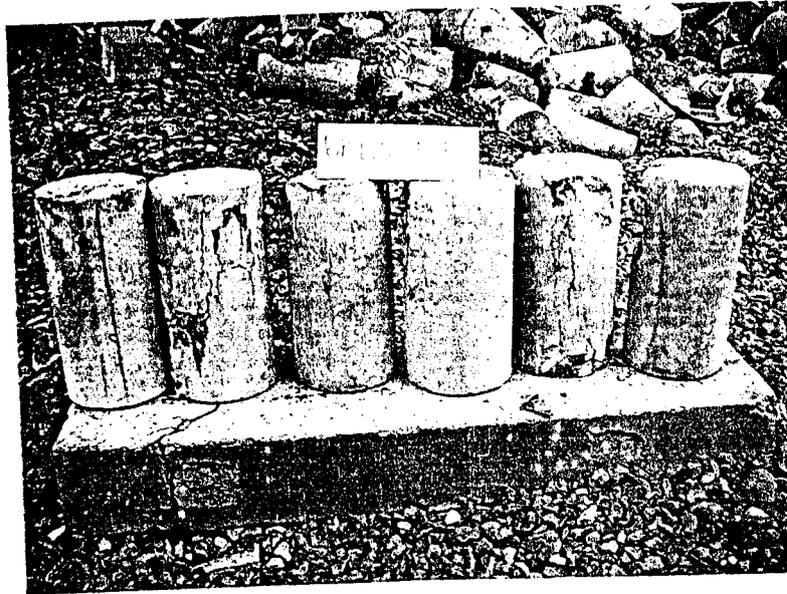
LAMPIRAN 6.3



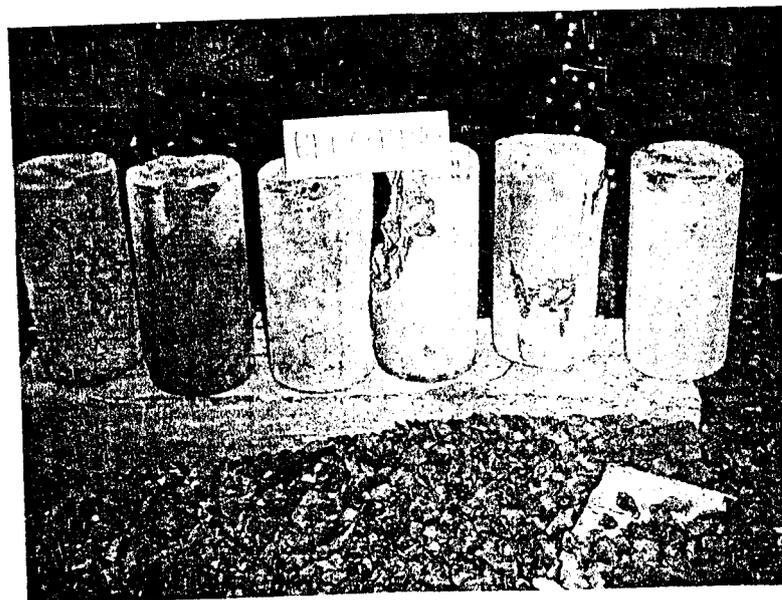
Gambar 3. Beton-kalsit 5% kapur 0%



Gambar 4. Beton-kalsit 7,5% kapur 0%



Gambar 5. Beton-kalsit 0% kapur 5%



Gambar 6. Beton-kalsit 0% kapur 10%

G.