

TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM

PENGARUH MINERAL ZEOLIT DAN BAHAN-TAMBAH
SIKAMENT NN TERHADAP KUAT TEKAN
BETON DAN MORTAR



disusun oleh :

NIDZAMUDIN AL HUDDA

No. Mhs. : 92310087

NIRM. : 920051013114120087

HABIB ZULIANTO

No. Mhs. : 92310149

NIRM. : 920051013114120149

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

**TUGAS AKHIR
PENELITIAN LABORATORIUM**

**PENGARUH MINERAL ZEOLIT DAN BAHAN-TAMBAH
SIKAMENT NN TERHADAP KUAT TEKAN
BETON DAN MORTAR**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

disusun oleh :

NIDZAMUDIN AL HUDDA

No. Mhs. : 92310087

NIRM. : 920051013114120087

HABIB ZULIANTO

No. Mhs. : 92310149

NIRM. : 920051013114120149

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

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR PENELITIAN LABORATORIUM

PENGARUH MINERAL ZEOLIT DAN BAHAN-TAMBAH SIKAMENT NN TERHADAP KUAT TEKAN BETON DAN MORTAR

disusun oleh :

1. Nama : Nidzamudin Al Hudda
No. Mhs. : 92310087
NIRM. : 920051013114120087
2. Nama : Habib Zulianto
No. Mhs. : 92310149
NIRM. : 920051013114120149

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

1. Ir. H. Mochammad Teguh, MSCE
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 9 - 2 - 2008

2. Ir. H. Tadjuddin BM ARIS, MS
Dosen Pembimbing II



Tanggal :

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kumpersembahkan untuk :
Bapak, Ibu, Kakak, Adik, dan Kekasihku Tercinta
yang selalu dihati

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang yang berakal.

(Q.S. Ali 'Imran : 190)

Orang-orang yang beriman dan tidak mencampur adukkan iman mereka dengan kezaliman (syirik), mereka itulah orang-orang yang mendapat keamanan dan mereka itu adalah orang-orang yang mendapat petunjuk.

(Q.S. Al An'aam : 82)

PRAKATA

Assalamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas akhir ini merupakan salah satu pra-syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa program Strata 1 (S-1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, untuk memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu teknik sipil.

Bantuan dari berbagai pihak banyak membantu dalam proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. *Ir. Widodo MSCE, PhD*, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. *Ir. H. Tadjuddin BM ARIS, MS*, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
3. *Ir. H. M. Teguh MSCE*, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
4. bapak dan ibu tercinta, kakak-kakak, adik-adik dan kekasihku tersayang yang telah memberi dukungan moril dan material yang tak terhingga,

5. rekan-rekan yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Disadari sepenuhnya bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga diharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang dapat lebih menyempurnakan. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan mahasiswa teknik sipil pada khususnya.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Februari 2000

Penulis

ABSTRAK

Mineral yang mempunyai kandungan seperti dalam bahan penyusun semen adalah mineral zeolit, sehingga diharapkan mineral zeolit dapat menggantikan semen dalam jumlah tertentu dan meningkatkan kuat tekan. Tuntutan yang semakin tinggi terhadap sifat dan mutu beton, diperlukan penambahan bahan-tambah (*additive*) untuk merubah sifat dan mutu beton seperti yang diharapkan. Perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI dan mortar menggunakan SK SNI M-111-1990-03. Waktu rawatan sebelum diuji kuat tekan adalah 28 hari dan 35 hari. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan penambahan *additive* umur 28 hari dan 35 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 4,3418 MPa dan 3,5494 MPa, sedangkan beton dengan kandungan zeolit 5% dan penambahan *additive* + zeolit 15% umur 35 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 5,1951 MPa dan 2,7018 MPa. Untuk mortar dengan kandungan zeolit 5% dan 10% umur 35 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 2,0118 MPa dan 1,1930 MPa. Beton dengan kandungan zeolit direkomendasikan untuk beton pracetak dengan waktu rawatan beton minimal 35 hari.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Manfaat penelitian.....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Rumusan masalah.....	4
1.5 Batasan masalah.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6

2.1	Perancangan Campuran Beton	6
2.2	Ketentuan Perencanaan.....	7
2.2.1	PBBI 1971.....	7
2.2.2	SK SNI M-14-1989-F.....	9
2.2.3	SK SNI M-111-1990-03	10
2.2.4	ACI Standard.....	11
2.3	Kuat Tekan Beton dan Mortar	18
2.4	Faktor Air Semen (f.a.s).....	19
2.5	Slump	20
2.6	Mineral Zeolit Sebagai Campuran Semen Portland.....	20
2.7	Bahan-Tambah (<i>Additive</i>).....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Metode Penelitian	22
3.1.1	Tempat Penelitian.....	23
3.1.2	Persiapan Bahan.....	23
3.1.3	Peralatan Penelitian.....	24
3.1.4	Perancangan Adukan Beton	25
3.1.5	Perancangan Adukan Mortar	34
3.1.6	Persiapan dan Pencampuran Bahan-Susun.....	36
3.1.7	Pengujian Slump.....	37

3.1.8	Pemadatan Adukan	38
3.1.9	Rawatan Benda Uji.....	38
3.1.10	Pengujian Kuat Tekan.....	39
3.1.11	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Hasil Penelitian.....	40
4.1.1	Slump	40
4.1.2	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	41
4.1.3	Kuat Tekan Beton Umur 35 Hari	42
4.1.4	Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari	44
4.1.5	Kuat Tekan Mortar Umur 35 Hari	44
4.2	Pembahasan.....	45
4.2.1	<i>Workability</i> Adukan Beton dan Mortar	45
4.2.2	Kuat Tekan Beton dan Mortar	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		57
5.1	Simpulan.....	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan zeolit dan beton dengan penambahan <i>additive</i> + zeolit umur 28 hari.....	47
Gambar 4.2	Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan zeolit dan beton dengan penambahan <i>additive</i> + zeolit umur 35 hari.....	49
Gambar 4.3	Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan zeolit umur 28 hari dan 35 hari.....	51
Gambar 4.4	Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan <i>additive</i> + zeolit umur 28 hari dan 35 hari.....	53
Gambar 4.5	Grafik kuat tekan rata-rata mortar dengan kandungan zeolit umur 28 hari dan 35 hari.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Komposisi benda uji beton dan mortar	4
Tabel 2.1	Nilai slump untuk berbagai jenis struktur.....	8
Tabel 2.2	Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku.....	13
Tabel 2.3	Faktor modifikasi simpangan baku jika data uji yang tersedia kurang dari 30 buah	13
Tabel 2.4	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari	15
Tabel 2.5	Faktor air semen maksimum.....	15
Tabel 2.6	Nilai slump (cm).....	16
Tabel 2.7	Ukuran maksimum agregat (mm).....	16
Tabel 2.8	Perkiraan kebutuhan air (liter) berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat.....	17
Tabel 2.9	Perkiraan kebutuhan agregat kasar (m^3) berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya.....	17
Tabel 4.1	Hasil pengujian slump.....	41
Tabel 4.2	Kuat tekan beton umur 28 hari.....	41
Tabel 4.3	Kuat tekan beton umur 35 hari.....	42
Tabel 4.4	Kuat tekan mortar umur 28 hari.....	44

Tabel 4.5	Kuat tekan mortar umur 35 hari.....	45
-----------	-------------------------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sertifikat Analisis

Lampiran 2 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Lampiran 3 Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Lampiran 4 Data Pemeriksaan Kandungan Lumpur Dalam Pasir

Lampiran 5 Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Lampiran 6 Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang (mm^2)
B_j	= berat jenis
f_c	= kuat tekan menurut ACI (MPa)
\bar{f}_c	= kuat tekan rata-rata dari n benda uji (MPa)
f'_c	= kuat tekan karakteristik (MPa)
f'_{cr}	= kuat tekan rata-rata (MPa)
f'_{ci}	= kuat tekan masing-masing benda uji (MPa)
n_1, n_2	= banyaknya benda uji pada masing-masing tes
P_{maks}	= gaya tekan maksimal (N)
s	= simpangan baku
s_1	= simpangan baku yang dihitung dari catatan tes 1
s_2	= simpangan baku yang duhitung dari catatan tes 2
V_K	= volume agregat kasar (mm^3)
W_{air}	= berat air (kg)
W_{pc}	= berat semen (kg)
σ_m	= kuat tekan mortar (MPa)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di bidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Salah satu bahan bangunan yang paling banyak digunakan dalam bidang struktur adalah beton dan mortar. Beton diperoleh dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu untuk memperoleh reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Sedangkan mortar diperoleh dari pengadukan antara semen, pasir, dan air tanpa agregat kasar.

Salah satu bahan-susun yang menentukan mutu beton dan mortar adalah semen. Semen yang digunakan sebagai bahan-susun adalah semen Portland atau semen Portland Pozzolan, yaitu berupa semen hidrolik yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan-susun beton dan mortar. Semen Portland tersebut mempunyai kandungan yang terbanyak yaitu kalsium dan aluminium silika. Semen ini dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO) dan lempung yang mengandung silika dioksida (SiO_2) dan aluminium oksida (Al_2O_3).

Salah satu mineral yang banyak terdapat di Indonesia dan di dalamnya banyak mengandung unsur silika dioksida (SiO_2) dan alumunium oksida (Al_2O_3) seperti yang dikandung dalam bahan penyusun semen adalah mineral zeolit. Oleh karena itu zeolit diharapkan mampu menggantikan semen Portland atau semen Portland Pozzolan yang dibuat dari tras atau lempung. Bahkan diharapkan dalam kadar optimum tertentu beton dan mortar yang menggunakan zeolit tersebut mempunyai kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton dan mortar normal. Hal tersebut disebabkan mineral zeolit mengandung ikatan alumino-silikat dimana unsur silika mudah tergantikan oleh unsur alumunium, pergantian ion ini dapat menghasilkan ikatan silika bebas (Si) yang menjadi salah satu faktor penentu kekuatan atau mutu semen. Unsur silika yang terdapat dalam zeolit tersebut juga menyebabkan memperlambat waktu untuk mencapai kuat tekan yang direncanakan, oleh karena itu dalam penelitian ini pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dan 35 hari. Dengan demikian diharapkan benda uji setelah berumur 35 hari dapat mencapai kuat tekan yang direncanakan.

Disamping itu karena tuntutan persyaratan yang lebih ketat sekarang ini dari sifat dan mutu beton pada kondisi tertentu yang dibutuhkan dalam pembangunan suatu struktur, maka diperlukan penambahan bahan-tambah (*additive*) ke dalam bahan-susun beton untuk memenuhi persyaratan tersebut. *Additive* ini adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan, untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Sifat-sifat beton yang

diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu ikatan), kemudahan pengerjaan, dan sifat kedap terhadap air. Sebelum menggunakan *additive* ini diperlukan evaluasi yang teliti mengenai jumlah bahan-tambah yang akan dicampurkan ke dalam bahan-susun dan pengaruhnya terhadap beton, sehingga pemakaian bahan-tambah ini dapat bermanfaat secara optimal.

Oleh karena itu perlu diadakan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan mineral zeolit dan *additive* terhadap kuat tekan beton dan mortar.

1.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam yang terdapat di Indonesia untuk mendukung perkembangan teknologi beton.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan :

1. kuat tekan beton dan mortar yang lebih tinggi,
2. prosentase optimum kandungan zeolit yang dapat ditambahkan ke dalam bahan-susun beton dan mortar,
3. beton dengan *workability* yang lebih baik .

1.4 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. kuat tekan beton dan mortar setelah ditambahkan zeolit dan *additive*,
2. pengaruh kandungan zeolit di dalam beton dan mortar,
3. pengaruh penambahan *additive* terhadap beton.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut ini.

1. Penelitian beton dan mortar hanya untuk mengetahui kuat tekannya saja.
2. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah 22,5 Mpa.
3. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji beton dan mortar berumur 28 hari dan 35 hari.
4. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
5. Benda uji mortar berbentuk kubus ukuran sisi 5cm x 5cm x 5cm.
6. Komposisi benda uji beton dan mortar dapat dilihat dalam Tabel 1.1 di bawah ini.

Tabel 1.1 Komposisi benda uji beton dan mortar

Benda Uji	Komposisi		Bahan-Susun
	Umur 28 Hari	Umur 35 Hari	
Beton	I	II	PC+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air
	IA	IIA	PC+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air+ <i>Additive</i>
	IB1	IIB1	PC+Zeolit 5%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air
	IB2	IIB2	PC+Zeolit 10%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air

Lanjutan Tabel 1.1 Komposisi benda uji beton dan mortar

	IB3	II B3	PC+Zeolit 15%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air
	IB4	II B4	PC+Zeolit 20%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air
	IC1	II C1	PC+Zeolit 5%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air+Additive
	IC2	II C2	PC+Zeolit 10%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air+Additive
	IC3	II C3	PC+Zeolit 15%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air+Additive
	IC4	II C4	PC+Zeolit 20%+Agregat Kasar+Agregat Halus+Air+Additive
Mortar	IN	II N	PC+Agregat Halus+Air
	IZ1	II Z1	PC+Zeolit 5%+Agregat Halus+Air
	IZ2	II Z2	PC+Zeolit 10%+Agregat Halus+Air
	IZ3	II Z3	PC+Zeolit 15%+Agregat Halus+Air
	IZ4	II Z4	PC+Zeolit 20%+Agregat Halus+Air

7. Jumlah benda uji untuk setiap komposisi adalah 3 buah.
8. Dosis penambahan *additive* dalam Komposisi IA,IIA,IC dan IIC adalah 1% dari berat semen.
9. *Additive* yang dipakai adalah SIKAMENT NN, yaitu bahan-tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air yang digunakan dalam pembuatan campuran beton dan menambah *workability*. Pengurangan air yang dilakukan sebanyak 15% dari jumlah air yang digunakan.
10. Perencanaan campuran beton menggunakan Metode ACI (*American Concrete Institute*).
11. Perencanaan campuran mortar menggunakan Standar Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Teknk Sipil SK SNI M-111-1990-03.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perancangan Campuran Beton

Merancang dan membuat beton sebenarnya tidak sesederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana yang sering dilihat pada pembuatan bangunan sederhana, tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton (beton segar) yang baik sehingga beton (beton keras) yang dihasilkannya juga baik.

Tujuan dari perancangan beton ini adalah untuk menentukan perbandingan campuran bahan untuk mendapatkan beton dengan kondisi seperti yang dibutuhkan dengan biaya yang murah. Sifat yang dapat diatur oleh perbandingan campuran adalah kekuatan, ketahanan kedap air dan kemudahan pengerjaan. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) dan *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). *Segregasi* dan *bleeding* dapat mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Beton (beton keras) dapat

dikategorikan beton yang baik apabila beton tersebut mempunyai sifat yang kuat, tahan lama, awet, kedap air, tahan aus dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil).

2.2 Ketentuan Perencanaan

Penelitian ini mengacu pada ketentuan sebagai berikut ini.

1. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971,
2. SK SNI M -14 - 1989 - F,
3. SK SNI M - 111 - 1990 - 03,
4. *American Concrete Institute (ACI)*.

2.2.1 PBBI 1971

Ketentuan PBBI 1971 yang dipakai dapat dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Kekentalan adukan beton :
 - a. Kekentalan (konsistensi) adukan beton harus disesuaikan dengan cara transport, cara pemadatan, jenis konstruksi yang bersangkutan dan kerapatan dari tulangan.
 - b. Kekentalan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian slump.
 - c. Untuk mencegah adukan yang terlalu kental atau terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai-nilai slump yang terletak di dalam batas-batas yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Untuk maksud dan alasan tertentu, dapat digunakan nilai slump yang menyimpang daripada yang tercantum dalam Tabel 2.1 asalkan dipenuhi hal-hal sebagai berikut ini.

- a. Beton dapat dikerjakan dengan baik.
- b. Tidak terjadi pemisahan dalam adukan.
- c. Mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi.

Tabel 2.1 Nilai slump untuk berbagai jenis struktur

Jenis Konstruksi	Slump	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi tak bertulang, caison	2,5	10
Pelat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan (<i>Pavement</i>)	5	7,5
Beton masa (Konstruksi masa yang berat)	2,5	7.5

- 2. Pengecoran dan pemadatan beton dilakukan dengan cara :
 - a. Beton harus dicor di tempat yang paling dekat dengan tempat rawatan beton untuk mencegah pemisahan bahan-bahan akibat pemindahan adukan di dalam cetakan.
 - b. Untuk mencegah timbulnya rongga-rongga kosong, adukan beton harus dapat dipadatkan selama pengecoran.
 - c. Pemadatan dapat dilakukan dengan menumbuk-nyumbuk adukan atau memukul-mukul cetakan.

3. Rawatan beton :

Untuk mencegah terjadinya pengikatan awal yang terlalu cepat (mendadak) akibat pengaruh panas hidrasi, selama paling sedikit dua minggu beton harus dibasahi terus-menerus, antara lain dengan menutupinya dengan karung-karung basah atau dengan merendamnya di dalam air.

2.2.2 SK SNI M - 14 - 1989 - F

Pengertian kuat tekan beton menurut SK SNI M - 14 - 1989 - F adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Disamping itu tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan dengan prosedur yang benar.

Ketentuan menurut SK SNI M - 14 - 1989 - F merupakan penyempurnaan dari ketentuan PBI 1971. Ketentuan menurut SK SNI M - 14 - 1989 - F yang dipakai sebagai acuan yaitu Bab II pasal 2.2 dijelaskan tentang hal-hal sebagai berikut ini.

1. Benda uji dibuat dari beton segar yang mewakili campuran beton.
2. Pengisian cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan dan pada pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25,4 mm ke dalam lapisan di bawahnya.

3. Setelah melakukan pemadatan, sisi cetakan diketuk perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Setelah itu permukaan beton diratakan dan ditutup dengan bahan yang kedap air serta tahan karat; kemudian beton dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam dan diletakkan pada tempat yang bebas dari getaran.
4. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dan benda uji dikeluarkan, kemudian benda uji direndam dalam bak perendam berisi air pada temperatur 25°C untuk pematangan (*curing*) selama waktu yang dikehendaki.

2.2.3 SK SNI M - 111 - 1990 - 03

Pembuatan benda uji untuk mortar berdasarkan pada ketentuan-ketentuan yang terdapat di dalam SK SNI M - 111 - 1990 -03. Menurut SK SNI M - 111 - 1990 - 03 yang dimaksud dengan kekuatan tekan mortar semen Portland adalah gaya maksimum persatuan luas yang bekerja pada benda uji berbentuk kubus dengan ukuran tertentu dan berumur tertentu, sedangkan gaya maksimum adalah gaya yang bekerja saat benda uji kubus pecah.

Ketentuan yang dipakai sebagai acuan adalah Bab III pasal 3.1 dijelaskan tentang hal-hal sebagai berikut ini.

1. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran sisi 5 cm dibuat dari mortar campuran semen portland, pasir kwarsa, dan air dengan komposisi tertentu.
2. Untuk pembuatan 6 benda uji diperlukan bahan sebagai berikut ini.
 - a) Semen Portland : 500 gram.

- b) Agregat halus : 1.375 gram.
 c) Air : 242 ml.

Rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan :

$$\sigma_m = \frac{P \text{ maks}}{A} \quad (2.1)$$

dengan : σ_m = kekuatan tekan mortar (MPa).

P_{maks} = gaya tekan maksimum (N).

A = luas penampang benda uji (mm^2).

Untuk benda uji kubus dengan panjang sisi 50 mm, maka $A = 2500 \text{ mm}^2$.

2.2.4 ACI Standard

Penelitian ini menggunakan peraturan ACI (*American Concrete Institute*) sebagai dasar perancangan campuran. ACI menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (slump) adukan itu. Secara garis besar langkah perancangan menurut ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat tekan rata-rata beton atau menentukan kuat tekan beton yang akan digunakan (kuat tekan rencana).

Desain campuran ini harus berdasarkan kekuatan yang lebih besar (yang disesuaikan) yaitu f'_{cr} . Kekuatan tekan silinder yang disesuaikan (f'_{cr}) yang dipakai pada perhitungan desain campuran, bergantung pada data lapangan yang ada.

Kekuatan tekan silinder (f'_{cr}) yang dipakai pada perhitungan desain campuran adalah sebagai berikut ini.

a. Tidak ada data uji silinder :

Jika catatan kekuatan yang direncanakan (atau 1000 psi di sekitar mutu yang direncanakan) tidak tersedia, f'_{cr} dihitung dengan menambah kekuatan tekan silinder f'_c dengan suatu harga yang bergantung pada besarnya simpangan yang diharapkan dari kekuatan beton. Simpangan ini dapat dikualifikasikan sebagai harga simpangan baku (*standard deviation*) yang pada Tabel 2.2 dinyatakan sebagai simpangan dari f'_c .

b. Tersedia data uji lebih dari 30 silinder :

Jika data uji lebih dari 30, persamaan (2.2), (2.3) dan (2.4) digunakan untuk memperoleh kekuatan campuran yang diperlukan, f'_{cr} dari f'_c . Jika ada dua kelompok hasil data yang totalnya lebih dari 30, f'_{cr} dihitung menggunakan persamaan (2.2), (2.3), dan (2.5).

c. Tersedia data uji kurang dari 30 silinder :

Jika banyaknya hasil uji lebih dari 15 dan kurang dari 30, maka persamaan (2.2), (2.3), dan (2.4) dipakai bersama-sama dengan Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku

Kuat tekan yang direncanakan $f'c$ (psi)	Kekuatan rata-rata yang diperlukan $f'cr$ (psi)
Kurang dari 3000	$f'c + 1000$
3000 - 5000	$f'c + 1200$
Lebih dari 5000	$f'c + 1400$

Tabel 2.3 Faktor modifikasi simpangan baku jika data uji yang tersedia kurang dari 30 buah

Jumlah benda uji	Faktor modifikasi simpangan baku
Kurang dari 15	Gunakan Tabel 2.2
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Jika data lapangan 30 benda uji berurutan tidak tersedia, maka campuran percobaan harus didesain dengan kuat tekan rencana ($f'cr$) yang dihitung dari :

$$f'cr = f'c + 1,34s \quad (2.2)$$

atau

$$f'cr = f'c + 2,33s - 500 \quad (2.3)$$

dengan : $f'cr$ = kuat tekan rata-rata untuk desain campuran beton.

f_c = kuat tekan yang direncanakan.

s = simpangan baku.

Simpangan baku (s) dihitung dengan persamaan :

$$s = \sqrt{\frac{\sum(f_{ci} - \bar{f}_c)^2}{n - 1}} \quad (2.4)$$

dengan : f_{ci} = kekuatan masing-masing benda uji.

\bar{f}_c = rata-rata dari n benda uji.

Jika dua catatan uji dipakai untuk menentukan kekuatan rata-rata, simpangan baku menjadi :

$$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (2.5)$$

dengan : s_1, s_2 = simpangan baku yang dihitung dari dua catatan uji, berturut-turut uji 1 dan uji 2.

n_1, n_2 = banyaknya benda uji pada masing-masing uji.

Jika banyaknya hasil uji yang tersedia kurang dari 30 dan lebih dari 15, harga s yang dipakai pada persamaan (2.2) dan (2.3) harus dikalikan dengan faktor modifikasi yang tercantum pada Tabel 2.3.

- Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (Tabel 2.4) dan keawetannya (berdasarkan Tabel 2.5), dari dua hasil dipilih yang rendah.

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

Faktor Air Semen	Perkiraan Kuat tekan (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 2.5 Faktor air semen maksimum

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

3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya, berdasarkan jenis strukturnya (dari Tabel 2.6 dan Tabel 2.7).

Tabel 2.6 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding , plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaiosn, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Tabel 2.7 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi Minimum	Balok/Kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (Tabel 2.8).

5. Menghitung jumlah semen yang diperlukan berdasarkan hasil hitungan pada butir 2 dan 4 di atas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halusinya (dari Tabel 2.9).
7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara terperangkap dalam adukan (dalam Tabel 2.8), dengan cara hitungan volume absolut.

Tabel 2.8 Perkiraan kebutuhan air (liter) berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat

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

Tabel 2.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar (m^3) berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirmya

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,61	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59

Lanjutan Tabel 2.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar (m^3) berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya

40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Penelitian dan perancangan adukan berdasarkan pada ketentuan-ketentuan di atas. Benda uji yang digunakan menurut ketentuan SK SNI M - 14 - 1989 - F adalah silinder.

2.3 Kuat Tekan Beton dan Mortar

Pengertian kuat tekan beton dan mortar adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Rumus kuat tekan beton dan mortar dapat ditulis sebagai berikut ini.

$$\text{Kuat tekan} = f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.6)$$

dengan : P = beban maksimum (kg).

A = luas penampang benda uji (cm^2).

2.4 Faktor Air Semen (f.a.s)

Faktor air semen sangat besar pengaruhnya terhadap pembentukan panas hidrasi. Hidrasi ini timbul karena adanya reaksi antara semen dengan air, sedangkan hasil dari reaksi tersebut adalah hidrasi semen. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah f.a.s. maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi. Meskipun semakin rendah f.a.s. semakin tinggi kuat tekannya, akan tetapi ada batasan f.a.s. terendah. Apabila f.a.s. lebih rendah dari batas tersebut, kekuatan tekan beton akan rendah, karena kesulitan dalam pemadatan adukan beton, sehingga beton kurang padat. Faktor air semen ini merupakan perbandingan antara berat air dan berat semen, yang dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

$$\text{Faktor Air Semen (f.a.s)} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \quad (2.7)$$

Menurut Duff Abrams (1919) hubungan antara air semen (f.a.s) dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dalam rumus :

$$f_c = \frac{A}{B^{1.5x}} \quad (2.8)$$

dengan : f_c = kuat tekan beton.

x = f.a.s (yang semula dalam proporsi volume).

A,B = Konstanta.

Untuk memperoleh beton dengan kuat tekan yang tinggi, dalam perancangan adukan beton harus dilakukan pengawasan yang ketat terhadap besarnya faktor air semen.

2.5 Slump

Percobaan slump (uji slump) adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Adukan beton yang kelecakannya tinggi akan memperoleh nilai slump yang besar, sedangkan adukan beton yang kelecakannya rendah akan memperoleh nilai slump yang kecil.

2.6 Mineral Zeolit Sebagai Campuran Semen Portland

Mineral zeolit di dalamnya mengandung ikatan alumino-silikat, di mana unsur silika mudah tergantikan oleh unsur aluminium. Ion silika yang tergantikan oleh aluminium tersebut akan membentuk ikatan silika bebas. Sedangkan salah satu faktor penentu kekuatan atau mutu semen adalah ikatan silika bebas, sehingga pemakaian mineral zeolit sebagai campuran semen Portland akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih baik dari pada beton yang dibuat dari semen Portland. Semen Portland yang dibuat dari tuf zeolit disamping mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi juga mempunyai daya tahan terhadap reaksi kimia (Mursi Sutarti dan Minta Rachmawati, 1994). Unsur-unsur yang terdapat dalam zeolit dapat dilihat pada lampiran 1.

2.7 Bahan-Tambah (*Additive*)

Additive yang digunakan adalah SIKAMENT NN yang diperoleh dari PT. Sika Nusa Pratama sebagai distributor yang ada di Indonesia. *Additive* ini berfungsi untuk mengurangi kadar air, mempertinggi kelecakan yang pada akhirnya akan menaikkan mutu beton. Dosis yang disarankan oleh produsen SIKAMENT NN adalah 0,4 - 1,5% dari berat semen. Dosis yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan tekan pada beton.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian ini diperlukan suatu metode penelitian, metode yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Tempat penelitian
2. Persiapan bahan.
3. Peralatan penelitian.
4. Perancangan adukan beton.
5. Perancangan adukan mortar.
6. Persiapan dan pencampuran bahan-susun beton dan mortar.
7. Pengujian slump.
8. Pemadatan adukan.
9. Rawatan benda uji.
10. Pengujian kuat tekan.
11. Pengumpulan dan pengolahan data.

3.1.1 Tempat Penelitian

Pembuatan dan pengujian benda uji dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

3.1.2 Persiapan Bahan

Berdasarkan jenis bahan atau material yang digunakan maka dilakukan persiapan bahan sebagai berikut ini.

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen Portland Gresik jenis I ukuran 50 kg. Sebelum digunakan dilakukan pemeriksaan secara visual dengan melihat warna butiran semen (abu-abu) dan tidak terjadi gumpalan butiran.

2. Air

Air yang digunakan adalah air yang tersedia di laboratorium Teknologi Beton FTSP UII yang berasal dari aliran PDAM Sleman sehingga secara kualitas telah memenuhi syarat untuk bahan campuran beton.

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar Clereng hasil pemecahan mesin dengan diameter maksimum 23 mm. Sebelum digunakan terlebih dahulu dilakukan pencucian dengan tujuan untuk memisahkan agregat dari butiran halus dan partikel debu, kemudian dilakukan pemeriksaan berat jenis.

4. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah agregat halus dari Kali Krasak yang didapat secara alami dengan diameter maksimum 4,80 mm. Sebelum digunakan dilakukan pencucian untuk mendapatkan material yang bersih dari partikel debu, kemudian dilakukan pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB), berat jenis dan kandungan lumpur.

5. Zeolit

Zeolit yang digunakan adalah zeolit yang berasal dari Cipatujah Tasikmalaya. Sebelum digunakan dilakukan pemecahan dengan mesin sampai didapat butiran yang lolos saringan nomor 200.

6. Bahan-tambah (*Additive*)

Additive yang digunakan adalah SIKAMENT NN dari PT. Sika Nusa Pratama. Penambahan *additive* sesuai dengan dosis yang dianjurkan oleh produsennya yaitu antara 0,4% - 1,5% dari berat semen. Dalam penelitian ini digunakan dosis 1 % dari berat semen.

3.1.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Timbangan

Alat ini digunakan untuk menimbang kebutuhan bahan-susun beton dan mortar sesuai dengan hasil perhitungan perencanaan adukan.

2. Cetakan silinder dan kubus

Cetakan silinder digunakan untuk membuat benda uji beton, ukuran cetakan silinder adalah tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Cetakan kubus digunakan untuk membuat benda uji mortar, ukuran cetakan kubus adalah 5 cm x 5 cm x 5 cm.

3. Mesin uji tekan

Mesin ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton dan mortar. Mesin yang digunakan merk *Controls*.

4. Kerucut Abrams

Alat ini digunakan untuk menentukan nilai slump suatu adukan beton. Kerucut ini mempunyai lubang pada kedua ujungnya, dengan diameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm dan tinggi 300 mm.

5. Kalifer dan penggaris

Alat ini digunakan untuk mengukur luas benda uji beton dan mortar.

6. Ayakan

Alat ini digunakan untuk menyaring zeolit sampai dengan lolos ayakan 200 dan untuk mengetahui nilai Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus.

3.1.4 Perancangan Adukan Beton

Perhitungan campuran beton didasarkan pada data bahan susun beton sebagai berikut ini.

1. BJ agregat kasar $= 2,63 \text{ g/cm}^3$.

2. BJ agregat halus = 2,57 g/cm³.
3. MHB agregat halus = 2,53.
4. Kandungan lumpur agregat halus = 1,37%.
5. Berat kering tusuk agregat kasar SSD = 1,52 t/m³.

(hasil pengujian BJ, MHB, kandungan lumpur dan berat kering tusuk agregat kasar SSD dapat dilihat pada lampiran 2, 3, 4, 5 dan 6)

6. BJ semen Portland = 3,15 g/cm³.
7. Diameter maksimum agregat kasar = 23 mm.
8. Kuat tekan rencana = 22,5 MPa.

Perancangan adukan beton pada penelitian ini menggunakan cara ACI. ACI menyarankan perancangan campuran supaya selalu memperhatikan nilai ekonomis, kemudahan pengerjaan, keawetan dan kekuatan sesuai dengan yang diinginkan. Untuk membuat suatu adukan beton, terlebih dahulu perlu diketahui perbandingan komposisi bahan-bahan penyusunnya.

Uraian perencanaan campuran beton cara ACI sebagai berikut ini.

1. Kekuatan beton yang dispesifikasikan (f_c) = 22,5 MPa = 3260,870 psi.

Jumlah benda uji untuk tiap variasi dan tiap pengujian kuat desak = 3 buah.

Berdasarkan Tabel 2.3 untuk jumlah benda uji kurang dari 15 buah gunakan Tabel

2.2, yaitu :

untuk $f_c = 3000 - 5000$ psi maka : $f_{cr} = f_c + 1200 = 3260,87 + 1200$

$$= 4460,870 \text{ psi} = 30,780 \text{ MPa}$$

2. Nilai fas

Berdasarkan Tabel 2.4 dan kekuatan umur yang dikehendaki didapat nilai fas = 0,494.

Berdasarkan Tabel 2.5, beton yang terlindung dari hujan dan terik matahari langsung didapat nilai fas = 0,600.

Dari kedua nilai fas di atas dipakai nilai fas yang terendah = 0,494.

3. Nilai Slump

Berdasarkan Tabel 2.6 untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 - 15 cm.

4. Jumlah air yang diperlukan

Berdasarkan Tabel 2.8, ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan.

Ukuran maksimum agregat = 23 mm.

Slump = 75 - 150 mm.

Jumlah air yang diperlukan = 199,1 liter = 199,1 kg.

Udara terperangkap = 1,85 %.

5. Menghitung kebutuhan semen

$$f.a.s = \frac{W_{air}}{W_{pc}}$$

$$W_{pc} = \frac{W_{air}}{fas} = \frac{199,1}{0,494} = 403,036 \text{ kg} = 0,403036 \text{ ton.}$$

$$\text{Volume pc} = \frac{W_{pc}}{BJ_{pc}} = \frac{0,403036}{3,150} = 0,128 \text{ m}^3.$$

6. Menetapkan volume agregat kasar tiap m^3 beton berdasarkan Tabel 2.9, untuk diameter maksimum agregat = 23 mm dan Modulus Halus Butir (MHB) pasir = 2,53 didapat :

$$\text{Volume agregat kasar (VK)} = 0,654 \text{ m}^3.$$

$$\text{Berat agregat kasar} = \text{VK} \times \text{BJ kering tusuk SSD}$$

$$= 0,654 \text{ m}^3 \times 1,52 \text{ t/m}^3 = 0,994 \text{ ton} = 994 \text{ kg.}$$

$$\text{Volume agregat kasar padat} = \frac{\text{Berat agregat kasar}}{\text{BJ kerikil}} = \frac{0,994}{2,630} = 0,378 \text{ m}^3.$$

7. Volume agregat halus yang diperlukan berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (dari Tabel 2.8), dengan cara hitungan volume absolut.

$$1 \text{ m}^3 \text{ beton} = \text{volume pc} + \text{volume agregat kasar padat} + \text{volume air} + \text{volume udara terperangkap} + \text{volume agregat halus padat.}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ beton} = 0,128 + 0,378 + 0,1991 + 0,0185 + \text{volume agregat halus padat.}$$

$$\text{Volume agregat halus padat} = 1 - 0,724 = 0,276 \text{ m}^3.$$

$$\text{Berat agregat halus} = \text{Volume agregat halus padat} \times \text{BJ agregat halus.}$$

$$= 0,276 \times 2,57$$

$$= 0,710 \text{ ton} = 710 \text{ kg.}$$

Jadi dalam 1 m³ beton dengan f'c 22,5 MPa diperlukan :

- a. semen = 403,036 kg,
- b. agregat kasar = 994,000 kg,
- c. agregat halus = 710,000 kg,
- d. air = 199,100 lt.

Setiap adukan 6 buah silinder diperlukan material :

$$\text{Volume 6 silinder} = 1/4 \times 3,14 \times (0,15)^2 \times 0,3 \times 6 = 0,032 \text{ m}^3.$$

Untuk pengerjaan kebutuhan material setiap adukan diberi penambahan 10%, dengan demikian jumlah material yang dibutuhkan yaitu :

- a. semen = $1,1 \times 0,032 \times 403,036$ = 14,187 kg,
- b. agregat kasar = $1,1 \times 0,032 \times 994$ = 34,989 kg,
- c. agregat halus = $1,1 \times 0,032 \times 710$ = 24,992 kg,
- d. air = $1,1 \times 0,032 \times 199,1$ = 7,008 lt.

Jumlah bahan-bahan tersebut digunakan sebagai adukan dasar beton.

Setiap komposisi terdiri dari 3 buah benda uji, dan pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 dan 35 hari.

Komposisi dan kebutuhan bahan-susun benda uji beton yang digunakan adalah sebagai berikut ini.

1. Komposisi I dan II :

Adukan dasar beton normal.

Berat semen yang diperlukan = 14,187 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = 7,008 lt.

2. Komposisi IA dan IIA :

Penambahan *additive* sebanyak 1% dari berat semen.

Berat semen yang diperlukan = 14,187 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = $7,008 - (15\% \times 7,008)$ = 5,957 lt.

Berat *additive* yang diperlukan = $1\% \times 14,187$ = 0,142 kg.

3. Komposisi IB1 dan IIB1 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 5%.

Berat zeolit yang diperlukan = $5\% \times 14,187$ = 0,709 kg.

Berat semen yang diperlukan = $14,187 - 0,709$ = 13,478 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = 7,008 lt.

4. Komposisi IB2 dan IIB2 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 10%.

Berat zeolit yang diperlukan = $10\% \times 14,187$ = 1,419 kg.

Berat semen yang diperlukan = $14,187 - 1,419$ = 12,768 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 37,989 kg.

Berat air yang diperlukan = 7,008 lt.

5. Komposisi IB3 dan IIB3 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 15%.

Berat zeolit yang diperlukan = $15\% \times 14,187$ = 2,128 kg.

Berat semen yang diperlukan = $14,187 - 2,128$ = 12,059 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = 7,008 lt.

6. Komposisi IB4 dan IIB4 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 20%.

Berat zeolit yang diperlukan = $20\% \times 14,187$ = 2,837 kg.

Berat semen yang diperlukan = $14,187 - 2,837$ = 11,350 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = 7,008 lt.

7. Komposisi IC1 dan IIC1 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 5% dan penambahan *additive* sebanyak 1% dari berat semen.

Berat zeolit yang diperlukan = $5\% \times 14,187$ = 0,709 kg.

Berat <i>additive</i> yang diperlukan	$= 1\% \times 14,187$	$= 0,142 \text{ kg.}$
Berat semen yang diperlukan	$= 14,187 - 0,709$	$= 13,478 \text{ kg.}$
Berat agregat halus yang diperlukan		$= 24,992 \text{ kg.}$
Berat agregat kasar yang diperlukan		$= 34,989 \text{ kg.}$
Berat air yang diperlukan	$= 7,008 - (15\% \times 7,008)$	$= 5,957 \text{ lt.}$

8. Komposisi IC2 dan IIC2 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 10% dan penambahan *additive* sebanyak 1% dari berat semen.

Berat zeolit yang diperlukan	$= 10\% \times 14,187$	$= 1,419 \text{ kg.}$
Berat <i>additive</i> yang diperlukan	$= 1\% \times 14,187$	$= 0,142 \text{ kg.}$
Berat semen yang diperlukan	$= 14,187 - 1,419$	$= 12,768 \text{ kg.}$
Berat agregat halus yang diperlukan		$= 24,992 \text{ kg.}$
Berat agregat kasar yang diperlukan		$= 34,989 \text{ kg.}$
Berat air yang diperlukan	$= 7,008 - (15\% \times 7,008)$	$= 5,957 \text{ lt.}$

9. Komposisi IC3 dan IIC3 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 15% dan penambahan *additive* sebanyak 1% dari berat semen.

Berat zeolit yang diperlukan	$= 15\% \times 14,187$	$= 2,128 \text{ kg.}$
Berat <i>additive</i> yang diperlukan	$= 1\% \times 14,187$	$= 0,142 \text{ kg.}$
Berat semen yang diperlukan	$= 14,187 - 2,128$	$= 12,059 \text{ kg.}$
Berat agregat halus yang diperlukan		$= 24,534 \text{ kg.}$

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = $7,008 - (15\% \times 7,008)$ = 5,957 lt.

10. Komposisi IC4 dan IIC4 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 20% dan penambahan *additive* sebanyak 1% dari berat semen.

Berat zeolit yang diperlukan = $20\% \times 14,187$ = 2,837 kg.

Berat *additive* yang diperlukan = $1\% \times 14,187$ = 0,142 kg.

Berat semen yang diperlukan = $14,187 - 2,837$ = 11,350 kg.

Berat agregat halus yang diperlukan = 24,992 kg.

Berat agregat kasar yang diperlukan = 34,989 kg.

Berat air yang diperlukan = $7,008 - (15\% \times 7,008)$ = 5,957 lt.

Jumlah keseluruhan kebutuhan bahan-susun untuk pembuatan benda uji beton adalah sebagai berikut ini.

1. Semen : 127,684 kg.
2. Agregat halus : 249,920 kg.
3. Agregat kasar : 349,890 kg.
4. Air : 64,825 lt.
5. Zeolit : 14,186 kg.
6. *Additive* : 0,710 kg.

Nilai fas pada beton dengan penambahan *additive* adalah sebagai berikut ini.

$$fas = \frac{W_{air} + W_{additive}}{W_{Pc}} = \frac{5,957 + 0,142}{14,187}$$

$$fas = 0,4299$$

3.1.5 Perancangan Adukan Mortar

Perancangan adukan mortar pada penelitian ini didasarkan pada ketentuan-ketentuan yang ada dalam SK SNI M-111-1990-03, yaitu :

1. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran sisi 5 cm.
2. Untuk pembuatan 6 benda uji diperlukan bahan-susun sebagai berikut ini.
 - a. Semen Portland = 500 gram.
 - b. Agregat halus = 1375 gram.
 - c. Air = 242 ml.

Untuk pengerjaan kebutuhan material setiap adukan diberi penambahan 10%, dengan demikian jumlah material yang dibutuhkan adalah sebagai berikut ini.

- a. Semen Portland = $1,1 \times 500$ = 550,000 gram.
- b. Agregat halus = $1,1 \times 1375$ = 1512,500 gram.
- c. Air = $1,1 \times 242$ = 266,200 ml

Dalam penelitian ini bahan-susun semen Portland diganti zeolit dengan komposisi zeolit 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen.

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah benda uji berumur 28 dan 35 hari.

Jumlah benda uji untuk masing-masing komposisi adalah 3 buah.

Komposisi dan kebutuhan bahan-susun mortar yang diperlukan adalah sebagai berikut ini.

1. Komposisi 1N dan IIN :

Adukan dasar mortar normal.

Berat semen yang diperlukan = 550,000 gram.

Berat agregat halus yang diperlukan = 1512,500 gram.

Berat air yang diperlukan = 266,200 ml.

2. Komposisi 1Z1 dan IZ1:

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 5%.

Berat zeolit yang diperlukan = $5\% \times 550$ = 27,500 gram.

Berat semen yang diperlukan = $550 - 27,500$ = 522,500 gram.

Berat agregat halus yang diperlukan = 1512,500 gram.

Berat air yang diperlukan = 266,200 ml.

3. Komposisi 1Z2 dan IZ2 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 10%.

Berat zeolit yang diperlukan = $10\% \times 550$ = 55,000 gram.

Berat semen yang diperlukan = $550 - 55,000$ = 495,000 gram.

Berat agregat halus yang diperlukan = 1512,500 gram.

Berat air yang diperlukan = 266,200 ml.

4. Komposisi IZ3 dan IIZ3 :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 15%.

$$\text{Berat zeolit yang diperlukan} = 15\% \times 550 = 82,500 \text{ gram.}$$

$$\text{Berat semen yang diperlukan} = 550 - 82,500 = 467,500 \text{ gram.}$$

$$\text{Berat agregat halus yang diperlukan} = 1512,500 \text{ gram.}$$

$$\text{Berat air yang diperlukan} = 266,200 \text{ ml.}$$

5. Komposisi IZA dan IIZA :

Penggantian semen dengan zeolit sebanyak 20%.

$$\text{Berat zeolit yang diperlukan} = 20\% \times 550 = 110,000 \text{ gram.}$$

$$\text{Berat semen yang diperlukan} = 550 - 110,000 = 440,000 \text{ gram.}$$

$$\text{Berat agregat halus yang diperlukan} = 1512,500 \text{ gram.}$$

$$\text{Berat air yang diperlukan} = 266,200 \text{ ml.}$$

Jumlah keseluruhan kebutuhan bahan-susun benda uji mortar adalah sebagai berikut ini.

1. Semen : 2475,000 gram.
2. Agregat halus : 7562,500 gram.
3. Air : 1331,000 ml.
4. Zeolit : 275,000 gram.

3.1.6 Persiapan dan Pencampuran Bahan-Susun

Jumlah bahan-susun untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini didasarkan pada hasil perhitungan seperti yang telah disebutkan di atas.

Langkah-langkah dalam tahap ini yaitu :

1. semua bahan dan alat untuk pembuatan benda uji disiapkan dan dibersihkan,
2. cetakan silinder dan kubus dilumasi oli untuk mempermudah dalam melepas cetakan,
3. bahan-susun ditimbang sesuai dengan perhitungan campuran di atas,
4. untuk komposisi dengan penambahan zeolit, dilakukan pencampuran terlebih dahulu antara zeolit dan semen sampai dengan campuran yang dihasilkan homogen,
5. pengadukan bahan-susun berturut-turut, agregat kasar, agregat halus, semen dan air, untuk komposisi dengan penambahan *additive*, *additive* dicampurkan setelah bahan-susun lainnya tercampur secara homogen.

3.1.7 Pengujian Slump

Setelah adukan beton tercampur secara homogen kemudian dilakukan pengujian slump. Uji slump dilakukan menurut *British Standard* (BS. 1881. 1970) yaitu dengan menggunakan kerucut yang tingginya 300 mm, diameter dasar 200 mm dan diameter atas 100 mm. Cara pelaksanaan pengujian slump yaitu kerucut diletakkan di atas bidang datar dan licin tidak menyerap air. Setelah itu kerucut ditekan ke bawah dengan kuat, kemudian cetakan diisi 1/3 tinggi kerucut dengan campuran adukan beton dan ditusuk sebanyak 25 kali dengan tongkat besi berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm yang berujung bulat. Pengisian dilakukan dengan tiga lapis dan tiap lapis ditusuk 25 kali. Setelah lapisan paling atas selesai ditusuk kemudian permukaan atas kerucut diratakan,

selanjutnya kerucut diangkat perlahan-lahan dan kerucut diletakkan di sampingnya, kemudian diukur tinggi penurunan benda uji beton. Nilai tersebut adalah nilai slump yang dihasilkan adukan. Untuk adukan mortar tidak dilakukan pengujian slump.

3.1.8 Pematatan Adukan

Setelah pengujian slump, adukan beton dan mortar dimasukkan ke dalam cetakan kemudian dilakukan pematatan. Pematatan beton pada penelitian ini dilakukan secara manual dengan menusuk-nusuk adukan dalam cetakan sebanyak 25 kali pada lapis demi lapis. Untuk pematatan mortar dilakukan dengan menusuk-nusuk adukan dalam cetakan sebanyak 10 kali pada lapis demi lapis. Tujuan pematatan adukan pada penelitian ini adalah untuk meminimalkan rongga atau pori yang terjadi di dalam beton dan mortar.

3.1.9 Rawatan Benda Uji

Setelah adukan di dalam cetakan berumur 1 hari cetakan dibuka, kemudian dilakukan rawatan. Beberapa cara rawatan beton yang biasa dilakukan adalah merendam beton segar di dalam air, menyelimuti permukaan beton dengan karung basah atau menyirami permukaan beton setiap saat secara terus menerus. Dalam penelitian ini rawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam di dalam air.

3.1.10 Pengujian Kuat Tekan

Setelah benda uji berumur 28 hari dan 35 hari dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin penguji kuat tekan, 1 hari sebelum dilakukan pengujian benda uji diangkat dari bak perendaman.

Langkah pengujian kuat tekan beton dan mortar adalah sebagai berikut ini.

1. Benda uji beton diukur tinggi dan diameternya, sedangkan benda uji mortar dilakukan pengukuran panjang dan lebar.
2. Melakukan pemeriksaan permukaan benda uji, apabila permukaannya tidak rata maka dilakukan perataan dengan menambahkan belerang yang telah dicairkan ke atas permukaan yang tidak rata.
3. Benda uji diletakkan pada mesin tekan pada tempat yang telah disediakan.
4. Benda uji mulai dilakukan pembebanan sampai dengan benda uji hancur.

3.1.11 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Beban pada saat benda uji hancur dicatat sesuai dengan skala penunjuk pada mesin tekan, kemudian data yang telah dikumpulkan diolah untuk menghitung kekuatan tekan beton dan mortar.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Slump.
2. Kuat tekan beton umur 28 hari.
3. Kuat tekan beton umur 35 hari.
4. Kuat tekan mortar umur 28 hari.
5. Kuat tekan mortar umur 35 hari.

Penghitungan kuat tekan beton yang direncanakan ($f'c$) menggunakan rumus seperti yang tercantum dalam Tabel 2.2 untuk $f'c$ antara 3000 Psi - 5000 Psi.

4.1.1 Slump

Hasil pengujian slump adukan beton dapat dilihat dalam Tabel 4.1. Sedangkan untuk adukan mortar tidak dilakukan uji slump karena tidak ada rekomendasi untuk melakukan uji slump, tetapi dilakukan pengamatan terhadap adukan yang dihasilkan.

Tabel 4.1 Hasil pengujian slump

Komposisi	Slump
I dan II	10,5000 cm
IB1 dan IIB1	10,0000 cm
IB2 dan IIB2	8,5000 cm
IB3 dan IIB3	5,5000 cm
IB4 dan IIB4	5,0000 cm
IA dan IIA	11,0000 cm
IC1 dan IIC1	10,5000 cm
IC2 dan IIC2	9,0000 cm
IC3 dan IIC3	7,5000 cm
IC4 dan IIC4	6,5000 cm

4.1.2 Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dari beberapa komposisi dapat dilihat dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Kuat tekan beton umur 28 hari

Komposisi	No	Diameter (cm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	f _c (MPa)	f _{cr} (MPa)	f _c (MPa)
I Beton normal	1	15,0000	17671,4587	550	31,1236	31,0260	22,7460
	2	14,9150	17471,7496	540	30,9070		
	3	14,9500	17553,8453	545	31,0473		
IA Beton normal + additive	1	15,0000	17671,4587	610	34,5189	35,3678	27,0878
	2	15,0000	17671,4587	625	35,3678		
	3	15,0000	17671,4587	640	36,2166		
IB1 Beton zeolit 5%	1	15,0000	17671,4587	340	19,2401	20,2161	11,9361
	2	14,9000	17436,6246	352	20,1874		
	3	15,0000	17671,4587	375	21,2207		
IB2 Beton zeolit 10%	1	15,0800	17860,4569	295	16,5169	19,5069	11,2269
	2	15,0400	17765,8321	345	19,4193		
	3	14,5400	16604,2282	375	22,5846		

Lanjutan Tabel 4.2 Kuat tekan beton umur 28 hari

Komposisi	No	Diameter (cm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	fc (MPa)	f'cr (MPa)	f'c (MPa)
IB3 Beton zeolit 15%	1	15,0400	17765,8321	290	16,3235	18,7031	10,4231
	2	15,1000	17907,8635	352	19,6562		
	3	15,0900	17884,1524	360	20,1296		
IB4 Beton zeolit 20%	1	15,0500	17789,4648	310	17,4260	18,6318	10,3518
	2	15,0500	17789,4648	330	18,5503		
	3	15,0000	17671,4587	352	19,9191		
IC1 Beton zeolit 5%+additive	1	15,0500	17789,4648	390	21,9231	23,0139	14,7339
	2	15,0000	17671,4587	390	22,0695		
	3	14,9550	17565,5890	440	25,0490		
IC2 Beton zeolit 10%+additive	1	15,0000	17671,4587	500	28,2942	30,3773	22,0973
	2	14,9600	17577,3366	540	30,7214		
	3	14,9000	17436,6246	560	32,1163		
IC3 Beton zeolit 15%+additive	1	15,0000	17671,4587	540	30,5577	32,7631	24,4831
	2	15,0400	17765,8321	580	32,6469		
	3	15,0000	17671,4587	620	35,0848		
IC4 Beton zeolit 20%+additive	1	15,0000	17671,4587	365	20,6548	22,0001	13,7201
	2	15,0500	17789,4648	390	21,9231		
	3	15,1100	17931,5904	420	23,4224		

4.1.3 Kuat Tekan Beton Umur 35 Hari

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 35 hari dari beberapa komposisi dapat dilihat dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kuat tekan beton umur 35 hari

Komposisi	No	Diameter (cm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	fc (MPa)	f'cr (MPa)	f'c (MPa)
II Beton normal	1	15,1000	17907,8635	560	31,2712	32,1306	23,8506
	2	15,0000	17671,4587	570	32,2554		
	3	14,9900	17647,9046	580	32,8651		

Lanjutan Tabel 4.3 Kuat tekan beton umur 35 hari

Komposisi	No	Diameter (cm)	Luas (mm ²)	Beban (kN)	f _c (MPa)	f' _{cr} (MPa)	f' _c (MPa)
IIA Beton normal + additive	1	15,0300	17742,2152	620	34,9449	35,6800	27,4000
	2	14,9800	17624,3662	635	36,0297		
	3	15,0900	17884,1524	645	36,0654		
IIB1 Beton zeolit 5%	1	14,9400	17530,3698	630	35,9376	37,3237	29,0437
	2	15,0100	17695,0285	665	37,5812		
	3	15,1700	18074,2815	695	38,4524		
IIB2 Beton zeolit 10%	1	15,0350	17765,8321	505	28,4245	31,6147	23,3347
	2	15,0350	17765,8321	565	31,8026		
	3	15,0350	17765,8321	615	34,6170		
IIB3 Beton zeolit 15%	1	15,0250	17730,4126	510	28,7641	31,0861	22,8061
	2	15,0000	17671,4587	570	32,2554		
	3	15,2000	18145,8392	585	32,2388		
IIB4 Beton zeolit 20%	1	15,0000	17671,4587	505	28,5772	29,4728	21,1928
	2	15,2000	18145,8392	510	28,1056		
	3	15,3200	18433,4834	585	31,7357		
IIC1 Beton zeolit 5%+additive	1	15,0150	17706,8193	450	25,4139	27,8866	19,6066
	2	15,0000	17671,4587	495	28,0113		
	3	15,0100	17695,0285	535	30,2345		
IIC2 Beton zeolit 10%+additive	1	15,0950	17896,0060	490	27,3804	30,9461	22,6661
	2	15,0000	17671,4587	505	28,5772		
	3	14,9800	17624,3662	650	36,8808		
IIC3 Beton zeolit 15%+additive	1	15,0500	17789,4648	595	33,4468	38,3818	30,1019
	2	15,1000	17907,8635	695	38,8098		
	3	15,0700	17836,7771	765	42,8889		
IIC4 Beton zeolit 20%+additive	1	15,2350	18229,5017	420	23,0396	28,4427	20,1627
	2	15,1200	17955,3330	545	30,3531		
	3	15,0750	17848,6151	570	31,9353		

4.1.4 Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan mortar umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Kuat tekan mortar umur 28 hari

Komposisi	No	Sisi (cmxcm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	fc (MPa)	f _{cr} (MPa)
IN Mortar normal	1	4,950x5,075	2512,1250	60803,4000	24,2040	24,7928
	2	5,140x5,190	2667,6600	63990,0675	23,9876	
	3	5,100x5,350	2733,8500	71591,1000	26,1869	
IZ1 Mortar zeolit 5%	1	5,180x5,230	2709,1400	51486,7500	19,0048	23,0171
	2	5,050x5,200	2626,0000	62764,8000	23,9013	
	3	5,110x5,120	2616,3200	68403,8250	26,1451	
IZ2 Mortar zeolit 10%	1	5,050x5,100	2575,5000	50260,8750	19,5150	22,2613
	2	5,260x5,370	2824,6200	59822,7000	21,1790	
	3	5,035x5,170	2603,0950	67913,4750	26,0900	
IZ3 Mortar zeolit 15%	1	5,000x5,230	2615,0000	39228,0000	15,0011	16,7155
	2	5,160x5,330	2750,2800	47073,6000	17,1160	
	3	5,025x5,250	2638,1250	47563,9500	18,0295	
IZ4 Mortar zeolit 20%	1	5,245x5,270	2764,1150	15593,1300	5,6413	11,0134
	2	5,090x5,300	2697,7000	36776,2500	13,6324	
	3	5,210x5,230	2724,8300	37511,7750	13,7666	

4.1.5 Kuat Tekan Mortar Umur 35 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan mortar umur 35 hari dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kuat tekan mortar umur 35 hari

Komposisi	No	Sisi (cmxcm)	Luas (mm ²)	Beban (N)	f _c (MPa)	f' _{cr} (MPa)
IIN Mortar normal	1	5,190x5,200	2698,8000	64726,2000	23,9833	25,4358
	2	5,180x5,200	2693,6000	68158,6500	25,3039	
	3	5,190x5,210	2703,9900	73062,1500	27,0201	
IIZ1 Mortar zeolit 5%	1	5,015x5,120	2567,6800	70021,9800	27,2705	27,4476
	2	5,045x5,140	2593,1300	71296,8900	27,4945	
	3	5,095x5,130	2613,7350	72081,4500	27,5779	
IIZ2 Mortar zeolit 10%	1	5,120x5,185	2654,7200	61489,8900	23,1625	26,6288
	2	5,000x5,095	2547,5000	69727,7700	27,3711	
	3	5,150x5,216	2686,2400	78848,2800	29,3527	
IIZ3 Mortar zeolit 15%	1	5,160x5,195	2680,6200	48152,3700	17,9631	19,6467
	2	5,230x5,260	2750,9800	51584,8200	18,7514	
	3	4,925x5,510	2713,6750	60313,0500	22,2256	
IIZ4 Mortar zeolit 20%	1	5,295x5,340	2827,5300	29421,0000	10,4052	14,2955
	2	5,070x5,345	2709,9150	30401,7000	11,2187	
	3	5,270x5,330	2808,9100	59724,6300	21,2626	

4.2 Pembahasan

4.2.1 *Workability* Adukan Beton dan Mortar

Workability adukan yang diperoleh sangat berkaitan dengan nilai slump yang dihasilkan dari suatu adukan. Dalam penelitian ini nilai slump yang digunakan sesuai dengan rekomendasi dalam metode ACI yaitu nilai slump untuk pelat, balok, kolom, dan dinding adalah antara 7,5 cm - 15 cm. Dari hasil pengukuran, nilai slump adukan beton yang dihasilkan tidak sama, hal ini dapat dilihat dalam Tabel 4.1. Oleh karena itu

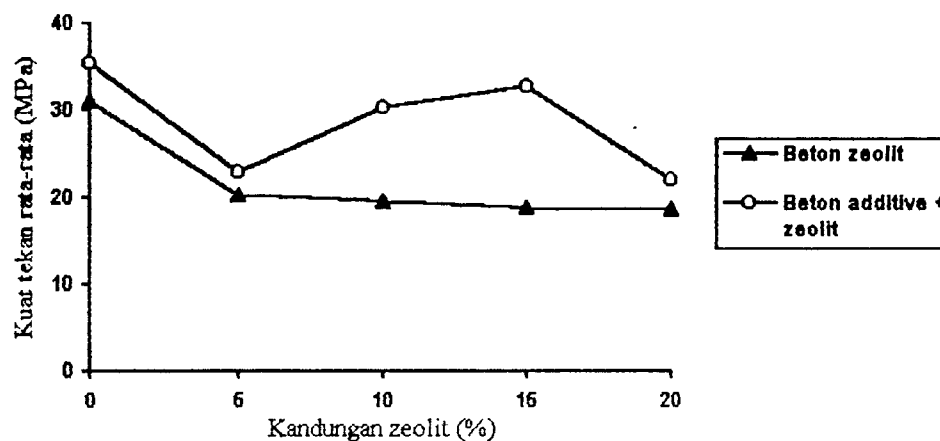
workability yang dihasilkan mengalami perbedaan, semakin tinggi nilai slump akan semakin baik *workability* yang dihasilkan, demikian juga sebaliknya.

Dari Tabel 4.1 untuk komposisi IB3, IIB3, IB4, IIB4, IC4 dan IIC4 nilai slump yang dihasilkan di bawah nilai yang direkomendasikan sehingga mempunyai kelecakan adukan yang rendah, hal ini menyebabkan pelaksanaan pencampuran dan pemadatan adukan mengalami kesulitan. Oleh karena itu diperlukan pengawasan yang lebih ketat agar beton yang dihasilkan mempunyai mutu yang baik. Untuk komposisi lainnya nilai slump yang dihasilkan masih di dalam rekomendasi yang diberikan yaitu antara 7,5 cm - 15 cm, sehingga dalam pelaksanaan pencampuran dan pemadatan adukan beton tidak mengalami kesulitan. Dari pengamatan yang dilakukan untuk adukan mortar, semakin banyak jumlah zeolit yang dicampurkan ke dalam bahan-susun mortar menyebabkan berkurangnya kelecakan adukan, sehingga *workability* yang dihasilkan semakin berkurang. Perbedaan nilai slump yang dihasilkan ini disebabkan pengaruh dari penggantian semen dengan zeolit dan *additive*. Hal ini disebabkan zeolit mempunyai sifat menyerap air sehingga semakin banyak zeolit dicampurkan ke dalam bahan-susun semakin kecil nilai slump dan *workability* yang dihasilkan. Penambahan *additive* dapat meningkatkan nilai slump dan *workability* adukan beton yang dihasilkan.

4.2.2 Kuat Tekan Beton dan Mortar

1. Kuat tekan beton umur 28 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton dengan kandungan zeolit dan penambahan *additive* + zeolit umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan zeolit dan beton dengan penambahan *additive* + zeolit umur 28 hari

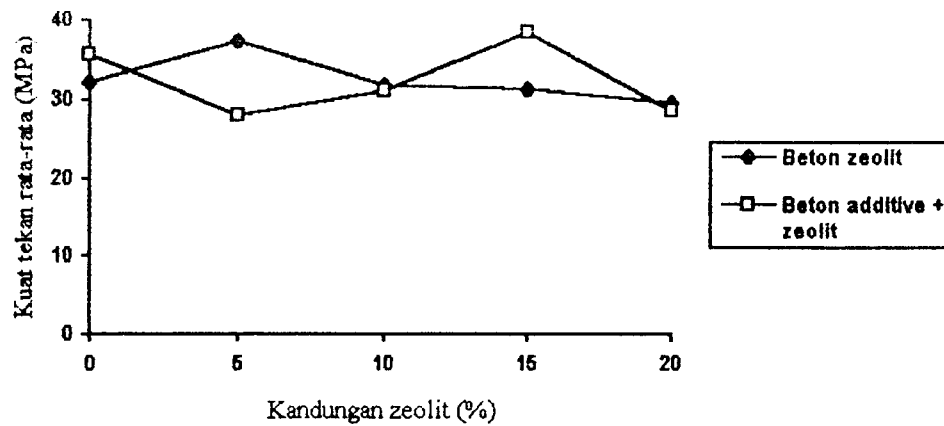
Penurunan kuat tekan beton dengan kandungan zeolit umur 28 hari dibandingkan kuat tekan beton normal disebabkan karena pengaruh zeolit. Zeolit ini di dalamnya mengandung silika yang menyebabkan beton memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai kuat tekan rencana. Oleh karena itu pada beton umur 28 hari, semakin banyak zeolit menggantikan semen menyebabkan kuat tekan yang dihasilkan semakin rendah.

Dari Gambar 4.1 beton pada komposisi IA $f'_{cr} = 35,3678$ MPa mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan komposisi I $f'_{cr} = 31,0260$ MPa, terjadi

peningkatan $f'_{cr} = 4,3418$ MPa (13,9941%). Beton komposisi IB1 menghasilkan $f'_{cr} = 20,2161$ MPa sedangkan komposisi IC1 menghasilkan $f'_{cr} = 23,0139$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 2,7978$ MPa (13,8395%). Pada komposisi IB2 $f'_{cr} = 19,5069$ MPa sedangkan pada komposisi IC2 $f'_{cr} = 30,3773$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 10,8704$ MPa (55,7259%). Untuk komposisi IB3 $f'_{cr} = 18,7031$ MPa dan komposisi IC3 $f'_{cr} = 32,7631$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 14,0600$ MPa (75,1747%). Beton komposisi IB4 $f'_{cr} = 18,6318$ MPa dan komposisi IC4 menghasilkan $f'_{cr} = 22,0001$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 3,3683$ MPa (18,0782%). Penambahan *additive* pada beton normal dapat menambah kuat tekan yang terjadi, hal ini disebabkan karena pengurangan jumlah air yang digunakan dalam proses pengadukan campuran bahan-susun beton. Beton dengan penambahan *additive* + zeolit umur 28 hari mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton dengan kandungan zeolit saja, hal ini akibat dari pengaruh penambahan *additive*. Dengan demikian *additive* dapat meningkatkan kuat tekan pada beton yang mengandung zeolit, tetapi penggantian semen dengan zeolit menyebabkan beton untuk mencapai kuat tekan rencana memerlukan waktu yang lebih lama.

2. Kuat tekan beton umur 35 hari

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 35 hari dengan kandungan zeolit dan penambahan *additive* + zeolit dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2.



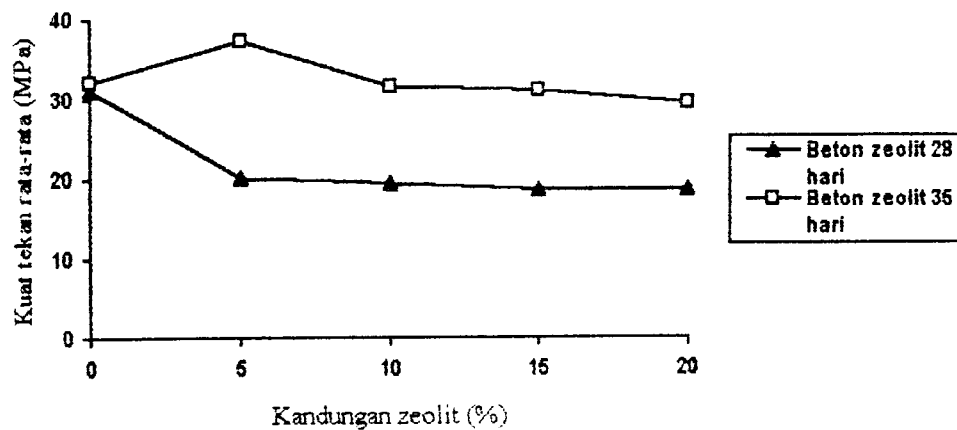
Gambar 4.2 Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan zeolit dan beton dengan penambahan *additive* + zeolit umur 35 hari

Dari Gambar 4.2, kuat tekan paling tinggi pada penggantian semen dengan zeolit terjadi pada komposisi IIB1 terjadi peningkatan sebesar 5,1951 MPa (16,1687%), hal ini disebabkan silika dalam kandungan zeolit 5% pada umur 35 hari bereaksi dengan unsur-unsur dalam semen yang menyebabkan ikatan semen dengan agregat lebih kuat dibandingkan dengan komposisi lainnya. Kuat tekan pada komposisi IIB2, IIB3 dan IIB4 lebih rendah karena untuk mendapatkan ikatan semen dengan agregat yang kuat memerlukan waktu yang lebih lama. Untuk beton dengan penambahan *additive* + zeolit, kuat tekan tertinggi pada komposisi IIC3 meningkat 2,7018 MPa (7,5723%), hal ini disebabkan pengaruh zeolit dan *additive*. Untuk komposisi IIC1, IIC2 dan IIC4 penurunan kuat tekan terjadi karena reaksi antara unsur-unsur pada zeolit dengan *additive* menyebabkan ikatan antara semen dengan agregat kurang kuat.

Beton komposisi IIA $f'_{cr} = 35,6800$ MPa lebih tinggi kuat tekannya dibandingkan beton komposisi II $f'_{cr} = 32,1306$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 3,5494$ MPa (11,0468%). Untuk komposisi IIB1 menghasilkan $f'_{cr} = 37,3237$ MPa sedangkan komposisi IIC1 menghasilkan $f'_{cr} = 27,8866$ MPa, terjadi penurunan $f'_{cr} = 9,4371$ MPa (25,2844%). Beton komposisi IIB2 $f'_{cr} = 31,6147$ MPa dan beton komposisi IIC2 $f'_{cr} = 30,9461$ MPa, terjadi penurunan $f'_{cr} = 0,6686$ MPa (2,1148%). Untuk beton komposisi IIB3 $f'_{cr} = 31,0861$ MPa dan beton beton komposisi IIC3 $f'_{cr} = 38,3818$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 7,2957$ MPa (23,4693%). Pada beton komposisi IIB4 $f'_{cr} = 29,4728$ MPa dan beton komposisi IIC4 $f'_{cr} = 28,4427$ MPa, terjadi penurunan $f'_{cr} = 1,0301$ MPa (3,4951%). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2. Beton komposisi IIB1 (kandungan zeolit 5%) menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada kuat tekan beton komposisi IIA (normal + *additive*), hal ini menunjukkan bahwa kandungan zeolit sebesar 5% pada beton umur 35 hari dapat menggantikan fungsi penambahan *additive* dalam pencapaian kuat tekan beton pada umur yang sama. Pada beton komposisi IIC3 (penambahan *additive* + zeolit 15%) mempunyai kuat tekan yang paling besar dibandingkan kuat tekan beton komposisi lainnya, sehingga beton dengan penambahan *additive* + zeolit 15% merupakan komposisi yang paling optimum pada umur 35 hari. Hal ini disebabkan karena pengaruh pengurangan jumlah air dan kandungan silika di dalam zeolit dapat menyebabkan ikatan semen dengan agregat kuat.

3. Kuat tekan beton dengan kandungan zeolit umur 28 hari dan 35 hari

Beton dengan kandungan zeolit pada umur 35 hari mempunyai kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) yang lebih tinggi dari pada beton dengan kandungan zeolit pada umur 28 hari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3.



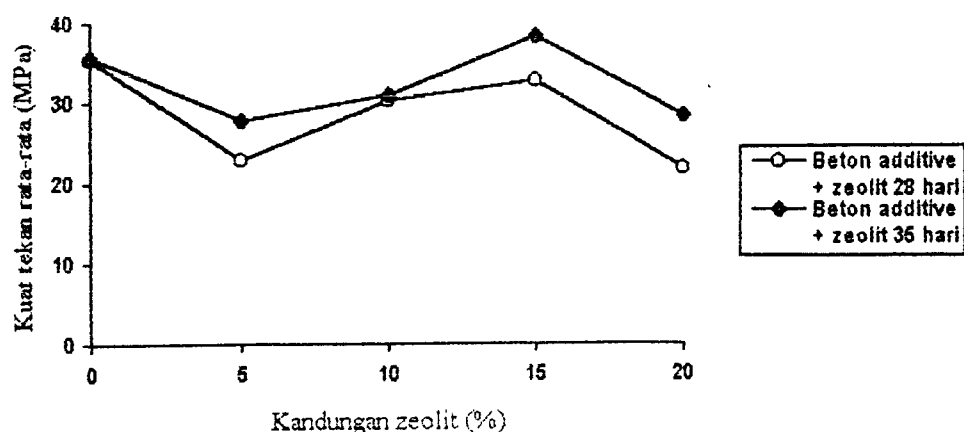
Gambar 4.3 Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan kandungan zeolit umur 28 hari dan 35 hari

Pengujian kuat tekan beton dengan komposisi I menghasilkan $f'_{cr} = 31,0260$ MPa sedangkan untuk komposisi II menghasilkan $f'_{cr} = 32,1306$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 1,1046$ MPa (3,5602%). Pengujian kuat tekan beton komposisi IB1 menghasilkan $f'_{cr} = 20,2161$ MPa sedangkan komposisi IIB1 menghasilkan $f'_{cr} = 37,3237$ Mpa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 17,1076$ MPa (84,6236%). Untuk beton komposisi IB2 menghasilkan $f'_{cr} = 19,5069$ Mpa dan komposisi IIB2 menghasilkan $f'_{cr} = 31,6147$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 12,1078$ MPa (62,1693%). Pada beton

komposisi IB3 menghasilkan $f'_{cr} = 18,7031$ MPa sedangkan komposisi IIB3 menghasilkan $f'_{cr} = 31,0861$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 12,3830$ MPa (66,2083%). Pada beton komposisi IB4 menghasilkan $f'_{cr} = 18,6318$ MPa dan komposisi IIB4 menghasilkan $f'_{cr} = 29,4728$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 10,8410$ MPa (58,1855%). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam Gambar 4.3. Beton dengan kandungan zeolit umur 35 hari mempunyai kuat tekan yang lebih besar daripada beton dengan kandungan zeolit umur 28 hari. Hal ini disebabkan karena pengaruh kandungan silika di dalam zeolit, kandungan silika dapat meningkatkan kuat tekan yang terjadi tetapi untuk mencapainya membutuhkan waktu yang lebih lama. Dengan demikian penambahan zeolit ini akan menunjukkan hasil yang lebih optimum pada beton apabila waktu perawatan beton relatif lebih lama.

4. Kuat tekan beton dengan penambahan *additive* + zeolit umur 28 hari dan 35 hari

Beton dengan penambahan *additive* + zeolit pada umur 35 hari mempunyai kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) yang lebih tinggi dari pada beton dengan penambahan *additive* + zeolit pada umur 28 hari. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4.



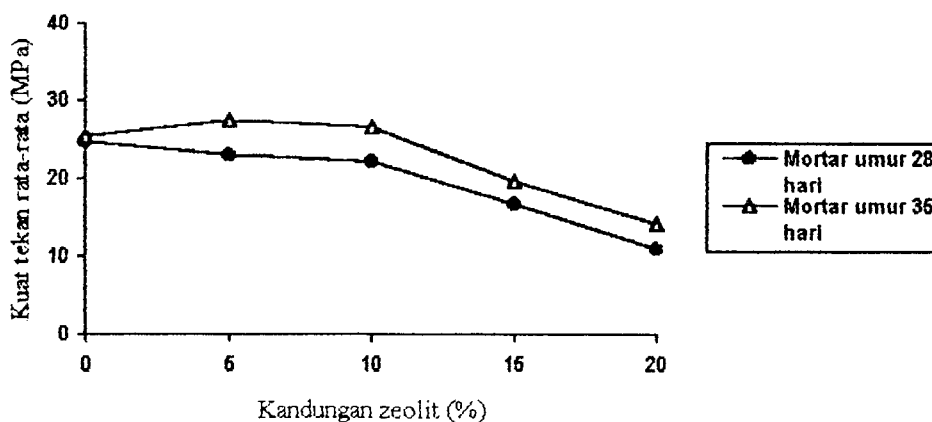
Gambar 4.4 Grafik kuat tekan rata-rata beton dengan penambahan *additive* + zeolit umur 28 hari dan 35 hari

Pengujian kuat tekan beton komposisi IA menghasilkan $f'_{cr} = 35,3678$ MPa, sedangkan untuk komposisi IIA menghasilkan $f'_{cr} = 35,6800$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 0,3122$ MPa (0,8827%). Pengujian kuat tekan beton komposisi IC1 menghasilkan $f'_{cr} = 23,0139$ MPa sedangkan komposisi IIC1 menghasilkan $f'_{cr} = 27,8866$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 4,8727$ MPa (21,1728%). Untuk beton komposisi IC2 menghasilkan $f'_{cr} = 30,3773$ MPa dan komposisi IIC2 menghasilkan $f'_{cr} = 30,9461$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 0,5688$ MPa (3,2919%). Pada beton komposisi IC3 menghasilkan $f'_{cr} = 32,7631$ MPa sedangkan komposisi IIC3 menghasilkan $f'_{cr} = 38,3818$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 5,6187$ MPa (17,1495%). Pada beton komposisi IC4 menghasilkan $f'_{cr} = 22,0001$ MPa dan komposisi IIC4 menghasilkan $f'_{cr} = 28,4427$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 6,4426$ MPa (29,2844%). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4. Beton dengan penambahan *additive* + zeolit

umur 35 hari mempunyai kuat tekan yang lebih besar daripada beton dengan penambahan *additive* + zeolit umur 28 hari. Hal ini disebabkan karena pengaruh kandungan silika di dalam zeolit, kandungan silika dapat meningkatkan kuat tekan yang terjadi tetapi untuk mencapainya membutuhkan waktu yang lebih lama walaupun telah ditambahkan *additive*. Dengan demikian beton dengan kandungan zeolit meskipun telah ditambahkan *additive* akan menunjukkan kuat tekan yang lebih optimum apabila waktu perawatan beton relatif lebih lama.

5. Kuat tekan mortar umur 28 hari dan 35 hari

Hasil pengujian kuat tekan mortar umur 28 hari dan 35 hari dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik kuat tekan rata-rata mortar dengan kandungan zeolit umur 28 hari dan 35 hari

Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan kandungan zeolit umur 28 hari menunjukkan penurunan kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) yang dihasilkan dibandingkan f'_{cr} mortar normal (tanpa kandungan zeolit), semakin banyak zeolit dicampurkan ke dalam bahan-susun mortar maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin kecil. Penurunan kuat tekan ini disebabkan karena pengaruh kandungan silika dalam zeolit, kandungan silika tersebut memperlambat waktu yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rencana.

Untuk pengujian mortar umur 35 hari terjadi peningkatan kuat tekan pada komposisi IZ1 (kandungan zeolit 5%) sebesar 2,0118 MPa (7,9093%) dan komposisi IZ2 (kandungan zeolit 10%) sebesar 1,1930 MPa (4,6902%), kuat tekan yang paling tinggi terjadi pada komposisi IZ1. Hal ini disebabkan karena kandungan silika di dalam zeolit, pada kandungan zeolit 10% memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai kuat tekan yang maksimum dibandingkan dengan kandungan zeolit 5%.

Pengujian kuat tekan mortar komposisi IN menghasilkan $f'_{cr} = 24,7928$ MPa, sedangkan untuk komposisi IIN menghasilkan $f'_{cr} = 25,4358$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 0,6430$ MPa (2,5935%). Kuat tekan komposisi IZ1 $f'_{cr} = 23,0171$ MPa sedangkan komposisi IZ2 menghasilkan $f'_{cr} = 27,4476$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 4,4305$ MPa (19,2487%). Untuk komposisi IZ3 menghasilkan $f'_{cr} = 22,2613$ MPa dan komposisi IZ4 menghasilkan $f'_{cr} = 26,6288$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 4,3675$ MPa (19,6192%). Pada komposisi IZ5 menghasilkan $f'_{cr} = 16,7155$ MPa sedangkan komposisi IZ6 menghasilkan $f'_{cr} = 19,6467$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 2,9312$

MPa (17,5358%). Mortar komposisi IZ4 menghasilkan $f'_{cr} = 11,0134$ MPa dan komposisi IIZ4 menghasilkan $f'_{cr} = 14,2955$ MPa, terjadi peningkatan $f'_{cr} = 3,2821$ MPa (29,8009%). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.5. Mortar dengan kandungan zeolit umur 35 hari mempunyai kuat tekan yang lebih besar daripada mortar dengan kandungan zeolit umur 28 hari. Hal ini disebabkan karena pengaruh kandungan silika di dalam zeolit, kandungan silika dapat meningkatkan kuat tekan yang terjadi tetapi untuk mencapainya membutuhkan waktu yang lebih lama. Dengan demikian penambahan zeolit ini akan menunjukkan hasil yang lebih optimum pada mortar apabila waktu perawatan mortar relatif lebih lama.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut ini :

1. Semakin banyak penambahan zeolit ke dalam bahan-susun beton dan mortar menyebabkan nilai slump yang dihasilkan semakin kecil (periksa Tabel 4.1).
2. Kandungan zeolit 5% pada beton dan mortar menghasilkan kuat tekan yang optimum pada umur 35 hari (periksa Tabel 4.3 dan Gambar 4.2).
3. Penambahan *additive* + zeolit 15% menghasilkan kuat tekan yang optimum pada umur 35 hari (periksa Tabel 4.3 dan Gambar 4.2).
4. Kandungan zeolit menyebabkan memperlambat waktu yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan yang direncanakan pada beton dan mortar (periksa Gambar 4.1 dan Gambar 4.5).
5. Secara umum beton dan mortar dengan kandungan zeolit umur 35 hari menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada umur 28 hari, tetapi umur 35 hari belum dapat dijadikan sebagai referensi, karena pada umur lebih dari 35 hari masih ada kecenderungan peningkatan kuat tekan.

5.2 Saran

Memperhatikan hasil penelitian yang telah dilakukan, menarik untuk lebih dikembangkan dan diperdalam. Saran yang dapat disampaikan untuk menindaklanjuti hasil penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Penambahan umur beton dan mortar di atas 35 hari, karena dari data yang diperoleh dengan penambahan umur menunjukkan kecenderungan peningkatan kuat tekan.
2. Interval prosentase zeolit yang ditambahkan lebih kecil, sehingga diperoleh hasil yang lebih optimum.
3. Jumlah *additive* yang digunakan lebih bervariasi atau menggunakan jenis *accelerating admixtures* yaitu bahan tambah untuk mempercepat pencapaian kuat tekan yang direncanakan.
4. Bahan-susun mortar ditambahkan *additive*.
5. Beton dengan kandungan zeolit direkomendasikan pada pembuatan beton pracetak dengan waktu rawatan beton minimal 35 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum., 1979, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 N.I. - 2**, cetakan ketujuh, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
2. Departemen Pekerjaan Umum., 1982, **PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI - 1882)**, PU. Dirjen Bina Marga, Bandung.
3. Departemen Pekerjaan Umum., 1989, **METODE PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON, SK SNI M - 14 - 1989 - F**, cetakan pertama, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
4. Departemen Pekerjaan Umum., 1991, **METODE PENGUJIAN KEKUATAN TEKAN MORTAR SEMEN PORTLAND UNTUK PEKERJAAN SIPIL, SK SNI M - 111 - 1990 - 03**, cetakan pertama, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
5. Harjanto, Sarno., 1987, **LEMPUNG, ZEOLIT, DOLOMIT, DAN MAGNESIT**, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.
6. Istimawan Dipohusodo., 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
7. Kardiyono Tjokrodimulyo., 1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.

8. Murdock, L.J, dan Brook, K.M., 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON**, edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
9. Mursi Sutarti. dan Minta Rachmawati., 1994, **ZEOLIT**, Pusat Dokumentasi Dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
10. Nawy, Edward G., 1990, **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, edisi pertama, Penerbit PT Eresco, Bandung.
11. Sagel, Ing R., Kole, Ing P, dan Kusuma, Gideon H., 1993, **PEDOMAN Pengerjaan Beton, SK SNI T - 15 - 1991 - 03**, edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.



DIREKTORAT JENDERAL PERTAMBANGAN UMUM
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINERAL
(MINERAL TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTRE)

Jl. Jend. Sudirman No. 623 Bandung - 40211

Lampiran 1

: (022) 630483 - Fax. : (022) 614168 - Telex : 28279 PPTM BD IA

Tromol Pcs 816

: 2306/21/DPP/96

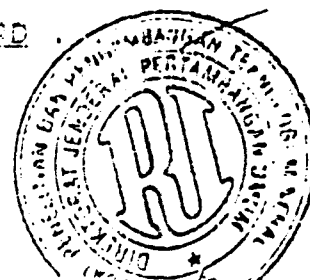
SERTIFIKAT ANALISIS
(CERTIFICATE OF ANALYSIS)

Dibuat untuk : PD. Surya Galunggung
Jenis sampel : Zeolit
Asal sampel : Cipatujah-Tasikmalaya
Nomor lab. : 3637-3640/96
Sampel diterima : 25-9-1996

1. Hasil analisis kimia

No.urut	:	1	2	3	4
No.lab.	:	3637/96	3638/96	3639/96	3640/96
Tanda sampel	:	BRS-KA	BRS-KB Tepung	CN-KA	CN-KB
Silikon dioksida (SiO ₂), %	:	72,7	61,8	71,0	72,1
Aluminium oksida (Al ₂ O ₃), %	:	13,00	9,45	12,37	11,20
Besi (III) oksida (Fe ₂ O ₃), %	:	1,03	1,23	1,78	1,14
Titan dioksida (TiO ₂), %	:	0,12	0,15	0,42	0,12
Kalsium oksida (CaO), %	:	2,17	10,54	1,93	2,18
Magnesium oksida (MgO), %	✓	1,06	0,99	0,59	1,06
Kalium oksida (K ₂ O), %	:	1,53	0,88	0,54	1,35
Natrium oksida (Na ₂ O), %	✓	1,06	0,93	1,59	1,04
Hilang pijar (LOI), %	:	9,38	13,97	9,70	9,73
Air lembab (H ₂ O ⁻), %	:	18,64	5,92	7,57	5,16
pH 10 % solid	-	6,50	7,95	6,80	7,15
Kapasitas Tukar Kation (KTK), meq/100g	:	153,0	141,6	177,0	177,7

2. Hasil analisis X-ND



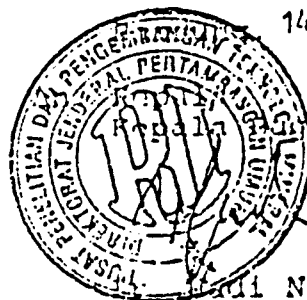
1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
2. Salinan salinan harus dibuat lengkap.

2. Hasil analisis X-RD

No.urut	:	1	2	3	4
No.lab.	:	3637/96	3638/96	3639/96	3640/96
Tanda sampel	:	BRS-KA	BRS-KB Tepung	CN-KA	CN-KB

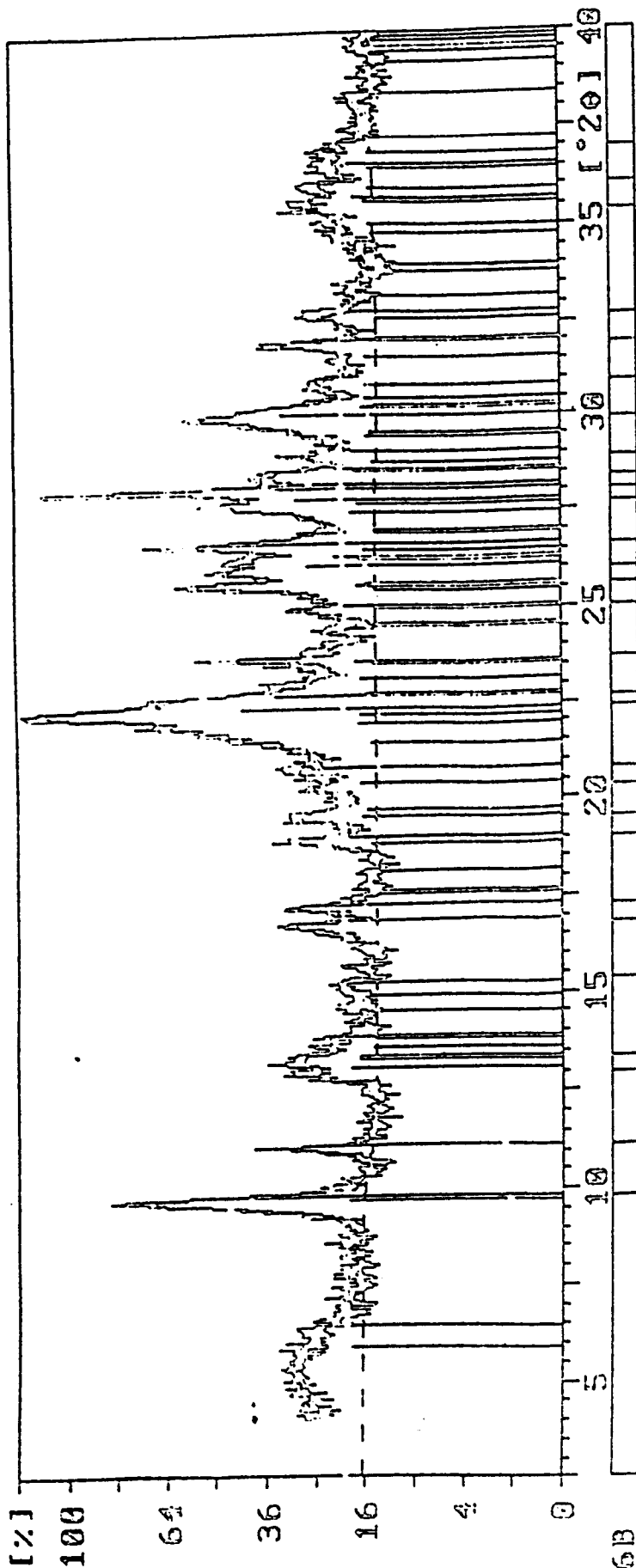
Komposisi Mineral :	- Klinoptilolit	- Kalsit	- Mordenit	- Klinoptilolit
	- Mordenit	- Klinoptilolit	- Montmorillonit	- Mordenit
	- Kuarsa	- Mordenit	(trace)	- Anorthite
	- Anorthite	- Kuarsa		- Kuarsa
	- Montmorillonit (trace)	- Anorthite		- Montmorillonit (trace)
		- Montmorillonit (trace)		

14 Oktober 1996



Kepala Badan Tata Usaha

Adi Nurcaya, M.Sc.
NIP. 100002807



021096B

25-1349

05-0490

06-0239

41-1481

13-0135

Clinochiloneite

Quartz, low

Strodolite

Amorphous sodian silic

Montmorillonite-15A (1966)

(Na,K,Ca)Al₂(Si₂Al)₂O₁₀(OH)₂

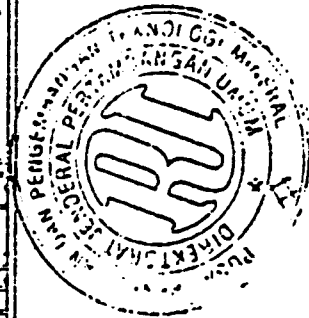
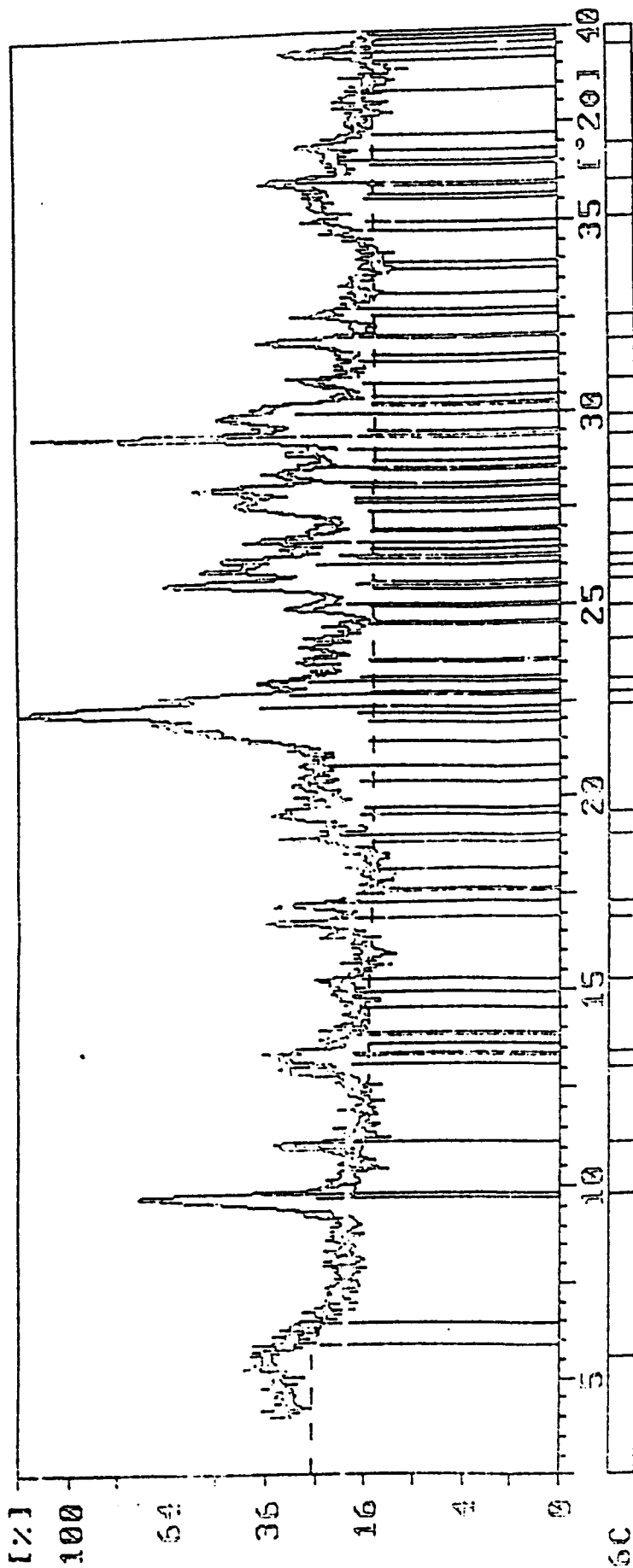
SiO₂

(Ca,Mg,K₂)Al₂(Si₂Al)₂O₁₀(OH)₂

(Ca,Mg)(Si₂Al)₂O₁₀(OH)₂

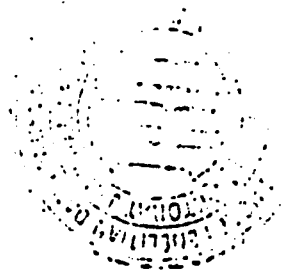
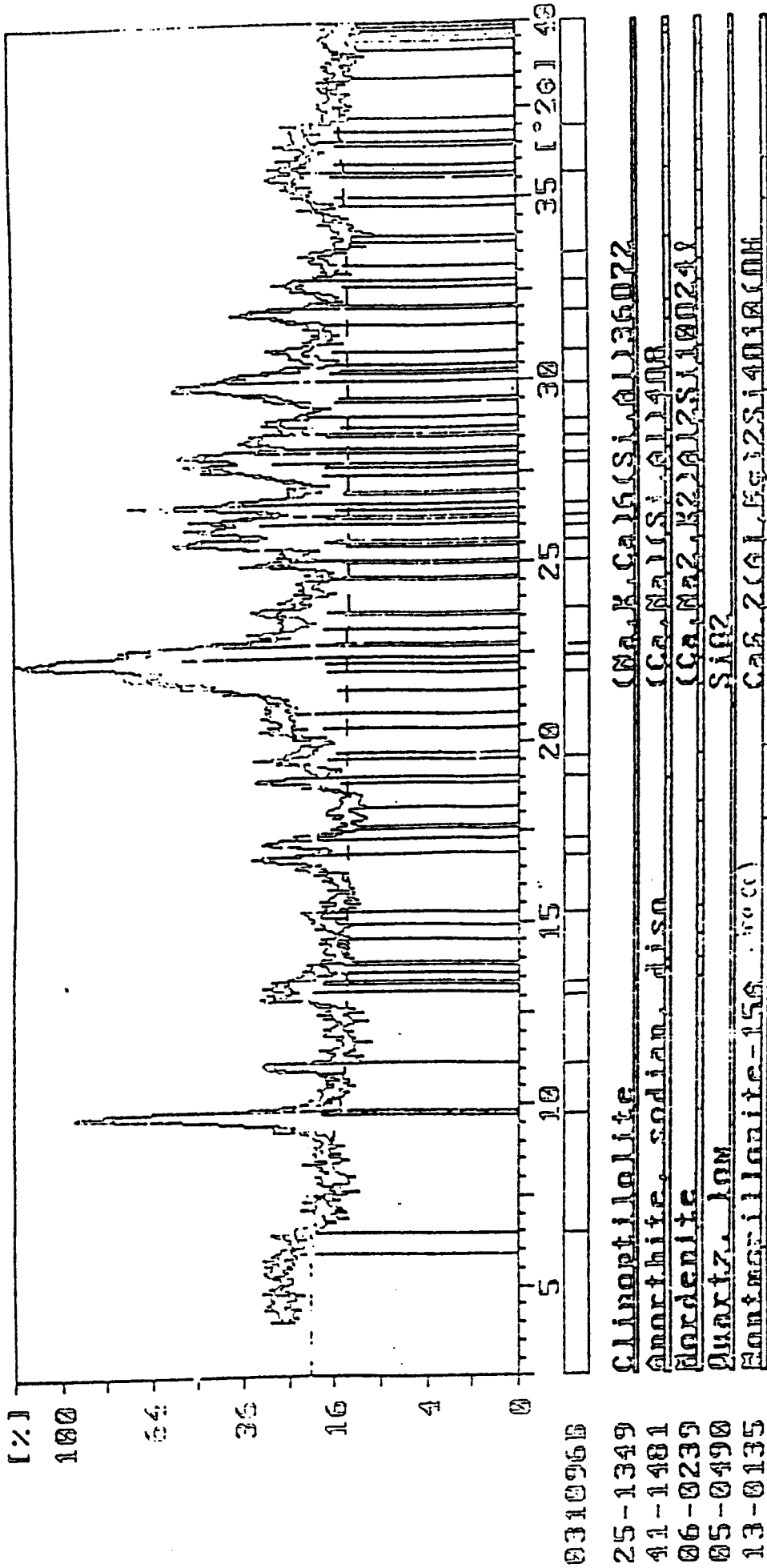
Ca₂(Al,Mg)₂(Si₂Al)₂O₁₀(OH)₂





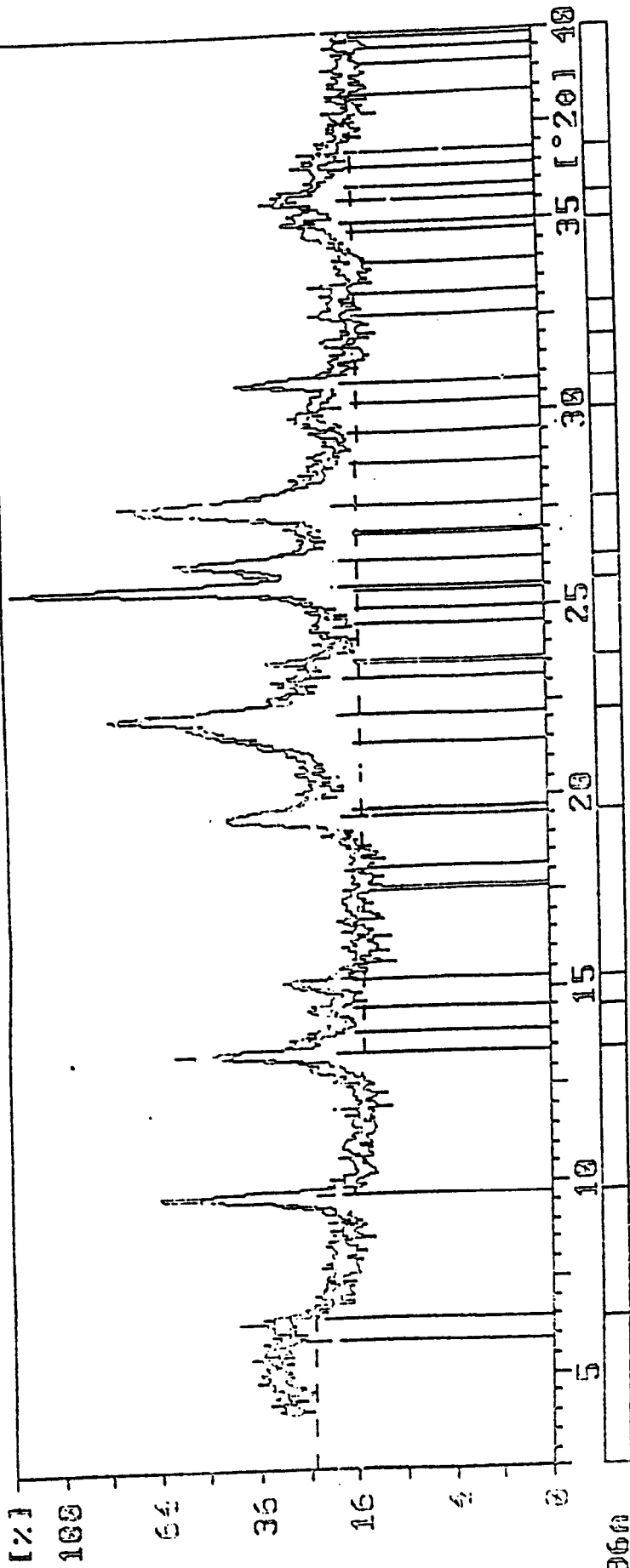
Sample ident.: CM-KB 3648/96

3-Oct-1996 10:03



3-Oct-1996 18:05

Sample ident.: CM-KA 3639/96



031096A

06-0239

13-0135

06-0239-15A

06-0239-15A



DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal (gram)		Berat Tertinggal Kumulatif	
	I	II	I	II	I	II
Percobaan ke :						
40	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
4,80	5,99	5,24	0,60	0,52	0,60	0,52
2,40	19,15	21,45	1,93	2,14	2,53	2,66
1,20	92,33	100,44	9,32	10,02	11,85	12,68
0,60	403,00	416,00	40,67	41,49	52,52	54,17
0,30	336,00	327,00	33,91	32,61	86,43	86,78
0,15	107,80	109,13	10,88	10,88	97,31	97,66
Sisa	26,58	23,45	2,68	2,34	---	---
Jumlah	990,85	1002,71	99,99	100	251,24	254,47
Jumlah rata-rata	996,78		100		252,86	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{252,86}{100} = 2,53$$

DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat Agregat (W)	400 gram	400 gram
Gelas Ukur + Air (V1)	500 cc	500 cc
Gelas Ukur + Air + Agregat (V2)	660 cc	652 cc
Berat Jenis (BJ) = $\frac{W}{V2 - V1}$	2,5	2,63
Berat Jenis (BJ) Rata-rata	2,57	

DATA PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat piring kosong (W1)	158,4 gram	111,2 gram
Berat piring + pasir kering oven (W2)	258,4 gram	211,2 gram
Berat pasir kering oven (Wko1) = (W2 - W1)	100 gram	100 gram
Pasir kering oven setelah dicuci (Wko2)	98,35 gram	98,95 gram
Kandungan lumpur = $\frac{W_{ko1} - W_{ko2}}{W_{ko2}} \times 100\%$	1,68%	1,06%
Kandungan Lumpur Rata-rata	1,37%	

DATA PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat Agregat (W)	399,4 gram	399,9 gram
Gelas ukur + Air (V1)	500 cc	600 cc
Gelas ukur + Air + Agregat (V2)	655 cc	750 cc
Berat Jenis (BJ) = $\frac{W}{V2 - V1}$	2,58	2,67
Berat Jenis (BJ) Rata-rata	2,63	

DATA PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder (W1)	4,6 kg	5,1 kg
Berat cetakan silinder + Agregat (W2)	12,7 kg	13,2 kg
Volume silinder (V) = $\frac{1}{4}\pi d^2 t$	0,00533 m ³	0,00533 m ³
Berat Volume Agregat = $\frac{W2 - W1}{V}$	1,52	1,52
Berat Volume Agregat Rata-rata	1,52	