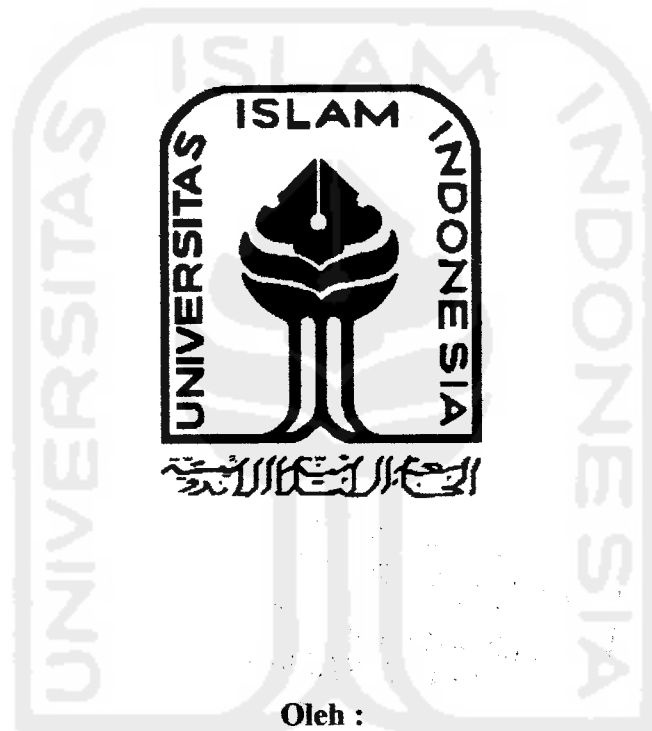


TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN ABU TERBANG
SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA MORTAR**



Oleh :

SRI ASMORO SIGIT 86310227

NUGROHO IMAN S. 86310101

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1995**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN ABU TERBANG
SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA MORTAR**

Diajukan untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh
derajat sarjana Strata Satu (S₁) pada Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

Oleh :

1. **SRI ASMORO SIGIT 86310227**
2. **NUGROHO IMAN S. 86310101**

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

1995

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ


TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI CAMPURAN ABU TERBANG
SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA MORTAR**


Telah dipertahankan di hadapan tim penguji dalam ujian pendadaran.
pada tanggal: 24 November 1995 dan dinyatakan lulus
Yogyakarta, 24 November 1995

Tim Penguji

1. Ketua : Ir. Mochammad Teguh, MSCE


4/12/95

2. Anggota : Ir. Ilman Noor, MSCE


24-11-1995

3. Anggota : Ir. Faisol AM, MS

PRAKATA

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang mengambil judul "Pengaruh Variasi Campuran Abu Terbang Sebagai Bahan Pengisi Pada Mortar".

Tugas akhir ini merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh derajat keserjanaan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, yang sudah tentu tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan, maka dalam kesempatan ini dengan setulus-tulusnya disampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
3. Bapak Ir. M. Teguh, MSCE, selaku Dosen Pembimbing I,
4. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Dosen Pembimbing II,
5. Bapak Pimpinan beserta segenap karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,

6. seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
7. seluruh karyawan, rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
8. Bapak dan ibu, adik-adik tercinta yang telah memberikan bantuan moril maupun spirituil sehingga terwujudnya laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan penulis. Walaupun demikian penulis telah berusaha melakukan yang terbaik. Untuk itu dengan hati terbuka penulis menerima saran serta kritik membangun sebagai koreksi untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Semoga hasil dari bimbingan, dorongan moril, bantuan dan kerja sama ini mendapat berkat dan rahmat dari Allah SWT.

Penulis berharap mudah-mudahan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Sipil pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Wabillahi Taufiq Wal Hidayah,

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

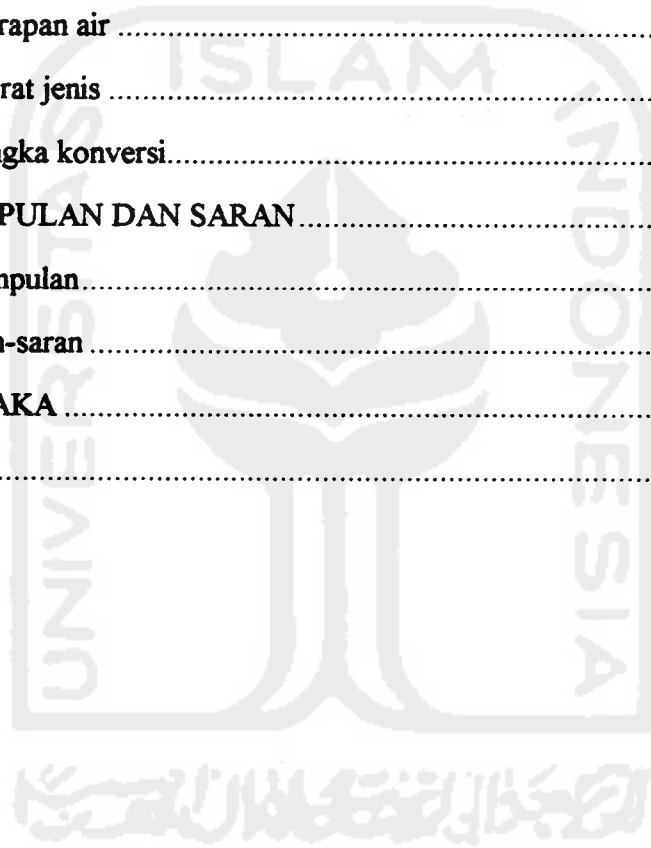
Yogyakarta, Oktober 1995

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
INTISARI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Umum.....	4
II.2 Semen.....	5
II.3 Agregat.....	8
II.4 Air.....	11
II.5 Abu Terbang.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
III.1 Pentahapan Penelitian.....	13
III.2 Pengujian Agregat Halus.....	14
III.3 Perhitungan Campuran.....	14
III.4 Alat dan Bahan.....	17
III.4.1 Alat-alat.....	17
III.4.2 Bahan-bahan.....	17

III.5 Pembuatan Benda Uji.....	18
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	21
IV.1 Umum	21
IV.2 Pengujian Kuat Desak Mortar	23
IV.3 Pembahasan.....	24
IV.3.1 Kuat tekan mortar.....	24
IV.3.2 Serapan air	30
IV.3.3 Berat jenis	33
IV.3.4 Angka konversi.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran-saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

1. Tabel 3.1	Modulus halus butir.....	14
2. Tabel 3.2	Perhitungan volume adukan mortar.....	15
3. Tabel 3.3	Berat satuan bahan-susun mortar.....	17
4. Tabel 4.1	Perbandingan adukan mortar.....	22
5. Tabel 4.2	Hasil pengujian mortar semen dengan bahan-tambah abu terbang	23
6. Tabel 4.3	Angka konversi.....	34



DAFTAR GAMBAR

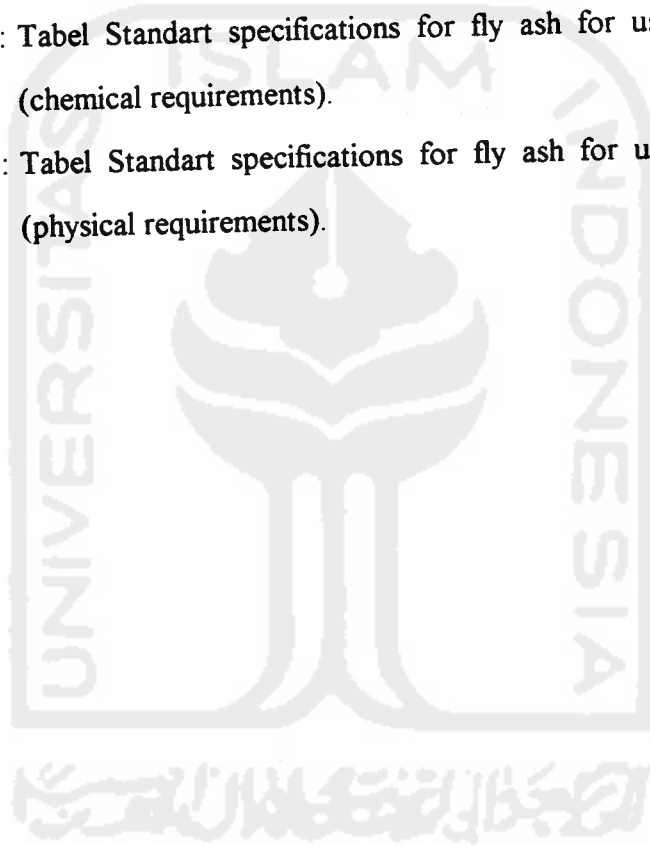
Gambar 4.1.	Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan-tambah abu terbang dengan nilai banding pasir pada suhu oven.....	25
Gambar 4.2.	Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan-tambah abu terbang dengan nilai banding pasir pada suhu kamar.	25
Gambar 4.3.	Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan-tambah abu terbang dengan nilai banding abu terbang pada suhu oven.	26
Gambar 4.4.	Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan-tambah abu terbang dengan nilai banding abu terbang pada suhu kamar.	27
Gambar 4.5.	Grafik hubungan serapan air dengan nilai banding pasir.	31
Gambar 4.6.	Grafik hubungan serapan air dengan nilai banding abu terbang.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 28 hari.
- Lampiran 2 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 4 pada umur 28 hari.
- Lampiran 3 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 5 pada umur 28 hari.
- Lampiran 4 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 6 pada umur 28 hari.
- Lampiran 5 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 7 pada umur 28 hari.
- Lampiran 6 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 7 hari.
- Lampiran 7 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 14 hari.
- Lampiran 8 : Hasil pengujian berat jenis mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 21 hari.
- Lampiran 9 : Hasil pengujian serapan air dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 28 hari.
- Lampiran 10 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 4 pada umur 28 hari.
- Lampiran 11 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 5 pada umur 28 hari.
- Lampiran 12 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 6 pada umur 28 hari.

- Lampiran 13 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 7 pada umur 28 hari.
- Lampiran 14 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 7 hari.
- Lampiran 15 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 14 hari.
- Lampiran 16 : Hasil pengujian serapan air mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 21 hari.
- Lampiran 17 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 28 hari.
- Lampiran 18 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 4 pada umur 28 hari.
- Lampiran 19 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 5 pada umur 28 hari.
- Lampiran 20 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 6 pada umur 28 hari.
- Lampiran 21 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 7 pada umur 28 hari.
- Lampiran 22 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 7 hari.
- Lampiran 23 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 14 hari.
- Lampiran 24 : Hasil pengujian kuat tekan mortar dengan perbandingan campuran 1 : 3 pada umur 21 hari.
- Lampiran 25 : Gambar 1. Timbangan dan Gambar 2. Kaliper.
- Lampiran 26 : Gambar 3. Desikator dan Gambar 4. Oven.

- Lampiran 27 : Gambar 5. Alat uji dan Gambar 6. cetakan mortar.
- Lampiran 28 : Gambar 7. Mortar sebelum diuji dan Gambar 8. Mortar setelah diuji.
- Lampiran 29 : Tabel A.1 : Sifat fisik abu terbang ex batubara.
Tabel A.2 : Komposisi unsur kimia abu terbang dalam satuan persen berat.
- Lampiran 30 : Tabel Standart specifications for fly ash for use in concrete (chemical requirements).
- Lampiran 31 : Tabel Standart specifications for fly ash for use in concrete (physical requirements).



INTISARI

Abu-terbang yang berasal dari proses pembakaran batu bara pada saat ini sudah merupakan limbah yang harus diupayakan cara penanggulangannya. Salah satu cara pemanfaatannya digunakan sebagai campuran pada mortar semen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengetahui perbandingan yang tepat antara semen, pasir, dan abu terbang yang akan menghasilkan kuat tekan mortar menjadi lebih tinggi dibanding dengan mortar tanpa menggunakan abu terbang, maka abu terbang dapat dipakai sebagai bahan pengisi pada mortar.

Selain untuk menghasilkan kekuatan mortar yang lebih baik, juga akan bermanfaat bagi perkembangan pembangunan terutama di daerah-daerah yang memiliki bahan lokal abu terbang.



BAB I

PENDAHULUAN

L1 Latar Belakang

Di Indonesia saat ini pembangunan fisik sedang berlangsung dengan pesatnya. Pemakaian bahan lokal sebagai bahan bangunan untuk melaksanakan pembangunan fisik sangat disarankan untuk penghematan biaya. Teknologi pembuatan mortar tidaklah bersifat statis saja, tetapi terus berkembang sejalan dengan lajunya pembangunan khususnya di bidang konstruksi. Oleh karena itu perlu adanya usaha dan penelitian-penelitian untuk mendapatkan suatu temuan dan alternatif baru dalam teknologi pembuatan mortar yang bertujuan agar dapat menambah kekuatan mortar dengan penggunaan semen yang seefisien mungkin. Mortar semen dalam penggunaannya banyak dipakai untuk plesteran dinding, plesteran ubin, lantai, spesi pasangan tembok batu bata, dan spesi pasangan batu kali.

Abu terbang adalah hasil proses pembakaran batu bara, yang lazim disebut *fly ash* pada PLTU di Banten dengan produksi $\pm 950\ 000$ ton pertahun. Mengingat jumlah yang cukup besar itu, apabila tidak ditanggulangi akan menyebabkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan karena udara di sekitar lokasi tersebut sangat membahayakan pada kesehatan manusia, terutama pada pernapasan.

Dengan digalakkannya masalah pelestarian lingkungan hidup terutama dampak yang ditimbulkan oleh limbah industri, maka diupayakan abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang berguna. Salah satunya dimanfaatkan sebagai bahan-tambah pengisi pada mortar semen, untuk diketahui kuat tekan, serapan

terhadap air, dan berat jenis mortar. Hal tersebut berkaitan dengan aplikasi penggunaan mortar apabila digunakan untuk bahan plesteran dinding bagian luar.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian dengan bahan pengisi abu terbang terhadap mortar diuraikan sebagai berikut ini.

1. Untuk mengetahui perbedaan kuat tekan mortar dengan menggunakan abu terbang dan tanpa menggunakan abu terbang.
2. Untuk mengetahui kuat tekan pada variasi perbandingan abu terbang terhadap mortar semen.
3. Untuk mengetahui tegangan karakteristik yang dapat dicapai bila menggunakan abu terbang pada mortar.
4. Untuk dimanfaatkan bagi perkembangan pembangunan di daerah-daerah yang memiliki bahan lokal abu terbang serta berguna bagi masyarakat luas.

I.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pembatasan penelitian sebagai berikut ini.

1. Bahan

a. Semen.

Semen yang digunakan dalam penelitian adalah semen gresik jenis I.

b. Agregat halus (Pasir).

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kali Progo.

c. Abu terbang (*fly ash*).

Abu terbang yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari proses pembakaran batu bara pada PLTU Suralaya di Banten, Jawa Barat.



d. Air.

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PAM.

2. Perbandingan campuran mortar

perbandingan campuran mortar dipakai perbandingan volume semen : pasir yaitu (1 : 3), (1 : 4), (1 : 5), (1 : 6), (1 : 7), dengan variasi abu terbang 0 sampai 0,4 dengan interval 0,1.

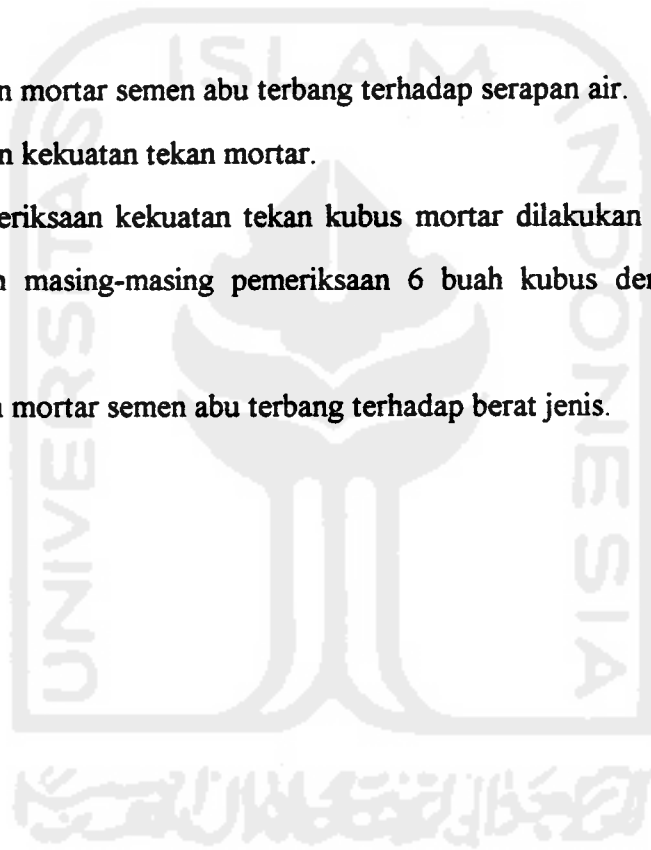
3. Pengujian

a. Pemeriksaan mortar semen abu terbang terhadap serapan air.

b. Pemeriksaan kekuatan tekan mortar.

Untuk pemeriksaan kekuatan tekan kubus mortar dilakukan pada umur 28 hari dengan masing-masing pemeriksaan 6 buah kubus dengan dua cara rawatan.

c. Pemeriksaan mortar semen abu terbang terhadap berat jenis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Umum

Mortar sering disebut juga dengan spesi, ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan-ikat dan air. Semen jika dicampur dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika ditambah pasir menjadi mortar semen. Bahan-bahan tersebut dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan yang pasif yaitu pasir (disebut agregat halus). Kelompok yang pasif disebut bahan pengisi sedangkan yang aktif disebut perekat pengikat.

Sejak dahulu sudah dikenal beberapa jenis mortar, antara lain berikut ini.

1. Mortar lumpur, yaitu dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air. Dahulu sering dipakai oleh masyarakat pedesaan yang sangat terpencil, tetapi sekarang ini pemakaian mortar tersebut jarang sekali dilakukan.
2. Mortar kapur, yaitu dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan, sehingga jumlah pasir umumnya dipakai dua atau tiga kali volume lumpur.
3. Mortar semen, dibuat dari campuran pasir, semen dan air. Mortar ini mempunyai kekuatan lebih besar daripada kedua mortar di atas. Sebagai bahan pengisi dipakai semen atau bahan lain.

Pada umumnya kekuatan beton, dalam hal ini mortar semen, dapat diketahui hanya dengan diperiksa kuat tekannya saja, karena sifat-sifat lain biasanya semakin baik jika kuat tekannya semakin tinggi (Neville, 1975).

Pasir, sebagai bahan yang diikat, berupa butiran yang berongga. Rongga-rongga yang ada tidak semua dapat tertutup oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga-rongga berisi udara dan berisi air, yang saling berhubungan dan dinamakan kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika semen telah mengeras, sehingga bahan ini mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan berkurang (A. Antono, 1988). Kesulitan ini dapat dikurangi dengan penggunaan bahan tambah, meski penggunaan bahan tambah ini jelas akan menambah biaya pelaksanaan. Bahan tambah merupakan bahan khusus yang ditambahkan pada adukan mortar. Bahan khusus ini pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif (Murdock dan Brook, 1986).

Bahan-tambah yang dibutuhkan adukan mortar semen ini intinya adalah bahan-tambah yang dapat berfungsi sebagai bahan pengisi, sehingga terbentuk rongga udara dan rongga berisi air pada adukan mortar semen dapat dikurangi.

Pengujian mortar semen dengan bahan tambah abu terbang akan dilakukan pada usia benda uji mencapai umur 28 hari. Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka perlu rawatan tertentu, yakni setelah mortar semen berumur 24 jam dan dilepas dari cetakan, kemudian benda uji tersebut direndam dalam air bersih sampai mencapai umur 10 hari (Murdock dan Brook, 1986). Kemudian benda uji dikeluarkan dari rendaman air dan ditempatkan pada kondisi lembab atau pada suhu kamar hingga pengujian dilaksanakan.

II.2 Semen

Semen dipakai sebagai bahan ikat hidrolik untuk pembuatan beton. Hidrolik berarti :

1. semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa,
2. suatu produksi keras (batuan semen) yang kedap air.

Semen diproduksi bermacam-macam jenis dengan sifat-sifat dan karakteristik yang berlainan.

Semen dibedakan dalam dua kelompok utama di bawah ini.

1. Semen dari bahan klinker semen portland :

- a. semen portland,
- b. semen portland abu terbang,
- c. semen tanur tinggi (*hoogovencemet*),
- d. semen portland *tras/pozolan*,
- e. semen portland putih.

2. Semen-semen lain :

- a. aluminium semen,
- b. semen bersulfat.

Perbedaan di atas berdasarkan karakter dari reaksi pengerasan kimiawi. Semen-semen dari kelompok pertama, yang satu dan yang lain tidak saling bereaksi (membentuk persenyawaan lain), semen kelompok kedua bila saling dicampur atau bercampur dengan kelompok pertama akan membentuk suatu persenyawaan baru. Ini berarti semen dari kelompok kedua tidak boleh dicampur. Semen portland dan semen portland abu terbang adalah semen yang umum dipakai di Indonesia.

Semen portland dibuat dari semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat (umumnya gips). Bagian utama dari klinker ini adalah :

<i>Dikalsium Silikat</i>	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	atau C_2S
<i>Trikalsium Silikat</i>	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	atau C_3S

<i>Trikalsium Aluminat</i>	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	atau C_3A
<i>Tetra Kalsium Aluminatferrit</i>	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	atau C_4AF

Semen portland didapatkan dengan cara menggilas klinker tersebut dalam kilang peluru (*kogelmolens*) sampai halus dengan ditambah beberapa prosen gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SK SNI T-15-1990-03), semen portland dibagi menjadi 5 tipe yaitu :

1. tipe I : semen portland yang umum digunakan tanpa persyaratan khusus,
2. tipe II : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
3. tipe III : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi,
4. tipe IV : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah,
5. tipe V : semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Waktu yang digunakan untuk perubahan bentuk semen dari bentuk cair menjadi bentuk yang keras disebut waktu pengikatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah sebagai berikut ini.

- a. Kehalusan semen, yaitu semakin halus butiran semen akan semakin cepat waktu pengikatannya,
- b. Jumlah air, yaitu pengikatan semen akan semakin cepat bila jumlah air berkurang,
- c. Temperature, yaitu waktu pengikatan semen akan semakin cepat jika temperatur makin tinggi,
- d. penambahan zat kimia tertentu (*admixture*).

II.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar. Agregat yang umum dipakai adalah pasir.

Pemilihan agregat tergantung dari :

1. syarat-syarat yang ditentukan mortar.
2. persediaan lokasi pembuatan mortar.
3. perbandingan yang telah ditentukan antara biaya dan mutu.

Selain membentuk kekuatan mortar, agregat juga berpengaruh besar terhadap ketahanan dan kekompakan struktural dari mortar tersebut. Dibandingkan dengan semen, agregat lebih murah harganya sehingga akan sangat ekonomis apabila mempergunakan banyak agregat dalam campuran beton karena dapat mengurangi semen.

Sifat yang paling penting dari agregat pasir ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Secara umum agregat dapat dibagi atas : agregat normal, halus, dan kasar.

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,8 mm.

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil *disintegrasi* alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih dari 4,8 mm.

Untuk membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada bentuk dan ukuran butir-butirnya.

Agregat alam terjadi dari proses pelapukan dan abrasi atau dengan cara pemecahan dari bahan asal yang besar. Dengan demikian sifat agregat banyak tergantung dari sifat batuan asal. Disamping itu karena pelapukan, abrasi dan pemecahan tersebut, maka ada sifat lain yang tidak tergantung dari sifat batuan asal, yaitu bentuk, ukuran partikel, kehalusan permukaan dan penyerapan air.

Bentuk dan kehalusan permukaan agregat berpengaruh terhadap besarnya kekuatan mortar. Permukaan yang lebih kasar mengakibatkan gaya adhesi atau ikatan antara partikel dan semen semakin kuat. Sebaliknya, semakin halus areal permukaan dan lebih angular agregat, ikatan yang dihasilkan semakin lemah.

Berdasarkan berat jenisnya agregat dapat dibedakan atas :

1. Agregat normal

Berat jenis agregat berkisar antara 2,5 sampai 2,7 ton/m³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt dan kuarsa. Beton yang dihasilkan dari agregat ini berberat jenis sekitar 2,3 ton/m³ dengan kuat tekan antara 15 Mpa sampai 40 Mpa.

2. Agregat berat

Agregat berat mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 ton/m³ misalnya *magnetik* (Fe₃O₄), *baritas* (Ba SO₄), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi sampai 5 ton/m³. Agregat jenis ini efektif sebagai dinding pelindung radiasi sinar X.

3. Agregat ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 ton/m³ yang biasanya digunakan untuk beton non struktural, akan tetapi dapat juga digunakan untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Kebaikan agregat ini ialah beratnya ringan sifat lebih tahan api dan sebagai bahan isolasi panas yang lebih baik. Agregat ringan dapat diperoleh secara alami maupun buatan.

Agregat ringan alami misalnya : *diatomite*, *pumice*, *volcanic cinder*. Agregat ringan buatan misalnya : tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*sintered fly ash*) dan busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnag slag*).

Kadar air yang ada pada agregat (di lapangan) perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan pula untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan kandungan air dari dalam agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat berikut ini.

1. Kering tungku, yaitu benar-benar tidak berair dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air.
2. Kering udara, yaitu butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit mengandung air di dalam porinya.
3. Jenuh kering muka pada tingkat ini tidak ada air di permukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butiran-butiran agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan beton.
4. Basah, pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air, baik di permukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai untuk campuran akan memberi air.

Dari keadaan tersebut di atas, keadaan jenuh kering muka (*saturated surface dry*, SSD) lebih disukai sebagai standar karena :

1. Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya.
2. Kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD.



II.4 Air

Air merupakan bahan dasar campuran mortar yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk mendapatkan mortar yang mudah dikerjakan dan dengan kekuatan yang tetap pada satu perbandingan, maka jumlah air dan semennya harus dipertahankan. Selain dari jumlahnya, kualitas airpun harus diperhatikan, karena kotoran didalamnya akan mengganggu pengikatan semen dan dapat menyebabkan pengurangan kekuatannya.

Kualitas air yang digunakan adalah air yang dapat diminum. Sedangkan air yang tidak dapat dipergunakan adalah air yang mengandung bahan-bahan yang dapat mengurangi kekuatan dan merusak mortar. Adapun syarat-syarat pemakaian air untuk campuran mortar adalah tidak mengandung:

1. kapur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter,
2. garam yang dapat merusak mortar seperti asam, zat organik, lebih dari 15 gram/liter,
3. klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter,
4. senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

II.5 Abu Terbang (*fly ash*)

Abu terbang adalah bagian dari abu bakar berupa bubuk halus diambil dari campuran gas dari tungku pembakaran yang menggunakan bahan bakar batu bara pada Pusat Pembangkit Tenaga Listrik. Abu terbang akan keluar melalui cerobong asap serta hanya sebagian kecil tersisa di tungku api. Abu terbang yang digunakan masih berupa butir halus dengan sifat fisik seperti pada lampiran 29 tabel A.1.

Demikian juga dengan pengujian komposisi unsur kimia abu terbang, seperti pada lampiran 29 tabel A.2.

Dalam penelitian ini, abu terbang berasal dari sisa pembakaran batu bara di PLTU Suralaya Jawa Barat. Abu terbang mempunyai kemampuan lebih dari 90 % lolos pada ayakan nomor 325. Di negara-negara berkembang sudah banyak yang menggunakan standar spesifikasi abu terbang untuk beton karena mempunyai sifat pozolan yang baik. Standar tersebut dapat dilihat pada lampiran 30 dan lampiran 31, data sifat kimia dan fisik yang dibutuhkan.



BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Pentahapan Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan adalah studi laboratorium yang mengambil studi kasus di lapangan, yaitu suatu campuran mortar dengan bahan tambah abu terbang, yang bervariasi pada setiap campurannya.

Penelitian yang akan dilaksanakan adalah dengan membuat sampel-sampel mortar dengan ukuran 70 mm x 70 mm x 70 mm sebanyak 6 buah untuk setiap adukan dengan dua perlakuan suhu pada waktu rawatan, dengan rincian 3 buah sampel pada suhu kamar dan 3 buah sampel pada suhu oven (60° C). Masing-masing sampel akan diuji pada umur 28 hari, karena mortar semen sudah dapat mencapai kekuatan maksimal.

Dari pengujian tersebut akan dibuat analisa grafik mengenai pengaruh bahan tambah abu terbang terhadap kuat desak mortar.

Adapun pentahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

- | | | |
|-----------------------|-----------------|------------------------|
| | Pengayakan | |
| | | Semen |
| Air | Pencampuran | Pasir |
| | | Abu Terbang |
| | Pencetakan | |
| | Perendaman | |
| Pengeringan Oven | | Pengeringan Suhu Kamar |
| Pengujian Serapan Air | | Pengujian Berat Jenis |
| | Pengujian Desak | |

III.2 Pengujian Agregat Halus (pasir)

1. Analisa saringan dan modulus kehalusan.

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan.

Analisa saringan juga diperoleh modulus kehalusan butir seperti di bawah ini :

Tabel 3.1 Modulus halus butir

Saringan		Tertahan Saringan		Komulatif	
Nomor	Lubang (mm)	Berat (gr)	%	Tertahan (%)	Lolos (%)
No. 4	4,75	-	-	-	100
No. 8	2,36	24,80	2,48	2,48	97,52
No. 16	1,18	36,40	3,64	6,12	93,88
No. 30	0,60	139,70	13,97	20,09	79,91
No. 50	0,30	349,70	34,97	55,06	44,94
No. 100	0,15	360,30	36,03	91,09	8,91
Pan	-	89,10	8,91	-	-
		1000	100	174,84	
Modulus Kehalusan Butir : $174,84/100 = 1,7484$					

III.3 Perhitungan Campuran Mortar

Perhitungan campuran mortar adalah untuk menentukan banyaknya masing-masing bahan yang akan dicampur dalam suatu adukan mortar sehingga diperoleh perbandingan yang tepat antara semen, pasir, abu terbang dan air. Pada penelitian ini digunakan perbandingan volume yang bervariasi pada setiap adukan. Pada adukan ke-1 menggunakan perbandingan volume 1 semen, 3 pasir, dan volume abu terbang dari 0 sampai 0,4 dengan interval 0,1 dan seterusnya sampai adukan ke-5

dengan perubahan pada volume pasir dengan interval 1 pada setiap adukan. Untuk lebih jelasnya seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 3.2 Perbandingan volume adukan mortar

Adukan ke	Perbandingan volume bahan campuran		
	Semen portland	Pasir	Abu terbang
1	1	3	0
	1	3	0,1
	1	3	0,2
	1	3	0,3
	1	3	0,4
2	1	4	0
	1	4	0,1
	1	4	0,2
	1	4	0,3
	1	4	0,4
3	1	5	0
	1	5	0,1
	1	5	0,2
	1	5	0,3
	1	5	0,4
4	1	6	0
	1	6	0,1
	1	6	0,2
	1	6	0,3
	1	6	0,4
5	1	7	0
	1	7	0,1
	1	7	0,2
	1	7	0,3
	1	7	0,4

Untuk perbandingan kekuatan dipakai mortar tanpa penambahan abu terbang. Agar diperoleh perbandingan bahan yang tepat, maka dalam pelaksanaan didasarkan pada perbandingan volume yang dikonversikan ke perbandingan berat

dari masing-masing bahan. Untuk dapat mengkonversikan tersebut, terlebih dahulu harus diketahui angka berat satuan masing-masing bahan yang digunakan. Berdasarkan panduan praktikum Bahan Konstruksi Teknik, untuk mencari berat satuan suatu bahan, yaitu dengan bantuan cetakan berbentuk silinder berukuran 30 cm dan diameter 10 cm, dengan urutan pelaksanaan adalah sebagai berikut :

1. cetakan silinder diukur volumenya (v),
2. cetakan silinder dalam keadaan kosong ditimbang beratnya (w_1),
3. bahan yang akan dicari berat satuannya dimasukkan dalam cetakan dengan dipadatkan dan diratakan bagian atasnya, kemudian ditimbang beratnya (w_2)

Berat satuan bahan tersebut dihitung dengan rumus :

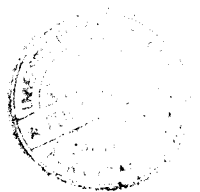
$$\text{Berat satuan} = \frac{(w_2 - w_1)}{v} \quad (\text{kg/cm}^3) \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

Untuk mencari berat masing-masing bahan susun mortar didasarkan pada hitungan dibawah ini :

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{nilai banding PC} \times \text{berat satuan semen}}{\text{berat satuan semen}} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

$$\text{Berat pasir} = \frac{\text{nilai banding pasir} \times \text{berat satuan pasir}}{\text{berat satuan semen}} \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

$$\text{Berat abu terbang} = \frac{\text{nilai banding abu terbang} \times \text{berat satuan abu terbang}}{\text{berat satuan semen}} \quad \dots\dots\dots (3-4)$$



Tabel 3.3 Berat satuan bahan susun mortar

Bahan susun mortar	Berat satuan (kg/cm ³)
Semen	1,3396
Pasir	1,7170
Abu terbang	1,3019

III.4 Alat dan Bahan

III.4.1 Alat-alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- a. Timbangan besar dan timbangan kecil.
- b. Cetok dan talam baja.
- c. Cetakan kubus mortar.
- d. Kaliper.
- e. Gelas ukur.
- f. Oven.
- g. Desikator.
- h. Alat uji desak.
- i. Corong kronik.

III.4.2 Bahan-bahan

- a. Semen portland tipe I.
- b. Pasir.
- c. Abu terbang dari PLTU Suralaya, Jawa Barat.
- d. Air, dengan kondisi visual bersih, jernih dan tidak berbau.

III.5 Pembuatan Benda Uji

Tahapan pelaksanaan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut ini.

1. Persiapan

Bahan dan alat yang akan digunakan disiapkan terlebih dahulu agar dalam melaksanakan nanti tidak terjadi masalah yang akan menghambat pelaksanaan. Untuk bahan diperlukan antara lain, pasir dengan diameter yang lolos saringan no. 4 (ukuran butir maksimum 4,75 mm), sedang abu terbang yang digunakan adalah butiran yang lolos saringan no.100. Diameter abu terbang lebih kecil dimaksudkan sebagai bahan pengisi. Sedang semen dipakai semen tipe I yang telah tersedia di pasaran dengan kondisi baik.

2. Proses pembuatan

Bahan-bahan yang sudah disiapkan ditimbang beratnya sesuai dengan hasil konversi perbandingan volume ke dalam perbandingan berat, kemudian bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam talam baja dan dicampur dalam kondisi kering terlebih dahulu. Setelah itu bahan diaduk dengan alat bantu cetok sampai adukan homogen, yaitu jika warna adukan sudah rata. Kemudian ditambahkan air sesuai dengan keadaan di lapangan, lalu diaduk sampai rata. Adukan yang telah rata tersebut dituang ke dalam cetakan dengan disertai pemadatan adukan agar didapat hasil yang padat dan rapat, kemudian dibiarkan selama 24 jam. Mortar yang sudah berumur 24 jam dikeluarkan dari cetakan dan direndam dalam air bersih sampai berumur 14 hari. Benda uji yang telah dikeluarkan dari air ditempatkan pada kondisi lembab udara sampai umur 26 hari. Untuk keperluan uji serapan, 3 kubus mortar yang akan digunakan dimasukkan dalam oven selama 24 jam, selanjutnya dimasukkan dalam desikator selama 24 jam pula. Sedang untuk benda uji tekan cukup ditempatkan pada kondisi kering udara hingga pada umur 28 hari.

3. Pelaksanaan pengujian.

a. Pengujian serapan air.

Pada pelaksanaan uji serapan air dipakai 3 kubus mortar masing-masing diberi nomor. Kubus-kubus tersebut pada umur 14 hari diangkat dari rendaman air kemudian masing-masing kubus ditimbang (W_1), kemudian kubus-kubus tersebut ditempatkan pada kondisi lembab udara sampai berumur 26 hari. Pada umur ke-26 hari tersebut kubus-kubus dimasukkan ke dalam oven dengan suhu optimum 60°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 24 jam. Tepat pada umur 28 hari dilakukan penimbangan kembali tiap-tiap kubus mortar untuk mengetahui berat kering (W_2). Berat air yang diserap adalah selisih berat kubus mortar setelah direndam (W_1) dengan berat kubus mortar kering oven (W_2). Angka serapan adalah prosentase perbandingan antara berat air yang diserap dengan berat kubus mortar kering oven yang dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Serapan air} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times 100 \%$$

Dengan :

W_1 = berat benda uji setelah direndam air

W_2 = berat benda uji setelah dikeringkan

b. Pengujian berat jenis adukan mortar.

Berat jenis adukan mortar dilakukan dengan pengujian pada kubus mortar berumur 28 hari yang telah mengalami rawatan tanpa pengeringan dalam oven. Pada pemeriksaan berat jenis digunakan 3 kubus mortar, yakni dengan melakukan penimbangan serta pengukuran sisi-sisi dari masing-masing kubus tersebut, dengan menggunakan kaliper.

Berat jenis dihitung dengan rumus :

$$BJ = \frac{W}{(p \times l \times t)} \quad (\text{gr/cm}^3)$$

Dengan :

BJ	= berat jenis benda uji kubus	(gr/cm ³)
W	= berat benda uji	(gr)
p	= panjang benda uji	(cm)
l	= lebar benda uji	(cm)
t	= tinggi benda uji	(cm)

c. Pengujian kuat tekan.

Pengujian kuat tekan kubus mortar dilakukan setelah kubus mortar diuji serapan airnya dan berat jenisnya, sehingga didalam pengujian kuat tekan mortar tersebut ada dua macam benda uji yaitu : benda uji kering oven pada suhu optimum 60° C dan benda uji kering pada suhu kamar ($\pm 27^\circ \text{C}$). Dan dari kedua macam itu diambil nilai perbandingan kuat tekan yang dihasilkan. Nilai kuat tekan diperoleh dengan rumus :

$$\sigma_{ds} = \frac{F}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Dengan :

σ_{ds}	= kuat tekan mortar	(kg/cm ²)
F	= beban maksimum	(kg)
A	= luas bidang tekan	(cm ²)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Umum

Penelitian tugas akhir ini merupakan study eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium. Hal-hal yang dibahas dalam bab ini akan disajikan hasil penelitian dan pembahasan mortar semen dengan bahan-tambah abu terbang meliputi: pengujian kuat desak mortar, berat jenis, dan serapan air.

Untuk pembahasan pengujian mortar semen tersebut sebelumnya diberikan cara perhitungan perbandingan volume yang dikonversikan ke perbandingan berat dapat dilihat:

1. berat semen pada rumus(3 - 2),
2. berat pasir pada rumus(3 - 3),
3. berat abu terbang pada rumus(3 - 4),

Adapun prinsip hitungan untuk mencari perbandingan berat adalah seperti pada persamaan (3-2), (3-3), dan (3-4).

Sebagai contoh hitungan perbandingan volume yang dikonversikan ke perbandingan berat:

1 pc : 3 pasir : 0,1 abu terbang, yaitu:

$$\text{PC} = \frac{1 \times 1,3396}{1,3396} = 1$$

$$\text{Pasir} = \frac{3 \times 1,7170}{1,3396} = 3,8452$$

$$\text{Abu terbang} = \frac{0,1 \times 1,3019}{1,3396} = 0,0972$$

Untuk hitungan perbandingan berat yang lain, dengan cara yang sama diperoleh hasil perbandingan berat semen, pasir, dan abu terbang seperti pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Perbandingan Adukan Mortar

Perbandingan Volume ♦	Perbandingan Berat			
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Abu terbang (kg)	Fas * (ml)
1 : 3 : 0	1	3,8452	0	0,7753
1 : 3 : 0,1	1	3,8452	0,0972	0,7611
1 : 3 : 0,2	1	3,8452	0,1944	0,7459
1 : 3 : 0,3	1	3,8452	0,2916	0,7551
1 : 3 : 0,4	1	3,8452	0,3887	0,7537
1 : 4 : 0	1	5,1269	0	1,0415
1 : 4 : 0,1	1	5,1269	0,0972	1,0457
1 : 4 : 0,2	1	5,1269	0,1944	1,0430
1 : 4 : 0,3	1	5,1269	0,2916	1,0270
1 : 4 : 0,4	1	5,1269	0,3887	1,0229
1 : 5 : 0	1	6,4086	0	1,3187
1 : 5 : 0,1	1	6,4086	0,0972	1,3209
1 : 5 : 0,2	1	6,4086	0,1944	1,3078
1 : 5 : 0,3	1	6,4086	0,2916	1,3014
1 : 5 : 0,4	1	6,4086	0,3887	1,2944
1 : 6 : 0	1	7,6904	0	1,5644
1 : 6 : 0,1	1	7,6904	0,0972	1,5641
1 : 6 : 0,2	1	7,6904	0,1944	1,5636
1 : 6 : 0,3	1	7,6904	0,2916	1,5089
1 : 6 : 0,4	1	7,6904	0,3887	1,4981
1 : 7 : 0	1	8,9721	0	1,8947
1 : 7 : 0,1	1	8,9721	0,0972	1,7116
1 : 7 : 0,2	1	8,9721	0,1944	1,6775
1 : 7 : 0,3	1	8,9721	0,2916	1,6523
1 : 7 : 0,4	1	8,9721	0,3887	1,6390

* Penyesuaian di lapangan

♦ Pc : Ps : Abu terbang

IV.2 Pengujian Kuat Desak Mortar

Pengujian kuat desak mortar dilakukan setelah umur 28 hari. Mortar yang diuji ada dua macam perlakuan yaitu dengan perlakuan pada suhu kamar $\pm 27^{\circ}$ C dan suhu oven 60° C. Alat yang digunakan untuk pengujian kuat desak mortar adalah mesin desak hidrolis seperti pada gambar 5 lampiran 27.

Hasil pengujian kuat desak rata-rata mortar diberikan pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Rata-rata Mortar

Kode Sampel	Perbandingan Volume			FAS *	Serapan	Berat	Kuat Tekan		% Kuat Tekan	
	PC	PSR	ABU TB		Air %	Jenis (kg/cm^3)	Oven (kg/cm^2)	Kamar (kg/cm^2)	Oven	Kamar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
A1	1	3	0	0,77	5,20	2,0709	175,9283	162,6273	100	100
A2	1	3	0,1	0,76	4,46	2,1190	178,0064	165,1493	101,1812	101,5508
A3	1	3	0,2	0,75	4,83	2,1007	178,8502	158,2610	101,6608	97,3151
A4	1	3	0,3	0,76	4,22	2,1613	222,9629	204,1708	126,7351	125,5452
A5	1	3	0,4	0,76	4,10	2,1362	232,2510	183,2464	132,0146	112,6787
B1	1	4	0	1,04	8,20	1,9873	73,7668	61,9236	100	100
B2	1	4	0,1	1,05	6,25	2,0259	80,1353	57,7401	108,6333	93,2441
B3	1	4	0,2	1,04	5,73	2,0708	133,8005	106,4866	181,3831	171,9645
B4	1	4	0,3	1,03	7,10	2,0882	115,9023	94,5958	157,1199	152,7621
B5	1	4	0,4	1,02	6,47	2,0391	111,6607	97,5997	151,3699	157,6131
C1	1	5	0	1,32	7,32	2,0264	58,8192	49,5326	100	100
C2	1	5	0,1	1,32	7,88	1,9787	68,9283	47,2662	117,1867	95,4244
C3	1	5	0,2	1,31	7,15	1,9999	72,6932	48,4242	123,5875	97,7623
C4	1	5	0,3	1,30	7,72	2,0460	86,0843	53,9662	146,3541	108,9509
C5	1	5	0,4	1,29	6,48	2,0581	92,2724	63,2825	156,8746	127,7593
D1	1	6	0	1,56	9,28	1,9640	51,4023	44,9406	100	100
D2	1	6	0,1	1,56	11,96	2,0648	62,0150	52,4087	120,6464	116,6177
D3	1	6	0,2	1,56	10,00	2,0692	84,0153	53,2368	163,4466	118,4604
D4	1	6	0,3	1,51	10,59	2,0842	87,0740	60,2293	169,3971	134,0198
D5	1	6	0,4	1,50	10,84	2,0534	69,9327	55,3152	107,6123	123,0851
E1	1	7	0	1,89	13,35	1,9242	31,9292	25,8564	100	100
E2	1	7	0,1	1,71	11,16	2,0261	52,5723	35,3561	164,6527	136,7402
E3	1	7	0,2	1,68	10,18	1,9900	44,3374	37,3163	138,8616	144,3213
E4	1	7	0,3	1,65	9,67	2,0258	54,9553	33,4123	172,1161	129,2226
E5	1	7	0,4	1,64	10,05	2,0149	54,3535	34,0393	170,2313	131,6475

* Penyesuaian di lapangan

Hasil yang diperoleh dari pengujian di Laboratorium yang dapat dilihat pada tabel 4.2 memperlihatkan bahwa kuat desak mortar dengan bahan-tambah abu terbang pada perlakuan suhu oven lebih baik dari pada mortar tanpa abu terbang. Akan tetapi pada perlakuan suhu kamar nilai kuat desak mortar pada setiap variasi perbandingan dari campuran mortar tanpa abu terbang dibandingkan dengan menggunakan bahan-tambah abu terbang ada yang lebih rendah kuat tekannya, seperti pada perbandingan (1 : 3 : 0,2), (1 : 4 : 0,1), (1 : 5 : 0,1), dan (1 : 5 : 0,2).

Dengan melihat penjelasan tersebut, mortar dengan bahan-tambah abu terbang cenderung lebih baik dari pada mortar tanpa abu terbang.

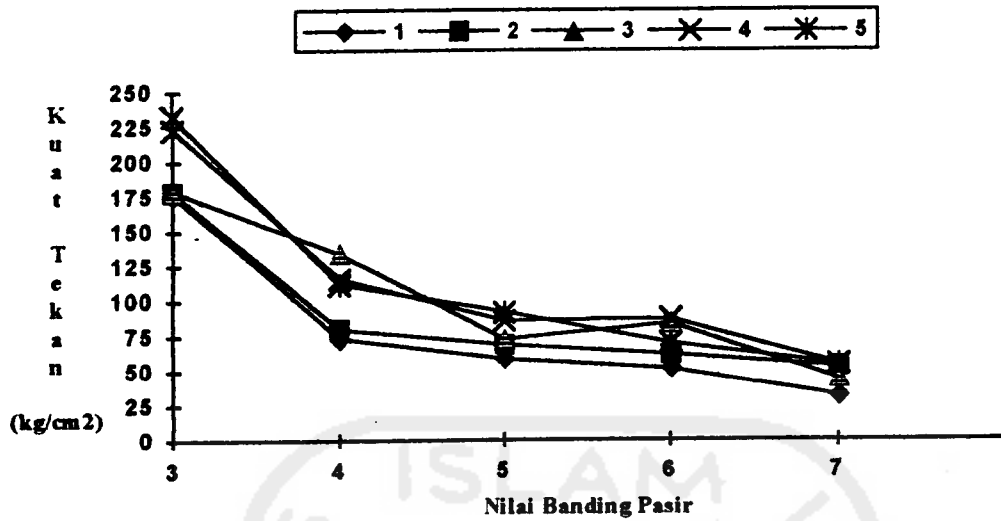
Pada tabel 4.2 di atas merupakan hasil rata-rata dari pengujian kuat tekan mortar, serapan air dan berat jenis. Untuk lebih jelasnya lihat pada halaman lampiran. Selanjutnya masing-masing tinjauan akan dibahas dalam sub bab tersendiri.

IV.3 Pembahasan

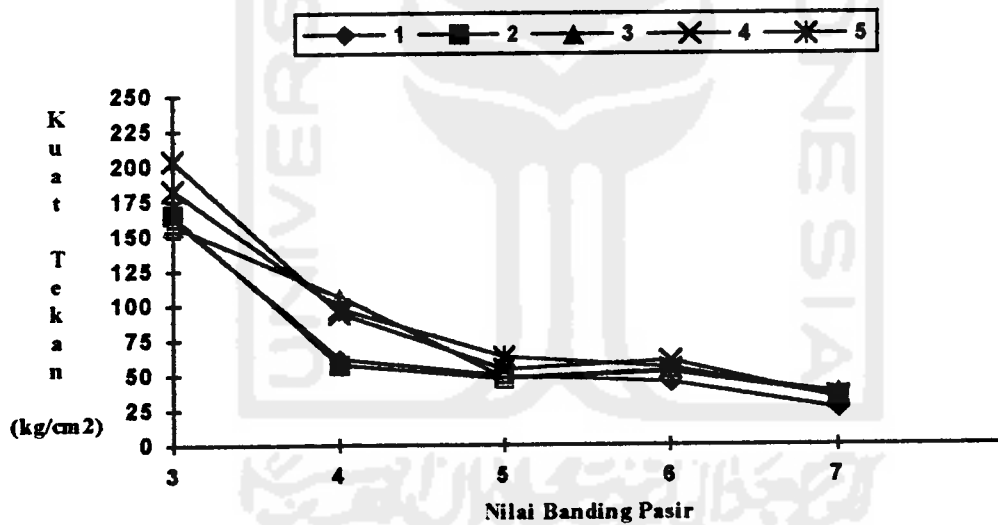
IV.3.1 Kuat tekan mortar

Kuat tekan mortar, yang dihasilkan merupakan hasil dari pengujian sampel mortar berupa kubus berukuran 7 cm x 7 cm x 7 cm dengan mesin uji tekan. Adapun hasil kuat tekan mortar yang diperoleh dari pengujian di laboratorium seperti terdapat pada tabel 4.2 di atas, dan kemudian disusun dalam grafik sebagai mana terlihat pada gambar 4.1 dan 4.2.





Gambar 4.1. Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan tambah abu terbang dengan nilai banding pasir pada suhu oven.

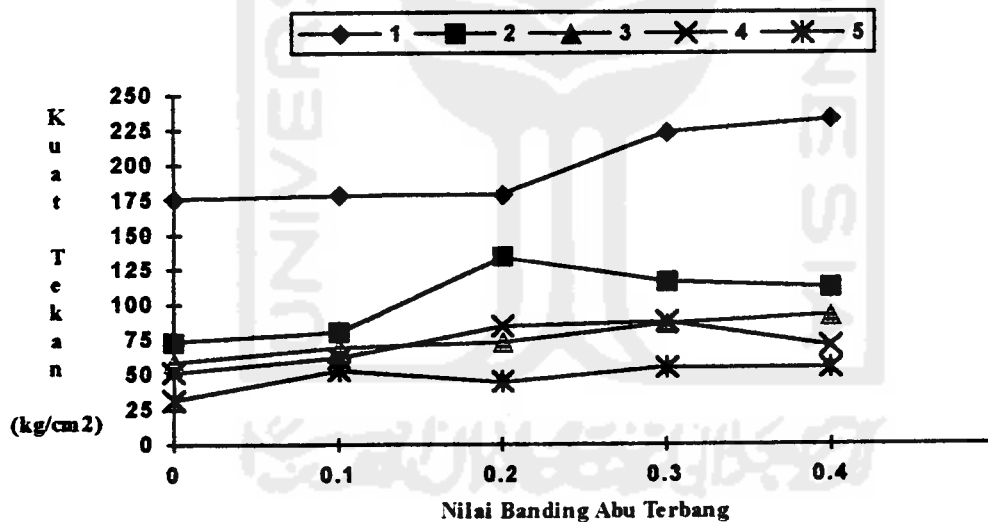


Gambar 4.2. Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan tambah abu terbang dengan nilai banding pasir pada suhu kamar.

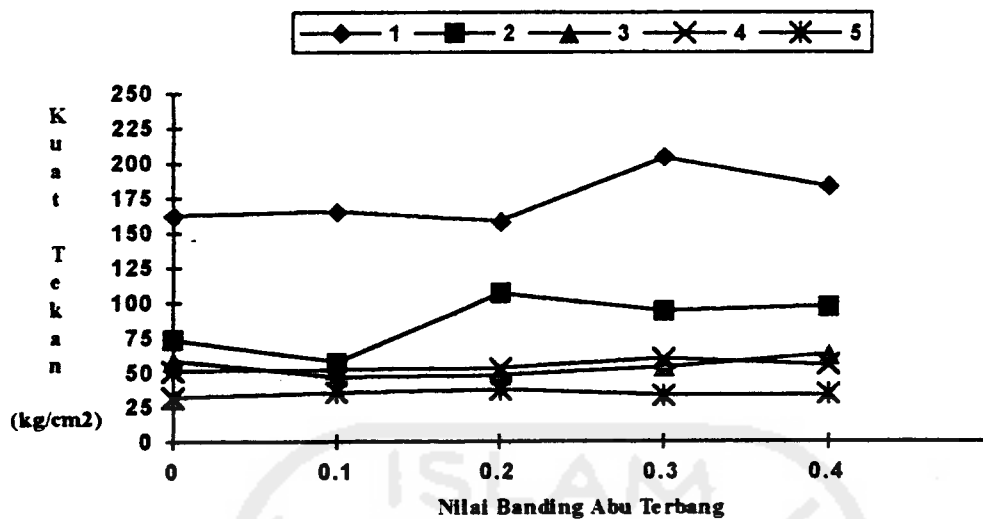
Keterangan :

- 1 = Kandungan abu terbang 0,
- 2 = Kandungan abu terbang 0,1,
- 3 = Kandungan abu terbang 0,2,
- 4 = Kandungan abu terbang 0,3,
- 5 = Kandungan abu terbang 0,4.

Dari grafik di atas baik dengan perlakuan suhu oven maupun suhu kamar terlihat bahwa penambahan nilai banding pasir pada adukan mortar menyebabkan penurunan kuat tekan mortar. Seperti pada nilai banding pasir 3 dengan nilai banding pasir 4 terjadi penurunan kuat tekan yang sangat drastis, mencapai $\pm 46,6759\%$. Sedang pada nilai banding pasir 4 sampai 5, kuat tekan yang dihasilkan turun $\pm 37,2597\%$ dan pada nilai banding pasir 5 sampai 6, kuat tekan yang dihasilkan relatif sama, selanjutnya nilai banding pasir 6 kuat tekan mortar menurun lagi. Kondisi tersebut terjadi baik pada perlakuan suhu oven 60°C selama 24 jam maupun pada suhu kamar $\pm 27^\circ\text{C}$.



Gambar 4.3. Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan-tambah abu terbang dengan nilai banding abu terbang pada suhu oven.



Gambar 4.4. Grafik hubungan kuat tekan mortar bahan-tambah abu terbang pada suhu kamar.

Keterangan :

- 1 = Kandungan Pasir 3,
- 2 = Kandungan Pasir 4,
- 3 = Kandungan Pasir 5,
- 4 = Kandungan Pasir 6,
- 5 = Kandungan Pasir 7.

Dari grafik 4.3. dan 4.4. dapat diketahui secara umum bahwa penambahan abu terbang pada campuran mortar dengan perbandingan 1 pc : 3, 4, 5, 6 dan 7 pasir, cenderung menyebabkan kenaikan kuat tekan baik pada perlakuan suhu oven maupun pada perlakuan suhu kamar.

Untuk penambahan abu terbang 0,1 pada campuran mortar perbandingan (1 : 3 : 0,1) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 1,1812 % pada perlakuan suhu oven dan 1,5508 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 4 : 0,1) dengan perlakuan suhu oven mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 8,6333 % akan tetapi pada perlakuan suhu kamar mengalami penurunan kuat tekan sebesar 6,7559 %. Pada perbandingan (1 : 5 : 0,1) dengan perlakuan suhu oven mengalami

kenaikan kuat tekan sebesar 17,1867 % akan tetapi pada perlakuan suhu kamar mengalami penurunan kuat tekan sebesar 4,5756 %. Pada perbandingan (1 : 6 : 0,1) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 20,6464 % pada perlakuan suhu oven dan 16,6177 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 7 : 0,1) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 64,6527 % pada perlakuan suhu oven dan 36,7402 % pada perlakuan suhu kamar. Dari penjelasan pembahasan diatas bahwa mortar semen dengan penambahan abu terbang 0,1 cenderung mengalami kenaikan kuat tekannya.

Untuk penambahan abu terbang 0,2 pada campuran mortar perbandingan (1 : 3 : 0,2) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 1,6608 % pada perlakuan suhu oven akan tetapi pada perlakuan suhu kamar mengalami penurunan kuat tekan sebesar 2,6849 %. Pada perbandingan (1 : 4 : 0,2) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 81,3831 % dan 71,9645 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 5 : 0,2) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 23,5875 % pada perlakuan suhu oven akan tetapi dengan perlakuan suhu kamar mengalami penurunan sebesar 2,2377 %. Pada perbandingan (1 : 6 : 0,2) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 63,4466 % pada perlakuan suhu oven dan 18,4604 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 7 : 0,2) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 38,8616 % pada perlakuan suhu oven dan 44,3213 % pada perlakuan suhu kamar. Dari penjelasan pembahasan diatas bahwa perbandingan mortar semen dengan penambahan bahan-tambah abu terbang 0,2 cenderung mengalami kenaikan kuat tekannya.

Untuk penambahan abu terbang 0,3 pada campuran mortar perbandingan (1 : 3 : 0,3) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 26,7351 % pada perlakuan suhu oven dan 25,5452 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 4 : 0,3) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 57,1199 % pada perlakuan suhu oven

dan 52,7621 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 5 : 0,3) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 46,3541 % pada perlakuan suhu oven dan 8,9509 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 6 : 0,3) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 69,3971 % pada perlakuan suhu oven dan 34,0198 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 7 : 0,3) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 72,1161 % pada perlakuan suhu oven dan 29,2226 % pada perlakuan suhu kamar. Dari penjelasan pembahasan diatas bahwa perbandingan mortar semen dengan penambahan bahan-tambah abu terbang 0,3 cenderung mengalami kenaikan kuat tekannya.

Untuk penambahan abu terbang 0,4 pada campuran mortar perbandingan (1 : 3 : 0,4) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 32,0146 % pada perlakuan suhu oven dan 12,6787 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 4 : 0,4) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 51,3699 % pada perlakuan suhu oven dan 57,6131 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 5 : 0,4) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 56,8746 % pada perlakuan suhu oven dan 27,7593 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 6 : 0,4) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 7,6123 % pada perlakuan suhu oven dan 23,0851 % pada perlakuan suhu kamar. Pada perbandingan (1 : 7 : 0,4) mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 70,2313 % pada perlakuan suhu oven dan 31,6475 % pada perlakuan suhu kamar. Dari penjelasan pembahasan diatas bahwa perbandingan mortar semen dengan penambahan bahan-tambah abu terbang 0,4 cenderung mengalami kenaikan kuat tekannya.

Pada pembahasan di atas untuk perbandingan campuran mortar (1 : 3 : 0,2), (1 : 4 : 0,1), (1 : 5 : 0,1), (1 : 5 : 0,2) pada perlakuan suhu kamar mengalami penurunan kuat tekannya akan tetapi pada perlakuan suhu oven ternyata mengalami kenaikan kuat tekannya. Hal ini disebabkan pada perlakuan suhu oven mortar dapat

kering secara merata. Dalam penelitian mortar semen dengan penambahan abu terbang ini ternyata mengalami kenaikan kuat tekannya karena bahan-tambah abu terbang bisa mengisi pori-pori yang kosong pada mortar semen tersebut. Oleh karena itu mortar semen dengan bahan-tambah abu terbang secara umum dapat digunakan dan lebih baik dari mortar semen tanpa abu terbang.

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan campuran yang baik suatu adukan mortar dengan bahan-tambah abu terbang pada setiap perbandingan semen : pasir : abu terbang adalah sebagai berikut ini.

1. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 3 pasir dipakai perbandingan (1 : 3 : 0,4).
2. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 4 pasir dipakai perbandingan (1 : 4 : 0,2).
3. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 5 pasir dipakai perbandingan (1 : 5 : 0,4).
4. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 6 pasir dipakai perbandingan (1 : 6 : 0,3).
5. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 7 pasir dipakai perbandingan (1 : 7 : 0,4).

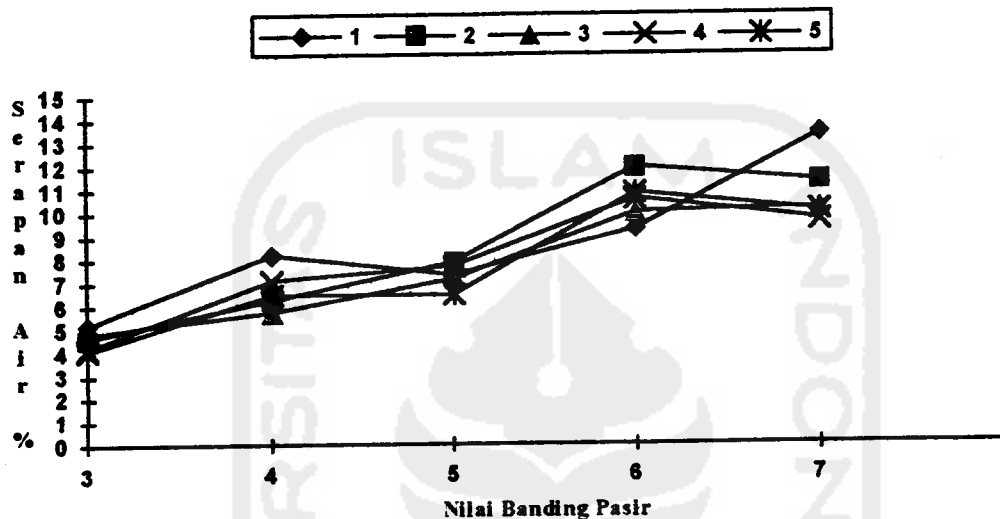
Dari pemilihan perbandingan campuran adukan mortar pada setiap perbandingan ini didasarkan atas prosentase kenaikan kuat tekannya.

IV.3.2 Serapan air

Nilai serapan air yang dihasilkan dalam tabel 4.1 merupakan hasil rata-rata dari tiga buah benda uji mortar untuk tiap-tiap campuran yang diperlukan dengan pengeringan dalam oven bersuhu optimum 60° C selama 24 jam. Selanjutnya akan

dibahas mengenai pengaruh nilai banding pasir terhadap serapan air dan juga akan ditinjau pengaruh penggunaan bahan-tambah abu terbang.

1. Pengaruh perbandingan pasir



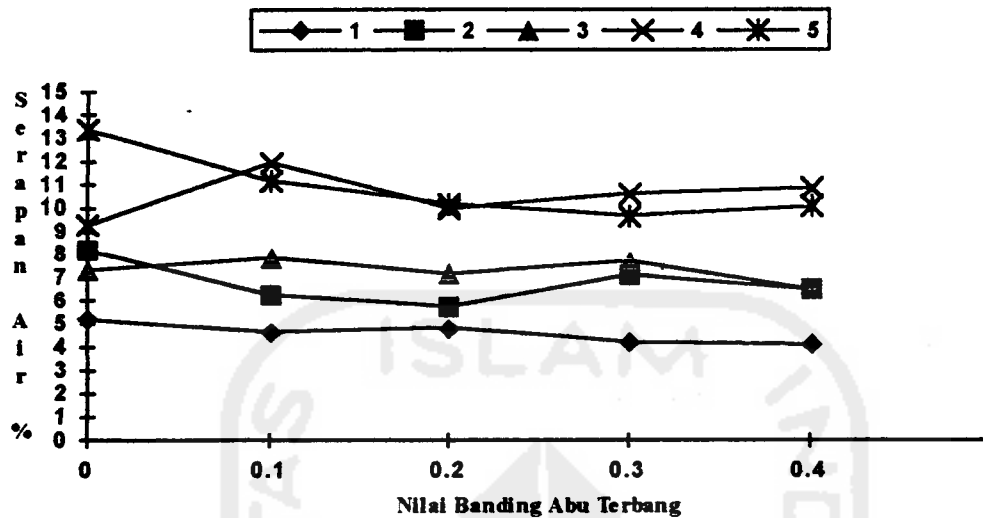
Gambar 4.5 Grafik hubungan serapan air dengan nilai banding pasir

Keterangan :

1. Kandungan abu terbang 0,
2. Kandungan abu terbang 0,1,
3. Kandungan abu terbang 0,2,
4. Kandungan abu terbang 0,3,
5. Kandungan abu terbang 0,4.

Dari gambar 4.5 di atas terlihat bahwa nilai serapan air beragam, sesuai dengan kandungan pasirnya. Nilai serapan air semakin meningkat dengan meningkatnya nilai banding pasir yang dipakai. Hal tersebut dikarenakan pori-pori yang terbentuk semakin banyak pada campuran mortar semen yang memiliki nilai banding pasir semakin besar.

2. Pengaruh perbandingan bahan-tambah abu terbang.



Gambar 4.6 Grafik hubungan serapan air dengan nilai banding abu terbang.

Keterangan :

1. Kandungan pasir 3,
2. Kandungan pasir 4,
3. Kandungan pasir 5,
4. Kandungan pasir 6,
5. Kandungan pasir 7.

Dari tabel 4.2 yang disajikan dengan gambar grafik 4.6 secara umum terlihat bahwa pengaruh bahan-tambah abu terbang pada campuran mortar semen terhadap nilai serapan air, cenderung menyebabkan penurunan daya serap (nilai serapan air) mortar semen. Hal tersebut dikarenakan pori-pori yang tidak tertutup pasta semen dapat terisi oleh abu terbang, sehingga daya serapnya semakin rendah. Pada beberapa campuran mortar semen dengan bahan-tambah abu terbang terjadi kenaikan nilai serapan airnya, seperti pada perbandingan 1 PC : 6 pasir : 0,1 abu terbang terjadi kenaikan sebesar 22,4080 % dan pada perbandingan abu terbang 0,2 akan mengalami penurunan sebesar 16,3880 %, kemudian untuk perbandingan

abu terbang 0,3 dan 0,4 mengalami kenaikan serapan air sebesar 5,5713 %. Jadi pada perbandingan 1 PC : 6 pasir nilai serapan airnya cenderung meningkat. Dengan demikian pengaruh penambahan bahan-tambah abu terbang pada perbandingan tersebut terhadap nilai serapan air pada mortar semen kurang baik.

IV.3.3 Berat jenis

Dari tabel 4.1 terlihat bahwa berat jenis yang dihasilkan mortar dengan bahan-tambah abu terbang memiliki nilai yang hampir sama yaitu berkisar 2 gr/cm^3 . Dalam penggunaan bahan-tambah abu terbang pada campuran mortar semen, memiliki pengaruh yang tidak berarti, hal itu dibuktikan bahwa hasil penelitian terhadap berat jenis mortar menghasilkan berat jenis yang hampir sama yaitu berkisar antara $1,9242 \text{ gr/cm}^3$ sampai $2,1613 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini terjadi karena beberapa faktor di bawah ini:

1. Pada pelaksanaan pengadukan diperoleh kadar air semen yang relatif sama pada setiap jenis adukan. Jadi tiap jenis adukan mempunyai keliatan yang relatif sama, selain itu pori-pori udara atau "air voids" serta pori-pori air atau "water filled space" yang terjadi relatif sama pula.
2. Pada perbandingan bahan susun mortar, selisih perbandingan berat untuk abu terbang yang dipakai tiap adukan relatif sama.
3. Benda uji berat jenis berupa kubus dengan ukuran $7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$, relatif kecil dan ringan sehingga dalam pelaksanaan pemadatan mudah dilakukan dan relatif seragam.

IV.3.4 Angka konversi

Pada bangunan-bangunan teknik sipil sering kali mortar semen dalam aplikasinya diperlakukan tanpa harus menunggu berumur 28 hari, hal ini terjadi karena tuntutan dan kepentingan pekerjaan di lapangan. Disamping jenis dan macam penggunaan yang ada, sebagai contoh bila mortar digunakan untuk spesi pasangan lantai ubin, maka tidak harus menunggu sampai 28 hari, lantai ubin dapat digunakan.

Untuk keperluan tersebut dan juga untuk mengetahui kenaikan kuat tekan mortar terhadap umur pengujian, berikut ini disajikan hasil uji kuat tekan untuk umur pengujian 7, 14, 21 dan 28 hari serta angka konversi untuk mortar semen seperti yang tercantum pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Nilai Konversi Kuat Desak Mortar

Umur (hari)	Perbandingan Volume	Kuat tekan (kg/cm^2)		Konversi	
		Oven	Kamar	Oven	Kamar
7	1 : 3 : 0	112,7385	94,7220	0,6408	0,5824
14	1 : 3 : 0	146,6194	137,8722	0,8334	0,8478
21	1 : 3 : 0	169,0899	155,9411	0,9611	0,9589
28	1 : 3 : 0	175,9283	162,6273	1,0000	1,0000
7	1 : 3 : 0,1	136,2178	129,6135	0,7652	0,7848
14	1 : 3 : 0,1	158,1368	135,9037	0,8884	0,8229
21	1 : 3 : 0,1	176,7546	144,7161	0,9930	0,8763
28	1 : 3 : 0,1	178,0064	165,1493	1,0000	1,0000
7	1 : 3 : 0,2	166,6837	136,6864	0,9320	0,8636
14	1 : 3 : 0,2	170,5562	138,5370	0,9536	0,8754
21	1 : 3 : 0,2	174,1907	141,5390	0,9739	0,8943
28	1 : 3 : 0,2	178,8502	158,2610	1,0000	1,0000
7	1 : 3 : 0,3	187,5649	157,3050	0,8415	0,7705
14	1 : 3 : 0,3	190,0178	160,1070	0,8522	0,7842
21	1 : 3 : 0,3	215,1881	191,7779	0,9651	0,9393
28	1 : 3 : 0,3	222,9629	204,1708	1,0000	1,0000
7	1 : 3 : 0,4	167,1677	137,3927	0,7198	0,7498
14	1 : 3 : 0,4	175,2901	153,8657	0,7547	0,8397
21	1 : 3 : 0,4	216,2759	179,5185	0,9312	0,9797
28	1 : 3 : 0,4	232,2510	183,2464	1,0000	1,0000

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa rata-rata kenaikan kuat tekan mortar tiap 7 hari pengujian berkisar 15 %. Untuk menentukan angka konversi kuat tekan mortar yaitu angka pembanding 1 diberikan untuk kuat tekan mortar pada umur 28 hari, kemudian kuat tekan tersebut sebagai pembanding untuk kuat tekan pada umur pengujian di bawahnya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari pengujian di laboratorium dan analisa grafik di atas, maka didapat beberapa kesimpulan berikut ini.

1. Campuran mortar dengan bahan-tambah abu terbang dengan perbandingan (1 : 3 : 0,2), (1 : 4 : 0,1), (1 : 5 : 0,1) dan (1 : 5 : 0,2) pada perlakuan suhu kamar mengalami penurunan kuat tekan.
2. Untuk perlakuan suhu oven dari semua perbandingan mengalami kenaikan kuat tekannya.
3. Pada perbandingan (1 PC : 3, 4, 5, 6 dan 7 pasir) dengan variasi penambahan abu terbang (0,1 , 0,2 , 0,3 dan 0,4) semua cenderung mengalami kenaikan kuat tekannya, kecuali pada perbandingan (1 : 3 : 0,2), (1 : 4 : 0,1), (1 : 5 : 0,1) dan (1 : 5 : 0,2) pada perlakuan suhu kamar.
4. Campuran mortar dengan penambahan abu terbang, yang paling besar mengalami kenaikan kuat tekannya yaitu pada perbandingan (1 : 4 : 0,2) sekitar 71,9645 % pada perlakuan suhu kamar dan 181,3831 % pada perlakuan suhu oven dari mortar perbandingan (1 : 4 : 0).
5. Penambahan bahan tambah abu terbang terhadap nilai serapan air pada mortar semen berpengaruh terhadap naik turunnya nilai serapan air yaitu campuran mortar dengan bahan-tambah abu terbang cenderung mengalami penurunan nilai serapannya, kecuali pada perbandingan (1 : 5 : 0,1), (1 : 5 : 0,3) dan (1 : 6 : 0,1 , 0,2 , 0,3 , 0,4) mengalami kenaikan nilai serapan dari perbandingan mortar tanpa abu terbang.

6. Penambahan abu terbang pada mortar semen terhadap berat jenis memiliki nilai yang hampir sama yaitu berkisar 2 kg/cm^3 oleh karena itu pengaruhnya sangat kecil sekali.
7. Dalam pelaksanaan pembuatan sampel fas diambil berdasarkan keadaan di Lapangan terhadap keenceran adukan mortar. Semakin bertambah jumlah abu terbang sangat kecil pengaruhnya terhadap nilai fasnya.

V.2 Saran-Saran

Dalam pembuatan dan pengujian benda uji mortar dengan memakai bahan-tambah abu terbang ini banyak kekurangan dan kesulitan yang dialami, untuk itu perlu disampaikan beberapa saran berikut ini :

1. Dalam pelaksanaan pembuatan benda uji perlu diperhatikan cara pengadukan dan pemadatan agar didapatkan mutu benda uji yang lebih baik.
2. Untuk memberi hasil penelitian yang lebih baik, sebaiknya digunakan meja sebar untuk menentukan nilai sebar campuran mortar, sehingga didapat nilai sebaran yang tepat.
3. Karena pada perbandingan (1 : 7 : 0,4) masih mengalami kenaikan kuat tekannya dan untuk mendapatkan yang baik, sebaiknya dilakukan lebih banyak lagi variasi perbandingannya.
4. Untuk menentukan angka konversi pada penelitian ini hanya digunakan 1 macam perbandingan, maka disarankan untuk diadakan penelitian lebih lanjut dengan variasi campuran yang lebih banyak lagi.
5. Karena terbatasnya kemampuan yang ada maka penelitian ini perlu di tindak lanjuti dengan variasi yang lebih sempurna.



6. Dalam pembuatan campuran mortar dengan bahan-tambah abu terbang pada setiap perbandingan semen : pasir : abu terbang, sebaiknya digunakan perbandingan sebagai berikut ini.

- a. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 3 pasir dipakai perbandingan (1 : 3 : 0,4).
- b. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 4 pasir dipakai perbandingan (1 : 4 : 0,2).
- c. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 5 pasir dipakai perbandingan (1 : 5 : 0,4).
- d. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 6 pasir dipakai perbandingan (1 : 6 : 0,3).
- e. Untuk perbandingan campuran adukan mortar 1PC : 7 pasir dipakai perbandingan (1 : 7 : 0,4).

Dari pemilihan perbandingan campuran adukan mortar pada setiap perbandingan ini didasarkan atas prosentase kenaikan kuat tekannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Antono, Prof , Ir , TEKNOLOGI BETON, Bahan Perkuliahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 1988.
2. Kardiyono Tjokrodimulyo, Ir., ME, TEKNOLOGI BETON, Buku Ajar Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 1992.
3. Murdock L.J, Brook K.M, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Terjemahan Ir. Stephanus Hendarko, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
4. BAMBANG ISMANTO S, "Stabilitas Abu Terbang Suralaya", Seminar Mekanika Bahan - PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada, Sept. 1991.
5. _____, SK SNI-28-1991-03 TATA CARA PENGADUKAN DAN PENGECORAN BETON, Yayasan LPMB Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1991.
6. _____, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N. I. -2 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan DPU, Bandung, 1977.
7. _____, SK SNI-M-111-1990-03 METODE PENGUJIAN KEKUATAN TEKAN MORTAR SEMEN PORTLAND UNTUK PEKERJAAN SIPIL

Tabel 1. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 3	28	A ₄	751,0	71,0	71,8	70,9	2,0778
	28	A ₅	753,3	71,0	71,2	71,3	2,0900
	28	A ₆	745,3	71,5	72,0	70,8	2,0448
Rata-rata			749,9	71,17	71,67	71,00	2,0709
1 : 3 : 0,1	28	A ₁₀	766,2	71,1	70,2	71,5	2,1470
	28	A ₁₁	743,5	71,5	70,4	70,8	2,0863
	28	A ₁₂	761,1	71,25	70,35	71,5	2,1237
Rata-rata			756,9	71,28	70,32	71,27	2,1190
1 : 3 : 0,2	28	A ₁₆	755,1	70,0	72,7	72,0	2,0608
	28	A ₁₇	764,7	70,4	71,2	72,0	2,1189
	28	A ₁₈	753,0	69,6	71,1	71,7	2,1223
Rata-rata			757,6	70,00	71,67	71,9	2,1007
1 : 3 : 0,3	28	A ₂₂	764,5	70,7	72,2	69,7	2,1488
	28	A ₂₃	769,5	70,7	71,0	69,9	2,1931
	28	A ₂₄	764,4	70,3	71,5	71,0	2,1419
Rata-rata			766,13	70,57	71,57	70,20	2,1613
1 : 3 : 0,4	28	A ₂₈	765,8	70,8	71,2	70,9	2,1427
	28	A ₂₉	769,1	71,0	71,2	71,0	2,1428
	28	A ₃₀	769,5	71,5	72,0	70,4	2,1232
Rata-rata			768,13	71,10	71,13	70,77	2,1362

Tabel 2. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 4	28	B4	722	69,8	72	72	1,9953
	28	B5	716,5	72,3	70,5	70,8	1,9854
	28	B6	708,8	69,5	71,9	71,6	1,9811
Rata-rata			715,77	70,53	71,47	71,47	1,9873
1 : 4 : 0,1	28	B10	718,6	71,5	70,3	70,1	2,0394
	28	B11	719,3	69,8	71	71,3	2,0357
	28	B12	721,8	71,5	70,8	71,2	2,0026
Rata-rata			719,90	70,93	70,70	70,87	2,0259
1 : 4 : 0,2	28	B16	727,7	70,8	71	70,8	2,0447
	28	B17	731,4	69,7	70,7	70,8	2,0964
	28	B18	715,5	70,1	69,9	70,5	2,0712
Rata-rata			724,87	70,2	70,53	70,7	2,0708
1 : 4 : 0,3	28	B22	754,8	71,4	72,1	70,2	2,0886
	28	B23	760,3	70,5	71,7	71,4	2,1066
	28	B24	756,4	71,6	71,9	71	2,0694
Rata-rata			757,17	71,17	71,9	70,87	2,0882
1 : 4 : 0,4	28	B28	748,4	72	72,5	71,8	1,9968
	28	B29	763,8	71,5	72,1	72,3	2,0493
	28	B30	745,2	69,7	72,1	71,6	2,0711
Rata-rata			752,47	71,07	72,23	71,9	2,0391

Tabel 3. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 5	28	C4	712,5	70,1	71,2	70,7	2,0191
	28	C5	704	70,1	70,4	70,2	2,0321
	28	C6	720,5	71,3	71,7	69,5	2,0279
Rata-rata			712,33	70,50	71,10	70,13	2,0264
1 : 5 : 0,1	28	C10	694,5	71,3	70	71,7	1,9407
	28	C11	702,7	70	70,6	71,3	1,9942
	28	C12	722,3	71,4	70,9	71,3	2,0012
Rata-rata			706,50	70,9	70,50	71,43	1,9787
1 : 5 : 0,2	28	C16	706,8	71,6	71,5	70,5	1,9583
	28	C17	697,6	69,9	70,3	70,9	2,0023
	28	C18	709,4	69,5	70,5	71	2,0392
Rata-rata			704,6	70,33	70,77	70,8	1,9999
1 : 5 : 0,3	28	C22	729,4	70,4	71,3	71	2,0467
	28	C23	727,9	70	71	71	2,0628
	28	C24	725	70,5	71,2	71,2	2,0286
Rata-rata			727,43	70,30	71,17	71,07	2,0460
1 : 5 : 0,4	28	C28	760	72,1	71,3	71	2,0822
	28	C29	741,9	72	72,5	70	2,0304
	28	C30	745,1	72	70,6	71,1	2,0616
Rata-rata			749	72,03	71,47	70,70	2,0581

Tabel 4. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 6	28	D4	688	70,9	71,3	70,1	1,9415
	28	D5	697,2	70,9	72,5	70,3	1,9294
	28	D6	718,6	70,9	71	70,6	2,0220
Rata-rata			701,27	70,9	71,60	70,33	1,9640
1 : 6 : 0,1	28	D10	751,4	71,2	71	71,6	2,0760
	28	D11	722,3	71	70,7	70,2	2,0498
	28	D12	731	70,2	70,7	71,2	2,0686
Rata-rata			734,9	70,8	70,8	71,00	2,0648
1 : 6 : 0,2	28	D16	740	70,9	71	72	2,0679
	28	D17	740,5	70,2	71	72,2	2,0577
	28	D18	741	70,9	70,7	71	2,0821
Rata-rata			740,50	70,67	70,90	71,73	2,0692
1 : 6 : 0,3	28	D22	727,3	70,5	71	69,9	2,0787
	28	D23	733,9	71,4	70,9	69,8	2,0770
	28	D24	731	71,2	70,1	69,9	2,0970
Rata-rata			730,93	71,03	70,67	69,87	2,0842
1 : 6 : 0,4	28	D28	732,1	70,1	71,8	71	2,0487
	28	D29	744,1	70,9	72	70,7	2,0617
	28	D30	739,8	70,4	71,5	71,7	2,0498
Rata-rata			738,67	70,47	71,77	71,3	2,0534

Tabel 5. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 7	28	E4	681,2	70,45	71	70,7	1,9263
	28	E5	682,3	70,5	70,5	71,25	1,9267
	28	E6	689,4	70,7	71,1	71,45	1,9195
Rata-rata			684,30	70,55	70,87	71,13	1,9242
1 : 7 : 0,1	28	E10	713,3	71,3	69,2	70,7	2,0448
	28	E11	714,4	71,2	70,7	71	1,9989
	28	E12	734,4	71,3	71,2	71,4	2,0261
Rata-rata			720,7	71,27	70,37	71,03	2,0261
1 : 7 : 0,2	28	E16	711	71,9	71,1	70,1	1,9841
	28	E17	710,2	71,3	71,6	70,1	1,9845
	28	E18	712,2	70,9	71,7	70	2,0014
Rata-rata			711,13	71,37	71,47	70,07	1,9900
1 : 7 : 0,3	28	E22	722,7	71	71,4	70,3	2,0251
	28	E23	728,2	71,2	71,8	70,5	2,0205
	28	E24	715,9	70	70,9	71	2,0317
Rata-rata			721,93	70,73	71,37	70,60	2,0258
1 : 7 : 0,4	28	E28	735	71,2	70,8	72,2	2,0166
	28	E29	729,1	69,7	71	72,7	2,0266
	28	E30	732,4	70,2	72	72,4	2,0014
Rata-rata			732,17	70,37	72,43	72,43	2,0149

Tabel 6. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 3	7	F ₄	753,30	71,6	70,9	69,25	2,1428
	7	F ₅	731,00	71,0	70,7	70,0	2,0804
	7	F ₆	741,20	70,4	71,4	70,2	2,1005
Rata-rata			741,83	71,0	71,0	69,82	2,1079
1 : 3 : 0,1	7	F ₁₀	750,30	71,5	68,95	70,75	2,1511
	7	F ₁₁	758,30	71,0	69,85	70,8	2,1596
	7	F ₁₂	747,80	70,5	69,65	71,2	2,1389
Rata-rata			752,13	71,0	69,48	70,92	2,1499
1 : 3 : 0,2	7	F ₁₆	741,80	71,25	70,55	69,45	2,1249
	7	F ₁₇	745,20	70,7	70,2	69,8	2,1511
	7	F ₁₈	743,00	70,8	69,5	69,6	2,1695
Rata-rata			743,30	70,92	70,08	69,62	2,1485
1 : 3 : 0,3	7	F ₂₂	743,50	71,0	69,6	70,7	2,1281
	7	F ₂₃	750,80	70,4	69,8	71,4	2,1399
	7	F ₂₄	740,50	70,7	69,55	70,0	2,1513
Rata-rata			744,93	70,70	69,65	72,70	2,1398
1 : 3 : 0,4	7	F ₂₈	748,70	70,9	68,8	72,0	2,1318
	7	F ₂₉	743,50	70,9	69,1	72,0	2,1078
	7	F ₃₀	730,80	69,7	69,2	71,6	2,1162
Rata-rata			741,00	70,5	69,03	71,87	2,1186

Tabel 7. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran Benda Uji			Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 3	14	G ₄	745,5	70,8	70,8	70,1	2,1216
	14	G ₅	748,1	70,6	70,3	71,1	2,1200
	14	G ₆	747,5	71,1	71,4	70,0	2,1035
Rata-rata			747,03	70,83	70,83	70,40	2,1150
1 : 3 : 0,1	14	G ₁₀	742,5	71,5	69,2	70,9	2,1166
	14	G ₁₁	736,7	71,2	69,5	70,9	2,0998
	14	G ₁₂	749,0	71,25	70,2	71,0	2,1009
Rata-rata			742,73	71,32	69,63	70,93	2,1085
1 : 3 : 0,2	14	G ₁₆	724,0	71,2	69,2	68,95	2,1312
	14	G ₁₇	724,4	70,85	70,0	69,05	2,1153
	14	G ₁₈	719,9	70,5	69,25	69,2	2,1309
Rata-rata			722,77	70,85	69,48	69,07	2,1258
1 : 3 : 0,3	14	G ₂₂	741,5	70,9	69,5	70,7	2,1284
	14	G ₂₃	754,9	71,05	70,05	70,7	2,1453
	14	G ₂₄	747,2	69,6	70,25	71,15	2,1479
Rata-rata			747,87	70,52	69,93	70,85	2,1405
1 : 3 : 0,4	14	G ₂₈	748,5	70,9	70,05	71,5	2,1078
	14	G ₂₉	752,3	71,15	69,4	72,15	2,1116
	14	G ₃₀	742,6	70,9	69,5	71,9	2,0960
Rata-rata			747,8	70,98	69,65	71,85	2,1051

Tabel 8. Pengujian Berat Jenis

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat (W) (gram)	Ukuran	Benda	Uji	Berat jenis $\frac{w}{(p \times t \times l)}$
				p (mm)	t (mm)	l (mm)	
1 : 3	21	H ₄	756,2	71,5	70,5	70,75	2,1204
	21	H ₅	755,2	71,4	70,05	72,2	2,0913
	21	H ₆	758,7	71,5	71,75	70,0	2,1127
Rata-rata			756,7	71,47	70,77	70,98	2,1081
1 : 3 : 0,1	21	H ₁₀	751,4	69,85	70,5	71,25	2,1416
	21	H ₁₁	743,2	71,7	70,1	70,8	2,0885
	21	H ₁₂	751,2	70,55	70,1	70,6	2,1515
Rata-rata			748,6	70,70	70,23	70,88	2,1272
1 : 3 : 0,2	21	H ₁₆	734,0	71,0	69,7	69,1	2,1465
	21	H ₁₇	732,7	70,6	69,7	69,7	2,1363
	21	H ₁₈	732,4	70,7	69,3	69,45	2,1524
Rata-rata			733,03	70,77	69,57	69,42	2,1451
1 : 3 : 0,3	21	H ₂₂	744,5	70,4	70,6	69,9	2,1429
	21	H ₂₃	749,4	70,3	70,25	70,7	2,1463
	21	H ₂₄	750,0	69,9	71,0	70,95	2,1300
Rata-rata			747,97	70,20	70,62	70,52	2,1397
1 : 3 : 0,4	21	H ₂₈	747,1	70,8	69,7	71,25	2,1248
	21	H ₂₉	757,5	71,5	70,1	71,1	2,1256
	21	H ₃₀	750,0	71,6	70,0	69,9	2,1408
Rata-rata			751,53	71,30	69,93	70,75	2,1304

Tabel 9. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 3	28	A ₁	749,3	749,6	40,20	5,36
	28	A ₂	780,01	753,5	40,20	5,34
	28	A ₃	781,7	740,0	36,30	4,91
rata-rata			786,6	747,7	38,90	5,20
1 : 3 : 0.1	28	A ₇	773,3	718,2	39,00	5,43
	28	A ₈	776,5	746,7	31,30	4,19
	28	A ₉	756,7	748,5	32,30	4,30
rata-rata			771,97	737,8	34,20	4,64
1 : 3 : 0,2	28	A ₁₃	759,5	728,1	35,90	4,93
	28	A ₁₄	758,3	740,9	32,30	4,36
	28	A ₁₅	758,5	745,8	38,70	5,19
rata-rata			773,9	738,27	35,63	4,83
1 : 3 : 0,3	28	A ₁₉	753,7	712,7	31,90	4,48
	28	A ₂₀	775,5	752,2	32,10	4,27
	28	A ₂₁	755,4	746,2	29,10	3,90
rata-rata			768,07	737,03	31,03	4,22
1 : 3 : 0,4	28	A ₂₅	781,3	750,6	30,70	4,09
	28	A ₂₆	788,0	759,0	29,00	3,82
	28	A ₂₇	788,6	755,4	33,20	4,40
rata-rata			785,97	755,0	30,97	4,10

Tabel 10. Pengujian Serapan Air

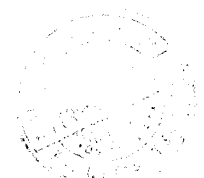
Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 4	28	B ₁	773,3	713,7	59,60	8,35
	28	B ₂	776,5	714,8	61,70	8,63
	28	B ₃	756,7	703,2	53,50	7,61
rata-rata			768,83	710,57	58,27	8,20
1 : 4 : 0,1	28	B ₇	751,5	704,0	47,50	6,75
	28	B ₈	769,1	726,5	42,60	5,86
	28	B ₉	767,5	723,0	44,50	6,15
rata-rata			762,7	717,83	44,87	6,25
1 : 4 : 0,2	28	B ₁₃	762,5	727,6	34,90	4,80
	28	B ₁₄	762,8	721,7	41,10	5,69
	28	B ₁₅	767,0	718,9	48,10	6,69
rata-rata			746,1	722,73	41,37	5,73
1 : 4 : 0,3	28	B ₁₉	744,4	742,1	32,30	4,35
	28	B ₂₀	766,3	714,7	51,60	7,22
	28	B ₂₁	776,6	707,8	68,80	9,72
rata-rata			772,43	721,53	50,90	7,10
1 : 4 : 0,4	28	B ₂₅	774,9	724,9	50,00	6,90
	28	B ₂₆	780,9	735,6	45,30	6,16
	28	B ₂₇	771,2	725,1	46,10	6,36
rata-rata			775,67	728,53	47,13	6,47

Tabel 11. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 5	28	C ₁	759,5	703,3	56,20	7,99
	28	C ₂	758,3	707,7	50,60	7,15
	28	C ₃	758,5	710,0	48,50	6,83
rata-rata			758,77	707,0	51,77	7,32
1 : 5 : 0.1	28	C ₇	729,8	681,6	48,20	7,07
	28	C ₈	758,3	707,8	50,50	7,13
	28	C ₉	756,1	690,8	65,30	9,45
rata-rata			748,07	693,4	54,67	7,88
1 : 5 : 0,2	28	C ₁₃	749,5	700,0	49,50	7,07
	28	C ₁₄	734,8	690,0	44,80	6,49
	28	C ₁₅	746,6	692,0	54,60	7,89
rata-rata			743,63	694,0	49,63	7,15
1 : 5 : 0,3	28	C ₁₉	771,4	720,9	50,50	7,01
	28	C ₂₀	777,6	720,9	56,70	7,87
	28	C ₂₁	757,9	700,0	57,90	8,27
rata-rata			768,97	713,93	55,03	7,72
1 : 5 : 0,4	28	C ₂₅	766,9	726,5	40,40	5,56
	28	C ₂₆	755,4	705,5	49,90	7,07
	28	C ₂₇	783,7	733,8	49,90	6,80
rata-rata			768,67	721,93	46,73	6,48

Tabel 12. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W ₁) (gram)	Berat Kering Oven (W ₂) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 6	28	D ₁	753,7	688,0	65,70	9,55
	28	D ₂	775,5	711,5	64,00	9,00
	28	D ₃	755,4	691,2	64,20	9,29
rata-rata			762,87	696,9	64,63	9,28
1 : 6 : 0.1	28	D ₇	770,5	689,1	81,40	11,81
	28	D ₈	772,1	689,0	83,10	12,06
	28	D ₉	761,4	679,8	81,60	12,00
rata-rata			768,0	685,97	82,03	11,96
1 : 6 : 0,2	28	D ₁₃	748,9	685,0	63,90	9,40
	28	D ₁₄	757,1	689,2	67,90	9,85
	28	D ₁₅	758,8	685,1	73,70	10,76
rata-rata			754,93	686,43	68,50	10,00
1 : 6 : 0,3	28	D ₁₉	776,9	704,3	72,60	10,31
	28	D ₂₀	792,3	715,1	77,20	10,80
	28	D ₂₁	776,8	702,0	74,80	10,66
rata-rata			782,0	707,13	74,87	10,59
1 : 6 : 0,4	28	D ₂₅	767,7	693,3	74,40	10,73
	28	D ₂₆	776,6	703,2	73,40	10,44
	28	D ₂₇	790,4	709,9	80,50	11,34
rata-rata			778,23	702,13	76,10	10,84



Tabel 13. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 7	28	E ₁	744,2	656,1	88,1	13,43
	28	E ₂	760,3	671,6	88,7	13,21
	28	E ₃	742,0	654,3	87,7	13,40
rata-rata			748,83	660,67	88,17	13,35
1 : 7 : 0,1	28	E ₇	750,5	674,4	76,1	11,28
	28	E ₈	773,0	697,3	75,7	10,86
	28	E ₉	751,7	675,2	76,5	11,33
rata-rata			758,4	682,3	76,1	11,16
1 : 7 : 0,2	28	E ₁₃	746,0	677,0	69,0	10,19
	28	E ₁₄	757,6	687,7	69,9	10,16
	28	E ₁₅	754,2	684,5	69,7	10,18
rata-rata			752,6	683,07	69,53	10,18
1 : 7 : 0,3	28	E ₁₉	756,8	688,9	67,9	9,86
	28	E ₂₀	775,8	708,2	67,6	9,55
	28	E ₂₁	769,5	702,1	67,4	9,60
rata-rata			767,37	699,73	67,63	9,67
1 : 7 : 0,4	28	E ₂₅	743,2	675,3	67,9	10,05
	28	E ₂₆	766,0	693,7	72,3	10,42
	28	E ₂₇	784,3	715,0	69,3	9,69
rata-rata			764,5	694,67	69,83	10,05

Tabel 14. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 3	7	F ₁	780,50	743,70	36,80	4,9482
	7	F ₂	786,80	751,30	35,50	4,7251
	7	F ₃	780,70	742,80	37,90	5,1023
rata-rata			782,67	745,9	36,73	4,9252
1 : 3 : 0.1	7	F ₇	756,6	722,5	34,10	4,7197
	7	F ₈	778,9	747,3	31,60	4,2286
	7	F ₉	767	729,3	37,70	5,1693
rata-rata			767,5	733,0	34,47	4,7059
1 : 3 : 0,2	7	F ₁₃	772,8	738,3	34,50	4,6729
	7	F ₁₄	769,2	734,0	35,20	4,7956
	7	F ₁₅	773,2	739,1	34,10	4,6137
rata-rata			771,7	737,1	34,60	4,6941
1 : 3 : 0,3	7	F ₁₉	769,3	741,9	27,40	3,6932
	7	F ₂₀	787,4	758,5	28,90	3,8102
	7	F ₂₁	776,4	751,3	25,10	3,3409
rata-rata			777,7	750,6	27,13	3,6148
1 : 3 : 0,4	7	F ₂₅	773,5	747,8	25,70	3,4367
	7	F ₂₆	794,5	764,6	29,90	3,9105
	7	F ₂₇	769,8	747,8	22,00	2,9420
rata-rata			779,3	753,4	25,87	3,4297

Tabel 15. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 3	14	G ₁	788,05	745,75	42,30	5,6721
	14	G ₂	796,05	755,35	40,70	5,3882
	14	G ₃	778,10	732,9	45,20	6,1673
rata-rata			787,4	744,67	42,73	5,7425
1 : 3 : 0.1	14	G ₇	772,0	730,8	41,20	5,6377
	14	G ₈	788,6	748,8	39,80	5,3152
	14	G ₉	766,3	723,7	42,60	5,8864
rata-rata			775,6	734,4	41,20	5,6131
1 : 3 : 0,2	14	G ₁₃	753,0	711,0	42,00	5,9072
	14	G ₁₄	762,5	716,0	46,50	6,4944
	14	G ₁₅	750,5	710,0	40,50	5,7042
rata-rata			755,3	712,3	43,00	5,7019
1 : 3 : 0,3	14	G ₁₉	769,0	734,3	34,70	4,7256
	14	G ₂₀	779,1	736,5	42,60	5,7841
	14	G ₂₁	765,2	724,8	40,40	5,5740
rata-rata			771,1	731,9	39,23	5,3612
1 : 3 : 0,4	14	G ₂₅	762,9	724,4	38,50	5,3147
	14	G ₂₆	779,5	735,0	44,50	6,0544
	14	G ₂₇	760,4	724,8	35,60	4,9117
rata-rata			767,6	728,1	39,53	5,4269

Tabel 16. Pengujian Serapan Air

Jenis Campuran	Umur (hari)	Kode	Berat setelah Direndam (W_1) (gram)	Berat Kering Oven (W_2) (gram)	Berat air yang Diserap	Angka Serapan
1 : 3	21	H ₁	796,0	741,1	54,90	7,4079
	21	H ₂	802,6	747,5	55,10	7,3712
	21	H ₃	781,6	729,9	51,70	7,0832
rata-rata			793,4	739,5	53,90	7,2874
1 : 3 : 0,1	21	H ₇	750,3	692,2	58,10	8,3935
	21	H ₈	792,8	726,3	66,50	9,1560
	21	H ₉	772,4	704,0	68,40	9,7159
rata-rata			771,8	707,5	64,33	9,0885
1 : 3 : 0,2	21	H ₁₃	779,9	714,5	65,40	9,1533
	21	H ₁₄	778,2	713,5	64,70	9,0680
	21	H ₁₅	770,7	706,7	64,00	9,0562
rata-rata			776,3	711,6	64,70	9,0925
1 : 3 : 0,3	21	H ₁₉	775,6	716,0	59,60	8,3240
	21	H ₂₀	787,3	727,7	59,60	8,1902
	21	H ₂₁	770,0	707,5	62,50	8,8339
rata-rata			777,6	717,1	60,57	8,4494
1 : 3 : 0,4	21	H ₂₅	749,3	695,0	54,30	7,8129
	21	H ₂₆	776,6	721,8	54,80	7,5921
	21	H ₂₇	772,7	716,0	56,70	7,9190
rata-rata			766,2	710,9	55,27	7,7747

Tabel 17. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 3	28	A1	749.6	70.7	71.95	71	9050	177,1575	175,9283
	28	A2	753.5	71,25	70.95	71.5	8800	173,4699	
	28	A3	740	71,15	72.1	69.5	8910	177,8106	
	28	A4	751	71	71.8	70.9	8450	165,9916	
	28	A5	753,3	71	71.2	71.3	8125	160,0493	
	28	A6	745.3	71.5	72	70.8	8250	161,8409	
1 : 3 : 0,1	28	A7	718.2	69,15	70.9	71.2	9250	183,2380	178,0064
	28	A8	746.7	70,65	70.8	71.75	8875	174,7082	
	28	A9	748.5	71,05	70.4	71.8	8900	176,0731	
	28	A10	766.2	71.1	70.2	71.5	8200	163,3694	
	28	A11	743.5	71.5	70.4	70.8	8575	172,0395	
	28	A12	761.1	71,25	70,35	71.5	8050	160,0390	
1 : 3 : 0,2	28	A13	728.1	69,55	71.4	71.6	8500	166,2676	178,8502
	28	A14	773.2	70,95	71	71.75	9800	192,3738	
	28	A15	745.8	71,55	70.6	72.45	9100	177,9092	
	28	A16	755,1	70	72.7	72	8850	169,0738	
	28	A17	764.7	70,4	71.2	72	7250	141,4248	
	28	A18	753	69,6	71.1	71.7	8375	164,2843	
1 : 3 : 0,3	28	A19	712.7	69,4	69.65	70.75	10150	205,9769	222,9629
	28	A20	752.2	71,1	71.7	70.35	11500	227,9894	
	28	A21	746.2	70,75	71.45	70.3	11800	234,9224	
	28	A22	764,5	70,7	72.2	69.7	10400	206,6633	
	28	A23	769.5	70,7	71	69.9	11050	222,6521	
	28	A24	750.6	70,3	71.5	71	9300	183,1971	
1 : 3 : 0,4	28	A25	750.6	71,2	71.9	71.55	10350	201,1879	232,2510
	28	A26	759	70,8	71.5	70.3	12075	240,2292	
	28	A27	755,4	71	71.75	70.55	12925	255,3358	
	28	A28	765,8	70,8	71.2	70.9	9850	195,1237	
	28	A29	769,1	71	71.2	71	9200	181,9908	
	28	A30	769.5	71.5	72	70.4	8750	172,6247	

Tabel 18. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 4	28	B1	713,7	70,75	71,9	71,7	3810	73.9055	73.7668
	28	B2	714,8	71,45	72,35	72	3590	68.9165	
	28	B3	703,2	72,05	71,35	69,65	3900	78.4783	
	28	B4	722	69,8	72	72	2925	56.4236	
	28	B5	716,5	72,3	70,5	70,8	3150	63.1085	
	28	B6	708,8	69,5	71,9	71,6	3410	66.2388	
1 : 4 : 0,1	28	B7	704	71,2	69,75	70,95	4050	81.8386	80.1353
	28	B8	726,5	71,05	70,95	71,85	4025	78.9563	
	28	B9	723	70,95	71,45	71,2	4050	79.6109	
	28	B10	718,6	71,5	70,3	70,1	3075	62.3982	
	28	B11	719,3	69,8	71	71,3	2015	39.8040	
	28	B12	721,8	71,5	70,8	71,2	3580	71.0182	
1 : 4 : 0,2	28	B13	727,6	70,95	71,25	69,75	6925	139.3448	133.8005
	28	B14	721,7	71,65	70,9	69,5	6700	135.9702	
	28	B15	718,9	70,8	71,3	69,8	6275	126.0866	
	28	B16	727,7	70,8	71	70,8	5450	108.4189	
	28	B17	731,4	69,7	70,7	70,8	5160	103.0854	
	28	B18	715,5	70,1	69,9	70,5	5320	107.9556	
1 : 4 : 0,3	28	B19	742,1	70,8	71,5	71,65	5625	109.7995	115.9023
	28	B20	714,7	70,7	71,45	70,9	5775	113.9997	
	28	B21	707,8	70,2	71,5	69,7	6175	123.9077	
	28	B22	754,8	71,4	72,1	70,2	4750	93.8472	
	28	B23	760,3	70,5	71,7	71,4	4860	94.9334	
	28	B24	756,4	71,6	71,9	71	4850	95.0068	
1 : 4 : 0,4	28	B25	724,9	72,2	71,75	70,15	6075	120.6971	111.6607
	28	B26	735,6	70,55	71,95	72,45	5275	101.1937	
	28	B27	725,1	69,7	71,3	72,55	5850	113.0912	
	28	B28	748,4	72	72,5	71,8	4475	85.9668	
	28	B29	763,8	71,5	72,1	72,3	5430	104.1661	
	28	B30	745,2	69,7	72,1	71,6	5300	102.6662	

Tabel 19. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 5	28	C1	703.3	72	71.25	70	2725	54.6366	58.8192
	28	C2	707.7	70.5	72	69.37	2950	59.0591	
	28	C3	710.0	69.55	71.75	70.95	3195	62.7620	
	28	C4	712.5	70.1	71.2	70.7	2450	48.6706	
	28	C5	704.0	70.1	70.4	70.2	2350	47.5508	
	28	C6	720.5	71.3	71.7	69.5	2610	52.3765	
1 : 5 : 0,1	28	C7	681.6	68.8	70.8	71.6	2600	51.2893	68.9283
	28	C8	707.8	71.2	70.2	70.15	3650	74.1187	
	28	C9	690.8	71,45	70	71.8	4090	81.3768	
	28	C10	694.5	71,3	70	71.7	2540	50.6077	
	28	C11	702.7	70	70.6	71.3	2320	46.0886	
	28	C12	722.3	71.4	70.9	71.3	2280	45.1023	
1 : 5 : 0,2	28	C13	700.0	72.1	70.1	70.5	4060	82.1521	72.6932
	28	C14	690.0	71,05	70.9	69.65	3220	65.2061	
	28	C15	692.0	71,05	71	70.7	3550	70.7214	
	28	C16	706.8	71.6	71.5	70.5	2550	50.5877	
	28	C17	697.6	69.9	70.3	70.9	2220	44.5401	
	28	C18	709.4	69.5	70.5	71	2510	50.1448	
1 : 5 : 0,3	28	C19	720.9	71.8	71.05	70.5	4250	84.8469	86.0843
	28	C20	720.9	70,95	72.05	71.45	4490	87.2188	
	28	C21	700.0	70.8	71.25	71	4360	86.1873	
	28	C22	729.4	70.4	71.3	71	3020	59.6567	
	28	C23	727.9	70	71	71	2320	46.0226	
	28	C24	725.0	70.5	71.2	71.25	2850	56.2192	
1 : 5 : 0,4	28	C25	726.5	72.35	72.05	71	4520	88.3580	92.2724
	28	C26	705.5	69,75	71.6	71.9	4530	87.9947	
	28	C27	733.8	70,95	71.8	71,95	5190	100.4644	
	28	C28	760.0	72.1	71.3	71	2810	55.5084	
	28	C29	741.9	72	72.5	70	3360	66.2069	
	28	C30	745.1	72	70.6	71.1	3420	68.1321	

Tabel 20. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 6	28	D1	688	70,9	73	71,35	2830	54,3337	51,4023
	28	D2	711,5	71	74,5	71	2550	48,2087	
	28	D3	691,2	70,2	72,55	71,5	2680	51,6644	
	28	D4	688	70,9	71,3	70,1	2090	41,8156	
	28	D5	697,2	70,9	72,5	70,3	2300	45,1268	
	28	D6	718,6	70,9	71	70,6	2400	47,8793	
1 : 6 : 0,1	28	D7	689,1	71,55	71,85	72	2600	50,2590	62,0150
	28	D8	689	71,2	71,4	71,4	3520	69,0472	
	28	D9	679,8	71,2	70,2	70,65	3310	66,7388	
	28	D10	751,4	71,2	71	71,6	2960	58,2265	
	28	D11	722,3	71	70,7	70,2	2350	47,3491	
	28	D12	731	70,2	70,7	71,2	2600	51,6504	
1 : 6 : 0,2	28	D13	685	71,2	71,5	69,2	4530	91,5558	84,0153
	28	D14	689,2	70,25	70,65	70,1	4140	83,5930	
	28	D15	685,1	70,1	70,95	69,65	3800	76,8971	
	28	D16	740	70,9	71	72	2530	49,4914	
	28	D17	740,5	70,2	71	72,2	2760	53,8411	
	28	D18	741	70,9	70,7	71	2830	56,3779	
1 : 6 : 0,3	28	D19	704,3	72	71,65	70,1	4180	83,2228	87,0740
	28	D20	715,1	71,05	71,5	71,9	4600	89,4794	
	28	D21	702	71,4	71	71,6	4500	88,5199	
	28	D22	727,3	70,5	71	69,9	2950	59,4411	
	28	D23	733,9	71,4	70,9	69,8	2930	59,2060	
	28	D24	731,6	71,2	70,1	69,9	3040	62,0409	
1 : 6 : 0,4	28	D25	693,3	70,15	71,55	71,75	3600	70,1247	69,9327
	28	D26	703,2	70,5	72	72	3940	76,0031	
	28	D27	709,9	71,35	71,45	72,1	3280	63,6702	
	28	D28	732,1	70,1	71,8	71	3260	63,9492	
	28	D29	744,1	70,9	72	70,7	2660	52,2552	
	28	D30	739,8	70,4	71,5	71,7	2550	49,7411	

Tabel 21. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 7	28	E1	744.2	71,1	71,75	70,3	1620	32,1172	31,9292
	28	E2	760,3	70,8	71,55	71,9	1585	30,8099	
	28	E3	742,0	70,5	71	71,15	1660	32,8606	
	28	E4	681,2	70,45	71	70,7	1260	25,1011	
	28	E5	682,2	70,5	70,5	71,25	1360	27,0748	
	28	E6	689,4	70,7	71,1	71,45	1290	25,3932	
1 : 7 : 0.1	28	E7	674,4	70,25	71,2	71,2	2620	51,6822	52,5723
	28	E8	697,3	71,75	71	71,1	2490	49,3255	
	28	E9	675,2	70,7	69,5	71,55	2820	56,7093	
	28	E10	713,3	71,3	69,2	70,7	1540	31,4771	
	28	E11	714,4	71,2	70,7	71	1720	34,2660	
	28	E12	734,4	71,3	71,2	71,4	2050	40,3251	
1 : 7 : 0.2	28	E13	677	70,75	70,4	70,15	1930	39,0802	44,3374
	28	E14	687,7	71,25	70,8	69,65	2390	48,4667	
	28	E15	684,5	71,05	70,9	69,8	2250	45,4654	
	28	E16	711	71,9	71,1	70,1	1885	37,8202	
	28	E17	710,2	71,3	71,6	70,1	1780	35,4641	
	28	E18	712,2	70,9	71,7	70	1790	358,6645	
1 : 7 : 0.3	28	E19	688,9	70,05	70	71,95	2710	53,8072	54,9553
	28	E20	708,2	71,9	71,1	71,45	2940	57,8729	
	28	E21	702,1	71,1	71,1	71,4	2700	53,1858	
	28	E22	721,7	71	71,4	70,3	1660	33,0716	
	28	E23	728,2	71,2	71,8	70,5	1620	32,0038	
	28	E24	715,9	70	70,9	71	1770	35,1616	
1 : 7 : 0.4	28	E25	675,3	69,5	69,75	71,6	2710	54,2640	54,3535
	28	E26	693,7	70,75	70,5	72,15	2840	55,8332	
	28	E27	715	71,25	71,1	71,7	2700	52,9633	
	28	E28	735	71,2	70,8	72,2	1770	34,6260	
	28	E29	729,1	69,7	71	72,7	1840	35,6472	
	28	E30	732,4	70,2	72	72,4	1660	31,8447	

Tabel 22. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 3	7	F1	743.7	71,45	70,3	70,7	5185	104,3215	112,7385
	7	F2	751.3	71,1	70,95	69,8	6050	122,1652	
	7	F3	742.8	71,05	71,1	69,55	5525	111,7289	
	7	F4	753.3	71,6	70,9	69,25	4375	89,7070	
	7	F5	731	71	70,7	70	5225	105,6769	
	7	F6	741.2	70,4	71,4	70,2	4450	88,7820	
1 : 3 : 0,1	7	F7	722.5	68,85	70,2	70,3	5975	121,0725	136,2178
	7	F8	747.3	71	69,55	70,6	7000	142,5595	
	7	F9	729.3	70,55	69,25	70,2	7050	145,0214	
	7	F10	750.3	71,5	68,95	70,75	6750	138,3704	
	7	F11	758.3	71	69,85	70,8	5975	120,8198	
	7	F12	747.8	70,5	69,65	71,2	6425	129,6503	
1 : 3 : 0,2	7	F13	738.3	71,7	68,5	70,3	8100	168,2051	166,6837
	7	F14	734	70,5	69,7	69,95	8200	168,1874	
	7	F15	739.1	70,85	70,05	70	8025	163,6586	
	7	F16	741.8	71,25	70,55	69,45	7000	142,8660	
	7	F17	745.2	70,7	70,2	69,8	5950	121,4296	
	7	F18	743	70,8	69,5	69,6	7050	145,7455	
1 : 3 : 0,3	7	F19	741.9	70,25	69	72	9200	185,1852	187,5649
	7	F20	758.5	71,2	69,4	71,5	9475	190,9474	
	7	F21	751.3	70,3	69,85	71,75	9350	186,5620	
	7	F22	743.5	71	69,6	70,7	7800	158,5134	
	7	F23	750.8	70,4	69,8	71,4	7225	144,9720	
	7	F24	740.5	70,7	69,55	70	8200	168,4297	
1 : 3 : 0,4	7	F25	747.8	69,95	69,35	72,5	8775	174,5270	167,1677
	7	F26	764.6	70,5	70,5	72,1	8600	169,1898	
	7	F27	747.8	69,5	69,25	72,3	7900	157,7862	
	7	F28	748.7	70,9	68,8	72	6175	124,6568	
	7	F29	743.5	70,9	69,1	72	7075	142,2053	
	7	F30	730.8	69,7	69,2	71,6	7200	145,3160	

Tabel 23. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 3	14	G1	788,05	70,3	70,25	72,05	7300	144,2257	146,6194
	14	G2	796,05	71,5	70,9	71,3	7500	148,3630	
	14	G3	778,1	70,37	71	71,25	7450	147,2696	
	14	G4	745,5	70,8	70,8	70,1	6825	137,5154	
	14	G5	748,1	70,6	70,3	71,1	6925	138,5463	
	14	G6	747,5	71,1	71,4	70	6875	137,5550	
1 : 3 : 0.1	14	G7	730,8	70,05	70	71,35	5800	116,1277	158,1368
	14	G8	748,8	71,3	70,6	70,9	8725	174,3069	
	14	G9	725,7	70,75	69,2	70,85	9020	183,9758	
	14	G10	742,5	71,5	69,2	70,9	6500	132,4833	
	14	G11	736,7	71,2	69,2	70,9	5850	119,2349	
	14	G12	749	71,25	70,2	71	7775	155,9929	
1 : 3 : 0.2	14	G13	711	70,3	69,2	70,25	8600	176,9074	170,5562
	14	G14	716	70,8	70,2	69,35	8900	172,8127	
	14	G15	710	70,85	69,5	69,35	8625	168,9484	
	14	G16	724	71,2	69,2	68,95	6275	131,5144	
	14	G17	724,4	70,85	70	69,05	7100	146,8915	
	14	G18	719,9	70,5	69,25	69,2	6575	137,2050	
1 : 3 : 0.3	14	G19	734,3	69,9	70	72	9825	194,9405	190,0178
	14	G20	736,5	71	69,75	71,75	9300	185,8304	
	14	G21	724,8	70,6	69,7	71,25	9400	189,2824	
	14	G22	741,5	70,9	69,5	70,7	7775	158,2327	
	14	G23	754,9	71,05	70,05	70,7	8000	161,5334	
	14	G24	747,2	69,6	70,25	71,15	8025	160,5550	
: 3 : 0.4	14	G25	724,4	69,4	69,75	72,05	8050	160,1835	175,2901
	14	G26	735	70,95	69,75	71,9	8850	176,4697	
	14	G27	724,8	69,5	69,5	72,05	9475	189,2171	
	14	G28	748,5	70,9	70,05	71,5	7400	147,7406	
	14	G29	752,3	71,15	69,4	72,15	8100	161,7667	
	14	G30	742,6	70,9	69,5	71,9	7600	152,0897	

Tabel 24. Pengujian Kuat Desak Mortar

Perbandingan campuran	Umur (Hari)	Kode	Berat (gr)	p (mm)	t (mm)	l (mm)	Beban (Kg)	Kuat Desak (Kg/cm ²)	Rata-rata Kuat Desak
1 : 3	21	H1	741,1	70,25	71,95	71,95	8850	170,9549	169,0899
	21	H2	747,5	70,75	71,95	72	8750	168,9059	
	21	H3	729,9	69,65	71,25	72,1	8600	167,4088	
	21	H4	756,2	71,5	70,5	70,75	7550	151,3671	
	21	H5	755,2	71,4	70,05	72,2	8000	158,1775	
	21	H6	758,7	71,5	71,75	70	7950	158,2877	
1 : 3 : 0.1	21	H7	692,2	68,9	70,2	71,05	8650	173,4263	176,7546
	21	H8	726,3	71,05	70,75	71,1	9050	179,9089	
	21	H9	704	70,5	70	70,65	8750	176,9285	
	21	H10	751,4	69,85	70,5	71,25	8250	164,2404	
	21	H11	743,2	71,7	70,1	70,8	6050	121,9001	
	21	H12	751,2	70,55	70,1	70,6	7325	148,0079	
1 : 3 : 0.2	21	H13	714,5	71,6	69,9	70,3	8000	182,8012	174,1907
	21	H14	713,5	70,3	71,4	69,75	7150	173,5700	
	21	H15	706,7	70,7	70,4	69,2	7025	164,2008	
	21	H16	734	71	69,7	69,1	7850	162,9892	
	21	H17	732,7	70,6	69,7	69,7	6250	128,6514	
	21	H18	732,4	70,7	69,3	69,45	6400	132,9764	
1 : 3 : 0.3	21	H19	716	70,05	69,15	69,7	9675	200,7363	215,1881
	21	H20	727,7	71,35	69,6	71,6	10800	216,7212	
	21	H21	707,5	70,5	69,3	71,8	11350	228,1068	
	21	H22	744,5	70,4	70,6	69,9	10025	203,1433	
	21	H23	749,4	70,3	70,25	70,7	10450	210,4023	
	21	H24	750	69,9	71	70,95	8150	161,7882	
1 : 3 : 0.4	21	H25	695	71,15	69,3	71,8	11075	222,5800	216,2759
	21	H26	721,8	70,5	69,7	71,5	10100	202,6668	
	21	H27	716	69	69,1	71,2	11000	223,5809	
	21	H28	747,1	70,8	69,7	71,25	10425	209,9222	
	21	H29	757,5	71,5	70,1	71,1	8525	142,6534	
	21	H30	750	71,6	70	69,9	9100	185,9800	

Gambar alat-alat dan benda uji penelitian laboratorium.



Gambar 1. Timbangan.



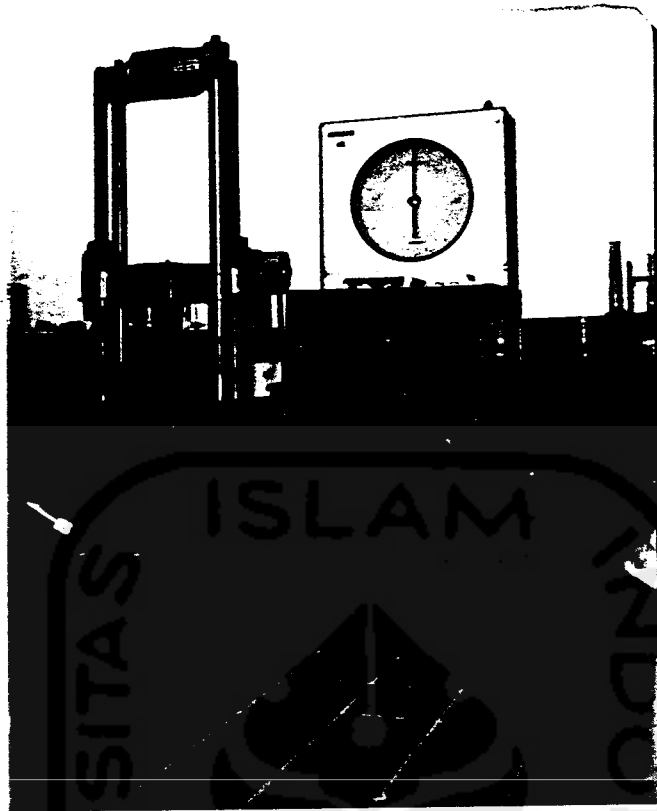
Gambar 2. Kaliper.



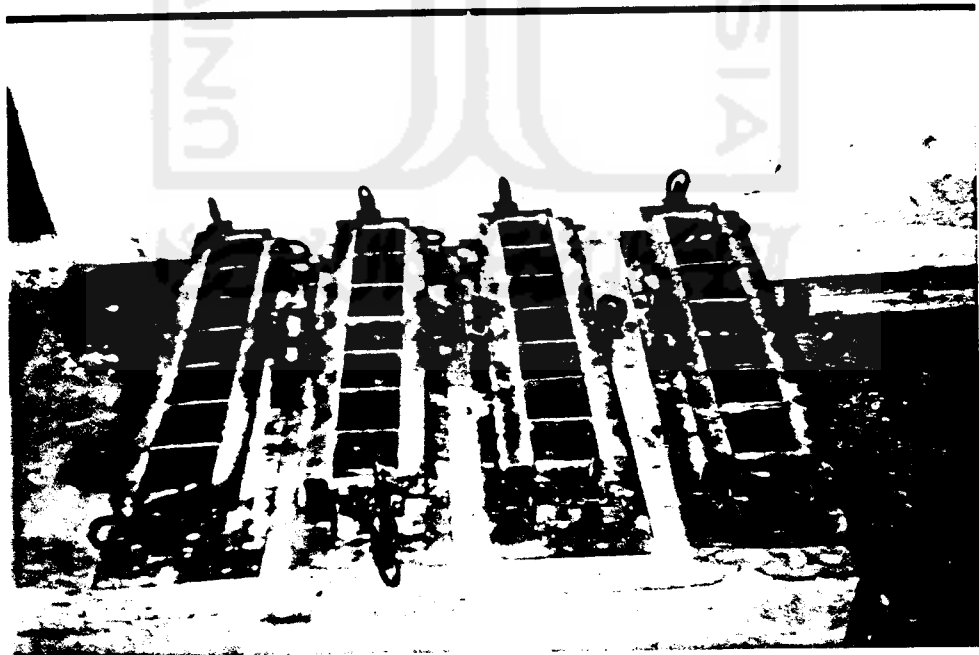
Gambar 3. Desikator.



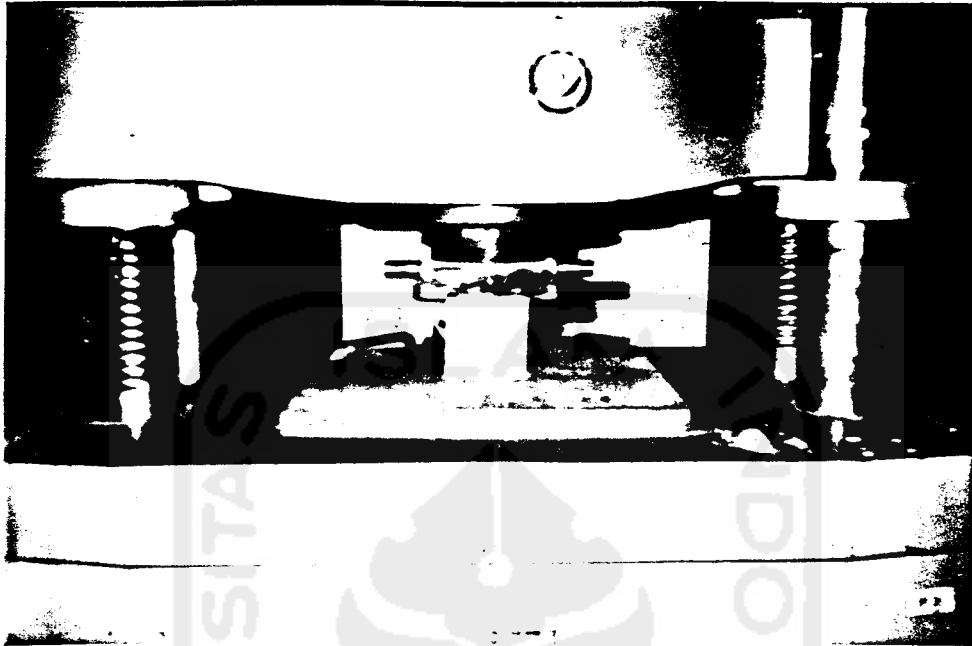
Gambar 4. Oven.



Gambar 5. Alat uji.



Gambar 6. Cetakan mortar.



Gambar 7. Mortar sebelum diuji.



Gambar 8. Mortar setelah diuji.

Tabel A.1 : Beberapa Sifat Fisik Abu-Terbang ex Batubara [5].

No.	Sifat Fisik	Data yang ada			
1.	Berat Jenis	1,99	s/d	2,40	gr./m ³
2.	Kehalusan Butir	163,25	s/d	227,19	m ² /kg
3.	Kadar Air	0,55	s/d	4,8	%

Tabel A.2 : Komposisi Unsur Kimia Abu-Terbang dalam satuan persen berat [5]

No.	Unsur Kimia	Persen Berat Abu Terbang	Persen Berat Standar Pozzolan (ASTM)
1.	SiO ₂	59,99 %	[SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃] minimum 70 %.
2.	Al ₂ O ₃	30,35 %	
3.	Fe ₂ O ₃	3,59 %	
4.	CaO	1,83 %	---
5.	MgO	1,11 %	---
6.	Na ₂ O	---	maksimum 1,5 %
7.	SO ₃	---	maksimum 4 %
8.	Hilang Pijar	---	maksimum 10 %



Table 3 Standard specifications for fly ash for use in concrete

Physical requirements

Test	Australia	Austria	India	Japan	Turkey	UK	USA	USSR
	AS 1129	ONORM B3319	IS 3812 Pt I Pt II	JIS 6201	TS 639	BS 3632	ASTM-C616	ГОСТ 6202
Fineness	Amount retained when sieved on:-	Not relevant	-	-	0.3 ^d	-	-	-
	200 µm sieve max per cent	-	-	-	-	-	-	-
	150 µm sieve max per cent	10	-	-	-	-	-	-
	87 µm sieve max per cent	-	-	-	6.0 ^d	-	-	-
44 or 45 µm sieve max per cent	50	-	-	25	-	20	-	-
Specific surface (Blaine or Lea and Nurse)	-	Not relevant	320	250	-	Zones ^a A 125-275 B 275-425 C >425	325 ^c	-
Compressive strength of mortar	Percentage of control at 7 days, min	-	-	-	100	-	100	-
	Percentage of control at 28 days, min	-	80	-	100 ^e	-	100	-
	Percentage of control at 91 days, min	-	-	-	70 ^f	-	-	-
Solubility	-	-	0.8	-	-	-	0.5	-
Drying shrinkage	Autoclave expansion of mortar bars	-	0.8	0.8	-	-	6.03	-
	Increase of mortar bars at 28 days	-	0.15	0.10	-	-	-	-
Water requirement	Percentage of control, max.	-	-	-	-	-	105	-
	With Portland cement, 28 days, min % control	-	-	-	-	-	85	-
Pozzolanic activity	With lime, normal cure, 7 days MN/m ²	-	4.0	4.0	-	-	-	-
	With lime, accelerated, 7 days MN/m ²	-	-	-	-	-	5.5	-
Reactivity with alkalis	Mortar expansion, 14 days, max %	-	-	-	-	-	0.20 ^b	-

Notes: a By agreement between purchaser and vendor any other range of specific surface may be supplied

b Optional

c Limit is 650 m²/m³. If SC - 2000 kg/m³ this is equivalent to 325 m²/kg

d Fineness limits defined by residues on 500 and 4700 apertures/cm² sieves

e 25 wt per cent sand replacement

f 35 vol per cent cement replacement. This test is not for use in concrete in Turkey

Table 1 Standard specifications for fly ash for use in concrete

Chemical requirements

	Australia AS 1159	Austria ONORM B3319	Part I	India IS 3612 Part II	Part II	Turkey TS 639	Japan JIS A5201	UK BS 3592	USA ASTM C618	USSR GOST 6300
SiO ₂ min per cent	-	-	-	-	-	-	45	-	-	45
(SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) min per cent	-	-	70	70	-	70	-	-	70	-
MgO max per cent	-	-	5.0	5.0	5.0	5.0	-	5.0	-	-
SO ₃ max per cent	2.5 ^b	3.5	3.0	3.0	5.0	5.0	-	2.5 ^b	5.0	5.0
CaO max per cent	-	-	-	-	-	6.0	-	-	-	-
Loss-on-ignition max per cent	6.0 ^b	7.0	12.0	12.0	12.0	10.0	5.0	7.0 ^b	12.0	10.0
Available alkalis as Na ₂ O max per cent	-	-	1.5 ^c	1.5 ^c	1.5 ^c	-	-	-	1.5 ^c	-
Moisture content max per cent	1.5	-	-	-	-	3.0	1.0	1.5	3.0	-

Notes: a where ratio of cement to pfa is less than 1.0 (by mass) the SO₃ content of the fly ash should not exceed 1.5 per cent.

b unless otherwise agreed between purchaser and vendor.

c applicable only where required for use in concrete containing reactive aggregate and cement required to meet a limitation on content of alkalis.