

TUGAS AKHIR

PENGGUNAAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI PASIR DENGAN VARIASI TERTENTU PADA PEMBUATAN BATAKO

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



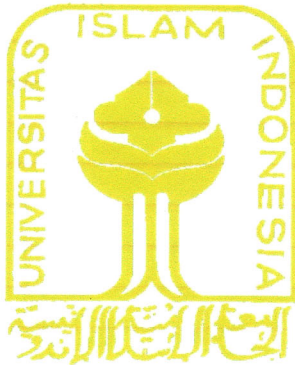
**Disusun oleh :
Adi Bayu Prasetyo
07.511.099**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2012**

TUGAS AKHIR

PENGGUNAAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI PASIR DENGAN VARIASI TERTENTU PADA PEMBUATAN BATAKO

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil




Adi Bayu Prasetyo
07.51.1099


Disetujui oleh:

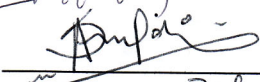
Pembimbing I/Penguji:
Ir. H. Soesastrawan, M.S.

Pembimbing II/Penguji:
Ir. H. A Kadir Aboe, M.S.

Penguji:
Ir. H. Much. Syamsudin, M.T.







30/5 2012

TUGAS AKHIR

PENGGUNAAN FLY ASH SEBAGAI PENGGANTI PASIR DENGAN VARIASI TERTENTU PADA PEMBUATAN BATAKO

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil



Adi Bayu Prasetyo
07.51.1099

Disahkan oleh:

Pembimbing I:

(Ir. H. Soesastrawan, M.S.)

Tanggal: 30-5-2012

Pembimbing II:

(Ir. H. A Kadir Aboe, M.S.)

Tanggal: 30/05

Ketua Jurusan:

(Ir. Suharyatma, M.T.)

Tanggal:

MOTTO :

SELESAIKAN APA YANG SUDAH KAMU MULAI

JANGAN MENYERAH PADA KENYATAAN

TERIMA KASIH KEPADA:

ALLOH SWT.

NABI MUHAMMAD SAW.

KEDUA ORANG TUA (Bp. Muslih dan bu'e Mujiyati)

SAUDARA-SAUDARA (Aldo, Irwin, Sabrina)

EMBAH

Ir. H. SOESASTRAWAN, M.S.

Ir. H. A KADIR ABOE, M.S.

EVI RETNASARI PRASETYO

BIG FAMILY OF CIVIL 07'

DAN SEMUA YANG TELAH MEMBANTU,,

MATUR NUWUN SANGET

Kupersembahkan Tugas Akhir ini kepada :

Bapak, Ibu, kakak, adek, dan embah dirumah yang tiada henti-hentinya memberikan dorongan baik moral maupun material, terima kasih atas semua yang telah engkau berikan sehingga aku berhasil meraih gelar sarjana teknik sipil yang selama ini aku impikan.

someone tercinta yang selalu setia menemani baik suka maupun duka serta dorongan semangat dalam menyelesaikan gelar sarjana, terima kasih atas cinta dan kasih sayangnya selama ini.

Terimakasih juga saya ucapkan kepada Bapak Ir. Soesastrawan, M.S. , Bapak Ir. H. A Kadir Aboe, M.S. dan Ir. H. Much. Syamsudin, M.T, atas bimbingan tugas akhir ini dan ilmu yang telah bapak berikan kepada saya selama ini.

Teima kasih juga saya ucapkan kepada Dosen dan Karyawan FTSP khususnya jurusan Teknik Sipil

UII yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir Ini.

Buat temen-temen FTSP khususnya anak-anak sipil angkatan 07', sebelum atau sesudah saya (EJA, FERY, RUSDAN, ADIT, ACEH, KUNCUNG, RULLY, RAJIB, JONET, PACE, ETA, KITING, DADANG, BAMBANG, HADI, SELLY, VANEL, RISNO, ARIN, BERNARD, CANDRA, IMAM, ILHAM, RIKO, BODAT, ZAKI, DINI, NANI, APEK, AGIL, EEN, AGUNG, DINDA, DIAN, WINDU, SIMBAH, GUNTUR, IDUNG, RIZAL, ARIP, ARPAN, ALFI, AAN, FANDY, FRISKA, LAE, AAR, UCUP, FEBY, INGGIT, DODO, BENTOL, BIMO, ZORRO, WISNU 1, WISNU KEBO, FIKRI, HUSNAN, YOGI, PUTRI, RAMA, HANAFAI, SENDY, BRIAN, EKA, MIKE, FAJAR, PALA, TAUFIK, IYAN, ERWAN,) dan maaf jika ada yang belum disebut, terima kasih atas segala bantuan ngaduk campuran batako, berkotor-kotoran, senyum kalian yang menghilangkan penat dan informasi yang diberikan kepada saya.

YEN NING TAWANG ONO LINTANG, AKU NGENTENI TEKANMU....

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan untuk Rasulullah Muhammad SAW. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGGUNAAN FLY ASH SEBAGAI PENGANTI PASIR DENGAN VARIASI TERTENTU PADA PEMBUATAN BATAKO”**. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bahan penyusun mortar dan karakteristik mortar (kuat tekan, dan berat jenis) untuk penggantian pasir dengan pozzolan fly ash pada umur pengujian 28 hari. Skripsi ini disusun sebagai syarat penyelesaian pendidikan tingkat sarjana pada Universitas Islam Indonesia.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik dalam penelitian maupun dalam penyusunan skripsi. Ucapan terima kasih dan rasa hormat penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D, Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Suharyatma, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia beserta seluruh staf pengajar.
3. Ir. H. Susastrawan, M.S, Pembimbing I yang telah telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir.
4. Ir. H. A. Kadir Aboe, M.S, Pembimbing II yang telah telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir.
5. Ir. H. Much. Syamsudin, M.T, Selaku dosen penguji yang telah memberikan pengarahan baik saran maupun kritik dalam penulisan skripsi ini
6. Bapak dan Ibu serta keluarga di Saren, Bejen, Bejen, Temanggung, Jawa Tengah yang senantiasa memberikan bantuan materiil maupun spirituil selama penulis menyelesaikan studi.
7. Segenap pihak yang telah membantu penulis semenjak persiapan, pelaksanaan sampai penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu segala kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, Mei 2012

Adi Bayu Prasetyo

(07511099)

ABSTRAK

Mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau silika dan alumina, dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut bereaksi secara kimia dengan kapur dan air pada suhu normal menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Dalam penelitian ini digunakan pozzolan buatan berupa fly ash sebagai bahan tambah dalam pembuatan mortar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berat volume dan kuat tekan batako dengan menggunakan fly ash sebagai bahan pengganti pasir.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan bahan uji kontrol dan penelitian. Benda uji kontrol dibuat tanpa penggantian fly ash, sedangkan benda uji penelitian dibuat dengan variasi penggantian fly ash : 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0% dari volume pasir. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian : karakteristik pasir, karakteristik fly ash dan karakteristik mortar (kuat tekan dan berat volume). Pengujian karakteristik pasir, fly ash dan mortar (kuat tekan dan berat volume) dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil UII.

Hasil pengujian karakteristik pasir diperoleh berat jenis $2,667 \text{ gr/cm}^3$, berat satuan padat $=1,771 \text{ gr/cm}^3$, berat satuan gembur $= 1,56 \text{ gr/cm}^3$, kadar lumpur $= 0,8\%$ dan gradasi pasir yang termasuk dalam Daerah III (pasir agak halus), dengan modulus halus butir (mhb) : $2,722$. Pengujian karakteristik fly ash diperoleh berat jenis $= 1,38 \text{ kg/cm}^3$, berat satuan padat: $1,202 \text{ gr/cm}^3$, berat satuan gembur $= 1,0615 \text{ gr/cm}^3$. Pengujian karakteristik mortar tanpa penggantian fly ash diperoleh kuat tekan rata-rata $= 64,304 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $= 1,981 \text{ gr/cm}^3$. Untuk penggantian 20% fly ash diperoleh kuat rata-rata $= 109,264 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $= 1,971 \text{ gr/cm}^3$. Mortar dengan penggantian 40% fly ash diperoleh kuat tekan rata-rata $= 55,005 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $= 1,909 \text{ gr/cm}^3$. Mortar dengan penggantian 60% fly ash diperoleh kuat tekan rata-rata $= 42,272 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $= 1,823 \text{ gr/cm}^3$. Mortar dengan penggantian 80% fly ash diperoleh kuat tekan rata-rata $= 33,488 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $1,710 \text{ gr/cm}^3$. Mortar dengan penggantian 100% fly ash di peroleh kuat tekan rata-rata $= 21,382 \text{ kg/cm}^2$, berat volume rata-rata $1,576 \text{ gr/cm}^3$.

Pada umur pengujian 28 hari, kekuatan mortar dengan penggantian 20% pozzolan fly ash dapat melampaui kekuatan mortar control yaitu pada penggantian pozzolan 0% (tanpa penggantian pozzolan fly ash). Mortar dengan penggantian 20% pozzolan fly ash memiliki kuat tekan lebih tinggi dari mortar dengan variasi yang lain, penggunaan fly ash dalam penelitian ini lebih berperan dalam pengisi rongga yang menjadikan rongga pada batako lebih sedikit dan batako lebih kuat.

Kata kunci : mortar, kuat tekan dan berat volume

ABSTRAC

Mortar is a mixture consisting of sand, adhesives and water. Pozzolan is a material containing silica or silica and alumina. pozzolan material which itself has no binding properties such as cement, but in fine shape and the presence of water. these compounds react chemically with lime and water at normal temperature into a solid mass which is insoluble in water. This study used an artificial pozzolan in the form of added fly ash as an ingredient in making mortar. The purpose of this study was to determine the volume and tensile strength heavy concrete blocks using fly ash as a substitute for sand

The results obtained by testing the characteristics of the sand gr/cm^3 2,667 specific gravity, unit weight of solids = $1,771 \text{ gr/cm}^3$, loose unit weight = $1,56 \text{ gr/cm}^3$, level = 0,8% silt and sand gradations are included in Region III (sand rather smooth), the modulus of fine grains (RGB): 2,722. Testing characteristics of fly ash obtained kg/cm^3 density = 1,38, unit weight of solids: $1,202 \text{ gr/cm}^3$. loose unit weight = $1,0615 \text{ gr/cm}^3$. Testing characteristics of mortar without fly ash replacement gained an average compressive strength $\text{kg/cm}^2 = 64,304$, the average volume weight = $1,981 \text{ gr/cm}^3$. for the replacement of 20% fly ash obtained robust average = $109,264 \text{ kg/cm}^2$, the average volume weight = $1,971 \text{ gr/cm}^3$. Mortar with 40% fly ash replacement gained an average compressive strength $\text{kg/cm}^2 = 55,005$, the average volume weight = $1,909 \text{ gr/cm}^3$. Mortar with 60% fly ash replacement gained an average compressive strength $\text{kg/cm}^2 = 42,272$, the average volume weight = $1,823 \text{ gr/cm}^3$. Mortar with 80% fly ash replacement gained an average compressive strength = $33,488 \text{ kg/cm}^2$, volume weight average $1,710 \text{ gr/cm}^3$. Mortar with 100% replacement of fly ash on compressive strength obtained mean = $21,382 \text{ kg/cm}^2$, the weight average volume of $1,576 \text{ gr/cm}^3$.

At the age of 28 days of testing, the strength of mortar with 20% replacement of fly ash pozzolan mortars can exceed the power of control, namely the replacement of pozzolan 0% (no fly ash pozzolan replacement). Mortar with 20% replacement of fly ash pozzolan has a higher compressive strength of mortar with the other variations, the use of fly ash in the study were more instrumental in filling the cavity that makes cavities in concrete block and brick fewer more powerful

Key words: mortar, compressive strength and volume weight

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAC	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Batako	5
2.1.1 Pengertian Batako	5
2.1.2 Persyaratan Batako	5
2.1.3 Keuntungan Pemakaian Batako	8
2.2 Fly Ash	9
2.3 Tinjauan Pustaka	12
III LANDASAN TEORI	13
3.1 Umum	13
3.2 Material Penyusun Batako	13
3.2.1 Semen Portland	13

3.2.2	Air	18
3.2.3	Pasir	22
	A. Gradasi Pasir	25
	B. Berat Jenis Pasir	27
	C. Berat Satuan Pasir	27
	D. Kadar Air Pasir	27
3.2.4	Pozzolan	28
3.3	Sifat-Sifat Bata Beton (concrete)	30
3.3.1	Pengolahan Batako	31
3.3.2	Kuat Desak Batako	33
IV	METODE PENELITIAN	34
4.1	Lokasi Penelitian	34
4.2	Bahan Penelitian	34
4.2.1	Semen Portland	34
4.2.2	Air	34
4.2.3	Pasir	34
4.2.4	Fly Ash	34
4.3	Peralatan Penelitian	35
4.3.1	Mesin Uji Kuat Desak dan Kuat Lentur	35
4.3.2	Stopwach	35
4.3.3	Alat Bantu Lain	35
4.3.4	Mobil Pick Up	35
4.3.5	Cetakan Mortar Berbentuk Persegi Panjang	35
4.3.6	Sikat	35
4.3.7	Gelas Ukur	35
4.3.8	Oven	36
4.3.9	Desikator	36
4.3.10	Kaliper	36
4.3.11	Molen	36
4.3.12	Corong Kronik dan Penumbuk	36

4.3.13	Piknometer	36
4.3.14	Sample Splitter	36
4.3.15	Bak Air	36
4.3.16	Timbangan	36
4.3.17	Ayakan	37
4.4	Pelaksanaan Penelitian	37
4.4.1	Persiapan	37
4.4.2	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	39
4.4.3	Pelaksanaan Pengujian	40
V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
5.1	Pengujian Karakteristik Bahan Susun Mortar	43
5.1.1	Pasir	43
5.1.2	Fly Ash	44
5.2	Pengujian Karakteristik Mortar	45
5.2.1	Pengujian Kuat Tekan Mortar	45
5.2.2	Pengujian Berat volume Mortar	47
5.2.3	Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Berat volume Mortar	49
4.3	Kebutuhan Bahan Susun Mortar	59
VI	KESIMPULAN DAN SARAN	51
6.1	Kesimpulan	51
6.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 : Batako dan ukuran batako	7
Gambar 2.2 : Abu terbang batubara (fly ash).....	11
Gambar 3.1 : Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton (Tjokrodimuljo, 1996)	22
Gambar 3.2 : Gradasi Pasir (Tjokrodimuljo, 1996)	26
Gambar 4.1 : Pengujian Kuat Tekan batako	41
Gambar 4.2 : Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 5.1 : Gradasi pasir Merapi (Kali Kuning)	44
Gambar 5.2 : Grafik kuat tekan mortar	46
Gambar 5.3 : Grafik berat volume mortar	47
Gambar 5.3 : Grafik Perbandingan persentase kuat tekan dan berat volume batako fly ash dengan batako biasa	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 : Ukuran dan toleransi batako standar	5
Tabel 2.2 : Persyaratan fisik batako standar (Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982)	6
Tabel 2.3 : Persyaratan mutu bata beton berlubang (SNI 03-0349-89)	6
Tabel 2.4 : Kandungan logam berat pada abu batubara (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen ESDM, 2003)	11
Tabel 3.1 : Unsur – unsur oksida dalam semen (Naway, 1985)	16
Tabel 3.2 : Persentase kimia semen Portland	17
Tabel 3.3 : Persyaratan faktor air semen (FAS) terhadap jenis beton dan lingkungan (Tjokrodumuljo, 1996)	22
Tabel 3.4 : Gradasi Pasir (Tjokrodumuljo, 1998)	27
Tabel 3.5 : Komposisi kimia bahan pozzolan (Tjokrodumuljo, 1996)	30
Tabel 3.6 : Syarat mutu pozzolan menurut ASTM C 618-96 (Tjokrodumuljo, 1996)	30
Tabel 5.1 : Hasil pengujian kuat tekan mortar	46
Tabel 5.2 : Hasil pengujian berat volume mortar	47
Tabel 5.3 : Perbandingan persentase kuat tekan dan berat volume batako fly ash dengan batako biasa	48
Tabel 5.4 : Kandungan bahan susun setiap m ³	49

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : PENGUJIAN BERAT JENIS PASIR

LAMPIRAN 2 : PENGUJIAN BERAT SATUAN PASIR

LAMPIRAN 3 : PENGUJIAN KADAR LUMPUR PASIR

LAMPIRAN 4 : PENGUJIAN GRADASI PASIR

LAMPIRAN 5 : PENGUJIAN BERAT JENIS FLY ASH

LAMPIRAN 6 : PENGUJIAN BERAT SATUAN FLY ASH

LAMPIRAN 7 : KUAT TEKAN MORTAR DENGAN VARIASI
PENGANTIAN PASIR DENGAN POZZOLAN (*FLY ASH*)

LAMPIRAN 8 : TABEL PENGUJIAN BERAT VOLUME (gram/cm^3) MORTAR
DENGAN VARIASI PENGANTIAN PASIR DENGAN
POZZOLAN (*FLY ASH*)

LAMPIRAN 9 : TABEL PENGUJIAN BERAT VOLUME (kg/m^3) MORTAR
DENGAN VARIASI PENGANTIAN PASIR DENGAN
POZZOLAN (*FLY ASH*)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia maka akan diiringi dengan meningkatnya kebutuhan akan tempat tinggal. Pembangunan rumah tinggal dewasa ini telah banyak menggunakan berbagai macam bahan bangunan yang murah tetapi juga memenuhi syarat keamanan. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan kemudian banyak penelitian agar menghasilkan bahan bangunan yang ringan tetapi aman.

Salah satu jenis beton adalah batako. Batako merupakan bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam suasana lembab, dengan campuran semen, pasir, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Batako digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, baik yang memikul beban maupun tidak memikul beban. Sebagaimana kita ketahui bahwa dinding mempunyai andil yang cukup besar dalam pembebanan struktur. mengingat indonesia terletak di daerah rawan gempa maka diperlukan batako sebagai dinding partisi yang juga lebih ringan, agar beban yang diterima struktur menjadi berkurang. Salah satu cara untuk membuat batako lebih ringan adalah dengan cara memodifikasi material pembentuk batako.

Batako yang ada saat ini dipasaran kebanyakan masih belum menggunakan bahan tambah atau bahan pengganti materil pembentuk batako. Salah satunya dengan penambahan limbah dari perusahaan pengguna batubara yaitu berupa *fly ash*. Kendala yang dihadapi perusahaan pemakai batubara dalam mengelola limbah hasil pembakaran batubara (LHPB) adalah terbatasnya lahan untuk penyimpanan sementara LHPB, sedangkan LHPB setiap hari terus bertambah dan yang memanfaatkan LHPB sangat terbatas. Jika limbah tersebut tidak dimanfaatkan secara maksimal akan menimbulkan dampak sosial dan lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan *fly ash* banyak dilakukan

dalam rangka untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan limbah padat abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai bahan tambahan atau bahan pengganti material dalam pembuatan bata beton (batako). Dengan penambahan *fly ash* diharapkan mampu menghasilkan batako yang ringan tetapi mempunyai kuat tekan yang besar. Sehingga limbah *fly ash* yang sudah tidak terpakai dapat digunakan sebagai bahan tambah atau bahan pengganti material pembentuk batako.

I.2 Rumusan Masalah

Yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

Penggunaan *fly ash* sebagai bahan pengganti pasir untuk memperoleh batako yang lebih ringan dan pengaruh kuat tekan batako terhadap batako konvensional.

I.3 Tujuan Penelitian

Yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kinerja batako *fly ash* terutama yang berkaitan dengan perbandingan berat antara batako biasa dengan batako *fly ash*.
2. Mengetahui kinerja batako *fly ash* terutama yang berkaitan dengan kemampuan menahan kuat tekan, dan
3. Mengetahui prosentase yang optimal untuk digunakan dalam pemakaian *fly ash* pada pembuatan batako.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa lingkup permasalahan yang dibatasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian hanya dibatasi pada penelitian perbandingan berat dan kuat tekan antara batako biasa dan batako *fly ash*.
2. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari Sungai Kuning.
3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland, merek Semen Tiga Roda kemasan 40 kg.
4. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* PLTU Tanjung Jati Jepara Jawa Tengah yang diperoleh dari PT JAYAMIX.
5. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari saluran air pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP UII.
6. Batako yang diuji berukuran 40 x 20 x 10 cm
7. Uji kuat tekan batako dengan *fly ash* dilakukan pada usia 28 hari.
8. Perbandingan volume campuran semen pasir yang digunakan (1:9).
9. Perbandingan variasi adalah :
 - a. 100% *fly ash* - 0% Pasir
 - b. 80% *fly ash* - 20% Pasir
 - c. 60% *fly ash* - 40% Pasir
 - d. 40% *fly ash* - 60% Pasir
 - e. 20% *fly ash* - 80% Pasir
 - f. 0% *fly ash* - 100% Pasir
10. Pengujian yang dilakukan adalah penimbangan berat batako dan uji kuat tekan.

Dengan perincian setiap variasi benda uji :

10 buah : Untuk penimbangan berat batako dan untuk pengujian kuat tekan

11. Alat pengujian kuat tekan yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP UII.
12. Perawatan batako dilakukan dengan cara ditutup dengan karung goni basah untuk menjaga kelembaban batako itu sendiri

I.5 Manfaat Penelitian

Yang menjadi Manfaat Penelitian dari penelitian ini adalah :

1. Didapatkan batako yang lebih ringan daripada batako biasa.
2. Dapat mengetahui pengaruh pemakaian *fly ash* terhadap kualitas batako.
3. Dengan pemakaian *fly ash* diharapkan dapat dijadikan alternatif material pembentuk batako untuk dijadikan sebagai referensi atau informasi bagi masyarakat, dan
4. Masukan bagi industri batako untuk menghasilkan produk dengan menggunakan material alternatif.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Batako

2.1.1 Pengertian Batako

Batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam suasana lembab, dengan campuran semen, pasir, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Batako digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, baik yang memikul beban maupun tidak memikul beban (PUBBI 1982)

2.1.2 Persyaratan Batako

Syarat-syarat yang harus dimiliki batako adalah :

- a. Tampak permukaan batako harus mulus, sisi-sisinya tegak lurus satu sama lainnya, datar, dan tepinya tidak mudah dirapihkan dengan tangan.
- b. Sebelum dipakai pada bangunan, batako harus berumur minimal 1 bulan bila pemeliharaan tidak dilakukan dalam ruang pemeliharaan khusus pada waktu proses pembuatannya.
- c. Pada waktu dipasang pada bangunan, batako harus cukup kering, yaitu kadar airnya tidak lebih dari 15%.

Ukuran dan toleransi batako standar dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Ukuran dan toleransi batako standar

Jenis	Ukuran nominal (mm)*		
	Panjang	Lebar	Tebal
Tipis	400±3	200±3	100±2
Sedang	400±3	200±3	100±2
Tebal	400±3	200±3	100±2

Keterangan : * Ukuran nominal = ukuran bata ditambah 10 mm tebal siar

Persyaratan fisik batako standar terdapat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan fisik batako standar

Batako	Kuat tekan bruto minimum (kg/cm ²)		Penyerapan Air maksimum (% berat)
	Rata-rata	Masing-masing	
A1	20	17	-
A2	35	30	-
B1	50	45	35
B2	70	65	25

Sumber : Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia 1982

Keterangan : A1 dan A2 untuk dipakai dalam konstruksi yang tidak memikul beban, dimana A1 dipasang pada tempat yang terlindung dari cuaca luar dan diberi lapisan pelindung dan A2 sama dengan A1 tetapi dapat tanpa lapisan pelindung. B1 dan B2 dapat dipakai dalam konstruksi yang memikul beban dimana B1 ditempat-tempat yang terlindung dari cuaca luar dan B2 dapat ditempat yang tidak terlindung dari cuaca.

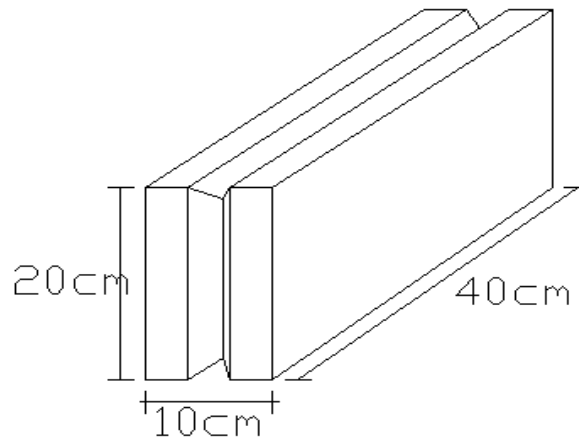
Persyaratan mutu bata beton berlubang menurut SNI 03-0349- 89 terdapat dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan mutu bata beton berlubang

Persyaratan mutu	Satuan	Mutu bata beton berlubang			
		I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto dan rata-rata, minimum	Kg/cm ²	70	50	35	20
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji, minimum	Kg/cm ²	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maksimum	%	25	35	-	-

Sumber : SNI 03-0349-89

Gambar tampak batako dan ukuran batako terdapat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Batako dan ukuran batako

Berdasarkan persyaratan mutu bata beton berlubang dibedakan menjadi empat tingkatan mutunya, yaitu mulai tingkat mutu I sampai tingkat mutu IV. (SNI 03-0349-89 tentang Persyaratan Mutu Bata Beton Berlubang).

- a. Bata beton berlubang mutu I adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap).
- b. Bata beton berlubang mutu II adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi dibawah atap).
- c. Bata beton berlubang mutu III adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, untuk dinding penyekat serta konstruksi lainnya tetapi permukaannya tidak boleh diplester (dibawah atap).
- d. Bata beton berlubang mutu IV adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi seperti penggunaan dalam mutu III tetapi selalu terlindungi dari hujan dan terik matahari (diplester dan dibawah atap).

Secara garis besar pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga yaitu (Tjokrodinuljo, 1996) :

1. Untuk non struktur dengan nilai densitas antara $240 - 800 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan dengan nilai $3,569007 - 71,38013 \text{ Kg/cm}^2$ digunakan untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. Untuk struktur ringan dengan nilai densitas antara $800 - 1400 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan dengan nilai $71,38013 - 173,3518 \text{ Kg/cm}^2$ digunakan dengan dinding memikul beban.
3. Untuk struktur dengan nilai densitas antara $1400 - 1800 \text{ kg/m}^3$ dan kuat tekan $> 173,3518 \text{ Kg/cm}^2$ digunakan sebagai beton normal.

Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya dibagi atas (wisnu wijanarko. 2008) :

1. Beton dengan berat jenis rendah (Low Density Concrete) dengan nilai densitas $240 - 800 \text{ kg/m}^3$ dan nilai kuat tekan $3,569007 - 70,36042 \text{ Kg/cm}^2$.
2. Beton dengan menengah (Moderate Trenght Lighweight Concrete) dengan nilai densitas $800 - 1440 \text{ kg/m}^3$ dan nilai kuat tekan $70,36042 - 176,4109 \text{ kg/m}^2$.
3. Beton ringan struktur (Structural Lighweight Concrete) dengan nilai densitas $1440 - 1900 \text{ kg/m}^3$ dan nilai kuat tekan $> 176,4109 \text{ kg/m}^2$.

2.1.3 Keuntungan Pemakaian batako

Pemakaian batako bila dibandingkan dengan batu bata terlihat penghematannya dalam segi, misalnya (Frick, Heinze) :

1. Per m^2 luas tembok lebih sedikit jumlah batako yang dibutuhkan, sehingga terdapat penghematan.
2. Terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan sampai 75%.
3. Berat tembok lebih ringan sehingga beban yang diterima pondasi juga berkurang.
4. Jika kualitas batako yang dihasilkan baik maka tembok tidak perlu diplester.
5. Dapat dibuat dengan mudah dan dengan alat-alat atau mesin yang sederhana dan tidak perlu dibakar.

2.2 Fly Ash

Fly ash adalah terminology umum untuk abu terbang yang ringan yang timbul dari suatu proses pembakaran suatu bahan yang lazimnya menghasilkan abu. *Fly ash* dalam konteks ini adalah abu yang dihasilkan dari pembakaran batubara.

Sistem pembakaran batubara umumnya terbagi 2 yakni sistem unggun terfluidakan (*fluidized bed system*) dan unggun tetap (*fixed bed system* atau *grate system*). Disamping itu terdapat system ke-3 yakni *spouted bed system* atau yang dikenal dengan unggun pancar.

Fluidized bed system adalah sistem dimana udara ditiup dari bawah menggunakan blower sehingga benda padat di atasnya berkelakuan mirip fluida. Teknik fluidisasi dalam pembakaran batubara adalah teknik yang paling efisien dalam menghasilkan energi. Pasir atau *corundum* yang berlaku sebagai medium pemanas dipanaskan terlebih dahulu. Pemanasan biasanya dilakukan dengan minyak bakar. Setelah temperatur pasir mencapai temperature bakar batubara (300°C) maka diumpankanlah batubara. Sistem ini menghasilkan abu terbang dan abu yang turun di bawah alat. Abu-abu tersebut disebut dengan *fly ash* dan *bottom ash*. Teknologi *fluidized bed* biasanya digunakan di PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (80%-90%) berbanding (20%-10%).

Fixed bed system atau *Grate system* adalah teknik pembakaran dimana batubara berada di atas *conveyor* yang berjalan atau *grate*. Sistem ini kurang efisien karena batubara yang terbakar kurang sempurna atau dengan perkataan lain masih ada karbon yang tersisa. *Ash* yang terbentuk terutama *bottom ash* masih memiliki kandungan kalori sekitar 3000 kkal/kg. Di China, *bottom ash* digunakan sebagai bahan bakar untuk kerajinan besi (pandai besi). Teknologi *Fixed bed system* banyak digunakan pada industri tekstil sebagai pembangkit uap (*steam generator*). Komposisi *fly ash* dan *bottom ash* yang terbentuk dalam perbandingan berat adalah : (15%-25%) berbanding (75%-85%).

Butiran *fly ash* terbagi dalam lima bagian, yaitu :

1. Butiran besar dengan bentuk tak beraturan. Butiran ini banyak terdapat pada fraksi lebih besar dari $74 \mu\text{m}$.
2. Butiran bundar yang berlubang yang sering disebut *cenospheres*. Butiran ini terdapat pada fraksi $20\text{--}74 \mu\text{m}$, dan berat jenisnya kurang dari 1 g/cm^3 .
3. Butiran bundar yang tak berlubang (*solid*), terdapat pada fraksi $10 \mu\text{m}$ atau lebih kecil.
4. Butiran bundar berlubang dengan sejumlah butiran *solid* (5-100) yang terperangkap di dalamnya.
5. *Agglomerat* dari butiran-butiran kecil ($< 10 \mu\text{m}$) yang membentuk butiran besar yang tak beraturan. Banyak terdapat pada fraksi lebih besar dari $74 \mu\text{m}$.

Fly ash dengan butiran yang berbentuk bundar atau bola-bola beraturan biasanya sangat aktif, sehingga mudah mengeras apabila dicampur dengan kapur atau air. Ukuran butir yang cukup halus ini mempunyai luas permukaan spesifik yang besar dan erat hubungannya dengan keaktifan yang baik. Dilihat dari segi komposisi kimianya, *fly ash* banyak mengandung silika yang amorf dan dapat memberi sumbangan keaktifan, sehingga dengan mudah mengadakan kontak dan bereaksi dengan kapur yang ditambahkan, membentuk kalsium silikat yang banyak. Kadar silika di dalam *fly ash* harus lebih besar dari 40%.

Seperti diketahui reaksi antara bahan *pozzolan*, seperti *fly ash* adalah penggabungan kapur dengan senyawa SiO_2 dan Al_2O_3 aktif. Selain kalsium silikat hidrat yang diperoleh dari silika aktifnya, juga terbentuk trikalsium aluminat hidrat. Hasil reaksi antara silika dan alumina dalam kondisi basah melepaskan Ca(OH)_2 sehingga pH-nya bertambah. Dalam keadaan basah, senyawa besi (Fe_2O_3 , Fe(OH)_3) akan mengaktifkan sisa Al_2O_3 dan SiO_2 (bertindak sebagai katalisator) untuk dapat bereaksi dengan Ca(OH)_2 . Di lain pihak Fe hidroksida sendiri mempunyai keaktifan yang lemah terhadap Ca(OH)_2 . Telah diketahui pula bahwa Fe_2O_3 bebas dalam semen hanya akan mempengaruhi warna dan tidak memberikan kekerasan. Kenaikan kadar Fe_2O_3 dapat menurunkan kadar C_3A dalam semen. Besarnya kadar kalsium silikat dan bahan aktif lainnya terhadap

proses pengerasan sangat tergantung pula pada proses pengolahannya, mulai dari pembentukan sampel uji sampai waktu *Curing* (pelembaban dan perendaman) yang diperlukan. Biasanya pengerasan akan bertambah dengan meningkatnya waktu pelembaban dan perendaman. Hal ini dapat dimengerti karena pada pelembaban dan perendaman tersebut akan terjadi reaksi yang lebih sempurna dan terbentuk senyawa kalsium silikat hidrat yang lebih banyak. Selain faktor pengolahan tersebut, kandungan unsur lain, seperti adanya karbon yang terlalu banyak akan menurunkan kuat tekan atau pengerasan. Oleh karena itu disyaratkan kadar karbon harus $< 8\%$. Selain itu Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas sampel uji batako adalah jenis semen yang digunakan, ada tidaknya bahan tambahan (*additive*), agregat yang digunakan, kelembaban dan suhu ketika pengeringan serta kecepatan pembebanan (Putra, D.F. *et al*, 1996).

Beberapa logam berat yang terkandung dalam abu batubara seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), kadmium (Cd), chrom (Cr).

Kandungan logam berat pada abu batubara dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kandungan logam berat pada abu batubara

No.	Jenis abu batubara	Kandungan logam berat (ppm)				
		Cu	Pb	Zn	Cd	Cr
1	Abu batubata Bukit Asam	298	19	391	11	224
2	Abu batubata Ombilin	87	15	153	tt	120

Sumber : Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen ESDM, 2003



Gambar 2.2 : Abu terbang batubara (fly ash)

2.3 Tinjauan pustaka

Penelitian ini mengacu pada beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan batako atau sejenisnya sebagai referensi data penunjang dalam penelitian ini.

1. Berdasarkan penelitian terdahulu dari Amirullah Ahmad (2008). Penelitian utama yang dilakukan oleh peneliti yaitu mencari kuat tekan beton. Pada penelitian ini digunakan agregat kasar maksimum 10 mm dengan factor air semen 0.30, namun ditambah dengan superplasticizer 2 % dan Variasi fly ash yang digunakan adalah 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 15% dari berat semen. masing-masing variasi fly ash dibuat tiga buah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari. Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan beton optimum pada kadar fly ash 4,3% sebesar 45,44 MPa. Hasil keseluruhan dari pengujian kuat tekan silinder beton masing-masing variasi fly ash 0%; 3%; 6%; 9%; 12% dan 15%; berturut-turut adalah: 42,227 MPa; 47,168 MPa; 46,603 MPa; 32,861 MPa; 35,071 MPa dan 31,675 MPa. Kuat tekan rata-rata tertinggi pada kadar fly ash 3% sebesar 47,16 MPa mengalami kenaikan 4,94 MPa atau 11,70% dari kuat tekan beton normal 42,22 MPa dengan proporsi pasir, kerikil, air, semen, fly ash, dan superplasticizer berturut-turut 7,095 kg, 20,194 kg, 3,183 lt, 11,029 kg, 0,341 kg, 0,227 kg.
2. Berdasarkan Widodo, pemanfaatan serbuk batu bata merah sebagai *filler* pada SCC (*Self Compacting Concrete*) dapat meningkatkan kuat tekan beton, dimana takaran substitusi semen yang optimum dicapai pada penggunaan serbuk bata merah sebesar 10% yang ditunjukkan dengan besarnya kuat tekan pada umur 28 hari adalah 54,14 Mpa. Serbuk batu bata merah yang digunakan adalah serbuk bata merah yang lolos saringan ϕ 0,075 mm.

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada landasan teori ini akan memaparkan hal-hal yang berkenaan dengan gambaran umum paving batako, material-material penyusun batako, kerangka berfikir, dan hipotesa.

3.1 Umum

Batako merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti batu bata. Bahan untuk membentuk Batako adalah pasir (agregat) sebagai bahan pengisi yang banyak mengandung silika (SiO_2), semen portland sebagai bahan pengikat dan air untuk memudahkan bahan-bahan tersebut dapat tercampur dan bereaksi dengan sempurna.

3.2 Material Penyusun batako

Bahan-bahan pokok batako adalah semen, pasir dan air dalam proporsi tertentu. Tetapi juga ada batako yang memakai bahan tambahan misalnya kapur, gips, abu layang, abu sekam padi dan lain-lain.

3.2.1 Semen Portland

Semen portland mempunyai lima senyawa penyusun utama dan sedikit senyawa lain sebagai tambahan. Kelima bahan penyusun utama tersebut yaitu :

- a. Trikalsium Silikat (Ca_3SiO_5 atau $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), disingkat C_3S
- b. Dikalsium Silikat (Ca_2SiO_4 atau $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), disingkat C_2S
- c. Trikalsium Aluminat ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ atau $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), disingkat C_3A
- d. Tetrakalsium Aluminoferrit ($\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_{10}$ atau $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), disingkat C_4AF
- e. Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang saling mengikat atau mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi trikalsium silikat dan dikalsium silikat adalah 70%–80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen (Tri Mulyono, 2005).

Pada saat air ditambahkan dalam semen, setiap senyawa-senyawa tersebut diatas mengalami reaksi hidrasi dan mempunyai andil masing-masing dalam pembentukan *concrete*. Hanya kalsium silikat yang mempunyai sumbangsih terhadap kekuatan *concrete*, dimana tricalcium silicate berperan sebagai pembentukan kekuatan awal (7 hari pertama), sedangkan dikalsium silikat reaksinya lambat dan mempunyai kontribusi dalam pembentukan kekuatan pada tahap berikutnya. Banyaknya air yang digunakan selama proses hidrasi akan mempengaruhi karakteristik kekuatan beton jadi. Pada dasarnya jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi tersebut adalah sekitar 25% dari berat semen. Jika air yang digunakan kurang dari 25%, maka kelecakan atau kemudahan dalam pengerjaan tidak akan tercapai (Neville, 1981) Faktor air semen (FAS) atau water cement ratio (WCR) merupakan rasio antara berat air yang digunakan dibagi dengan berat semen, yang dituliskan sebagai berikut :

FAS : Air/semen

Semakin tinggi nilai FAS semakin rendah mutu kekuatan beton, namun demikian nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan meyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan meyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS yang diberikan sekitar 0,25 dan maksimum 0,65. Semen yang biasa digunakan dalam pembuatan bahan bangunan adalah jenis Semen Portland. Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi dalam lima jenis katagori (PUBI, 1982), yaitu :

- a. Tipe I, untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak memerlukan persyaratan khusus
- b. Tipe II, untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang
- c. Tipe III, untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi dan dipergunakan pada daerah yang bersuhu rendah
- d. Tipe IV, untuk konstruksi-konstruksi yang persyaratan panas hidrasi rendah dan digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan besar dan masif
- e. Tipe V, untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

Menurut Nawy, 1985, komposisi senyawa kimia pada kelima jenis semen diatas terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Prosentase Komposisi Semen Portland

Tipe Semen	Komposisi kimia (%)							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
I, Normal	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semua tujuan
II, Modifikasi	46	29	6	12	2,8	0,6	3	Digunakan untuk struktur besar
III, kekuatan awal tinggi	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Dipakai pada daerah temperatur rendah
IV, panas hidrasi rendah	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Dipakai pada bendungan
V, Tahan Sulfat	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Dipakai untuk bangunan tahan asam sulfat

Sumber : Naway, 1985

Kandungan terbesar dalam semen adalah kandungan kapur (CaO) yang memiliki fungsi dalam proses perekatan, sedangkan silika dioksida (SiO₂) berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*), aluminium oksida (Al₂O₂) memiliki fungsi dalam mempercepat proses pengerasan. Sedangkan besi oksida (Fe₂O₂) memiliki suhu leleh yang rendah yang menyebabkannya sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran klinker. Untuk persentase masing-masing unsur kimia dalam semen dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Persentase kimia semen portland

Unsur kimia pembentuk semen	Persentase (%)
Oksida dalam semen	
Kapur (CaO)	58-65
Silika (SiO ₂)	20-25
Alumina (Al ₂ O ₂)	3-9
Besi oksida (Fe ₂ O ₂)	1-6
Magnesium (MgO)	1-4
Unsur lain yang boleh terkandung	
K ₂ O	0,4-0,8
Na ₂ O	0,2-0,6
TiO ₂	0,1-3
SO ₂	0,5-3
S	0-2
P ₂ O ₅	0-1
Mn ₂ O	0-3
Bagian yang tak larut	0,2-3
Hilang pijar	0,5-4

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen dan bila ditambah dengan agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

PT Semen Padang (1995) menyatakan bahwa sifat-sifat semen menurut pemakaiannya meliputi hidrasi semen, *setting* (pengikat) dan *hardening* (pengerasan), dan pengaruh kualitas semen terhadap kuat tekan beton.

1. Hidrasi semen

Apabila air ditambahkan kedalam semen portland maka akan terjadi reaksi antara komponen semen dengan air yang dinamakan hidrasi. Reaksi hidrasi tersebut menghasilkan senyawa hidrat dalam bentuk *cement gel*.

2. *Setting* (pengikat) dan *Hardening* (pengerasan)

Sifat pengikatan pada adonan semen dengan air dimaksudkan sebagai gejala terjadinya kekakuan pada adonan. Dalam prakteknya sifat ikat ini ditunjukkan dengan waktu pengikatan yaitu waktu mulai dari adonan terjadi sampai mulai terjadi kekakuan.

3. Pengaruh kualitas semen terhadap Kuat Tekan Beton

Sifat semen yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah kehalusan semen dan komposisi kimia semen.

- a. Kehalusan semen

Makin halus semen atau partikel-partikel semen akan menghasilkan kekuatan tekan yang tinggi, karena makin luasnya permukaan yang bereaksi dengan air dan kontak dengan agregat.

- b. Komposisi kimia

Makin besar kandungan C_3S cenderung akan menghasilkan *setting time* yang makin pendek, sedangkan semakin besar kandungan gypsum di dalam semen akan menghasilkan *setting time* yang panjang. Makin besar kandungan C_3S akan menghasilkan panas yang tinggi sehingga pengerasan berjalan cepat sedangkan semakin besar C_2S akan menghasilkan proses pengerasan yang berjalan lambat.

Sedangkan menurut (Samekto dan Candra, 2001) semen portland memiliki beberapa sifat yang diantaranya meliputi kehalusan butir, kekekalan bentuk, dan kekuatan semen.

1. Kehalusan Butiran

Pada umumnya semen memiliki kehalusan sedemikian rupa sehingga kurang lebih 80% dari butirannya dapat menembus ayakan 44 mikron. Makin halus butiran semen, semakin cepat pula persenyawaannya. Makin halus butiran semen, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi semakin besar. Makin besar luas permukaan butir ini, makin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menentukan kehalusan butir semen. Cara yang paling sederhana dan mudah dilakukan ialah dengan mengayaknya.

2. Kekekalan bentuk

Yang dimaksud dengan kekekalan bentuk adalah sifat dari bubuk semen yang telah mengeras, dimana bila adukan semen dibuat suatu bentuk itu tidak berubah. Benda dari adukan semen yang telah mengeras. Apabila benda menunjukkan adanya cacat (retak, melengkung, membesar atau menyusut), berarti semen itu tidak baik atau tidak memiliki sifat tetap bentuk.

3. Kekuatan Semen

Kekuatan mekanis dari semen yang mengeras merupakan sifat yang perlu diketahui di dalam pemakaian. Kekuatan semen ini merupakan gambaran mengenai daya rekatnya sebagai bahan perekat/pengikat. Pada umumnya, pengukuran kekuatan daya rekat ini dilakukan dengan menentukan kuat lentur, kuat tarik atau kuat tekan (tekan) dari campuran semen dengan pasir.

3.2.2 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan

25% dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Tjokrodimuljo, 1996).

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi reaksi semen dan air, maka air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang memenuhi persyaratan air minum merupakan air yang memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang menggunakan air suling.

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Kandungan klorida kurang dari 0,50 gr/lt, dan
- d. Kandungan senyawa sulfat kurang dari 1 gr/lt.

Air yang digunakan untuk perawatan beton adalah air yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organik dalam air merupakan penyebab pengotoran dan perubahan warna.

Air cenderung bergerak ke permukaan bersama-sama semen yang kemudian menjadi buih dan membentuk suatu lapisan tipis yang disebut *laitance*. Air cenderung mengalir keluar bersama-sama semen bila cetakan kurang rapat, yang akan menyebabkan terjadinya rongga-rongga.

Kandungan kimia dan atau organik dalam air mempengaruhi kualitas beton (garam dalam air laut, kotoran-kotoran organik air permukaan, dan lain-lain). Air laut mengandung 3,5% larutan garam yang dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20%. Adanya garam ini dapat menyebabkan baja tulangan terkorosi, maka air laut tidak boleh digunakan untuk campuran beton yang menggunakan baja tulangan. Air yang mengandung gula lebih dari 0,05% dapat memperlambat ikatan awal dan menurunkan kekuatan beton. Air yang mengandung seng klorida

akan memperlambat ikatan awal beton, bahkan dalam jumlah yang cukup banyak akan menyebabkan beton yang berumur 2-3 hari belum memiliki kekuatan awal.

Jumlah air akan mempengaruhi sifat mudah dikerjakan (*workability*) beton segar, kualitas beton segar dan kekuatan beton. Jumlah air ini ditentukan oleh perbandingan berat terhadap berat semen atau faktor air semen (FAS) dan tingkat kemudahan pengerjaan. Nilai fas kurang dari 0,35 menyebabkan beton segar sulit dikerjakan tanpa bahan tambah. Kelebihan air berdasarkan fas dari yang dibutuhkan untuk reaksi kimia dengan semen dipakai sebagai pelumas. Penambahan air dari jumlah air berdasarkan fas dengan tujuan meningkatkan kemudahan pengerjaan akan mengakibatkan kualitas beton menurun.

Hubungan antara faktor air semen (FAS) dan kuat tekan beton, secara umum ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut :

$$f_c = \frac{A}{B \cdot 10^x} \dots\dots\dots 3.1$$

dengan :

f_c = Kuat tekan beton

x = FAS (yang semula dalam proporsi volume)

A, B = Konstanta

Walaupun menurut rumus tersebut, semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, tetapi karena kesulitan pemadatan bila dipakai fas dibawah $\pm 0,40$ kekuatan beton menjadi lebih rendah, karena beton kurang padat akibat pemadatan yang sulit. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum.

Persyaratan faktor air semen (FAS) terhadap jenis beton dan lingkungan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Persyaratan faktor air semen (FAS) terhadap jenis beton dan lingkungan (Tjokrodinuljo, 1996)

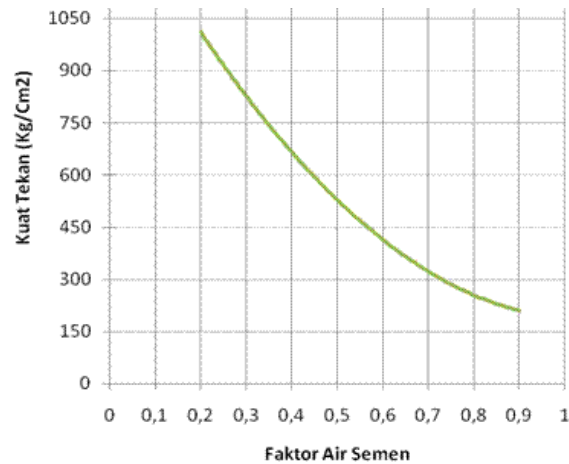
Jenis Beton	Kondisi Lingkungan	Fas. Maks
Beton Bertulang	Ringan	0,65
	Sedang	0,55
	Berat	0,45
Beton Pra Tegang	Ringan	0,65
	Sedang	0,55
	Berat	0,45
Beton Tak Bertulang	Ringan	0,70
	Sedang	0,60
	Berat	0,50

Keterangan : Ringan : Dalam ruangan

Sedang : Terlindung dari cuaca

Berat : Terlindung dari hujan deras, beton yang tertanam dan selamanya terendam air (air laut, air payau), mengalami pergantian basah kering.

Sedangkan hubungan antara faktor air semen (FAS) terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Hubungan faktor air semen (FAS) dengan kuat tekan silinder beton (Tjokrodumuljo, 1996).

3.2.3 Pasir

Dalam susunan beton, agregat mempunyai volume paling besar yaitu antara 60%-80% dari volume beton, dengan demikian sifat agregat yang dipakai sangat mempengaruhi kualitas beton. Untuk itu diperlukan data yang jelas mengenai agregat yang akan digunakan dalam campuran beton, sehingga komposisi campuran dapat direncanakan dengan tepat, sesuai dengan kualitas beton yang diinginkan (Tjokrodumuljo, 1996). Penggunaan agregat dalam adukan beton bertujuan :

- a. Menghemat penggunaan semen.
- b. Menghasilkan kuat tekan beton yang besar.
- c. Memperoleh kepadatan beton optimal dengan memanfaatkan gradasi agregat yang baik.
- d. Menjadikan sifat dapat dikerjakan (*workability*) pada adukan beton dengan memakai gradasi agregat yang baik (Antono, 1995).

Agregat halus (pasir) adalah bahan batuan halus yang terdiri dari butiran berukuran 0,15-5 mm yang didapat dari hasil disintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau dengan memecahkannya (*artificial sand*). Pasir alam dan buatan menurut (Tjokrodumuljo, 1996) dibedakan atas :

a. Pasir galian (pasir gunung)

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Pasir ini memiliki permukaan yang tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam, tetapi banyak mengandung tanah sehingga sebaiknya dicuci dulu sebelum dipergunakan.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, pada umumnya berbutir halus, berbentuk bulat akibat proses gesekan antara sesamanya, daya lekat antar butir pasir agak berkurang akibat bentuk butirannya bulat-bulat.

c. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini merupakan pasir yang terjelek, karena banyak mengandung garam. Sifat garam-garaman menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi material bangunan (seperti paving block), disarankan sebaiknya pasir jenis ini tidak dipakai untuk bahan bangunan, tanpa pengujian dan pengolahan lebih lanjut.

d. Pasir buatan

Pasir ini diperoleh dengan cara memecah batu dengan mesin pemecah batu. Batu besar digiling dengan mesin pemecah batu *stone crusher* hingga menjadi butiran halus berdiameter antara 0,15 – 5,00 mm.

e. Pasir abu terbang

Agregat ini merupakan hasil proses pemanasan abu terbang sampai meleleh dan mengeras lagi, sehingga membentuk butiran-butiran kecil menyerupai pasir. Sesuai dengan SK SNI-S-04-1989-F:28 (Supriyanti, 2004) tentang Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan, maka agregat halus harus memenuhi persyaratan :

- 1) Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras.
- 2) Butiran-butiran pasir harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau mudah hancur akibat pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
- 3) Sifat kekekalan pasir, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat diperoleh :
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%.
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, didapatkan bagian yang hancur maksimal 10%.
- 4) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat pembanding). Yang dimaksud lumpur adalah bagian dari benda uji lolos ayakan 0,063 mm. Apabila kandungan lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 5) Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder* (dengan larutan NaOH). Agregat halus (pasir) yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat dipakai, asal kuat tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari adalah tidak kurang dari 95% kekuatan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci lagi hingga bersih dengan air pada umur sama.
- 6) Susunan besar butir agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut daerah I, II, III atau IV (lihat Tabel 2.2 dan Gambar 2.2) dan memenuhi syarat-syarat :
 - a) Sisa diatas ayakan 4,8 mm, minimal 2% berat.
 - b) Sisa diatas ayakan 1,2 mm, minimal 10% berat.
 - c) Sisa diatas ayakan 0,30 mm, minimal 15% berat.
- 7) Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
- 8) Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pengujian bahan yang diakui.

- 9) Agregat halus yang digunakan untuk spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan agregat untuk pasir pasangan.

A. Gradasi pasir

Menurut Tjokrodimuljo (1998) gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi.

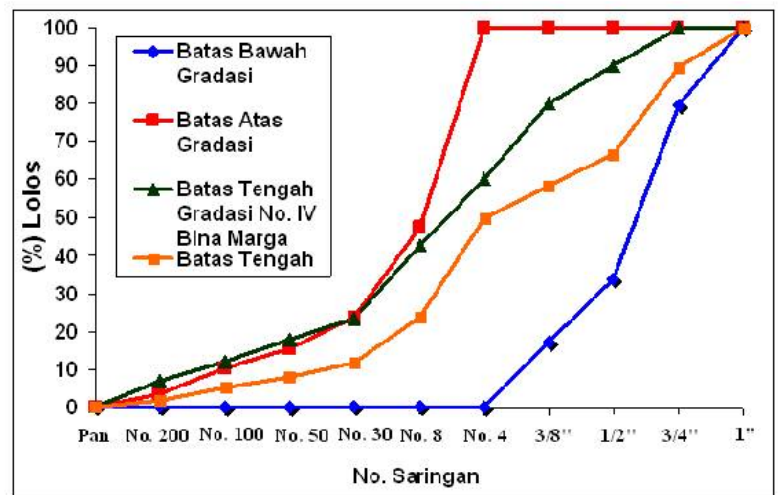
Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang digunakan adalah : 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30 dan 0,15 mm.

Hasil yang diperoleh dari pengujian gradasi pasir berupa modulus halus butir (Mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Mhb menunjukkan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persen kumulatif tertahan dibagi 100. Makin besar nilai mhb menunjukkan semakin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya nilai mhb pasir berkisar antara 1,5-3,8. Berdasarkan *British Standart* yang juga dipakai dalam SK SNI-T- 15-1990-03 (Tjokrodimuljo, 1998) tentang Standar Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, kekasaran pasir dapat dibagi kedalam empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir agak kasar dan pasir kasar, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.2.

Tabel 3.4 Gradasi Pasir (Tjokrodimuljo, 1998)

Lubang Ayakan (mm)	Berat lolos kumulatif (%)							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	80	100	95	100
1,2	30	70	55	100	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Keterangan :	
Zone 1	Pasir Kasar
Zone 2	Pasir Agak Kasar
Zone 3	Pasir Halus
Zone 4	Pasir Agak Halus

**Gambar 3.2** Gradasi Pasir (Tjokrodimuljo, 1996)

B. Berat jenis pasir

Menurut Tjokrodimuljo (1998) berat jenis pasir adalah rasio antara massa padat pasir dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Berat jenis pasir dari agregat normal adalah 2,5-2,7, berat jenis pasir dari agregat berat adalah lebih dari 2,8 dan berat jenis dari agregat ringan adalah kurang dari 2,0.

C. Berat satuan pasir

Menurut Tjokrodimuljo (1998) berat satuan pasir adalah berat pasir dalam satu satuan volume. Berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu bejana dibagi volume bejana tersebut, sehingga yang dihitung adalah volume padat pasir (meliputi volume tertutup dan volume pori terbukanya). Berat satuan pasir dari agregat normal adalah 1,20-1,60 gram/cm³ (Tjokrodimuljo, 1996).

D. Kadar air pasir

Kadar air pasir dihitung berdasarkan perbandingan berat pasir dalam kondisi jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*) dikurangi berat pasir kondisi kering tungku (Tjokrodimuljo 1998).

Pasir dalam kondisi jenuh kering muka (SSD) adalah pasir yang permukaannya kering, 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 (Tjokrodimuljo, 2002). Tingkat kebasahan pasir menurut (Tjokrodimuljo, 1996) meliputi :

- a. Pasir basah, yaitu pasir yang baru saja diambil dari sumbernya. Pada tingkat ini butir-butir banyak mengandung air baik di permukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila digunakan untuk campuran akan memberi air. (misal : pasir yang langsung diambil dari sungai, laut, gunung, dll).
- b. Pasir kering udara, yaitu pasir yang butir-butirnya kering permukaannya tetapi mengandung air di dalam porinya, sehingga pasir dalam tingkat ini masih dapat sedikit menghisap air.

- c. Pasir kering mutlak atau kering tungku (oven), yaitu pasir yang dikeringkan dalam tungku pada suhu 110°C sehingga semua airnya menguap keluar. Pasir dalam kondisi ini mampu menyerap air.
- d. Pasir Jenuh kering-muka, yaitu pasir yang permukaannya sama sekali tidak mengandung air tetapi berisi air sejumlah yang bisa diserap. Dengan demikian butir-butir pasir dalam tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran adukan mortar.

Menurut (Tjokrodimuljo, 1996) kadar air pasir ditentukan dengan rumus :

Kadar air,

$$W = \frac{(a - b)}{b} \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

dengan : a = Berat pasir yang dihitung kadar airnya (gram)

b = Berat pasir setelah kering tungku (gram)

W = Kadar air (dalam %)

3.2.4 Pozzolan

Pozzolan adalah bahan alam atau bahan buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur silikat dan atau aluminat. Pozzolan tidak memiliki sifat seperti semen akan tetapi dalam keadaan halus akan bereaksi dengan air dan kapur padam menjadi massa padat yang tidak larut dalam air. Jadi bahan tambah ini akan mengikat kapur bebas dalam beton dan membentuk kalsium silikat hidrat yang sama dengan hasil hidrasi semen. Pozzolan dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu : pozzolan alam dan pozzolan buatan.

1. Pozzolan alam (Natural Pozzolan) yaitu pozzolan yang terdapt di alam, seperti abu vulkanis (*pumice*), tanah *diatomae* dan *tufa*.
2. Pozzolan buatan (*Artificial Pozzolan*), yaitu pzzolan yang didapat dari hasil pembakaran tanah liat, pembakaran batu bara berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu sekam.

Dalam campuran beton, pozzolan dapat dipergunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen portland atau sebagai bahan tambah. Bila dipergunakan sebagai bahan pengganti sebagai semen, sekitar 10%-35% berat semen dapat

meningkatkan ketahanan beton terhadap garam, sulfat, dan asam. Laju peningkatan kekuatan lebih lambat dan pada umur 28 hari kekuatannya lebih rendah dari beton normal. Bila digunakan sebagai bahan tambah maka akan menjadikan beton mudah diaduk, lebih rapat air dan lebih tahan terhadap serangan kimia. Pozzolan dapat mengurangi pemuaian beton yang terjadi akibat proses reaksi alkali-agregat (reaksi alkali dalam semen dengan silika dalam agregat), dengan demikian penambahan pozzolan dapat mengurangi retak-retak pada beton akibat reaksi tersebut.

Komposisi kimia dari bahan pozzolan dapat dilihat pada Tabel 3.5 sedangkan syarat mutu pozzolan menurut ASTM C 618-96 dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Komposisi kimia bahan pozzolan (Tjokrodumuljo, 1996)

Unsur kimia (%)	Tras	<i>Fly ash</i>
SiO ₂	47-72	40-60
Al ₂ O ₃	10-18	20-26
Fe ₂ O ₃	1-6	4-7
CaO	-	-
MgO	0.5-3	1-2
SO ₃	0,3-1,6	0,3-1,6
Alkali	-	2,5-5

Tabel 3.6 Syarat mutu pozzolan menurut ASTM C 618-96 (Tjokrodumuljo, 1996)

Reaksi pada pozzolan	Kelas		
	N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , min (%)	70	70	70
SO ₃ , maks (%)	4	5	4
Kadar air maks (%)	3	3	3
Hilang pijar (%)	10	10	10
Alakali sebagai Na ₂ O, maks (%)	1,5	1,5	1,5
<i>Strengt activity index</i> dengan semen portland :			
7 hari, min (%)	75	75	75
28 hari, min (%)	75	75	75

Keterangan : Kelas N : pozzolan alam, seperti tufa dan abu gunung berapi.

Kelas F : abu pembakaran batu bara dari jenis *anthracite* dan *bituminous*.

Kelas C : abu pembakaran batu bara dari *subbituminous* dan *lignite*.

3.3 Sifat-Sifat Bata Beton (*Concrete*)

Bata beton (*concrete*) adalah campuran yang terdiri dari pasta semen dan agregat, dan kadang ditambahkan beberapa bahan tambahan (*admixture*) untuk memperbaiki sifat atau kualitas *concrete* yang diinginkan. Agregat diartikan sebagai material inert seperti pasir, kerikil atau batuan yang telah dipecah menjadi ukuran tertentu. Ada dua jenis agregat yaitu agregat kasar (*coarse*) yang mempunyai ukuran $\frac{3}{4}$ " sampai 1" dan agregat halus (*fine*) dengan ukuran sampai dengan $\frac{5}{8}$ ". Sedangkan pasta semen merupakan campuran dari semen portland dan air. Kekuatan *concrete* sangat ditentukan oleh ratio perbandingan antara semen dan air atau FAS.

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Pada umur awal, kekuatan tekan beton akan naik secara cepat (*linier*) dan mencapai maksimum pada umur 28 hari dan setelah itu kenaikannya akan kecil. Pada kasus-kasus tertentu kekuatan tekan beton akan terus bertambah sampai beberapa bulan dimuka Oleh karena itu pengukuran kuat tekan beton dihitung setelah beton mencapai umur 28 hari. (Helmut, R.A, 1978).

Sifat-sifat bata beton yang berhubungan dengan kualitas dari *concrete* tersebut adalah :

a. Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan (*strength*) merupakan sifat fisik yang paling penting dan merupakan metoda yang sangat umum digunakan dalam menentukan kualitas dari bata beton. Kekuatan (*strength*) didefinisikan sebagai daya tahan maksimum dari bata beton dalam menerima beban secara tegak lurus (*axial*).

b. *Durability*

Durability adalah daya tahan *concrete* terhadap pengaruh lingkungan sekitarnya seperti pembekuan dan pencairan bata beton pada saat basah terutama pada saat penghilangan es atau *deicing chemical* digunakan.

c. *Permeability and Watertightness*

Permeability adalah kemampuan bata beton didalam menahan masuknya air atau bahan lain seperti cairan, gas, ion dan sebagainya. Sedang *watertightness* adalah kemampuan bata beton didalam menahan air atau cairan lainnya tanpa terjadi kebocoran.

d. Ketahanan abrasi

Ketahanan abrasi pada bata beton sangat erat hubungannya dengan kuat tekan beton. Semakin tinggi ketahanan abrasi akan semakin kuat menahan abrasi. Ketahanan abrasi sangat dipengaruhi oleh FAS, proses pengeringan (*curing*) dan tipe agregat.

3.3.1 Pengolahan Batako

Beberapa langkah yang diperlukan dalam pembuatan atau pengolahan adukan batako adalah sebagai berikut:

1. Pengadukan bahan susun batako merupakan proses pencampuran bahan dasar batako dalam perbandingan yang baik dan telah ditentukan sesuai dengan takaran, hingga terjadi persamaan yang merata melalui peralatan mekanis atau alat pencampuran seperti *molen pan mixer*.

2. Penuangan adukan batako, campuran bahan susun dituangkan ke dalam acuan (*formwork*) dan dimasukkan tiap sepertiga dari tinggi cetakan dan pada setiap lapis cetakan ditumbuk hingga padat begitu seterusnya hingga penuh kemudian pada bagian atas dipadatkan dengan tutup cetakan.
3. Pemadatan adukan batako, prinsip pemadatan adukan adalah usaha agar diperoleh batako padat, tidak berongga yang dapat membantu reaksi-reaksi antar unsur-unsur didalamnya dengan memberikan beban tekanan terhadap campuran bahan batako. Pemadatan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara mekanis dengan mesin press dan cara manual melalui pemukul.
4. Perawatan batako, perencanaan perawatan batako dimaksudkan untuk mempertahankan batako supaya terus menerus dalam keadaan yang lembab selama beberapa hari atau minggu termasuk pencegahan penguapan yang menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan terlalu cepat, sehingga mengakibatkan timbulnya retak-retak pada batako. Dalam perkembangannya ada beberapa cara dalam perawatan batako yaitu:
 - a. Menutupi permukaan batako dengan *hessian* (kain/karung goni basah).
 - b. Menutupi permukaan batako dengan jerami basah.
 - c. Penyiraman atau penyemprotan atau dengan memberikan percikan air secara periodik.
 - d. Menggenangi permukaan batako dengan cara merendamnya. Pada penelitian ini perawatan batako dengan cara merendamnya dalam bak berisi air, hal ini dimaksudkan untuk:
 1. Menghindarkan timbulnya retak-retak pada permukaan beton akibat terlalu cepatnya kehilangan air pada saat batako ini masih berada dalam keadaan plastis.
 2. Menjamin tercapainya kekuatan tekan yang disyaratkan, dimana tergantung pada:
 - a) Jumlah air yang mengisi rongga-rongga antar butir agregat dan mengelilingi butir-butir semen.
 - b) Jumlah semen yang terhidrasi.

3.3.2 Kuat Tekan Batako

Nilai kuat tekan beton didapat melalui pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan pada benda uji batako hingga hancur. Sebagai standar kekuatan batako dipakai kuat tekan beton umur 28 hari. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan dari bagian yang tertekan. Disamping itu kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh hal sebagai berikut:

- a. Sifat-sifat dari bahan pembentukannya
- b. Perbandingan dari bahan pembentukannya
- c. Cara pengadukan dan penuangannya
- d. Umur beton

Kuat tekan batako dihitung menurut SNI 03-0691-1996 dengan menggunakan rumus:

$$f'c = P/A \dots\dots\dots 3.3$$

dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton

P = Beban ultimit

A = Luas permukaan

$$f_{cr} = \Sigma (f'c / n) \dots\dots\dots 3.4$$

dimana:

f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata

$f'c$ = Kuat tekan

n = Jumlah benda uji

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Kontruksi Teknik (BKT) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km 14,4 Yogyakarta

4.2 Bahan Penelitian

Batako dengan bentuk persegi panjang umur 28 hari yang ada dibuat sendiri dengan pasir yang berasal dari pasir Gunung Merapi dan *fly ash* sebagai bahan tambah. Material batako yang digunakan antara lain:

4.2.1 Semen Portland

Semen portland yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen jenis 1 merek Tiga Roda.

4.2.2 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

4.2.3 Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Kali Kuning, lereng selatan Gunung Merapi Yogyakarta.

4.2.4 Fly ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* dari PLTU Tanjung Jati Jepra Jawa Tengah.

4.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang dipakai selama penelitian adalah:

4.3.1 Mesin uji kuat desak dan kuat lentur

Mesin uji kuat tekan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* merk Indotest berkapasitas 60 ton. Ukuran benda uji yang digunakan adalah 100 mm x 200 mm x 400 mm. Mesin ini digunakan untuk menghitung kuat desak batako saat pengujian.

4.3.2 Stopwatch

Alat ini digunakan untuk menghitung waktu pengujian kuat desak batako.

4.3.3 Alat bantu lain

Alat bantu lain yang dipakai antara lain: ember, cetok, alat penyemprot debu dan alat pembersih, untuk membersihkan pecahan batako setelah diuji.

4.3.4 Mobil pick up

Mobil ini digunakan untuk mengangkut *fly ash* ke laboratorium BKT, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta.

4.3.5 Cetakan mortar berbentuk persegi panjang

Cetakan mortar adalah cetakan berbentuk persegi panjang yang terbuat dari plat baja. Dalam penelitian ini digunakan ukuran cetakan, 100 mm x 200 mm x 400 mm.

4.3.6 Sikat

Sikat digunakan untuk membersihkan ayakan.

4.3.7 Gelas ukur

Gelas ukur diperlukan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan pada proses pencampuran bahan mortar, gelas ukur yang digunakan berkapasitas 2000 ml.

4.3.8 Oven

Oven merk Emmert buatan Jerman digunakan untuk memperoleh keadaan kering mutlak pada pasir.

4.3.9 Desikator

Desikator digunakan untuk mendinginkan benda uji setelah dikeluarkan dari oven.

4.3.10 Kaliper

Kaliper merk Tricle Brand buatan China digunakan untuk mengukur dimensi mortar. Memiliki panjang 200 mm dengan ketelitian 0,05 mm.

4.3.11 Molen

Molen digunakan saat pencampuran bahan-bahan penyusun mortar.

4.3.12 Corong kronik dan penumbuk

Corong kronik dan penumbuk digunakan untuk menentukan kondisi jenuh kering muka (SSD) pasir. Corong kronik terbuat dari kuningan dengan diameter bawah 8,9 cm, diameter atas 3,9 cm dan tinggi 7,6 cm. Penumbuk berupa tongkat baja berdiameter 2,5 cm dengan berat 336 gram.

4.3.13 Piknometer

Piknometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui berat jenis pasir.

4.3.14 *Sample splitter*

Sample splitter digunakan untuk membagi 2 bahan adukan pada pengujian gradasi pasir.

4.3.15 Karung goni

Karung goni digunakan untuk menutupi mortar saat perawatan.

4.3.16 Timbangan

Timbangan merk ELE, kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram untuk mengukur berat sampel kurang dari 5 kg.

4.3.17 Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir. Ayakan yang digunakan bermerk MBT buatan Indonesia, sedangkan mesin pengguncang saringan yang digunakan dari *Pascal England Engineering*. Susunan lubang ayakan yang digunakan berturut-turut adalah : 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm dilengkapi dengan tutup dan pan.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Cara peneliti melaksanakan penelitian adalah dengan menggunakan metode pelaksanaan penelitian agar sistematis menurut kaidah-kaidah penelitian ilmiah, pelaksanaan penelitian meliputi persiapan, pembuatan benda uji, dan pelaksanaan pengujian.

4.4.1 Persiapan

Pekerjaan pertama adalah persiapan bahan pembuatan batako dan persiapan alat yang akan digunakan. Persiapan bahan meliputi pemeriksaan bahan untuk campuran batako difokuskan pada agregatnya yang meliputi:

a. Pengujian gradasi pasir

Langkah-langkah pengujian gradasi pasir dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Ambil contoh pasir secukupnya, gunakan sample splitter untuk membagi butir secara merata.
2. Timbang contoh pasir yang akan digunakan, kemudian dioven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam atau sampai berat pasirnya tetap.
3. Timbang masing-masing saringan.
4. Susun saringan pada mesin pengguncang, yang paling bawah adalah pan, kemudian saringan lubang terkecil dan seterusnya sampai saringan yang terbesar.
5. Masukkan pasir pada saringan teratas kemudian tutup. Jepit susunan saringan tersebut, lalu hidupkan motor mesin pengguncang selama 10 menit.
6. Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap.

7. Buka saringan tersebut lalu timbang berat masing-masing saringan berikut isinya.
 8. Hitung berat pasir yang tertahan pada masing-masing saringan.
 9. Gradasi pasir diperoleh dengan menghitung jumlah komulatif persentase butir-butir yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus halus butir (mhb pasir) dihitung dengan menjumlahkan prosentase komulatif tertinggal, kemudian dibagi seratus.
- b. Pemeriksaan berat jenis

Prosedur pengujian berat jenis pasir adalah :

1. Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}$ C sampai beratnya tetap.
2. Pasir direndam dalam air selama 24 jam.
3. Air bekas rendaman dibuang dengan hati-hati sehingga butiran pasir tidak ikut terbang. Pasir diletakkan diatas nampan dan diangin-anginkan sampai tercapai keadaan jenuh kering muka. Untuk pengujian kondisi jenuh kering muka dilakukan dengan memasukkan pasir pada kerucut terpancung dan dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali. Pada saat kerucut diangkat, pasir akan runtuh tetapi masih berbentuk kerucut.
4. Pasir di atas sebanyak 500 gr (W0) dimasukkan kedalam piknometer kemudian tambahkan air 90% penuh. Untuk mengeluarkan udara yang terjebak dalam butir-butir pasir, piknometer diputar dan diguling-gulingkan.
5. Air ditambahkan sampai piknometer penuh, kemudian ditimbang (W1).
6. Pasir dikeluarkan dari piknometer kemudian dimasukkan kedalam oven selama 2 x 24 jam dengan suhu 110° C sampai beratnya tetap (W2).
7. Piknometer dibersihkan dan diisi dengan air hingga penuh, kemudian ditimbang (W3).
8. Berat jenis pasir adalah perbandingan antara berat pasir kering tungku dengan berat piknometer berisi air ditambah berat pasir dalam

keadaan jenuh kering muka dan dikurangi berat piknometer berisi pasir + air.

c. Pengujian kadar air

Prosedur pengujian kadar air pasir dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Gunakan *sample spliter* untuk membagi pasir agar merata. Timbang cawan yang akan dipakai lalu beri nomor dengan spidol (W4).
2. Masukkan pasir yang akan diperiksa dalam cawan sebanyak 100 gram.
3. Timbang cawan yang telah berisi pasir tersebut (W5).
4. Masukkan dalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
5. Setelah dikeringkan dalam oven, masukkan cawan tersebut dalam desikator.
6. Setelah dingin, timbang kembali cawan yang telah berisi pasir tersebut (W6). Kadar air pasir adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam pasir dengan berat kering pasir yang dinyatakan dalam persen.

4.4.2 Pembuatan dan perawatan benda uji.

Penelitian yang dilakukan terbagi atas 2 jenis pengujian yaitu pengujian kuat desak, dan berat dari batako itu sendiri dengan perbedaan variasi pencampuran *fly ash*. Bahan yang digunakan adalah pasir yang berasal dari merapi. Setiap variasi bahan tersebut menggunakan 10 buah sampel untuk kuat desak dan berat batako dengan ukuran 100 mm x 200 mm x 400 mm. Sehingga didapat total sampel 60 buah. Proses pembuatan mortar dalam penelitian ini dilakukan dengan cara manual, artinya pencetakan dan pemadatan mortar menggunakan tangan secara manual tanpa mesin. Secara garis besar, proses pembuatan mortar dalam penelitian ini adalah :

1. Penyediaan bahan

Pasir sebelum dipakai dicuci dahulu dengan air bersih. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kandungan lumpur yang berlebihan pada pasir. Pengujian karakteristik pasir dilakukan untuk mengetahui keadaan fisik pasir sebenarnya.

2. Pencampuran bahan

Pasir dicampur dengan semen kemudian diaduk sampai merata, selanjutnya tambahkan air dan diaduk hingga diperoleh campuran dengan kelecakan yang cukup. Dalam penelitian ini, pemakaian perbandingan volume semen : (pasir : *fly ash*) = 1 : 9, dengan faktor air semen (FAS) bervariasi sesuai kebutuhan air setiap persentase *fly ash*.

3. Pencetakan pemadatan

Siapkan alat cetak dengan pelat alasnya, oles tipis-tipis bagian dalam cetakan dengan minyak solar atau pelumas. Bahan-bahan penyusun mortar yang telah homogen, selanjutnya dimasukkan kedalam cetakan dan dipadatkan secara mekanis dengan mesin. Tahap berikutnya, mortar dikeluarkan dari cetakan dan hasilnya disimpan dalam ruangan yang terlindung terhadap pengaruh langsung dari sinar matahari.

4. Pemeliharaan dan perawatan

Selama proses pengeringan, mortar disimpan dalam ruangan lembab selama 5 hari. Setelah proses pengeringan, dilanjutkan dengan proses pengerasan selama 3 minggu. Selama proses pengeringan dan pengerasan, mortar selalu dibasahi dengan air bersih dengan cara disiram. Hal ini dimaksudkan agar proses pengeringan dan pengerasan pada mortar berjalan dengan sempurna (untuk mencegah terjadinya retak-retak/pecah pada mortar).

4.4.3 Pelaksanaan pengujian.

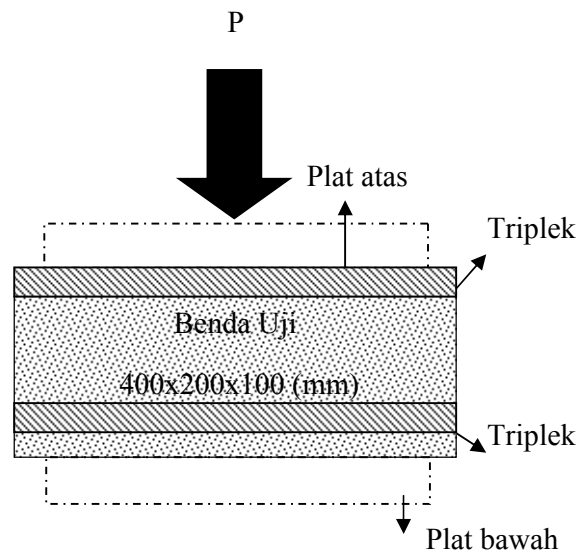
Pengujian mortar dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas mortar yang dihasilkan. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengujian berat batako.

Pengujian dilakukan dengan menimbang batako.

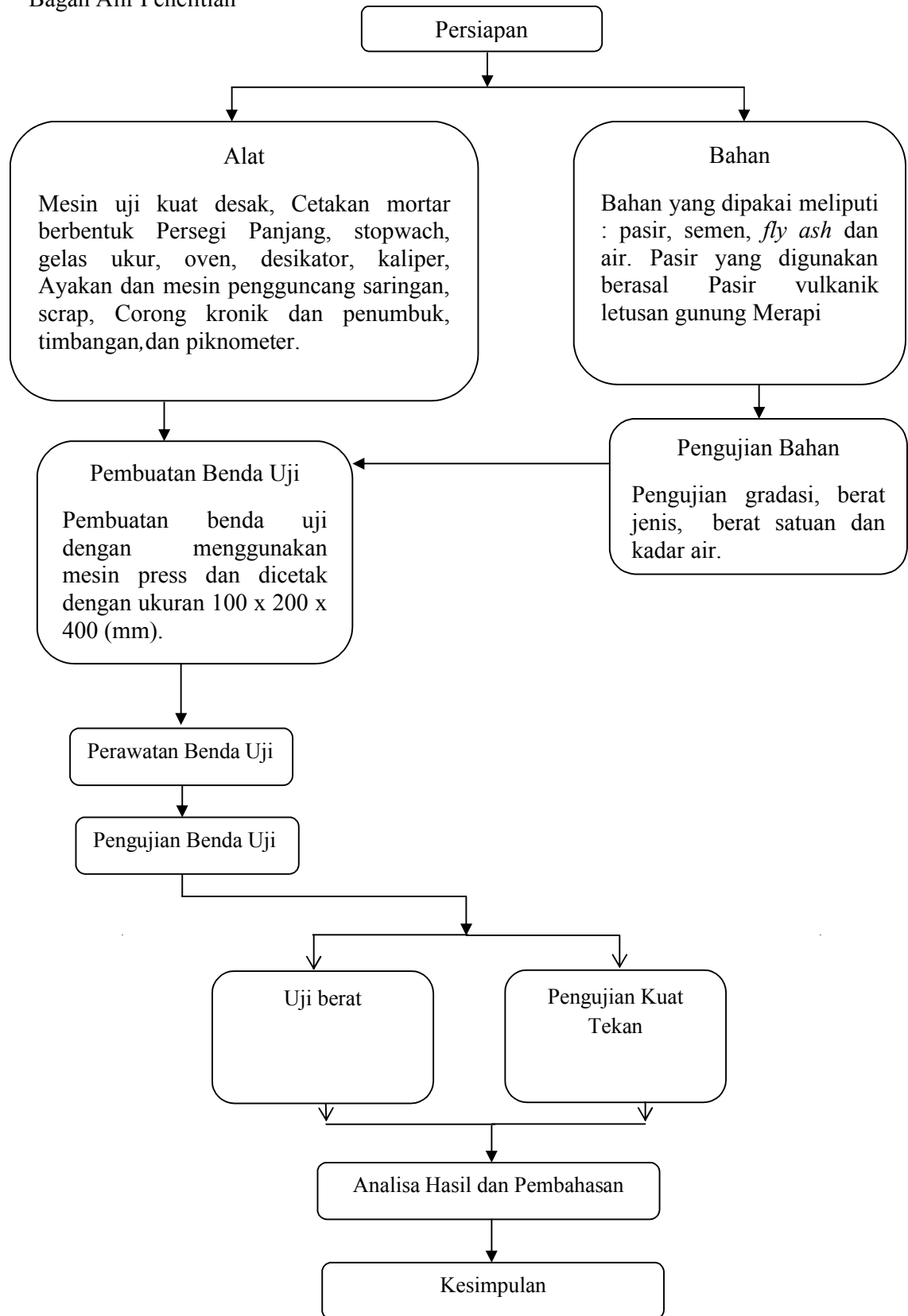
b. Pengujian Kuat Tekan

Benda uji (mortar) yang akan diuji sebelumnya direndam dahulu selama 24 jam dengan suhu $\pm 20^{\circ}$ C. Bersihkan permukaan pelat baja tekan dari material asing dan tempatkan triplek dengan tebal ± 5 mm di atas dan bawah benda uji. Posisikan benda uji diantara triplek, kemudian berikan tekanan dengan mesin kuat tekan yang telah diatur kecepatan penekanannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai benda uji hancur diatur sehingga tidak kurang dari satu menit dan tidak lebih dari dua menit. Kecepatan penekanan berkisar antara 2-4 kg/cm². Kuat tekan didapat dengan menghitung beban maksimum yang diterima mortar berbanding luas bidang tekan, yang dinyatakan dalam kg/cm². Pengujian kuat tekan dijelaskan dengan gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Pengujian Kuat Tekan batako.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Karakteristik Bahan Susun Mortar

5.1.1 Pasir

Pengujian karakteristik pasir yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : berat jenis, gradasi, berat satuan dan kadar air pasir, diuraikan seperti berikut ini :

a. Pengujian berat jenis pasir

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pasir (lihat Lampiran 1), diperoleh berat jenis pasir Merapi (Kali Kuning) yang digunakan sebesar $2,667 \text{ gr/cm}^3$. Berat jenis agregat normal adalah antara $2,5-2,7 \text{ gr/cm}^2$; sehingga pasir yang digunakan dalam penelitian ini termasuk jenis agregat normal.

b. Pengujian berat satuan pasir

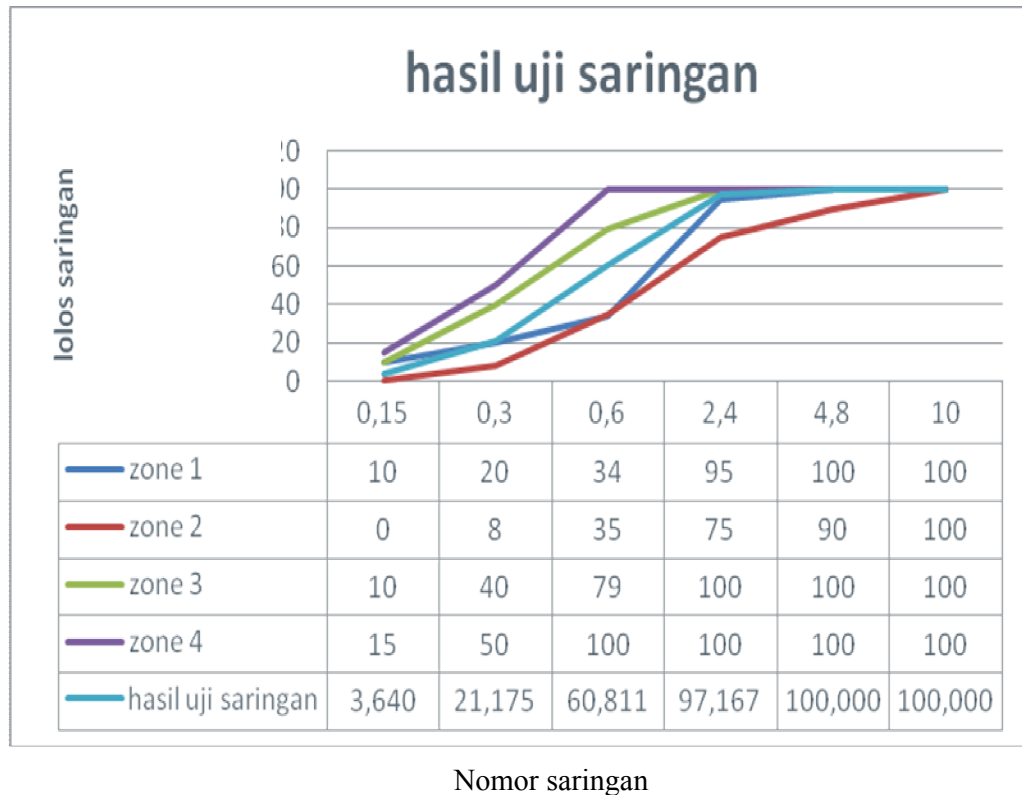
Dari hasil pengujian didapatkan berat satuan pasir Merapi (Kali Kuning) dengan pemadatan (dalam kondisi padat) sebesar $1,771 \text{ gr/cm}^3$ dan berat satuan pasir Merapi (Kali Kuning) tanpa pemadatan (dalam kondisi lepas/gembur) sebesar $1,56 \text{ gr/cm}^3$ (lihat Lampiran 2). Berat satuan agregat normal adalah antara $1,2-1,6 \text{ gr/cm}^3$, sehingga pasir yang digunakan dalam penelitian ini termasuk jenis agregat normal.

c. Pengujian kadar lumpur pasir

Dari hasil pengujian kadar lumpur pasir didapatkan kadar lumpur pasir Merapi (Kali Kuning) sebesar 0,81 % (lihat Lampiran 3).

d. Pengujian gradasi pasir

Berdasarkan hasil pemeriksaan distribusi ukuran butir (gradasi) pasir (lihat Lampiran 4), diperoleh nilai modulus halus butir atau mhb pasir sebesar 3,724 ; nilai mhb ini memenuhi persyaratan pasir sebagai agregat halus yaitu memiliki mhb antara 1,50-3,80. Menurut British : Standart, tingkat kekasaran pasir Merapi (Kali Kuning) ini termasuk dalam kelompok Daerah III yaitu pasir dengan butiran agak halus. Grafik gradasi pasir Merapi (Kali Kuning) dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Gradasi pasir Merapi (Kali Kuning)

5.1.2. Fly Ash

Pengujian karakteristik *fly ash* yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : pengujian berat jenis, dan berat satuan *fly ash*, seperti yang diuraikan berikut ini :

a. Pengujian berat jenis *fly ash*

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis *fly ash* (lihat Lampiran 5), diperoleh berat jenis *fly ash* sebesar $1,397 \text{ gr/cm}^3$. Berat jenis agregat ringan adalah kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$; sehingga *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini termasuk agregat ringan.

b. Pengujian berat satuan *fly ash*

Dari hasil pengujian didapatkan berat satuan *fly ash* dengan pemadatan (dalam kondisi padat) sebesar $1,202 \text{ gr/cm}^3$ dan berat satuan *fly ash* tanpa pemadatan (dalam kondisi lepas/gembur) sebesar $1,0615 \text{ gr/cm}^3$ (lihat Lampiran 6). Berat satuan agregat ringan adalah kurang dari $1,2 \text{ gr/cm}^3$,

sehingga *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini termasuk jenis agregat normal.

c. Penyerapan air

Dari hasil pengujian, didapatkan penyerapan air untuk *fly ash* sebesar 48,15% (lihat Lampiran 5).

5.2. Pengujian Karakteristik Mortar

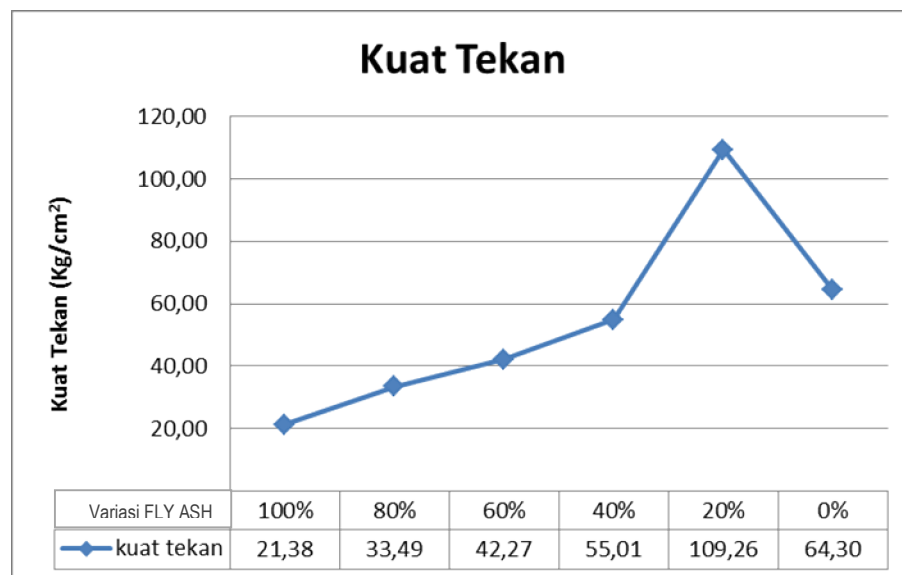
Pengujian karakteristik mortar yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : kuat tekan, dan berat volume mortar.

5.2.1. Pengujian kuat tekan mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 10 buah untuk masing-masing variabel penggantian pasir terhadap *fly ash* 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0%. Data hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.1, Gambar 5.2 dan Lampiran 7. Hasil pengujian kuat tekan mortar memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar meningkat dari penggantian pasir dengan *fly ash* 100% - 20% dan selanjutnya kuat tekan mortar menurun dari 20% - 0%. Mortar tanpa penggantian *fly ash* mempunyai kuat tekan rata-rata maksimal sebesar 64,3045 kg/cm², sedangkan pada penggantian 20% *fly ash* diperoleh kuat tekan rata-rata mortar sebesar 109,264 kg/cm². Untuk mortar dengan penggantian 100-40% *fly ash* diperoleh kuat tekan rata-rata yang lebih rendah, masing-masing sebesar 21,3821 kg/cm², 33,4881 kg/cm², 42,7722 kg/cm², dan 55,0055 kg/cm².

Tabel 5.1. Hasil pengujian kuat tekan mortar

No.	Penggantian fly ash terhadap pasir	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kenaikan kuat tekan batako fly ash dari batako biasa (%)
1.	100 %	21,382	-66,748
2.	80 %	33,489	-47,920
3.	60 %	41,663	-35,209
4.	40 %	55,005	-14,461
5.	20 %	109,264	69,918
6.	0 %	64,304	0,000



Gambar 5.2. Grafik kuat tekan mortar

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa campuran *fly ash* pada penelitian ini lebih berperan sebagai *filler* atau sebagai pengisi rongga pada batako, sehingga batako dengan variasi 20% penggantian pasir dengan *fly ash* pada penelitian lebih padat dan kuat tekan batako tersebut lebih tinggi daripada varian yang lain. Peran dari semen juga berpengaruh pada hasil dari penelitian ini dimana semen berperan sebagai bahan perekat, karena komposisi semen pada setiap varian sama tetapi volume dari *fly ash* berbeda, dan diketahui butiran *fly ash* tersebut berukuran kecil sehingga luas permukaan yang bisa ditutupi lebih

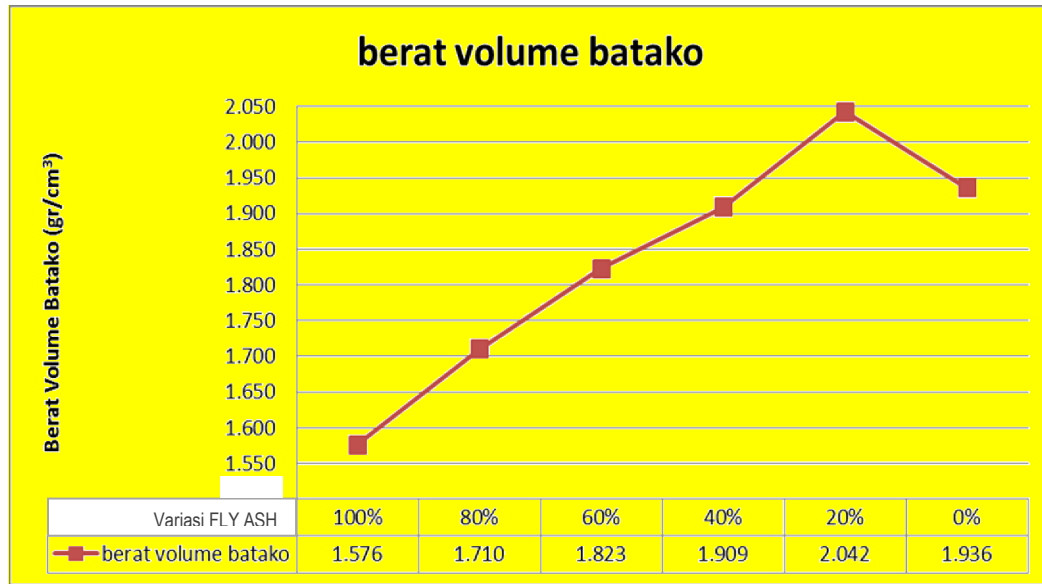
luas, oleh karena itu dengan jumlah semen tetap sedangkan jumlah *fly ash* yang bervariasi maka akan berpengaruh dengan kekuatan batako.

5.2.2. Pengujian berat volume mortar

Pengujian berat volume mortar dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 10 buah untuk setiap penggantian *fly ash* 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0% terhadap pasir. Data hasil pengujian berat volume mortar dapat dilihat pada Tabel 5.2, Gambar 5.3, dan Lampiran 8. Hasil pengujian berat volume memperlihatkan bahwa semakin tinggi persentase penggantian *fly ash*, berat volume mortar yang dihasilkan semakin rendah. Pada mortar tanpa penggantian *fly ash* memiliki berat volume rata-rata sebesar 1,936 gr/cm³, lebih tinggi dari berat volume mortar dengan penggantian 100% *fly ash* yang mencapai 1,576 gr/cm³.

Tabel 5.2. Hasil pengujian berat volume mortar

No.	Penggantian fly ash terhadap pasir	berat volume (gr/cm ³)	Kenaikan berat volume batako fly ash dari batako biasa (%)
1.	100 %	1,576	18,595
2.	80 %	1,709	11,725
3.	60 %	1,823	5,8367
4.	40 %	1,908	1,446
5.	20 %	2,042	-5,475
6.	0 %	1,936	0,000

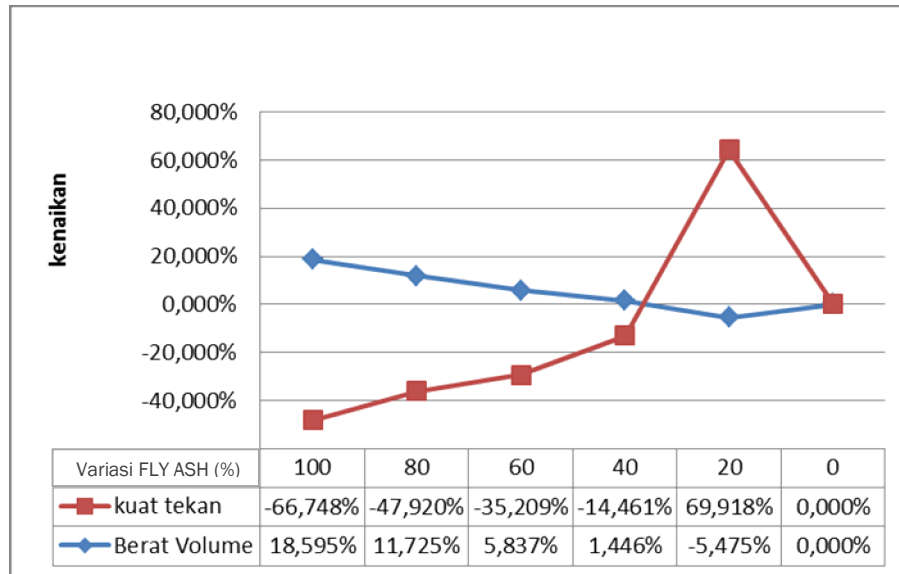


Gambar 5.3 Grafik berat volume mortar

Dari grafik berat volume dapat dilihat bahwa semakin besar persentase *fly ash* maka semakin rendah berat volume dari batako tersebut dan pada variasi 20% penggantian *fly ash*, batako yang dihasilkan lebih berat daripada batako variasi lainnya maupun dari batako yang tidak menggunakan bahan pengganti, hal ini dikarenakan *fly ash* pada variasi 20% lebih berperan sebagai pengisi rongga yang menjadikan batako lebih berat tetapi kuat tekan batako lebih besar.

Tabel 5.3. Perbandingan persentase kuat tekan dan berat volume batako *fly ash* dengan batako biasa

No.	Kenaikan kuat tekan batako fly ash dari batako biasa (%)	Kenaikan berat volume batako fly ash dari batako biasa (%)
1.	-66,748	18,595
2.	-47,920	11,725
3.	-35,209	5,8367
4.	-14,461	1,446
5.	69,918	-5,475
6.	0,000	0,000



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan persentase kuat tekan dan berat volume batako *fly ash* dengan batako biasa

Dengan melihat grafik 5.4. dapat dilihat kuat tekan batako paling tinggi diperoleh pada variasi 20%, diperoleh kesimpulan bahwa variasi batako yang paling optimum terdapat pada variasi *fly ash* 20%.

5.2.3. Hubungan antara kuat tekan dengan berat volume mortar.

Hasil yang diperoleh dari pengujian kuat tekan, dan berat volume mortar secara terpisah masing-masing telah diuraikan pada sub bab yang lain. Hubungan antara kuat tekan dan berat volume mortar dalam penelitian ini adalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.3. Dari hubungan antara kuat tekan dan berat volume mortar (lihat Tabel 5.3) dapat disimpulkan bahwa pada mortar tanpa dan dengan penggantian 100-20% *fly ash*, semakin tinggi kuat tekan mortar maka semakin tinggi berat volume mortar, pada pemakaian *fly ash* 20% kuat tekan lebih besar dari batako tanpa penggantian *fly ash*. Secara logis kesimpulan ini tepat dan benar, karena peningkatan kuat tekan selalu diikuti dengan peningkatan berat volume, sebab semakin tinggi kuat tekan mortar berarti semakin tinggi berat volume mortar (tingkat kepadatan mortar tinggi).

5.3. Kebutuhan Bahan Susun Mortar

Hasil perhitungan kandungan bahan susun setiap 1 m³ adukan mortar dapat dilihat pada Tabel 5.4. Kebutuhan bahan susun setiap 1 m³ adukan mortar.

Tabel 5.4 Kandungan bahan susun setiap m³

Penggantian Fly ash (%)	Berat jenis (gr/cm ³)	Berat jenis (kg/m ³)	Perbandingan Berat			
			FAS	Semen	Pasir	fly ash
100	1,580	1576,360	1,460	1,000	0,000	9,000
80	1,710	1710,000	1,310	1,000	1,800	7,200
60	1,820	1822,780	1,150	1,000	3,600	5,400
40	1,910	1908,800	1,000	1,000	5,400	3,600
20	2,040	2042,460	0,850	1,000	7,200	1,800
0	1,940	1936,090	0,690	1,000	9,000	0,000
Kandungan bahan Tiap 1 m ³ batako						
Air (liter)	Semen	Pasir	fly ash			
43,000	196,160	0,000	1337,200			
39,060	196,160	357,320	1117,460			
33,720	196,160	715,070	877,830			
29,200	196,160	1071,360	612,080			
24,660	196,160	1427,500	1826,720			
19,580	196,160	1720,350	0,000			

Dari tabel 5.4 dapat dilihat bahwa pada perbandingan berat yang sama, kebutuhan bahan untuk setiap 1 m³ adukan mortar adalah berbeda. Hal ini disebabkan karena berat volume mortar yang dihasilkan berbeda akibat penggantian *fly ash* yang bervariasi. Dimana untuk penggantian 20-100% *fly ash*, berat volume mortar cenderung mengalami penurunan seiring dengan kenaikan persentase penggantian *fly ash*.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan hal-hal sebagai berikut :

1. Pasir Merapi (Kali Kuning) yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai berat jenis = $2,667 \text{ gr/cm}^3$, berat satuan padat = $1,771 \text{ gr/cm}^3$, berat satuan gembur = $1,56 \text{ gr/cm}^3$ kadar lumpur = 0,8 %, termasuk agregat normal dengan gradasi pasir yang termasuk dalam daerah III yaitu pasir agak halus yang memiliki modulus halus butir (mhb) = 3,724.
2. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai berat jenis = 1,38 gr/cm^3 , berat satuan padat = $1,202 \text{ gr/cm}^3$, berat satuan gembur = $1,0615 \text{ gr/cm}^3$, dan termasuk jenis agregat ringan.
3. Mortar dengan penggantian *fly ash* dari 100% hingga 0%. Berdasarkan kuat tekannya, mortar tersebut termasuk dalam mutu beton yang disyaratkan dalam SNI 03-0349-1989.
4. Mortar dengan penggantian 100%-80% *fly ash* masuk kedalam klasifikasi batako A1 dan IV
5. Mortar dengan penggantian 60% *fly ash* masuk kedalam klasifikasi batako A2 dan III
6. Mortar dengan penggantian 40% dan 0% *fly ash* masuk kedalam klasifikasi batako B1 dan II
7. Mortar dengan penggantian *fly ash* dari 20% masuk kedalam klasifikasi batako B2 dan I
8. Mortar dengan penggantian 20% pozzolan *fly ash* memiliki kuat tekan lebih tinggi dari mortar dengan variasi yang lain, penggunaan *fly ash* dalam penelitian ini lebih berperan dalam pengisi rongga yang menjadikan rongga pada batako lebih sedikit dan batako lebih kuat.

5.2 Saran

1. Melihat hasil penelitian ini diharapkan ada tindak lanjut pemakaian *fly ash*, tidak hanya sebatas sebagai limbah tetapi memiliki manfaat yang lebih dalam pembuatan batako.
2. Perlu adanya pengetahuan dalam pembuatan batako apabila dikerjakan dengan cara manual, karena cara pengerjaan batako dapat mempengaruhi karakteristik dari mortar tersebut.
3. Untuk mendapatkan mortar yang mempunyai kuat tekan yang termasuk dalam persyaratan mutu batako menurut SNI 03-0349-1989 sangat perlu diperhatikan pada proses pembuatannya terutama pada saat pemadatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1989. Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam SK- SNIS-04-1989-F). Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum.
- Antono. 1995. Teknologi Beton. Diktat. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atmajaya.
- Bustami, W., & Sadimun. 1975. Dasar-dasar Pengetahuan Beton. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum.
- Djauharotun. 2002. Pengaruh Pemanfaatan Debu Batu Dari Unit Pemecahan Batu Pucanggading Sebagai Pengganti Pasir Pada Pembuatan Batu Cetak. Skripsi (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kusumawardaningsih, Y. 2003. Pengaruh Tekanan Saat Proses Pencetakan Terhadap Karakteristik Mortar Dari Agregat Ringan. Tesis. Yogyakarta: Jurusan Ilmu Teknik Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.
- Kusmara, D. 1991. Pengaruh Gradasi Pasir Pada Pembuatan Batu Cetak Halaman. Jurnal Penelitian Pemukiman. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Murdock, L.J., & Brook, K.M. 1991. Bahan dan Praktek Beton. Jakarta: Erlangga.
- Sulastari. 1996. Kuat Tekan dan Kuat Tarik Mortar Semen Dengan Semen Portland Biasa dan Semen Portland Pozzolan, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Timuranto, D. 2001. Hubungan Antara Kuat Tekan dan Serapan Air Pada Mortar Semen, Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Wahyudi, B. 1999. Pengaruh Perbandingan Agregat-Semen Terhadap Sifat-Sifat Beton Non-Pasir Dengan Agregat Buatan Tanah Liat Bakar Asal Purwodadi. Tugas Akhir (Tidak Diterbitkan). Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

- , 1990. Metode Pengujian Mortar Untuk Pekerjaan Sipil (SK SNI M-111-1990-03). Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum.
- , 2002. Jenis Semen dan Penggunaannya. Surabaya: PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.
- , 1998. Pengaruh Jumlah Semen Pada Kuat Tekan Beton Dengan Pasir Sungai Krasak dan Kerikil Sungai Progo. Laporan Penelitian. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Zeta Eridani, 2004 : Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kualitas Beton, Program Studi Ilmu Lingkungan UGM.
- Marinda Putri, 2006 : Kumpulan Artikel Abu Batubara, <http://www.pu.go.id>
- Djiwantoro H., 2001 : Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen, Sinar Harapan, Jakarta
- Edy B., 2007 : Fly Ash - Bottom Ash dan Pemanfaatannya, <http://b3.menlh.go.id/3r/artikel.php>.
- Firdaus, 2007 : Pembakaran Batubara, www.firdousharif.com.
- Claudia Muller, Eva F. , Halimah, 2006 : Modul Pelatihan Pembuatan Ubin Atau Paving Block dan Batako, International Labour Organization.
- Djedjen Achmad, 1994 : Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Sifat Fisik Beton yang Dirawat Dengan Uap, LPUI, Jakarta.
- , 2003 : Toksisitas Abu terbang PLTU Batubara yang Berada di Sumatra dan Kalimantan, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Departemen ESDM, Jakarta
- Agung B. dan Triwulan, 1993 : Pengaruh Pemakaian Abu Terbang ex Batubara Pada Campuran Semen Terhadap Sifat Fisika Beton, Seminar Hasil Penelitian Bahan, PAU-UGM, Yogyakarta.
- Andriati A.H., 1987 : Pemanfaatan Limbah Untuk bahan Bangunan, Puslitbang Pemukiman Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Aswin, B.S., 2007 : Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Dengan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN 1
PENGUJIAN BERAT JENIS PASIR



PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
(SK SNI M – 10 – 1989 – F)

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	489,000	484,500	486,750
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500,000	500,000	500,000
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	959,000	956,000	957,500
Berat piknometer berisi air, gram (B)	646,500	646,500	646,500
Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,608	2,550	2,579
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,667	2,632	2,650
Berat jenis semu (3) $Bk / (B + Bk - BT)$	2,770	2,768	2,769
Penyerapan air (4) $(500 - Bk) / Bk / 100\%$	2,250 %	3,200 %	2,725 %

Keterangan :

- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Kesimpulan :

1. Berat Jenis Curah : 2,579 gram/cm³
2. Berat jenis jenuh kering muka : 2,650 gram/cm³
3. Berat jenis semu : 2,769 gram/cm³
4. Penyerapan air : 2,725 %

Yogyakarta,

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

.....

LAMPIRAN 2
PENGUJIAN BERAT SATUAN PASIR



PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS (PASIR)

	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	5254,000	6271,000	5758,000
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	13515,000	14527,000	14021,000
Berat Agregat (W3) gram	8270,000	8256,000	8263,000
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V) gram/cm ³	1,560	1,560	1,560

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS (PASIR)

	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	5254,000	6271,000	5758,000
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	14592,000	15710,000	15151,000
Berat Agregat (W3) gram	9338,000	9439,000	9388,500
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V) gram/cm ³	1,760	1,780	1,770

Dikerjakan oleh:

.....

Yogyakarta,
Diperiksa oleh:

LAMPIRAN 3
PENGUJIAN KADAR LUMPUR PASIR



PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PASIR

Uraian	Sample 1	sample 2	Rata-rata
Berat Kering (A)(gram)	500,000	500,000	500,000
Berat Bersih (B)(gram)	495,600	496,300	495,950
kandungan Lumpur(%) ((B-A)/A) x 100	0,880	0,740	0,810

Keterangan :

- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Kesimpulan :

5. Kandungan lumpur : 0,810 %

Yogyakarta,

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

.....

LAMPIRAN 4
PENGUJIAN GRADASI PASIR



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

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	-	-	-	-
20,00	-	-	-	-
10,00	-	-	-	-
4,80	-	-	-	100,000
2,40	42,580	2,833	2,833	97,167
1,20	112,830	7,506	10,339	89,661
0,60	433,630	28,850	39,189	60,811
0,30	595,780	39,636	78,825	21,175
0,15	263,580	17,535	96,36	3,640
Sisa	54,730	3,640	100,000	-
Jumlah	1503,130	100 %	327,546	372,454

Modulus Halus Butir : 3,724

GRADASI PASIR

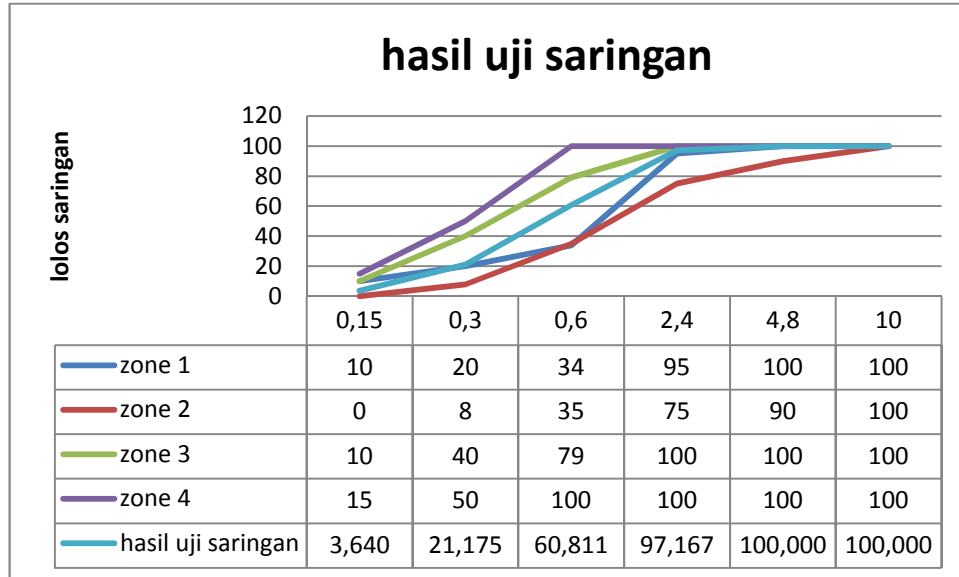
Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	80 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II : Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

Kesimpulan : Pasir yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam pasir daerah III jenis pasir agak halus.



GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh:

Yogyakarta,
Dikerjakan Oleh:

.....

.....

LAMPIRAN 5
PENGUJIAN BERAT JENIS FLY ASH



PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
(FLY ASH) (SK SNI M – 10 – 1989 – F)

Uraian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	339,000	336,000	337,500
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500,000	500,000	500,000
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	814,100	820,000	817,050
Berat piknometer berisi air, gram (B)	675,000	675,000	675,000
Berat jenis curah, gram/cm ³ (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	0,939	0,946	0,943
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm ³ (2) $500 / (B + 500 - Bt)$	1,385	1,408	1,397
Berat jenis semu, gram/cm ³ (3) $Bk / (B + Bk - BT)$	1,696	1,759	1,7275
Penyerapan air, gram/cm ³ (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	47,500 %	48,800 %	48,150 %

Keterangan :

- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Kesimpulan :

6. Berat Jenis Curah : 0,943 gram/cm³
7. Berat jenis jenuh kering muka : 1,397 gram/cm³
8. Berat jenis semu : 1,727 gram/cm³
9. Penyerapan air : 48,150 %

Yogyakarta,

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

.....

LAMPIRAN 6
PENGUJIAN BERAT SATUAN FLY ASH



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

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS (FLY ASH)

	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	5254,000	6271,000	5758,000
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	10889,429	11906,429	11385,476
Berat Agregat (W3) gram	5635,429	5635,429	5627,476
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V) gram/cm ³	1,063	1,060	1,061

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS (FLY ASH)

	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	6022,500	6022,500	6022,500
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) gram	12400,000	12390,000	12395,000
Berat Agregat (W3) gram	6377,500	6367,500	6367,500
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur = (W3 / V) gram/cm ³	1,203	1,201	1,202

Dikerjakan oleh:

.....

Yogyakarta,
Diperiksa oleh:

.....

LAMPIRAN 7
TABEL PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR DENGAN
VARIASI PENGGANTIAN PASIR DENGAN POZZOLAN
(*FLY ASH*)



PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR DENGAN VARIASI PENGGANTIAN
PASIR DENGAN POZZOLAN (*FLY ASH*)

A. Penggantian 100% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm ²)	Beban Max (Kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	38,000	10,137	385,193	10560,652	27,416
2	38,300	10,155	388,937	7798,165	20,050
3	37,975	10,080	382,788	8562,691	22,369
4	38,050	10,177	387,222	10193,680	26,325
5	38,400	10,267	394,240	7910,296	20,065
6	38,950	10,297	401,055	7135,576	17,792
7	38,000	10,097	383,673	7645,260	19,926
8	38,650	10,107	390,623	7951,070	20,355
9	39,450	10,243	404,100	7910,296	19,575
10	38,075	10,107	384,811	7675,841	19,947
Rata-rata	38,385	10,167	390,264	8334,353	21,382

B. Penggantian 80% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm ²)	Beban Max (Kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	38,400	10,153	389,888	11100,917	28,472
2	37,900	10,200	386,580	11997,961	31,036
3	37,900	10,197	386,454	15494,393	40,094
4	37,725	10,077	380,142	14138,634	37,193
5	37,650	10,067	379,010	11243,629	29,666
6	37,775	10,217	385,935	11977,574	31,035
7	37,650	10,163	382,650	12232,416	31,968
8	39,000	10,293	401,440	14097,859	35,118
9	37,775	10,233	386,564	11916,412	30,826
10	37,750	10,200	385,050	15198,777	39,472
Rata-rata	37,953	10,180	386,371	12939,857	33,488



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

C. Penggantian 60% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm ²)	Beban Max (Kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	37,550	10,220	383,761	14087,666	36,709
2	37,600	10,073	378,757	16330,275	43,115
3	37,750	10,063	379,891	17533,129	46,153
4	37,550	10,057	377,628	17940,877	47,509
5	37,550	10,003	375,625	14556,575	38,753
6	37,650	10,130	381,395	20234,455	53,054
7	37,800	10,037	379,386	14373,089	37,885
8	37,950	10,100	383,295	15891,947	41,461
9	37,800	10,047	379,764	18053,007	47,537
10	37,500	10,083	378,125	11549,439	30,544
Rata-rata	37,670	10,081	379,763	16055,046	42,272

D. Penggantian 40% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm ²)	Beban Max (Kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	38,750	9,997	387,371	22864,424	59,025
2	37,850	10,013	379,005	19694,190	51,963
3	37,800	9,993	377,748	20479,103	54,214
4	38,250	10,083	385,688	19928,644	51,670
5	37,850	10,143	383,925	19673,802	51,244
6	37,750	10,083	380,646	22915,392	60,201
7	37,700	10,183	383,912	22079,511	57,512
8	37,700	10,093	380,519	20682,977	54,355
9	37,800	9,997	377,874	20458,716	54,142
10	37,800	10,467	395,640	22048,930	55,730
Rata-rata	37,925	10,105	383,233	21082,569	55,005



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

E. Penggantian 20% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm ²)	Beban Max (Kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	38,000	10,047	381,773	43628,950	114,280
2	38,050	10,057	382,656	44352,701	115,907
3	37,900	10,100	382,790	37910,296	99,037
4	37,950	10,117	383,928	42609,582	110,983
5	38,050	10,037	381,895	40540,265	106,155
6	37,800	10,123	382,662	39847,095	104,131
7	38,050	10,117	384,939	42283,384	109,844
8	37,950	10,127	384,307	42283,384	110,025
9	37,950	10,067	382,030	42120,285	110,254
10	37,950	10,047	381,271	42711,519	112,024
Rata-rata	37,965	10,084	382,825	41828,746	109,264

F. Penggantian 0% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Luas (cm ²)	Beban Max (Kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	37,900	10,040	380,516	23628,950	62,097
2	37,800	9,993	377,748	23007,136	60,906
3	38,350	10,140	388,869	23649,337	60,816
4	37,950	10,000	379,500	24648,318	64,949
5	38,000	10,003	380,127	24189,602	63,636
6	37,650	9,947	374,492	23822,630	63,613
7	37,800	10,030	379,134	24913,354	65,711
8	37,850	10,003	378,626	26207,951	69,219
9	38,150	9,977	380,610	24332,314	63,930
10	38,050	10,033	381,768	26024,465	68,168
Rata-rata	37,950	10,017	380,139	24442,406	64,304

Disyahkan Oleh :

.....

Yogyakarta,
Dikerjakan Oleh :

.....

LAMPIRAN 8
TABEL PENGUJIAN BERAT VOLUME (gram/cm^3) MORTAR
DENGAN VARIASI PENGGANTIAN PASIR DENGAN
POZZOLAN (*FLY ASH*)



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

PENGUJIAN BERAT VOLUME (gram/cm^3) MORTAR DENGAN VARIASI
PENGANTIAN PASIR DENGAN POZZOLAN (FLY ASH)

G. Penggantian 100% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm^3)	berat (gr)	Berat volume (gr/cm^3)
1	38,000	10,136	16,687	6.427,593	9.900,000	1,540
2	38,300	10,155	16,980	6.604,142	10.000,000	1,514
3	37,975	10,080	17,040	6.522,708	9.970,000	1,528
4	38,050	10,177	16,543	6.405,945	10.720,000	1,673
5	38,400	10,267	18,233	7.188,309	11.000,000	1,530
6	38,950	10,297	16,647	6.676,232	11.500,000	1,722
7	38,000	10,097	16,757	6.429,086	10.290,000	1,600
8	38,650	10,107	17,287	6.752,564	10.350,000	1,532
9	39,450	10,243	17,003	6.871,038	10.700,000	1,557
10	38,075	10,107	16,617	6.394,282	10.000,000	1,563
rata-rata	38,385	10,167	16,979	6.627,190	10.443,000	1,576

H. Penggantian 80% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm^3)	berat (gr)	Berat volume (gr/cm^3)
1	38,400	10,153	17,200	6706,074	11600,000	1,729
2	37,900	10,200	17,453	6747,110	11500,000	1,704
3	37,900	10,197	16,872	6520,117	11100,000	1,702
4	37,725	10,077	16,313	6201,387	10500,000	1,693
5	37,650	10,067	16,450	6234,715	11000,000	1,764
6	37,775	10,217	17,130	6611,059	11500,000	1,739
7	37,650	10,163	16,933	6479,532	10700,000	1,651
8	39,000	10,293	16,787	6738,839	11500,000	1,706
9	37,775	10,233	17,027	6581,899	11200,000	1,701
10	37,750	10,200	16,773	6458,572	11000,000	1,703
rata-rata	37,953	10,180	16,894	6527,930	11160,000	1,709



I. Penggantian 60% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	berat (gr)	Berat volume (gr/cm ³)
1	37,550	10,220	17,717	6798,966	12500,000	1,838
2	37,600	10,073	17,357	6573,965	12000,000	1,825
3	37,750	10,063	17,500	6648,090	12000,000	1,805
4	37,550	10,057	17,403	6571,983	12000,000	1,826
5	37,550	10,003	17,217	6467,013	11700,000	1,809
6	37,650	10,130	17,683	6744,326	12400,000	1,838
7	37,800	10,037	17,303	6564,642	12000,000	1,827
8	37,950	10,100	17,117	6560,733	12000,000	1,829
9	37,800	10,047	17,770	6748,406	12300,000	1,823
10	37,500	10,083	18,093	6841,542	12400,000	1,812
rata-rata	37,670	10,081	17,516	6651,967	12130,000	1,823

J. Penggantian 40% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	berat (gr)	Berat volume (gr/cm ³)
1	38,750	9,997	17,193	6660,196	12500,000	1,876
2	37,850	10,013	17,297	6555,517	12700,000	1,937
3	37,800	9,993	16,840	6361,276	12850,000	2,020
4	38,250	10,083	17,630	6799,671	12900,000	1,897
5	37,850	10,143	17,357	6663,661	13000,000	1,950
6	37,750	10,083	17,200	6547,108	12500,000	1,909
7	37,700	10,183	17,333	6654,469	12900,000	1,938
8	37,700	10,093	17,073	6496,722	12500,000	1,924
9	37,800	9,997	18,207	6879,826	12800,000	1,860
10	37,800	10,467	18,100	7161,084	12700,000	1,773
rata-rata	37,925	10,105	17,423	6677,953	12735,000	1,908



K. Penggantian 20% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	berat (gr)	Berat volume (gr/cm ³)
1	38,000	10,047	17,683	6751,025	13900,000	2,059
2	38,050	10,057	17,303	6621,227	13500,000	2,039
3	37,900	10,100	17,117	6552,089	13900,000	2,121
4	37,950	10,117	17,770	6822,392	13400,000	1,964
5	38,050	10,037	18,093	6909,757	13500,000	1,954
6	37,800	10,123	17,463	6682,554	13800,000	2,065
7	38,050	10,117	17,227	6631,219	13500,000	2,036
8	37,950	10,127	17,010	6537,062	13900,000	2,126
9	37,950	10,067	17,497	6684,252	13600,000	2,035
10	37,950	10,047	17,610	6714,182	13600,000	2,026
rata-rata	37,965	10,084	17,477	6690,576	13660,000	2,042

L. Penggantian 0% Fly Ash

No Sampel	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm ³)	berat (gr)	Berat volume (gr/cm ³)
1	37,900	10,040	18,170	6913,976	13300,000	1,942
2	37,800	9,993	18,247	6892,642	13300,000	1,930
3	38,350	10,140	18,100	7038,529	13200,000	1,875
4	37,950	10,000	18,037	6844,915	13400,000	1,958
5	38,000	10,003	18,130	6891,696	13600,000	1,973
6	37,650	9,947	18,180	6808,265	13200,000	1,939
7	37,800	10,030	18,170	6888,865	13400,000	1,945
8	37,850	10,003	18,063	6839,251	13300,000	1,945
9	38,150	9,977	18,190	6923,293	13300,000	1,921
10	38,050	10,033	18,120	6917,642	13500,000	1,952

rata-rata	37,950	10,017	18,141	6895,907	13350,000	1,936
------------------	---------------	---------------	---------------	-----------------	------------------	--------------

Disyahkan Oleh :

.....

Yogyakarta,
Dikerjakan Oleh :

.....

LAMPIRAN 9
TABEL PENGUJIAN BERAT VOLUME (kg/m^3) MORTAR
DENGAN VARIASI PENGGANTIAN PASIR DENGAN
POZZOLAN (*FLY ASH*)



PENGUJIAN BERAT VOLUME (kg/m^3) MORTAR DENGAN VARIASI
PENGANTIAN PASIR DENGAN POZZOLAN (FLY ASH)

A. Penggantian 100% Fly Ash

No Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m^3)	Berat (kg)	Berat volume (kg/m^3)
1	0,380	0,101	0,167	0,006	9,900	1540,234
2	0,383	0,102	0,170	0,007	10,000	1514,201
3	0,380	0,101	0,170	0,007	9,970	1528,506
4	0,381	0,102	0,165	0,006	10,720	1673,445
5	0,384	0,103	0,182	0,007	11,000	1530,262
6	0,390	0,103	0,166	0,007	11,500	1722,529
7	0,380	0,101	0,168	0,006	10,290	1600,539
8	0,387	0,101	0,173	0,007	10,350	1532,751
9	0,395	0,102	0,170	0,007	10,700	1557,261
10	0,381	0,101	0,166	0,006	10,000	1563,897
Rata-rata						1576,363

B. Penggantian 80% Fly Ash

No Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m^3)	Berat (kg)	Berat volume (kg/m^3)
1	0,384	0,102	0,172	0,007	11,600	1729,775
2	0,379	0,102	0,175	0,007	11,500	1704,434
3	0,379	0,102	0,169	0,007	11,100	1702,423
4	0,377	0,101	0,163	0,006	10,500	1693,170
5	0,377	0,101	0,165	0,006	11,000	1764,315
6	0,378	0,102	0,171	0,007	11,500	1739,509
7	0,377	0,102	0,169	0,006	10,700	1651,354
8	0,390	0,103	0,168	0,007	11,500	1706,525
9	0,378	0,102	0,170	0,007	11,200	1701,637
10	0,378	0,102	0,168	0,006	11,000	1703,163
Rata-rata						1709,630



C. Penggantian 60% Fly Ash

No Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat volume (kg/m ³)
1	0,376	0,102	0,177	0,007	12,500	1838,515
2	0,376	0,101	0,174	0,007	12,000	1825,382
3	0,378	0,101	0,175	0,007	12,000	1805,030
4	0,376	0,101	0,174	0,007	12,000	1825,933
5	0,376	0,100	0,172	0,006	11,700	1809,181
6	0,377	0,101	0,177	0,007	12,400	1838,583
7	0,378	0,100	0,173	0,007	12,000	1827,975
8	0,380	0,101	0,171	0,007	12,000	1829,064
9	0,378	0,100	0,178	0,007	12,300	1822,653
10	0,375	0,101	0,181	0,007	12,400	1812,457
Rata-rata						1823,477

D. Penggantian 40% Fly Ash

No Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat volume (kg/m ³)
1	0,388	0,100	0,172	0,007	12,500	1876,822
2	0,379	0,100	0,173	0,007	12,700	1937,299
3	0,378	0,100	0,168	0,006	12,850	2020,035
4	0,383	0,101	0,176	0,007	12,900	1897,151
5	0,379	0,101	0,174	0,007	13,000	1950,880
6	0,378	0,101	0,172	0,007	12,500	1909,240
7	0,377	0,102	0,173	0,007	12,900	1938,547
8	0,377	0,101	0,171	0,006	12,500	1924,047
9	0,378	0,100	0,182	0,007	12,800	1860,512
10	0,378	0,105	0,181	0,007	12,700	1773,475
Rata-rata						1908,801



E. Penggantian 20% Fly Ash

No Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat volume (kg/m ³)
1	0,380	0,100	0,177	0,007	13,900	2058,947
2	0,381	0,101	0,173	0,007	13,500	2038,897
3	0,379	0,101	0,171	0,007	13,900	2121,461
4	0,380	0,101	0,178	0,007	13,400	1964,121
5	0,381	0,100	0,181	0,007	13,500	1953,759
6	0,378	0,101	0,175	0,007	13,800	2065,079
7	0,381	0,101	0,172	0,007	13,500	2035,825
8	0,380	0,101	0,170	0,007	13,900	2126,337
9	0,380	0,101	0,175	0,007	13,600	2034,633
10	0,380	0,100	0,176	0,007	13,600	2025,563
Rata-rata						2042,462

F. Penggantian 0% Fly Ash

No Sampel	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat volume (kg/m ³)
1	0,379	0,100	0,182	0,007	13,300	1923,640
2	0,378	0,100	0,182	0,007	13,300	1929,594
3	0,384	0,101	0,181	0,007	13,200	1875,392
4	0,380	0,100	0,180	0,007	13,400	1957,658
5	0,380	0,100	0,181	0,007	13,600	1973,389
6	0,377	0,099	0,182	0,007	13,200	1938,820
7	0,378	0,100	0,182	0,007	13,400	1945,168
8	0,379	0,100	0,181	0,007	13,300	1944,657
9	0,382	0,100	0,182	0,007	13,300	1921,051
10	0,381	0,100	0,181	0,007	13,500	1951,532
Rata-rata						1936,090

Disyahkan Oleh :

.....

Yogyakarta,
Dikerjakan Oleh :

.....