

PERPUSTAKAAN FTSP UIN

HADIAN BELI

TGL. TERIMA

21 Februari 2007

NO. JUDUL

00 22 35

NO. INV.

5720032235001

NO. INDIK.

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN LIMBAH SISA BANGUNAN AKIBAT GEMPA SEBAGAI PENGGANTI PASIR PADA BAHAN PEREKAT PASANGAN

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



TISARA SITA

03 511 004

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007**

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH SISA BANGUNAN
AKIBAT GEMPA SEBAGAI PENGGANTI PASIR
PADA BAHAN PEREKAT PASANGAN

*THE EXPLOITATION OF EARTHQUAKE BUILDING RUINS AS A
SUBSTITUTION OF FINE AGGREGATE TO THE MORTAR*

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



TISARA SITA
03 511 004

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2007

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH SISA BANGUNAN
AKIBAT GEMPA SEBAGAI PENGGANTI PASIR
PADA BAHAN PEREKAT PASANGAN

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



Disusun oleh:

Tisara Sita
03 511 004

Disetujui:
Pembimbing:

DR. Ir. H. Harsoyo, M.Sc.

Tanggal: $\frac{10}{01} - 2007$

H. H. A. Kadir Aboe, MS

Tanggal: $\frac{10}{01} - 2007$

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr.wb.

Alhamdulillah rabbil'alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan hidayah, kesempatan, dan kemudahan dalam menjalankan amanah sehingga tugas akhir yang berjudul **“PEMANFAATAN LIMBAH SISA BANGUNAN AKIBAT GEMPA SEBAGAI PENGGANTI PASIR PADA BAHAN PEREKAT PASANGAN”** ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, inspirasi akhlak dan pribadi mulia.

Tugas akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (S1), pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Masih terdapat banyak keterbatasan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik dengan rekomendasi penelitian yang dikemukakan pada bagian akhir dari tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih tidak terhingga kepada pihak-pihak yang memberikan dukungan material dan spiritual sehingga tugas akhir ini dapat terwujud, yaitu kepada:

1. Yth. Rektor Universitas Islam Indonesia, Prof. DR. H. Edy Suandi Hamid, M.Ec.
2. Yth. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, DR. Ir. H. Ruzardi, MS.
3. Yth. Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Sipil FTSP-UII, Ir. H. Faisal A.M., MS dan Ir. H. Suharyatmo, MT.
4. Yth. Bapak DR. Ir. H. Harsoyo, M.Sc., serta Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini dan selama penulis menjalani masa kuliah.

5. Tim TPSDP atas kepercayaan dipilihnya tugas akhir ini sebagai salah satu pemenang *Student Grant*.
6. Seluruh dosen serta karyawan FTSP-UII. Pak Santoro, Pak Heri, Pak Pardi, dan Pak Harto, terima kasih atas dukungan serta bantuannya. Pak Warno, Pak Darus, dan Pak Aris, terima kasih atas bimbingannya dalam pengujian.
7. Pihak Departemen Pekerjaan Umum (BPKL DPU Wil. Yogyakarta) terima kasih atas peminjaman alat-alat uji. Bapak H. Ariatmadi, M.Eng., Pak Kardi, Pak Daim, dan Mas Adhit, terima kasih atas segala bantuannya.
8. Alm. Papa Aryo Nugroho, terima kasih telah membimbing kami untuk mencintai Allah SWT dan terima kasih atas sahabat-sahabat terbaik yang Papa tinggalkan.
Mama dan Mba' Wida + Mas Imas, terima kasih atas segala doa, dukungan, kritik, dan sarannya.
9. Keluarga Besar Soelasno dan Soemarsono atas doa dan dukungannya.
10. Chubby2: aNiEnz....PutZz....Dee2.... Makasi buat seneng, sedih, dan waktu yang kita jalani bersama.... Luv ya all!!
11. Rekan-rekan Teknik Sipil UII, khususnya angkatan 2003 yang selalu memberikan *support* dan dorongannya kepada penulis.
12. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam pengujian... Chubby2, Johan, Danur, Rommy, Aan '05, Farid, Adi, Azwar, Mirwan, Danu, Mimi, Agus, Emma, Relu, Dini, dan *Cumlauders*.... makasi banyak yah.
13. Mba' Uul, Mba' Inaya, Mas Pulung, Mas Andi, Mas Eko...thx a lot! Mas Puche untuk reaksi kimianya, pengalaman lapangannya Mas Uka, dan De' Fasti buat ilmu sipil UI dan buku-bukunya....Makasih banyak!
14. Sahabat terbaikku...Teman-teman *Ex Hozz*, *Ex Aksel* angk.I SMU N 8 Jogja, *Ex 3 C* angk.'01 SMP N 5 Jogja, dan *Ex SD N Serayu II* angk.'98.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga penelitian yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, Januari 2007

Penulis

Tisara Sita



Motto

“...Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri...” (QS. Al Ra’du: 11)

“Maka sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan, sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah (urusan yang lain) dengan sungguh-sungguh, dan hanya kepada Tuhanmu hendaklah engkau berharap.” (QS. Al Insyiraah: 5-8)

“Nothing easy, but nothing impossible” (Napoleon Bonaparte)

*I'll spread my wings and I'll learn how to fly
I'll do what it takes 'til I touch the sky
I'll make a wish,
Take a chance
Make a change
And break away*

*Out of the darkness and into the sun
But I won't forget the place I come from
I'll take a risk
Take a chance
Make a change
And break away.....*



Persembahan untuk yang tersayang:

~ Alm. Papa

~ Mama dan Mba' Wida

~ Kelg. Besar Soelasno dan Soemarsono

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar	iii
Lembar Motto.....	vi
Lembar Persembahan	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Notasi	xii
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran	xvii
Abstraksi	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Umum.....	9
2.2 Bahan Susun.....	11
2.2.1 Semen.....	11
2.2.2 Agregat Halus (Pasir).....	13
2.2.3 Air.....	14
2.2.4 Batu bata.....	15
2.2.5 Limbah Sisa Bangunan Akibat Gempa	16

2.3	Hasil-hasil Penelitian Terdahulu	18
2.4	Keaslian Penelitian	22
BAB III	LANDASAN TEORI.....	23
3.1	Pemakaian Limbah Sisa Bangunan Akibat Gempa.....	23
3.2	Spesifikasi Mortar	24
3.2.1	Spesifikasi Proporsi.....	24
3.2.2	Spesifikasi Sifat.....	26
3.3	Pengujian Mortar.....	29
3.3.1	Kuat Tekan Mortar	29
3.3.2	Kuat Lekatan Mortar dengan Bata	30
3.4	Teori Pengolahan Data.....	32
3.4.1	Standar Deviasi	32
3.4.2	Persamaan Regresi Linier.....	33
3.4.3	Korelasi	33
BAB IV	METODE PENELITIAN	36
4.1	Umum.....	36
4.2	Bahan yang Digunakan	36
4.2.1	Mortar	36
4.2.2	Batu bata.....	37
4.2.3	Limbah Sisa Bangunan Akibat Gempa	37
4.3	Alat yang Digunakan.....	38
4.3.1	Saringan.....	38
4.3.2	Talam.....	38
4.3.3	Cetok	39
4.3.4	Palu.....	39
4.3.5	Gayung	39
4.3.6	Gelas Ukur 500 ml	39
4.3.7	Kaliper atau Jangka Sorong.....	40
4.3.8	Timbangan Kapasitas 2000 gr.....	40
4.3.9	Kolam Perendam	40

4.3.10	Cat dan Kuas	41
4.3.11	Lap dan Kuas.....	41
4.3.12	Cawan.....	41
4.3.13	Papan Penyiku	41
4.3.14	<i>Stop Watch</i>	41
4.3.15	Cetakan Kubus Benda Uji	41
4.3.16	Mesin Tekan Uji Kuat Tekan Mortar	42
4.3.17	Alat Uji Kuat Lekat Mortar	42
4.4	Pembuatan Benda Uji dan Pengujian	43
4.4.1	Proses Penghalusan Remukan Pasangan Bata (Puing)	43
4.4.2	Pengujian Kuat Tekan Mortar	44
4.4.2	Pengujian Kuat Lekat Mortar dengan Bata	45
4.5	Rawatan Benda Uji Kuat Tekan Mortar.....	47
4.5.1	Rawatan Mortar Umur 7 Hari	47
4.5.2	Rawatan Mortar Umur 28 Hari	48
4.6	Rekapitulasi Benda Uji.....	48
4.7	Pengolahan Data.....	50
4.8	Bagan Alir Penelitian	51
4.9	Waktu Pelaksanaan	52
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	53
5.1	Umum.....	53
5.2	Uji Kuat Tekan Mortar	53
5.3	Uji Kuat Lekat Mortar dengan Pasangan Bata.....	61
5.4	Hubungan Antara Kuat Tekan Mortar dengan Kuat Lekatan Mortar.....	68
5.5	Proporsi Mortar Terhadap Syarat Standar Kekuatan Mortar ...	68
5.6	Perbandingan Berat Volume Mortar	71
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1	Kesimpulan.....	75
6.2	Saran-saran	76

Daftar Pustaka 77

Lampiran



DAFTAR NOTASI

a	= bilangan konstan (konstanta dari variabel)
A	= luasan permukaan benda uji
b	= bilangan konstan (konstanta dari variabel)
Bs	= <i>Bond strength</i> (kuat lekatan mortar dengan pasangan bata)
C	= Celcius
Cs	= <i>Compressive strength</i> (kuat tekan mortar)
n	= jumlah sampel
P_{max}	= beban maksimum pengujian
r	= koefisien korelasi
R^2	= koefisien determinasi
s	= standar deviasi sampel (simpangan baku)
x	= <i>independent variable</i> (variabel bebas)
\bar{X}	= rata-rata hitung sampel
X	= subyek/data yang dihitung
y	= <i>dependent variable</i> (variabel tergantung)
#	= nomor saringan
°	= derajat
∅	= diameter

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Dimensi bata.....	16
Tabel 2.2	Penyimpangan bata yang diperbolehkan.....	16
Tabel 3.1	Persyaratan proporsi mortar	25
Tabel 3.2	Persyaratan spesifikasi sifat.....	27
Tabel 3.3	Pemilihan mortar pasangan.....	28
Tabel 3.4	Perbandingan berat mortar yang disarankan	29
Tabel 3.5	Hubungan nilai koefisien determinasi (R^2) dan korelasi.....	35
Tabel 4.1	Spesifikasi mesin penghancur puing tipe PE 501MCH	43
Tabel 4.2	Jumlah benda uji kuat tekan mortar normal.....	48
Tabel 4.3	Jumlah benda uji kuat lekat mortar normal dengan pasangan bata... ..	49
Tabel 4.4	Jumlah benda uji kuat tekan mortar limbah gempu.....	49
Tabel 4.5	Jumlah benda uji kuat lekat mortar limbah gempu dengan pasangan bata	49
Tabel 4.6	Jadwal kegiatan penelitian	52
Tabel 5.1	Data pengukuran mortar normal 1:3 sampel 1	53
Tabel 5.2	Kuat tekan mortar normal 1:3 umur 7 hari.....	54
Tabel 5.3	Kuat tekan mortar normal umur 7 hari.....	55
Tabel 5.4	Kuat tekan mortar limbah umur 7 hari	56
Tabel 5.5	Persentase kuat tekan mortar limbah terhadap kuat tekan mortar normal (pasir) umur 7 hari	56
Tabel 5.6	Kuat tekan mortar normal umur 28 hari.....	56

Tabel 5.7	Kuat tekan mortar limbah umur 28 hari	57
Tabel 5.8	Persentase kuat tekan mortar limbah terhadap kuat tekan mortar normal (pasir) umur 28 hari.....	57
Tabel 5.9	Data pengukuran mortar normal 1:3 sampel 1	61
Tabel 5.10	Kuat lekatan mortar normal 1:3 umur 7 hari.....	62
Tabel 5.11	Kuat lekatan mortar normal umur 7 hari	63
Tabel 5.12	Kuat lekatan mortar limbah umur 7 hari	63
Tabel 5.13	Kuat lekatan mortar normal umur 28 hari	63
Tabel 5.14	Kuat lekatan mortar limbah umur 28 hari	64
Tabel 5.15	Tipe mortar dan kuat tekan rata-rata minimum umur 28 hari	68
Tabel 5.16	Kuat tekan mortar normal umur 28 hari dalam satuan MPa	69
Tabel 5.17	Kuat tekan mortar limbah umur 28 hari dalam satuan MPa.....	69
Tabel 5.18	Pemilihan mortar pasangan	70
Tabel 5.19	Berat volume mortar normal umur 7 hari.....	71
Tabel 5.20	Berat volume mortar limbah umur 7 hari.....	71
Tabel 5.21	Persentase berat volume mortar limbah terhadap berat volume mortar normal (pasir) pada umur 7 hari	72
Tabel 5.22	Berat volume mortar normal umur 28 hari.....	72
Tabel 5.23	Berat volume mortar limbah umur 28 hari.....	72
Tabel 5.24	Persentase berat volume mortar limbah terhadap berat volume mortar normal (pasir) pada umur 28 hari	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Komposisi plat tektonik dunia.....	2
Gambar 1.2	Episenter Gempa Yogyakarta.....	4
Gambar 1.3	Contoh kerusakan bangunan di Yogyakarta.....	4
Gambar 2.1	Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen.....	12
Gambar 3.1	Pengujian kuat tekan mortar.....	30
Gambar 3.2	Uji lekatan mortar dengan bata	31
Gambar 4.1	Saringan #8.....	38
Gambar 4.2	Talam baja dan cetok.....	39
Gambar 4.3	Gelas ukur	40
Gambar 4.4	Timbangan.....	40
Gambar 4.5	Cawan.....	41
Gambar 4.6	Cetakan kubus benda uji	42
Gambar 4.7	Alat uji kuat tekan mortar.....	42
Gambar 4.8	Alat uji kuat lekat mortar	42
Gambar 4.9	Pengujian kuat tekan mortar.....	45
Gambar 4.10	Pemberian tanda pada batu bata	45
Gambar 4.11	Pembuatan benda uji kuat lekatan mortar	46
Gambar 4.12	Pengujian kuat lekat mortar dengan pasangan bata	47
Gambar 4.13	<i>Flow chart</i> penelitian	51
Gambar 5.1	Uji kuat tekan mortar rata-rata umur 7 hari.....	58
Gambar 5.2	Regresi uji kuat tekan mortar normal rata-rata umur 7 hari.....	58

Gambar 5.3	Regresi uji kuat tekan mortar limbah rata-rata umur 7 hari	58
Gambar 5.4	Uji kuat tekan mortar rata-rata umur 28 hari.....	59
Gambar 5.5	Regresi uji kuat tekan mortar normal rata-rata umur 28 hari	59
Gambar 5.6	Regresi uji kuat tekan mortar limbah rata-rata umur 28 hari	59
Gambar 5.7	Berat volume mortar rata-rata umur 7 hari.....	73
Gambar 5.8	Berat volume mortar rata-rata umur 28 hari.....	74



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kartu peserta Tugas Akhir
- Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Tekan Mortar 7 Hari
- Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Lekatan Mortar 7 Hari
- Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Tekan Mortar 28 Hari
- Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Lekatan Mortar 28 Hari
- Lampiran 6 Dokumentasi pelaksanaan pengujian



ABSTRAK

Guncangan gempa 27 Mei 2006, mengakibatkan bangunan di kota Yogyakarta dan sekitarnya yang mengalami kerusakan, bahkan kehancuran total. Limbah sisa bangunan akibat gempa merupakan salah satu dari sekian permasalahan yang memerlukan penyelesaian yang tepat. Salah satu alternatif pemanfaatan limbah sisa bangunan akibat gempa adalah sebagai substitusi (pengganti) pasir pada bahan perekat pasangan/spesi.

Pemakaian sisa reruntuhan spesi, plesteran, dan bata apabila dicampur dengan semen baru (OPC/PC/PPC), yaitu semen yang memiliki sisa kapur padam, maka semen tersebut dapat bereaksi dengan silika yang terkandung di dalam bahan Pozzoland, seperti di dalam bata yang dihaluskan. Sisa pasir dan kapur dari sisa spesi (mortar) atau plesteran dimanfaatkan sebagai bahan isian (filler).

Tugas Akhir ini merupakan studi eksperimen mengenai mortar dengan agregat halus berupa limbah gempa yaitu bata dan mortarnya yang telah dihaluskan, khusus tentang kuat tekan dan kuat lekatan mortar dengan rasio semen : agregat halus yaitu 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Selanjutnya dibandingkan dengan kuat tekan dan kuat lekatan mortar normal, yaitu mortar dengan agregat halus berupa pasir, serta dibandingkan terhadap syarat standar kekuatan mortar.

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan mortar dengan variasi campuran agregat halus berupa limbah gempa menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada mortar dengan agregat halus berupa pasir. Variasi yang menghasilkan peningkatan kuat desak mortar limbah terhadap mortar normal yang paling tinggi adalah variasi 3, yaitu campuran 1 : 5. Kerusakan yang terjadi pada uji kuat lekatan sebagian besar berupa rusaknya batu bata merah. Hal ini menunjukkan lekatan yang cukup kuat pada masing-masing variasi, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah. Mortar limbah memenuhi syarat kuat lekatan hingga rasio semen : agregat halus yaitu 1 : 6. Untuk memperoleh berat volume yang relatif lebih kecil, namun dengan kekuatan yang lebih baik, maka disarankan penggunaan mortar dengan agregat halus berupa limbah gempa sebagai bahan perekat utama pasangan bangunan. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh substitusi pasir dengan limbah sisa bangunan akibat gempa cukup berarti terhadap kenaikan kualitas mortar. Hal ini berarti limbah sisa bangunan akibat gempa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasir pada bahan perekat pasangan/spesi.

Kata kunci: mortar, limbah gempa, kuat desak, kuat lekatan, semen (pc)

ABSTRACT

Earthquake disaster on May 27th 2006 in Yogyakarta, resulting building damage its surroundings, even most ruination. Earthquake building ruins represent one of the problems that need to be solved. One of the alternatives exploiting of earthquake building ruins is to use it as substitution of fine aggregate to the mortar.

The use of ruins which consist of mortar, plaster, and brick is by mixing it with new cement (OPC/PC/PPC). The cement consist of hydroxide calcium or $\text{Ca}(\text{OH})_2$, which will react to silica in materials of Pozzoland, as in attenuated brick. The residue of calcium and fine aggregate of ruins of mortar will be act as filler.

This Thesis deal with experiment study concerning mortar with fine aggregate of earthquake building ruins that consist of brick and its mortar which have been attenuated, specifically its compressive strength and bonding strength with ratio of cement : fine aggregate of 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, and 1:7. The result will be compared to compressive strength and bonding strength of normal mortar and standard requirement strength of mortar.

Based on the result of the experiment, it shows that the proportion of the mortar with fine aggregate of earthquake building ruins have higher compressive strength than normal mortar. The highest compressive strength of the proportion variation of the mortar consist of earthquake building ruins compared to normal compressive strength is showed by variation 3, that is pc : fine aggregate of 1:5.

Most of the failure of bonding strength of mortar is due to the failure of the brick. It means that bonding strength of the mortar is very good, not only for the normal mortar but also for the mortar of earthquake building ruins. This phenomenon is obtained the proportion variation up to pc : fine aggregate of 1:6. The proportion variation pc : fine aggregate of 1:7 shows that the bonding strength of the mortar is relatively weak compared to the other variations. To obtain relatively smaller self weight of mortar, with better strength yet, its suggested that the used of mortar with fine aggregate of earthquake building ruins is as primary mortar to the construction. The result of the experiment shows that substitution of fine aggregate of earthquake building ruins to the sand is the mortar will increase the compressive strength. So that fine aggregate of earthquake building ruins can be used to substitute the sand of the normal mortar.

Keyword: mortar, earthquake building ruins, compressive strength, bond strength, Portland cement (pc)

BAB I

PENDAHULUAN

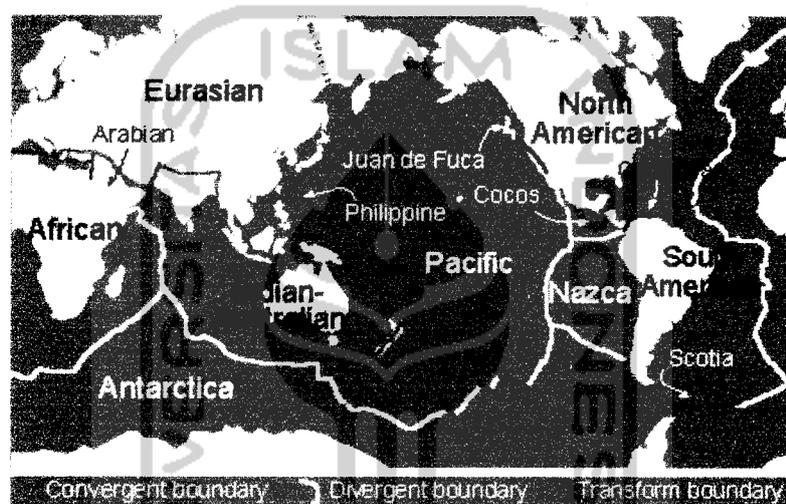
1.1 LATAR BELAKANG

Wilayah Indonesia berpijak pada tiga lempeng utama dunia, yaitu Australia, Eurasia, dan Pasifik. Hal ini membuat Indonesia menjadi daerah rawan gempa. Pada tanggal 27 Mei 2006, pukul 05:54 pagi telah terjadi gempa tektonik di daerah Yogyakarta dan sekitarnya dengan durasi gempa 55 detik. Gempa yang terjadi akibat tumbukan (subdaksi) antara dua plat tektonik, yaitu plat tektonik Australia dan plat tektonik Eurasia memicu aktifnya sesar lokal yaitu Sesar Opak. Selain akibat tumbukan plat tektonik, aktivitas Gunung Merapi menekan Sesar Opak yang berada di lempeng Eurasia, sehingga kulit bumi di daerah basin (Yogyakarta dan Bantul) menggelembung hingga mencapai titik jenuh, akibatnya Sesar Opak bergeser. Gempa ini merupakan gempa terdekat dan terdangkal yang pernah terjadi di daerah Yogyakarta selama ini. Sebelumnya, terdapat beberapa peristiwa gempa bumi yang mengguncang wilayah Yogyakarta dan sekitarnya, tercatat pada tanggal 10 Juni 1867, 23 Juli 1943, dan data terakhir pada tanggal 13 Januari 1981.

Dengan mekanisme gempa seperti di atas, maka akibatnya akan sangat besar. Disamping durasi gempa yang relatif singkat, karakter gempa dangkal adalah percepatan tanah yang cukup besar. Berdasarkan data dari USGS (*United States Geological Survey*), percepatan tanah pada daerah episenter diperkirakan pada rentang $60 \text{ cm/det}^2 - 120 \text{ cm/det}^2$. Percepatan tanah sebesar itu jelas akan merusakkan struktur bangunan sederhana. Menurut Widodo (2001) dengan percepatan tanah sebesar 112 cm/det^2 bangunan teknis sudah mulai leleh baja tulangnya. Terbukti pada percepatan tanah sebesar $60 \text{ cm/det}^2 - 120 \text{ cm/det}^2$ (menurut USGS) banyak bangunan runtuh, terutama bangunan-bangunan lama.

Secara seismo tektonik, Indonesia terletak di bagian selatan plat tektonik Eurasia yang bergerak ke selatan dengan kecepatan $\pm 5,4 \text{ cm/tahun}$ dan bertumbukan dengan plat Australia yang bergerak ke utara dengan kecepatan $7,3$

cm/tahun (Press dan Siever, 1978). Gambar plat-plat tektonik dunia tersebut tampak pada Gambar 1.1. Daerah gerakan tumbukan antar plat tektonik disebut daerah subdaksi, sedangkan Yogyakarta terletak di atas *overriding* plat tektonik atau di bagian atas plat yang sedang tumbukan (subdaksi). Terhadap perbatasan plat tektonik, kota Yogyakarta terletak kira-kira 275 km dari daerah subdaksi ke arah utara.

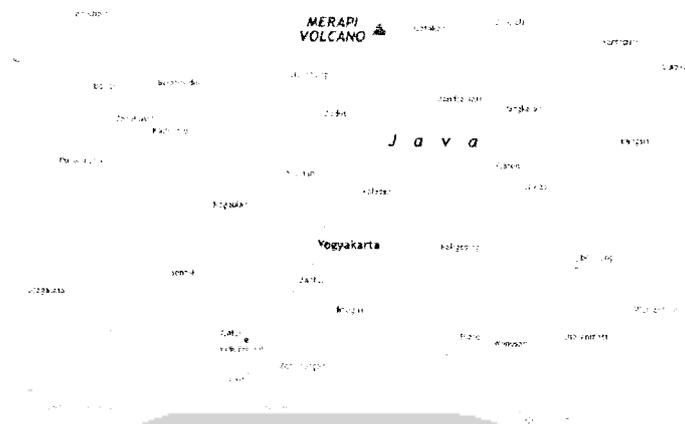


Gambar 1.1 Komposisi plat tektonik dunia
(Sumber: Widodo dan Harsoyo, 2006)

Menurut USGS, pusat Gempa Yogyakarta dengan magnitudo 6,3 pada skala Richter terjadi pada koordinat $7,962^{\circ}$ LS dan $110,458^{\circ}$ BT dan pada kedalaman 10 km. Dengan memperhatikan koordinat tersebut maka pusat gempa diperkirakan berada di daratan yang berada di antara Sungai Progo dan Sungai Opak, di utara Pantai Samas sebagaimana yang tampak pada Gambar 1.2. Kedalaman 10 km tersebut agaknya rasional mengingat gempa terasa sangat kuat, relatif singkat, dan kerusakan yang terjadi sangat besar. Menurut teori, gempa yang dekat dan dangkal akan mengakibatkan percepatan yang relatif besar dan durasi yang relatif pendek. Hal tersebut relatif sesuai dengan kenyataan yang terjadi.

Sementara itu koordinat dan kedalaman ini agak berbeda dengan data yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Indonesia yaitu pusat gempa berada pada jarak 37,2 km selatan Yogyakarta dengan kedalaman 33 km dan dengan ukuran 5,9 skala Richter. Koordinat gempa ini menurut BMG adalah $8,26^{\circ}$ LS dan $110,31^{\circ}$ BT dengan episentrum di dasar Samudera Hindia. Sementara EMSC (*European-Mediterranean Seismological Centre*) menyatakan pusat gempa justru ada di sebelah timur Yogyakarta, tepatnya di bawah kawasan Piyungan - Patuk pada koordinat $7,851^{\circ}$ LS dan $110,463^{\circ}$ BT sejauh 12 km dari Yogyakarta. Data tersebut jelas berbeda dengan data yang dikeluarkan oleh USGS (Amerika). Jika ukuran gempa hanya 5,9 SR, maka kerusakan yang terjadi umumnya hanya kerusakan non struktur. Gempa di Yogyakarta mengakibatkan kerusakan struktur beton bertulang yang cukup signifikan terutama pada daerah Yogyakarta bagian selatan. Salah satu contoh kerusakan bangunan akibat gempa tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.3. Berdasarkan beberapa sumber (Kompas, USGS), intensitas di pusat gempa dan Yogyakarta mencapai skala Mercalli Modified Intensity (MMI) antara VI – VIII. Apabila beberapa data baik dari USGS, Kompas, maupun data lain dikompilasi dan dengan memperhatikan hubungan antara intensitas gempa dengan ukuran gempa, maka ukuran gempa cenderung > 6 , sehingga ukuran gempa $M = 6,3$ skala Richter cenderung lebih rasional. Dengan demikian percepatan tanah maksimum yang terjadi berkisar antara $60 - 120 \text{ cm/det}^2$ (USGS).

Hasil penelitian Widodo (2001) menunjukkan, bahwa baja tulangan balok struktur bangunan teknis sudah akan leleh pada percepatan 112 cm/det^2 . Padahal pada kenyataannya banyak kolom bangunan di Yogyakarta selatan sudah leleh berat dan bahkan mengalami kegagalan. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa percepatan tanah di Yogyakarta saat gempa bumi kemungkinan dapat lebih besar lagi. Selanjutnya hal itu juga membuktikan bahwa ukuran gempa dapat mencapai $M > 6,0$.



Gambar 1.2 Episenter Gempa Yogyakarta
(Sumber: Widodo dan Harsoyo, 2006)



Gambar 1.3 Contoh kerusakan bangunan di Yogyakarta

Akibat guncangan gempa 27 Mei 2006, secara fisik banyak bangunan di kota Yogyakarta dan sekitarnya yang mengalami kerusakan, bahkan kehancuran total. Menurut data yang didapat dari *mediacenter.com* sampai dengan tanggal 17 Juni 2006 jumlah rumah/bangunan yang rata tanah mencapai 145.929 unit, jumlah rumah rusak berat mencapai 190.843 unit, sedangkan jumlah rumah rusak ringan mencapai 273.779 unit. Hal ini tentunya mengakibatkan berbagai permasalahan, baik sosial, ekonomi, maupun permasalahan-permasalahan pelik lainnya. Limbah

sisa bangunan akibat gempa merupakan salah satu permasalahan yang memerlukan penyelesaian yang tepat.

Limbah sisa bangunan akibat gempa tentunya akan mengganggu kenyamanan dan kesehatan lingkungan, jika hanya dibiarkan dan tidak dicari solusi untuk mengatasinya. Pemanfaatan limbah sisa bangunan akibat gempa yang banyak terdapat di Yogyakarta dan sekitarnya merupakan upaya untuk menjadikan limbah sisa bangunan akibat gempa tersebut menjadi bahan yang berguna. Salah satu alternatif pemanfaatan limbah sisa bangunan akibat gempa adalah sebagai substitusi (pengganti) pasir pada bahan perekat pasangan/spesi.

Penelitian ini memanfaatkan keadaan yang terjadi di lapangan agar dapat menggunakan limbah sisa bangunan akibat gempa untuk terlebih dahulu ditumbuk dan dihaluskan sehingga dapat lolos saringan #8, kemudian digunakan sebagai pengganti pasir pada bahan perekat pasangan/spesi. Dengan alternatif tersebut, diharapkan limbah sisa bangunan akibat gempa dapat berkurang, sehingga dapat mengurangi lahan tempat pembuangan sisa gempa.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dikemukakan diatas, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. Apakah limbah sisa bangunan akibat gempa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasir pada bahan perekat pasangan/spesi?
2. Seberapa besar persentase kuat lekat dan kuat desak terhadap mortar normal?
3. Seberapa besar proporsi bahan pembentuk mortar dari limbah sisa bangunan akibat gempa terhadap syarat standar kekuatan mortar?.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui rasio limbah sisa bangunan akibat gempa (berupa mortar yang dihaluskan) terhadap semen (PPC) untuk mendapatkan kuat desak dan kuat lekat mortar yang diinginkan.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Pemanfaatan limbah sisa bangunan akibat gempa yang banyak terdapat di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya sebagai pengganti pasir pada bahan perekat pasangan/spesi diharapkan dapat memberikan manfaat di bidang akademis, yaitu dapat menghasilkan rasio variasi campuran yang optimum dengan kuat desak dan kuat lekat yang paling tinggi. Teknik ini diharapkan pula dapat memberikan manfaat yang cukup berarti bagi masyarakat serta Pemerintah Kota Yogyakarta pada khususnya, yaitu dapat memanfaatkan limbah sisa bangunan akibat gempa yang terbuang, sehingga dapat mengurangi lahan tempat pembuangan limbah tersebut.

1.5 BATASAN MASALAH

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka agar ruang lingkup penelitian lebih jelas dan terarah diperlukan adanya batasan-batasan masalah, yaitu:

1. benda uji menggunakan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*),
2. semen yang digunakan adalah *Portland Pozzoland Cement* (PPC) merk Semen Gresik,
3. air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
4. batu bata yang digunakan berasal dari Desa Sumber Rejo, Godean, Sleman, Yogyakarta,
5. agregat halus (pasir) yang digunakan:
 - berasal dari lereng Gunung Merapi,
 - limbah sisa bangunan akibat gempa berupa bata dan mortarnya yang telah dihaluskan/ditumbuk,
6. digunakan saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm,
7. pengujian sampel dilakukan pada umur mortar 7 hari dan 28 hari,
8. variasi rasio semen (PPC) dengan agregat halus berupa pasir dan limbah sisa bangunan akibat gempa, yaitu 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7,

9. benda uji kuat tekan mortar normal setiap variasi adalah 5 buah, maka jumlah benda uji adalah 50 buah,
10. benda uji kuat tekan mortar limbah setiap variasi adalah 5 buah, maka jumlah benda uji adalah 50 buah,
11. benda uji kuat lekat mortar normal setiap variasi adalah 5 buah, maka jumlah benda uji adalah 50 buah,
12. benda uji kuat lekat mortar limbah setiap variasi adalah 5 buah, maka jumlah benda uji adalah 50 buah,
13. jumlah total benda uji adalah 200 buah.
14. sampel (limbah sisa bangunan akibat gempa berupa bata dan mortarnya yang telah dihaluskan) berasal dari reruntuhan bangunan akibat gempa di wilayah Yogyakarta, yaitu daerah Berbah, Sleman,
15. pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan,
16. penyebaran sampel dalam campuran dianggap homogen dan merata,
17. perawatan terhadap benda uji kuat tekan mortar dilaksanakan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak air dengan umur tertentu,
18. pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan sistematika penulisan adalah sebagai berikut ini.

1. Bab pertama mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab kedua berisi kajian pustaka yang berisikan tentang penelitian-penelitian terdahulu maupun buku-buku referensi yang memuat pokok bahasan yang dimaksud yang sekiranya dapat menjadi acuan penelitian yang dilakukan.

3. Bab ketiga mencakup landasan teori yang membahas mengenai sifat-sifat material penyusun mortar dan beberapa pengertian istilah-istilah dalam pokok bahasan mortar, serta teori-teori yang relevan.
4. Bab keempat merupakan metode penelitian yang mengemukakan tentang tinjauan umum, penentuan variabel, metode analisis, dan tata cara pelaksanaan penelitian dari persiapan bahan dan alat hingga pengujian benda uji.
5. Bab kelima merupakan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan di laboratorium.
6. Bab keenam mencakup kesimpulan dan saran yang didapat dari hasil penelitian di laboratorium.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 UMUM

Mortar atau mortar semen dibuat dari semen dan agregat halus yang dicampur dengan air. (Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1995).

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil/batu pecah disebut beton. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Mortar adalah campuran yang terdiri dari bahan ikat, pasir, dengan atau tanpa Pozzoland, dan air dengan komposisi tertentu. Istilah lain dari mortar adalah mortel, adukan, spesi, atau perekat. Ada beberapa macam mortar sesuai dengan bahan ikatnya, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar tras, mortar semen, mortar semen kapur, dan mortar semen tras. (Wijoyo, dkk, 1977).

Mortar lumpur adalah mortar yang dibuat dari campuran tanah liat atau lumpur, pasir, dan air. Ketiga bahan susun tersebut bila dicampur sampai rata akan mempunyai kelecakan (konsistensi) yang cukup baik. Dalam penggunaannya, pasir harus diberikan secara tepat untuk mendapatkan adukan yang baik. Apabila terlalu sedikit pasir yang digunakan, akan menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengering sebagai akibat besarnya susut pengeringan. Sebaliknya, bila terlalu banyak pasir berakibat adukan kurang lekat. Mortar jenis ini umumnya dipakai sebagai spesi tembok atau bahan tungku api di desa-desa.

Mortar kapur adalah mortar yang tersusun atas campuran kapur, pasir, dan air. Mortar kapur pada umumnya digunakan sebagai plester dan perekat (spesi) pada pembuatan dinding dari pasangan bata. Pada proses pengerasan, kapur mengalami penyusutan, sehingga jumlah pasir yang dipakai dapat mencapai dua sampai tiga kali volume kapur. Proses pengikatan dan pengerasan mortar kapur ini lebih lambat dari mortar semen. Untuk mendapatkan kekuatan yang cukup tinggi

pada mortar kapur ini, pasir yang digunakan harus pasir kasar dengan gradasi baik.

Mortar tras adalah mortar yang tersusun atas campuran kapur, tras (Pozzoland), pasir, dan air. Mortar tras terdiri dari dua jenis, yaitu mortar tras lunak dan mortar tras keras. Mortar tras lunak yaitu bila terjadi kelebihan tras, maka tras tersebut dapat bekerja sebagai pasir. Tetapi sebaliknya, kelebihan kapurnya dapat merusak karena pengikatannya dapat mengakibatkan pecah-pecah pada tembok, tampak buruk, dan lambat laun akan menjadi rusak. Mortar tras keras menghasilkan bahan lekat yang kuat, hidrolis, kedap air, dan sifat susutnya besar. Mortar tras keras tidak baik untuk suatu pekerjaan dalam udara terbuka, tetapi sangat baik untuk pekerjaan kedap air, misalnya untuk reservoir, gudang bawah tanah, bak air hujan, dan sebagainya.

Mortar semen adalah mortar yang tersusun atas campuran semen Portland, pasir, dan air dengan komposisi tertentu. Mortar semen lebih kuat daripada ketiga jenis mortar diatas (mortar lumpur, mortar kapur, dan mortar tras). Umumnya mortar semen ini digunakan sebagai plesteran dinding, bahan pelapis, dan perekat (spesi) pasangan batu bata, spesi batu kali, plesteran pemasangan tegel, dan sebagainya. Pada industri bahan bangunan, mortar semen biasanya digunakan sebagai bahan untuk membuat tegel, batako, looster, *paving block*, buis beton, dan sebagainya.

Mortar semen akan memberikan kuat tekan yang baik atau tinggi jika memakai pasir kasar dan bersih (tidak mengandung lumpur) serta bergradasi baik. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan pemisahan butir (segregasi) pada semen dan pasir, yang berakibat membesarnya penyusutan dan mengurangi daya rekat (*adhesiveness*). Dengan demikian, akan mempengaruhi pula daya tahannya terhadap penetrasi air hujan dan kekuatan batasnya (*ultimate strength*).

Komposisi bahan susun mortar semen, umumnya menggunakan perbandingan volume semen dan pasir yang berkisar 1:2 sampai 1:6 disesuaikan dengan pemakaiannya. Idealnya mortar semen dengan perbandingan 1:2 dan 1:3 digunakan untuk plester pada dinding bagian luar atau untuk lapis kedap air.

sedangkan untuk spesi tembok dan pondasi dipakai mortar dengan perbandingan 1:4 hingga 1:6.

Sifat penting dari mortar adalah kuat tekan yang dapat menentukan kualitas mortar, sedangkan kualitas mortar bergantung pada kualitas bahan penyusunnya. Kuat tekan mortar semen akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen. Pori-pori berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini bisa saling berhubungan dan saling membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini akan mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (*porous*) yang besar, daya ikat berkurang, dan mudah terjadi *slip* antar butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan kuat tekan mortar berkurang. (Gideon Kusuma, 1993).

2.2 BAHAN SUSUN

2.2.1 Semen

Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. (SK SNI-03 - 2847 - 2002).

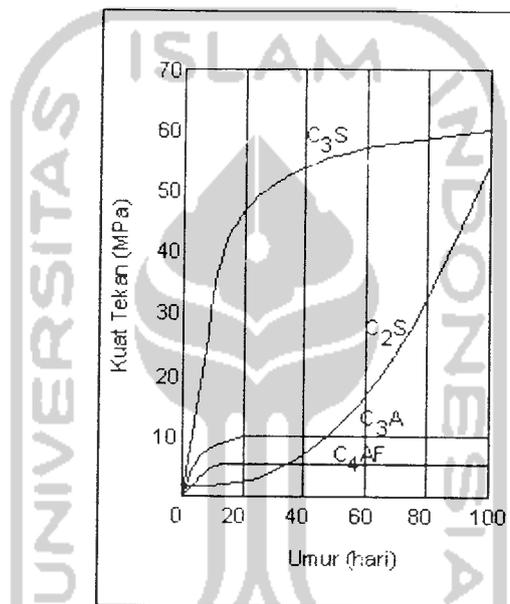
Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gips* sebagai bahan tambahan. (PUBI, 1992).

Semen Portland adalah 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 yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. (ASTM/Vol.04.05/C-150, 2003).

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara membakar secara bersama-sama: kapur, silika, dan alumina pada suhu $\pm 1500^\circ\text{C}$ yang kemudian menjadi klinker. Selanjutnya klinker-klinker ini didinginkan dan

dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya ditambahkan *gips* atau kalsium sulfat sebagai bahan pengontrol waktu ikat. (Ahmad Antono, 1985).

Unsur utama Semen Portland terdiri dari: Trikalsium silikat (C_3S atau $3CaO.SiO_2$), Dikalsium silikat (C_2S atau $2CaO.SiO_2$), Trikalsium aluminat (C_3A atau $3CaO.Al_2O_3$), dan Tetrakalsium aluminoforit (C_4AF atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$). (Neville, 1975).



Gambar 2.1 Hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen
(Sumber: Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992)

Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Penambahan air ini menyebabkan komponen kapur dilepaskan dari senyawanya, banyaknya kapur yang dilepaskan sekitar 20% dari berat semen. Ukuran partikel semen mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelajuan reaksi antara semen dan air. Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silika (SiO_2) dari lempung, Alumina (Al_2O_3) dari lempung,

sedikit persentase Magnesia (MgO) dan terkadang terdapat Alkali. Oksida besi terkadang ditambahkan untuk mengontrol komposisinya. (Nawy, 1990).

Semen Portland Pozzoland (PPC) adalah campuran semen Portland dan bahan-bahan yang bersifat Pozzoland seperti terak tanur tinggi dan hasil residu PLTU. (Tri Mulyono, 2003).

Semen Portland Pozzoland (PPC) dihasilkan dengan mencampurkan bahan semen Portland dan Pozzoland (15-40% dari berat total campuran), dengan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam Pozzoland minimum 70%. (SK-SN T-15-1991-03:2).

Semen Portland Pozzoland (PPC) menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit daripada semen biasa. PPC dapat diproduksi dengan menggiling bersama klinker semen dan Pozzoland dengan bahan tambah gips atau kalsium sulfat. Cara kedua dengan mencampur sampai rata gerusan semen dan Pozzoland halus. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Hampir dua pertiga bagian semen terbentuk dari zat kapur yang proporsinya berperan penting terhadap sifat-sifat semen. Faktor terpenting yang mempengaruhi sifat-sifat semen adalah komposisi kimiawi, sesudahnya baru faktor dominan lain yaitu kehalusan penggilingan. Penggilingan yang halus mempercepat reaksi dari bermacam-macam bahan pembentuk semen dengan air, tetapi tidak mengubah sifat-sifatnya yang *inherent* (tidak dapat dipisahkan). (Murdock dan Brook, 1986).

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

2.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik. (SK SNI 03-2847-2002).

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SK SNI 03-2847-2002).

Pasir adalah bahan batuan berukuran kecil dengan ukuran diameter butirnya antara 0,15 mm sampai 5 mm. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat keringnya. Apabila kadar lumpur melebihi 5%, maka pasirmya harus dicuci. Lumpur pada pasir dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan pengujian warna dari Abrams-Harder. Pasir yang tidak memenuhi pengujian warna ini dapat juga dipakai asal kuat desak adukan dengan pasir tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% kuat desak adukan dengan pasir yang sama, tetapi telah dicuci dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih. Bahan-bahan organik itu dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa dari semen Portland, hingga berakibat berkurangnya kualitas adukan. (Gideon Kusuma, 1993).

2.2.3 Air

Air untuk campuran beton harus tidak mengandung minyak, larutan asam, garam alkali, material organik, maupun bahan-bahan lain yang dapat mengurangi kekuatan beton. (PBI, Pasal 3.6, 1971).

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemasan beton atau daya kerjanya akan berkurang, sedangkan proporsi air yang agak besar akan memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaan pengecoran, tetapi kekuatan hancur beton menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam rasio air-semen (*water-cement ratio*), yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air (kg) dibagi dengan berat semen (kg) dalam adukan beton tersebut. (L. Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997).

Air pada campuran mortar berfungsi sebagai media untuk mengaktifkan pada reaksi semen, pasir, dan kapur agar saling menyatu. Air juga berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir pasir yang berpengaruh pada sifat mudah

dikerjakan (*workability*) adukan mortar. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya 30% berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. (Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992).

2.2.4 Batu Bata

Bata atau batu merah adalah batu buatan dari bahan tanah liat atau lempung yang dicetak berukuran 5 x 11 x 23 cm atau 5,2 x 11,5 x 24 cm, kemudian dikeringkan dengan cara dijemur beberapa hari tergantung dari keadaan cuaca, lalu ditimbun menurut aturan, agar jalannya api pembakaran dapat merata sampai pada lapisan timbunan bagian luar. Timbunan bagian luar ini ditutup dengan jerami dan dilepa dengan luluh lempung. Tempat pencetakan, pengeringan, serta pembakarannya biasanya sama, untuk memudahkan transportasi. Tanah diratakan dan ditaburi pasir agar memudahkan pada waktu pelepasan cetakan. (Soegihardjo dan Soedibjo, 1977).

Bata adalah suatu batu-batuan yang digunakan untuk pembuatan dinding bangunan, dan apabila tidak ada bahan lain, dapat dipakai juga untuk pembuatan pondasi. (Sutopo dan Bhakti, 1978).

Dilihat dari penampilan atau wujud fisiknya, batu bata harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang-bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak, dan tidak mudah hancur atau patah. Permukaan batu bata harus kasar, warnanya merah seragam (merata) dan bunyinya nyaring bila diketok. (Frick dan Koesmartadi, 1999).

Bata merah yaitu unsur bangunan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lain, dibakar pada suhu tinggi hingga tidak hancur lagi bila direndam dalam air. (SNI-10, 1964).

Tabel 2.1 Dimensi bata (Standar Indonesia SNI-10)

Jenis	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
Bata I	240	115	52
Bata II	230	110	50

Sumber: SNI-10, 1964.

Tabel 2.2 Penyimpangan yang diperbolehkan (Standar Indonesia SNI-10)

	Panjang	Lebar	Tebal
% penyimpangan	3	4	5
Selisih (max-min), mm	10	5	4

Sumber: SNI-10, 1964

2.2.5 Limbah Sisa Bangunan Akibat Gempa

Limbah sisa bangunan akibat gempa yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa mortar dan bata yang telah ditumbuk halus. Batu bata yang digiling atau ditumbuk halus ini biasa disebut dengan semen merah. Berdasarkan susunan kimia, semen merah bereaksi asam, sebab terdiri dari oksida-oksida asam seperti SiO_2 dan alumina. Semen merah bila dicampur kapur dan air akan mengeras, karena bahan tersebut mengandung bahan silika amorf di dalam mineral-mineralnya yang membentuk senyawa kalsium hidro silikat, menjadi bersifat hidrolis. Hal ini karena semen merah termasuk bahan tras buatan, sehingga mempunyai sifat sama dengan sifat tras.

Dalam penelitian ini, pemakaian limbah sisa bangunan akibat gempa dimaksudkan sebagai pengganti agregat halus (pasir), sehingga diharapkan dapat meningkatkan sifat mudah dikerjakan (*workability*) adukan, keawetan mortar, menambah daya lekat (*adhesiveness*), dan mengurangi jumlah pemakaian semen mortar. Bila digunakan pada konstruksi bangunan air, campuran dari semen Portland dan semen merah akan mengakibatkan kekuatan yang lebih tinggi serta keseragaman yang merata dibandingkan hanya dengan memakai semen Portland saja. (Wijoyo, 1977).

Batu bata merupakan bahan yang terbuat dari tanah liat, dicetak dalam bentuk balok-balok, dan setelah dibakar akan menjadi keras. Tanah liat yang dapat digunakan untuk pembuatan batu bata bahan asalnya adalah dari tanah porselin yang dalam alam telah tercampur dengan tepung pasir kwarsa dan tepung okid-besi (Fe_2O_3) dan tepung kapur (CaCO_3). Ciri-ciri banyaknya kadar okid-besi atau kapur dapat diketahui setelah tanah liat dibakar. Jika setelah dibakar warnanya menjadi merah coklat, berarti kadar okid-besi lebih banyak dari kapurnya. Sebaliknya, apabila kadar kapur lebih banyak, maka warna tanahnya setelah dibakar menjadi kuning agak merah. (Wijoyo, 1977).

Pencetakan batu bata di Indonesia dengan cara tradisional dan mekanis. Cara tradisional dilakukan oleh orang pedesaan dengan menggunakan bahan dasar lempung (tanah liat) yang mengandung silika sebesar 50% sampai dengan 70%, sekam padi yang berfungsi sebagai alas batu merah supaya tidak melekat pada tanah dan menjadikan permukaan bata merah agar cukup kasar, kotoran binatang yang berfungsi untuk melunakkan tanah dan membantu proses pembakaran dengan memberi panas yang lebih tinggi di dalam batu bata, dan air yang berfungsi untuk melunakkan dan merendam tanah. Pencetakan batu bata umumnya dikerjakan pada musim kemarau dan di tempat yang tidak terlindung dari terik matahari, maksudnya batu bata yang telah dicetak secara langsung dijemur dibawah terik matahari agar batu bata tersebut cepat kering. Sesudah kekerasan cukup keras (mengijinkan), maka dapat ditumpuk dalam susunan batu bata. Susunan ini diberi perlindungan terhadap sinar matahari dan hujan. Pengeringan ini memerlukan waktu selama 2 hari sampai dengan 7 hari menurut kelembaban udara dan angin. Setelah tersusun seperti gunungan, maka diberi celah-celah lubang untuk memasukkan bahan bakar. Sebelum batu bata dibakar, pada bagian luar dari susunan ini dilapisi lempung agar tidak menimbulkan kebakaran pada dapur pembakaran. Pada umumnya, kegagalan pada proses pembakaran dengan cara tradisional berkisar 20% sampai dengan 30%.

Cara mekanis biasa dilakukan oleh perusahaan batu bata besar dengan bahan dasar lempung (tanah liat) yang penggaliannya dilakukan dengan mesin keruk. Pencetakan batu bata dilakukan dengan mesin yang membentuk lubang-

lubang di bagian luarnya, sehingga tidak memerlukan sekam padi. Pembakaran dilakukan di dalam dapur khusus dengan suhu 1000°C selama 24 jam. Kemudian diperlukan waktu pemanasan dan pendinginan selama 48 jam. Kerusakan atau kegagalan pada proses pembakaran dengan cara mekanis ini hampir tidak ada.

2.3 HASIL-HASIL PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa usaha melalui penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan beton sebagai struktur bangunan dengan pertimbangan penghematan material pembentuk beton yang secara langsung akan mengurangi biaya. Berikut ini merupakan hasil penelitian yang berkaitan secara teknis maupun non-teknis terhadap penelitian ini.

1. Mikro beton dapat dipergunakan sebagai alternatif pengganti beton normal pada daerah yang tidak memiliki agregat kasar. Mikro beton adalah campuran semen Portland artifisial, agregat halus (pasir), dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan. Seperti pada beton normal, agregat yang digunakan pada mikro beton, yaitu agregat halus, dikelompokkan paling sedikit dalam dua fraksi agar menyerupai susunan agregat pada beton normal. Hal inilah yang membedakan mikro beton dengan mortar, dimana agregat halus yang digunakan pada mortar bergradasi alami. (A. Kadir Aboe, 1993).

Dari hasil penelitian ini, didapatkan:

- a. kuat tekan dan kuat lentur mikro beton lebih tinggi dari kuat tekan dan kuat lentur mortar, sedang mortar segar lebih kaku/kental dibanding mikro beton segar,
- b. persentase rata-rata kuat lentur mortar dari kuat tekannya sedikit lebih tinggi dari persentase rata-rata kuat lentur mikro beton terhadap kuat tekan mikro beton, yaitu sebesar 9,5649%,
- c. pada mortar, kuat lentur lebih dipengaruhi oleh pengurangan kandungan semen, sedang penambahan semen diatas 15%

memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap peningkatan kuat tekannya.

- d. pengurangan semen mempunyai pengaruh dua kali lebih besar terhadap kuat tekan mikro beton dibanding kuat tekan mortar. Sedang penambahan kandungan semen sampai mendekati 15% memberikan pengaruh sedikit lebih besar pada mikro beton, tetapi penambahan semen diatas 15% lebih mempengaruhi peningkatan kuat tekan mortar.

2. Dampak pencampuran limbah padat pabrik kertas pada mortar semen akan menimbulkan beberapa masalah, antara lain terhadap berat jenis, serapan air, dan kuat desak mortar. (Julianto dan Herryanto, 1997).

Penelitian dilakukan dengan mencampur limbah padat dengan mortar dengan perbandingan volume. Perbandingan semen dengan pasir adalah 1:5; 1:6; 1:7; dan 1:8, masing-masing perbandingan ditambahkan limbah padat sebesar 0; 1,5; 2; 2,5 kali volume semen. Dari penelitian, diketahui bahwa semakin banyak volume limbah padat yang ditambahkan pada bahan campuran mortar, maka mortar yang dihasilkan akan semakin ringan. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan berat jenis, serapan air naik, nilai kuat desak bervariasi tergantung perbandingan volume yang digunakan. Ketepatan dalam menentukan perbandingan volume berpengaruh terhadap kekuatan mortar.

3. Mineral yang mempunyai kandungan seperti dalam bahan penyusun semen adalah mineral zeolit, sehingga diharapkan mineral zeolit dapat menggantikan semen dalam jumlah tertentu dan meningkatkan kuat tekan. (Nidzamudin Al Hudda dan Habib Zuliato, 2000).

Perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI, sedangkan mortar menggunakan SK SNI M-111-1990-03. Waktu rawatan sebelum diuji kuat tekan adalah 28 hari dan 35 hari. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa:

- a. beton dengan penambahan *additive* umur 28 hari dan 35 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 4,3418 MPa dan 3,5494 MPa,

- b. beton dengan kandungan zeolit 5% dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 5,1951 MPa,
 - c. beton dengan kandungan zeolit 15% dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 2,7018 MPa,
 - d. mortar dengan kandungan zeolit 5% umur 35 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 2,0118 MPa,
 - e. mortar dengan kandungan zeolit 10% umur 35 hari dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 1,1930 MPa,
 - f. beton dengan kandungan zeolit direkomendasikan untuk beton pracetak dengan waktu rawatan beton minimal 35 hari.
4. Batu bata adalah bahan yang sering digunakan dalam pembuatan bangunan. Seiring dengan perkembangan zaman, bangunan tidak hanya dilihat dari segi keamanan saja, tetapi juga keindahannya. Untuk mewujudkannya, diproduksi bata khusus yang disebut bata expose, dimana pembuatan dinding tembokan dari bata ini tidak menggunakan plasteran maupun acian seperti pada pasangan bata biasa. (Dinalarantini dan Arief H. Saragih, 2005).
- Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik bata, kuat tekan, kuat lentur, dan kuat geser dinding pasangannya dengan variasi campuran mortar, dengan proporsi campuran mortar adalah 1:0:3, 1:½:4, 1:1:5, 1:2:8, 1:3:10 (semen:kapur:pasir). Dari hasil penelitian ini, didapatkan:
- a. campuran mortar dengan perbandingan 1:1:5 menghasilkan kuat tekan dinding pasangan yang tertinggi, yaitu sebesar 76,170 kg/cm², karena penggunaan kapur maksimal untuk semen Portland adalah sama dengan jumlah semen,
 - b. kuat lentur terbesar diperoleh pada campuran 1:½:4, yaitu sebesar 5,318 kg/cm², yang dipengaruhi oleh kuat lekatan mortar terhadap bata, kuat tekan, dan kuat tarik mortar,
 - c. kuat geser terbesar pada variasi campuran 1:0:3, yaitu sebesar 30,492 kg/cm².

5. Berdasarkan pengamatan visual masyarakat Daerah Tuban, pasangan batu kapur semakin lama semakin kuat apabila terkena angin laut atau air laut. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian yang membandingkan kekuatan batu kapur dan bata merah dengan perawatan air laut dan air tawar. (Dheny Mustika Wijayanto dan Eko Setiyono, 2006).

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa:

- a. kuat tekan pasangan batu kapur maksimum adalah 20.907 kg/cm^2 untuk perawatan air tawar dan 14.753 kg/cm^2 untuk perawatan air laut.
- b. kuat tekan pasangan bata merah maksimum adalah 30.829 kg/cm^2 untuk perawatan air tawar dan 25.375 kg/cm^2 untuk perawatan air laut.
- c. kuat lentur pasangan batu kapur maksimum adalah 7.430 kg/cm^2 untuk perawatan air tawar dan 7.097 kg/cm^2 untuk perawatan air laut.
- d. kuat lentur pasangan bata merah maksimum adalah 8.206 kg/cm^2 untuk perawatan air tawar dan 6.459 kg/cm^2 untuk perawatan air laut.
- e. kuat geser pasangan batu kapur maksimum adalah 16.582 kg/cm^2 untuk perawatan air tawar dan 14.676 kg/cm^2 untuk perawatan air laut.
- f. kuat geser pasangan bata merah maksimum adalah 24.679 kg/cm^2 untuk perawatan air tawar dan 20.675 kg/cm^2 untuk perawatan air laut.
- g. pengaruh air laut sangat berarti terhadap penurunan kualitas bau kapur dan bata merah.

Dari penelitian-penelitian tersebut diatas dapat disimpulkan beberapa hal yang belum diteliti oleh peneliti terdahulu, antara lain:

- belum ditelitinya efek substitusi/penggantian pasir dalam campuran mortar semen terhadap kuat desak dan kuat lekat mortar semen,

- belum menyertakan seberapa besar proporsi bahan pembentuk mortar dari sampel terhadap syarat standar kekuatan mortar semen.

2.4 KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah sisa bangunan akibat gempa dalam campuran bahan perekat pasangan/spesi terhadap kuat desak dan kuat lekat mortar semen. Penelitian ini dimaksudkan untuk menambah referensi baru mengenai penelitian yang membahas penggunaan limbah sisa bangunan. Dengan demikian keaslian penelitian ini dapat dijaga.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 PEMAKAIAN LIMBAH SISA BANGUNAN AKIBAT GEMPA

Pada umumnya, semen yang terdapat di lapangan (PC/OPC/PPC) berisi unsur utama Trikalsium silikat (C_3S) dan Dikalsium silikat (C_2S), disamping unsur lain yang berfungsi mempercepat proses ikatan. Bila kedua unsur tersebut bertemu dengan air (H_2O), maka akan terbentuk Kalsium silikat hidrat (CSH) yang bersifat kristal keras, sehingga akan membungkus material yang ada disekitarnya (misalnya sisa reruntuhan spesi dan plesteran).

Selain menghasilkan CSH, reaksi tersebut menghasilkan pula senyawa berupa Kalsium hidroksida atau $Ca(OH)_2$. Sisa Kalsium hidroksida ini (atau disebut pula kapur padam) memiliki sifat tidak stabil dan mudah bereaksi dengan karbon di udara (CO_2), sehingga membentuk Kalsium karbonat ($CaCO_3$) atau disebut pula Kalsit, yang dapat larut oleh air mengalir.

Bahan campuran yang dahulu sering digunakan untuk membuat spesi atau plesteran adalah berupa kapur, pasir, dan bubukan bata (semen merah). Bata yang dibuat dari tanah liat dan dibakar, pada umumnya mengandung Silika aktif (SiO_2) meskipun berkadar rendah, dan bahan alami yang mengandung Silika aktif dikatakan Pozzoland. Beberapa pabrik telah memproduksi semen yang ditambah bahan Pozzoland, yang diberi label PPC.

Silika dalam bata perlu dihaluskan agar dapat bereaksi dengan sisa kapur padam dari reaksi semen dan air tadi, dan akan membentuk CSH baru, sehingga semakin sedikit kapur padam, maka akan semakin baik pula kualitas plesteran dan spesi. Hal ini dikarenakan semakin banyak unsur CSH, berarti akan semakin keras dan padat. Sifat reaksi silika dari bahan Pozzoland dengan kapur padam tidak secepat reaksi semen (OPC/PC) dengan air, sehingga pemakaian Pozzoland sangat baik untuk keperluan jangka panjang (>90 hari), karena itu lebih tahan pula terhadap lingkungan asam dan garam.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dijelaskan mengenai pemakaian sisa reruntuhan spesi, plesteran, dan bata apabila dicampur dengan semen baru (OPC/PC/PPC), yaitu semen yang memiliki sisa kapur padam, maka semen tersebut dapat bereaksi dengan silika yang terkandung di dalam bahan Pozzoland, seperti di dalam bata yang dihaluskan. Sisa pasir dan kapur dari sisa spesi (mortar) atau plesteran dimanfaatkan sebagai bahan isian (*filler*). (Priyosulistyo, 2006).

Dalam penelitian ini, digunakan suatu perbandingan, yaitu antara semen (PPC) dengan agregat halus, yang berupa pasir maupun limbah sisa bangunan akibat gempa, dengan variasi 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Hal ini sesuai dengan pendapat Wijoyo, dkk (1997), bahwa komposisi bahan susun mortar semen umumnya menggunakan perbandingan volume semen dan pasir yang berkisar 1:2 sampai 1:6 disesuaikan dengan pemakaiannya. Idealnya mortar semen dengan perbandingan 1:2 dan 1:3 digunakan untuk plester pada dinding bagian luar atau untuk lapis kedap air, sedangkan untuk spesi tembok dan pondasi dipakai mortar dengan perbandingan 1:4 hingga 1:6.

3.2 SPESIFIKASI MORTAR

Menurut Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah dalam Metode, Tata Cara, dan Spesifikasi Bagian 3 (Beton, Semen, dan Perkerasan Beton Semen), 2002, spesifikasi mortar dibedakan menjadi spesifikasi proporsi dan spesifikasi sifat.

3.2.1 Spesifikasi Proporsi

Mortar yang memenuhi ketentuan spesifikasi proporsi harus terdiri dari bahan bersifat semen, agregat, dan air yang seluruhnya harus memenuhi persyaratan bahan yang ditentukan (akan dijelaskan kemudian) dan memenuhi persyaratan proporsi menurut Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan proporsi mortar

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)				Rasio Agregat (pengukuran pada kondisi lembab dan gembur)
		Semen Portland/Semen Giling	M	S	N	
Kapur Semen	M	1				$\frac{1}{4}$
	S	1				$> \frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
	N	1				$> \frac{1}{2} - 1\frac{1}{4}$
	O	1				$> 1\frac{1}{4} - 2\frac{1}{2}$
Semen Pasangan	M	1			1	2 $\frac{1}{4}$ - 3 kali jumlah volume bahan bersifat semen
	M		1			
	S	$\frac{1}{2}$			1	
	S			1		
	N				1	
O					1	

Sumber: Balitbang, Kimpraswil, 2002

Keterangan yang dimaksud dengan tipe-tipe mortar:

1. **Mortar tipe M** adalah mortar yang mempunyai kekuatan 17,2 MPa menurut Tabel 3.2 yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe N atau kapur semen dengan menambahkan semen Portland dan kapur padam dengan komposisi menurut Tabel 3.1.
2. **Mortar tipe S** adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa menurut Tabel 3.2 yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe S atau kapur semen dengan menambahkan semen Portland dan kapur padam dengan komposisi menurut Tabel 3.1.
3. **Mortar tipe N** adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa menurut Tabel 3.2 yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe N atau kapur semen dengan menambahkan semen Portland dan kapur padam dengan komposisi menurut Tabel 3.1.
4. **Mortar tipe O** adalah mortar yang mempunyai kekuatan 2,4 MPa menurut Tabel 3.2 yang dibuat dengan menggunakan semen pasangan tipe N atau

kapur semen dengan menambahkan semen Portland dan kapur padam dengan komposisi menurut Tabel 3.1.

5. Penggunaan ketiga tipe untuk konstruksi pasangan dapat menggunakan jenis mortar yang direkomendasikan menurut Tabel 3.3.

Keterangan semen pasangan:

1. **Semen pasangan tipe N** adalah semen pasangan yang digunakan dalam pembuatan mortar tipe N menurut Tabel 3.1 tanpa penambahan lagi semen atau kapur padam, dan dapat digunakan untuk pembuatan mortar tipe S atau tipe M bila semen Portland ditambahkan dengan komposisi menurut Tabel 3.1.
2. **Semen pasangan tipe S** adalah semen pasangan yang digunakan dalam pembuatan mortar tipe S tanpa penambahan lagi semen atau kapur padam.
3. **Semen pasangan tipe M** adalah semen pasangan yang digunakan dalam pembuatan mortar tipe M tanpa penambahan lagi semen atau kapur padam.

3.2.2 Spesifikasi Sifat

Mortar yang memenuhi ketentuan spesifikasi ini harus didasarkan pada hasil pengujian terhadap mortar yang disiapkan di laboratorium sesuai metode pengujian dan penakaran bahan.

Mortar yang disiapkan di laboratorium harus terdiri dari suatu campuran bahan pengikat bersifat semen, agregat, dan air yang seluruhnya harus memenuhi persyaratan bahan-bahan dan sifat-sifatnya harus memenuhi persyaratan mortar dalam Tabel 3.2.

- a. Kecuali untuk jumlah air dan pencampurnya, proporsi campuran yang disiapkan di laboratorium dan memenuhi ketentuan spesifikasi ini, tidak boleh diubah. Bahan-bahan yang sifat-sifat fisiknya berbeda tidak boleh dipakai tanpa dilakukan pengujian ulang dan memenuhi persyaratan sifat-sifat mortar.
- b. Sifat-sifat mortar yang disyaratkan dalam Tabel 3.2 adalah untuk mortar yang disiapkan di laboratorium dengan jumlah air penyampur yang memberikan kelecakan (*flow*) $(110 \pm 5) \%$. Jumlah air ini tidak cukup

untuk menghasilkan mortar dengan kelecakan yang sesuai untuk pekerjaan pasangan di lapangan. Mortar yang akan digunakan di lapangan harus dicampur lagi dengan maksimum jumlah air yang sesuai dengan kemudahan pengerjaannya, sehingga cukup untuk memenuhi penyerapan awal dari bahan/komponen konstruksi pasangan.

- c. Sifat-sifat mortar yang disiapkan di laboratorium dengan kelecakan $(110 \pm 5)\%$ sebagaimana disyaratkan dalam spesifikasi ini dimaksudkan untuk memperkirakan besarnya kelecakan dan sifat-sifat dari mortar yang disiapkan untuk pekerjaan di lapangan setelah digunakan agar supaya penyerapan air dari komponen konstruksi pasangan terpenuhi.
- d. Sifat-sifat mortar yang disiapkan di lapangan dengan jumlah air lebih banyak, sebelum digunakan pada pekerjaan konstruksi pasangan, akan berbeda dengan persyaratan sifat-sifat seperti pada Tabel 3.2. Dengan demikian, persyaratan sifat-sifat dalam Tabel 3.2 tidak dapat dipakai sebagai persyaratan untuk pengawasan mutu mortar di lapangan. Untuk tujuan ini, dapat dipakai metode pengujian ASTM/Vol.04.05/C-780.

Tabel 3.2 Persyaratan spesifikasi sifat^{a)}

Mortar	Tipe	Kuat tekan rata-rata 28 hari Min. (MPa)	Retensi Air Min (%)	Kadar Udara Maks (%)	Rasio Agregat (pengukuran pada kondisi lembab dan gembur)
Kapur Semen	M	17,2	75	12	2¼ - 3½ kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14 ^{b)}	
	O	2,4	75	14 ^{b)}	
Semen Pasangan	M	17,2	75	c)	
	S	12,4	75	c)	
	N	5,2	75	c)	
	O	2,4	75	c)	

Sumber: Balitbang, Kimpraswil, 2002

- Keterangan: ^{a)} : hanya untuk mortar yang dipersiapkan di laboratorium (lihat butir 3.2.2.b – 3.2.2.d)
- ^{b)} : bila terdapat tulangan struktur dalam mortar kapur semen, maka kadar udara maksimum harus 12%.
- ^{c)} : bila terdapat tulangan struktur dalam mortar semen pasangan, maka kadar udara maksimum harus 18%.

Tabel 3.3 Pemilihan mortar pasangan^{a)}

Lokasi	Bagian Bangunan	Tipe Mortar	
		Rekomendasi	Alternatif
Bagian luar, di atas level	Dinding pemikul beban	N	S atau M
	Dinding bukan pemikul beban	O ^{b)}	S atau M
	Sandaran dinding	N	S
Bagian luar, di bawah level	Pondasi, dinding, dinding pemikul beban, manhole, sumur, jalan setapak	S ^{c)}	M atau N ^{c)}
Bagian dalam	Dinding bukan pemikul beban	N	S atau M
	Partisi bukan pemikul beban	O	N
Bagian luar dan dalam	Dekoratif dan pelindung	O	S

Sumber: *Balitbang, Kimpraswil, 2002*

- Keterangan: ^{a)} : Tabel 3.3 tidak digunakan untuk cerobong asap, pasangan bertulang, mortar tahan asam.
- ^{b)} : Mortar tipe O direkomendasikan untuk digunakan dalam pasangan yang apabila lembab/jenuh tidak menjadi beku atau tidak langsung angin kencang atau beban lateral yang berarti. Mortar tipe N atau S digunakan dalam lain nial.
- ^{c)} : pasangan yang langsung kena cuaca pada permukaannya adalah mudah terserang cuaca. Mortar untuk beberapa jenis pasangan harus dipilih secara hati-hati.

3.3 PENGUJIAN MORTAR

3.3.1 Kuat Tekan Mortar

Pada uji tekan mortar, dimaksudkan untuk mendapatkan besarnya kuat tekan mortar (*compressive strength*) secara aksial sampai mortar tersebut patah (*failure*).

Kuat tekan mortar sering digunakan sebagai kriteria dasar pembagian jenis mortar. Hal ini dikarenakan pengukuran kuat tekan mortar lebih mudah dan biasanya dapat langsung dihubungkan dengan kemampuan mortar, seperti kuat tarik dan daya serap mortar (ASTM/Vol.04.05/C-270, 2003).

Tabel 3.4 Perbandingan berat mortar yang disarankan

Mortar	Semen	Kapur	Pasir
I	1	0	3
II	1	0,5	4
III	1	1	5
IV	1	2	8
V	1	3	10

Sumber: ASTM/Vol.04.05/C-270, 2003

Kekuatan tekan mortar semen Portland adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar semen Portland berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu. Gaya maksimum adalah gaya yang bekerja saat benda uji kubus pecah.

Pengujian kuat tekan mortar ini menggunakan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Menurut ASTM/Vol.04.05/C-576 dan C-780, uji kuat tekan mortar dilakukan dengan membuat benda uji berupa kubus mortar dengan dimensi 5 x 5 x 5 cm, minimal 3 buah benda uji, cetakan kubus mortar harus terbuat dari metal/logam agar pada saat dipakai tidak terjadi penyerapan air oleh cetakan. Pengujian kuat tekan mortar (ASTM/Vol.04.05/C-576, 2003) dapat

dilihat pada gambar 3.1. Nilai kuat tekan diperoleh dengan membagi besar beban maksimum dengan luas penampang, seperti pada rumus:

$$C_s = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan: C_s = kuat tekan mortar/*compressive strength* (kg/cm²),
 P_{max} = beban maksimum pengujian (kg),
 A = luasan permukaan benda uji (cm²).



Gambar 3.1 Pengujian kuat tekan mortar

3.3.2 Kuat Lekatan Mortar dengan Bata

Pada uji lekatan ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kuat lekat antara bata merah satu dengan bata merah lainnya dengan cara saling disilangkan. Mortar yang digunakan untuk pengisi dan sekaligus perekat antar bata merah harus mempunyai kekuatan ikatan yang solid, sehingga antara bata dengan mortarnya menjadi suatu kesatuan yang kokoh. Kuat lekatan antara mortar dengan pasangan bata secara umum merupakan faktor yang paling penting dalam pembuatan dinding dalam kaitannya dengan kemudahan pelaksanaan kemampuan menahan masuknya air. Pengujian lekatan dilakukan dengan menggunakan dua buah batu bata. Bata pertama ditaruh di bawah bata kedua, dengan arah sumbu

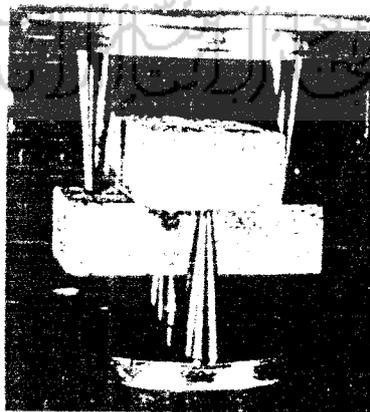
saling tegak lurus. Kedua bata tersebut dilekatkan dengan mortar dengan tebal 10 mm ± 3,2 mm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai lekatan antara mortar dengan bata. Biasanya dibutuhkan minimum 24 jam untuk mortar menjadi keras sebelum menahan beban uji dan pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 7 hari dan 28 hari.

Kerusakan yang mungkin terjadi pada uji lekatan dapat bersifat adhesi, kohesi, maupun keduanya. Rusak adhesi adalah rusak antar lekatan bata dengan mortar, sedangkan rusak kohesi adalah rusak pada bata atau mortar. Pengujian kuat lekatan mortar dengan pasangan bata dapat dilihat pada gambar 3.2.

Menurut ASTM/Vol.04.05/C-321, perhitungan kuat lekatan antara mortar dengan pasangan bata dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Bs = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan: Bs = kuat lekatan mortar dengan pasangan bata/*bond strength* (kg/cm²),
 P = maksimum pembebanan pada pengujian (kg),
 A = luasan bidang lekat (cm²).



Gambar 3.2 Uji kuat lekatan mortar dengan bata
 Sumber: ASTM/Vol.04.05/C-321

Hasil yang diperoleh dari kuat lekatan ini adalah kuat lekatan rata-rata benda uji dan model keruntuhan yang terjadi.

3.4 TEORI PENGOLAHAN DATA

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh perlu diolah lebih lanjut dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* atau dapat pula menggunakan *software SPSS*. Di samping itu, terdapat hal-hal dasar yang menjadi acuan dalam pengolahan data. Besar penyimpangan dapat diketahui dari data yang tersajikan melalui standar deviasi atau simpangan baku. Untuk menjelaskan data sampel dari hasil pengujian dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan regresi linier, sedangkan untuk mengetahui besarnya derajat atau tingkat keeratan hubungan antara pengujian yang satu dengan pengujian yang lain dapat dijelaskan dengan analisis korelasi yang akan dijelaskan berikut ini.

3.4.1 Standar Deviasi

Dari data yang tersaji dapat diketahui seberapa besar penyimpangan benda uji melalui perhitungan standar deviasi. Sebelum membahas standar deviasi, perlu diketahui nilai *mean* atau rata-rata. Menurut Sutrisno Hadi (2000), nilai rerata adalah jumlah nilai-nilai dibagi dengan jumlah individu. Nilai rerata dihitung menggunakan persamaan (3.3) berikut.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan: \bar{X} = rata-rata hitung,
 X = subyek/data yang dihitung,
 n = jumlah sampel.

Perhitungan untuk standar deviasi seperti pada persamaan (3.4) berikut.

$$s = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan: s = simpangan baku/standar deviasi sampel,
 X = subyek/data yang dihitung,
 n = jumlah sampel.

3.4.2 Persamaan Regresi Linier

Regresi garis lurus atau garis linier merupakan garis taksiran atau perkiraan untuk mewakili pola hubungan antara variabel x dan y . (Boediono dan Wayan Koster, 2001).

Hubungan linier antara dua variabel dikatakan linier jika besar perubahan nilai y yang diakibatkan oleh perubahan nilai-nilai x konstan pada jangkauan nilai x yang diperhitungkan. Jika hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik, maka hubungan linier antara x dan y akan tampak sebagai garis lurus, dan bentuk dari persamaannya adalah:

$$y = ax + b \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan: y = variabel tergantung (*dependent variable*)
 x = variabel bebas (*independent variable*)
 a dan b = bilangan konstan (konstanta dari variabel)

Bilangan konstan b menunjukkan *intercept* garis (merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu y), sedangkan bilangan konstan a menunjukkan *slope* dari garis (perubahan dalam y bila x berubah satu satuan). Pasangan bilangan-bilangan (x,y) atau disebut juga koordinat titik potong, dapat diperoleh dengan mendistribusikan nilai-nilai x ke dalam persamaan diatas.

3.4.3 Korelasi

Menurut Supramono (1993), analisis korelasi digunakan untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara dua variabel bebas dan terikat. Ada dua pengukuran yang biasa digunakan dalam pengukuran keeratan hubungan, yaitu koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r).

Koefisien determinasi merupakan analisis regresi untuk mengetahui seberapa jauh kecocokan garis regresi yang terbentuk dalam mewakili kelompok data hasil observasi. Model garis regresi yang terbentuk tersebut dapat mewakili model yang sebenarnya. Nilai koefisien determinasi merupakan suatu ukuran yang menunjukkan besar sumbangan dari variabel bebas terhadap variabel terikat. Atau dengan kata lain, koefisien determinasi menunjukkan variasi naik turunnya y yang diterangkan oleh pengaruh linier x .

Menurut Supramono (1993), kegunaan koefisien determinasi adalah:

1. sebagai ukuran ketepatan/kecocokan garis regresi yang dibuat dari hasil estimasi terhadap sekelompok data hasil observasi. Semakin besar nilai R^2 , semakin bagus garis regresi yang terbentuk. Sebaliknya, semakin kecil nilai R^2 , semakin tidak tepat garis regresi tersebut mewakili data hasil observasi.
2. untuk mengukur proporsi (persentase) dari jumlah variasi y yang diterangkan oleh model regresi atau untuk mengukur besar sumbangan dari variabel x terhadap variasi variabel y .

Ada dua kondisi yang ekstrim dari nilai R^2 ini, yaitu bila $R^2 = 1$, berarti variabel x dan y mempunyai hubungan yang sempurna; dan jika $R^2 = 0$, maka tidak ada hubungan sama sekali antara kedua variabel tersebut. Dengan demikian, nilai R^2 akan berkisar antara nol sampai dengan satu.

Menurut Suharsimi Arikunto (2002), koefisien korelasi adalah suatu alat statistik, yang dapat digunakan untuk membandingkan hasil pengukuran dua variabel yang berbeda agar dapat menentukan tingkat hubungan antara variabel-variabel ini. Selain itu, nilai koefisien korelasi merupakan akar dari nilai koefisien determinasi.

Menurut Supramono (1993), koefisien korelasi mempunyai sifat sebagai berikut ini.

1. Merupakan besaran yang tidak mempunyai satuan.
2. Nilai r akan terletak antara -1 dan 1 ($-1 \leq r \leq 1$).
3. Tanda positif dan negatif koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan.

4. Hanya mencerminkan keeratan hubungan linier dari dua variabel yang terlibat.
5. Bersifat simetris $r_{xy} = r_{yx} = r$.
6. Variabel yang terlibat tidak harus variabel terikat dan variabel bebas.

Tingkat keeratan korelasi dapat ditentukan berdasarkan nilai koefisien determinasinya (R^2) seperti dijelaskan Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hubungan nilai koefisien determinasi (R^2) dan korelasi

Nilai Koefisien Determinasi (R^2)	Korelasi
$R^2 = 1$	Sempurna
$0,80 < R^2 < 0,99$	Sangat Kuat
$0,50 < R^2 < 0,79$	Kuat
$0,30 < R^2 < 0,49$	Kurang Kuat
$R^2 < 0,30$	Lemah
$R^2 = 0$	Tidak Ada

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 UMUM

Penelitian yang dilaksanakan adalah studi laboratorium dengan mengambil kasus di lapangan, yaitu mortar semen dengan menggunakan limbah sisa bangunan akibat gempa untuk terlebih dahulu ditumbuk dan dihaluskan sehingga dapat lolos saringan #8, kemudian digunakan sebagai campuran bahan perekat pasangan/spesi. Limbah sisa bangunan akibat gempa tersebut berupa reruntuhan bangunan yang berupa pasangan bata dan mortarnya yang telah dihaluskan. Penelitian uji kuat tekan dilakukan dengan benda uji mortar berbentuk kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm sebanyak 5 buah sampel untuk setiap variasi, sedangkan untuk uji kuat lekat, mortar dilekatkan di antara dua buah bata yang ditumpuk bersilangan sebanyak 5 buah sampel untuk setiap variasi. Masing-masing sampel akan diuji pada umur 7 hari dan 28 hari.

Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, yaitu proses pembuatan benda uji. Kemudian tahap kedua, yaitu proses pengujian benda uji. Kedua tahap tersebut dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dari data yang didapat dari pengujian, dibuat analisis mengenai pengaruh pemakaian limbah sisa bangunan akibat gempa sebagai bahan perekat pasangan terhadap kuat desak mortar dan kuat lekat mortar dengan pasangan bata.

4.2 BAHAN YANG DIGUNAKAN

Sebelum melaksanakan penelitian, perlu diadakan persiapan bahan yang akan digunakan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan dari penelitian.

4.2.1 Mortar

Penggunaan mortar untuk uji kuat lekat mortar dengan pasangan bata berdasarkan metode ASTM/Vol.04.05/C-270, 2003.

1. Semen

Semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) merk Semen Gresik digunakan dalam pembuatan mortar untuk uji kuat tekan mortar dan uji kuat lekat pasangan bata merah dengan mortar. Semen jenis ini dipilih karena sudah umum digunakan dan tidak memerlukan persyaratan khusus, sedangkan dalam penelitian ini penilaian kualitas semen hanya dilakukan dengan pengamatan secara visual terhadap kekuatan kemasan dan kehalusan butirnya.

2. Pasir

Penggunaan pasir yang berasal dari lereng Gunung Merapi sudah lazim dilakukan di wilayah DIY dan sekitarnya sebagai bahan konstruksi. Oleh karena itu, pasir tersebut juga digunakan dalam pembuatan mortar untuk uji kuat tekan mortar dan uji kuat lekat pasangan bata merah dengan mortar. Pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm.

3. Air

Air yang digunakan berdasarkan pengamatan visual tampak jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna. Air dalam pengujian ini adalah air dari PDAM Sleman, yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.2.2 Batu Bata

Penggunaan batu bata untuk uji kuat lekat mortar dengan pasangan bata perlu diperhatikan bentuk, dimensi, tekstur, dan warna dari batu bata. Batu bata yang digunakan berasal dari Desa Sumber Rejo, Godean, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

4.2.3 Limbah Sisa Bangunan Akibat Gempa

Pembuatan mortar untuk uji kuat tekan mortar dan uji kuat lekat pasangan bata merah dengan mortar menggunakan benda uji berupa limbah sisa bangunan

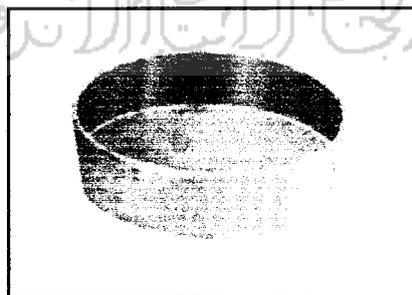
akibat gempa yang terlebih dahulu ditumbuk dan dihaluskan secara manual sehingga dapat lolos saringan #8. Limbah sisa bangunan akibat gempa tersebut berupa reruntuhan bangunan yang berupa pasangan bata, yaitu pasangan bata dan mortar (perekatnya). Limbah sisa bangunan (puing/brangkal) ini berasal dari daerah Berbah, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Dipilihnya limbah sisa bangunan dari Berbah dikarenakan daerah tersebut sebagian besar bangunannya mengalami kerusakan parah bahkan sampai roboh total akibat gempa 27 Mei 2006, sehingga diharapkan limbah sisa gempa yang ada di daerah Berbah serta di Daerah Istimewa Yogyakarta pada umumnya, dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasir pada bahan perekat pasangan untuk pembangunan kembali bangunan-bangunan yang mengalami kerusakan.

4.3 ALAT YANG DIGUNAKAN

Setelah bahan-bahan disiapkan, beberapa peralatan dalam rangka persiapan pengujian diperlukan agar dapat mengakomodasi maksud dan tujuan dari penelitian ini.

4.3.1 Saringan

Saringan digunakan untuk menyaring agregat. Saringan yang digunakan adalah saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm.



Gambar 4.1 Saringan #8

4.3.2 Talam

Talam baja adalah tempat untuk mencampur bahan susun mortar dalam kondisi kering maupun setelah dicampur dengan air.

4.3.3 Cetok

Cetok berfungsi sebagai pengaduk dan perata campuran, serta untuk memindahkan adukan ke dalam cetakan.



Gambar 4.2 Talam baja dan cetok

4.3.4 Palu

Fungsi dari palu dalam pengujian ini adalah untuk menumbuk limbah sisa bangunan akibat gempa yang masih berupa puing/brangkal sehingga menjadi material yang halus dan lolos saringan #8.

4.3.5 Gayung

Gayung dalam pengujian ini berfungsi untuk mengambil air dari sumber air (kran) ke tempat pengujian akan dilaksanakan.

4.3.6 Gelas Ukur 500 ml

Gelas ukur dengan kapasitas 500 ml, dengan ketelitian 2 ml digunakan untuk mengukur kebutuhan air didalam adukan mortar.

Gambar 4.3 Gelas ukur

4.3.7 Kaliper atau Jangka Sorong

Kaliper adalah alat ukur dengan ketelitian 0,05 mm yang berfungsi untuk mengukur dimensi benda uji.

4.3.8 Timbangan Kapasitas 2000 gr

Timbangan kapasitas 2000 gr dengan ketelitian 0.1 gr, berfungsi untuk menimbang bahan-bahan susun mortar dan mortar dalam bentuk benda uji.



Gambar 4.4 Timbangan

4.3.9 Kolam Perendam

Kolam perendam adalah kolam yang digunakan untuk perawatan/perendaman benda uji selama umur 7 hari dan 28 hari.

4.3.10 Cat dan Kuas

Cat dan kuas dalam pengujian ini adalah untuk memberi tanda/nama sampel (benda uji).

4.3.11 Lap dan Kuas

Setelah perawatan benda uji mencapai umur yang telah ditentukan, benda uji diangkat dari kolam perendam, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara dilap dan dibiarkan selama 15 menit. Kemudian kuas dipakai untuk membersihkan permukaan benda uji yang akan diuji.

4.3.12 Cawan

Cawan dalam pengujian ini berfungsi untuk menempatkan sampel pasir atau bubuk limbah sisa gempa yang akan ditimbang.



Gambar 4.5 Cawan

4.3.13 Papan Penyiku

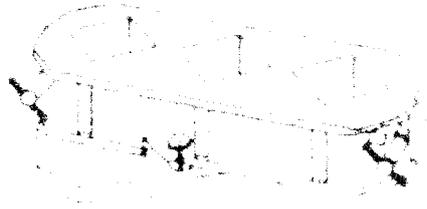
Papan penyiku diperlukan untuk membuat pasangan siku/tegak lurus.

4.3.14 *Stop Watch*

Stop watch berfungsi sebagai penentu waktu dalam uji kuat tekan mortar dan uji kuat lekat mortar dengan pasangan bata.

4.3.15 Cetakan Kubus Benda Uji

Cetakan benda uji berbentuk kubus dengan panjang sisi 5 cm yang terbuat dari baja. Cetakan ini harus kedap air.



Gambar 4.6 Cetakan kubus benda uji
Sumber: ASTM C-576

4.3.16 Mesin Tekan Uji Kuat Tekan Mortar

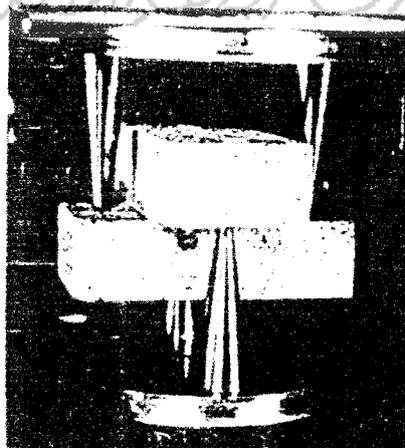
Mesin tekan dengan bidang tumpuan dari baja digunakan untuk uji kuat tekan mortar.



Gambar 4.7 Alat uji kuat tekan mortar

4.3.17 Alat Uji Kuat Lekat Mortar

Mesin uji kuat lekat mortar ini dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Alat uji kuat lekat mortar
Sumber: ASTM/Vol.04.05/C-321, 2003

4.4 PEMBUATAN BENDA UJI DAN PENGUJIAN

Benda uji yang akan digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dibuat, kemudian dilakukan pengujian di laboratorium.

4.4.1 Proses Penghalusan Remukan Pasangan Bata (Puing/Brangkal)

Sebelum pembuatan benda uji, limbah sisa bangunan akibat gempa yang masih berupa puing/brangkal, harus dihaluskan terlebih dahulu, sehingga dapat lolos saringan #8. Penghalusan puing ini dapat menggunakan dua cara berikut ini.

1. **Cara Manual**, langkah-langkahnya:
 - a. haluskan mortar (spesi) dan pasangan batanya dengan cara dipukul menggunakan palu,
 - b. tumbuk mortar (spesi) dan pasangan batanya sampai halus pada dasar yang cukup kuat, seperti lantai jalan aspal atau *con block*,
 - c. pisahkan spesi yang sulit dihaluskan karena cukup keras dengan spesi yang mudah dihaluskan,
 - d. mortar (spesi) dan pasangan batanya yang mudah dihaluskan disaring dengan menggunakan saringan #8, yaitu saringan dengan diameter 2,36 mm.
2. **Cara Mekanis**, yaitu dengan menggunakan mesin penghancur puing, salah satunya adalah mesin penghancur puing Migunani tipe PE 501 MCH produksi PT. Anindya Mitra Internasional. Spesifikasi tipe PE 501 MCH dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Spesifikasi mesin penghancur puing tipe PE 501 MCH

Spesifikasi	Dimensi	Bahan	Sistem	Kapasitas	Penggerak	Aksesoris	Rangka
Crusher: 1. <i>Crusher</i> dinamis 12 buah, tebal 20 mm, 2. <i>Crusher</i> pin (statis) 25 buah 3. Diameter as: 50 mm	80x60x140 cm (<i>crusher</i>)	Cronos 700 (<i>crusher</i>)	<i>Rotary (crusher)</i>	5 m ³ /jam (<i>crusher</i>)	20 HP	Hopper 0,25 m ³ <i>Dust collector (crusher)</i>	UNP 150
	200cm x Ø4 inch (<i>mixer</i>)	<i>Steel plate (mixer)</i>	<i>Spiral (mixer)</i>	5 m ³ /jam (<i>mixer</i>)	<i>Reducer 1:30</i>	Tangki air (kap. 60 liter)	

Sumber: PT. Anindya Mitra Internasional

Untuk dimensi 80 x 60 x 140 cm, puing-puing sisa gempu dihancurkan dengan gir yang digerakkan dengan *crusher* berkekuatan 20 HP, sehingga puing-puing tersebut menjadi halus akibat putaran-putaran yang menggilingnya.

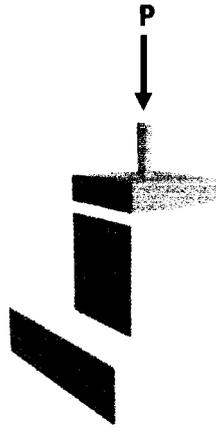
Pada dimensi 200cm x Ø4 inch, *mixer* menggunakan *steel plate* dengan sistem kerja spiral (*mixer*) memutar secara horizontal dengan fungsi yang sama, yaitu untuk menghancurkan hingga butiran halus seperti pasir.

Untuk menggerakkan gir, mesin ini menggunakan bahan bakar solar. Mesin penghancur puing tipe PE 501 MCH ini mudah dipindahkan karena dudukan mesin diletakkan pada rangka yang dilengkapi roda.

4.4.2 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland dilakukan melalui tahap berikut ini.

1. Buat adukan mortar sesuai perbandingan campurannya, masukkan ke dalam cetakan mortar berukuran 5 x 5 x 5 cm, diamkan selama 1-2 hari agar kering. Benda uji minimal tiga buah.
2. Lepas mortar dari cetakannya, beri nomor dan tanggal pembuatannya.
3. Rendam mortar dalam air bersih, 2 hari sebelum pengujian, diangkat dari dalam air, lalu diangin-anginkan dalam suhu ruang.
4. Setelah berumur 7 hari dan 28 hari, ambil untuk diratakan bidang tekannya dan diukur dimensinya.
5. Lakukan pengujian dengan memakai mesin uji desak dengan besar kuat tekan 0,1 – 0,125 in/menit.



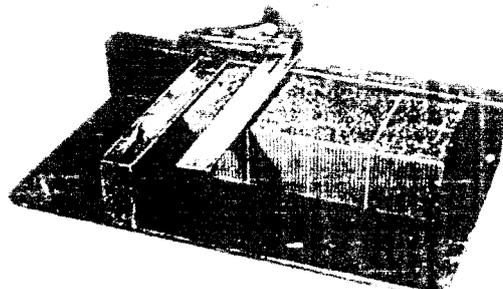
Gambar 4.9 Pengujian kuat tekan mortar

4.4.3 Pengujian Kuat Lekat Mortar dengan Bata

Uji kuat lekatan yang dimaksud pada pengujian ini yakni kuat lekat antara mortar yang akan digunakan dengan bata merah. Uji ini dimaksudkan untuk mengukur ikatan mengukur kekuatan ikatan mortar/adukan pada pekerjaan dinding pasangan bata. Hal ini dilakukan karena mortar yang digunakan untuk pengisi dan sekaligus perekat antar bata merah harus mempunyai kekuatan lekatan yang solid, sehingga antara bata dengan mortarnya menjadi satu kesatuan yang kokoh.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kuat lekat bata dan mortar ini adalah sebagai berikut.

1. Buat adukan mortar dengan campuran sesuai dengan ketentuan.
2. Tandai batu bata yang akan dihubungkan seperti tampak pada gambar 4.10.

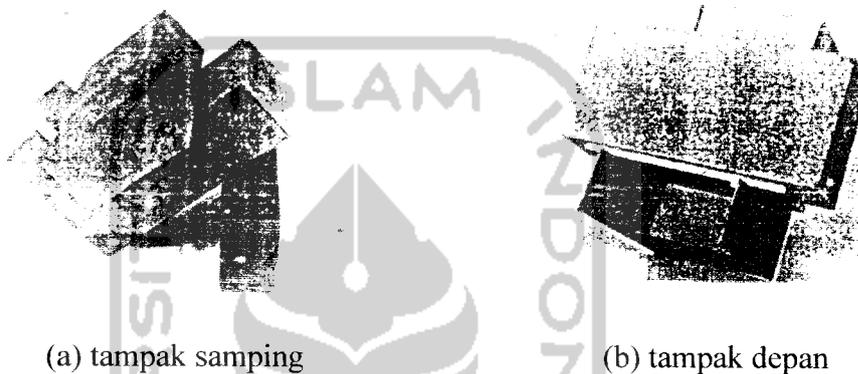


Gambar 4.10 Pemberian tanda pada batu bata

Sumber: Balitbang, Kimpraswil, 2002



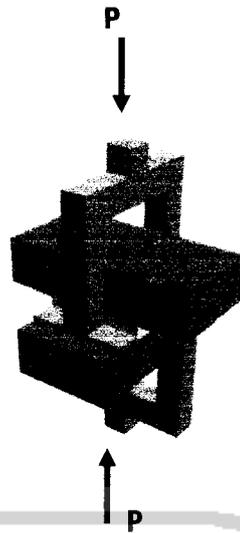
3. Buat sampel lekatan bata mortar dengan posisi bata saling tegak lurus sumbu panjangnya, seperti pada gambar 4.11 (a) dan 4.11 (b). Jumlah sampel minimal tiga buah (enam buah bata yang saling silang) untuk tiap variasi campuran mortar.
4. Mortar diletakkan diantara batu bata tersebut, atur ketebalan mortar, yaitu maksimal 15 mm.



Gambar 4.11 Pembuatan benda uji kuat lekatan mortar

Sumber: Balitbang, Kimpraswil, 2002

5. Sampel dibiarkan pada suhu ruangan $23^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ hingga berumur 7 hari serta 28 hari.
6. Alat uji kuat lekat ditera terlebih dahulu,
7. Uji sampel tersebut dengan cara menekan dengan kekuatan 5 – 6,4 mm/menit atau 0,20 – 0,25 in/menit pada masing-masing sisi dalam bata hingga runtuh seperti tampak pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengujian kuat lekat mortar dengan pasangan bata

8. Amati hasil pengujian untuk mengetahui pola keruntuhan, sehingga dapat diketahui keruntuhan yang terjadi terletak pada mortar, bata atau pada lekatannya. Amati pula beban maksimum hingga sampel retak/pecah.
9. Hasil laporan dari pengujian ini berupa data kuat lekatan rata-rata benda uji serta pola keruntuhan.

4.5 RAWATAN BENDA UJI KUAT TEKAN MORTAR

Maksud dilakukannya rawatan mortar adalah untuk mengurangi dan mencegah terjadinya penguapan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, sehingga menimbulkan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Penguapan dapat juga menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, sehingga timbul tegangan tarik yang menyebabkan retak, kecuali bila mortar telah mencapai kekuatan yang cukup untuk menahan tegangan ini. Karena hal-hal tersebut diatas, maka mortar harus dijaga agar selalu berada pada suhu yang dikehendaki.

4.5.1 Rawatan Mortar Umur 7 Hari

Rawatan mortar untuk uji kuat tekan umur 7 hari adalah sebagai berikut.

1. Mortar yang telah berumur 1 hari, diangkat dari cetakan dan diberi nomor.

2. Semua benda uji direndam dalam bak rendaman hingga berumur 5 hari.
3. Setelah berumur 5 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu kamar ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) diletakkan di atas karung yang dibasahi dan diangin-anginkan hingga berumur 7 hari.

4.5.2 Rawatan Mortar Umur 28 Hari

Rawatan mortar untuk uji kuat tekan umur 28 hari adalah sebagai berikut.

1. Mortar yang telah berumur 1 hari, diangkat dari cetakan dan diberi nomor.
2. Semua benda uji direndam dalam bak rendaman hingga berumur 26 hari.
3. Setelah berumur 26 hari, benda uji dengan rawatan pada suhu kamar ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) diletakkan di atas karung yang dibasahi dan diangin-anginkan hingga berumur 28 hari.

4.6 REKAPITULASI BENDA UJI

Jumlah benda uji (sampel) masing-masing variasi untuk setiap pengujian dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Jumlah benda uji kuat tekan mortar normal

Variasi Campuran (semen : pasir)	Umur	
	7 hari	28 hari
1 : 3	5	5
1 : 4	5	5
1 : 5	5	5
1 : 6	5	5
1 : 7	5	5

Tabel 4.3 Jumlah benda uji kuat lekat mortar normal dengan pasangan bata

Variasi Campuran (semen : pasir)	Umur	
	7 hari	28 hari
1 : 3	5	5
1 : 4	5	5
1 : 5	5	5
1 : 6	5	5
1 : 7	5	5

Tabel 4.4 Jumlah benda uji kuat tekan mortar limbah gempu

Variasi Campuran (semen : limbah gempu)	Umur	
	7 hari	28 hari
1 : 3	5	5
1 : 4	5	5
1 : 5	5	5
1 : 6	5	5
1 : 7	5	5

Tabel 4.5 Jumlah benda uji kuat lekat mortar limbah gempu dengan pasangan bata

Variasi Campuran (semen : limbah gempu)	Umur	
	7 hari	28 hari
1 : 3	5	5
1 : 4	5	5
1 : 5	5	5
1 : 6	5	5
1 : 7	5	5

Jadi, jumlah total sampel untuk uji kuat tekan mortar normal adalah 50 sampel/*specimen* dan jumlah total sampel untuk uji kuat lekat mortar normal

dengan pasangan bata adalah 50 sampel/*specimen*. Jumlah total sampel untuk uji kuat tekan mortar limbah adalah 50 sampel/*specimen* dan jumlah total sampel untuk uji kuat lekat mortar limbah dengan pasangan bata adalah 50 sampel/*specimen*. Total keseluruhan benda uji adalah 200 sampel/*specimen*.

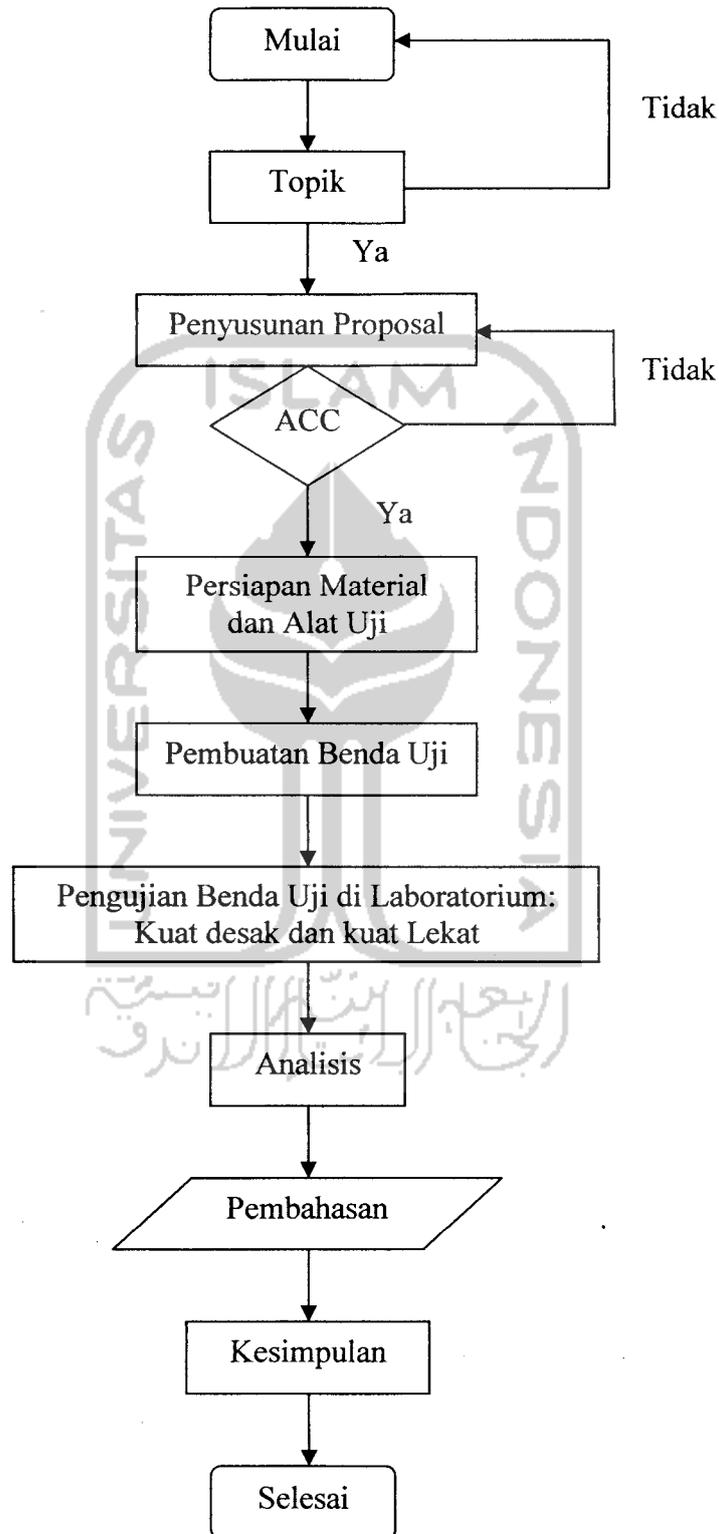
4.7 PENGOLAHAN DATA

Setelah bahan dan alat uji siap, serta sampel telah dibuat, maka sampel siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan/korelasi antara satu pengujian dengan pengujian lainnya.

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh perlu diolah lebih lanjut dengan menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* atau dapat pula menggunakan *software SPSS*. Di samping itu, terdapat hal-hal dasar yang menjadi acuan dalam pengolahan data. Besar penyimpangan dapat diketahui dari data yang tersajikan melalui standar deviasi atau simpangan baku. Untuk menjelaskan data sampel dari hasil pengujian dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan regresi linier, sedangkan untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara pengujian yang satu dengan pengujian yang lain dapat dijelaskan dengan analisis korelasi.

Pada penelitian ini, yang merupakan variabel bebas (x) adalah jenis agregat halus serta rasio semen dengan agregat halus tersebut, sedangkan variabel terikatnya (y) adalah kuat tekan dan kuat lekat mortar semen.

4.8 BAGAN ALIR PENELITIAN



Gambar 4.13 Flow chart penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 UMUM

Data hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium, kemudian dianalisis. Data yang disajikan berupa hasil pengujian kuat tekan mortar, kuat lekat mortar dengan pasangan bata, dan berat volume mortar.

5.2 UJI KUAT TEKAN MORTAR

Pengujian tekan mortar ini bertujuan untuk mengetahui beban tekan maksimal yang masih mampu ditahan oleh mortar. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm. Variasi mortar dalam pengujian ini menggunakan campuran semen : agregat halus (pasir dan limbah), sebagai berikut 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6, dan 1 : 7. Kuat tekan mortar diketahui dari uji kuat tekan mortar sebanyak 5 benda uji untuk masing-masing variasi. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah benda uji berumur 7 dan 28 hari. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 4, sedangkan perhitungannya menggunakan persamaan (3.1).

Contoh perhitungan sampel 1 dengan campuran 1 : 3 (agregat halus berupa pasir) yang diuji pada umur 7 hari adalah:

Diketahui data pengukuran sampel kuat tekan mortar seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data pengukuran mortar normal 1 : 3 sampel 1

Variabel	Data
Panjang (l)	5,32 cm
Lebar (b)	5,15 cm
Tebal (d)	4,96 cm
Beban Maksimum (P_{max})	4.220 kg

Luasan bidang tekan = panjang area tekan \times lebar area tekan

$$\begin{aligned} A \text{ mortar} &= l \times b \\ &= 5,32 \times 5,15 \\ &= 27,3980 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai persamaan (3.1), maka besarnya kuat tekan mortar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{4220 \text{ kg}}{27,3980 \text{ cm}^2} \\ &= 154,0258 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya, nilai-nilai *Compressive strength* (C_s) untuk masing-masing sampel ditabelkan dan dicari deviasi standarnya. Cara perhitungan untuk kuat tekan mortar normal campuran 1 : 3 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.2. Nilai *Compressive strength* (C_s) untuk benda uji lainnya didapatkan dengan cara yang sama. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 untuk umur 7 hari, serta Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 untuk umur 28 hari, sedangkan untuk persentase kuat tekan mortar limbah terhadap kuat tekan mortar normal dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.8.

Bentuk perhitungan untuk nilai standar deviasi untuk variasi mortar 1 : 3 (agregat halus berupa pasir/mortar normal) yang diuji pada umur 7 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 5.2 Kuat tekan mortar normal 1 : 3 umur 7 hari

Sampel	X_i (kuat tekan mortar) kg/cm^2	X_i^2
1	154,0258	23723,9598
2	212,2471	45048,8356
3	207,3024	42974,3033
4	169,3004	28662,6385
5	231,3808	53538,0691
Σ	974,2566	193946,8063

Dari Tabel 5.2 diperoleh $\sum X_i = 974,2566$ dan $n = 5$, sesuai persamaan (3.3)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{974,2566}{5} = 194,8513 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data $\sum X^2 = 193946,8063$, sehingga sesuai persamaan (3.4),

$$s = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(5 \times 193946,8063) - (974,2566)^2}{5(5-1)}} = 32,06093$$

Persentase kuat tekan mortar limbah terhadap mortar normal dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Campuran 1 : 3 Umur 7 hari

Sampel 1

$$\frac{219,2013}{154,0258} \times 100\% = 142,3147\%$$

Nilai standar deviasi untuk masing-masing sampel didapatkan dengan cara yang sama. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 5.3 Kuat tekan mortar normal umur 7 hari

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	154,0258	127,7162	108,8431	78,8956	39,3678
2	212,2471	136,5015	82,6605	75,2663	46,9612
3	207,3024	152,1144	72,3985	66,2660	37,7210
4	169,3004	143,6609	79,1261	63,4258	46,4002
5	231,3808	137,2099	89,9685	64,4375	34,4681
Rata-rata	194,8513	139,4406	86,5994	69,6582	40,9837
Deviasi standar (s)	32,06093	9,076231	13,95672	6,971146	5,494966

Tabel 5.4 Kuat tekan mortar limbah umur 7 hari

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	219,2013	169,4270	102,0372	91,3938	73,1202
2	188,3121	175,1848	136,0316	96,0724	34,6821
3	207,0866	206,1889	154,2702	85,9258	37,4745
4	195,8873	194,9721	126,6849	73,9159	37,5147
5	227,1951	207,0908	114,1139	71,6416	51,3049
Rata-rata	207,5365	190,5727	126,6275	83,7899	46,8193
Deviasi standar (s)	16,0313	17,4642	20,0863	10,7042	16,0707

Tabel 5.5 Persentase kuat tekan mortar limbah terhadap kuat tekan mortar normal (pasir) pada umur 7 hari

Sampel	Persentase Kuat Tekan Mortar (C_s) (%)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	142,3	132,7		115,8	185,7
2		128,3	164,6	127,6	
3		135,5	213,1	129,7	
4	115,7	135,7	160,1	116,5	
5		150,9	126,8	111,2	148,8
Rata-rata	106,5	136,7	146,2	120,3	114,2

Tabel 5.6 Kuat tekan mortar normal umur 28 hari

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	217,7068	217,5413	115,3403	118,4048	55,6562
2	216,1612	161,0458	128,2935	108,0866	43,6840
3	235,0875	190,2694	116,3250	78,8282	75,4885
4	260,0511	157,7127	91,6043	87,3016	70,8617
5	254,9559	110,9570	103,0596	72,0497	49,4036
Rata-rata	236,7925	167,5053	110,9245	92,9342	59,0188
Deviasi standar (s)	20,3942	39,8658	14,0132	19,6546	13,6969

Tabel 5.7 Kuat tekan mortar limbah umur 28 hari

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	344,8371	220,3528	214,8320	153,6204	103,5468
2	301,4660	266,1700	220,2715	141,3942	121,4486
3	233,4692	293,8945	214,1576	158,3971	108,9800
4	261,0365	218,0973	229,1645	186,3105	93,0256
5	258,4920	212,3058	201,1478	139,0082	84,4516
Rata-rata	279,8601	242,1641	215,9147	155,7461	102,2905
Deviasi standar (s)	43,7375	36,0513	10,2086	18,9200	14,2953

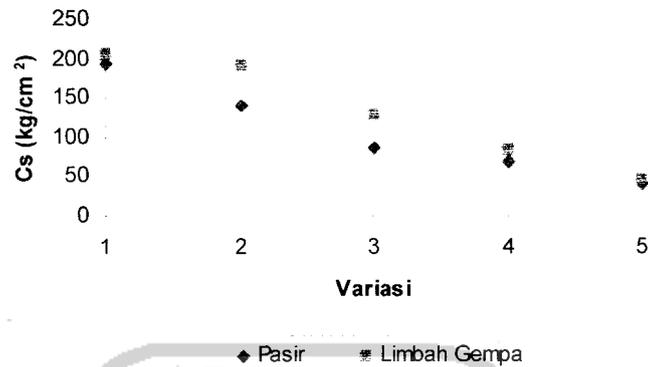
Tabel 5.8 Persentase kuat tekan mortar limbah terhadap kuat tekan mortar normal (pasir) pada umur 28 hari

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (%)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	158,4	101,3	186,3	129,7	186,0
2	139,5	165,3	171,7	130,8	278,0
3	...	154,5	184,1	200,9	144,4
4	100,4	138,3	250,2	213,4	131,3
5	101,4	191,3	195,2	192,9	170,9
Rata-rata	118,2	144,6	194,7	167,6	173,3

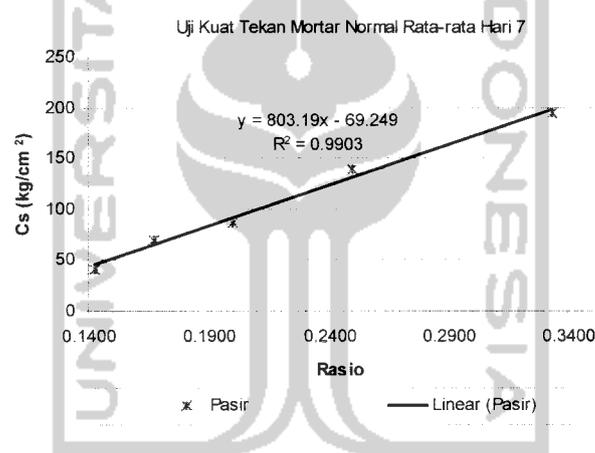
Grafik hasil uji kuat tekan mortar serta hasil regresinya dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini. Variasi 1, 2, 3, 4, dan 5 pada grafik berikut berarti mortar dalam pengujian ini menggunakan campuran semen : agregat halus (pasir dan limbah), yaitu 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6, dan 1 : 7.

Untuk memudahkan pembuatan garis regresi, maka gambar grafik regresi dibuat secara angka desimal sebagai pengganti variasi. Angka tersebut menunjukkan perbandingan semen dengan agregat halus.

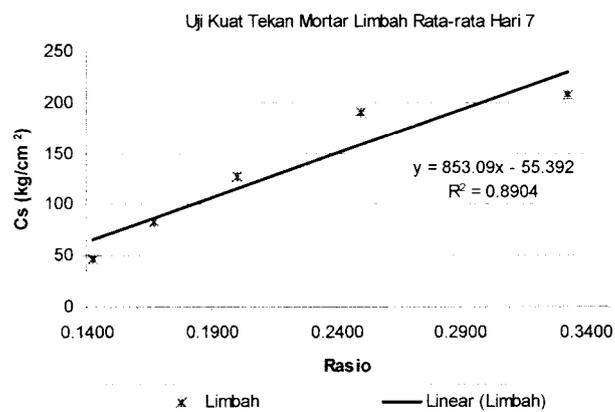
Uji Kuat Tekan Mortar Rata-rata Umur 7 hari



Gambar 5.1 Uji kuat tekan mortar rata-rata umur 7 hari

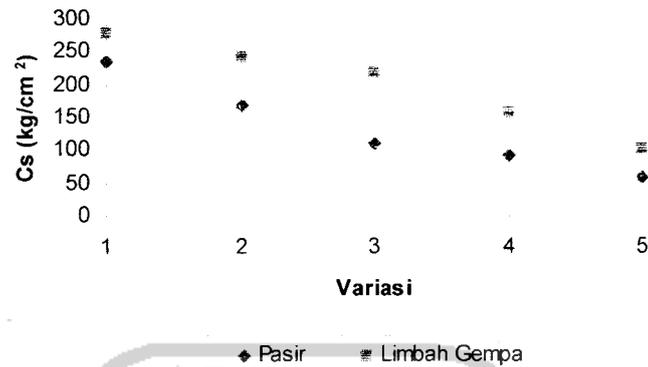


Gambar 5.2 Regresi uji kuat tekan mortar normal rata-rata umur 7 hari

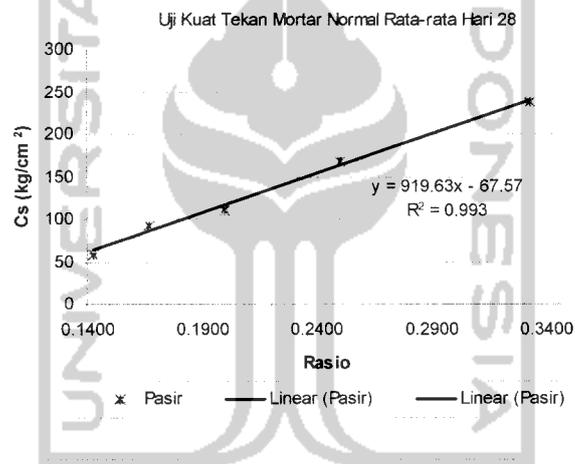


Gambar 5.3 Regresi uji kuat tekan mortar limbah rata-rata umur 7 hari

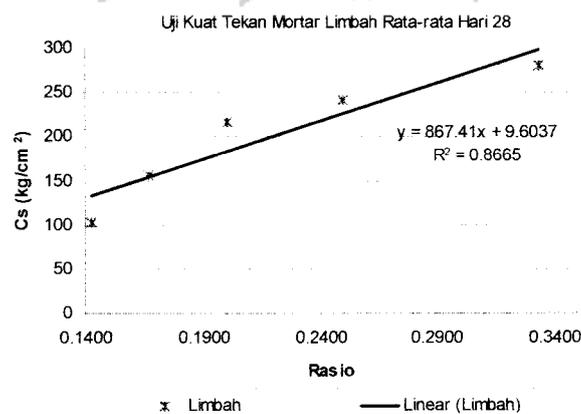
Uji Kuat Tekan Mortar Rata-rata Umur 28 hari



Gambar 5.4 Uji kuat tekan mortar rata-rata umur 28 hari



Gambar 5.5 Regresi uji kuat tekan mortar normal rata-rata umur 28 hari



Gambar 5.6 Regresi uji kuat tekan mortar limbah rata-rata umur 28 hari

Berdasarkan hasil penelitian seperti terlihat pada tabel serta gambar grafik di atas, diketahui bahwa kuat tekan mortar dengan variasi campuran agregat halus berupa limbah mempunyai kuat tekan lebih tinggi daripada mortar dengan campuran agregat halus berupa pasir. Dapat dilihat pula pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.8, kenaikan kekuatan untuk variasi 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6, dan 1 : 7 pada umur 7 hari masing-masing adalah 6,5%, 36,7%, 46,2%, 20,3%, dan 14,2%. Kenaikan kekuatan pada umur 28 hari untuk masing-masing variasi adalah 18,2%, 44,6%, 94,7%, 67,6%, dan 73,3%. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa variasi yang menghasilkan peningkatan kuat desak limbah terhadap mortar normal yang paling tinggi adalah variasi 3, yaitu campuran mortar dengan rasio semen : agregat halus sebesar 1 : 5. Hal ini dikarenakan pada perbandingan tersebut menunjukkan komposisi yang cukup seimbang antara reaktor (semen merah) dan pereaktornya (semen), sehingga cukup banyak membentuk Kalsium silikat hidrat (CSH) baru yang dapat meningkatkan kuat tekan mortar. Pada rasio 1 : 7, semen yang ada terlalu sedikit, sedangkan pada rasio 1 : 3, semen merah yang ada terlalu sedikit, sehingga reaksi tersebut tidak banyak membentuk CSH baru.

Kesimpulan yang dapat diambil dari Gambar 5.6 menunjukkan korelasi antara kuat tekan mortar limbah pada umur 28 hari dengan variasinya cenderung positif dan mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 86,65%. Artinya, kenaikan kuat tekan mortar limbah sangat kuat pengaruhnya terhadap kenaikan rasio semen dengan agregat halusnya, yaitu sebesar 86,65%. Jadi, semakin sedikit agregat halus yang digunakan, maka kuat tekan mortar akan semakin meningkat. Regresi linier hasil pengujian kuat tekan mortar limbah umur 28 hari adalah $y = 867,41x + 9,6037$.

Kecenderungan kuat tekan mortar limbah lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal dikarenakan pemakaian limbah gempap, apabila dicampur dengan semen baru (OPC/PC/PPC), yaitu semen yang memiliki sisa kapur padam, maka semen tersebut dapat bereaksi dengan silika yang terkandung di dalam bahan Pozzoland, seperti di dalam bata yang dihaluskan. Sisa pasir dan kapur dari sisa mortar dimanfaatkan sebagai bahan isian (*filler*). Hal ini membuktikan bahwa limbah gempap dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pasir pada mortar.

5.3 UJI KUAT LEKAT MORTAR DENGAN PASANGAN BATA

Pengujian kuat lekat mortar ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai beban maksimum yang mampu ditahan oleh lekatan antara mortar dengan bata. Keruntuhan yang terjadi pada uji lekatan bersifat adhesi dan kohesi. Kerusakan adhesi adalah kerusakan yang terjadi akibat lepasnya lekatan antara mortar dan bata, sedangkan kerusakan kohesi adalah runtuh pada bata atau mortar. Kuat lekatan mortar dengan bata diketahui dari uji kuat lekatan mortar dengan bata sebanyak 5 (lima) buah benda uji dari setiap variasi. Pengujian kuat lekat mortar dengan bata dilakukan setelah benda uji berumur 7 dan 28 hari. Data selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Lampiran 5, sedangkan perhitungannya menggunakan persamaan (3.2).

Contoh perhitungan sampel 1 dengan campuran 1 : 3 (agregat halus berupa pasir) yang diuji pada umur 7 hari adalah:

Diketahui data pengukuran sampel kuat lekatan mortar dengan bata seperti pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Data pengukuran mortar normal 1:3 sampel 1

Variabel	Data
Panjang area lekatan (l)	11,22 cm
Lebar area lekatan (b)	11,51 cm
Beban Maksimum (P_{max})	7.5 kg

Luasan bidang lekatan= panjang area lekatan \times lebar area lekatan

$$\begin{aligned}
 A \text{ penampang} &= l \times b \\
 &= 11,22 \times 11,51 \\
 &= 129,142 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Sesuai persamaan (3.2), maka besarnya kuat tekan mortar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Bond strength (Bs)} &= \frac{P_{max}}{A} \\
 &= \frac{7,5 \text{ kg}}{129,142 \text{ cm}^2} \\
 &= 0,0581 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, nilai-nilai *Bond strength* (B_s) untuk masing-masing sampel ditabelkan dan dicari deviasi standarnya. Cara perhitungan untuk kuat lekatan mortar normal campuran 1 : 3 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.10. Nilai *Bond strength* (B_s) untuk benda uji lainnya didapatkan dengan cara yang sama. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11, Tabel 5.12, dan Tabel 5.13, Tabel 5.14. Bentuk perhitungan untuk nilai standar deviasi untuk variasi mortar 1:3 (agregat halus berupa pasir) yang diuji pada umur 7 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 5.10 Kuat tekan lekatan mortar normal 1 : 3 umur 7 hari

Sampel	X_i (kuat lekatan mortar) kg/cm ²	X_i^2
1	0,0581	0,0034
2	-	-
3	0,0795	0,0063
4	0,0595	0,0035
5	-	-
Σ	0,1970	0,0132

Dari Tabel 5.10 diperoleh $\Sigma X_i = 0,1970$ dan $n = 3$, sesuai persamaan (3.3)

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{0,1970}{3} = 0,0657 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan standar deviasi, diperoleh data $\Sigma X^2 = 0,0132$, sehingga sesuai persamaan (3.4)

$$s = \sqrt{\frac{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(3 \times 0,0132) - (0,1970)^2}{3(3-1)}} = 0,0120$$

Nilai standar deviasi selanjutnya didapatkan dengan cara yang sama. Nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini.

Tabel 5.11 Kuat lekatan mortar normal umur 7 hari

Sampel	Kuat Lekat Mortar (B_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	0,0581	-	0,0805	-	-
2	-	-	-	-	0,0814
3	0,0795	0,1175	0,0596	-	-
4	0,0595	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
Rata-rata	0,0657	0,1175	0,0701	-	0,0814
Deviasi standar (s)	0,0370	0,0525	0,0391	0	0,0364

Tabel 5.12 Kuat lekatan mortar limbah umur 7 hari

Sampel	Kuat Lekat Mortar (B_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	0,1186	-
3	-	-	-	-	0,0693
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
Rata-rata	-	-	-	0,1186	0,0693
Deviasi standar (s)	0	0	0	0,0531	0,0310

Tabel 5.13 Kuat lekatan mortar normal umur 28 hari

Sampel	Kuat Lekat Mortar (B_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	-	-	-	-	0,0613
2	-	-	0,0593	-	0,0619
3	-	-	-	-	0,0401
4	-	-	-	-	0,0397
5	-	-	-	0,1217	-
Rata-rata	-	-	0,0593	0,1217	0,0508
Deviasi standar (s)	0	0	0,0265	0,0544	0,0252

Tabel 5.14 Kuat lekatan mortar limbah umur 28 hari

Sampel	Kuat Lekat Mortar (B_s) (kg/cm^2)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	-	-	-	-	0,1220
2	-	-	-	-	0,0798
3	-	-	-	-	0,0602
4	-	-	-	-	0,0800
5	-	-	-	0,1004	0,0600
Rata-rata	-	-	-	0,1004	0,0804
Deviasi standar (s)	0	0	0	0,0449	0,0253

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar normal dengan bata umur 7 hari, untuk variasi 1:3 menunjukkan 3 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, sisanya menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel C-1. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh rata-rata kuat lekatan untuk 3 buah sampel sebesar $0,0657 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Variasi 1:4 menunjukkan 1 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, 3 buah sampel menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah, dan 1 buah sampel lepas sebelum diuji. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel C-2. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh kuat lekatan untuk 1 buah sampel sebesar $0,1175 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar normal dengan bata umur 7 hari, untuk variasi 1:5 menunjukkan 2 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, sisanya menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel C-3. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh rata-rata kuat lekatan untuk 2 buah sampel sebesar $0,0701 \text{ kg}/\text{cm}^2$. Variasi 1:6

menunjukkan lekatan yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan patahnya batu bata untuk kelima sampel, sehingga kuat lekatan mortar tidak dapat diketahui secara pasti. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel C-4.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar normal dengan bata umur 7 hari, untuk variasi 1:7 menunjukkan 1 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, 3 buah sampel menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah, dan 1 buah sampel lepas sebelum diuji. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel C-5. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh kuat lekatan untuk 1 buah sampel sebesar $0,0814 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar limbah dengan bata umur 7 hari, untuk variasi 1:3 menunjukkan lekatan yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan patahnya batu bata untuk keempat sampel, sedangkan 1 buah sampel lepas sebelum diuji, sehingga kuat lekatan mortar tidak dapat diketahui secara pasti. Variasi 1:4 dan 1:5 menunjukkan lekatan yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan patahnya batu bata untuk kelima sampel, sedangkan 1 buah sampel lepas sebelum diuji, sehingga kuat lekatan mortar tidak dapat diketahui secara pasti. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel D-1, Tabel D-2, dan Tabel D-3.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar limbah dengan bata umur 7 hari, untuk variasi 1:6 dan 1:7 masing-masing menunjukkan 1 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, sisanya menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 3 Tabel D-4 dan Tabel D-5. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh kuat lekatan untuk 1 buah sampel masing-masing variasi sebesar $0,1186 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,0693 \text{ kg/cm}^2$.

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil tersebut di atas, bahwa dari 50 sampel mortar umur 7 hari, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah, sebagian besar kerusakan yang terjadi berupa rusaknya batu bata merah. Hal ini menunjukkan lekatan yang cukup kuat pada masing-masing variasi, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar normal dengan bata umur 28 hari, untuk variasi 1:3 dan 1:4 menunjukkan lekatan yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan patahnya batu bata untuk kelima sampel, sehingga kuat lekatan mortar tidak dapat diketahui secara pasti. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel G-1 dan Tabel G-2.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar normal dengan bata umur 28 hari, untuk variasi 1:5 dan 1:6 masing-masing menunjukkan 1 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, sisanya menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel G-3 dan Tabel G-4. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh kuat lekatan untuk 1 buah sampel masing-masing variasi sebesar $0,0593 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,1217 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar normal dengan bata umur 28 hari, untuk variasi 1:7 menunjukkan 4 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, sisanya menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel G-5. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini kurang baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya lekatan, dengan rata-rata kuat lekatan untuk 4 buah sampel sebesar $0,0508 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar limbah dengan bata umur 28 hari, untuk variasi 1:3, 1:4, dan 1:5 menunjukkan lekatan yang sangat kuat. Hal ini ditunjukkan dengan patahnya batu bata untuk kelima sampel, sehingga kuat lekatan mortar tidak dapat diketahui secara pasti. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel H-1, Tabel H-2, dan Tabel H-3. Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar

limbah dengan bata umur 28 hari, untuk variasi 1:6 menunjukkan 1 dari 5 sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan, 2 sampel menunjukkan kegagalan pada patahnya batu bata merah, dan 2 sampel lepas sebelum diuji. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel H-4. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini cukup baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya batu bata, walaupun demikian dalam uji lekatan masih diperoleh kuat lekatan untuk 1 buah sampel sebesar $0,1004 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil pengamatan yang dilakukan terhadap pengujian kuat lekatan mortar limbah dengan bata umur 28 hari, untuk variasi 1:7 menunjukkan kelima sampel yang diuji mengalami kegagalan lekatan. Hasil tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5 Tabel H-5. Hal ini menunjukkan lekatan pada variasi ini kurang baik, yang ditunjukkan dengan gagalnya lekatan, dengan rata-rata kuat lekatan untuk 5 buah sampel sebesar $0,0804 \text{ kg/cm}^2$.

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil tersebut di atas, bahwa dari 50 sampel mortar umur 28 hari, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah, sebagian besar kerusakan yang terjadi berupa rusaknya batu bata merah. Hal ini menunjukkan lekatan yang cukup kuat pada masing-masing variasi, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah, namun demikian pada mortar limbah variasi 1:7 menunjukkan lekatan yang kurang baik, ditunjukkan dengan gagalnya lekatan untuk kelima sampel. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa mortar limbah memenuhi syarat lekatan hingga perbandingan semen : agregat halus yaitu 1:6.

Kecenderungan kuat lekatan mortar limbah sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal dikarenakan pemakaian sisa reruntuhan spesi, plesteran, dan bata (limbah gempu) apabila dicampur dengan semen baru (OPC/PC/PPC), yaitu semen yang memiliki sisa kapur padam, maka semen tersebut dapat bereaksi dengan silika yang terkandung di dalam bahan Pozzoland, seperti di dalam bata yang dihaluskan. Sisa pasir dan kapur dari sisa spesi (mortar) atau plesteran dimanfaatkan sebagai bahan isian (*filler*). Hal ini membuktikan bahwa limbah sisa bangunan akibat gempu dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pasir pada mortar (bahan perekat pasangan).

5.4 HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN MORTAR DENGAN KUAT LEKATAN MORTAR

Hubungan antara kuat tekan dan kuat lekatan mortar pada umur 7 dan 28 hari tidak dapat diprediksi dengan baik. Artinya, tidak pasti bahwa kuat tekan yang tinggi mempunyai kuat lekatan yang tinggi pula.

5.5 PROPORSI MORTAR TERHADAP SYARAT STANDAR KEKUATAN MORTAR

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui proporsi kuat tekan pada umur 28 hari antara mortar dengan agregat halus berupa pasir dan mortar dengan agregat halus berupa limbah terhadap syarat standar kekuatan mortar. Tipe mortar serta kuat tekan rata-rata minimum pada umur 28 hari yang bersumber dari Badan Penelitian dan Pengembangan, Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2002), dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Tipe mortar dan kuat tekan rata-rata minimum umur 28 hari

Mortar	Tipe	Kuat tekan rata-rata 28 hari Min. (MPa)
Kapur Semen	M	17,2
	S	12,4
	N	5,2
	O	2,4
Semen Pasangan	M	17,2
	S	12,4
	N	5,2
	O	2,4

Sumber: Balitbang, Kimpraswil, 2002

Tabel 5.16 Kuat tekan mortar normal umur 28 hari dalam satuan MPa

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (MPa)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	21,3497	21,3335	11,3110	11,6115	5,4580
2	21,1982	15,7932	12,5813	10,5997	4,2839
3	23,0542	18,6591	11,4076	7,7304	7,4029
4	25,5023	15,4663	8,9833	8,5614	6,9492
5	25,0026	10,8812	10,1067	7,0657	4,8448
Rata-rata	23,2214	16,4267	10,8780	9,1137	5,7878

Kesimpulan yang dapat diambil dengan melihat persyaratan spesifikasi sifat pada Tabel 5.15 serta kuat tekan mortar normal umur 28 hari pada Tabel 5.16 yang telah dikonversi ke satuan MPa menunjukkan pada variasi perbandingan 1:3 termasuk mortar tipe M dengan kuat tekan rata-rata umur 28 hari minimal adalah 17,2 MPa. Pada perbandingan 1:4 termasuk mortar tipe S dengan kuat tekan rata-rata umur 28 hari minimal adalah 12,4 MPa. Kemudian untuk variasi perbandingan 1:5, 1:6, dan 1:7 termasuk mortar tipe N, dengan kuat tekan rata-rata umur 28 hari minimal adalah 5,2 MPa.

Tabel 5.17 Kuat tekan mortar limbah umur 28 hari dalam satuan MPa

Sampel	Kuat Tekan Mortar (C_s) (MPa)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	33,8170	21,6092	21,0678	15,0650	10,1545
2	29,5637	26,1024	21,6013	13,8660	11,9100
3	22,8955	28,8212	21,0017	15,5334	10,6873
4	25,5989	21,3880	22,4734	18,2708	9,1227
5	25,3494	20,8201	19,7259	13,6321	8,2819
Rata-rata	27,4449	23,7482	21,1740	15,2735	10,0313

Berdasarkan Tabel 5.15 dan Tabel 5.17 yang telah dikonversi ke satuan MPa, dapat diketahui bahwa pada variasi perbandingan 1:3, 1:4, dan 1:5 termasuk

mortar tipe M dengan kuat tekan rata-rata umur 28 hari minimal adalah 17,2 MPa. Pada perbandingan 1:6 termasuk mortar tipe S dengan kuat tekan rata-rata umur 28 hari minimal adalah 12,4 MPa. Kemudian untuk variasi perbandingan 1:7 termasuk mortar tipe N, dengan kuat tekan rata-rata umur 28 hari minimal adalah 5,2 MPa.

Tabel 5.18 Pemilihan mortar pasangan^{a)}

Lokasi	Bagian Bangunan	Tipe Mortar	
		Rekomendasi	Alternatif
Bagian luar, di atas level	Dinding pemikul beban	N	S atau M
	Dinding bukan pemikul beban	O ^{b)}	S atau M
	Sandaran dinding	N	S
Bagian luar, di bawah level	Pondasi, dinding, dinding pemikul beban, manhole, sumur, jalan setapak	S ^{c)}	M atau N ^{c)}
Bagian dalam	Dinding bukan pemikul beban	N	S atau M
	Partisi bukan pemikul beban	O	N
Bagian luar dan dalam	Dekoratif dan pelindung	O	S

Sumber: Balitbang, Kimpraswil, 2002

- Keterangan:
- a): tabel 3.3 tidak digunakan untuk cerobong asap, pasangan bertulang, mortar tahan asam.
 - b): Mortar tipe O direkomendasikan untuk digunakan dalam pasangan yang apabila lembab/jenuh tidak menjadi beku atau tidak langsung angin kencang atau beban lateral yang berarti. Mortar tipe N atau S digunakan dalam lain nial.
 - c): pasangan yang langsung kena cuaca pada permukaannya adalah mudah terserang cuaca. Mortar untuk beberapa jenis pasangan harus dipilih secara hati-hati.

5.6 PERBANDINGAN BERAT VOLUME MORTAR

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan berat volume antara mortar dengan agregat halus berupa pasir dengan mortar dengan agregat halus berupa limbah. Nilai Berat Volume Mortar untuk benda uji berbentuk kubus 5 x 5 x 5 cm dapat dilihat pada Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.22, dan Tabel 5.23, serta grafik seperti pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8. Persentase berat volume mortar limbah terhadap berat volume mortar normal (pasir) dapat dilihat pada Tabel 5.21 dan Tabel 5.24.

Tabel 5.19 Berat volume mortar normal umur 7 hari

Sampel	Berat Volume Mortar (gr)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	282	264	262	256	265
2	287	275	260	256	259
3	278	287	255	252,5	275
4	276	289	264	252,5	268
5	295	286	275	252,5	246,5
Rata-rata	283,6	280,2	263,2	253,9	262,7

Tabel 5.20 Berat volume mortar limbah umur 7 hari

Sampel	Berat Volume Mortar (gr)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	288	268	281	252	244
2	278	270	279	250	233
3	269	270	254	236	265
4	275	287	245	257	231
5	272	265	275	230	258
Rata-rata	276,4	272	266,8	245	246,2

Tabel 5.21 Persentase berat volume mortar limbah terhadap berat volume mortar normal (pasir) pada umur 7 hari

Sampel	Berat Volume Mortar (gr)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	102,1	101,5	107,3	98,4	92,1
2	96,9	98,2	107,3	97,7	90,0
3	96,8	94,1	99,6	93,5	96,4
4	99,6	99,3	92,8	101,8	86,2
5	92,2	92,7	100,0	91,1	104,7
Rata-rata	97,5	97,1	101,4	96,5	93,7

Tabel 5.22 Berat volume mortar normal umur 28 hari

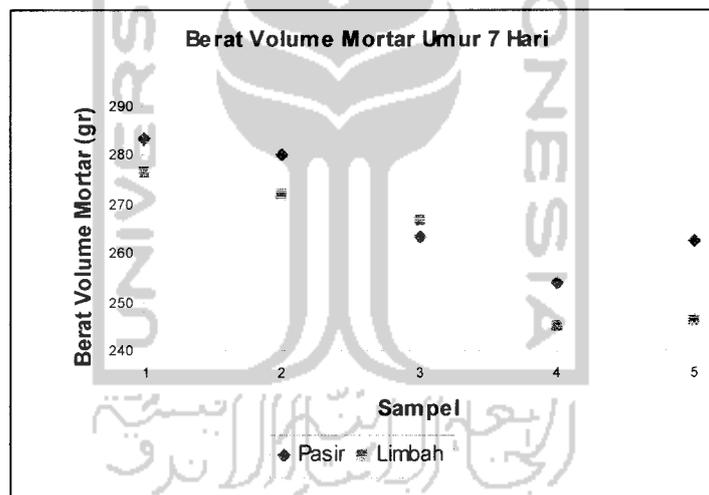
Sampel	Berat Volume Mortar (gr)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	295	290	271	278,5	288
2	301	318	273	314	281
3	277,5	326,5	295,5	290	285
4	305,5	343	273	315,5	291
5	324	303	289	305,5	288,5
Rata-rata	300,6	316,1	280,3	300,7	286,7

Tabel 5.23 Berat volume mortar limbah umur 28 hari

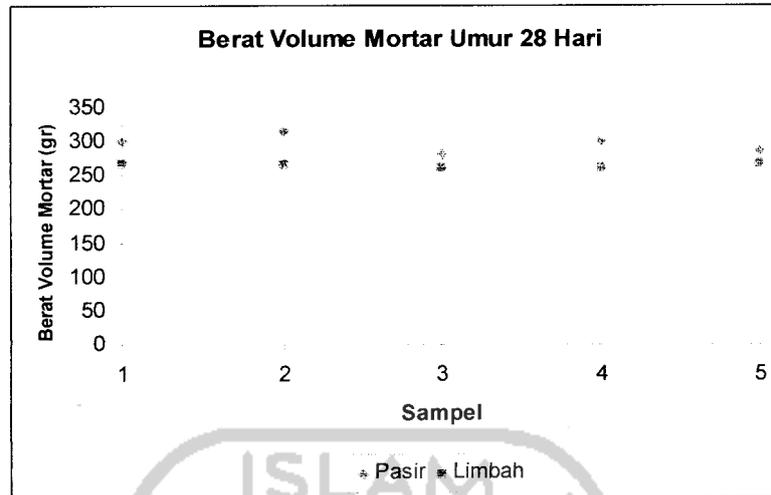
Sampel	Berat Volume Mortar (gr)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	264	258	282	256	278
2	274	278	258	270,5	268
3	264,5	277	248,5	250	275
4	264	267	249,5	260	253
5	275	254	271	270	254
Rata-rata	268,3	266,8	261,8	261,3	265,6

Tabel 5.24 Persentase berat volume mortar limbah terhadap berat volume mortar normal (pasir) pada umur 28 hari

Sampel	Berat Volume Mortar (gr)				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
1	89,5	89,0	104,1	91,9	96,5
2	91,0	87,4	94,5	86,1	95,4
3	95,3	84,8	84,1	86,2	96,5
4	86,4	77,8	91,4	82,4	86,9
5	84,9	83,8	93,8	88,4	88,0
Rata-rata	89,3	84,4	93,4	86,9	92,6



Gambar 5.7 Berat volume mortar rata-rata umur 7 hari



Gambar 5.8 Berat volume mortar rata-rata umur 28 hari

Berdasarkan hasil penelitian seperti terlihat pada tabel serta gambar grafik di atas, diketahui bahwa berat volume mortar dengan variasi campuran agregat halus berupa limbah mempunyai berat volume lebih ringan daripada mortar dengan campuran agregat halus berupa pasir.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan akhir untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Kuat tekan mortar dengan variasi campuran agregat halus berupa limbah gempu menunjukkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada mortar dengan campuran agregat halus berupa pasir. Kenaikan kekuatan untuk variasi 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6, dan 1 : 7 pada umur 7 hari masing-masing adalah 6,5%, 36,7%, 46,2%, 20,3%, dan 14,2%. Kenaikan kekuatan pada umur 28 hari untuk masing-masing variasi adalah 18,2%, 44,6%, 94,7%, 67,6%, dan 73,3%. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa variasi yang menghasilkan peningkatan kuat desak mortar limbah terhadap mortar normal yang paling tinggi adalah variasi 3, yaitu campuran mortar dengan rasio semen : agregat halus sebesar 1 : 5.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat lekat mortar dengan pasangan bata, dari 100 sampel mortar umur 7 dan 28 hari, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah, sebagian besar kerusakan yang terjadi berupa rusaknya batu bata merah. Hal ini menunjukkan lekatan yang cukup kuat pada masing-masing variasi, baik pada mortar dengan agregat halus berupa pasir maupun limbah. Mortar limbah memenuhi syarat kuat lekatan hingga perbandingan semen : agregat halus yaitu 1 : 6.
3. Berat volume mortar dengan variasi campuran agregat halus berupa limbah gempu mempunyai berat volume lebih ringan daripada mortar dengan campuran agregat halus berupa pasir. Penurunan berat volume mortar untuk variasi 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, dan 1 : 7 pada umur 7 hari masing-masing adalah 2,5%, 2,9%, 3,5%, dan 6,3%. Penurunan berat volume

mortar pada umur 28 hari untuk masing-masing variasi adalah 10,7%, 15,6%, 6,6%, 13,1%, dan 7,4%.

4. Pada pelaksanaan pengujian, pencampuran bahan-bahan penyusun mortar dilakukan secara manual, menjadikan mortar tampak kurang homogen. Pembuatan benda uji untuk umur 7 dan 28 hari dilakukan pada waktu yang tidak bersamaan karena keterbatasan cetakan mortar.
5. Penelitian ini hanya berlaku untuk variasi campuran 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6, dan 1 : 7.
6. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan pengaruh substitusi pasir dengan limbah sisa bangunan akibat gempa cukup berarti terhadap kenaikan kualitas mortar. Hal ini berarti limbah sisa bangunan akibat gempa dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasir pada bahan perekat pasangan/spesi.

6.2 Saran-saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan campuran yang lebih homogen, akan lebih baik dilaksanakan dengan menggunakan alat mesin pengaduk/molen.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, pembuatan benda uji umur 7 dan 28 hari sebaiknya dilakukan pada waktu yang bersamaan, serta disarankan penambahan jumlah cetakan mortar untuk uji kuat lekat.
3. Untuk memperoleh hubungan antara kuat tekan dan kuat lekatan mortar, perlu dilakukan penelitian yang lebih detail.
4. Untuk memperoleh berat volume yang relatif lebih kecil, namun dengan kekuatan yang lebih baik, maka disarankan penggunaan mortar dengan agregat halus berupa limbah gempa sebagai bahan perekat utama pasangan bangunan.
5. Untuk mendapatkan komposisi campuran mortar yang lebih akurat, maka disarankan diadakan penelitian lebih lanjut dengan variasi yang berbeda serta perlu adanya penambahan variasi agregat halus.

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2002, METODE, SPESIFIKASI, DAN TATA CARA, Bagian:3, Beton, Semen, dan Perkerasan Beton Semen, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- _____, 2002, SK SNI 03 - 2847 - 2002, TATA CARA PERENCANAAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- _____, 2003, ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, Section 4 Construction, Volume 04.01, Philadelphia, USA.
- _____, 2003, ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, Section 4 Construction, Volume 04.05, Philadelphia, USA.
- _____, 2005, BUKU PEDOMAN TUGAS AKHIR DAN PRAKTEK KERJA, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- _____, Mei 2006, GEMPA BUMI MERUSAK DI YOGYAKARTA, 27 MEI 2006, www.bmg.com.
- _____, 2006, HIDUP DIATAS GARIS PETAKA, Majalah Tempo, edisi 5 - 11 Juni 2006, Gramedia, Jakarta.
- _____, 17 Juni 2006, DATA KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA 27 MEI 2006, www.mediacenter.com.
- _____, 13 Agustus 2006, BATAKO DARI BEKAS RERUNTUHAN, Koran Kedaulatan Rakyat, Yogyakarta.
- _____, 28 Agustus 2006, RUMAH DINDING PANEL DIMINATI, Koran Bernas, Yogyakarta.
- _____, 30 Agustus 2006, MENYULAP RERUNTUHAN GEMPA MENJADI BUTIRAN HALUS, Koran Kedaulatan Rakyat, Yogyakarta.

- A. Halim Hasmar, 2006, EVALUASI KARAKTERISTIK PARAMETER GEMPA UNTUK GEMPA TEKTONIK JOGJA 2006, tidak diterbitkan, hal. 1-3.
- Abdul Kadir Aboe, 1993, KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR MIKRO BETON, Tesis Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Bima Widjajaputra, 14 Juni 2006, MENUJU JOGJAKARTA BANGKIT, www.detik.com.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1964, BATA MERAH SEBAGAI BAHAN BANGUNAN NI-10, Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982, PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA, Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Dheny M.W. dan Eko Setiyono, 2006, PERBANDINGAN KEKUATAN PASANGAN BATA MERAH DAN BATU KAPUR DENGAN PERAWATAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT DAERAH TUBAN JAWA TIMUR, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Dinalarantini dan Arief. H. Saragih, 2005, SIFAT-SIFAT FISIK BATA, KUAT TEKAN, LENTUR, DAN GESER DINDING PASANGANNYA DENGAN VARIASI CAMPURAN MORTAR PADA BATA EXPOSE, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Gideon Hadi Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasar SK-SNI T-15-1991-03, Erlangga, Jakarta.
- Heinz Frick dan Ch. Koesmartadi, 1999, ILMU BAHAN BANGUNAN I, Kanisius, Yogyakarta.
- Heinz Frick, 1980, ILMU KONSTRUKSI BANGUNAN, Kanisius, Yogyakarta.
- Julianto dan Herriyanto, 1997, PEMANFAATAN LIMBAH PDAAT PABRIK KERTAS TERHADAP KARAKTERISTIK KOHESIF MORTAR SEMEN, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Kardiyono Tjokrodimoeljo, 1992, BAHAN BANGUNAN, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

_____, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Laurentius Wahyudi dan Syahril A. Rahim, 1997, STRUKTUR BETON BERTULANG, Gramedia, Jakarta.

Murdock, L.J., and Brook, K.M.. 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, TERJEMAHAN Ir. Stephanus Hendarko, Erlangga, Jakarta.

Nidzamudin Al Hudda dan Habib Zulianto, 2000, PENGARUH MINERAL ZEOLIT DAN BAHAN TAMBAH SIKAMENT NTERHADAP KUAT TEKAN BETON DAN MORTAR, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

PERHIMAGI, IAGI, dan Yayasan Harinjing Lestari AMC, PERTANYAAN SEPUTAR GEOLOGI-GEOFISIKA GEMPA 27 MEI 2006, www.kompas.com.

Priyosulistyo, 30 Agustus 2006, PEMAKAIAN SISA RERUNTUHAN, Koran Kedaulatan Rakyat, Yogyakarta.

Suharsimi Arikunto, 2002, PROSEDUR PENELITIAN, Suatu Pendekatan Praktek, Rineka Cipta, Jakarta.

Supramono dan Sugiarto, 1993, STATISTIK, Andi Offset, Yogyakarta.

Sutrisno Hadi, 2004, STATISTIK, Andi Offset, Yogyakarta.

Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1995, PENGETAHUAN BAHAN TEKNIK, Pradnya Paramita, Jakarta.

Widjoyo, Sutopo E., dan Prabowo, 1977, ILMU BAHAN BANGUNAN I, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.

Widodo dan Harsoyo, 2006, LAPORAN EVALUASI KERUSAKAN BANGUNAN TOKO MEUBEL PRIMA, tidak diterbitkan, hal. 1-3.

LAMPIRAN I

Kartu Peserta Tugas Akhir

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
..	Tisara Sita	03 511 004	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR

Pemanfaatan Limbah Sisa Bangunan Akibat Cempa Sebagai Bahan Perekat Pasangan

PERIODE KE : I (Sept.06- Pebr.07)

TAHUN TA : 2006 - 2007

Sampai Akhir Pebruari 2007

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

Dosen Pembimbing I : Harsoyo,Dr,Ir,H,MSc

Dosen Pembimbing II : A Kadir Aboe,Ir,H,MS



Jogjakarta . 11-Sep-06
 a.n. Dekan



Catatan :

Seminar : 22 SEPTEMBER 2006 13.00

Sidang : 5 JANUARI 2007 13.00

Pendadaran : 10 JANUARI 2007 09.30

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TA TA
1	20-09-06	Siap dicamcakan	✗
2	10-10-06	- simpulan material VTK uji lab.	✗
3	12-11-06	- pabrikan laporan	✗
4	08-12-06	- ulian perubahan	✗
5	30-12-06	Perbaikan	✗
6	1-1-07	Perbaikan	✗
7	5-1-07	Telpon - siap. Sidney	✗
8	6-1-07	Siap pendataan	✗



LAMPIRAN 2

Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Tekan Mortar 7 Hari

الجامعة الإسلامية
الابدية لا تتبدل الا ترف

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

- I. BENDA UJI
1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:3
 2. Jumlah Sampel : 5 buah
 3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
 4. Diuji Tanggal : 20 September 2006
- II. ALAT-ALAT
1. Alat Uji Tekan
 2. Kaliper
 3. Timbangan
- III. PENGUJIAN

Tabel A-1. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:3 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,32	5,15	4,96	27,3980	4220	154,0258	282
2	5,19	5,12	5,08	26,5728	5640	212,2471	287
3	5,2	5,13	5	26,6760	5530	207,3024	278
4	5,19	5,11	4,95	26,5209	4490	169,3004	276
5	5,245	5,15	5,1	27,0118	6250	231,3808	295
Σ	26,145	25,66	25,09	134,1795	26130	974,2566	1418
Rata-rata	5,229	5,132	5,018	26,8359	5226	194,8513	283,6

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel A-3. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:5 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,16	5,03	4,9	25,9548	2825	108,8431	262
2	5,1	5,1	4,9	26,0100	2150	82,6605	260
3	5,06	5,05	4,79	25,5530	1850	72,3985	255
4	5,1	5,08	4,93	25,9080	2050	79,1261	264
5	5,2	5,13	5,25	26,6760	2400	89,9685	275
Σ	25,62	25,39	24,77	130,1018	11275	432,9968	1316
Rata-rata	5,124	5,078	4,954	26,0204	2255	86,5994	263,2

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel A-4. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:6 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,08	5,065	4,74	25,7302	2030	78,8956	256
2	5,08	5,1	4,73	25,9080	1950	75,2663	256
3	5,07	5,06	4,75	25,6542	1700	66,2660	252,5
4	5,07	5,1	4,75	25,8570	1640	63,4258	252,5
5	5,5	5,22	4,925	28,7100	1850	64,4375	252,5
Σ	25,8	25,545	23,895	131,8594	9170	348,2911	1269,5
Rata-rata	5,16	5,109	4,779	26,3719	1834	69,6582	253,9



LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel A-5. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:7 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,05	5,03	5,11	25,4015	1000	39,3678	265
2	5,06	5,05	5,025	25,5530	1200	46,9612	259
3	5,09	5	5,29	25,4500	960	37,7210	275
4	5,01	4,99	5,17	24,9999	1160	46,4002	268
5	4,7	5	5,2	23,5000	810	34,4681	246,5
Σ	24,91	25,07	25,795	124,9044	5130	204,9183	1313,5
Rata-rata	4,982	5,014	5,159	24,9809	1026	40,9837	262,7

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel B-1. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:3 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,22	5,2	5,46	27,1440	5950	219,2013	288
2	5,37	5,34	5,27	28,6758	5400	188,3121	278
3	5,27	5,2	5,23	27,4040	5675	207,0866	269
4	5,13	5,1	5,37	26,1630	5125	195,8873	275
5	5,27	5,22	5,41	27,5094	6250	227,1951	272
Σ	26,26	26,06	26,74	136,8962	28400	1037,6823	1382
Rata-rata	5,252	5,212	5,348	27,3792	5680	207,5365	276,4

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel B-2. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:4 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,15	5,1	5,48	26,2650	4450	169,4270	268
2	5,18	5,565	5,02	28,8267	5050	175,1848	270
3	5,245	5,34	5,265	28,0083	5775	206,1889	270
4	5,305	5,535	5,26	29,3632	5725	194,9721	287
5	5,03	5,04	5,25	25,3512	5250	207,0908	265
Σ	25,91	26,58	26,275	137,8144	26250	952,8636	1360
Rata-rata	5,182	5,316	5,255	27,5629	5250	190,5727	272

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel B-3. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:5 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,27	5,3	5,34	27,9310	2850	102,0372	281
2	5,16	5,2	5,47	26,8320	3650	136,0316	279
3	5,07	5,21	5,12	26,4147	4075	154,2702	254
4	5,07	5,06	5,02	25,6542	3250	126,6849	245
5	5,36	5,15	5,21	27,6040	3150	114,1139	275
Σ	25,93	25,92	26,16	134,4359	16975	633,1377	1334
Rata-rata	5,186	5,184	5,232	26,8872	3395	126,6275	266,8

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel B-4. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:6 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,05	5,2	5,15	26,2600	2400	91,3938	252
2	5,08	5,02	5,14	25,5016	2450	96,0724	250
3	5,05	5,07	4,9	25,6035	2200	85,9258	236
4	5,07	5,07	5,25	25,7049	1900	73,9159	257
5	5,11	5,19	4,82	26,5209	1900	71,6416	230
Σ	25,36	25,55	25,26	129,5909	10850	418,9494	1225
Rata-rata	5,072	5,11	5,052	25,9182	2170	83,7899	245



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel B-5. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:7 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,04	5,02	5,04	25,3008	1850	73,1202	244
2	5,19	5	5,49	25,9500	900	34,6821	233
3	5,01	5,06	5,09	25,3506	950	37,4745	265
4	5,02	5,31	5,07	26,6562	1000	37,5147	231
5	5,07	5,19	5,75	26,3133	1350	51,3049	258
Σ	25,33	25,58	26,44	129,5709	6050	234,0963	1231
Rata-rata	5,066	5,116	5,288	25,9142	1210	46,8193	246,2



LAMPIRAN 3

Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Lekatan Mortar 7 Hari



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel C-1. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:3 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,22	11,51	129,142	7,5	0,0581	6'03"	Lepas antara bata dan mortar
2	11,01	11,24	123,752	15	-	24'78"	Bata patah
3	11,19	11,245	125,832	10	0,0795	20'60"	Lepas antara bata dan mortar
4	11,32	11,135	126,048	7,5	0,0595	3'50"	Lepas antara bata dan mortar
5	11,1	11,31	125,541	10	-	14'20"	Bata patah
Σ	55,84	56,44	630,315	50	0,1970	-	-
Rata-rata	11,17	11,288	126,063	10	0,0657	-	-

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel C-2. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:4 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,26	11,05	124,423	17,5	-	10'58"	Bata patah
2	11,15	11,22	125,103	-	-	-	Lepas sebelum diuji
3	11,4	11,2	127,68	15	0,1175	11'20"	Lepas antara bata dan mortar
4	11,25	11,2	126	17,5	-	9'66"	Bata patah
5	11,03	11,16	123,039	17,5	-	40'13"	Bata patah
Σ	56,09	55,83	626,245	67,5	0,1175	-	-
Rata-rata	11,22	11,166	125,249	16,875	0,1175	-	-

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel C-3. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:5 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,21	11,08	124,207	10	0,0805	17'20"	Lepas antara bata dan mortar
2	11,26	11,34	127,688	17,5	-	18'56"	Bata patah
3	10,83	11,61	125,736	7,5	0,0596	3'53"	Lepas antara bata dan mortar
4	11,5	11,63	133,745	20	-	35'21"	Bata patah
5	11,22	11,26	126,337	17,5	-	16'35"	Bata patah
Σ	56,02	56,92	637,714	72,5	0,1402	-	-
Rata-rata	11,2	11,384	127,543	14,5	0,0701	-	-

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel C-4. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:6 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	Bs (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	10,85	11,75	127,488	12,5	-	0'58"	Bata patah
2	10,84	10,94	118,59	15	-	0'46"	Bata patah
3	10,84	10,83	117,397	17,5	-	0'53"	Bata patah
4	10,8	11,01	118,908	15	-	0'28"	Bata patah
5	10,96	10,92	119,683	17,5	-	39'78"	Bata patah
Σ	54,29	55,45	602,066	77,5	-	-	-
Rata-rata	10,86	11,09	120,413	15,5	-	-	-

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 13 September 2006
4. Diuji Tanggal : 20 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel C-5. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:7 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	12	11	132	40	-	0'36"	Bata patah
2	11,24	10,93	122,853	10	0,0814	0'39"	Lepas antara bata dan mortar
3	11,03	11,1	122,433	-	-	-	Lepas sebelum diuji
4	11,11	11,01	122,321	15	-	1'10"	Bata patah
5	11,15	11,5	128,225	12,5	-	0'31"	Bata patah
Σ	56,53	55,54	627,832	77,5	0,0814	-	-
Rata-rata	11,31	11,108	125,566	19,375	0,0814	-	-

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel D-1. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:3 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,12	11,3	125,656	14	-	52'81"	Bata patah
2	10,96	11,28	123,629	6	-	42'81"	Bata patah
3	10,96	11,3	123,848	-	-	-	Lepas sebelum diuji
4	10,88	11,16	121,421	22,5	-	60'19"	Bata patah
5	11,07	11,35	125,645	13,5	-	28'91"	Bata patah
Σ	54,99	56,39	620,198	56	-	-	-
Rata-rata	11	11,278	124,04	14	-	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel D-2. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:4 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	Bs (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	10,9	11,56	126,004	17,5	-	20'16"	Bata patah
2	10,6	11,3	119,78	30	-	49'58"	Bata patah
3	11,21	11,21	125,664	10	-	35'97"	Bata patah
4	11,2	11,3	126,56	12,5	-	59'85"	Bata patah
5	11,3	11	124,3	18	-	51'06"	Bata patah
Σ	55,21	56,37	622,308	88	-	-	-
Rata-rata	11,04	11,274	124,462	17,6	-	-	-

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 7 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel D-3. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:5 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	Bs (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,25	11,2	126	12,5	-	60'97"	Bata patah
2	11,3	11,1	125,43	7,5	-	1'07'35"	Bata patah
3	10,22	11,44	116,917	15	-	20'54"	Bata patah
4	11,18	11,28	126,11	11,5	-	36'88"	Bata patah
5	11,25	11,16	125,55	15	-	44'38"	Bata patah
Σ	55,2	56,18	620,007	61,5	-	-	-
Rata-rata	11,04	11,236	124,001	12,3	-	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel D-4. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:6 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	Bs (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,18	11,12	124,322	17,5	-	27'31"	Bata patah
2	11,24	11,25	126,45	15	0,1186	30'38"	Lepas antara mortar dan bata
3	11,2	11,27	126,224	21	-	42'50"	Bata patah
4	11,15	11,2	124,88	10	-	43'97"	Bata patah
5	11,45	11,3	129,385	12,5	-	26'19"	Bata patah
Σ	56,22	56,14	631,261	76	0,1186	-	-
Rata-rata	11,24	11,228	126,252	15,2	0,1186	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 7 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 14 September 2006
4. Diuji Tanggal : 21 September 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Stop Watch

III. PENGUJIAN

Tabel D-5. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:7 umur 7 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,13	11,34	126,214	10	-	30'50"	Bata patah
2	11,2	11,37	127,344	12,5	-	36'69"	Bata patah
3	10,15	10,66	108,199	7,5	0,0693	31'94"	Lepas antara mortar dan bata
4	11,19	11,3	126,447	7,5	-	20'68"	Bata patah
5	11,12	11,23	124,878	12	-	19'28"	Bata patah
Σ	54,79	55,9	613,082	49,5	0,0693	-	-
Rata-rata	10,96	11,18	122,616	9,9	0,0693	-	-

LAMPIRAN 4

Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Tekan Mortar 28 Hari

الجامعة الإسلامية
الابن تيمية



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel E-1. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:3 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,135	5,3	5,03	27,2155	5925	217,7068	295
2	5,145	5,35	5,15	27,5258	5950	216,1612	301
3	5,075	5,05	5,1	25,6288	6025	235,0875	277,5
4	5,145	5,4	5,135	27,7830	7225	260,0511	305,5
5	5,66	5,18	5,21	29,3188	7475	254,9559	324
Σ	26,16	26,28	25,625	137,4718	32600	1183,9626	1503
Rata-rata	5,232	5,256	5,125	27,4944	6520	236,7925	300,6



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel E-2. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:4 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,29	5,04	5,11	26,6616	5800	217,5413	290
2	5,44	5,165	5,2	28,0976	4525	161,0458	318
3	5,575	5,185	5,23	28,9064	5500	190,2694	326,5
4	5,715	5,27	5,32	30,1181	4750	157,7127	343
5	5,425	5,15	5,21	27,9388	3100	110,9570	303
Σ	27,445	25,81	26,07	141,7224	23675	837,5263	1580,5
Rata-rata	5,489	5,162	5,214	28,3445	4735	167,5053	316,1

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel E-3. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:5 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,1	5,1	5,055	26,0100	3000	115,3403	271
2	5,12	5,1	5,045	26,1120	3350	128,2935	273
3	5,215	5,275	5,115	27,5091	3200	116,3250	295,5
4	5,045	5,085	5,065	25,6538	2350	91,6043	273
5	5,25	5,175	5,11	27,1688	2800	103,0596	289
Σ	25,73	25,735	25,39	132,4537	14700	554,6227	1401,5
Rata-rata	5,146	5,147	5,078	26,4907	2940	110,9245	280,3

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel E-4. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:6 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,1	5,175	5,05	26,3925	3125	118,4048	278,5
2	5,56	5,2	5,11	28,9120	3125	108,0866	314
3	5,22	5,225	5,075	27,2745	2150	78,8282	290
4	5,25	5,4	5,27	28,3500	2475	87,3016	315,5
5	5,25	5,75	5,75	30,1875	2175	72,0497	305,5
Σ	26,38	26,75	26,255	141,1165	13050	464,6709	1503,5
Rata-rata	5,276	5,35	5,251	28,2233	2610	92,9342	300,7



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel E-5. Hasil uji kuat tekan mortar normal 1:7 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,06	5,06	5,39	25,6036	1425	55,6562	288
2	5,125	5,025	5,33	25,7531	1125	43,6840	281
3	5,075	5,09	5,29	25,8318	1950	75,4885	285
4	5,04	5,11	5,35	25,7544	1825	70,8617	291
5	5,185	5,075	5,375	26,3139	1300	49,4036	288,5
Σ	25,485	25,36	26,735	129,2568	7625	295,0940	1433,5
Rata-rata	5,097	5,072	5,347	25,8514	1525	59,0188	286,7

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel F-1. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:3 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,16	5,058	5,066	26,0993	9000	344,8371	264
2	5,364	5,04	5,048	27,0346	8150	301,4660	274
3	5,182	5,042	5,02	26,1276	6100	233,4692	264,5
4	5,21	5	5,092	26,0500	6800	261,0365	264
5	5,358	5	5,07	26,7900	6925	258,4920	275
Σ	26,274	25,14	25,296	132,1015	36975	1399,3007	1341,5
Rata-rata	5,2548	5,028	5,0592	26,4203	7395	279,8601	268,3

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel F-2. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:4 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	4,96	5,078	5,092	25,1869	5550	220,3528	258
2	5,152	5,214	5,174	26,8625	7150	266,1700	278
3	5,18	5,14	5,194	26,6252	7825	293,8945	277
4	5,022	5,09	5,198	25,5620	5575	218,0973	267
5	5,004	5,13	5,11	25,6705	5450	212,3058	254
Σ	25,318	25,652	25,768	129,9071	31550	1210,8205	1334
Rata-rata	5,0636	5,1304	5,1536	25,9814	6310	242,1641	266,8



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel F-3. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:5 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,172	5,22	5,274	26,9978	5800	214,8320	282
2	5,122	5,03	5,174	25,7637	5675	220,2715	258
3	5,084	4,776	5,074	24,2812	5200	214,1576	248,5
4	5,12	4,858	5,07	24,8730	5700	229,1645	249,5
5	5,436	5,03	5,058	27,3431	5500	201,1478	271
Σ	25,934	24,914	25,65	129,2587	27875	1079,5734	1309
Rata-rata	5,1868	4,9828	5,13	25,8517	5575	215,9147	261,8



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel F-4. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:6 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,11	5	5,112	25,5500	3925	153,6204	256
2	5,12	5,18	5,236	26,5216	3750	141,3942	270,5
3	5,046	4,942	5,05	24,9373	3950	158,3971	250
4	5,106	5,072	5,09	25,8976	4825	186,3105	260
5	5,306	5,152	5,138	27,3365	3800	139,0082	270
Σ	25,688	25,346	25,626	130,2431	20250	778,7303	1306,5
Rata-rata	5,1376	5,0692	5,1252	26,0486	4050	155,7461	261,3



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT TEKAN MORTAR UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan

III. PENGUJIAN

Tabel F-5. Hasil uji kuat tekan mortar limbah 1:7 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	h (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	C_s (kg/cm ²)	Berat Volume (gr)
1	5,134	5,22	5,288	26,7995	2775	103,5468	278
2	5,108	5,118	5,19	26,1427	3175	121,4486	268
3	5,248	5,158	5,168	27,0692	2950	108,9800	275
4	5,156	5,108	5,062	26,3368	2450	93,0256	253
5	5,124	5,084	5,08	26,0504	2200	84,4516	254
Σ	25,77	25,688	25,788	132,3987	13550	511,4526	1328
Rata-rata	5,154	5,1376	5,1576	26,4797	2710	102,2905	265,6

LAMPIRAN 5

Laporan Sementara Hasil Uji Kuat Lekatan Mortar 28 Hari



LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 28 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel G-1. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:3 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,13	11,1	123,543	22,5	-	1'01'27"	Bata patah
2	11,13	11,1	123,543	17,5	-	0'20'88"	Bata patah
3	11,125	11,05	122,931	30	-	0'36'21"	Bata patah
4	11,2	11,3	126,56	15	-	0'41'41"	Bata patah
5	11,075	11,05	122,379	22,5	-	0'35'08"	Bata patah
Σ	55,66	55,6	618,956	107,5	-	-	-
Rata-rata	11,132	11,12	123,791	21,5	-	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel G-2. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:4 umur 28 hari

ampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,09	11,275	125,04	15	-	25'68"	Bata patah
2	11,15	11,125	124,044	17,5	-	24'25"	Bata patah
3	11,125	11,12	123,71	20	-	15'37"	Bata patah
4	11,025	11,25	124,031	27,5	-	44'47"	Bata patah
5	11,34	11,175	126,725	27,5	-	20'47"	Bata patah
Σ	55,73	55,945	623,549	107,5	-	-	-
ata-rata	11,146	11,189	124,71	21,5	-	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel G-3. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:5 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,2	11,15	124,88	12,5	-	29'31"	Bata patah
2	11,385	11,1	126,374	7,5	0,0593	10'88"	Lepas antara bata dan mortar
3	11,22	11,075	124,262	12,5	-	57'79"	Bata patah
4	11,325	11,1	125,708	10	-	43'59"	Bata patah
5	11,05	11,22	123,981	7,5	-	08'32"	Bata patah
Σ	56,18	55,645	625,204	50	0,0593	-	-
Rata-rata	11,236	11,129	125,041	10	0,0593	-	-

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 28 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel G-4. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:6 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,1	11,19	124,209	10	-	30'62"	Bata patah
2	11,2	11,21	125,552	10	-	14'80"	Bata patah
3	11,11	11,29	125,432	15	-	21'03"	Bata patah
4	11,18	11,24	125,663	10	-	47'28"	Bata patah
5	11,14	11,06	123,208	15	0,1217	21'24"	Lepas antara bata dan mortar
Σ	55,73	55,99	624,065	60	0,1217	-	-
Rata-rata	11,146	11,198	124,813	12	0,1217	-	-

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: PASIR

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 15 September 2006
4. Diuji Tanggal : 13 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. Timbangan
4. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel G-5. Hasil uji kuat lekatan mortar normal 1:7 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,3	10,83	122,379	7,5	0,0613	35'84"	Lepas antara bata dan mortar
2	11,01	11	121,11	7,5	0,0619	30'34"	Lepas antara bata dan mortar
3	11,19	11,14	124,657	5	0,0401	17'37"	Lepas antara bata dan mortar
4	11,24	11,2	125,888	5	0,0397	13'62"	Lepas antara bata dan mortar
5	11,23	11,34	127,348	10	-	14'90"	Bata patah
Σ	55,97	55,51	621,382	35	0,2030	-	-
Rata-rata	11,194	11,102	124,276	7	0,0508	-	-

LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:3
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel H-1. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:3 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,22	11,25	126,225	12,5	-	13'95"	Bata patah
2	11,2	11,09	124,208	7,5	-	15'33"	Bata patah
3	10,965	11	120,615	7,5	-	9'15"	Bata patah
4	11,16	10,915	121,811	35	-	36'92"	Bata patah
5	11,375	11,15	126,831	27,5	-	25'83"	Bata patah
Σ	55,92	55,405	619,691	90	-	-	-
Rata-rata	11,184	11,081	123,938	18	-	-	-

LAPORAN SEMENTARA
 HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
 UMUR 28 HARI
 DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:4
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel H-2. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:4 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,21	11,08	124,207	30	-	24'34"	Bata patah
2	11,05	11,225	124,036	30	-	24'07"	Bata patah
3	11	11,05	121,55	15	-	36'59"	Bata patah
4	11	11,075	121,825	27,5	-	26'79"	Bata patah
5	11,18	11,275	126,055	30	-	25'90"	Bata patah
Σ	55,44	55,705	617,673	132,5	-	-	-
Rata-rata	11,088	11,141	123,535	26,5	-	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:5
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel H-3. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:5 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,04	11,15	123,096	12,5	-	18'28"	Bata patah
2	11,1	11,165	123,932	17,5	-	9'48"	Bata patah
3	11,1	11,185	124,154	15	-	29'89"	Bata patah
4	11,15	11,23	125,215	10	-	28'68"	Bata patah
5	11,375	11,38	129,448	10	-	41'20"	Bata patah
Σ	55,765	56,11	625,843	65	-	-	-
Rata-rata	11,153	11,222	125,169	13	-	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC: Agregat Halus : 1:6
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel H-4. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:6 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,225	11,3	126,843	-	-	-	Lepas sebelum diuji
2	11,195	11,18	125,16	-	-	-	Lepas sebelum diuji
3	11,235	11,175	125,551	10	-	22'46"	Bata patah
4	11,225	11,195	125,664	15	-	07'48"	Bata patah
5	11,2	11,115	124,488	12,5	0,1004	09'47"	Lepas antara mortar dan bata
Σ	56,08	55,965	627,706	37,5	0,1004	-	-
Rata-rata	11,216	11,193	125,541	12,5	0,1004	-	-



LAPORAN SEMENTARA
HASIL UJI KUAT LEKATAN MORTAR DENGAN PASANGAN BATA
UMUR 28 HARI
DENGAN AGREGAT HALUS: LIMBAH GEMPA

I. BENDA UJI

1. Rasio PC:Agregat Halus : 1:7
2. Jumlah Sampel : 5 buah
3. Dibuat Tanggal : 16 September 2006
4. Diuji Tanggal : 14 Oktober 2006

II. ALAT-ALAT

1. Alat Uji Tekan
2. Kaliper
3. *Stop Watch*

III. PENGUJIAN

Tabel H-5. Hasil uji kuat lekatan mortar limbah 1:7 umur 28 hari

Sampel	l (cm)	b (cm)	A (cm ²)	P_{max} (kg)	B_s (kg/cm ²)	Waktu	Keterangan
1	11,15	11,025	122,929	15	0,1220	24'77"	Lepas antara mortar dan bata
2	11,2	11,195	125,384	10	0,0798	18'76"	Lepas antara mortar dan bata
3	11,13	11,19	124,545	7,5	0,0602	06'92"	Lepas antara mortar dan bata
4	11,205	11,16	125,048	10	0,0800	26'45"	Lepas antara mortar dan bata
5	11,26	11,1	124,986	7,5	0,0600	17'64"	Lepas antara mortar dan bata
Σ	55,945	55,67	622,891	50	0,4020	-	-
Rata-rata	11,189	11,134	124,578	10	0,0804	-	-

LAMPIRAN 6

Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

الجامعة الإسلامية
الابواب مفتحة للعلم والافتقار



Gambar A-1. Limbah sisa/reruntuhan bangunan akibat gempa 27 Mei 2006



Gambar A-2. Pelumasan cetakan kubus uji kuat tekan mortar



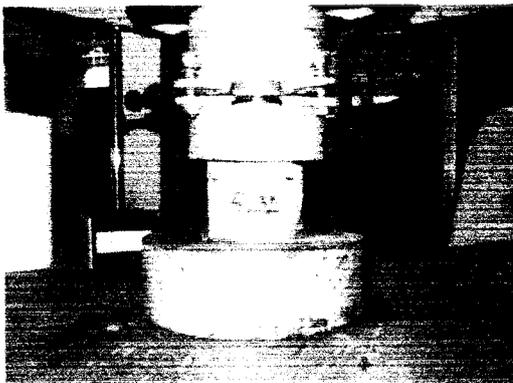
Gambar A-3. Pembuatan benda uji kuat tekan mortar



Gambar A-4. Benda uji kuat lekatan mortar dengan pasangan bata



Gambar A-5. Perawatan (perendaman) benda uji kuat tekan mortar



Gambar A-6. Pengujian kuat tekan mortar



Gambar A-7. Pengujian kuat lekatan mortar dengan pasangan bata



Gambar A-8. Pengujian kuat tekan mortar dan kuat lekatan mortar



Gambar A-9. Hasil uji kuat tekan mortar dan kuat lekatan mortar