

PROPOSAL TUGAS AKHIR
PENGARUH VARIASI SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN *SILICA FUME*
TERHADAP SEMEN PADA KETAHANAN MORTAR DI SUHU TINGGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Lambung Mangkurat



Disusun Oleh:

Mirza Nuskhatul Haqqi

NIM. 2210811310020

Pembimbing:

Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc.

NIP. 196901061995022001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN

TEKNOLOGI

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

BANJARBARU

2026

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Pengaruh Variasi Substitusi *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap Semen pada
Ketahanan Mortar di Suhu Tinggi**

Oleh:

Mirza Nuskhatul Haqqi (2210811310020)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 07 Juli 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :
Ketua : Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.
NIP. 19851026 200812 1 001
Anggota 1 : Dr. Rahmani Kadarningsih, S.T., M.T.
NIP. 19780430 200604 2 001
Anggota 2 : Ir. Fauzi Rahman, M.T.
NIP. 19660520 199103 1 005
Pembimbing : Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.
Utama Eng.Sc.
NIP. 19690106 199502 2 001

Banjarbaru, 15 JUL 2026

Diketahui dan disahkan oleh :

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM



Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 19740107 199802 1 001

Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Sipil

Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 19720826 199802 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mirza Nuskhatul Haqqi
NIM : 2210811310020
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Substitusi *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap Semen pada Ketahanan Mortar di Suhu Tinggi
Pembimbing : Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Banjarbaru, 2026

Penulis



Mirza Nuskhatul Haqqi

NIM. 2210811310020

LEMBAR ASISTENSI

 UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIIL BANJARBARU				LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR									
No.	Nama	NIM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.	Mirza Nuskhatul Haqqi	2210811310020											

KEGIATAN ASISTENSI

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	31/12/2025	Review jurnal untuk bahan bacaan dan menentukan judul.	
2.	14/01/2026	- Lanjutkan Bab 2. - Tambahkan pembahasan mengenai limbah, mortar dan pengaruh kebakaran/suhu tinggi. - Perbaiki <i>Line Spacing</i> 1,5.	
3.	27/01/2026	- Perbaiki penulisan bab 1 (judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan manfaat penelitian) - Tambahkan referensi dari penelitian sebelumnya untuk dimasukkan ke dalam latar belakang, rumusan masalah dan penelitian terdahulu. - Tambahkan lebih banyak jurnal untuk literatur tinjauan pustaka.	
4.	04/02/2026	Perbaiki campuran menjadi <i>silica fume</i> 15% dan variasi <i>fly ash</i> 5%, 10%, dan 15%.	

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
5.	09/02/2026	• Setingan pengujian kuat tekan tidak perlu lvdt. • Gambar jangan diframe garis tebal. • Tulisan ditabel masih ada yang bukan <i>Times New Roman</i>.	
6.	18/02/2026	• ACC proposal.	
7.	02/04/2026	• Penambahan variasi <i>silica fume</i> menjadi 10 % dan 15 %.	
8	25/05/2026	• Evaluasi grafik kuat tekan dengan menambahkan garis error. • Perbaiki grafik uji kuat tekan terhadap suhu dan persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i>.	
9	02/06/2026	• Perbaiki penulisan, penyesuaian judul tabel. • Menyamakan header tabel. • Menyesuaikan tabel yang terpotong. • Sebelum heading baru enter.	
10	12/06/2026	• Ubah pernyataan tabel yang manual menjadi otomatis dengan cross reference. • Perbaiki bagan alir menyesuaikan pengujian yang dilakukan. • Evaluasi data uji kuat tekan	
11	17/06/2026	• Melakukan pengujian Grubb's pada sampel yang dianggap rusak. • Membuat penjelasan mengenai grafik . • Lanjut bab 5, lakukan perbandingan antar variasi dan keunggulannya.	
12	22/06/2026	• Ceritakan isi tabel. • Buat subbab tentang rekap uji kuat tekan terhadap persentase benda uji.	

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
		• Tambahkan uji Grubb's dan kehalusan pada bab 2. • Perbaiki keterangan tabel.	
13	25/06/2026	• Lanjutkan ke abstrak.	
14	27/06/2026	• Perbaiki PPT dan tambahkan grafik di timbangan berat laporan.	
25	28/06/2026	• Silahkan Sidang	

Banjarbaru, 2026

Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Ratni Nurwidavati, M.T., M.Eng.Sc.

NIP. 196901061995022001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Substitusi *Fly Ash* dan *Silica Fume* terhadap Semen pada Ketahanan Mortar di Suhu Tinggi”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil atas ilmu yang telah diberikan, serta kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moril maupun material.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan penelitian ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya pada teknologi bahan konstruksi.

Banjarbaru, 2026

Penulis



Mirza Nuskhatul Haqqi

NIM. 2210811310020

PENGARUH VARIASI SUBSTITUSI *FLY ASH* DAN *SILICA FUME* TERHADAP SEMEN PADA KETAHANAN MORTAR DI SUHU TINGGI

Mirza Nuskhatul Haqqi¹, Ratni Nurwidayati²

Program Studi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

E-mail: xmirzanhx@gmail.com

ABSTRAK

Industri konstruksi termasuk sektor yang menghasilkan emisi karbon cukup tinggi akibat pemakaian semen yang masif. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan limbah seperti *fly ash* dan *silica fume* untuk mengurangi penggunaan semen. Selain itu, mortar pada bangunan berpotensi mengalami penurunan kekuatan akibat paparan suhu tinggi. Oleh karena itu, Eksperimen ini dilakukan untuk menganalisis dampak substitusi *silica fume* sebesar 10% dan 15% serta variasi *fly ash* sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap kekuatan tekan mortar, serta mengetahui pengaruh suhu pembakaran 200°C sampai 500°C terhadap kekuatan tekan mortar.

Metode yang dilakukan berupa eksperimen laboratorium dengan benda uji mortar yang dibuat berdasarkan ASTM C109. Variasi campuran yang digunakan terdiri atas substitusi *silica fume* (10% dan 15%) serta *fly ash* dari 0% sampai 15% sebagai komponen sebagian semen. Benda uji umur 28 hari, kemudian dipanaskan menggunakan *furnace* selama satu jam pada suhu 200°C sampai 500°C. Setelah proses pembakaran, dilakukan uji kuat tekan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran dan suhu terhadap kekuatan mortar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi campuran *silica fume* dan *fly ash* memberikan pengaruh terhadap kekuatan mortar terhadap tekanan. Pada kondisi tanpa pembakaran (0°C), kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada variasi mortar dengan 10% *silica fume* dan 5% *fly ash* sebesar 26,83 MPa. Meningkatnya suhu pada proses pembakaran secara umum membuat mortar kehilangan kekuatan, meskipun beberapa variasi juga meningkat kembali pada suhu tertentu. Pada suhu 500°C, variasi mortar dengan 15% *silica fume* tanpa *fly ash* menghasilkan kekuatan tekan tertinggi sebesar 19,97 MPa dan menunjukkan ketahanan terbaik terhadap suhu tinggi. Berdasarkan hasil penelitian, kedua bahan tambahan tersebut memberikan pengaruh signifikan secara sinergis pada kondisi normal, namun pada kondisi suhu tinggi, penambahan *fly ash* yang berlebihan justru bertindak sebagai faktor pelemah (pengganggu) terhadap durabilitas mortar. Hal ini dibuktikan dengan variasi MB-0 (15% *silica fume* murni tanpa *fly ash*) yang menghasilkan performa ketahanan terbaik terhadap paparan suhu pembakaran tertinggi hingga 500°C dengan kuat tekan sisa sebesar 19,97 MPa.

Kata kunci: mortar, *silica fume*, *fly ash*, kuat tekan, suhu tinggi.

THE EFFECT OF FLY ASH AND SILICA FUME SUBSTITUTION VARIATIONS AS CEMENT REPLACEMENTS ON THE HIGH TEMPERATURE RESISTANCE OF MORTAR

Mirza Nuskhatul Haqqi¹, Ratni Nurwidayati²

Civil Engineering Study Program Lambung Mangkurat University

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, South Kalimantan – 70714

E-mail: xmirzanhx@gmail.com

ABSTRACT

Driven by intensive cement manufacturing, the construction sector stands out as a major contributor to global carbon emissions. Utilizing industrial by-products, specifically silica fume and fly ash, represents a strategic approach to lowering cement dependency. Additionally, cementitious materials like mortar are highly susceptible to structural degradation when subjected to elevated thermal conditions. Addressing these concerns, this experimental investigation evaluates how substituting cement with 10% and 15% silica fume, alongside fly ash variations (0%, 5%, 10%, and 15%), affects the residual compressive strength of mortar under thermal loads ranging from 200°C to 500°C.

Methodologically, this study adopted a laboratory-based experimental framework conforming to ASTM C109 standards. The mixed variations used consisted of silica fume substitution (10% and 15%) and fly ash (0%, 5%, 10%, and 15%) as partial cement replacement. The specimens were cured for 28 days, a furnace was utilized to subject the specimens to a 1-hour thermal exposure spanning 200°C to 500°C. Subsequent mechanical testing was conducted post-heating to analyze the combined impact of these chemical proportions and temperature variables on the mortar's ultimate strength.

The results showed that variations in the silica fume and fly ash mixture influenced the compressive resistance of the mortar. In the unburned condition (0°C), the highest compressive resistance of 26.83 MPa was reached by the mortar variation with 10% silica fume and 5% fly ash. Increasing temperatures during the burning process generally caused the mortar to lose strength, although some variations also regained strength at certain temperatures. At a temperature of 500°C, the mortar variation with 15% silica fume without fly ash yielded the highest compressive resistance of 19.97 MPa and exhibited the best resistance to high temperatures. Based on the research findings, both additives exert a significant synergistic effect under normal conditions; however, under high-temperature conditions, excessive fly ash addition actually acts as a weakening (disruptive) factor to the mortar's durability. This is evidenced by the MB-0 variation (15% pure silica fume without fly ash), which produced the best resistance performance against the highest burning temperature exposure up to 500°C, with a residual compressive resistance of 19.97 MPa.

Keywords: mortar, silica fume, fly ash, compressive strength, elevated temperature.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR ASISTENSI	iii
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Mortar.....	5
2.2 Material Penyusun Mortar.....	5
2.2.1 Semen <i>Portland</i>	5
2.2.2 Agregat Halus.....	6
2.2.3 Air.....	7
2.3 Kualitas Mortar dan Upaya Peningkatannya.....	7
2.4 <i>Silica Fume</i>	8
2.5 <i>Fly Ash</i>	11
2.6 Pengaruh Suhu Tinggi terhadap Beton dan Mortar.....	12
2.7 Pengaruh Durasi Suhu Tinggi terhadap Beton dan Mortar	15
2.8 Pengujian <i>Fineness</i>	17
2.9 Waktu Pengikat	18
2.10 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	19

2.11 Pengujian Kuat Tekan Mortar	19
2.12 Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) dan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	20
2.13 Pengujian Grubbs	22
2.14 Penelitian Terdahulu.....	23
2.14.1 Penelitian Beton dan Mortar dengan <i>Silika Fume</i>	23
2.14.2 Penelitian Beton dan Mortar dengan <i>Fly Ash</i>	26
2.14.3 Penelitian Beton dan Mortar Pasca Kebakaran.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1 Bagan Alir Penelitian	36
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
3.3 Alat dan Bahan	37
3.3.1 Alat	37
3.3.2 Bahan	38
3.4 Persiapan dan Pengujian Bahan Dasar.....	38
3.4.1 <i>Silica Fume</i>	38
3.4.2 <i>Fly Ash</i>	38
3.4.3 Agregat Halus.....	39
3.4.4 Semen <i>Portland</i>	39
3.4.5 Air.....	40
3.4.6 Pemeriksaan Bahan Dasar.....	40
3.5 Pemeriksaan Kehalusan (<i>Fineness</i>).....	41
3.6 Waktu Pengikat	44
3.7 Rancangan Penelitian	47
3.8 Perhitungan <i>Mix Design</i>	50
3.9 Pembuatan Benda Uji.....	54
3.10 Perawatan <i>Curing</i> Benda Uji	57
3.11 Pengujian Benda Uji	58
3.12 Penarikan Kesimpulan	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64

4.1 Pemeriksaan Bahan	64
4.1.1 Pemeriksaan Semen	64
4.1.2 Pemeriksaan Agregat Halus	69
4.1.3 Pemeriksaan <i>Silica Fume</i>	71
4.1.4 Pemeriksaan <i>Fly Ash</i>	72
4.2 Pengamatan Suhu Sebelum dan Sesudah Pembakaran	73
4.2.1 Suhu Pembakaran 200°C	73
4.2.2 Suhu Pembakaran 300°C	81
4.2.3 Suhu Pembakaran 400°C	89
4.2.4 Suhu Pembakaran 500°C	97
4.3 Pengamatan Visual Sebelum dan Sesudah Pembakaran	105
4.3.1 Pengaruh Persentase <i>Silica Fume</i> dan <i>Fly Ash</i>	105
4.3.2 Pengaruh Suhu Pembakaran.....	118
4.4 Perubahan Berat Sebelum dan Sesudah Pembakaran	135
4.4.1 Suhu 0°C (Tanpa Pembakaran)	135
4.4.2 Suhu Pembakaran 200°C	140
4.4.3 Suhu Pembakaran 300°C	145
4.4.4 Suhu Pembakaran 400°C	151
4.4.5 Suhu Pembakaran 500°C	157
4.4.6 Rekapitulasi Berat Benda Uji Sebelum dan Sesudah Pembakaran.....	162
4.5 Kuat Tekan	169
4.5.1 Pengaruh Persentase <i>Silica Fume</i> dan <i>Fly Ash</i> Terhadap Kuat Tekan	169
4.5.2 Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan	205
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	223
5.1 Kesimpulan	223
5.2 Saran.....	224
DAFTAR PUSTAKA.....	226

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Partikel <i>silica fume</i>	9
Gambar 2.2 Hasil kuat tekan mortar 28 hari	10
Gambar 2.3 Hasil pengujian SEM <i>silica fume</i> (500x)	10
Gambar 2.4 Hasil pengujian SEM <i>silica fume</i> (800x)	11
Gambar 2.5 Hasil mikroskop <i>fly ash</i>	11
Gambar 2.6 Pengaruh suhu pembakaran uji kuat tekan mortar <i>silica fume</i> 10% (sumber: Sicilia & Nurwidayati, 2026)	14
Gambar 2.7 Pengaruh suhu pembakaran uji kuat tekan mortar <i>silica fume</i> 15% (sumber: Sicilia & Nurwidayati, 2026)	15
Gambar 2.8 Hasil setelah uji kuat tekan mortar <i>silica fume</i> 10%	16
Gambar 2.9 Hasil pengujian kuat tekan mortar <i>silica fume</i> 15%.....	17
Gambar 2.10 Cetakan mortar	20
Gambar 2.11 Hasil SEM <i>Fly ash</i>	21
Gambar 2.12 Hasil SEM <i>silica fume</i>	22
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	36
Gambar 3.2 <i>Silica fume</i>	38
Gambar 3.3 <i>Fly ash</i>	39
Gambar 3.4 Agregat halus.....	39
Gambar 3.5 Semen <i>portland</i>	40
Gambar 3.6 Menimbang <i>silica fume</i>	41
Gambar 3. 7 Mencuci <i>silica fume</i>	41
Gambar 3.8 <i>Silica fume</i> yang sudah di oven	42
Gambar 3.9 Menimbang <i>silica fume</i> setelah di oven	42
Gambar 3.10 Menimbang <i>fly ash</i>	43
Gambar 3.11 Mencuci <i>fly ash</i>	43
Gambar 3.12 <i>Fly ash</i> yang sudah di oven selama 24 jam.....	44
Gambar 3.13 <i>Fly ash</i> yang sudah di oven lalu ditimbang.....	44
Gambar 3.14 Menimbang berat semen <i>portland</i>	45

Gambar 3.15 Menimbang berat <i>silica fume</i>	45
Gambar 3.16 Menimbang berat <i>fly ash</i>	45
Gambar 3.17 Pengadukan mortar.....	46
Gambar 3.18 Benda uji yang diletakkan di ruang lembab	46
Gambar 3.19 Pengujian waktu pengikatan.....	47
Gambar 3.20 Menimbang agregat halus	54
Gambar 3.21 Menimbang semen <i>portland</i>	54
Gambar 3.22 Menimbang <i>silica fume</i>	55
Gambar 3.23 Menimbang <i>fly ash</i>	55
Gambar 3.24 Bekisting yang telah diolesi oli	55
Gambar 3.25 Benda uji yang sudah menjadi mortar.....	56
Gambar 3.26 Benda uji yang sudah di cetak.....	56
Gambar 3.27 Pelepasan bekisting benda uji	57
Gambar 3.28 Penimbangan benda uji setelah buka bekisting.....	57
Gambar 3.29 Curing benda uji	58
Gambar 3.30 Menimbang benda uji.....	58
Gambar 3.31 Meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan	59
Gambar 3.32 Pengujian kuat tekan	59
Gambar 3.33 Hasil pengujian kuat tekan	59
Gambar 3.34 Menimbang benda uji.....	60
Gambar 3.35 Pengukuran suhu benda uji sebelum di bakar	60
Gambar 3.36 Pengukuran suhu alat <i>furnace</i>	61
Gambar 3.37 Pengukuran suhu ketika benda uji didalam <i>furnace</i>	61
Gambar 3.38 Pengukuran benda uji setelah 24 jam didiamkan	62
Gambar 3.39 Hasil uji kuat tekan.....	62
Gambar 4.1 Perbandingan waktu pengikatan campuran variasi <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i>	69
Gambar 4.2 Hasil analisa saringan Pasir Barito.....	70
Gambar 4.3 Perbandingan berat volume agregat dalam kondisi lepas, kondisi goyang, dan pemadatan.....	71

Gambar 4.4 Berat rata-rata sebelum dan sesudah pengujian	168
Gambar 4.5 Pengaruh persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan tanpa pembakaran (0°C)	190
Gambar 4.6 Pengaruh persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan pada suhu pembakaran 200°C	193
Gambar 4.7 Pengaruh persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan pada suhu pembakaran 300°C	196
Gambar 4.8 Pengaruh persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan pada suhu pembakaran 400°C	200
Gambar 4.9 Pengaruh persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i> terhadap kuat tekan pada suhu pembakaran 500°C	203
Gambar 4.10 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0%	206
Gambar 4.11 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5%	208
Gambar 4.12 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10%	210
Gambar 4.13 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15%	212
Gambar 4.14 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0%	215
Gambar 4.15 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5%	217
Gambar 4.16 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 10%	219
Gambar 4.17 Pengaruh suhu pembakaran terhadap <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15%	221

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nomenkaltur Benda Uji Mortar <i>Silica Fume</i> dan <i>Fly Ash</i>	49
Tabel 3.2 <i>Mix design</i> mortar untuk 6 sampel berdasarkan (ASTM C109)	50
Tabel 3.3 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 10% dan 0% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	51
Tabel 3.4 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 10% dan 5% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	51
Tabel 3.5 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 10% dan 10% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	51
Tabel 3.6 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 10% dan 15% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	52
Tabel 3.7 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 15% dan 0% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	52
Tabel 3.8 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 15% dan 5% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	52
Tabel 3.9 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 15% dan 10% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	53
Tabel 3.10 <i>Mix design</i> Campuran Mortar dengan Substitusi <i>Silica Fume</i> 15% dan 15% <i>Fly ash</i> terhadap Semen	53
Tabel 3.11 Rekap <i>Mix design</i>	53
Tabel 4.1 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0%	64
Tabel 4.2 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5%	65
Tabel 4.3 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10%	65
Tabel 4.4 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15%	66
Tabel 4.5 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0%	66
Tabel 4.6 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5%	67
Tabel 4.7 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 10%	67
Tabel 4.8 Hasil pengujian waktu pengikatan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15%	68
Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir Barito)	69
Tabel 4.10 Hasil pemeriksaan <i>silica fume</i>	71

Tabel 4.11 Hasil pemeriksaan <i>fly ash</i>	72
Tabel 4.12 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 200°C.....	73
Tabel 4.13 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 200°C.....	74
Tabel 4.14 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 200°C.....	75
Tabel 4.15 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 200°C.....	76
Tabel 4.16 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 200°C.....	77
Tabel 4.17 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 200°C.....	78
Tabel 4.18 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 200°C.....	79
Tabel 4.19 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 200°C.....	80
Tabel 4.20 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 300°C.....	81
Tabel 4.21 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 300°C.....	82
Tabel 4.22 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 300°C.....	83
Tabel 4.23 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 300°C.....	84
Tabel 4.24 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 300°C.....	85
Tabel 4.25 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 300°C.....	86

Tabel 4.26 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 300°C	87
Tabel 4.27 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 300°C	88
Tabel 4.28 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 400°C	89
Tabel 4.29 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 400°C	90
Tabel 4.30 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 400°C	91
Tabel 4.31 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 400°C	92
Tabel 4.32 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 400°C	93
Tabel 4.33 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 400°C	94
Tabel 4.34 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 400°C	95
Tabel 4.35 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 400°C	96
Tabel 4.36 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 500°C	97
Tabel 4.37 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 500°C	98
Tabel 4.38 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 500°C	99
Tabel 4.39 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 500°C	100
Tabel 4.40 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0% pada suhu 500°C	101

Tabel 4.41 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5% pada suhu 500°C	102
Tabel 4.42 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 10% pada suhu 500°C	103
Tabel 4.43 Hasil perubahan suhu pembakaran <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15% pada suhu 500°C	104
Tabel 4.44 Hasil pengamatan visual dengan suhu 0°C (tanpa pembakaran)	106
Tabel 4.45 Hasil pengamatan visual dengan suhu 200°C	109
Tabel 4.46 Hasil pengamatan visual dengan suhu 300°C	111
Tabel 4.47 Hasil pengamatan visual dengan suhu 400°C	114
Tabel 4.48 Hasil pengamatan visual dengan suhu 500°C	116
Tabel 4.49 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 10% <i>silica fume</i> dan 0% <i>fly ash</i>	119
Tabel 4.50 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 10% <i>silica fume</i> dan 5% <i>fly ash</i>	121
Tabel 4.51 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 10% <i>silica fume</i> dan 10% <i>fly ash</i>	123
Tabel 4.52 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 10% <i>silica fume</i> dan 15% <i>fly ash</i>	125
Tabel 4.53 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 15% <i>silica fume</i> dan 0% <i>fly ash</i>	127
Tabel 4.54 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 15% <i>silica fume</i> dan 5% <i>fly ash</i>	129
Tabel 4.55 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 15% <i>silica fume</i> dan 10% <i>fly ash</i>	131
Tabel 4.56 Hasil pengamatan visual pengaruh suhu terhadap 15% <i>silica fume</i> dan 15% <i>fly ash</i>	133
Tabel 4.57 Perbandingan hasil timbangan MA-0-0	135
Tabel 4.58 Perbandingan hasil timbangan MA-5-0	136
Tabel 4.59 Perbandingan hasil timbangan MA-10-0	136

Tabel 4.60 Perbandingan hasil timbangan MA-15-0	137
Tabel 4.61 Perbandingan hasil timbangan MB-0-0.....	138
Tabel 4.62 Perbandingan hasil timbangan MB-5-0.....	138
Tabel 4.63 Perbandingan hasil timbangan MB-10-0.....	139
Tabel 4.64 Perbandingan hasil timbangan MB-15-0.....	139
Tabel 4.65 Perbandingan hasil timbangan MA-0-200	140
Tabel 4.66 Perbandingan hasil timbangan MA-5-200	141
Tabel 4.67 Perbandingan hasil timbangan MA-10-200	142
Tabel 4.68 Perbandingan hasil timbangan MA-15-200	142
Tabel 4.69 Perbandingan hasil timbangan MB-0-200.....	143
Tabel 4.70 Perbandingan hasil timbangan MB-5-200.....	144
Tabel 4.71 Perbandingan hasil timbangan MB-10-200.....	144
Tabel 4.72 Perbandingan hasil timbangan MB-15-200.....	145
Tabel 4.73 Perbandingan Hasil Timbangan MA-0-300	146
Tabel 4.74 Perbandingan Hasil Timbangan MA-5-300	147
Tabel 4.75 Perbandingan hasil timbangan MA-10-300	147
Tabel 4.76 Perbandingan hasil timbangan MA-15-300	148
Tabel 4.77 Perbandingan hasil timbangan MB-0-300.....	149
Tabel 4.78 Perbandingan hasil timbangan MB-5-300.....	149
Tabel 4.79 Perbandingan hasil timbangan MB-10-300.....	150
Tabel 4.80 Perbandingan hasil timbangan MB-15-300.....	151
Tabel 4.81 Perbandingan hasil timbangan MA-0-400	152
Tabel 4.82 Perbandingan hasil timbangan MA-5-400	152
Tabel 4.83 Perbandingan hasil timbangan MA-10-400	153
Tabel 4.84 Perbandingan hasil timbangan MA-15-400	154
Tabel 4.85 Perbandingan hasil timbangan MB-0-400.....	154
Tabel 4.86 Perbandingan hasil timbangan MB-5-400.....	155
Tabel 4.87 Perbandingan hasil timbangan MB-10-400.....	156
Tabel 4.88 Perbandingan hasil timbangan MB-15-400.....	156
Tabel 4.89 Perbandingan hasil timbangan MA-0-500	157

Tabel 4.90 Perbandingan hasil timbangan MA-5-500	158
Tabel 4.91 Perbandingan hasil timbangan MA-10-500	159
Tabel 4.92 Perbandingan hasil timbangan MA-15-500	159
Tabel 4.93 Perbandingan hasil timbangan MB-0-500.....	160
Tabel 4.94 Perbandingan hasil timbangan MB-5-500.....	161
Tabel 4.95 Perbandingan hasil timbangan MB-10-500.....	161
Tabel 4.96 Perbandingan hasil timbangan MB-15-500.....	162
Tabel 4.97 Rekapitulasi pengaruh berat pada benda uji pada berbagai suhu dengan beberapa variasi persentase <i>silica fume</i> dan <i>fly ash</i>	163
Tabel 4.98 Hasil pengujian kuat tekan MA-0-0	170
Tabel 4.99 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-0	170
Tabel 4.100 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-0	170
Tabel 4.101 Hasil pengujian kuat tekan MA-15-0	171
Tabel 4.102 Hasil pengujian kuat tekan MB-0-0	171
Tabel 4.103 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-0	171
Tabel 4.104 Hasil pengujian kuat tekan MB-10-0	172
Tabel 4.105 Hasil pengujian kuat tekan MB-15-0	172
Tabel 4.106 Hasil pengujian kuat tekan MA-0-200	172
Tabel 4.107 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-200	173
Tabel 4.108 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-200	173
Tabel 4.109 Hasil pengujian kuat tekan MA-15-200	173
Tabel 4.110 Hasil pengujian kuat tekan MB-0-200	174
Tabel 4.111 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-200	174
Tabel 4.112 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-200 setelah Uji Grubbs	174
Tabel 4. 113 Uji Grubb's MB-5-200	175
Tabel 4.114 Hasil pengujian kuat tekan MB-10-200	175
Tabel 4.115 Hasil pengujian kuat tekan MB-15-200	176
Tabel 4.116 Hasil pengujian kuat tekan MA-0-300	176
Tabel 4.117 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-300	176
Tabel 4. 118 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-300 setelah Uji Grubbs	177

Tabel 4.119 Uji Grubb's MA-5-300	177
Tabel 4.120 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-300	177
Tabel 4.121 Hasil pengujian kuat tekan MA-15-300	178
Tabel 4.122 Hasil pengujian kuat tekan MB-0-300	178
Tabel 4. 123 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-300	179
Tabel 4.124 Hasil pengujian kuat tekan MB-10-300	179
Tabel 4. 125 Hasil pengujian kuat tekan MB-15-300	179
Tabel 4. 126 Hasil pengujian kuat tekan MA-0-300	180
Tabel 4.127 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-400	180
Tabel 4.128 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-400	180
Tabel 4.129 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-400 setelah uji Grubbs	181
Tabel 4.130 Uji Grubb's MA-10-400	181
Tabel 4.131 Hasil pengujian kuat tekan MA-15-400	181
Tabel 4.132 Hasil pengujian kuat tekan MB-0-400	182
Tabel 4.133 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-400	182
Tabel 4.134 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-400 setelah Uji Grubbs	183
Tabel 4.135 Uji Grubb's MB-5-400	183
Tabel 4.136 Hasil pengujian kuat tekan MB-10-400	183
Tabel 4.137 Hasil pengujian kuat tekan MB-15-400	184
Tabel 4.138 Hasil pengujian kuat tekan MA-0-500	184
Tabel 4.139 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-500	185
Tabel 4.140 Hasil pengujian kuat tekan MA-5-500 setelah Uji Grubbs	185
Tabel 4.141 Uji Grubb's MA-5-500	185
Tabel 4.142 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-500	186
Tabel 4.143 Hasil pengujian kuat tekan MA-10-500 setelah Uji Grubbs	186
Tabel 4.144 Uji Grubb's MA-10-500	186
Tabel 4.145 Hasil pengujian kuat tekan MA-15-500	187
Tabel 4.146 Hasil pengujian kuat tekan MB-0-500	187
Tabel 4.147 Hasil pengujian kuat tekan MB-5-500	188
Tabel 4.148 Hasil pengujian kuat tekan MB-10-500	188

Tabel 4.149 Hasil pengujian kuat tekan MB-15-500	188
Tabel 4. 150 Rekapitulasi setelah uji tekan mortar tanpa pembakaran (0°C)	189
Tabel 4.151 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar suhu 200°C.....	192
Tabel 4.152 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar suhu 300°C.....	195
Tabel 4.153 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar suhu 400°C.....	198
Tabel 4.154 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar suhu 500°C.....	202
Tabel 4.155 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 0%	205
Tabel 4.156 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 5%	207
Tabel 4.157 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 10%	210
Tabel 4.158 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 10% dan <i>fly ash</i> 15%	212
Tabel 4.159 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 0%	214
Tabel 4.160 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 5%	216
Tabel 4.161 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 10%	218
Tabel 4.162 Rekap hasil kuat tekan <i>silica fume</i> 15% dan <i>fly ash</i> 15%	220