

TUGAS AKHIR
PENGARUH DURASI PEMBAKARAN PADA SUHU KONSTAN
TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR DENGAN VARIASI SUBSTITUSI
***SILICA FUME* SEBAGAI PENGGANTI PARSIAL SEMEN**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat

Disusun Oleh:

Nor Laila

NIM. 2210811320024

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 PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nor Laila
NIM : 2210811320024
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Durasi Pembakaran Pada Suhu
Konstan Terhadap Kuat Tekan Mortar Dengan
Variasi Substitusi *Silica Fume* Sebagai
Pengganti Parsial Semen
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, 13 Februari 2025

Penulis



Nor Laila

NIM. 2210811320024

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Pengaruh Durasi Pembakaran Pada Suhu Konstan Terhadap Kuat Tekan
Mortar Dengan Variasi Substitusi *Silica Fume* Sebagai Pengganti Parsial Semen**

Oleh:

Nor Laila (2210811320024)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 9 Januari 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :
Ketua : Dr. Nursiah Chalrunnisa, S.T., M.Eng.
NIP. 19790723 200501 2 005
Anggota 1 : Ir. Wiku Adhiwicaksana Krasna, S.T., M.Eng.,
Ph.D.
NIP. 19860628 201212 1 002
Anggota 2 : Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.
NIP. 19851026 200812 1 001
Pembimbing
Utama : Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng. Sc.
NIP. 19690106 199502 2 001

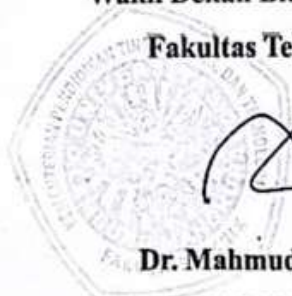


13 FEB 2026

Banjarbaru,

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
Program Studi Teknik Sipil



Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

NIP. 19720826 199802 1 001

**PENGARUH DURASI PEMBAKARAN PADA SUHU KONSTAN
TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR DENGAN VARIASI SUBSTITUSI
SILICA FUME SEBAGAI PENGGANTI PARSIAL SEMEN**

Nor Laila¹, Ratni Nurwidayati²

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

²Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

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

Email: v.nlaila2910@gmail.com

ABSTRAK

Kebakaran dapat menurunkan kinerja mekanis material konstruksi, khususnya mortar, akibat paparan suhu tinggi dalam durasi tertentu. Selain temperatur, lama pembakaran menjadi faktor penting yang mempengaruhi tingkat degradasi mikrostruktur dan penurunan kuat tekan mortar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh durasi pembakaran pada suhu konstan terhadap kuat tekan mortar dengan variasi substitusi *silica fume* sebagai pengganti parsial semen.

Penelitian menggunakan benda uji mortar berbentuk kubus berukuran 5×5×5 cm dengan variasi kadar *silica fume* sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Seluruh benda uji di *curing* selama 28 hari, kemudian dibakar pada suhu konstan 300°C dengan variasi durasi pembakaran 60, 90, 120, dan 150 menit sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama durasi pembakaran, kuat tekan mortar cenderung mengalami penurunan. Mortar dengan penambahan *silica fume* menunjukkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan mortar tanpa *silica fume*. Substitusi *silica fume* sebesar 10% memberikan kinerja optimum dalam mempertahankan kuat tekan setelah pembakaran, sedangkan kadar 15% tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah pembakaran.

Kata Kunci: Mortar, Durasi Pembakaran, Suhu 300°C, *Silica Fume*, Kuat Tekan.

**THE EFFECT OF BURNING DURATION AT CONSTANT
TEMPERATURE ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTAR
WITH SILICA FUME AS A PARTIAL CEMENT REPLACEMENT**

Nor Laila¹, Ratni Nurwidayati²

¹Undergraduate Student Of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

²Lecturer of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

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

Email: v.nlaila2910@gmail.com

ABSTRAK

Fire exposure can reduce the mechanical performance of construction materials, particularly mortar, due to high temperatures applied over a certain duration. In addition to temperature, burning duration is a crucial factor influencing microstructural degradation and compressive strength reduction of mortar. This study aims to analyze the effect of burning duration at a constant temperature on the compressive strength of mortar with variations of silica fume as a partial cement replacement.

The study employed cubic mortar specimens measuring $5 \times 5 \times 5$ cm with silica fume contents of 0%, 5%, 10%, and 15% by weight of cement. All specimens were cured for 28 days and then exposed to a constant temperature of 300°C with burning durations of 60, 90, 120, and 150 minutes prior to compressive strength testing.





The results indicate that increasing burning duration leads to a gradual decrease in the compressive strength of mortar. Mortar containing silica fume exhibited higher residual compressive strength compared to mortar without silica fume. A silica fume replacement level of 10% provided the optimum performance in maintaining compressive strength after burning, while a 15% replacement did not result in a significant strength improvement after exposure to high temperature.





Keywords: Mortar, Burning Duration, 300°C temperature, Silica Fume, Compressive Strength.

LEMBAR ASISTENSI






 <p style="text-align: center;">UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL BANJARBARU</p>			<p style="text-align: center;">LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR</p>									
No.	Nama	NIM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Nor Laila	2210811320024										

KEGIATAN ASISTENSI

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Rabu, 23 Juli 2025	<p>Tambahkan literasi mengenai pengaruh penambahan SF terhadap kinerja mortar Untuk <i>silica fume</i> gunakan kadar 0%, 5%, 10%, 15%</p> <p>Pelajari sifat beton saat di panaskan dan pasca kebakaran</p> <p>Rencanakan mix design untuk ukuran 5x5x5</p>	
2.	Senin, 28 Juli 2025	<p>Tambahkan mortar kontrol (tanpa SF, tanpa dibakar)</p> <p>Pelajari pengujian kuat tekan, apakah langsung uji tekan, atau di diamkan sampai suhu ruang terlebih dahulu</p> <p>Buat mix design untuk mutu 21 MPa</p> <p>Kebakaran artificial mortar dilakukan pada umur 28 hari</p>	
3.	Kami, 31 Juli 2025	<p>Bahas variabel (suhu, lama pembakaran, perilaku pembakaran)</p> <p>Bahas durabilitas beton saat kebakaran</p> <p>Buat draft mix design</p>	
4.	Senin, 4 Agustus 2025	<p>Perbaiki penulisan sub-judul</p> <p>Perhatikan penulisan seperti jenis huruf, bahasa asing</p> <p>Semua warna tabel disamakan dari akhir sampai selesai (konsisten)</p> <p>Perbaiki penulisan sitasi di mendeley</p> <p>Tambahkan jurnal yang membahas uji fisik SF, dan kandungan kimianya (XRF)</p> <p>Mix design bisa pakai JMF, buang agregat kasarnya</p> <p>Jelaskan di bab 3 tentang dimana lokasi pembakaran, suhu pembakaran, foto alat furnace, proses pembakaran</p>	

5.	Kamis, 7 Agustus 2025	<p>Tambahkan uji waktu pengikatan dan gambar alat vicat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cari spek SF di ASTM <p>Revisi pengujian benda uji sesuai variabel yang ada dibakar dan tidak dibakar</p> <p>Cari jurnal tentang suhu dan lama pembakaran benda uji</p> <p>Suhu ruang biasanya didiamkan berapa jam</p> <p>Perbaiki daftar pustaka</p> <ul style="list-style-type: none"> • Setelah selesai curing apakah langsung di uji atau tidak 	
6.	Selasa, 12 Agustus 2025	<p>Cari jurnal tentang pengaruh SF terhadap waktu pengikatan semen</p> <p>Penelitian SF tentang setting time</p> <p>Jelaskan komposisi di dapatkan dari ASTM terlebih dahulu, baru dilampirkan mixdesignnya</p> <p>Setiap tabel dan gambar harus di narasikan dan dirujuk sebelum atau sesudahnya</p>	
7.	Selasa, 19 Agustus 2025	<p>Gunakan cross refrence</p> <p>Sebutkan Tabel 3.1, 3.2, dkk</p> <p>Tambahkan pemeriksaan setting time di flowchart</p> <p>Jika tabel terpotong, pakai repeat-heading</p> <p>Tambahkan pengujian fineness di bab 2, bab 3 dan flowchart</p> <p>Perbaiki penjelasan rancangan pengujian</p> <p>Tambahkan penelitian terdahulu di bab 2</p> <p>Tambahkan data hasil pengujian terdahulu di masing-masing variabel pada bab 2</p>	
8.	Senin, 25 Agustus 2025	<p>Tambahkan kembali pembahasan untuk bab 2</p> <p>Rapikan flowchart</p> <p>Pada flowchart belum terlihat proses mortar yang tidak dibakar, dibakar dan tidak direhidrasi dan dibakar serta direhidrasi</p>	
9.	Kamis, 28 Agustus 2025	<p>Cari jurnal tentang XRF untuk SF</p> <p>Cari jurnal tentang SEM untuk SF</p> <p>Tambahkan beberapa dokumentasi bahan dan pengujian</p> <p>Bisa buat draft PPT</p>	

10.	Kamis, 4 September 2025	<p>Tambahkan pembahasan kandungan dan partikel SF dari pengujian XRF dan SEM pada bab 2</p> <p>Tambahkan pengujian XRF dan SEM pada bab 3</p> <p>Semua penjelasan prosedur penelitian yang tidak dilakukan sendirian, jelaskan secara singkat saja</p> <p>Bedakan dokumentasi material dan alat pada proposal</p> <p>Bedakan kutipan sitasi, jangan terlalu banyak sama dalam mengutipnya</p> <p>Buat Rangkuman mix design pada bab 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Update daftar isi, gambar, tabel dan daftar pustaka • Tambahkan lagi jurnal-jurnal tentang penelitian terdahulu • Cek kembali penulisan proposal 	
11.	Rabu, 17 September 2025	ACC Proposal dilakukan daftar sidang proposal	Mah
12.	Senin, 13 Oktober 2025	Setiap pengerjaan pembuatan sampel di dokumentasikan dengan alat pelindung diri lengkap Sesuaikan pengerjaan dengan SOP yang ada	Mah
13.	Jum'at, 17 Oktober 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Sampel dipadatkan kembali dengan penumbukan dan penggetar menggunakan palu karet • Timbang sampel sebelum masuk bak curing • Catat dan dokumentasikan semua sampel baik yang berhasil maupun yang gagal 	Mah
14.	Senin, 20 Oktober 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Rapikan sampel setelah dimasukkan ke bekisting • Timbang sampel setelah set • Sebelum pengecoran, <i>silica fume</i> digabung dan dicampursecara rata terlebih dahulu dengan semen dalam keadaan kering • Saat pengecoran, masukkan pasir terlebih dahulu, campuran semen-<i>silica fume</i> lalu aduk sampai rata baru masukkan air • Jika masih belum rata, aduk manual terlebih dahulu, lalu aduk kembali dengan mixer sebelum dimasukkan ke dalam bekisting 	Mah
15.	Rabu, 22 Oktober 2025	Evaluasi dan catat semua hasil yang ada, baik pada saat pembukaan sampel, pembakaran	Mah
16.	Rabu, 29 Oktober 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Tambahkan semua dokumentasi pengecoran dan pengujian material pada penulisan bab 3 • Ceritakan semua langkah pengujian pengerjaan lebih detail sesuai pengerjaan yang dilakukan • Hapus sub-bab waktu & tempat pengujian pada bab 3 	Mah
17.	Rabu, 12 November 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Sesuaikan kembali langkah pengujian pembakaran dengan <i>furnace</i> dengan SOP pemakaian alat di Lab Terpadu • Perbaiki dan jelaskan kembali prosedur pembakaran pada bab 3 sesuai dengan pengerjaan SOP yang ada di Lab Terpadu 	Mah

18.	Jum'at, 14 November 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasi benda uji saat keluar dari furnace pada setiap sisi sampel • Dokumentasi penurunan berat sampel pasca kebakaran 	
19.	Selasa, 2 Desember 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Tambahkan penjelasan pengujian pembakaran dan tanpa pembakaran bab 3 lebih detail dengan dokumentasi • Pada bab pembahasan hanya tampilkan hasil pengujian saja, untuk perhitungan tambahkan pada lampiran. • Tambah sub-judul pengamatan visual, perubahan lama, dan hubungan antara hasil pada sub-bab sebelumnya • Tambahkan kesimpulan dan saran pada bab 5 	
20.	Jum'at, 19 Desember 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Tambahkan narasi setelah hasil pengujian berdasarkan hasil pengujian • Perbaiki judul Tabel dan gambar, awal kalimat menggunakan huruf besar 	
21.	Selasa, 30 Desember 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Tambahkan jurnal yang berhubungan berdasarkan analisa • Gambar grafik bikin sisinya tidak bergaris dan seragamkan semua gambar grafik 	
22.	Kamis, 8 Januari 2026	Sidang Akhir	

Banjarbaru,

2025

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 196901061995022001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT karena limpahan nikmat, karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Durasi Pembakaran Pada Suhu Konstan Terhadap Kuat Tekan Mortar Dengan Variasi Substitusi *Silica Fume* Sebagai Pengganti Parsial Semen”**. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan mahasiswa/i Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan maupun dukungan, untuk itu pula penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan akhir Tugas Akhir:

1. Ibu Hartini dan Bapak Bahrin tercinta selaku kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan do'a, dorongan, semangat dan mengorbankan semua untuk anak tercintanya hingga dapat menyelesaikan perkuliahan ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T. selaku koordinator Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
3. Ibu Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan arahan dan penjelasan kepada saya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu kepada kami.
5. Irsan, Irene, Bryan, Aulia, selaku teman-teman dekat saya yang selalu mendukung, memberikan nasehat, dan selalu menghibur saya hingga saat ini.
6. Teman-teman Divisi 1 yang menemani saya selama berorganisasi di perkuliahan.
7. Rekan-rekan Instruktur Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat dan mahasiswa magang yang telah banyak membantu saya dalam pembuatan tugas akhir ini.

Akhir kata, saya menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun

agar Tugas Akhir ini lebih baik lagi. Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Banjarbaru, 2025

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Laila', with a stylized flourish at the end.

Nor Laila

NIM. 2210811320024

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR ASISTENSI	vi
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mortar	5
2.1.1 Pengertian Mortar	5
2.1.2 Sifat-Sifat Mortar.....	5
2.1.3 Klasifikasi Mortar	6
2.2 Bahan Penyusun Mortar.....	6
2.2.1 Semen <i>Portland</i>	6
2.2.2 Agregat Halus	7
2.2.3 Air.....	8
2.3 <i>Silica Fume</i>	8
2.4 Sifat Beton dan Mortar Pasca Kebakaran	10
2.5 Pengaruh Durasi Pembakaran Pada Beton dan Mortar.....	13
2.6 Peran <i>Silica Fume</i> Dalam Ketahanan Beton dan Mortar Pada Durasi Pembakaran	15

2.7 Waktu Pengikatan	18
2.8 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	19
2.9 Kuat Tekan	21
2.10Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) Dan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	22
2.11 Uji Grubb's.....	23
2.12Penelitian Terdahulu.....	24
2.12.1 Penelitian Terdahulu Pengaruh <i>Silica Fume</i> Terhadap Beton.....	24
2.12.2 Penelitian Terdahulu Efek Kebakaran Terhadap Beton dan Mortar ...	27
2.12.3 Penelitian Terdahulu Pengaruh <i>Silica Fume</i> Terhadap Beton dan Mortar Pasca Bakar.....	31
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Bagan Alir	35
3.2 Waktu dan Tempat.....	36
3.3 Alat dan Bahan.....	37
3.3.1 Alat	37
3.3.2 Bahan	37
3.4 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan Dasar	37
3.5.1 <i>Silica Fume</i>	38
3.5.2 Agregat Halus	38
3.5.3 Semen <i>Portland</i>	38
3.5.4 Air	39
3.5.5 Pemeriksaan Bahan Dasar	39
3.5 Waktu Pengikatan	41
3.6 Rancangan Penelitian.....	43
3.7 Perhitungan <i>Mix Design</i>	45
3.8 Pembuatan Benda Uji	47

3.9 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>).....	49
3.10 Pengujian Benda Uji	50
3.11 Penarikan Kesimpulan	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Pemeriksaan Bahan	57
4.1.1 Pemeriksaan <i>Silica Fume</i>	57
4.1.2 Pemeriksaan Agregat Halus	61
4.1.3 Pemeriksaan Waktu Pengikatan.....	63
4.2 Pengamatan Visual.....	64
4.2.1 Pengaruh Lama Pembakaran	64
4.2.2 Pengaruh Persentase <i>Silica Fume</i>	70
4.3 Perubahan Suhu	77
4.3.1 Benda Uji MS-0.....	77
4.3.2 Benda Uji MS-5	80
4.3.3 Benda Uji MS-10	83
4.3.4 Benda Uji MS-15	86
4.3.5 Rekapitulasi Perubahan Suhu Pada Benda Uji	89
4.4 Perubahan Berat	91
4.4.1 Benda Uji MS-0.....	91
4.4.2 Benda Uji MS-5.....	94
4.4.3 Benda Uji MS-10	98
4.4.4 Benda Uji MS-15.....	101
4.4.5 Rekapitulasi Berat Benda Uji	105
4.4 Kuat Tekan Mortar	108
4.4.1 Pengaruh Lama Pembakaran Terhadap Kuat Tekan	108
4.4.2 Pengaruh Persentase <i>Silica Fume</i> Terhadap Kuat Tekan	128

BAB V KESIMPULAN	142
5.1 Kesimpulan	142
5.1 Saran	142
DAFTAR PUSTAKA.....	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan ukuran distribusi partikel antara semen, <i>fly ash</i> , dan <i>silica fume</i> (<i>sumber</i> : sutriono, 2018).....	9
Gambar 2. 2 Hasil kuat tekan mortar 28 hari (<i>sumber</i> : Astari & Rifqi, 2025).....	10
Gambar 2. 3 Degradasi kuat tekan beton pada berbagai temperatur (<i>sumber</i> Suhendro, 2000)	12
Gambar 2. 4 Grafik penurunan kuat tekan beton	13
Gambar 2. 5 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton pasca kebakaran	14
Gambar 2. 6 Hasil perbandingan kuat tekan mortar	15
Gambar 2. 7 Ketahanan panas beton mutu tinggi (<i>High-Performance Concrete</i>) dengan berbagai rasio air-semen (w/b)	16
Gambar 2. 8 Hasil perbandingan kuat tekan setelah paparan suhu tinggi	17
Gambar 2. 9 Kuat desak silinder beton pra-bakar dan pasca-bakar 4 jam 400 ⁰ C (<i>sumber</i> : Susetiarto & Priyatna, 2003).....	18
Gambar 2. 10 Cetakan benda uji kubus (<i>Sumber</i> : SNI 03-6825-2002).....	21
Gambar 2. 11 Gaya dan luasan mortar (Priastiwi <i>et al.</i> , 2020).....	22
Gambar 2. 12 SEM beton dengan <i>silica fume</i> pada umur 7 dan 28 hari.....	23
Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian.....	36
Gambar 3. 2 <i>Silica Fume</i>	38
Gambar 3. 3 Agregat Halus.....	38
Gambar 3. 4 Semen <i>Portland</i>	39
Gambar 3. 5 Menimbang <i>silica fume</i>	40
Gambar 3. 6 Mencuci <i>silica fume</i>	40
Gambar 3. 7 Mengoven <i>silica fume</i>	40
Gambar 3. 8 Menimbang <i>silica fume</i> setelah di oven	40
Gambar 3. 9 Alat vicat	41
Gambar 3. 10 Semen <i>portland</i> , <i>silica fume</i> , dan air.....	41
Gambar 3. 11 Menimbang berat semen	42
Gambar 3. 12 Menimbang berat <i>silica fume</i>	42
Gambar 3. 13 Pengadukan mortar.....	42
Gambar 3. 14 Mencetak pasta ke dalam cincin konus	42
Gambar 3. 15 Memasukkan benda uji ke dalam termostatik.....	43

Gambar 3. 16 Pengujian waktu pengikatan.....	43
Gambar 3. 17 Menimbang agregat halus	47
Gambar 3. 18 Menimbang semen <i>portland</i>	47
Gambar 3. 19 Menimbang <i>silica fume</i>	48
Gambar 3. 20 Bekisting yang telah diolesi oli	48
Gambar 3. 21 Mencampurkan semen dengan <i>silica fume</i>	48
Gambar 3. 22 Melakukan pencampuran adonan mortar	49
Gambar 3. 23 Mortar telah dicetak pada bekisting	49
Gambar 3. 24 Mortar yang telah dikeluarkan dari bekisting	49
Gambar 3. 25 Curing benda uji	50
Gambar 3. 26 Menimbang benda uji.....	50
Gambar 3. 27 Meletakkan benda uji pada mesin kuat tekan.....	51
Gambar 3. 28 Pengujian kuat tekan	51
Gambar 3. 29 Hasil kuat tekan benda uji tanpa pembakaran	51
Gambar 3. 30 Menimbang benda uji sebelum pembakaran.....	52
Gambar 3. 31 Alat <i>furnace</i>	52
Gambar 3. 32 Mengukur suhu sebelum pembakaran.....	52
Gambar 3. 33 Ukur suhu awal <i>furnace</i>	52
Gambar 3. 34 Suhu <i>furnace</i> saat 300 ⁰ C	53
Gambar 3. 35 Mengukur suhu alat <i>furnace</i> saat suhu 300 ⁰ C.....	53
Gambar 3. 36 Memasukkan benda uji ke dalam <i>furnace</i>	53
Gambar 3. 37 Mengukur suhu alat <i>furnace</i> setelah pembakaran.....	54
Gambar 3. 38 Mengukur suhu benda uji setelah pembakaran	54
Gambar 3. 39 Mengukur suhu benda uji setelah 24 jam/suhu ruang	55
Gambar 3. 40 Mengukur suhu ruang	55
Gambar 3. 41 Menimbang benda uji setelah pembakaran	55
Gambar 3. 42 Pengujian kuat tekan	56
Gambar 3. 43 Hasil kuat tekan benda uji setelah pembakaran	56
Gambar 4. 1 Hasil pengujian SEM <i>silica fume</i> (100x)	60
Gambar 4. 2 Hasil pengujian SEM <i>silica fume</i> (500X)	60
Gambar 4. 3 Hasil pengujian SEM <i>silica fume</i> (800x)	60
Gambar 4. 4 Hasil pengujian EDX <i>silica fume</i>	61

Gambar 4. 5 Hasil analisa saringan pasir barito.....	62
Gambar 4. 6 Perbandingan berat volume agregat dalam keadaan lepas, goyang dan pematatan	63
Gambar 4. 7 Pengaruh presentase <i>silica fume</i> pada <i>setting time</i>	63
Gambar 4. 8 Rekapitulasi perubahan berat benda uji sebelum dan sesudah pembakaran	107
Gambar 4. 9 Rekapitulasi sebelum uji Grubb's mortar <i>silica fume</i> 0%.....	111
Gambar 4. 10 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 0%	112
Gambar 4. 11 Rekapitulasi sebelum uji Grubb's mortar <i>silica fume</i> 5%.....	115
Gambar 4. 12 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 5%	116
Gambar 4. 13 Rekapitulasi sebelum uji Grubb's mortar <i>silica fume</i> 10%.....	119
Gambar 4. 14 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 10%	120
Gambar 4. 15 Rekapitulasi sebelum uji Grubb's mortar <i>silica fume</i> 15%.....	123
Gambar 4. 16 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 15%	124
Gambar 4. 17 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar tanpa pembakaran	129
Gambar 4. 18 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar pembakaran 60 Menit	131
Gambar 4. 19 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar pembakaran 90 menit.....	133
Gambar 4. 20 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar pembakaran 120 menit.....	135
Gambar 4. 21 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar pembakaran 150 menit.....	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas gradasi agregat halus	7
Tabel 2. 2 Batasan kimia opsional untuk air campuran gabungan	8
Tabel 2. 3 Perubahan warna dan kondisi beton sesuai perubahan suhu.....	11
Tabel 2. 4 Perubahan kekuatan kuat desak silinder pra-bakar dan pasca-bakar ...	18
Tabel 2. 5 Hasil pengujian XRF untuk <i>silica fume</i>	22
Tabel 3. 1 Nomenkatur benda uji mortar <i>silica fume</i>	45
Tabel 3. 2 <i>Mixdesign</i> mortar untuk 6 sampel berdasarkan ASTM C-109	45
Tabel 3. 3 <i>Mixdesign</i> campuran mortar dengan pengganti parsial semen dengan <i>silica fume</i> sebanyak 0%	46
Tabel 3. 4 <i>Mixdesign</i> campuran mortar dengan pengganti parsial semen dengan <i>silica fume</i> sebanyak 5%	46
Tabel 3. 5 <i>Mixdesign</i> campuran mortar dengan pengganti parsial semen dengan <i>silica fume</i> sebanyak 10%	46
Tabel 3. 6 <i>Mixdesign</i> campuran mortar dengan pengganti parsial semen dengan <i>silica fume</i> sebanyak 15%	46
Tabel 3. 7 Rekapitulasi <i>mix design</i>	47
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan <i>Silica Fume</i>	57
Tabel 4. 2 Hasil pengujian XRF <i>silica fume (elements)</i>	58
Tabel 4. 3 Hasil pengujian XRF <i>silica fume (oxide)</i>	59
Tabel 4. 4 Hasil unsur pengujian SEM dan EDX <i>silica fume</i>	61
Tabel 4. 5 Hasil pemeriksaan agregat halus	62
Tabel 4. 6 Hasil pengamatan visual pengaruh lama pembakaran <i>silica fume</i> 0%. 65	
Tabel 4. 7 Hasil pengamatan visual pengaruh lama pembakaran <i>silica fume</i> 5%. 66	
Tabel 4. 8 Hasil pengamatan visual pengaruh lama pembakaran <i>silica fume</i> 10%67	
Tabel 4. 9 Hasil pengamatan visual pengaruh lama pembakaran <i>silica fume</i> 15%69	
Tabel 4. 10 Hasil pengamatan visual lama pembakaran 60 menit	70
Tabel 4. 11 Hasil pengamatan visual lama pembakaran 90 menit	72
Tabel 4. 12 Hasil Pengamatan Visual Lama Pembakaran 120 menit.....	74
Tabel 4. 13 Hasil pengamatan visual lama pembakaran 150 menit	75
Tabel 4. 14 Hasil perubahan suhu MS-0 durasi 60 menit pembakaran.....	78
Tabel 4. 15 Hasil perubahan suhu MS-0 durasi 90 menit pembakaran.....	78

Tabel 4. 16 Hasil perubahan suhu MS-0 durasi 120 menit pembakaran.....	79
Tabel 4. 17 Hasil perubahan suhu MS-0 durasi 150 menit pembakaran.....	80
Tabel 4. 18 Hasil perubahan suhu MS-5 durasi 60 menit pembakaran.....	81
Tabel 4. 19 Hasil perubahan suhu MS-5 durasi 90 menit pembakaran.....	81
Tabel 4. 20 Hasil perubahan suhu MS-5 durasi 120 menit pembakaran.....	82
Tabel 4. 21 Hasil perubahan suhu MS-5 durasi 150 menit pembakaran.....	83
Tabel 4. 22 Hasil perubahan suhu MS-10 durasi 60 menit pembakaran.....	84
Tabel 4. 23 Hasil perubahan suhu MS-10 durasi 90 menit pembakaran.....	84
Tabel 4. 24 Hasil perubahan suhu MS-10 durasi 120 menit pembakaran.....	85
Tabel 4. 25 Hasil perubahan suhu MS-10 durasi 150 menit pembakaran.....	86
Tabel 4. 26 Hasil perubahan suhu MS-15 durasi 60 menit pembakaran.....	87
Tabel 4. 27 Hasil perubahan suhu MS-15 durasi 90 menit pembakaran.....	87
Tabel 4. 28 Hasil perubahan suhu MS-15 durasi 120 menit pembakaran.....	88
Tabel 4. 29 Hasil perubahan suhu MS-15 durasi 60 menit pembakaran.....	89
Tabel 4. 30 Rekapitulasi pengaruh perubahan suhu pada benda uji pada lama pembakaran dengan beberapa variasi persentase <i>silica fume</i>	89
Tabel 4. 31 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-0-0.....	91
Tabel 4. 32 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-0-60.....	92
Tabel 4. 33 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-0-90.....	92
Tabel 4. 34 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-0-120.....	93
Tabel 4. 35 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-0-150.....	94
Tabel 4. 36 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-5-0.....	95
Tabel 4. 37 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-5-60.....	95
Tabel 4. 38 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-5-90.....	96
Tabel 4. 39 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-5-120.....	96
Tabel 4. 40 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-5-150.....	97
Tabel 4. 41 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-10-0.....	98
Tabel 4. 42 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-10-60.....	98
Tabel 4. 43 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-10-90.....	99
Tabel 4. 44 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-10-120.....	100
Tabel 4. 45 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-10-150.....	100
Tabel 4. 46 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-15-0.....	101

Tabel 4. 47 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-15-60.....	102
Tabel 4. 48 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-15-90.....	103
Tabel 4. 49 Hasil Perbandingan Perubahan Berat Benda Uji MS-15-120.....	103
Tabel 4. 50 Hasil perbandingan perubahan berat benda uji MS-15-150.....	104
Tabel 4. 51 Rekapitulasi pengaruh berat pada benda uji pada lama pembakaran dengan beberapa variasi persentase <i>silica fume</i>	105
Tabel 4. 52 Hasil pengujian kuat tekan MS-0-0.....	109
Tabel 4. 53 Hasil pengujian kuat tekan MS-0-60.....	109
Tabel 4. 54 Hasil pengujian kuat tekan MS-0-90.....	109
Tabel 4. 55 Hasil pengujian kuat tekan MS-0-120.....	110
Tabel 4. 56 Hasil pengujian kuat tekan MS-0-150.....	110
Tabel 4. 57 Rekapitulasi setelah uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 0%	110
Tabel 4. 58 Hasil pengujian kuat tekan MS-5-0.....	113
Tabel 4. 59 Hasil pengujian kuat tekan MS-5-60.....	113
Tabel 4. 60 Hasil pengujian kuat tekan MS-5-90.....	113
Tabel 4. 61 Hasil pengujian kuat tekan MS-5-120.....	114
Tabel 4. 62 Hasil pengujian kuat tekan MS-5-150.....	114
Tabel 4. 63 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 5%	115
Tabel 4. 64 Hasil pengujian kuat tekan MS-10-0.....	117
Tabel 4. 65 Hasil pengujian kuat tekan MS-10-60.....	117
Tabel 4. 66 Hasil pengujian kuat tekan MS-10-90.....	117
Tabel 4. 67 Hasil pengujian kuat tekan MS-10-120.....	118
Tabel 4. 68 Hasil pengujian kuat tekan MS-10-150.....	118
Tabel 4. 69 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 10%	119
Tabel 4. 70 Hasil pengujian kuat tekan MS-15-0.....	121
Tabel 4. 71 Hasil pengujian kuat tekan MS-15-60.....	121
Tabel 4. 72 Hasil pengujian kuat tekan MS-15-90.....	122
Tabel 4. 73 Hasil pengujian kuat tekan MS-15-120.....	122
Tabel 4. 74 Hasil pengujian kuat tekan MS-15-150.....	122
Tabel 4. 75 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar <i>silica fume</i> 15%	123
Tabel 4. 76 Rekapitulasi pengaruh lama pembakaran terhadap kuat tekan pada benda uji pada beberapa variasi persentase <i>silica fume</i>	125

Tabel 4. 77 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar tanpa pembakaran.....	128
Tabel 4. 78 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar 60 menit pembakaran.....	130
Tabel 4. 79 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar pembakaran 90 menit.....	132
Tabel 4. 80 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar 120 Menit Pembakaran..	135
Tabel 4. 81 Rekapitulasi uji Grubb's uji tekan mortar pembakaran 150 menit...	137
Tabel 4. 82 Rekapitulasi pengaruh persentase <i>silica fume</i> terhadap kuat tekan pada benda uji tanpa pembakaran dan pembakaran (60, 90, 120, dan 150 menit).....	139