

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SIFAT
FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR**

(Skripsi)

Oleh

AHMAD MUNAWIR SIREGAR



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDING RICE HUSK ASH TO PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MORTAR

BY

AHMAD MUNAWIR SIREGAR

The research was carried out about the effect of adding rice husk ash to physical and mechanical properties of mortar. Mortar was moulded with three compositions i.e. portland cement, rice husk ash and rice stalk fiber. Rice husk ash was burned at temperature of 700 °C for 2 hours. Rice stalk fiber was mechanically sliced up to 0.8 mm in size. Then, mortar molding and maintenance was processed for 28 days. The mortars that had reached the age of 28 days were tested according to the Indonesian National Standard (SNI) including physical properties (water absorption, density), and mechanical properties (compressive strength, modulus of elasticity, modulus of rupture). Characterization of microstructure, morphology and composition of all elements on the surface of mortar were processed by using Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS). The results of research shows the influence of adding rice husk ash to physical and mechanical properties of mortar. Mortar with the most optimum physical and mechanical properties is mortar with a composition of 13: 2: 5. The results of the characterization using SEM-EDS shows that the surface of this composition sample is better than other sample. The most dominant elements in the mortar are element of Ca and Si which functioned as mortar binder and hardener.

Keywords: *Mechanical properties, mortar, physical properties, SEM-EDS.*

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR

OLEH

AHMAD MUNAWIR SIREGAR

Penelitian yang dilakukan tentang pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis mortar. Mortar dicetak dengan tiga perbandingan komposisi antara semen *ordinary portland*, abu sekam padi, dan serat tangkai padi. Abu sekam padi dibakar pada suhu 700 °C selama 2 jam, serat tangkai padi dirajang secara mekanis hingga berukuran 0,8 mm, kemudian dilakukan pencetakan mortar dan perawatan selama 28 hari. Mortar yang telah mencapai usia 28 hari di uji sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), yang meliputi sifat fisis (daya serap air, kerapatan), dan sifat mekanis (kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur). Karakterisasi struktur mikro, morfologi, dan komposisi semua unsur yang ada pada permukaan mortar dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS). Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis mortar. Mortar dengan sifat fisis dan mekanis yang paling optimum adalah mortar dengan komposisi 13:2:5. Hasil karakterisasi menggunakan SEM-EDS memperlihatkan permukaan mortar tersebut adalah yang lebih baik. Unsur yang paling dominan pada mortar adalah unsur Ca dan Si yang berfungsi sebagai pengikat dan penguat mortar.

Kata Kunci: Mortar, sifat fisis, sifat mekanis, SEM-EDS.

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SIFAT
FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR**

Oleh

AHMAD MUNAWIR SIREGAR

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA FISIKA**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN ABU
SEKAM PADI TERHADAP SIFAT
FISIS DAN MEKANIS PADA
MORTAR**

Nama Mahasiswa : *Ahmad Munawir Siregar*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517041075

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Roni
Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.
NIP. 197703182000121003

Agus
Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 198608222015041002

2. Ketua Jurusan Fisika

Arif
Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

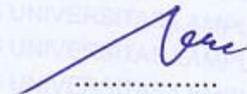
Ketua

: **Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.**



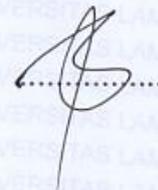
Sekretaris

: **Agus Riyanto, S.Si., M.Sc**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Suratman, M.Sc.

NIP. 196406041990031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Oktober 2019

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Mortar” merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang di skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang saya terima.

Bandar Lampung, 28 Oktober 2019



AHMAD MUNAWIR SIREGAR
NPM. 1517041075

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sibuhuan pada tanggal 19 November 1996 sebagai anak ke empat dari enam bersaudara pasangan bapak H. Darwan Efendi Siregar, S.Pd.I dan ibu Hj. Hasnah Hasibuan, S.Pd.I.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) Sibuhuan, Padang Lawas pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di MTs Al-Mukhlisin Sibuhuan pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di MAN 2 Model Padang Sidempuan pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif dalam kegiatan organisasi. Penulis mengawali aktivitas organisasi dengan mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung sebagai anggota bidang Kaderisasi. Penulis pernah aktif dalam organisasi kemahasiswaan Rohani Islam (ROIS) sebagai Anggota Muda Rois (AMAR) periode 2015-2016, aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) English Society (ESO) Universitas Lampung sebagai anggota Periode 2016-2017, dan menjadi Ketua Umum Forum Mahasiswa Islam Sumatera Utara (FORMAHISA) Lampung Periode 2017-2018. Penulis juga menjadi asisten

praktikum Fisika Eksperimen pada tahun 2017, asisten praktikum Elektronika Dasar I pada tahun 2017, dan asisten praktikum Fisika Dasar pada tahun 2018.

PERSEMBAHAN

*Dengan segala puji syukur kehadirat Allah S.W.T, Kupersembahkan karya
kecilku ini untuk orang-orang yang aku cintai dan sayangi*

*Teruntuk Ibu dan Ayah-Ku yang senantiasa memberikan kasih sayang,
motivasi, dukungan dan semangat serta selalu mendoakan keberhasilan-Ku*

*Teruntuk Kakak dan Adik-Ku, yang tak pernah putus-putusnya memberikan
nasihat, semangat, motivasi dan doanya, terimakasih untuk segala kasih sayang,
perhatian, usaha dan segala dukungan moril maupun materi...*

*Teruntuk seluruh keluarga besar-Ku, teman dan sahabat-Ku, terimakasih untuk
doa, dukungan dan waktunya selama ini, terimakasih untuk canda tawa,
perjuangan dan segala kenangan yang telah terukir indah selama hayat-Ku*

Teruntuk

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

MOTTO

كَلَّا إِذَا بَلَغَتِ التَّرَاقِي

“Wahai manusia, janganlah kalian mengabaikan akhirat. Apabila nyawa telah sampai ke tenggorokan sebagai tanda datangnya sakaratul maut”

(Qs. Al-Qiyamah:27)

“Genggamlah Dunia dengan tanganmu, dan jadikanlah Akhirat di Hatimu”

KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Mortar**”. Shalawat serta Salam semoga tercurahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga dan sahabatnya.

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis, baik berupa dukungan moril maupun materil. Karena penulis yakin tanpa bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasanya bagi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna sempurnanya skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. *Aamiin Yaa Rabbal ‘Alamin.*

Bandar Lampung, 28 Oktober 2019
Penulis

Ahmad Munawir Siregar

SANWACANA

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat dan kasih sayang-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Mortar**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Lampung.

Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pemikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Teristimewa untuk kedua orang tuaku tercinta Bapak H. Darwan Efendi Siregar dan Ibu Hj. Hasnah Hasibuan yang dengan tulus menyayangi dan senantiasa mendoakan kesuksesanku. Terima kasih atas keikhlasan, kerja keras, dan segala perjuangan dalam mendidik dan membesarkanku hingga saat ini.
2. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S. Si., M.Si. selaku Pembimbing I atas segala bimbingan, bantuan, saran dan nasihat, serta motivasinya yang sangat berarti bagi penulis selama penelitian hingga selesai skripsi ini.
3. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc selaku Pembimbing II atas segala bimbingan, bantuan, saran dan nasihat, serta motivasinya yang sangat berarti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

4. Bapak Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph. D selaku Pembahas sekaligus Pembimbing Akademik atas segala arahan, saran, dan kritik, serta motivasinya dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Drs. Suratman, M.Sc selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung atas seluruh ilmu yang diberikan.
8. Bapak Ir. Edi Purwanto, M.T selaku Kepala Laboratorium Struktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
9. Bapak-bapak Asisten Laboratorium Struktur Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala bantuan dan masukan yang diberikan kepada penulis.
10. Kakak dan adik saya tercinta terima kasih atas keceriaan, doa, dukungannya yang terus menjadi motivator utama bagi penulis.
11. Keluarga besar serta saudara-saudara saya yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas doa, dukungan, kasih sayang serta nasihat-nasihat yang diberikan kepada penulis.
12. Partner saya Muhammad Nursani, atas kerja sama, dukungan, bantuan dan motivasinya.
13. Rekan-rekan dan keluargaku jurusan Fisika Angkatan 2015 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih unuk kebersamaan, persaudaraan, cerita dan kenangan selama menempuh pendidikan di kampus.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka serta senantiasa menjaga mereka dalam lindungan-Nya. Aamiin. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dalam isi maupun cara penulisan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Bandar Lampung, 28 Oktober 2018
Penulis

AHMAD MUNAWIR SIREGAR

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
 I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karakteristik Mortar	5
2.2. Sejarah Semen.....	8
2.3. Semen <i>Portland</i>	10
2.4. Abu Sekam Padi.....	11

2.5.	Serat Tangkai Padi	12
2.6.	Sifat Fisis dan Mekanis Semen	13
2.6.1	Daya Serap Air (<i>Absorption</i>)	13
2.6.2	Kerapatan (<i>Bulk Density</i>)	14
2.6.3	Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	14
2.6.4	Kuat Lentur (<i>Modulus of Elasticity</i>)	15
2.6.5	Kuat Tarik Belah (<i>Modulus of Rupture</i>)	15
2.7	<i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	16

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitan	18
3.2	Alat dan Bahan.....	18
3.2.1	Alat.....	18
3.2.2	Bahan.....	18
3.3	Prosedur Penelitian	19
3.3.1	Preparasi Abu Sekam Padi	19
3.3.2	Preparasi Serat Tangkai Padi	20
3.3.3	Pembuatan Sampel Mortar	21
3.3.4	Pengujian Sampel Mortar.....	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pendahuluan.....	25
4.2	Hasil Mortar	25
4.3	Struktur Morfologi dan Komposisi Unsur Kimia pada Permukaan Mortar	26
4.4	Sifat Fisis Mortar	31
4.4.1	Kerapatan (<i>Bulk Density</i>)	31
4.4.2	Daya Serap Air (<i>Absorption</i>)	33
4.5	Sifat Mekanis Mortar	35
4.5.1	Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	35
4.5.2	Kuat Tarik Belah (<i>Modulus of Rupture</i>)	37
4.5.3	Kuat Lentur (<i>Modulus of Elasticity</i>)	38

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi kimia dari abu sekam padi	12
Tabel 2.2 Kandungan kimia dan morfologi serat tangkai padi	13
Tabel 2.3 Karakteristik SEM-EDS	17
Tabel 3.1 Komposisi campuran semen komposit berserat	21
Tabel 4.1 Prosentase unsur kimia pada sampel mortar	28
Tabel C.1 Prosentase unsur teridentifikasi sampel A.....	60
Tabel C.2 Prosentase unsur teridentifikasi sampel B.....	61
Tabel C.3 Prosentase unsur teridentifikasi sampel C.....	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skematik Alat SEM-EDS	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Preparasi Abu Sekam Padi	19
Gambar 3.2 Diagram Alir Preparasi Serat Tangkai Padi.....	20
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Sampel Mortar dan Pengujian	24
Gambar 4.1 Mortar hasil cetakan usia 28 hari: (A) Sampel A, (B) Sampel B, dan (C) Sampel C.....	25
Gambar 4.2 Sampel Mortar untuk Karakterisasi SEM-EDS: (A) Sampel A, (B) Sampel B, dan (C) sampel C	26
Gambar 4.3 Hasil SEM permukaan dengan perbesaran 200 dan 5000 kali (a) mortar A, (b) mortar B, dan (c) mortar C.....	27
Gambar 4.4 Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kerapatan mortar dengan perbandingan semen : abu sekam padi : serat tangkai padi (A) 75% : 0% : 25%, (B) 65% : 10% : 25%, (C) 55% : 20% : 25%.....	31
Gambar 4.5 Grafik massa sampel mortar dengan perbandingan semen : abu sekam padi : serat tangkai padi (A) 75% : 0% : 25%, (B) 65% : 10% : 25%, (C) 55% : 20% : 25%.....	33
Gambar 4.6 Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap daya serap mortar dengan perbandingan semen : abu sekam padi : serat tangkai padi (A) 75% : 0% : 25%, (B) 65% : 10% : 25%, (C) 55% : 20% : 25%.....	34
Gambar 4.7 Hasil pengujian kuat tekan (<i>compressive strenght</i>) pada setiap mortar dengan perbandingan semen : abu sekam padi : serat tangkai padi (A) 75% : 0% : 25%, (B) 65% : 10% : 25%, (C) 55% : 20% : 25%.....	36

Gambar 4.8	Hasil pengujian kuat tarik belah (<i>modulus of rupture</i>) pada setiap mortar dengan perbandingan semen : abu sekam padi : serat tangkai padi (A) 75% : 0% : 25%, (B) 65% : 10% : 25%, (C) 55% : 20% : 25%	37
Gambar 4.9	Hasil pengujian kuat lentur (<i>modulus of elasticity</i>) pada setiap mortar dengan perbandingan semen : abu sekam padi : serat tangkai padi (A) 75% : 0% : 25%, (B) 65% : 10% : 25%, (C) 55% : 20% : 25%.....	38
Gambar B.1	Serat tangkai padi.....	51
Gambar B.2	CaCl ₂	51
Gambar B.3	Semen <i>portland</i>	51
Gambar B.4	Abu sekam padi.....	51
Gambar B.5	Adonan mortar A	51
Gambar B.6	Adonan mortar B.....	51
Gambar B.7	Adonan mortar C.....	51
Gambar B.8	Mesin uji	51
Gambar B.9	Mortar A.....	52
Gambar B.10	Mortar B.....	52
Gambar B.11	Mortar C.....	52
Gambar B.12	Kuat tekan	52
Gambar B.13	Kuat tarik belah.....	52
Gambar B.14	Kuat lentur.....	52
Gambar C.1	Sampel A perbesaran 50 kali	53
Gambar C.2	Sampel A perbesaran 200 kali	53
Gambar C.3	Sampel A perbesaran 1000 kali	53
Gambar C.4	Sampel A perbesaran 5000 kali	54
Gambar C.5	Sampel A perbesaran 8000 kali	54
Gambar C.6	Sampel A perbesaran 10000 kali	54

Gambar C.7 Sampel A perbesaran 14 kali	55
Gambar C.8 Sampel B perbesaran 50 kali	55
Gambar C.9 Sampel B perbesaran 200 kali	55
Gambar C.10 Sampel B perbesaran 1000 kali	56
Gambar C.11 Sampel B perbesaran 5000 kali	56
Gambar C.12 Sampel B perbesaran 8000 kali	56
Gambar C.13 Sampel B perbesaran 10000 kali	57
Gambar C.14 Sampel B perbesaran 14 kali	57
Gambar C.15 Sampel C perbesaran 50 kali	57
Gambar C.16 Sampel C perbesaran 200 kali	58
Gambar C.17 Sampel C perbesaran 1000 kali	58
Gambar C.18 Sampel C perbesaran 5000 kali	58
Gambar C.19 Sampel C perbesaran 8000 kali	59
Gambar C.20 Sampel C perbesaran 10000 kali	59
Gambar C.21 Sampel C perbesaran 14 kali	59
Gambar C.22 Energi unsur teridentifikasi pada sampel A	60
Gambar C.23 Energi unsur teridentifikasi pada sampel B	61
Gambar C.24 Energi unsur teridentifikasi pada sampel C	62

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi beras tertinggi di Asia. Data akhir tahun 2018, total konsumsi beras nasional mencapai 33,47 juta ton (Kementan RI, 2019). Hal ini akan berdampak pada penumpukan limbah padi yang tidak diolah. Data BPS Lampung (2018) memperlihatkan luas panen padi di Provinsi Lampung periode Januari-September 2018 sebesar 336,69 ribu hektar. Dengan memperhitungkan potensi produksi sampai Desember 2018, maka luas panen tahun 2018 adalah 397,44 ribu hektar. Sedangkan total produksi padi tahun 2018 sebesar 1,90 juta ton. Limbah padi diperkirakan hampir mencapai 800 ribu ton. Limbah ini akan meningkat setiap tahunnya jika tidak diolah.

Sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai tambah. Sekam padi memiliki komponen kimia SiO_2 , CaO , dan Al_2O_3 yang dapat ditambahkan sebagai bahan aditif pada semen (Ningsih *et al*, 2012). Kandungan komponen kimia sekam padi pada saat pembakaran diantaranya SiO_2 (94,66 - 95,70%), CaO (0,7 - 0,47%), Na_2O (1,50 - 1,39%), K_2O (1,01 - 0,70%), Al_2O_3 (1,56 - 1,37%), dan MgO (0,56 - 0,30%), semakin tinggi suhu pembakarannya maka

kadar silika murni yang didapatkan akan semakin tinggi (Sembiring *et al*, 2007). Untuk mendapatkan kandungan silika yang tinggi, abu sekam padi dibakar selama 1-2 jam pada suhu 600–700 °C (Zemke and Woods, 2009). Abu sekam padi yang memiliki kandungan silika berfungsi sebagai filler dan serat tangkai padi dapat ditambahkan sebagai bahan tambahan pada pembuatan mortar. Serat tangkai padi ini merupakan limbah padi yang memiliki struktur morfologi serat yang bagus dan kandungan kimia seperti selulosa dan lignin. Kandungan serat tangkai padi ini digunakan sebagai bahan penguat pada semen (Ghofrani *et al*, 2015).

Semen merupakan salah satu bahan baku utama yang sangat penting untuk pembangunan infrastruktur (Gunawan *et al*, 2014). *Banyaknya* penggunaan semen pada pembangunan konstruksi terutama dalam pembangunan rumah, perkantoran maupun infrastruktur lainnya. Produksi semen sangat dibutuhkan agar dapat memenuhi permintaan konsumen. Material semen terbuat dari bahan yang tergolong dari sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui, sehingga ketersediaan bahan baku pembuatan semen di alam semakin sedikit. Penambangan bahan baku yang dilakukan secara terus menerus berdampak pada kerusakan alam (Sutrisno dan Kartikasari, 2017). Untuk mengurangi penggunaan bahan alam, mendorong ditemukannya material-material alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada semen.

Semen memiliki lebih dari satu komponen yang terkandung di dalam bahan bakunya. Komponen semen tersebut pada umumnya menjadi variabel kualitas yang diteliti dalam proses pengendalian kualitas (Gunawan *et al*, 2014). Semen dijadikan berbentuk mortar atau disebut juga dengan plesteran. Mortar

dibuat dengan menggunakan agregat halus, air, dan semen. Agregat halus ini berupa serat tangkai padi. Dalam pembuatan mortar harus mempunyai sifat fisis dan mekanis sesuai dengan standar, misalnya (ASTM) *American Society for Testing and Materials*. Penggunaan mortar dijadikan sebagai plesteran, kegunaan plester ini adalah melapisi pasangan batu bata, batu kali maupun batu cetak (batako) agar permukaannya tidak mudah rusak dan kelihatan rapih dan bersih. Pekerjaan memplester juga dilakukan pada pemasangan pondasi, tembok dinding rumah, lantai batu bata, dan sebagainya (Daryanto, 1994). Semakin tingginya tuntutan konstruksi terhadap sifat fisis dan mekanis dari sebuah mortar, maka dengan adanya perbaikan dan inovasi maupun penggabungan teknologi pada pembuatan mortar diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat mortar tersebut (Mulyati *et al*, 2012). Dalam hal ini, penambahan abu sekam padi dan serat tangkai padi diharapkan akan menjadikan kualitas mortar yang baik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas mortar secara fisika adalah daya serap air (*absorption*), kerapatan (*bulk density*), kuat tekan (*compressive strength*), kuat tarik (*tensile strength*), kuat lentur (*modulus of elasticity*), dan kuat tarik belah (*modulus of rupture*). Berdasarkan faktor-faktor tersebut pada penelitian yang sudah ada belum memiliki faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas mortar yang lengkap, maka dilakukanlah penelitian tentang pengaruh variasi penambahan abu sekam padi terhadap sifat fisis dan mekanis pada mortar.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap sifat fisis (kerapatan dan daya serap) dan sifat mekanis (kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan kuat tarik belah) pada mortar.

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap sifat fisis (kerapatan, daya serap) dan sifat mekanis (kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, kuat tarik belah) pada mortar.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan komposit konstruksi non struktural yang baik dengan memanfaatkan abu sekam padi dan serat tangkai padi.
2. Sebagai penambahan referensi dan literatur dalam hal pembuatan komposit konstruksi non struktural.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Mortar

Mortar merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam pembangunan perumahan, gedung bertingkat, infrastruktur pemerintahan dan bangunan industri. Produk mortar mengalami peningkatan kebutuhan yang sangat tinggi. Mortar disebut juga dengan plesteran. Mortar dibuat dengan menggunakan pasir atau agregat halus, air dan semen. Pembuatan mortar harus mempunyai sifat fisis dan mekanis yang sesuai dengan standar. Semakin tingginya tuntutan konstruksi terhadap sifat fisis dan mekanis mortar, dengan adanya perbaikan dan inovasi maupun penggabungan teknologi pada pembuatan mortar diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat mortar tersebut, meskipun teknologi mortar telah terbukti kemampuannya. Perbaikan mutu mortar dilakukan dengan penggabungan teknologi dan penambahan bahan alam yang dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanisnya. Bahan alam tersebut seperti abu sekam padi, abu ampas tebu, serat tangkai padi, serat ijuk, serat bendrat dan lain sebagainya (Mulyati *et al*, 2012). Inovasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan abu sekam padi. Abu sekam padi mengandung silika yang berperan untuk meningkatkan mutu mortar karena abu sekam padi berfungsi sebagai mikrofiller dalam campuran (Sinulingga, 2014).

Berdasarkan penelitian Ningsih *et al* (2012) tentang pemanfaatan bahan aditif abu sekam padi menggunakan semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) PT. Semen Baturaja (Persero). Pada penelitian ini dilakukan dengan membakar sekam padi pada suhu tinggi 500-600 °C sehingga menjadi abu. Semen dicampur dengan abu sekam padi prosentase sebanyak 5%-20%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi semen campuran yang paling baik yaitu dengan penambahan abu sekam padi sebesar 5%. Hal ini ditunjukkan dari uji kuat tekan 3 hari, 7 hari, dan 28 hari yang semakin meningkat mencapai nilai kuat tekan sebesar 430 kg/cm² (Ningsih *et al*, 2012).

Kemudian menurut Ghofrani *et al* (2015) meneliti tentang sifat fisis dan mekanis dari semen komposit berserat dengan menggunakan penambahan serat tangkai padi dan abu sekam padi. Pada penelitian ini prosentase semen komposit dibuat menggunakan 3 variasi yaitu serat tangkai padi 10 %, 25%, dan 40% kemudian abu sekam padi 0%, 10%, dan 20%. Pengaruh penambahan material ini ditinjau dari sifat fisis (penyerapan air dan ketebalan) dan mekanis (kuat tarik belah dan kuat lentur). Hasil yang didapatkan pada penelitian ini, penambahan yang paling bagus ditinjau dari sifat fisis dan mekanisnya adalah penambahan abu sekam padi sebesar 0% - 20% dengan tambahan serat tangkai padi sebesar 25%. Serat tangkai padi yang ditambahkan berfungsi sebagai penguat dan abu sekam padi berfungsi sebagai pengganti semen (Ghofrani *et al*, 2015).

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Prayitno *et al* (2016) yaitu berupa variasi penambahan serat bendrat dan abu sekam padi, lalu diuji

penggunaannya terhadap kuat tekan dan kapasitas lentur maksimum yang dibuat berbentuk balok beton bertulang. Serat bendrat merupakan serat berupa potongan kawat yang dicampur pada adonan. Variasi prosentase serat bendrat adalah 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Hasil penambahan serat bendrat 1% memberikan hasil optimum dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 50,06 MPa dan kapasitas lentur maksimum tertinggi sebesar 8,423 kNm (Prayitno *et al*, 2016).

Penelitian terakhir, menurut Afrian *et al* (2017) tentang pengujian kuat tekan mortar menggunakan semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) terhadap penambahan abu sekam padi pada pembakaran suhu tinggi yang bervariasi. Abu sekam padi ini dibakar pada suhu yang berbeda diantaranya 250 °C, 500 °C, dan 750 °C selama 3 jam. Variasi abu sekam padi yang digunakan yaitu 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian kuat tekan mortar menggunakan semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) terhadap penambahan abu sekam padi menunjukkan bahwa penggantian 15% semen mampu meningkatkan kuat tekan mortar dengan suhu pembakaran abu sekam padi 500 °C dan 750 °C. Variasi abu sekam padi tersebut merupakan hasil paling optimum dibandingkan dengan variasi lainnya (Afrian *et al*, 2017). Penelitian-penelitian tersebut merupakan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan menggunakan beberapa penambahan material lain maupun inovasi. Dengan adanya beberapa penelitian tersebut diharapkan diperoleh mortar dengan sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dan dapat memperbaiki sifat mortar tanpa mengurangi mutunya serta membantu mengurangi limbah abu sekam padi serta bermanfaat untuk pembangunan konstruksi.

2.2. Sejarah Semen

Semen berasal dari kata *caementum* yang berarti bahan perekat yang mampu mempersatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh atau suatu produk yang mempunyai fungsi sebagai bahan perekat antara dua atau lebih bahan sehingga menjadi suatu bagian yang kompak atau dalam pengertian yang luas adalah material plastis yang memberikan sifat rekat antara batuan-batuan konstruksi bangun (Duda, 1984).

Pada awalnya, semen dikenal di Mesir tahun 500 SM ketika pembuatan piramida, yaitu sebagai pengisi ruang kosong diantara celah-celah tumpukan batu. Semen yang dibuat bangsa Mesir merupakan kalsinasi *gypsum* yang tidak murni. Kemudian bangsa Yunani membuat semen dengan cara mengambil tanah vulkanik (*vulcanic tuff*) yang berasal dari Pulau Santoris yang kemudian dikenal dengan *santoris cement*. Bangsa Romawi menggunakan semen yang diambil dari material vulkanik yang ada di Pegunungan Vesuvius di Lembah Napples yang kemudian dikenal dengan nama *pozzulona cement*, diambil dari nama kota di Italia yaitu Pozzoula (Duda, 1984).

Penemuan bangsa Yunani dan Romawi ini mengalami perkembangan lebih lanjut mengenai komposisi bahan dan cara pencampurannya, sehingga diperoleh mortar yang baik. Mortar merupakan campuran atau adonan yang terdiri dari semen, pasir dan air. Pada abad pertengahan, kualitas *moltar* mengalami penurunan yang disebabkan oleh pembakaran *limestone* kurang sempurna, dengan tidak adanya tanah vulkanik (Duda, 1984).

Pada tahun 1756 Jhon Smeaton seorang Sarjana Inggris berhasil melakukan penyelidikan terhadap batu kapur dengan pengujian ketahanan air. Dari hasil percobaannya disimpulkan bahwa batu kapur lunak yang tidak murni dan mengandung tanah liat merupakan bahan pembuat semen hidrolis yang baik. Hidrolis artinya apabila suatu bahan yang dicampur dengan air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan-bahan lain menjadi satu kesatuan yang dapat memadat dan mengeras. Batu kapur yang dimaksud tersebut adalah kapur hidrolis (*hydroulic lime*). Kemudian oleh Vicat ditemukan bahwa sifat hidrolis bertambah baik jika ditambahkan juga silika atau tanah liat yang mengandung alumina dan silika. Akhirnya Vicat membuat kapur hidrolis dengan cara pencampuran tanah liat (*clay*) dengan batu kapur (*limestone*) pada perbandingan tertentu, kemudian campuran tersebut dibakar (dikenal dengan *artifical lime twice kilned*). Pada tahun 1811, James Frost mulai membuat semen yang pertama kali dengan cara seperti Vicat yaitu dengan mencampurkan dua bagian kapur dan satu bagian tanah liat. Hasilnya disebut *Frost's cement*. Pada tahun 1812 prosedur tersebut diperbaiki menggunakan campuran batu kapur yang mengandung tanah liat dan ditambahkan tanah Argillaceous (mengandung 9- 40 % *silica*). Semen yang dihasilkan disebut *British cement* (Duda, 1984).

Usaha untuk membuat semen pertama kali dilakukan dengan cara membakar campuran batu kapur dan tanah liat. Joseph Aspadin yang merupakan orang Inggris pada tahun 1824 mencoba membuat semen dari kalsinasi campuran batu kapur dengan tanah liat yang telah dihaluskan, digiling, dan dibakar menjadi lelehan dalam tungku, sehingga terjadi penguraian batu kapur

(CaCO_3) menjadi batu tohor (CaO) dan karbondioksida (CO_2). Batuan kapur (CaO) bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk klinker yaitu bahan utama dalam pembuatan semen, kemudian digiling sampai menjadi tepung yang kemudian dikenal dengan semen (Duda, 1984).

2.3. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker semen *portland* yang terdiri dari kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Dalam pembuatan semen komposit menggunakan material tambahan seperti abu sekam padi dan serat tangkai padi ini dibutuhkan semen jenis *portland*. *Portland Composite Cement* merupakan jenis variasi semen baru, komposisi bahan bakunya terdiri dari tiga macam, yaitu: 70% sampai 75% *clinker* yang merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi dan *clay*, sekitar 5% *gypsum* sebagai zat memperlambat pengerasan, 20% zat tambahan (*additive*) berupa *lime stone*, dan 10% *pozzoland* (Mulyati dan Suhendri, 2013). *Pozzoland* ini bisa dikurangi penggunaannya dengan material tambahan dari limbah seperti abu sekam padi, abu ampas tebu, *fly ash*, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini, material *pozzoland* ini dikurangi dengan penambahan material berupa abu sekam padi.

2.4. Abu Sekam Padi

Padi (*Oryza sativa L*) merupakan salah satu tanaman pangan yang sangat penting karena sampai saat ini beras masih digunakan sebagai makanan pokok bagi sebagian penduduk dunia terutama Asia (Purnamaningsih, 2006). Padi termasuk dalam suku padi-padian atau *poacea*. Terna (tumbuhan batang lunak) semusim, berakar serabut, batang sangat pendek, struktur serupa batang terbentuk dari rangkaian pelepah daun yang saling menopang daun sempurna dengan pelepah tegak, dan daun berbentuk lanset, buah dengan tipe bulir yang tidak dapat dibedakan mana buah dan bijinya, bentuk hampir bulat hingga lonjong, ukuran 3 mm hingga 15 mm, tertutup oleh palea dan lemma yang dalam bahasa sehari-hari disebut sekam (Aak, 1995). Padi ini memiliki limbah ketika pada saat pemanenan padi yang disebut dengan jerami padi. Jerami adalah hasil samping (limbah) dari padi berupa tangkai dan batang tanaman padi yang telah kering, setelah biji padi dipisahkan dengan kulitnya. Limbah padi tersebut diantaranya adalah kulit biji padi yang disebut dengan sekam padi dan batang atau tangkai padi yang tidak dipergunakan.

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari sekam padi. Berdasarkan Zemke dan Woods (2009) abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi apabila dibakar selama 1-2 jam pada suhu 600-700°C. Limbah abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pengganti semen karena memiliki kandungan silika yang tinggi (Afifi, 2018). Komposisi kimia dari abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi kimia dari abu sekam padi (Rita *et al*, 2018)

Komponen	Kandungan %
SiO ₂	86,90 – 97,30
K ₂ O	0,58 – 2,50
Na ₂ O	0,00 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe ₂ O ₃	0,00 – 0,54
P ₂ O ₅	0,20 – 2,84
SO ₃	0,10 – 1,13
Cl	0,00 – 0,42

Menurut Chao-Lung *et al* (2011) penggunaan abu sekam padi pada komposit semen dapat memberikan keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, dan mengurangi dampak lingkungan limbah bahan. Pencampuran abu sekam padi dan semen yang optimal akan menghasilkan kualitas semen yang lebih baik, sehingga penggunaan semen dapat diminimalisir. Variasi yang baik dari penggunaan abu sekam padi dan sering digunakan pada penelitian sebelumnya adalah sekitar 10-20% (Afrian *et al*, 2017).

2.5. Serat Tangkai Padi

Tangkai padi merupakan organ tanaman padi yang berperan sebagai penopang bulir-bulir padi. Tangkai padi juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan semen yang berfungsi sebagai penguat. Tangkai padi ini diproses menjadi serat dengan cara pengeringan terlebih dahulu hingga kadar airnya berkurang. Setelah itu, tangkai padi ini dicacah menggunakan *mechanical pulping procces* agar mendapatkan serat tangkai padi yang baik (Ghofrani *et*

al., 2015). Pada Tabel 2.2 dapat dilihat kandungan kimia dan morfologi serat tangkai padi yang digunakan.

Tabel 2.2 Kandungan kimia dan morfologi serat tangkai padi (Ghofrani et al. 2015)

Komponen	Kandungan (%)
Selulosa	48,9
Lignin	19,1
Ekstraktif	2,5
Abu	12,3
Panjang Serat (mm)	0,80

2.6. Sifat Fisis dan Mekanis Semen

2.6.1 Daya Serap Air (*Absorption*)

Daya serap air merupakan salah satu parameter sifat fisis dari semen untuk menunjukkan kemampuannya dalam menyerap air. Pengujian ini dilakukan dengan menimbang mortar ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ untuk menentukan massa kering (m_k), kemudian mortar direndam dalam air selama 28 hari. Setelah dilakukan perendaman selama 28 hari, kemudian ditimbang kembali untuk menentukan massa basah (m_b). Maka nilai daya serap dapat dihitung dengan Persamaan (2.1) (Olanda dan Alimin, 2013),

$$D = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan D adalah daya serap air (%), m_k adalah massa kering (gram), dan m_b adalah massa basah (gram).

2.6.2 Kerapatan (*Bulk Density*)

Ukuran kerapatan dalam penelitian ini adalah *bulk density* dilakukan dengan cara menimbang massa dan dimensi volumenya. Nilai kerapatan dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.2) (Darmawi dan Mahyudin, 2013),

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.2)$$

dengan ρ adalah kerapatan (g/cm^3), m adalah massa sampel mortar (gram) dan v adalah volume sampel mortar (cm^3).

2.6.3 Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan merupakan sifat yang paling penting. Kuat tekan dimaksud sebagai kemampuan suatu material untuk menahan suatu beban tekan, kuat tekan dipengaruhi oleh komposisi mineral utama. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan ialah:

- a. Kualitas semen
- b. Kualitas selain semen (kualitas air, kualitas agregat halus dan kualitas *additive*) Kuat tekan dihitung menggunakan Persamaan (2.3) (Darmawi dan Mahyudin, 2013),

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

dengan P adalah kuat tekan (MPa), F adalah gaya tekan maksimum (N), dan A adalah luas permukaan (m^2). Pengujian kuat tekan semen biasanya dilakukan pada saat semen yang di uji sudah benar-benar keras.

2.6.4 Kuat Lentur (*Modulus of Elasticity*)

Kekuatan lentur adalah kemampuan material atau bahan untuk menahan gaya lentur yang diberikan dengan arah tegak lurus terhadap penampang sampel mortar. Untuk menentukan nilai dari kuat lenturnya digunakan pada Persamaan (2.4) (Darmawi dan Mahyudin, 2013),

$$f_r = \frac{3 B S}{2 L T^2} \quad (2.4)$$

dengan f_r adalah kuat lentur (kg/cm^2), B adalah beban patah maksimum (kg), S adalah jarak tumpuan (cm), L adalah lebar rata-rata (cm), dan T adalah tebal rata-rata (cm).

2.6.5 Kuat Tarik Belah (*Modulus of Rupture*)

Kuat tarik belah yang tepat biasanya sulit diukur, sehingga nilai pendekatan yang umum dilakukan dengan menggunakan *Modulus of Rupture* yaitu tegangan tarik belah yang timbul pada pengujian hancur silinder sebagai pengukur kuat tarik sesuai dengan teori elastisitas. Kuat tarik belah ini dapat dihitung seperti dilihat pada Persamaan (2.5) (Gunawan *et al*, 2014),

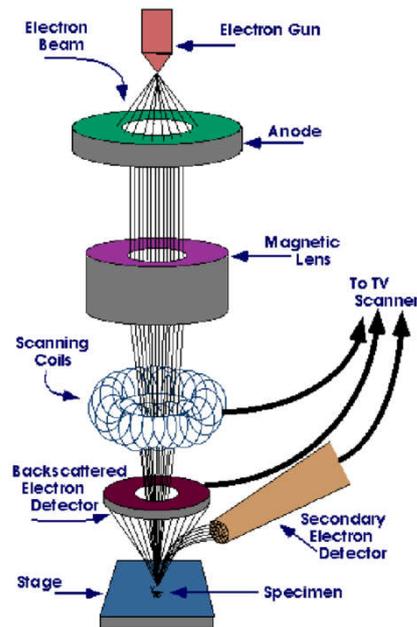
$$f_t = \frac{2P}{\pi L D} \quad (2.5)$$

dengan f_t adalah kuat tarik belah (kg/cm^2), P adalah beban maksimum yang diberikan (kg), D adalah diameter silinder (cm), dan L adalah tinggi silinder (cm).

2.7 *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X ray Spectroscopy (SEM-EDS)*

Mikroskop elektron sering dikenal dengan nama *scanning electron microscopy* (SEM) adalah alat yang digunakan untuk menganalisis struktur mikro, topography dan morphology secara detail dari berbagai material seperti keramik, komposit, polimer dan sebagainya. Mikroskop ini memiliki resolusi yang sangat tinggi dan kedalaman fokus yang baik, sehingga tekstur, morfologi, dan topografi serta tampilan permukaan sampel dalam ukuran mikro dapat dilihat. SEM juga dilengkapi dengan sistem pencahayaan dengan menggunakan radiasi elektron yang mempunyai daya pisah dalam ukuran 1-200 Angstrom, sehingga dapat difokuskan dalam bentuk *spot* (titik) yang sangat kecil atau dengan perbesaran 100.000 kali (Sembiring, 2015).

Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) adalah merupakan alat yang dapat mendeteksi dan menghitung semua unsur yang ada pada tabel periodik dengan pengecualian pada unsur H, He, dan Li. SEM-EDS ini adalah alat yang digunakan untuk melihat struktur mikro dari sebuah sampel berbentuk mikro dengan metode mikroanalisis unsur yang mampu mengidentifikasi dan menghitung unsur apa saja yang ada pada sampel (Newbury, 2013). Mekanisme analisis dari alat SEM-EDS terdiri dari beberapa bagian, yakni penembak elektron (*electron gun*) tiga lensa elektrostatik dan kumparan scan elektromagnetik yang terletak antara lensa kedua dan ketiga, serta tabung foto multifiller untuk mendeteksi cahaya pada layar (Sembiring, 2015). Skematik alat SEM-EDS dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Skematik Alat SEM-EDS (Alam, 2012)

Pada Tabel 2.3 dapat dilihat beberapa karakteristik SEM-EDS yang perlu kita pahami sebelum menganalisis berbagai material.

Tabel 2.3 Karakteristik SEM-EDS (Joy, 1996)

Kategori	<i>Field Emission SEM-EDS</i>	<i>Conventional SEM-EDS</i>	<i>Low Vacunm SEM-EDS</i>
Sumber elektron	Emas	<i>Tungsten, Lanthanum, Hexaborite</i>	<i>Tungsten, Lanthanum, Hexaborite</i>
<i>Magnification</i>	15-500 kali	15-100 kali	60-100 kali
Tegangan	0,1-30 kV	1-30 kV	1-30 kV
Arus beam	10^{-12} - 10^{-9} A	10^{-12} - 10^{-16} A	10^{-12} - 10^{-8} A
<i>Vacunm</i>	10^{-4} - 10^{-6} Pa	10^{-4} Pa	10 - 10^3 Pa
<i>Specimen</i>	<i>Coating (kering)</i>	<i>Coating (kering)</i>	<i>Coating (kering)</i>
<i>Image</i>	SE, BSE	SE, BSE	SE, BSE

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar dan Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas MIPA, Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, dan Badan Riset dan Standardisasi Industri (Baristand) Bandar Lampung, dari bulan Mei 2019 sampai dengan Juli 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada metode penelitian ini adalah furnace, cawan keramik, ayakan 20 mesh (0,8 mm) dan 100 mesh (0,1 mm), blender, kuas, sendok, neraca analitik, gelas ukur, mangkuk pengaduk semen, cetakan sampel mortar, penumbuk, ruang lembab, mesin uji kuat tekan (*hydraulic compressive strength machine*), mesin uji tarik (*tensile strength*), mesin uji kuat tarik belah (*modulus of rupture*), dan mesin uji kuat lentur (*modulus of elasticity*).

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC), abu sekam padi, serat tangkai padi, air dan CaCl_2 .

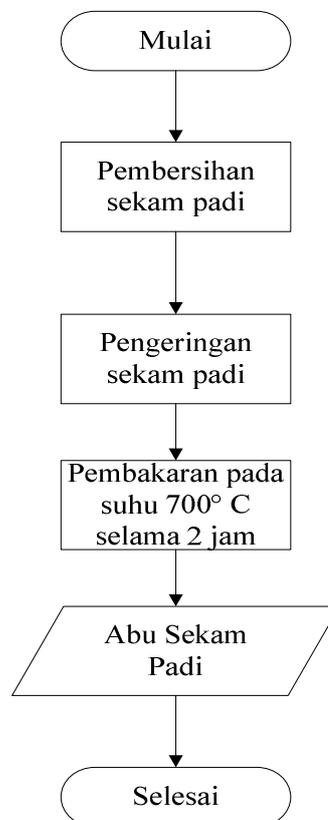
3.3 Prosedur Penelitian

Proses preparasi abu sekam padi, preparasi serat tangkai dan pembuatan sampel mortar dilakukan berdasarkan prosedur penelitian Ghofrani *et al* (2015).

3.3.1 Preparasi Abu Sekam Padi

Preparasi abu sekam padi dari sekam padi dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Sekam padi dibersihkan agar zat-zat pengotor hilang.
- b. Sekam padi dikeringkan di bawah sinar matahari hingga sekam kering.
- c. Sekam padi dibakar dalam furnace dengan suhu 700 °C selama 2 jam agar mendapatkan abu sekam padi dengan struktur silika amorf dan kadar silika yang banyak. Berikut diagram alir preparasi sekam padi pada Gambar 3.1



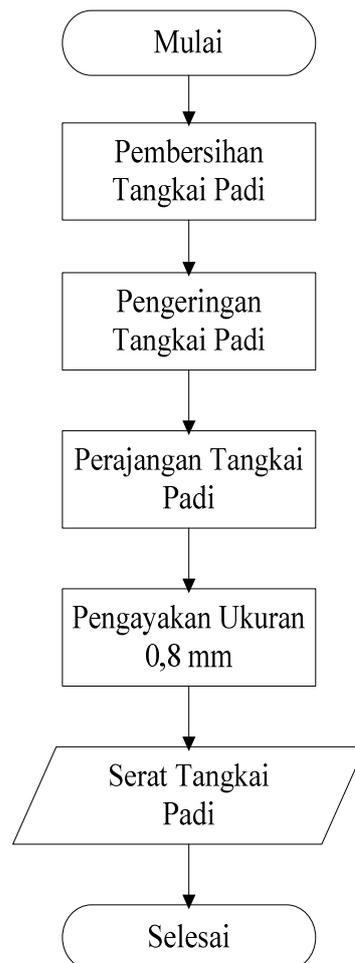
Gambar 3.1 Diagram Alir Preparasi Abu Sekam Padi

3.3.2 Preparasi Serat Tangkai Padi

Preparasi serat tangkai padi dari tangkai padi dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Tangkai padi dibersihkan agar zat-zat pengotor hilang dan dikeringkan.
- b. Tangkai padi dirajang secara mekanis menggunakan blender hingga halus agar menjadi serat.
- c. Serat tangkai padi yang sudah di blender dan diayak menggunakan ayakan berukuran 0,8 mm.
- d. Serat tangkai padi yang lolos ayakan berukuran 0,8 mm ini digunakan.

Berikut diagram alir preparasi serat tangkai padi pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Preparasi Serat Tangkai Padi

3.3.3 Pembuatan Sampel Mortar

3.3.3.1 Pencampuran

Berikut komposisi campuran semen komposit berserat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi campuran semen komposit berserat

Nama Sampel Mortar	Semen Portland	Abu Sekam Padi	Serat Tangkai padi
A	75%	0%	25%
B	65%	10%	25%
C	55%	20%	25%

3.3.3.2 Pengadukan

- a. Alat-alat dipersiapkan dan kemudian cetakan diberi gemuk pada setiap sisi, lap dan dibersihkan bagian yang kelebihan gemuk.
- b. Bahan untuk pembuatan sampel mortar disiapkan.
- c. Mangkuk pengaduk disiapkan.
- d. Semen portland, abu sekam padi dan serat tangkai padi dicampur kemudian diaduk secara merata selama 5 menit.
- e. CaCl_2 dengan kandungan sebesar 0,5% dari air dilarutkan kedalam air yang akan diaduk.
- f. Air dimasukkan ke mangkuk aduk dengan perbandingan semen komposit dengan air yaitu sebesar 1 : 0,5.
- g. Adonan diaduk secara merata selama 5 menit.
- h. Dinding mangkuk aduk dibersihkan agar pengadukan merata.

3.3.3.3 Pencetakan

- a. Setelah pengadukan selesai, segera dilakukan pencetakan sampel mortar. Cetakan awal yaitu setengah, kemudian adonan ditumbuk agar merata kemudian adonan ditambah sampai penuh dan ditumbuk kembali.

- b. Permukaan cetakan dibersihkan dengan menggunakan penggaris agar cetakan rata.
- c. Adonan cetakan segera disimpan selama 1 hari pada suhu sekitar $25 \pm 1^\circ\text{C}$ agar terjadi proses hidrolis (pengerasan)

3.3.3.4 Perawatan

- a. Cetakan dibuka, kemudian sampel mortar disimpan selama 28 hari untuk pengujian perlakuan umur 28 hari.
- b. Setelah 28 hari, sampel mortar dilakukan pengujian.

3.3.4 Pengujian Sampel Mortar

Pengujian sampel mortar ini meliputi sifat fisis dan mekanis dari mortar :

3.3.4.1 Uji Daya Serap Air (*Absorption*)

Sampel mortar ditimbang dengan ukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ untuk menentukan massa kering (m_k), kemudian sampel mortar direndam dalam air selama 28 hari. Setelah melakukan perendaman selama 28 hari, kemudian sampel mortar kembali ditimbang massa basah (m_b). Maka nilai daya serap airnya dapat dihitung dengan Persamaan (2.1).

3.3.4.2 Uji kerapatan (*Bulk Density*)

Sampel mortar yang berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian mengukur volume pada sampel mortar. Maka nilai dari kerapatan pada sampel mortar dapat dihitung dengan Persamaan (2.2).

3.3.4.3 Uji Kuat Tekan (*compressive strength*)

Uji kuat tekan sampel mortar berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ mengacu kepada ASTM C109/109M-02, *Standard Test Method for compressive strength of hydraulic cement*. Pada saat pengujian, sampel yang diuji akan terdeteksi oleh alat jika mengalami keretakan. Dengan demikian alat akan berhenti dan menampilkan nilai kuat tekannya. Nilai uji kuat tekan dapat dihitung pada Persamaan (2.3).

3.3.4.4 Uji Kuat Lentur (*Modulus of Elasticity*)

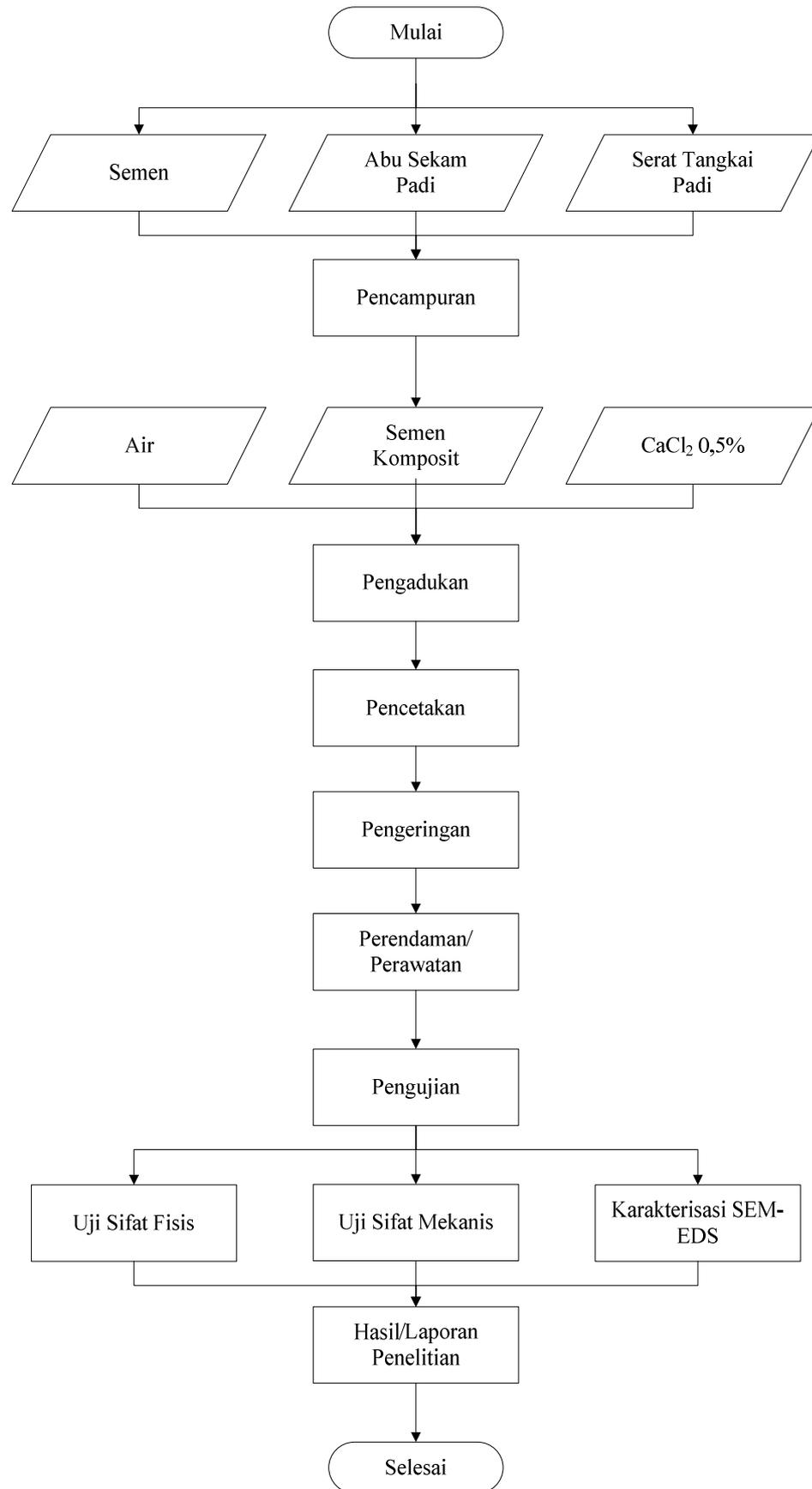
Setelah sampel mortar berukuran $16 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$ ini dicetak, kemudian meletakkan sampel mortar pada bagian mesin kompresor untuk menguji kelenturan sampel. Nilai kuat lentur dapat dihitung dengan Persamaan (2.4).

3.3.4.5 Uji Kuat Tarik Belah (*Modulus of Rupture*)

Uji kuat tarik belah adalah nilai kuat tarik yang tidak langsung dari sampel mortar berbentuk silinder dengan ukuran $5 \times 10 \text{ cm}^2$. Pengujian kuat tarik belah sampel mortar menggunakan mesin uji desak (*Compression Testing Machine*) dengan kapasitas 2000 kN. Nilai kuat tarik belah dapat dihitung dengan Persamaan (2.5).

3.3.4.6 *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)*

Karakterisasi SEM-EDS ini digunakan untuk melihat struktur mikro, topography dan morphology dengan metode mikroanalisis unsur yang mampu mengidentifikasi dan menghitung unsur apa saja yang ada pada sampel. Karakterisasi ini dilakukan dengan membuat sampel mortar berbentuk persegi panjang berukuran $1,4 \times 1 \times 0,4 \text{ cm}^3$. Berikut diagram alir pembuatan dan pengujian sampel mortar pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Sampel Mortar dan Pengujian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kualitas mortar. Hasil pengujian yang paling optimum pada penelitian ini adalah sampel B dengan komposisi 65% : 10% : 25%, ditinjau dari sifat fisis dan mekanis maupun hasil karakterisasi SEM-EDS. Unsur Si dan Ca pada sampel mortar merupakan faktor yang mempengaruhi pengujian sifat fisis (daya serap, kerapatan) dan mekanis (kuat tekan, kuat taik belah, dan kuat lentur) pada mortar.

5.2 Saran

Saran dalam upaya meningkatkan dan mengembangkan penelitian ini perlu dilakukan penelitian dengan melakukan pengulangan uji pada setiap sampel, dan melakukan penekanan yang terukur secara konstan pada setiap sampel saat pencetakan, agar mendapatkan rata-rata nilai uji yang lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Aak. 1995. *Berbudidaya Tanaman Padi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Afifi, Rahmi. 2018. Pengaruh Penggantian Bahan Pengisi Semen dengan Kombinasi Abu Bata dan Abu Sekam Padi Pada Campuran Aspal Ac-Wc. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik* 5: 1–10.
- Alam, Tanvir. 2012. *Metal Oxide Graphene Nanocomposites for Organic and Heavy Metal Remediation*. University of South Florida.
- Chao-Lung, Hwang, Bui Le Anh-Tuan, and Chen Chun-Tsun. 2011. Effect of Rice Husk Ash on the Strength and Durability Characteristics of Concrete. *Construction and Building Materials* 25 (9): 3768–72.
- Chopra, Divya, Rafat Siddique, and Kunal. 2015. Strength, Permeability and Microstructure of Self-Compacting Concrete Containing Rice Husk Ash. *Biosystems Engineering* 130: 72–80.
- Dale Newbury and Nicholas Ritchie. 2013. Scanning Electron Microscopy / Energy Dispersive X-Ray Spectrometry Quantitative. *Journal of Scanning* 35: 141–68.
- Darmawi, Meri, and Alimin Mahyudin. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Semen-Gypsum. *Journal Fisika Unand* 2 (1): 6-12.
- Daryanto. 1994. *Pengetahuan Teknik Bangunan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Fahmi, Hendriwan dan Abdul Latif Nurfalah. 2016. Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu Sekam Padi. *Jurnal Ipteks Terapan* 3: 176–82.

- Ghofrani, Mohammad, Kaveh Nikkar Mokaram, Alireza Ashori, and Javad Torkaman. 2015. Fiber-Cement Composite Using Rice Stalk Fiber and Rice Husk Ash: Mechanical and Physical Properties. *Journal of Composite Materials* 49 (26): 3317–22.
- Gunawan, Purnawan, Wibowo, Nurmantian Suryawan. 2014. Pengaruh Penambahan Serat Aluminium pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam terhadap Kuat Tekan , Kuat Tarik Foam terhadap Kuat Tekan , Kuat Tarik. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil* 2 (2): 213-220.
- Hou, Dongshuai, Yu Zhu, Youyuan Lu, and Zongjin Li. 2014. Mechanical Properties of Calcium Silicate Hydrate (C-S-H) at Nano-Scale: A Molecular Dynamics Study. *Materials Chemistry and Physics* 146 (3): 503–11.
- Jamil, M., M. N.N. Khan, M. R. Karim, A. B.M.A. Kaish, and M. F.M. Zain. 2016. Physical and Chemical Contributions of Rice Husk Ash on the Properties of Mortar. *Construction and Building Materials* 128: 185–98.
- Joy, David dan Carolyn Joy. 1996. Low Voltage Scanning Electron Microscopy. *Journal of Micron* 27 (3): 247–63.
- Kementan RI. 2019. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2019. www.pertanian.go.id.
- Masrukan, Wagiyo, and Aditoyanto. 1999. Pemeriksaan Mikrostruktur dan Analisis Unsur AlMgSi1 menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM)-EDS. In *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron Dan Sinar X Ke-2* : 1410-7686.
- Mirza. Olivia, Monita. Afrian. 2017. Kuat Tekan Mortar OPC Abu Sekam Padi pada Suhu Tinggi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik* 4 (1–5): 1.
- Mulyati and Suhendri. 2013. Studi Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Semen Portland Tipe I dan Portland Composite Cer *Jurnal Momentum* 15 (2):30-33.
- Mulyati, Sri, Dahyunir Dahlan, and Elvis Adril. 2012. Pengaruh Persen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu dan Ampas Tebu pada Mortar terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisisnya. *Jurnal Ilmu Fisika* 4 (1): 31–39.

- Narayanan, N, and K Ramamurthy. 2000. Microstructural Investigations on Aerated Concrete. *Journal Cement and Concrete Research* 30: 457–64.
- Ningsih, Triyulia, Rahmi Chairunnisa, and Siti Miskah. 2012. Pemanfaatan Bahan Additive Abu Sekam Padi pada Semen Portland PT. Semen Baturaja (Persero). *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya* 18 (4): 59–67.
- Novia Rita, Novrianti, Deawo Tri Fortuna, Bop Duana Afireksa, Adi Novriansyah, M. Ariyon. 2018. Enhancing Cement Strength through Utilization of Rice Husk Ash (RHA) Additive: An Experimental Study. *Journal of Earth Energy Engineering* 7 (1): 38–43.
- Plassard, Cédric, Eric Lesniewska, Isabelle Pochard, and André Nonat. 2004. Investigation of the Surface Structure and Elastic Properties of Calcium Silicate Hydrates at the Nanoscale. *Ultramicroscopy* 100 (3–4): 331–38.
- Pratama, Suci Wulandari Indah, Nurlaela Rauf, and Eko Juarlin. 2014. Pembuatan dan Pengujian Kualitas Semen Portland yang Diperkaya Silikat Abu Ampas Tebu (Fabrication and Quality Test of Cement Portland With Enriched by Silicate Sugarcane Bagasse Ash). *Jurnal Fisika FMIPA Unhas*, 1–5.
- Prayitno, Slamet, Supardi, and Deny Wijaya. 2016. Pengaruh Penambahan Serat Bendrat dan Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Kapasitas Lentur Maksimum Balok Beton Bertulang pada Beton Mutu Tinggi. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 843–49.
- Purnamaningsih, Ragapadmi. 2006. Induksi Kalus dan Optimasi Regenerasi Empat Varietas Padi melalui Kultur In Vitro. *Jurnal Agro Biogen* 2 (2): 74–80..
- Putra, Ardian, and Ari Edo Putra. 2013. Perbandingan Difusivitas Klorida Mortar Batu Apung, Pasir Sungai dan Pasir Pantai. In *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 255–62.
- Sembiring, Simon and Pulung Karo-Karo. 2007. Pengaruh Suhu Sinte terhadap Karakteristik Termal dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi. *Journal Sains MIPA* 13 (3): 233–39.

- Sembiring, Simon and Wasinton Simanjuntak. 2015. *Silika Sekam Padi*. Yogyakarta: Plantaxia.
- Simanjuntak, Risma. 2007. Pengaruh Pencampuran Semen pada Tanah Lempung terhadap Kekuatan Geser Puncak dan Geser Sisa. *Jurnal Sains Dan Teknologi EMAS* 17. No 3: 254–59.
- Sinulingga, Karya. 2014. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Abu Boyler Kelapa Sawit terhadap Efisiensi Penggunaan Semen pada Kontruksi Beton. *Jurnal Sainika* 14 (1): 54–63.
- Sitorus, Tanti Kartika. 2009. Pengaruh Penambahan Silika Amorf dari Sekam Padi terhadap Sifat Mekanis Dan Sifat Fisis Mortar. *Skripsi Departemen Fisika FMIPA USU*. Medan.
- Suci Olanda, Alimin Mahyudin. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Pinang (Area Catechu L. Fiber) terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Bahan Campuran Semen Gypsum. *Jurnal Fisika Unand* 2 (2): 94–100.
- Sutrisno, Adytia Eko, and Dwi Kartikasari. 2017. Pengaruh Penambahan Abu Jerami Padi terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal CIVILA* 2 (2): 63–70.
- Walter Houtson Duda. 1984. *Cement Data Book: International Process Engineering in the Cement Industry*. 2nd Editio. London: Boverlag GmBh WeisBaden und Berlin.
- Zemke, Nick, and E Woods. 2009. Rice Husk Ash. *Journal of California Polytecnic State University*. 1–12.
- Zulhijah, Dilla, Sri Handani, and Sri Mulyadi. 2015. Pengaruh Variasi Ukuran Agregat terhadap Karakteristik Beton dengan Campuran Abu Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)* 7 (2): 50–55.