

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TONGKOL JAGUNG TERHADAP SIFAT
FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR**

(Skripsi)

Oleh

Rio Orlando Pratama

1517041074



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDING CORN COB ASH TO PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MORTAR

BY

RIO ORLANDO PRATAMA

The research was carried out about the effect of adding corn cob ash to physical and mechanical properties of mortar. Mortar was moulded with three compositions i.e. portland cement, corn cob ash and corn husk fiber. Corn cob ash was burned at temperature of 700 °C for 2 hours. Corn husk 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 (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 corn cob ash to physical and mechanical properties of mortar. Mortar with the most optimum physical and mechanical properties is mortar with a composition of 82: 6: 12. 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 TONGKOL JAGUNG TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR

OLEH

RIO ORLANDO PRATAMA

Penelitian yang dilakukan tentang pengaruh penambahan abu tongkol jagung terhadap sifat fisis dan mekanis mortar. Mortar dicetak dengan tiga perbandingan komposisi antara semen ordinary portland, abu tongkol jagung, dan serat kulit jagung. Abu tongkol jagung dibakar pada suhu 700°C selama 2 jam, serat kulit jagung 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 (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 tongkol jagung terhadap sifat fisis dan mekanis mortar. Mortar dengan sifat fisis dan mekanis yang paling optimum adalah mortar dengan komposisi 82:6:12. 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 pengeras mortar.

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

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TONGKOL JAGUNG TERHADAP SIFAT
FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR**

Oleh

RIO ORLANDO PRATAMA

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN ABU TONGKOL JAGUNG TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA MORTAR**

Nama Mahasiswa : Rio Orlando Pratama

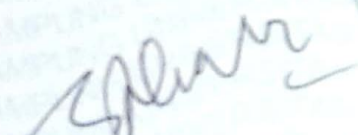
Nomor Pokok Mahasiswa : 1517041074

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



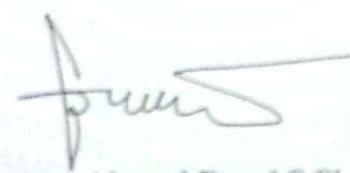
Pembimbing I


Drs. Pulung Karo-Karo M.Si.
NIP. 196107231986031003

Pembimbing II


Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus M.Si.
NIP. 197405182000121003

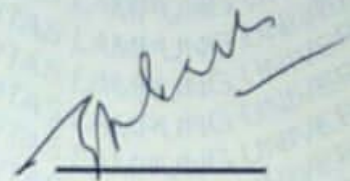
2. Ketua Jurusan Fisika


Gurum Ahmad Pauzi S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

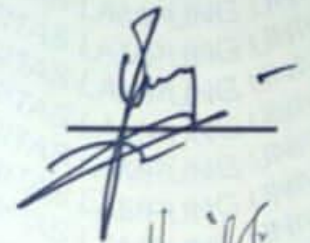
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

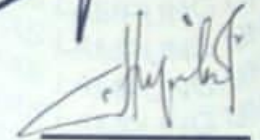
Ketua : **Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**



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



Penguji
Bukan Pembimbing : **Suprihatin, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP. 19740706 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Juni 2022



Handwritten signature of Rio Orlando Pratama.

Rio Orlando Pratama
NPM. 1517041074

RIWAYAT HIDUP



Rio Orlando Pratama dilahirkan di Bandar Lampung pada 08 Oktober 1997 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Hipzon Zuhdi dan Ibu Fenty Sandra Sari. Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-Kanak Kartini Bandar Lampung pada tahun 2002-2003, kemudian melanjutkan pendidikan di SD Negeri 3 Sawah Brebes tahun 2003-2009. Penulis menempuh pendidikan

sekolah menengah pertama di SMP Negeri 5 Bandar Lampung tahun 2009-2012, selama menempuh pendidikan sekolah menengah pertama penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler Karate dan Pramuka. Penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 16 Bandar Lampung pada tahun 2012-2015. Selama menempuh pendidikan sekolah menengah atas penulis aktif mengikuti kegiatan Karya Ilmiah Remaja (KIR), Rohani Islam (Rohis), Palang Merah Remaja (PMR), serta menjadi bagian dari tim PMR dalam mengikuti lomba PMR antar sekolah se-Bandar Lampung dengan memperoleh peringkat 1.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) Universitas Lampung pada tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai pengurus organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) bidang Kominfo pada tahun 2015-2016 dan bidang Danus pada tahun 2017. Penulis pernah aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) English Society (ESO) bidang News Caster pada tahun 2015-2016 dan Japan Unila (JAPANILA) bidang Danus pada tahun 2018.

PERSEMBAHAN

*Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya ini
dipersembahkan kepada:*

*Keluarga-Ku yang senantiasa memberikan kasih sayang, motivasi,
dukungan dan semangat serta selalu mendoakan keberhasilanku*

*Staff Pengajar yang senantiasa memberikan ilmu, motivasi, serta
budi pekerti yang baik sehingga terbentuknya pribadi yang siap
bersaing dalam dunia kerja*

*Teman-teman-Ku yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan
serta canda tawa selama menempuh pendidikan di kampus ini*

*Serta Teruntuk
Almamaterku Tercinta
UNIVERSITAS LAMPUNG*

MOTTO

“ Tangga kesuksesan tak pernah penuh sesak di bagian puncak ”

(Napoleon Hill)

“ Pendidikan bukan tentang mengenai mengisi wadah yang kosong, tapi pendidikan merupakan proses untuk menyalakan api pikiran ”

(B. Yeats)

“ Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya ”

(Ali bin Abi Thalib)

“ Great things are not done by impulse, but by a series of small things brought together ”

(Vincent van Gogh)

“ Sese kali tengoklah orang tuamu, tatap wajahnya, semua telah berubah termakan waktu, tetapi tidak dengan kasih sayangnya ”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullah Wabarokatuh.

Puji syukur penulis haturkan atas karunia Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Pada Mortar**”. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan kekurangan tersebut. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi literatur serta rujukan bagi penelitian-penelitian berikutnya.

Wassalamualaikum Warahmatullah Wabarokatuh

Bandar Lampung, 14 Juni 2022

Penulis

Rio Orlando Pratama

SANWACANA

Puji syukur atas karunia Allah SWT, karena atas berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Mortar”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Selama menyelesaikan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan secara langsung maupun tidak langsung. Dengan segala kerendahan hati, penulis menghaturkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tuaku Bapak Hipzon Zuhdi dan Ibu Fenty Sandra Sari serta kedua adikku Kevin Dwi Alvendo dan Suci Dhea Malika atas doa dan usaha yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
2. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
4. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran untuk penulisan skripsi.
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik atas segala arahan, saran, bantuan, serta motivasinya dalam penulisan skripsi ini.

6. Bapak Dr. Eng. Sripto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas MIPA.
7. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan MIPA Fisika.
8. Seluruh Staf serta Bapak dan Ibu dosen Jurusan Fisika atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh bangku perkuliahan.
9. Bapak Ir. Eddy Purwanto, M.T. (Alm) selaku Kepala Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
10. Bapak-bapak Asisten Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala bantuan yang telah diberikan selama penelitian.
11. Seluruh teman-teman Fisika 2015 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas kebersamaan, persaudaraan, canda dan tawa selama menempuh pendidikan di kampus ini.

Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan imbalan berlipat dan memudahkan langkah semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 14 Juni 2022
Penulis

Rio Orlando Pratama

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Penelitian	4
1.4. Tujuan Masalah	4
1.5. Manfaat Penelitian	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait	6
2.2. Komposit	8
2.3. Mortar	8
2.3.1. Jenis Mortar	9
2.3.2. Tipe-Tipe Mortar	11
2.4. Semen <i>Portland (Ordinary Portland Cement)</i>	12
2.5. Tongkol Jagung	12
2.6. Silika	14
2.7. Kulit Jagung	16
2.8. Sifat Fisis Dan Mekanis Semen	17
2.8.1. Kerapatan (<i>Bulk Density</i>)	17
2.8.2. Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	18
2.8.3. Kuat Lentur (<i>Flexural Strength</i>)	18
2.8.4. Kuat Tarik Belah (<i>Splitting Tensile Strength</i>)	19
2.9. <i>Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	19

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	22
3.2.1. Alat	22
3.2.2. Bahan	22
3.3. Prosedur Penelitian	23
3.3.1. Preparasi Abu Tongkol Jagung	23
3.3.2. Preparasi Serat Kulit Jagung	24
3.3.3. Pembuatan Sampel Penelitian	25
3.3.3.1. Pencampuran	25
3.3.3.2. Pengadukan	25
3.3.3.3. Pencetakan	26
3.3.3.4. Perawatan	26
3.3.4. Pengujian Sampel Mortar	26
3.3.4.1. Uji Kerapatan (<i>Bulk Density</i>)	26
3.3.4.2. Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	26
3.3.4.3. Uji Kuat Lentur (<i>Flexural Strength</i>)	27
3.3.4.4. Uji Kuat Tarik Belah (<i>Splitting Tensile Strength</i>)	27
3.3.4.5. <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengantar.....	29
4.2. Hasil Preparasi Sampel	29
4.3. Hasil Uji Fisis.....	31
4.3.1. Hasil Uji Kerapatan (<i>Bulk Density</i>)	31
4.4. Hasil Uji Mekanis	33
4.4.1. Hasil Uji Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	33
4.4.2. Hasil Uji Kuat Lentur (<i>Flexural Strength</i>).....	35
4.4.3. Hasil Uji Kuat Tarik Belah (<i>Splitting Tensile Strength</i>).....	36
4.5. Hasil Karakterisasi SEM-EDS	38

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Kimia Dari Abu Tongkol Jagung	14
Tabel 3.1. Komposisi Sampel.....	25
Tabel 4.1. Komposisi Sampel Dari Hasil Analisis EDS	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skematik Alat SEM-EDS	21
Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan Abu Tongkol Jagung	23
Gambar 3.2. Diagram Alir Preparasi Serat Kulit Jagung	24
Gambar 3.3. Diagram Alir Pembuatan Sampel dan Pengujian	28
Gambar 4.1. Sampel A, B, dan C untuk Uji Fisis dan Mekanis	29
Gambar 4.2. Abu Tongkol Jagung.....	30
Gambar 4.3. Serat Kulit Jagung.....	31
Gambar 4.4. Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Terhadap Kerapatan Mortar Dengan Perbandingan Semen : Abu Tongkol Jagung : Serat Kulit Jagung (A) 84% : 4% : 12%, (B) 82% : 6% : 12%, (C) 80% : 8% : 12%.....	32
Gambar 4.5. Sampel Uji Kuat Tekan	33
Gambar 4.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pada Tiap Mortar Dengan Perbandingan Semen : Abu Tongkol Jagung : Serat Kulit Jagung (A) 84% : 4% : 12%, (B) 82% : 6% : 12%, (C) 80% : 8% : 12%.	34
Gambar 4.7. Sampel Uji Kuat Lentur.....	35
Gambar 4.8. Hasil Pengujian Kuat Lentur Pada Tiap Mortar Dengan Perbandingan Semen : Abu Tongkol Jagung : Serat Kulit Jagung (A) 84% : 4% : 12%, (B) 82% : 6% : 12%, (C) 80% : 8% : 12%.	35
Gambar 4.9. Sampel Uji Kuat Tarik.....	36
Gambar 4.10. Hasil Pengujian Kuat Tarik Pada Tiap Mortar Dengan Perbandingan Semen : Abu Tongkol Jagung : Serat Kulit Jagung (A) 84% : 4% : 12%, (B) 82% : 6% : 12%, (C) 80% : 8% : 12%.	37

Gambar 4.11. Hasil SEM Pada Permukaan Sampel A, B, dan C dengan Perbesaran 7000 kali.....	38
Gambar A.1. Mesh 20	47
Gambar A.2. Mesh 100	47
Gambar A.3. Cawan Keramik.....	47
Gambar A.4. Penumbuk.....	47
Gambar A.5. Timbangan Digital.....	47
Gambar A.6. Furnace	47
Gambar A.7. Alumunium Foil	47
Gambar A.8. Gelas Ukur.....	47
Gambar A.9. SEM-EDS	47
Gambar A.10. Mesin Uji Kompres	47
Gambar A.11. Tongkol Jagung.....	48
Gambar A.12. Kulit Jagung	48
Gambar A.13. Abu Tongkol Jagung	48
Gambar A.14. Serat Kulit Jagung	48
Gambar A.15. Semen	48
Gambar A.16. CaCl.....	48
Gambar A.17. Air.....	48
Gambar C.1. Sampel A Perbesaran 40 kali.....	54
Gambar C.2. Sampel A Perbesaran 200 kali.....	54
Gambar C.3. Sampel A Perbesaran 500 kali.....	54
Gambar C.4. Sampel A Perbesaran 1000 kali.....	54

Gambar C.5. Sampel A Perbesaran 3000 kali.....	55
Gambar C.6. Sampel A Perbesaran 5000 kali.....	55
Gambar C.7. Sampel A Perbesaran 7000 kali.....	55
Gambar C.8. Sampel A Perbesaran 9000 kali.....	55
Gambar C.9. Energi Unsur Teridentifikasi pada Sampel A.....	56
Gambar C.10. Prosentasi Unsur Teridentifikasi pada Sampel A.....	56
Gambar C.11. Sampel B Perbesaran 40 kali.....	56
Gambar C.12. Sampel B Perbesaran 200 kali.....	56
Gambar C.13. Sampel B Perbesaran 500 kali.....	57
Gambar C.14. Sampel B Perbesaran 1000 kali.....	57
Gambar C.15. Sampel B Perbesaran 3000 kali.....	57
Gambar C.16. Sampel B Perbesaran 5000 kali.....	57
Gambar C.17. Sampel B Perbesaran 7000 kali.....	58
Gambar C.18. Sampel B Perbesaran 9000 kali.....	58
Gambar C.19. Energi Unsur Teridentifikasi pada Sampel B.....	58
Gambar C.20. Prosentasi Unsur Teridentifikasi pada Sampel B.....	58
Gambar C.21. Sampel C Perbesaran 40 kali.....	59
Gambar C.22. Sampel C Perbesaran 200 kali.....	59
Gambar C.23. Sampel C Perbesaran 500 kali.....	59
Gambar C.24. Sampel C Perbesaran 1000 kali.....	59
Gambar C.25. Sampel C Perbesaran 3000 kali.....	60
Gambar C.26. Sampel C Perbesaran 5000 kali.....	60

Gambar C.27. Sampel C Perbesaran 7000 kali	60
Gambar C.28. Sampel C Perbesaran 9000 kali	60
Gambar C.29. Energi Unsur Teridentifikasi pada Sampel C	61
Gambar C.30. Prosentasi Unsur Teridentifikasi pada Sampel C	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan komoditas pangan terpenting ketiga dunia, setelah padi dan gandum. Jagung juga merupakan bahan pangan terpenting kedua di Indonesia setelah beras ditinjau dari aspek pengusahaan dan penggunaan hasilnya, yaitu sebagai bahan baku pangan dan pakan. Sebagian besar produksi jagung dimanfaatkan untuk bahan baku pakan, terutama unggas. Dari total bahan baku yang dibutuhkan untuk pembuatan pakan unggas, porsi jagung berkisar 50%. Di Indonesia jagung merupakan makanan pokok kedua setelah padi karena jagung memiliki kandungan karbohidrat, protein dan kalori yang hampir sama dengan beras. Produksi jagung di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 24,95 juta ton (Badan Pusat Statistik dan Kementerian Pertanian, 2021). Dengan banyaknya produksi jagung, maka semakin banyak pula limbah yang dihasilkan berupa tongkol dan kulit jagung.

Limbah tongkol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38% (Raheem, 2010). Kandungan senyawa silika (SiO_2) yang terdapat pada tongkol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada mortar.

Namun sebelum dijadikan sebagai campuran pada mortar, tongkol jagung terlebih dahulu dibakar pada suhu 650°C - 800°C untuk mendapatkan abu tongkol jagung yang disyaratkan (Kamau, 2013). Untuk menekan pemakaian semen yang masih banyak digunakan serta merupakan salah satu penyumbang polusi udara yang cukup besar, maka penambahan abu tongkol jagung pada adukan mortar diharapkan dapat memberikan suatu inovasi baru mortar ramah lingkungan dan mampu meningkatkan nilai tambah pada tongkol jagung itu sendiri. Penelitian terdahulu tentang penambahan abu tongkol jagung pada mortar memang belum banyak digunakan. Adapun penelitian yang telah dilakukan terkait dengan penambahan abu tongkol jagung menurut Chandra (2013) menyimpulkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi mortar umur 56 hari pada kadar abu tongkol jagung 4% sebesar 37,67 MPa. Nilai modulus elastisitas tertinggi pada kadar 8% sebesar 24.407,83 MPa. Penggunaan abu tongkol jagung pada pembuatan mortar bertujuan untuk mengurangi penggunaan semen yang memiliki kandungan silika yang cukup tinggi.

Silika merupakan senyawa kimia yang telah banyak dimanfaatkan sebagai zat warna (Ke *et al*, 2016), obat-obatan (Hacene *et al*, 2016), piranti elektronik (Sharma *et al*, 2016), keramik (Nien *et al*, 2016), katalis (Liu *et al*, 2016), dan material pendukung katalis (Ewing *et al*, 2016). Hal ini disebabkan silika memiliki sifat yang terbukti memiliki stabilitas tinggi, fleksibilitas kimia, dan biokompatibilitas yang berperan penting bagi berbagai lingkup (Nandiyanto *et al*, 2014). Silika di alam dapat diperoleh dari mineral dan bahan nabati. Penelitian tentang silika yang diperoleh dari bahan nabati telah dilakukan oleh Rafiee *et al*

yang mendapatkan nanosilika dari sekam padi dan Rahman *et al* yang mendapatkan silika mesopori dari abu ampas tebu. Selain sekam padi dan ampas tebu, salah satu alternatif sumber silika dari bahan nabati yaitu tongkol jagung. Tongkol jagung memiliki kandungan selulosa 40 - 45%, hemiselulosa 30 - 35% dan lignin 10-20% (Velmurugan *et al*, 2015) sedangkan abu tongkol jagung mengandung silika lebih dari 60% dengan sejumlah kecil unsur-unsur logam (Adesanya *and* Raheem, 2009). Silika pada serbuk tongkol jagung dapat diisolasi secara termal dan nontermal. Secara nontermal silika dapat diisolasi dengan HCl (Roschat *et al*, 2016). Metode termal dilakukan melalui pembakaran pada suhu tinggi untuk menghasilkan abu tongkol jagung sebagai sumber silika. Sedangkan pada penelitian ini, serbuk tongkol jagung diberi perlakuan termal dengan cara dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2 jam. Proses ini merupakan tahap penting karena selama proses termal, zat-zat selain silika dapat terdekomposisi dan hilang.

Berdasarkan kajian tersebut, maka dilakukanlah penelitian tentang penambahan abu tongkol jagung yang bervariasi terhadap sifat fisis dan mekanis pada mortar. Dengan variasi kadar abu tongkol jagung yang akan ditambahkan pada mortar sebesar 4%, 6%, dan 8% serta serat kulit jagung sebesar 12%. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas mortar secara fisika adalah kerapatan (*bulk density*), kuat tekan (*compressive strength*), kuat lentur (*flexural strength*), dan kuat tarik belah (*splitting tensile strength*). 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).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu tongkol jagung dan kulit jagung terhadap sifat fisis (kerapatan) dan sifat mekanis (kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah) pada mortar?
2. Bagaimana struktur mikro dari mortar dengan variasi penambahan abu tongkol jagung dan serat kulit jagung?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mendapatkan abu tongkol jagung dilakukan 2 kali pembakaran.
2. Suhu yang digunakan untuk kalsinasi tongkol jagung sebesar 700°C.
3. Pengujian mortar mengacu pada SNI dan ASTM.
4. Semen yang digunakan jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu tongkol jagung dan kulit jagung terhadap sifat fisis (kerapatan) dan sifat mekanis (kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik belah) pada mortar.
2. Untuk mengetahui struktur mikro dari mortar dengan variasi penambahan abu tongkol jagung dan serat kulit jagung.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan komposit konstruksi non struktural yang baik dengan memanfaatkan abu tongkol jagung dan serat kulit jagung.
2. Sebagai penambah referensi dan literatur dalam hal pembuatan komposit konstruksi non struktural.
3. Sebagai upaya dalam pemanfaatan limbah dari tanaman jagung.
4. Menekan biaya produksi pembuatan mortar dalam suatu konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Nindi (2018) melakukan penelitian mengenai penambahan abu tongkol jagung yang bervariasi dan bahan tambah *superplasticizer* terhadap sifat fisik dan mekanik beton memadat sendiri *Self Compacting Concrete* (SCC). Pada pengujian porositas pada beton SCC didapatkan hasil pengujian pada kadar 4% sebesar 10,660% dan 8% sebesar 11,003% memiliki nilai porositas yang tinggi dibandingkan kadar 12% sebesar 9,675% dikarenakan pada variasi tersebut memiliki campuran beton yang terlalu encer. Hasil pengujian porositas ini dapat disimpulkan semakin banyak kadar abu bonggol jagung yang ditambahkan pada beton maka semakin kecil pula volume rongga yang dihasilkan. Hal ini membuktikan bahwa penambahan kadar abu bonggol jagung yang semakin bertambah mempengaruhi volume rongga pada beton SCC. (Nindi *et al*, 2018).

Pengujian kuat tekan beton dengan penambahan kadar abu bonggol jagung 0-12% menggunakan *Compressive Testing Machine* (CTM), menunjukkan bahwa beton SCC dengan penambahan kadar abu bonggol jagung 4% memiliki nilai kuat tekan optimum yakni sebesar 36,251 MPa dan mengalami kenaikan sebesar 12,49% dari kadar 0%. Sedangkan pada kadar abu bonggol jagung 12%

menunjukkan nilai kuat tekan terendah yakni sebesar 26,184 MPa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama umur beton membuat nilai kuat tekan beton bertambah baik. Namun semakin banyak kadar abu bonggol jagung pada beton SCC maka semakin kecil nilai kuat tekan yang diperoleh. (Nindi *et al*, 2018).

Pada pengujian modulus elastisitas didapatkan nilai modulus elastisitas terbesar pada kadar abu bonggol jagung 4% yakni sebesar 20.078,37 MPa. Sedangkan modulus elastisitas terendah terjadi pada kadar abu bonggol jagung paling tinggi yaitu 12% sebesar 17.617,92 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak abu bonggol jagung yang ditambahkan pada beton SCC masa akan semakin rendah juga tegangan dan regangan modulus elastisitas yang terjadi.

Dan kesimpulan dari penelitian tersebut adalah kadar abu bonggol jagung optimum yang memiliki kinerja terbaik adalah pada kadar 4%. (Nindi *et al*, 2018).

Rasio *et al* (2019) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan abu bonggol jagung terhadap kuat tekan beton K-200, didapatkan hasil kuat tekan mengalami peningkatan nilai kuat tekannya melebihi beton normal standar yang telah ditetapkan yaitu 16,9 MPa. Seiring dengan kenaikan persentase substitusi abu bonggol jagung pada beton akan meningkatkan kuat tekan pada beton. Nilai beton 28 hari beton normal (19,96 MPa) 203,24 (kg/cm²) sedangkan dengan substitusi abu bonggol jagung 4% (33,04 MPa) 336,80 (kg/cm²), 8% (30,79 MPa) 313,57 (kg/cm²), 12% (28,20 MPa) 287,44 (kg/cm²). Maka dapat disimpulkan nilai optimum dari substitusi abu bonggol jagung terdapat pada varian 4% yaitu 33,04 MPa, 336,80 (kg/cm²). (Rasio *et al*, 2019)

2.2. Komposit

Kata “komposit” dapat diartikan sebagai dua atau lebih bahan/material yang dikombinasikan menjadi satu, dalam skala makroskopik sehingga menjadi satu kesatuan. Dengan kata lain, secara mikro material komposit dapat dikatakan sebagai material yang heterogen sedangkan dalam skala makro material tersebut dianggap homogen (Sugeng dan Bambang, 1990).

Komposit adalah bahan heterogen yang terdiri dari bahan pengikat (*matriks*) dan bahan penguat (*reinforcement*). Komposit terdiri dari dua bahan penyusun yaitu bahan utama sebagai bahan pengikat dan bahan pendukung sebagai penguat. Bahan utama membentuk *matriks* dimana bahan penguat ditanamkan di dalamnya. Bahan penguat dapat berbentuk serat, partikel, serpihan atau juga dapat berbentuk yang lain (Gurdal *et al.*, 1999).

2.3. Mortar

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbeda. Mortar disebut juga plesteran. Kegunaan plester adalah melapisi pasangan batu bata, batu kali maupun batu cetak (batako) agar permukaannya tidak mudah rusak dan kelihatan rapi dan bersih. Pekerjaan memplester juga dilakukan pada pasangan pondasi, pasangan tembok dinding rumah, lantai batu bata, lisplang beton, dan sebagainya (Daryanto, 1994). Mortar merupakan campuran bahan bangunan yang terdiri dari agregat halus, semen dan air. Bahan air dan semen disatukan sehingga membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus sebagai pengisi.

Mortar yang baik harus memiliki kuat tekan tinggi dan sifat fisis yang baik sehingga kualitas mortar memenuhi syarat SNI (Adi, 2009).

2.3.1. Jenis Mortar

Mortar berdasarkan jenis bahan ikatnya dibedakan menjadi empat jenis, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen dan mortar khusus.

a. Mortar lumpur

Mortar lumpur dibuat dari campuran air, tanah liat/lumpur, dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan-bahan tersebut harus tepat untuk memperoleh adukan yang baik sehingga akan mendapatkan mortar yang baik pula. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan. Terlalu banyak pasir menyebabkan adukan kurang dapat melekat dengan baik. Mortar lumpur ini dipakai untuk bahan dinding tembok atau bahan tungku api di pedesaan.

b. Mortar kapur

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya untuk memperoleh adukan dengan kelecakan yang baik. Selama proses pelekatan kapur mengalami susutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Mortar ini biasa dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata, atau perekat antar batu pada pasangan batu.

c. Mortar semen

Mortar semen dibuat dari campuran air, semen Portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume agregat halus berkisar antara 1:2 dan 1:8. Mortar ini lebih besar daripada mortar lumpur atau mortar kapur, oleh karena itu biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom, atau bagian bangunan lain yang menahan beban. Karena mortar semen ini lebih rapat air (dibandingkan dengan mortar lain sebelumnya) maka juga dipakai untuk bagian luar bangunan dan atau bagian bangunan yang berada dibawah tanah (terkena air).

d. Mortar khusus

Mortar khusus ini dibuat dengan menambahkan bahan khusus dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan *asbestos fibres*, *jutes fibres* (serat alami), butir – butir kayu, serbuk gergaji kayu, serbuk kaca dan lain sebagainya. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya mortar tahan api diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dengan *aluminous cement*, dengan perbandingan satu *aluminous cement* dan dua serbuk batu api. Mortar ini biasanya di pakai untuk tungku api dan sebagainya.

2.3.2. Tipe-Tipe Mortar

Menurut data pada BSN (2002) tentang SNI 03-6882-2002, mortar dibedakan menjadi 5 tipe yaitu :

a. Mortar tipe M adalah mortar yang mempunyai kekuatan 17,2 MPa.

Mortar ini direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun tidak bertulang yang memikul beban tekan yang besar, karena mortar ini memiliki kuat tekan yang tinggi.

b. Mortar tipe S adalah mortar yang mempunyai kekuatan 12,5 MPa.

Mortar ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal yang berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, dan saluran pembuangan.

c. Mortar tipe N adalah mortar yang mempunyai kekuatan 5,2 MPa.

Mortar ini umum digunakan untuk konstruksi pasangan di atas tanah seperti dinding interior maupun eksterior.

d. Mortar tipe O adalah mortar yang mempunyai kekuatan 2,4 MPa.

Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur dan menjadi beku dalam keadaan jenuh.

e. Mortar tipe K memiliki kuat tekan yang sangat rendah yaitu di bawah 2,4 MPa. Mortar tipe K jarang digunakan untuk konstruksi baru yang direkomendasikan dalam ASTM C270. Mortar ini hanya untuk konstruksi bangunan lama seperti mortar kapur.

2.4. Semen *Portland* (*Ordinary Portland Cement*)

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 tongkol jagung dan serat kulit jagung 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 tongkol jagung, *fly ash*, dan lain sebagainya. Pada penelitian ini, material *pozzoland* ini dikurangi dengan penambahan material berupa abu tongkol jagung.

2.5. Tongkol Jagung

Jagung dengan nama latin (*Zea mays*) merupakan tanaman lunak dan termasuk family rumput-rumputan (*Graminae*). Tanaman ini dapat dihasilkan dari tanah setengah kering atau gersang , dimana curah hujan pertahunnya tidak melebihi 10 inchi (25 cm), tetapi dapat juga tumbuh pada daerah-daerah tropis yang curah hujannya berlebih di Indonesia (Considen , D.M.1982).

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (biji

maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari bulir), dibuat tepung (dari bulir, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung bulir dan tepung tongkolnya).

Tongkol jagung merupakan tempat pembentukan lembaga dan gudang penyimpanan makanan. Umumnya, jagung mengandung kurang lebih 30 % tongkol jagung (Koswara, 1991). Tongkol berkembang pada ruas-ruas. Tongkol utama umumnya terdapat pada ruas batang keenam sampai kedelapan dari atas. Ruas-ruas di bawah biasanya terdapat 5-7 tongkol yang berkembang secara tidak sempurna. Kandungan senyawa kimia pada tanaman jagung tergantung pada umur dan tingkat perkembangan, kondisi fisik dan kimia tanah, kelembapan iklim dan populasi tanaman. Kandungan senyawa kimia tongkol jagung secara umum mengandung banyak serat kasar yang berupa selulosa, hemiselulosa, lignin, dan silika.

Abu tongkol jagung merupakan hasil dari pembakaran tongkol jagung. Metode termal dilakukan melalui pembakaran pada suhu tinggi untuk menghasilkan abu tongkol jagung sebagai sumber silika. Penelitian oleh Rafiee et al(2012) mengenai optimasi dan sintesis nanosilika dari sekam padi, menggunakan variasi suhu pembakaran 500 dan 700°C menunjukkan bahwa sekam padi yang dibakar pada suhu 700°C lebih putih daripada suhu 500°C. Sedangkan pada penelitian ini, serbuk tongkol jagung diberi perlakuan termal dengan cara dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2 jam. Proses ini merupakan tahap penting karena selama proses termal, zat-zat selain silika dapat terdekomposisi dan hilang.

Tabel 2.1. Komposisi kimia dari abu tongkol jagung (Okoronkwo *et al.* 2013)

Komponen	Kandungan %
SiO ₂	47,66
Al ₂ O ₃	8,50
FeO ₂	7,90
CaO	17,70
MgO	7,20
SO ₃	0,70
MnO ₂	2,20

2.6. Silika

Unsur hara esensial maupun non esensial banyak di temukan dalam suatu tanaman. Tanaman biasanya selain menyerap unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan dan perkembangannya, juga menyerap unsur yang tidak diperlukan untuk pertumbuhannya. Selain hara esensial, terdapat juga hara non-esensial yang dalam kondisi tertentu bisa memperkaya pertumbuhan tanaman dengan mendorong proses fisiologi. Hara tersebut disebut dengan hara fungsional (Savant *et.al.*, 1999). Unsur hara pembangun (fakultatif) dianggap unsur yang tidak penting, tetapi merangsang pertumbuhan tanaman dan juga dapat menjadi unsur penting untuk beberapa spesies tanaman tertentu karena dapat menyebabkan kenaikan produksi.

Unsur-unsur yang termasuk menguntungkan bagi tanaman adalah natrium (Na), cobalt (Co), chlor (Cl), dan silikon (Si). Silikon bukan merupakan unsur yang penting (esensial) bagi tanaman. Tetapi hampir semua tanaman mengandung Si, dalam kadar yang berbeda-beda . Walaupun tidak termasuk hara tanaman, Si dapat menaikkan produksi, karena Si mampu memperbaiki sifat fisik tanaman dan berpengaruh terhadap kelarutan P dalam tanah. Tidak ada unsur hara lain yang dianggap non esensial hadir dalam jumlah yang secara konsisten banyak pada tanaman.

Tanaman jagung misalnya, kadar Si 20,6 % yang melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S). Apabila kadar Si dalam tanaman ini kurang dari 5% maka batang tanaman jagung tidak kuat dan mudah roboh tertiup angin. Robohnya tanaman menyebabkan turunnya produksi, dengan demikian pemupukan Si dianggap dapat menaikkan produksi tanaman (Roesmarkam dan Yuwono, 2002).

Silika (Si) merupakan unsur kedua terbanyak setelah oksigen (O) dalam kerak bumi dan Silika juga terdapat dalam tanaman dalam jumlah yang banyak. Bentuk dari unsur Silika tanaman yang banyak dijumpai yaitu bentuk kuarsa atau kristal silikon (Buol *et al*, 1980). Pada umumnya tanaman mengandung 5-40 % Si. Dalam setiap kilogram tanah liat terkandung sekitar 200-320 g Si, sementara dalam tanah berpasir terdapat antara 450-480 g Si. Silika yang terdapat dalam tanaman ini juga mengandung oksida logam yang lebih sedikit dari pada Silika yang terdapat dalam pasir atau bebatuan, sehingga pemanfaatan silika pada tanaman ini lebih diaplikasikan pada industri makanan atau industri kosmetik.

Silika merupakan unsur yang inert (sangat tidak larut) sehingga selama ini Silika dianggap tidak memiliki arti penting bagi proses-proses biokimia dan kimia. Karena jumlahnya yang melimpah dalam tanah. Peran Silika seringkali tidak terlalu diperhatikan atau bahkan tidak teramati (Jones, 2000).

Silika banyak digunakan di industri karena sifat dan morfologinya yang unik, meliputi antara lain : luas permukaan dan volume porinya yang besar, dan kemampuan untuk menyerap berbagai zat seperti air, oli serta bahan radioaktif. Pada umumnya silika bisa bersifat hidrofobik (menolak air) ataupun hidrofilik (menarik air) sesuai dengan struktur dan morfologinya (Bagus dan Budi, 2006).

Silika berbentuk serbuk padat berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa, tidak larut dalam air maupun asam kecuali asam fluoride. Silika mempunyai titik lebur/cair yang cukup tinggi yaitu sebesar 1.710°C dengan titik didih 2.230°C . Silika dapat digunakan dalam industri barang-barang dari karet (sepatu olahraga, ban dll), pestisida (insektisida), bahan baku atau bahan tambahan dalam industri kosmetik, makanan maupun minuman, industri keramik dan penyaring air. Dalam bentuk amorph silika ini berfungsi sebagai silika gel (Hernawati dan Indarto, 2010).

2.7. Kulit Jagung

Tanaman jagung setiap kali panen akan menghasilkan limbah sebagai hasil sampingan (Ariyanti, 2015). Limbah tanaman jagung merupakan limbah hasil panen tanaman jagung yang ditinggalkan setelah jagung dipanen dari tanaman

induk. Limbah tanaman jagung meliputi batang, daun, tongkol dan kulit atau kelobot jagung (Purwanto, 2010).

Limbah tanaman jagung terutama batang, daun, klobot dan tongkol mencapai 1,5 kali bobot buah sehingga jika dihasilkan 8 ton buah per ha maka akan menghasilkan 12 ton limbah jagung (Ariyanti, 2015). Pada umumnya jagung terdiri dari 12% kelobot jagung, 28% biji, 17% tongkol, 13% daun dan 30% batang. Limbah jagung merupakan bahan potensial untuk sumber bioetanol. Limbah jagung mengandung banyak lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber potensial dalam pembuatan bioetanol (Purwanto, 2010).

Kelobot jagung merupakan bagian daun jagung yang membungkus tongkol jagung. Adapun kandungan nutrisi dalam kelobot jagung adalah bahan kering 42,56%, protein 3,4%, lemak 2,55%, serat kasar 23,32% dan substansi lainnya 28,17% (Pratiwi, 2015). Kulit jagung mengandung 36,81% selulosa, 15,7% lignin, 6,04% kadar abu dan 27,01% hemiselulosa (Purwono dan Hartono, 2005). Menurut Daniarti (2015), kelobot jagung memiliki kandungan serat total sebesar 38-50% dengan kadar karbohidrat antara 38-55%. Menurut Ariyanti (2015), nilai protein, lemak, serat kasar, abu dan tannin meningkat akibat perlakuan fermentasi sedangkan zat anti nutrisi seperti xilane dan phytate akan mengalami penurunan. Hal itu terjadi seiring dengan adanya aktifitas mikrobia.

2.8. Sifat Fisis dan Mekanis Mortar

2.8.1. 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 (2.1) (Darmawi dan Mahyudin, 2013),

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

dengan ρ adalah kerapatan (kg/m^3), m adalah massa sampel mortar (kg) dan V adalah volume sampel mortar (m^3).

2.8.2. 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 (2.2) (Darmawi dan Mahyudin, 2013),

$$KT = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

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

2.8.3. Kuat Lentur (*Flexural Strength*)

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 (2.3) (Darmawi dan Mahyudin, 2013),

$$f_r = \frac{3 PL}{2 bd^2} \quad (2.3)$$

dengan f_r adalah kuat lentur (MPa), P adalah beban patah maksimum (N), L adalah jarak tumpuan (mm), b adalah lebar rata-rata (mm), dan d adalah tinggi rata-rata (mm).

2.8.4. Kuat Tarik Belah (*Splitting Tensile Strength*)

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),

$$f_{ct} = \frac{2P}{LD} \quad (2.4)$$

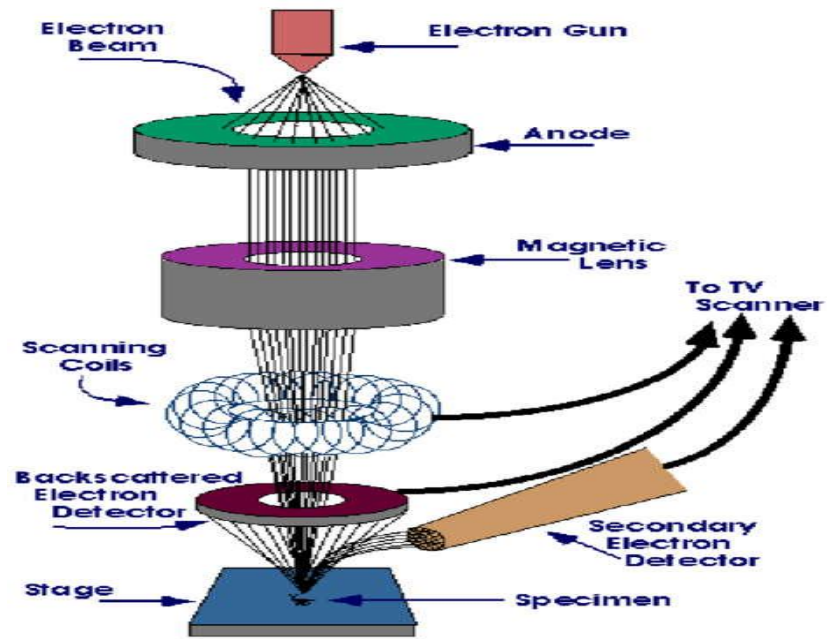
dengan f_{ct} adalah kuat tarik belah (MPa), P adalah beban maksimum yang diberikan (N), L adalah panjang silinder (mm), dan D adalah diameter silinder (mm).

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

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui morfologi atau struktur mikro permukaan dari suatu bahan/material. Alat ini dilengkapi dengan detektor disperse energi (EDS) sehingga dapat digunakan untuk mengetahui komposisi elemen-elemen pada sampel yang dianalisis. Analisa struktur mikro dilakukan terutama untuk melihat ukuran dan bentuk partikel yang dihasilkan. SEM biasa digunakan untuk bubuk yang relatif kasar, sedangkan untuk yang lebih halus (skala nanometer) digunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Metode SEM merupakan pemeriksaan dan analisa permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar 20 μ m dari permukaan. Hasilnya berupa topografi dengan segala tonjolan dan bentuk permukaan. Gambar topografi diperoleh dari penangkapan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan dari spesimen. Prinsip kerja SEM adalah pemindaian berkas elektron yang seperti “menyapu” permukaan spesimen, titik demi titik dengan membentuk sapuan garis demi garis, mirip seperti gerakan mata membaca. Sinyal elektron sekunder yang dihasilkan adalah dari titik pada permukaan, yang selanjutnya ditangkap oleh detektor untuk ditampilkan pada layar CRT (TV). Sinyal lain adalah *back scattered electron* yang intensifnya bergantung pada nomor atom unsur yang ada pada permukaan spesimen. Gambar yang didapatkan menyatakan perbedaan unsur kimia. (Sujatno, 2015).

Dengan warna terang menunjukkan adanya unsur kimia yang lebih tinggi nomor atomnya. SEM juga dilengkapi dengan analisis EDS dimana sinar X karakteristik yang diemisikan adalah akibat tumbukan elektron pada atom-atom bahan sampel

(Sujatno, 2015). Komponen utama alat SEM ini pertama adalah tiga pasang lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang scan coil discan-kan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan semakin besar resolusi lateral yang dicapai. Kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa *astigmatismus* dikoreksi oleh perangkat stigmator. SEM tidak memiliki sistem koreksi untuk kesalahan aberasi lainnya. Yang kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan *Lantanum Hexaboride* (LaB6) atau *Cerium Hexaboride* (CeB6), yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), Ketiga adalah *Imaging Detector*, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/image. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor SE dan detektor BSE (Sujatno, 2015).



Gambar 2.1. Skematik Alat SEM-EDS (Sujatno, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Universitas Lampung, Badan Riset dan Standardisasi Industri (Baristand) Bandar Lampung, dan Gedung Institut Biosains Universitas Brawijaya dari bulan Oktober 2021 sampai Desember 2021.

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), *disk mill*, kuas, sendok, neraca analitik, gelas ukur, wadah pengaduk semen, cetakan sampel, penumbuk, mesin uji kuat tekan (*hydraulic compressive strength machine*), mesin uji kuat tarik belah (*splitting tensile strength*), dan mesin uji kuat lentur (*flexural strength*).

3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah semen jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC), abu tongkol jagung, serat kulit jagung, air dan CaCl_2 .

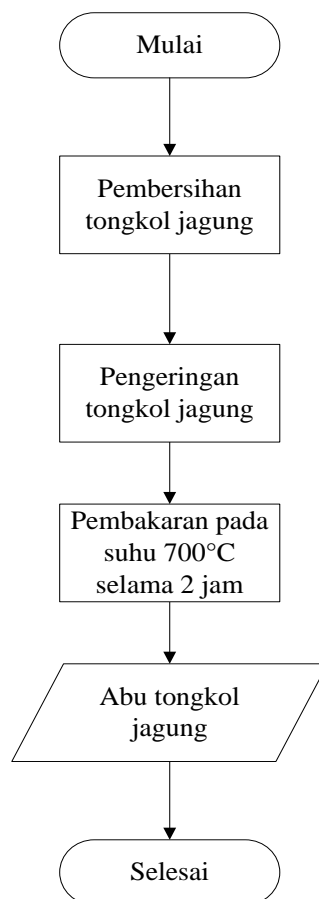
3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Preparasi Abu Tongkol Jagung (SNI 2493:2011)

Preparasi abu tongkol jagung dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Tongkol jagung dibersihkan agar zat-zat pengotor hilang.
- b. Tongkol jagung dikeringkan di bawah sinar matahari hingga tongkol jagung kering.
- c. Tongkol jagung dibakar dalam *furnace* dengan suhu 700 °C selama 2 jam agar mendapatkan abu tongkol jagung.

Berikut diagram alir preparasi tongkol jagung pada Gambar 3.1.



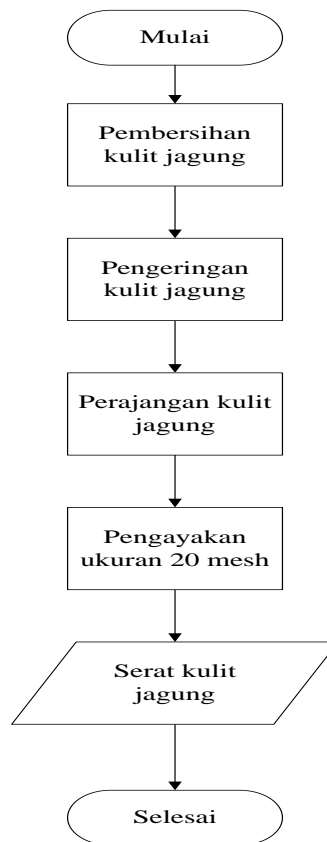
Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan abu tongkol jagung

3.3.2. Preparasi Serat Kulit Jagung (SNI 2493:2011)

Preparasi serat kulit jagung dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Kulit jagung dibersihkan agar zat-zat pengotor hilang.
- b. Kulit jagung dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kulit jagung kering.
- c. Kulit jagung dirajang secara mekanis menggunakan *disk mill* hingga halus agar menjadi serat.
- d. Serat kulit jagung yang sudah halus diayak menggunakan ayakan berukuran 20 mesh.
- e. Serat kulit jagung yang lolos pada ayakan berukuran 20 mesh ini yang akan digunakan untuk pembuatan mortar.

Berikut diagram alir preparasi serat kulit jagung pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram alir preparasi serat kulit jagung

3.3.3. Pembuatan Sampel Penelitian (SNI 2493:2011)

3.3.3.1 Pencampuran

- a. Semen komposit dibuat sebesar 700 gram dengan variasi perbandingan yaitu

Tabel 3.1. Komposisi Sampel

Sampel	Komposisi (%)		
	Semen	Abu Tongkol Jagung	Serat Kulit Jagung
A	84	4	12
B	82	6	12
C	80	8	12

3.3.3.2 Pengadukan

- a. Alat-alat dipersiapkan dan kemudian cetakan diberi oli pada setiap sisi, lap dan bersihkan bagian yang kelebihan oli.
- b. Bahan untuk pembuatan sampel mortar disiapkan.
- c. Wadah pengaduk disiapkan.
- d. Semen Portland, abu tongkol jagung, dan serat kulit jagung dicampur kedalam wadah kemudian diaduk secara merata selama 5 menit.
- e. CaCl_2 dengan kandungan sebesar 80gr dilarutkan kedalam air sebanyak 300 ml.
- f. Air larutan CaCl_2 dimasukkan secara perlahan ke wadah campuran mortar.
- g. Adonan diaduk secara merata selama 5 menit.
- h. Dinding wadah 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 dalam ruang lembab 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 ini meliputi sifat fisis dan mekanis dari mortar :

3.3.4.1 Uji Kerapatan (*Bulk Density*)

Sampel mortar yang berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian diukur volume pada sampel mortar, maka nilai kerapatan pada sampel mortar dapat dihitung dengan Persamaan (2.1).

3.3.4.2 Uji Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Uji kuat tekan sampel mortar berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ mengacu kepada ASTM C 109/109M-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 dengan Persamaan (2.2).

3.3.4.3 Uji Kuat Lentur (*Flexural Strength*)

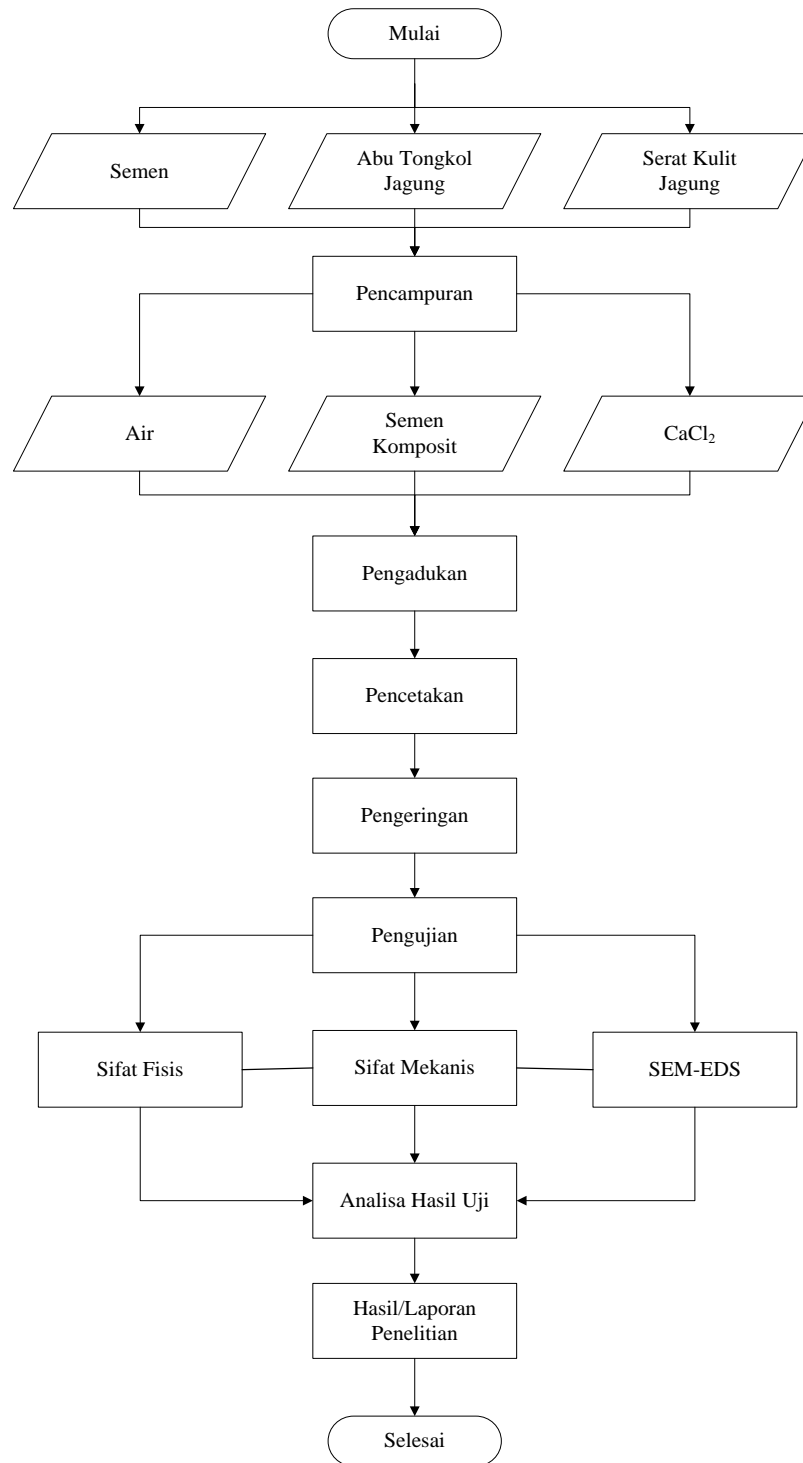
Setelah sampel mortar berukuran $16 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$ ini dicetak, kemudian meletakkan sampel mortar pada bagian mesin kompresor untuk menguji kelenturan sampel. Nilai kuat lentur dapat dihitung dengan persamaan (2.3).

3.3.4.4 Uji Kuat Tarik Belah (*Splitting Tensile Strength*)

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 (2.4).

3.3.4.5 *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS)

Karakterisasi SEM-EDS ini digunakan untuk melihat struktur mikro, topography dan morphology dengan metode mikroanalisis. Karakterisasi ini dilakukan dengan membuat sampel mortar berbentuk persegi panjang berukuran $1,5 \times 1 \times 0,5 \text{ cm}^3$. Berikut diagram alir pembuatan dan pengujian sampel mortar pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan sampel dan pengujian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan abu tongkol jagung dapat meningkatkan kualitas mortar. Hasil pengujian yang paling optimum pada penelitian ini adalah pada sampel B dengan komposisi 82% : 6% : 12%, ditinjau dari sifat fisis, mekanis dan hasil karakterisasi SEM-EDSnya. Unsur Si dan Ca pada sampel mortar merupakan faktor yang mempengaruhi pengujian sifat fisis (kerapatan) dan mekanis (kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur) pada mortar.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan kalsinasi tongkol jagung pada suhu 700°C dengan holding time selama 5 jam, menambahkan pasir untuk meningkatkan kuat tekan, serta melakukan pengulangan uji pada setiap sampel agar mendapatkan rata-rata nilai uji yang lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Adesanya, D. A., and Raheem, A. 2009. Development of Corn Cob Ash Blended Cement, *Construction and Building Materials*. 23 (1): 347–352.
- Ariyanti. 2015. *Kandungan Bahan Organik dan Protein Kasar Tongkol Jagung (Zea mays) yang Diinokulasi dengan Fungi Trichoderma sp. pada Lama Inkubasi yang Berbeda*. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makasar. (Skripsi).
- Bagus dan Budi. 2006. *Isolasi Silika Dari Buangan Limbah Padat Industri Pusat Listrik Panas Bumi*. UPN Veteran Jatim , Surabaya. (Skripsi).
- Chopra, Divya, Rafat Siddique, and Kunal. 2015. Strength, Permeability And Microstructure Of Self-Compacting Concrete Containing Rice Husk Ash. *Biosystems Engineering* 130: 72-80.
- Considen , D. M. 1982. *Food and Food Production Encyclopedia*. 1114.
- Darmawi, Meri, dan Alimin Mahyudin. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Ijuk terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Papan Semen-Gipsum. *Journal Fisika Unand* 2 (1): 6-12.
- Daryanto. 1994. *Pengetahuan Teknik Bangunan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ewing, C., Vesper, G., McCarthy, J., Lambrecht, D., Johnson, J., 2016. Predicting Catalyst-Support Interactions between Metal Nanoparticles and Amorphous Silica Supports, *Surface Science*.
- 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.
- Hacene, Y., Singh, A., Van den Mooter, G. 2016. Drug Loaded and Ethylcellulose Coated Mesoporous Silica for Controlled Drug Release Prepared Using a Pilot Scale Fluid Bed System. *International Journal of Pharmaceutics*, 506 (1): 138-147.
- Hartadi, H., Reksodiprodjo, S., dan Tillman, A. D. 2005. Tabel Komposisi Bahan Makanan Ternak Untuk Indonesia. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta.
- Hernawati dan Indarto. 2010. *Budi Daya Jagung Hibrida*. 9-11, Yogyakarta.
- Jones. 2000. Assessment of Gel Metasilikat production options for com products. *Bioresource Technology* 58. 253-264.
- Ke, S., Pan, Z., Wang, Y., Ning, C., Zheng, S. 2016. Synthesis of a Pigment of Monodisperse Spherical Silica Particles Coated with Neodymium Disilicate. *Ceramics International*. 42 (9): 11500-11503.
- Kementan RI. 2020. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2020. www.pertanian.go.id.
- Koswara. 1991. Penentuan analisa Kolorimetetri daerah tampak. Departemen Perindustrian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. *BPPI*. Jawa Timur.
- Liu, S., You, K., Jian, J., Zhao, F., Zhong, W. 2016. Mesoporous Silica Gel as an Effective and Eco-Friendly Catalyst for Highly Selective Preparation of Cyclohexanone Oxime by Vapor Phase Oxidation of Cyclohexylamine with Air. *Journal of Catalysis*. 338: 239-249.
- Mulyati dan Suhendri. 2013. Studi Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Semen Portland Tipe I dan Portland Composite Cement. *Jurnal Momentum* 15 (2): 30-33.
- Mulyati, Sri, Dahyunir Dahlan, dan 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.
- Nandiyanto, A., Suhendi, A., Ogi, T., Umamoto, R., Okuyama, K. 2014. Size- and Charge-Controllable Polystyrene Spheres for Templates in The Preparation of Porous Silica Particles with Tunable Internal Hole Configurations. *Chemical Engineering Journal*, 256: 421-430.

- Nien, Y., You, J. 2016. Improved Thermal Quenching of $Y_3Al_5O_{12}$: Ce Phosphor Ceramics with Silica Addition, *Journal of Alloys and Compounds*, 678: 1-4.
- Nindi Fakhrunisa. 2018. Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung Yang Bervariasi Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete). *Jurnal Bangunan*, Vol. 23, No.2, Oktober 2018: 9-18.
- Pratiwi. R. C. 2015. Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Dan Kulit Jagung Sebagai Bahan Pembuatan Kertas Seni Dengan Penambahan NaOH Dan Pewarna Alami. *Naskah Publikasi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Purwanto, S. 2010. Perkembangan Produksi dan Kebijakan dalam Peningkatan Produksi Jagung. Direktorat Budi Daya Serealia, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Jagung: *Teknik Produksi dan Pengembangan*: 456-461.
- Purwono, M. S, Hartono, R. 2007. *Bertanam Jagung Unggul*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Rafiee, E., Shabnam, S., Mostafa, F., Mahdi, S. 2012. Optimization of Synthesis and Characterization of Nanosilica Produced from Rice Husk (a Common Waste Material). *International Nano Letters*, 2 (29): 2-8.
- Rahman, N. A., Ika, W., Sri, R. J., Heru, S. 2015. Synthesis of Mesoporous Silica with Controlled Pore Structure from Bagasse Ash as a Silica Source, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 476: 1-7.
- Rasio Hepiyanto ,Mohammad Arif. 2019. Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K – 200. *UkaRsT* Vol.3, No.2 Tahun 2019.
- Roesmarkam dan Yuwono. 2001. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. *Pustaka Buana*, Bandung.
- Roschat, W., Theeranun, S., Boonyawan, W., Vinich, P. 2016. Rice Husk-Derived Sodium Silicate as a Highly Efficient and Low-Cost Basic Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production, *Energy Conversion and Management*, 119: 453–462.
- Savant. 1999. The Condensed Chemical Dictionary. Edisi 5. *Reinhold Publishing Corporations*. New York.
- Sharma, H., Pulugurtha, M., Tummala, R. 2016. Chemical Synthesis of Low-Coercivity, Silica/Co Composites for High-Frequency Magnetic Components, *Materials Chemistry and Physics*, 175: 46-53.
- 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.

- 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, dan Dwi Kartikasari. 2017. Pengaruh Penambahan Abu Jerami Padi terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal CIVILA 2 (2)*: 63-70.
- Velmurugan, P., Shim, J., Lee, K. J., Cho, M., Lim, S. S., Seo, S. K., Cho, K. M., K. Bang, S., Oh, B. T. 2015. Extraction, Characterization, and Catalytic Potential of Amorphous Silica from Corn Cobs by Sol-Gel Method. *J. Ind. Eng. Chem*, 29 (25): 298-303.
- Walter Houtson Duda. 1984. *Cement Data Book: International Process Engineering in the Cement Industry*. 2nd Edition. London: Boverlag GmBh WeisBaden und Berlin.