

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL *SOIL IMPROVEMENT*
CAMPURAN PASIR SILIKA DENGAN JAMUR
RHIZOPUS OLIGOSPORUS DAN JAMUR *RHIZOPUS*
ORYZAE DENGAN BIOPOLIMER *XANTHAN GUM***



**ANGELINE SUGIEHITA
NPM : 6102001014**

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL *SOIL IMPROVEMENT*
CAMPURAN PASIR SILIKA DENGAN JAMUR
RHIZOPUS OLIGOSPORUS DAN JAMUR *RHIZOPUS*
ORYZAE DENGAN BIOPOLIMER *XANTHAN GUM***



**ANGELINE SUGIEHITA
NPM : 6102001014**

BANDUNG, 24 JULI 2024

PEMBIMBING:

Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL *SOIL IMPROVEMENT* CAMPURAN PASIR SILIKA DENGAN JAMUR *RHIZOPUS OLIGOSPORUS* DAN JAMUR *RHIZOPUS* *ORYZAE* DENGAN BIOPOLIMER XANTHAN GUM



ANGELINE SUGIEHITA
NPM : 6102001014

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

PENGUJI 1: Martin Wijaya, Ph.D.

PENGUJI 2: Siska Rustiani, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ANGELINE SUGIEHITA
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 22 Maret 2002
NPM : 6102001014
Judul skripsi : **STUDI EKSPERIMENTAL SOIL IMPROVEMENT CAMPURAN PASIR SILIKA DENGAN JAMUR *RHIZOPUS OLIGOSPORUS* DAN JAMUR *RHIZOPUS ORYZAE* DENGAN BIOPOLIMER XANTHAN GUM**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 17 Juli 2024



Angeline

Angeline Sugiehita

**STUDI EKSPERIMENTAL SOIL IMPROVEMENT
CAMPURAN PASIR SILIKA DENGAN JAMUR *RHIZOPUS
OLIGOSPORUS* DAN JAMUR *RHIZOPUS ORYZAE* DENGAN
BIOPOLIMER *XANTHAN GUM***

**Angeline Sugiehita
NPM: 6102001014**

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

ABSTRAK

Tanah pasir silika merupakan jenis tanah yang umumnya memiliki keterbatasan dalam segi kekuatannya. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah pasir silika dengan memanfaatkan kombinasi jamur dan biopolimer. Dalam eksperimen ini, jamur yang digunakan ialah *Rhizopus Oligosporus* dan *Rhizopus Oryzae*, serta biopolimer *Xanthan Gum* yang berbasis polisakarida dari bakteri *Xanthomonas campestris*. Dilakukan variasi pada berbagai campuran jamur dan biopolimer yang akan dilakukan evaluasi untuk mengamati dampaknya terhadap struktur tanah. Metode eksperimental ini melibatkan kombinasi berbagai proporsi jamur dan biopolimer yang kemudian diterapkan pada tanah pasir silika. Setelah melalui variasi proses *curing*, dilakukan pengujian kuat tekan bebas untuk mengetahui nilai kuat tekan maksimum. Hasil dari pengujian tersebut didapatkan nilai kuat tekan bebas maksimum (q_u maks) sebesar 1389,7 kPa dengan kadar ragi 10%, kadar biopolimer 1,5%, kadar air 15%, dan waktu *curing* 21 hari.

Kata Kunci: Tanah pasir silika, *Rhizopus Oligosporus*, *Rhizopus Oryzae*, biopolimer, kuat tekan.

EXPERIMENTAL STUDY OF SOIL IMPROVEMENT FOR SILICA SAND USING *RHIZOPUS OLIGOSPORUS* FUNGUS AND *RHIZOPUS ORYZAE* FUNGUS WITH XANTHAN GUM BIOPOLYMER

Angeline Sugiehita
NPM: 6102001014

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULY 2024

ABSTRACT

Silica sand soil is a type of soil that typically has limitations in terms of its strength. This study aims to enhance the strength of silica sand soil by utilizing a combination of fungi and biopolymer. In this experiment, the fungi used are *Rhizopus oligosporus* and *Rhizopus oryzae*, along with *Xanthan Gum* biopolymer based on polysaccharides from *Xanthomonas campestris* bacteria. Various combinations of fungi and biopolymer were tested to observe their impact on soil structure. The experimental method involved applying different proportions of fungi and biopolymer to silica sand soil. After undergoing various curing processes, Unconfined Compression Test were conducted to determine the maximum compressive strength value. The results of the test showed a maximum compressive strength (q_u max) of 1389,7 kPa with fungus content of 10%, biopolymer content of 1,5%, moisture content of 15%, and curing time of 21 days.

Keywords: Silica sand soil, *Rhizopus Oligosporus*, *Rhizopus Oryzae*, biopolymer, compressive strength.

PRAKATA

Pada kesempatan ini penulis ini mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan bimbingan-Nya sehingga Skripsi ini dapat tersusun hingga selesai.

Skripsi dengan judul “*Studi Eksperimental Soil Improvement Campuran Pasir Silika dengan Jamur Rhizopus Oligosporus dan Jamur Rhizopus Oryzae dengan Biopolimer Xanthan Gum*” ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penulis menyadari bahwa tanpa doa, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Sukono, Natalia Suluhwati Suhita, Willyam Sugiehita, Adeliem Sugiehita, Theresia Windyanita, Shera Astria, dan Wesley Sugiehita selaku keluarga penulis yang selalu memberikan doa, bantuan, dan dukungan selama proses menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Aswin Lim, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan arahan kepada penulis.
3. Seluruh dosen pengujian pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan kritik dan saran bagi penulis.
4. Seluruh dosen dan pengajar Fakultas Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu selama proses perkuliahan.
5. Bapak Prof. Bambang Suryoatmono, Ph.D., selaku dosen wali penulis yang memberikan bimbingan kepada penulis selama proses perkuliahan di Universitas Katolik Parahyangan.
6. Bapak Andra Ardiana dan Bapak Yudi yang selalu memberikan arahan dan bantuan selama proses pengujian di Laboratorium Geoteknik.
7. Julia Eka Putri Setiadi, Dewi Kurnia Gunawan, Valeria Adella Advenia yang telah memberikan semangat dan dukungan moral kepada penulis selama ini.

8. Rizka Fathianisaa, Amanda Syakira Dewi, Jehan Zafira Priadi, Gracia Cellestela Angeline Pangsidang, dan teman-teman angkatan 2020 Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran akan sangat bermanfaat bagi penulis untuk kedepannya. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bandung, 17 Juli 2024



Angeline Sugiehita

6102001014



DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Lingkup Bahasan	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.5.1 Studi Literatur	3
1.5.2 Uji Laboratorium dan Analisa Data	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Diagram Alir Penelitian	4
BAB 2 DASAR TEORI	6
2.1 Tanah Pasir Silika	6
2.2 Stabilisasi Tanah	6
2.3 Jamur <i>Rhizopus oligosporus</i>	7

2.4 Jamur <i>Rhizopus oryzae</i>	7
2.5 Biopolimer.....	8
2.5.1 Biopolimer <i>Xanthan Gum</i>	8
2.6 Pengujian Index Properties	9
2.6.1 Uji Berat Isi Tanah.....	9
2.6.2 Uji Berat Jenis Tanah.....	10
2.6.3 Uji Kadar Air.....	10
2.6.4 Analisis Saringan	11
2.7 Uji Kuat Tekan Bebas	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tahapan Penelitian.....	14
3.2 Sampel Penelitian.....	15
3.2.1 Sampel Tanah.....	15
3.2.2 Ragi Tempe	15
3.2.3 Biopolimer <i>Xanthan Gum</i>	16
3.3 Pengujian <i>Index Properties</i>	16
3.3.1 Uji Berat Isi Tanah.....	16
3.3.2 Uji Berat Jenis Tanah.....	17
3.3.3 Uji Kadar Air.....	18
3.3.4 Uji Saringan	19
3.4 Rangkaian Pencampuran Sampel Tanah.....	20
3.4.1 Rangkaian Percobaan 1	20
3.4.2 Rangkaian Percobaan 2	21
3.4.3 Rangkaian Percobaan 3	23
3.4.4 Rangkaian Percobaan 4.....	24
3.4.5 Rangkaian Percobaan 5	25

3.5 Uji Kuat Tekan Bebas	27
BAB 4 ANALISIS DATA	28
4.1 Karakteristik Tanah Asli	28
4.1.1 Hasil Pengujian <i>Index Properties</i>	28
4.1.2 Hasil Pengujian Saringan	29
4.2 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas (UCT).....	29
4.2.1 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 1.....	30
4.2.2 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 2.....	32
4.2.3 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 3.....	34
4.2.4 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 4.....	35
4.2.5 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 5.....	36
4.3 Perbandingan Hasil UCT antara berbagai Rangkaian Percobaan	37
4.3.1 Perbandingan antara Kadar Ragi 3% dengan Kadar Ragi 0%	37
4.3.2 Perbandingan antara Kadar Ragi 5% dengan Kadar Ragi 0%	38
4.3.3 Perbandingan antara Kadar Ragi 10% dengan Kadar Ragi 0%	39
4.3.4 Perbandingan pada Kadar Air 10% antara Rangkaian 1 dan 2	40
4.3.5 Perbandingan pada Kadar Air 10% antara Rangkaian 1, 3, dan 5	40
4.4 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Bebas Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> dan Jamur <i>Rhizopus Oryzae</i>	41
4.4.1 Hasil Nilai Kuat Tekan dengan Studi Terdahulu	41
4.5 Hasil Pengamatan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	43
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SiO_2	:	Silikon dioksida
ROO	:	<i>Rhizopus Oligosporus Oryzae</i>
UCT	:	<i>Unconfined Compression Test</i>
USCS	:	<i>Unified Soil Classification System</i>
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Materials</i>
γ	:	Berat isi tanah
G_s	:	Berat jenis tanah
ω_c	:	Kadar air
V_s	:	Volume butiran padat
V_v	:	Volume pori
V_w	:	Volume air dalam pori
V_a	:	Volume udara dalam pori
W_s	:	Berat butiran padat
W_w	:	Berat air
γ_{dry}	:	Berat isi kering
γ_s	:	Berat isi butiran padat
γ_w	:	Berat isi air
D_{10}	:	Diameter dimana 10% dari total butiran/lebih kecil lolos melalui diameter tersebut
D_{30}	:	Diameter dimana 30% dari total butiran/lebih kecil lolos melalui diameter tersebut
D_{60}	:	Diameter dimana 60% dari total butiran/lebih kecil lolos melalui diameter tersebut
C_u	:	Koefisien keseragaman
C_c	:	Koefisien gradasi
S_u	:	Kuat geser <i>undrained</i>
S_t	:	Derajat kepekaan
q_u	:	Kuat tekan bebas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	5
Gambar 2.1 Struktur Jamur Rhizopus (D.G. Mackean, 1984)	7
Gambar 2.2 Tiga Fase Tanah (M.Budhu, 2011).....	9
Gambar 2.3 Alat Uji Kuat Tekan Bebas.....	13
Gambar 3.1 Tanah Pasir Silika	15
Gambar 3.2 Ragi Tempe.....	15
Gambar 3.3 Xanthan Gum.....	16
Gambar 4.1 Kurva Distribusi Ukuran Partikel Tanah	29
Gambar 4.2 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Ragi 3%	31
Gambar 4.3 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Ragi 5%	31
Gambar 4.4 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Ragi 10%	32
Gambar 4.5 Nilai Empiris untuk Kuat Tekan Bebas (q_u) dari tanah kohesif (Bowles,1977).....	32
Gambar 4.6 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Air 5%.....	33
Gambar 4.7 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Air 10%.....	33
Gambar 4.8 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Air 15%.....	34
Gambar 4.9 Hubungan q_u terhadap waktu curing pada Kadar Ragi 0%	35
Gambar 4.10 Hubungan q_u terhadap kadar biopolimer dengan Kadar Ragi 0% .	36
Gambar 4.11 Hubungan q_u terhadap waktu curing dengan Kadar Ragi 10%, tanpa biopolimer	37
Gambar 4.12 Perbandingan nilai q_u terhadap waktu curing antara Kadar Ragi 3% dengan Kadar Ragi 0%.....	37
Gambar 4.13 Perbandingan nilai q_u terhadap waktu curing antara Kadar Ragi 3% dengan Kadar Ragi 0%.....	38
Gambar 4.14 Perbandingan nilai q_u terhadap waktu curing antara Kadar Ragi 10% dengan Kadar Ragi 0%.....	39
Gambar 4.15 Perbandingan nilai q_u terhadap waktu curing pada Kadar Ragi 10% antara Rangkaian 1 dan 2	40
Gambar 4.16 Perbandingan nilai q_u terhadap waktu curing pada Kadar Air 10% antara Rangkaian 1, 3, dan 5	40

Gambar 4.17 Perbandingan pada Kadar Ragi 10% dan Kadar Air 5% (Lim et al., 2024)	41
Gambar 4.18 Perbandingan Hasil Penulis dengan Studi Terdahulu.....	41
Gambar 4.19 Hasil Pengamatan SEM dengan Perbesaran 180x	43
Gambar 4.20 Hasil Pengamatan SEM dengan Perbesaran 600x	43



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Lubang Ayakan Menurut ASTM	11
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Index Properties (Nasution, 2024)	28
Tabel 4.2 Rangkaian Sampel Percobaan	30
Tabel 4.3 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 1	31
Tabel 4.4 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 2	33
Tabel 4.5 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 3	34
Tabel 4.6 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 4	35
Tabel 4.7 Hasil Percobaan UCT Rangkaian 5	36



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 TABEL HASIL UJI INDEX PROPERTIES	47
LAMPIRAN 2 TABEL HASIL UJI KUAT TEKAN BEBAS (UCT)	49
LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI SAMPEL UJI	100



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasir silika merupakan jenis pasir yang terdiri dari butiran kristal yang berasal dari Silikon dioksida (SiO_2). Pasir ini umumnya terdapat dalam batuan beku dan sedimen yang mengandung mineral silika. Kekuatan dari pasir silika ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ukuran butir, kelembaban, dan kepadatan. Untuk meningkatkan kekuatan tanah pasir silika, diperlukan metode perbaikan tanah dengan mencampurkan bahan tambahan yang mampu memperkuat struktur tanah pasir.

Jamur *Rhizopus oligosporus* dan jamur *Rhizopus oryzae* adalah tipe jamur yang dimanfaatkan pada proses fermentasi tempe. Jamur ini dapat tumbuh membentuk hifa yang terdiri dari benang-benang tipis di sekitar biji kedelai dan akan membentuk jaringan yaitu miselium. Miselium yang tumbuh membentuk lapisan putih tebal yang akan menyatukan biji kedelai. Dari proses fermentasi tersebut, pembentukan miselium oleh jamur dapat dimanfaatkan untuk mengikat butiran pasir silika sehingga dilakukan percobaan perbaikan tanah untuk meningkatkan stabilitas tanah pasir silika tersebut.

Biopolimer *Xanthan Gum* merupakan hasil fermentasi dari bakteri *Xanthomonas campestris*. *Xanthan Gum* ini memiliki beberapa kegunaan seperti bahan pengental, stabilisasi, emulsi, dan alternatif untuk pengikat gluten dalam berbagai produk industri makanan dan kosmetik. Berdasarkan kegunaannya, dilakukan percobaan perbaikan tanah menggunakan *Xanthan Gum* untuk mengikat partikel pada pasir silika.

Studi eksperimental *soil improvement* menggunakan pasir silika serta campuran jamur *Rhizopus oligosporus* dengan jamur *Rhizopus oryzae* dan biopolimer *Xanthan Gum* ini dilakukan untuk mengetahui parameter kuat tekan maksimum dan modulus elastisitas pasir dengan uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*).

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari uji ini yang dilakukan yaitu untuk memahami pengaruh aplikasi campuran jamur *Rhizopus oligosporus* dan jamur *Rhizopus oryzae* dengan biopolimer *Xanthan Gum* terhadap parameter kuat tekan maksimum dan modulus elastisitas tanah pasir.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu:

1. Menentukan konsentrasi kadar ragi yang optimum.
2. Mengetahui nilai kuat tekan maksimum dan modulus elastisitas tanah pasir silika akibat pengaruh campuran jamur *Rhizopus oligosporus* dan jamur *Rhizopus oryzae* dengan biopolimer *Xanthan Gum*.
3. Mengetahui efek dari biopolimer *Xanthan Gum* terhadap tanah pasir silika.
4. Mengetahui pengaruh masa pemeraman (*curing*) terhadap peningkatan kuat tekan campuran pasir silika dengan jamur dan biopolimer.

1.4 Lingkup Bahasan

Lingkup bahasan dalam penelitian ini yaitu:

1. Tanah yang digunakan adalah pasir silika.
2. Sampel uji dibuat menggunakan jamur *Rhizopus Oligosporus Oryzae* yang berbentuk ragi tempe merek Raprime dengan konsentrasi 3%, 5%, dan 10% dan biopolimer *Xanthan Gum* dengan konsentrasi 0.5%, 1%, dan 1.5%.
3. Sampel uji dikondisikan pada kadar air 5%, 10%, dan 15%.
4. Waktu *curing* yang digunakan yaitu 7, 14, dan 21 hari, *curing* dilakukan di luar cetakan silinder.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan Studi Literatur, Uji Laboratorium, dan Analisa Data.

1.5.1 Studi Literatur

Penelitian dilaksanakan guna memperoleh informasi baik dari buku, jurnal ilmiah, dan internet yang akan digunakan sebagai teori untuk penelitian mengenai campuran jamur dan biopolimer pada tanah pasir.

1.5.2 Uji Laboratorium dan Analisa Data

Pengujian di laboratorium dilakukan dengan tujuan mendapatkan informasi yang mampu menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Informasi yang diperoleh dari hasil pengujian akan dilakukan analisa guna mencapai suatu kesimpulan.

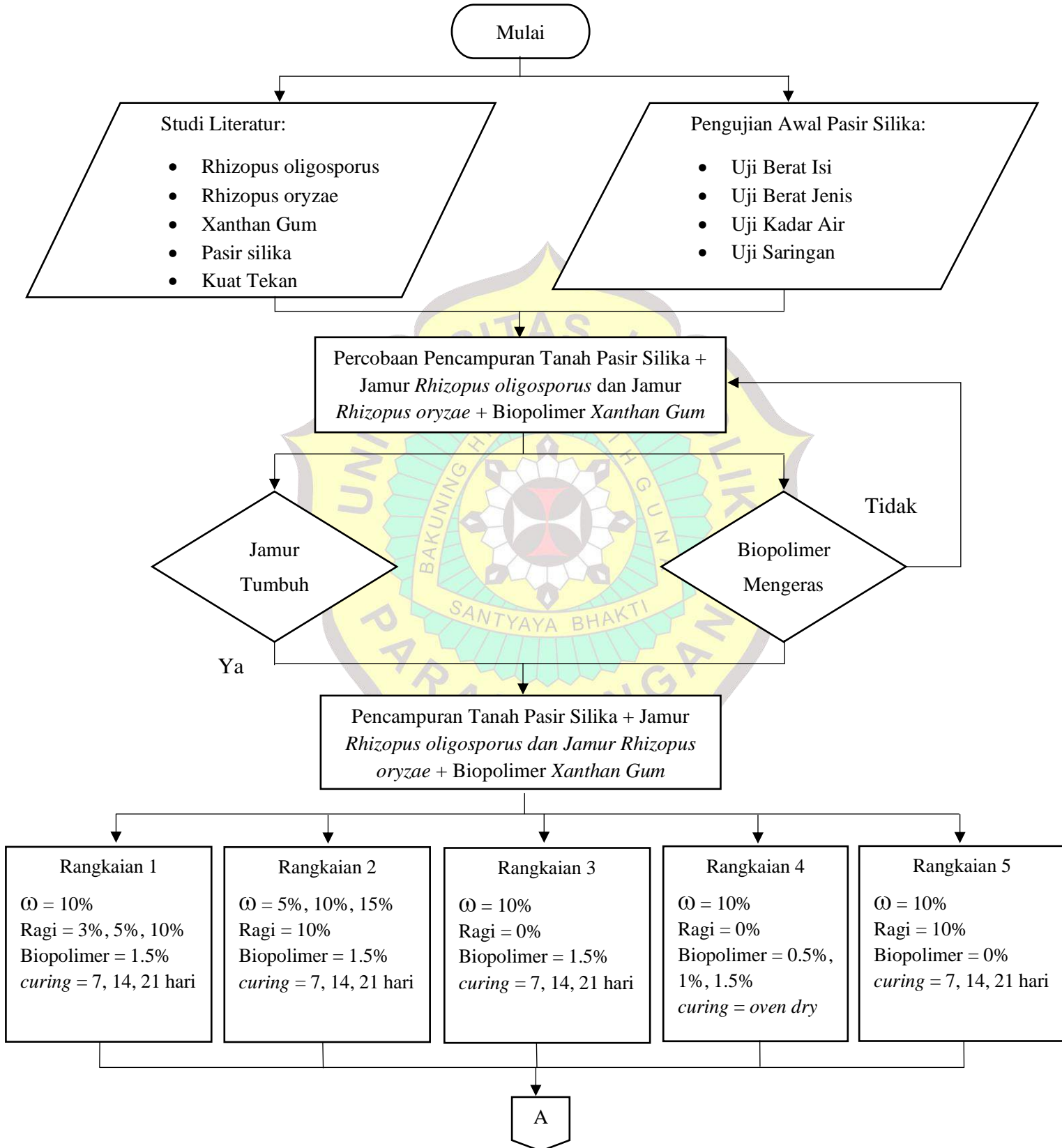
1.6 Sistematika Penulisan

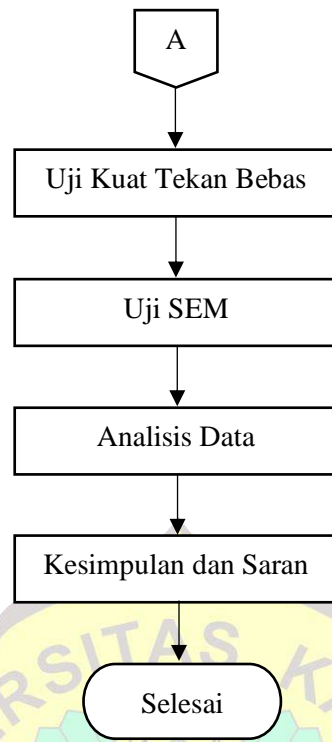
Sistematika penulisan terbagi ke dalam lima bab, yaitu :

1. **BAB 1 PENDAHULUAN**
Bagian ini memuat latar belakang, inti permasalahan, tujuan dilakukannya penelitian, lingkup bahasan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.
2. **BAB 2 STUDI PUSTAKA**
Bagian ini memuat prinsip-prinsip dan gagasan yang relevan yang diterapkan dalam penelitian sehingga rumusan masalah dapat terpecahkan.
3. **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**
Bagian ini meliputi prosedur yang dilakukan selama penelitian dan pengambilan data dari percobaan di laboratorium sebelum dilakukan analisis.
4. **BAB 4 DATA DAN ANALISIS**
Bagian ini berisi hasil pengumpulan informasi yang berasal dari pengujian laboratorium serta proses analisis yang dilakukan dari data tersebut.
5. **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**
Bagian ini merangkum hasil dari penelitian yang telah dikerjakan dan memberikan rekomendasi kepada pembaca berdasarkan hasil penelitian.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian menggambarkan tahapan yang dilaksanakan untuk menyelesaikan skripsi ini. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.





Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

