

**ANALISIS GUGUS FUNGSI, STRUKTUR MIKRO, DAN KOMPOSISI
NANOKOMPOSIT PERAK SILIKA (Ag/SiO₂) BERBASIS SILIKA
SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE SOL GEL PADA SUHU
KALSINASI 500 °C**

SKRIPSI

Oleh

NUR FIKARIMAH



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS GUGUS FUNGSI, STRUKTUR MIKRO, DAN KOMPOSISI NANOKOMPOSIT PERAK SILIKA (Ag/SiO₂) BERBASIS SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE SOL GEL PADA SUHU KALSINASI 500 °C

Oleh

NUR FIKARIMAH

Penelitian mengenai sintesis komposit perak silika (Ag/SiO₂) berbasis silika sekam padi telah berhasil dilakukan. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana proses sintesis komposit dengan menggunakan metode sol gel, mengetahui gugus fungsi, struktur mikro dan komposisi komposit Ag/SiO₂. Sintesis komposit Ag/SiO₂ dilakukan dengan menggunakan metode sol gel, dengan menginjeksi larutan nanopartikel perak kedalam sol silika dan di-*stirrer* selama 3 jam. Selanjutnya diinjeksi dengan HNO₃ 10% hingga pH menjadi netral dan di-*aging* selama 24 jam, kemudian dicuci dengan aquades panas dan dikeringkan pada suhu 150 °C. Padatan yang diperoleh dihaluskan dan disaring dengan ukuran 250 *mesh* dan dikalsinasi pada suhu 500 °C. Karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR diperoleh hasil yang menunjukkan terdapat ikatan Si-O-Si yang menunjukkan adanya silika dan gugus fungsi Ag-O yang menunjukkan kehadiran perak. Untuk hasil karakterisasi struktur mikro menggunakan SEM menunjukkan bahwa sampel berbentuk seperti serpihan batu tajam dan terlihat adanya butiran-butiran kecil (*granula*) dengan ukuran dan bentuk partikel berbeda beda. Hasil analisis komposisi senyawa pada Ag/SiO₂ dengan menggunakan EDX menunjukkan adanya komposisi Si sebesar 39,51 % dan Ag sebesar 2,58 %.

Kata kunci: Ag/SiO₂, AgNO₃, silika sekam padi, gugus fungsi, struktur mikro dan komposisi.

ABSTRACT

ANALYSIS OF FUNCTIONAL GROUP, MICRO STRUCTURE, AND COMPOSITION OF SILICA NANOCOMPOSITE (Ag/SiO₂) BASED ON RICE HUSK SILICA USING SOL GEL METHOD AT CALCINATION TEMPERATURE OF 500 °C

By

NUR FIKARIMAH

Research on the synthesis of silver silica (Ag/SiO₂) composites based on rice husk silica, has been successfully carried out. The purpose of this research is to find out how the process of composite synthesis using the sol gel method, knowing the functional groups, microstructure and composition of the Ag/SiO₂ composite. Synthesis of the Ag/SiO₂ composite was carried out using the sol gel method, by injecting a solution of silver nanoparticles into the silica sol and stirring for 3 hours. Then it was injected with 10% HNO₃ until the pH became neutral and aged for 24 hours, then washed with hot distilled water and dried at 150 °C. The solid obtained was pulverized and filtered to a size of 250 mesh and calcined at 500 °C. Characterization of the functional groups using FTIR showed that there were Si-O-Si bonds indicating the presence of silica and the Ag-O functional group indicating the presence of silver. The results of microstructural characterization using SEM showed that the sample was shaped like a sharp flake and there were visible small grains (granules) with different particle sizes and shapes. The results of the analysis of the compound composition on Ag/SiO₂ using EDX showed that there was a Si composition of 39,51% and Ag of 2,58 %.

Keywords: Ag/SiO₂, AgNO₃, rice husk silica, functional groups, microstructure and composition.

**ANALISIS GUGUS FUNGSI, STRUKTUR MIKRO, DAN KOMPOSISI
NANOKOMPOSIT PERAK SILIKA (Ag/SiO₂) BERBASIS SILIKA
SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE SOL GEL PADA SUHU
KALSINASI 500 °C**

Oleh

NUR FIKARIMAH

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS**

**Pada Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MAREMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: **ANALISIS GUGUS FUNGSI, STRUKTUR MIKRO, DAN KOMPOSISI NANOKOMPOSIT PERAK SILIKA (Ag/SiO₂) BERBASIS SILIKA SEKAM PADI MENGGUNAKAN METODE SOL GEL PADA SUHU KALSINASI 500 °C**

Nama Mahasiswa

: **Nur Fikarimah**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1817041042**

Program Studi

: **Fisika**

Fakultas

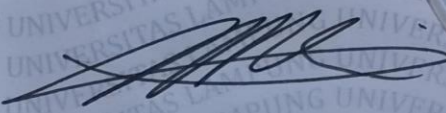
: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



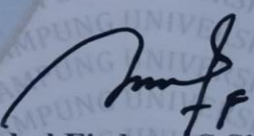
1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.

NIP. 198206182008121001


Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.

NIP. 199006162019031016

2. **Ketua Jurusan Fisika FMIPA**


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

NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

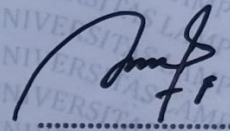
Ketua

: **Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**



Sekretaris

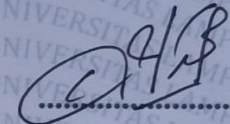
: **Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing


: **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP.197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **24 Oktober 2023**

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 hukuman yang berlaku.

Bandar Lampung, 24 Oktober 2023



Nur Fikarimah

NPM. 1817041042

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Nur Fikarimah, lahir pada tanggal 04 Oktober 1998 di Kabupaten Waykanan. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara pasangan Bapak Ahmad Yani dan Ibu Toyibah. Penulis memulai pendidikan di SD N 03 Gunung Katun dan lulus pada tahun 2011. Penulis kemudian menempuh pendidikan sekolah menengah di SMP N 02 Baradatu dan lulus pada tahun 2014.

Setelah itu, penulis melanjutkan masa pendidikannya di SMK N 01 Baradatu dengan kejuruan multimedia dan lulus pada tahun 2017. Selama menempuh pendidikan menengah kejuruan, penulis aktif dalam kegiatan Praja Muda Karana (Pramuka) dan Rohani Islam (ROHIS), SMK N 01 Baradatu.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN) dan menerima beasiswa bidikmisi. Selama menjadi mahasiswa, penulis tidak hanya menempuh pendidikan formal saja, penulis juga belajar memperbaiki bacaan Al-Qur'an di Markaz Qur'an Mandiri (MQM), menjadi santri di Rumah Qur'an Cendekia (RQC) tahun 2019-2020 dan santri di Rumah Peradaban Qur'ani (RPQ) tahun 2020-sekarang, selain fokus pada memperbaiki bacaan Al-Qur'an penulis juga aktif di organisasi dalam dan luar kampus.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Forum Generasi Qur'ani sebagai anggota dan tim media dan publikasi. Penulis pernah mengikuti karya wisata ilmiah (KWI) di Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur pada akhir

tahun 2018, kemudian pada tahun 2019 penulis aktif sebagai panitia pelaksana Karya Wisata Ilmiah di Tanjung Tirta, Kabupaten Lampung Timur. Selanjutnya pada tahun 2018-2019 mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang Komunikasi dan Informasi (KOMINFO), penulis juga aktif dalam organisasi Rohani Islam (ROIS FMIPA UNILA) sebagai anggota Informasi dan Komunikasi (INFOKOM), kemudian pada tahun 2019 penulis terpilih sebagai sekertaris koordinator pemilihan raya gubernur FMIPA (PEMIRA), dan pada tahun 2020 penulis aktif sebagai sekertaris komisi III Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM). Pada tahun 2021 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) putra-putri daerah di Desa Bhakti Negara, Kecamatan Baradatu, Kabupaten Waykanan. Kemudian ditahun yang sama penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Membuat Video Prosedur Percobaan Fisika Inti Dan Fisika Eksperimen” di laboratorium fisika materisl Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

MOTTO

“Bersama kesulitan ada kemudahan”
(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”
(Q.S. Al Baqarah : 286)

“Man shabara zhafira (Barang siapa yang bersabar, maka ia akan beruntung”
(Novel Negri 5 Menara oleh A.Fuadi)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan alhamdulillah rabbil'alamiin, karya ini kupersembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku:

Bapak Ahmad Yani dan Ibu Toyibah

Atas doa-doa terbaik yang selalu dipanjatkan tanpa henti serta segala upaya yang telah dilakukan untuk memberikan yang terbaik sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan S1 ini.

Kedua Kakak dan Adikku

Terima kasih atas segala doa dan dukungan moral dan materil yang telah diberikan sehingga dapat tetap bertahan dalam segala keadaan suka maupun duka

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala Rahmat, Taufik serta Hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Gugus Fungsi, Struktur Mikro, dan Komposisi Nanokomposit Perak Silika (Ag/SiO₂) Berbasis Silika Sekam Padi Menggunakan Metode Sol Gel Pada Suhu Kalsinasi 500 °C”** yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

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.

Bandar Lampung, Oktober 2023

Nur Fikarimah
1817041042

SANWACANA

Puji syukur atas karunia Allah SWT, karena atas berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “**Analisis Gugus Fungsi, Struktur Mikro, dan Komposisi Nanokomposit Perak Silika (Ag/SiO₂) Berbasis Silika Sekam Padi Menggunakan Metode Sol Gel Pada Suhu Kalsinasi 500 °C**” 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 sehingga membuat hasil karya ini menjadi lebih baik. Dengan segala kerendahan hati, penulis menghaturkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Pertama yang telah sabar dan banyak memberi bimbingan, arahan, nasehat, motivasi, serta ilmunya.
2. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah banyak memberikan saran dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.S.i., Ph.D. selaku Pembahas yang telah banyak memberikan pemahaman baru, kritik, dan saran yang membangun dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila.
6. Dr. Yanti Yulianti, S.Si, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Unila.
7. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.S.i., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Fisika atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh bangku perkuliahan.

9. Para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu penulis memenuhi kebutuhan administrasi dan lainnya selama menjadi mahasiswa fisika. B
10. Rekan seperjuangan penelitian Wiwin Sulistiani, Firmanda Fardony, Yessi Efridahniar, dan Syafiq Hari Putra atas kerjasamanya selama melaksanakan penelitian ini, saling memberi semangat dan selalu membantu dalam setiap kesempatan.
11. Sahabat secepat selama kurang lebih 4 tahun, Bella Fransiska, Umi dan Bapak atas semua doa dan motivasinya.
12. Semua keluarga besar sahabat langit di Rumah Peradaban Qurani atas semua doa-doa terbaiknya juga semangat-semangatnya.
13. Keluarga besa Rumah Qur'an Cendekia Akhwat yang telah menemani dari awal perkuliahan di Univesitas Lampung hingga membuat penulis betah dan dapat bertahan.
14. Umi Nisa dan Abi Samsuri atas semua arahan dan bimbingannya juga Musyrifah Kak Daffa dan Kak Rufa dan keluarga besar RumaQur'an Wasilaturrehmah Hidayatullah yang tak pernah bosan memberi semangat dan do'a terbaiknya juga telah membeikan kehangatan dalam persaudaraan.
15. Tim Pengelola RumaQuran Wahilaturrehmah Hidayatullah, Kak Tria, Kak Hikmawan, Kak Niken, Kak Dewa yang selalu memberikan keringanan dan kemudahan kepada saya.
16. Tim Management di Mentor Belajarku Kak Herwin, Mba Okta, Mba Septa yang selalu memotivasi, memudahkan dan memberi kelapangan untuk saya dan juga do'a terbaiknya.
17. Umi Masytoh, Ustadz Hasan, dan para Musyrifah di RPQ Mba Eka, Mba Fia, Mba Muntama, Mba Nova, Mba Puput, semoga Allah selalu berkahi semua ilmunya yang sudah diberikan kepada penulis.
18. Mba Ratu, Mba Nurul, Mba Rahma, Mba Fia, Mba Helen, dan juga Dika yang selalu memberikan semangat dan do'a-do'a nya.
19. Tim pengajar TPQ Yayasan Rumah Peadaban Qur'an yang telah memberikan kemudahan dan do'a terbaiknya.
20. Keluarga besar Forum Generasi Qur'ani atas semua do'a nya.

21. Keluarga besar ROIS FMIPA Unila yang telah memberikan kenyamanan dan ketenangan sehingga penulis mampu bertahan sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini.
22. Barisan Pelopor DPM FMIPA Unila 2021 atas semua kerecehan dan tetap selalu mendo'akan yang terbaik untuk penyelesaian skripsi ini.
23. Teman-teman Fisika 2018 atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.

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

Bandar Lampung, 24 Oktober 2023

Nur Fikarimah

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	v
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xx
DAFTAR TABEL	xxi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Perak.....	6
2.2 Perak Silika Ag/SiO ₂	7
2.3 Silika SiO ₂	7
2.1.1 Sumber Silika.....	9
2.1.2 Silika Sekam Padi	9
2.4 Sol Gel.....	10
2.5 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	11
2.6 <i>Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-Ray (SEM- EDX)</i>	14
III. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Prosedur Penelitian.....	17

3.3.1 Preparasi Sekam Padi.....	17
3.3.2 Preparasi Larutan Perak Nitrat.....	18
3.3.3 Pembentukan Nanokomposit Perak Silika (Ag/SiO ₂).....	19
3.4 Karakterisasi dan Analisis Data Sampel	20
3.4.1 Gugus Fungsionalitas.....	20
3.4.2 Morfologi dan Komposisi Sampel.....	20
3.5 Diagram Alir.....	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Hasil Sintesis Nanokomposit Ag/SiO ₂	22
4.1.1 Hasil Preparasi Sekam Padi	22
4.1.2 Hasil Preparasi Silika Sekam Padi.....	23
4.1.3 Hasil Sintesis Nanomaterial Ag/SiO ₂	24
4.2 Hasil Karakterisasi	26
4.2.1 Karakteristik Gugus Fungsi Komposit Perak Silika.....	26
4.2.2 Mikrostruktur dan Komposisi Komposit Perak Silika.....	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skematik prinsip kerja FTIR	12
Gambar 2.2 Spektrum FTIR perak silika (Ag/SiO ₂) dimodifikasi Ethyl Vinyl Acetate (EVA)	13
Gambar 3.1 Preparasi Sol Silika Sekam Padi	18
Gambar 3.2 Preparasi Larutan Nanopartikel Perak	18
Gambar 3.3 Pembuatan Nanokomposit Perak Silika Ag/SiO ₂	19
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Hasil sol silika dari sekam padi: (a) Sekam padi, (b) Sekam padi dengan larutan NaOH 5%, (c) Sekam padi yang dipanaskan, (d) Sol silika yang telah disaring	22
Gambar 4.2 Hasil larutan nanopartikel perak: (a) Larutan perak yang dipanaskan dan diaduk, (b) Larutan perak yang diinjeksi trisodium sitrat, (c) Hasil nanopartikel perak	24
Gambar 4.3 Hasil preparasi gel komposit Ag/SiO ₂ : (a) 50 mL sol silika, (b) 50 mL larutan nanopartikel perak, (c) Hasil sol Ag/SiO ₂ , (d) hasil gel Ag/SiO ₂	25
Gambar 4.4 Hasil preparasi komposit Ag/SiO ₂ : (a) Pencucian gel Ag/SiO ₂ , (b) Gel Ag/SiO ₂ yang telah dicuci, (c) Komposit Ag/SiO ₂ telah digerus, (d) Komposit Ag/SiO ₂ di sintering suhu 500 °C	25
Gambar 4.5 Hasil FTIR Ag/SiO ₂	27
Gambar 4.6 Hasil Mikrostruktur Komposit Ag/SiO ₂	29
Gambar 4.7 Hasil EDX Ag/SiO ₂	31

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam sintesis Ag/SiO ₂	16
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan dalam sintesis komposit Ag/SiO ₂	17
Tabel 3. 3 Alat-alat karakterisasi komposit Ag/SiO ₂	17
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Gugus Fungsi Ag/SiO ₂	29
Tabel 4. 2 Kandungan Ag/SiO ₂	31

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi menjadi salah satu bidang ilmu yang diminati oleh para peneliti, karena pengembangannya yang begitu luas. Pengembangan teknologi saat ini banyak berkembang dalam bidang nanopartikel. Nanopartikel dapat diaplikasikan secara luas seperti pada bidang industri kosmetik, kesehatan, keramik, elektronik, energi dan lain lain. Teknologi yang bersekala nano menjadi penelitian yang mampu menganalisis secara fisis maupun secara sifatnya sulit untuk diprediksi, hal ini disebabkan oleh adanya efek ukuran kuantum dan efek permukaan. Nanopartikel yang berkembang saat ini adalah nanoperak, karena nanopartikel perak telah diaplikasikan secara luas (Hidrawati *et al.*, 2016). Salah satu pengaplikasian nanopartikel perak dapat dimanfaatkan dalam bidang industri maupun dalam bidang kedokteran yaitu, sebagai anti bakteri, sebagai bahan antimikroba, dan digunakan untuk pengobatan infeksi (Hettiarachshi *et al.*, 2011; Pandian, 2010). Nanopartikel perak memiliki sifat yang berbeda secara substansial dengan bahan aslinya, seperti aktivitas antibakteri dari nanopartikel perak berbeda dengan koloid perak, dimana semakin kecil inti perak maka akan semakin tinggi aktivitas bakterinya (Magani *et al.*, 2020)

Terdapat beberapa metode untuk mensintesis nanopartikel perak, salah satunya adalah metode reduksi kimia (Yanti *et al.*, 2021), metode ini dipilih sebagai metode yang paling efektif untuk menghasilkan nanopartikel perak. Hal ini dikarenakan proses reduksi memiliki keunggulan dibanding proses lainnya. Metode ini mudah dilakukan, murah, menggunakan peralatan sederhana dan dapat digunakan dalam skala kecil. Secara umum, sintesis nanopartikel perak dengan metode reduksi kimia membutuhkan prekursor logam, zat pereduksi dan zat penstabil. Agen stabilisator diantaranya yaitu *polyvinyl pyrolidone* (PVP), *sodium*

deodecylsulphate (SDS) atau *polyvinyl alcohol* (Pratiwi and Taufikurohmah, 2017; Guzman *et al.*, 2009). Namun dapat merusak suatu zat dan juga biaya yang tinggi pada agen stabilisator tersebut, oleh karena itu diperlukan bahan tambahan untuk memaksimalkan penggunaan perak. Sehingga sintesis tanpa agen penstabil dapat menarik perhatian dimana penelitian sebelumnya yang menggunakan metode reduksi dengan perak nitrat (AgNO_3) sebagai perkursor dan pereduksinya trisodium sitrat ($\text{Na}_3\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_7$) yang sekaligus digunakan sebagai zat penstabil, sehingga dibutuhkan bahan tambahan untuk memaksimalkan penggunaan perak (Ariyanta, 2014; Sirajudin and Rahmanisa, 2016; Junaidi, 2017).

Salah satu material yang dapat digunakan untuk memaksimalkan penggunaan perak adalah silikon dioksida (SiO_2). Silika dianggap sebagai bahan dengan ketahanan panas dan ketahanan kimia yang tinggi (Pham *et al.*, 2014). Silika memiliki sifat stabilitas tinggi, fleksibilitas kimia dan biokompatibilitas yang baik (Sembiring and Karo-Karo, 2007). Selain itu, silika dianggap sebagai bahan yang murah karena banyak ditemukan di kulit dan daun tumbuhan. Misalnya dari ampas tebu (Affandi *et al.*, 2009), tongkol jagung (Wardhani, 2017) dan sekam padi (Simanjuntak *et al.*, 2016). Perak silika diharapkan menjadi salah satu manfaat yang paling menjanjikan sehingga cocok untuk bahan anti bakteri dan bakterisida (Wysockrol *et al.*, 2018).

Selain itu, material silika yang dikenal sebagai struktur berpori, dapat mengabsorpsi berbagai ion dan molekul organik dengan mudah di pori-pori dan permukaannya. Karena itu, diharapkan menjadi salah satu bahan pendukung yang cocok untuk memaksimalkan penggunaan perak (Jia *et al.*, 2008). Ada banyak metode yang digunakan untuk membuat nanokomposit salah satunya adalah metode sol gel (Pham *et al.*, 2014). Metode sol gel dikenal sebagai metode yang cukup mudah dan sederhana karena sintesis dilakukan pada suhu rendah dan dapat menghasilkan material dengan kemurnian tinggi serta homogen. Beberapa penelitian mengenai nanokomposit perak silika (Ag/SiO_2) telah dilakukan seperti Kim *et al.*, (2008) menghasilkan nanopartikel perak yang terbentuk secara homogen pada permukaan nanopartikel silika tanpa mengalami agresi dan

menunjukkan kemampuan yang sangat baik untuk bahan antibakteri. Kemudian dalam penelitian lain telah dilakukan sintesis nanokomposit perak silika berbasis TEOS (*tetraethyl orthosilicate*) dengan menggunakan metode sol gel dengan memvariasikan perlakuan termal sintering dari suhu 300 °C sampai suhu 1.000 °C yang kemudian diaplikasikan sebagai bahan antibakteri (Pham *et al.*, 2014). Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nanopartikel perak terdistribusi relatif homogen diseluruh jaringan silika amorf dengan ukuran berkisar 20-40 nm setelah dilakukan perlakuan sintering pada suhu 500 °C. Nanokomposit perak silika juga telah berhasil dilakukan pada penelitian (Dudek *et al.*, 2017). Komposit perak silika diberi perlakuan termal hingga suhu 1.200 °C dan hasil mengungkapkan struktur komposit perak silika stabil hingga suhu 1.000 °C. Spektroskopi IR mengkonfirmasi kehadiran dominan fasa amorf dalam komposit dan perak tertanam dalam matriks silika. Selain itu, sebagian besar kandungan perak ditemukan menurun di atas 1.060 °C, sedangkan di atas 1.110 °C perak dalam sampel tidak lagi terdeteksi dalam sampel.

Dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa untuk mempertahankan partikel perak dalam komposit, maka perlakuan panas tidak boleh melebihi suhu 1.000 °C. Pada penelitian Sembiring *et al.* (2022) telah berhasil menyintesis komposit perak silika sekam padi dan menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kosentrasi Ag, maka akan berpengaruh pada distribusi ukuran partikel komposit perak silika. Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian ini akan dilakukan sintesis partikel perak dengan menggunakan metode reduksi kimia dengan AgNO₃ sebagai logam prekursor dan Na₃C₅H₆O₇ yang digunakan sebagai zat pereduksi sekaligus zat penstabil yang kemudian digabungkan dengan silika dari sekam padi yang berfungsi sebagai matriks dengan menggunakan metode sol gel.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi perlakuan termal sintering dengan suhu 500 °C. Untuk menganalisis struktur mikro, gugus fungsi dan komposisi kimia nanopartikel perak silika, maka penelitian ini dilakukan dengan mengkarakterisasi sampel dengan FTIR dan SEM-EDX.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana proses dalam mensintesis perak silika dengan menggunakan metode sol gel?
- b. Bagaimana komposisi kimia yang terdapat pada nanokomposit perak silika yang terbentuk pada suhu 500 °C?
- c. Bagaimana gugus fungsi nanokomposit perak silika yang terbentuk pada suhu 500 °C?
- d. Bagaimana mikrostruktur nanokomposit perak silika yang terbentuk pada suhu 500 °C?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui proses dalam mensintesis perak silika dengan menggunakan metode sol gel.
- b. Mengetahui komposisi kimia yang terdapat pada nanokomposit perak silika yang terbentuk pada suhu 500 °C.
- c. Mengetahui gugus fungsi nanokomposit perak silika yang terbentuk pada suhu 500 °C.
- d. Mengetahui mikrostruktur nanokomposit perak silika yang terbentuk pada suhu 500 °C.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sekam padi yang digunakan berasal dari kecamatan Natar, Lampung Selatan
- b. Silika yang digunakan berasal dari sekam padi yang diekstraksi dengan metode sol gel
- c. Menggunakan pelarut natrium hidroksida (NaOH) dan asam nitrat (HNO₃)
- d. Perak AgNO₃ yang digunakan dengan konsentrasi 8mM dengan zat pereduksi yaitu trisodium sitrat (Na₃C₅H₆O₇)
- e. Temperature thermal sintering yang digunakan adalah 500 °C

- f. Analisis gugus fungsi, mikro struktur serta komposisi nanokomposit perak silika yaitu menggunakan FTIR dan SEM-EDX.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- a. Memanfaatkan limbah sekam padi sebagai salah satu sumber penghasil silika
- b. Sebagai bahan referensi tambahan di jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- c. Memberikan pengetahuan bagi penulis dalam studi perlakuan termal perak silika pada suhu 500 °C terhadap gugus fungsi, struktur, dan komposisi dari senyawa yang terbentuk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perak

Perak (Argentium, Ag) adalah unsur kimia golongan IB termasuk dalam golongan logam mulia dan logam transisi lunak, berwarna putih, bernomor atom 47 dan massa atomnya 107,87. Logam perak bersifat reaktif seperti memiliki konduktivitas listrik, konduktivitas termal, dan reflektivitas tertinggi di antara logam lainnya dan memiliki titik lebur pada suhu $960,8^{\circ}\text{C}$ dan dapat larut dalam asam nitrat (HNO_3) pekat dan asam sulfat panas (Abdillah., *et al* 2022). Perak murni memiliki wana putih yang terang, mengkilap, lunak dan dapat ditempa. Konduktivitas termal dan resistensi yang sangat kecil, konfigurasi elektron perak yaitu $[\text{Kr}] 4d^{10}, 5s^1$. Perak sering digunakan karena sifatnya yang stabil terhadap cahaya dan dapat dimanfaatkan dalam bidang industri maupun dalam bidang kedokteran sebagai agen anti bakteri (Maharani *et al.*, 2019).

Perak nitrat merupakan senyawa anorganik yang tidak memiliki aroma, memiliki bentuk kristal transparan dengan rumus kimia AgNO_3 dan mudah larut dalam air, aseton dan alkohol (Addiin and Yamtinah, 2016). Senyawa perak nitrat merupakan senyawa logam yang berasal dari logam perak (Ag) yang direaksikan dengan larutan asam nitrat pekat (Vogel, 1990). Jenis-jenis senyawa dari perak yaitu, Perak Nitrat (AgNO_3), Perak Bromida (AgBr), Perak nikel (CuNiZn), dan Perak Sianida (AgCn). Dari beberapa senyawa yang terkandung dalam perak tersebut, perak nitrat merupakan salah satu senyawa yang paling sering digunakan karena relatif stabil terhadap cahaya sehingga dapat larut dalam air dan dapat dimanfaatkan dalam bidang industri dan kedokteran sebagai bahan anti bakteri (Hettiarachshi *et al.*, 2011).

2.2 Perak Silika Ag/SiO₂

Material komposit Ag/SiO₂ telah banyak dikenal dengan sifatnya yang tahan panas dan kimia yang tinggi. Agar dapat mempertahankan kereaktifannya secara maksimal, maka silika yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan pelindung Ag dari lingkungan. Telah banyak yang menggunakan perak untuk ditambahkan ke dalam berbagai material inorganik seperti SiO₂ (Nilawati *et al.*, 2021). Penelitian mengenai Ag/SiO₂ telah dilakukan, Qin *et al.* (2017) telah mensintesis Ag/SiO₂ dengan bahan AgNO₃ dan TEOS dengan menggunakan metode sol gel. Nanopartikel perak diperoleh dengan metode reduksi kimia dengan trisodium sitrat sebagai zat pereduksi pada suhu 95 °C. Hasil penelitian yaitu waktu optimum sintesis nanopartikel perak selama 20 menit dengan ukuran 13,5 nm. Puncak absorbansi nanopartikel perak muncul pada sekitar 450 nm. Penelitian Dudek *et al.* (2017) menjelaskan sebagian besar kandungan perak ditemukan menurun di atas suhu 1.060 °C, sedangkan perak di atas suhu 1.110 °C dalam sampel tidak lagi terdeteksi.

2.3 Silika (SiO₂)

Silika adalah senyawa silikon dan oksigen yang rumus molekulnya adalah SiO₂. Silika merupakan senyawa kimia SiO₂ yang banyak digunakan karena silika memiliki sifat yang telah terbukti seperti stabilitas tinggi, fleksibilitas kimia dan biokompatibilitas yang baik. Silika juga menarik perhatian pada pengembangan skala nano. Dalam penelitian (Ghorbani *et al.*, 2013), silika berukuran nano memiliki luas permukaan yang besar, tinggi dan memiliki ukuran pori yang relatif besar. Silika banyak digunakan dalam berbagai bidang, antara lain sebagai bahan baku keramik (Sembiring and Karo-Karo, 2007), katalis (Liu *et al.*, 2016) dan bahan pendukung katalis (Ewing *et al.*, 2016). Perak silika mulai banyak dipelajari dan dikembangkan karena memiliki potensi yang dapat diaplikasikan diberbagai bidang diantaranya, sensor (Jean *et al.*, 2010), katalis (Adam *et al.*, 2008), adsorben (Das *et al.*, 2013), antibakteri/antimikroba (Qin *et al.*, 2017). Menurut Kim *et al.* (2007) dengan menambahkan silika sebagai matriks dapat meningkatkan kemampuan antibakteri dan menghindari agresi nanopartikel perak. Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh (Kim *et al.*, 2007) tersebut

menunjukkan hasil bahwa nanopartikel perak terbentuk secara homogen pada permukaan nanopartikel silika tanpa mengalami agresi dan menunjukkan kemampuan sebagai bahan anti bakteri dengan sangat baik. Selanjutnya pada penelitian (Adam *et al.*, 2008), silika telah berhasil diekstraksi dari sekam padi, yang kemudian ion perak dimasukkan ke dalam matriks silika. Padatan yang dihasilkan memiliki pori-pori yang sempit pada daerah 3-4 nm. Padatan terkalsinasi dengan suhu 500 °C ditemukan menjadi katalis yang baik.

Silika dapat diperoleh dari beberapa macam yaitu dari silika mineral, sintesis dan nabati. Senyawa yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung Kristal-kristal silika (SiO₂) termasuk ke dalam silika mineral (Bragman *et al.*, 2006). Silika yang disintesis dengan menggunakan perkursor alkoksida, tetrafungsional dengan asam dan basa sebagai alkalisnya merupakan sumber dari silika sintesis. Sintesis silika yang paling sering ditemukan menggunakan perkursor mineral logam alkoksida berupa *tetraethyl orthosilicate* (TEOS, Si (OC₂H₅)₄) dan *trimethyl orthosilicate* (TMOS, Si (OCH₃)₃) (Brinker and Scherer, 1990). Sedangkan silika yang bersumber dari tumbuhan seperti abu sabut kelapa disebut juga sebagai silika nabati (Yusrin *et al.*, 2014), abu daun bambu (Siregar, 2017), abu dari cangkang kelapa sawit (Karimullah *et al.*, 2018), abu dasar (*bottom ash*) (Nur'aini, 2012), abu dari tongkol jagung (Wardhani, 2017) dan abu dari sekam padi (Suka *et al.*, 2008).

Silika nabati yang dihasilkan dari sekam padi memiliki lebih banyak keunggulan daripada silika sintesis dan silika mineral, yaitu butiran halus, lebih reaktif (Agung *et al.*, 2013) dapat diperoleh dengan cara yang mudah, biaya yang cukup murah, dan banyak di jumpai di setiap penggilingan padi serta dapat diperbaharui (Galang *et al.*, 2013). Telah banyak penelitian silika yang bersumber dari sekam padi diantaranya yaitu Soeswanto dan Lintang, (2011); Simanjuntak *et al.*, (2016); dan Suka *et al.*, (2008). Banyak peneliti yang sudah melakukan tersebut karena potensi sekam padi yang memiliki kemurnian silika yang cukup tinggi yaitu 90% hingga 99% setelah dilakukan pembakaran sempurna (Sembiring and karo-karo, 2007; Agung *et al.*, 2013; and Bakar *et al.*, 2016). Silika sekam padi dapat diperoleh

dengan 2 metode yaitu metode ekstraksi alkalis dan pengabuan. Metode ekstraksi didasarkan pada kelarutan silika amorf dalam larutan alkalis seperti kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH), dan pengendapan silika yang terlarut dalam asam seperti, asam klorida (HCL), asam nitrat (HNO_3) (Sembiring *and* Simanjuntak, 2015). Metode ekstraksi memiliki keuntungan yaitu silika yang diperoleh bersifat amorf dan porous dengan tingkat kemurnian yang tinggi, yakni sekitar 95%. Karakteristik silika sekam padi yang diperoleh dengan metode ekstraksi mempunyai fasa amorf tanpa sintering. Pada suhu $750\text{ }^\circ\text{C}$ terjadi perubahan dari struktur fasa amorf ke kristal dan dengan meningkatnya suhu sintering $1.050\text{ }^\circ\text{C}$ mengakibatkan transformasi amorf membentuk fasa kristal kristobalit dan tridimit. Selain itu, karakteristik termal silika sekam padi menunjukkan peningkatan stabilitas termal, dan pembentukan fasa kristobalit, tridimit meningkat seiring dengan naiknya suhu sintering (Sembiring *and* Karo-Karo, 2007).

2.4 Sol Gel

Proses sol gel merupakan sebuah proses yang dapat membentuk sebuah senyawa organik melalui reaksi kimia dalam sebuah larutan pada suhu rendah, yang mana pada proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) menjadi fasa cair kontinyu (gel). Jika metode pengabuan didasarkan pada pembentukan kristalinitas silika dengan perlakuan panas, berbeda dengan metode alkalis didasarkan pada sifat kelarutan silika yang tinggi dalam basa sehingga silika dapat diperoleh dalam bentuk sol dan mudah dimanfaatkan menggunakan proses sol gel (Sembiring *and* Simanjuntak, 2015). Metode sol gel memiliki beberapa keunggulan diantaranya yaitu, memiliki kemurnian tinggi, ultra homogenitas lebih baik, dapat mengontrol struktur morfologi (ukuran dan porositas), dilakukan sintesis pada suhu rendah, hemat energi, pencemaran rendah, serta tidak membutuhkan peralatan yang khusus dan mahal. Selain itu metode sol gel juga memiliki kelemahan diantaranya yaitu, harga material proses cukup mahal, penyusutan gel basah pada proses pengeringan, menggunakan pelarut organik yang berbahaya untuk kesehatan dan lingkungan, serta waktu pemrosesan yang cukup lama. Metode sol-gel memiliki beberapa tahapan diantaranya:

a) Hidrolisis

Pada tahap ini logam prekursor (alkoksida) dilarutkan dalam alkohol dan terhidrolisis dengan penambahan air pada kondisi asam, netral, atau basa menghasilkan sol koloid. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap proses hidrolisis adalah rasio air terhadap prekursor dan jenis katalis hidrolisis yang digunakan. Peningkatan rasio pelarut/prekursor akan meningkatkan reaksi hidrolisis yang mengakibatkan reaksi berlangsung cepat sehingga waktu gelasi lebih cepat. Katalis yang digunakan pada proses hidrolisis adalah jenis katalis asam atau katalis basa, namun proses hidrolisis juga dapat berlangsung tanpa menggunakan katalis (Danks *et al.*, 2016). Katalis membuat proses hidrolisis berlangsung lebih cepat dan konversi menjadi lebih tinggi.

b) Kondensasi

Kondensasi adalah proses transisi dari sol menjadi gel. Reaksi kondensasi melibatkan ligan hidroksil untuk menghasilkan polimer dengan ikatan M-O-M. Pada berbagai kasus, reaksi ini juga menghasilkan produk samping berupa air atau alkohol.

c) Pematangan (*aging*)

Setelah reaksi hidrolisis dan kondensasi, dilanjutkan dengan proses pematangan gel yang terbentuk. Proses ini lebih dikenal dengan proses *aging*. Pada proses pematangan ini, terjadi reaksi pembentukan jaringan gel yang lebih kaku, kuat, dan menyusut di dalam larutan.

Simanjuntak *et al* (2016) menyatakan bahwa dalam sintesis silika gel melalui proses sol gel dengan larutan NaOH akan menjadi natrium silikat dan menggunakan HNO₃ 10% untuk mendapatkan sol silika, sol silika tersebut dalam kondisi netral dan menjadi silka gel.

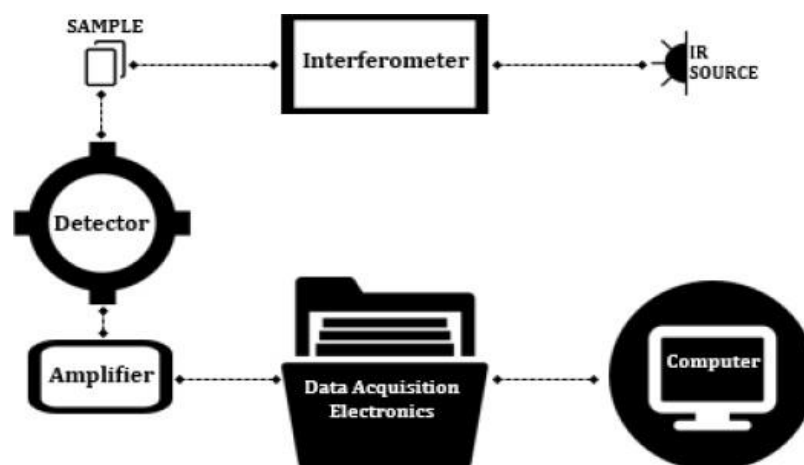
d) Pengeringan

Tahapan terakhir adalah proses penguapan larutan dan cairan yang tidak digunakan untuk mendapatkan struktur sol gel yang memiliki luas permukaan yang tinggi (Widyaningsih, 2008).

2.5 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektroskopi inframerah merupakan teknik karakterisasi material yang bertujuan untuk menganalisis susunan gugus fungsional yang terdapat pada sampel uji dengan mengidentifikasi campuran senyawa ikatan kimia serta komponen kandungan organik (Nandiyanto *et al.*, 2019). Sampel yang digunakan untuk pengujian FTIR dapat berupa bentuk cairan, larutan, pasta, serbuk, film, serat, dan gas. Sampel uji dianalisis melalui radiasi inframerah yang akan berdampak pada getaran molekul dan menghasilkan penyerapan transmisi energi spesifik. Prinsip kerja spektroskopi FTIR yaitu berupa radiasi inframerah melewati celah sampel uji, kemudian sampel menyerap sebagian radiasi inframerah dan sisanya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar inframerah lolos menuju detektor dan keluaran sinyal berupa spektrum yang dikirim menuju komputer (Thermo, 2001).

Teknik spektroskopi FTIR menggunakan pengaruh dari interaksi radiasi elektromagnetik inframerah yang berada dalam panjang gelombang 2,5-50 μm atau pada bilangan gelombang 4.000-200 cm^{-1} dalam menentukan struktur atom atau molekul dan substansi level energinya (Munajad *et al.*, 2018). Interaksi radiasi elektromagnetik dengan substansi dapat berupa penyerapan (absorpsi), pemancaran (transmisi), pemantulan (refleksi), penyebaran (scattered), atau fotoluminasi yang dapat menyediakan informasi penting dari struktur molekul dan perubahan level energi (Bakar *et al.*, 2016).



Gambar 2.1 Skema prinsip kerja spektroskopi FTIR (Munajad *et al.*, 2018).

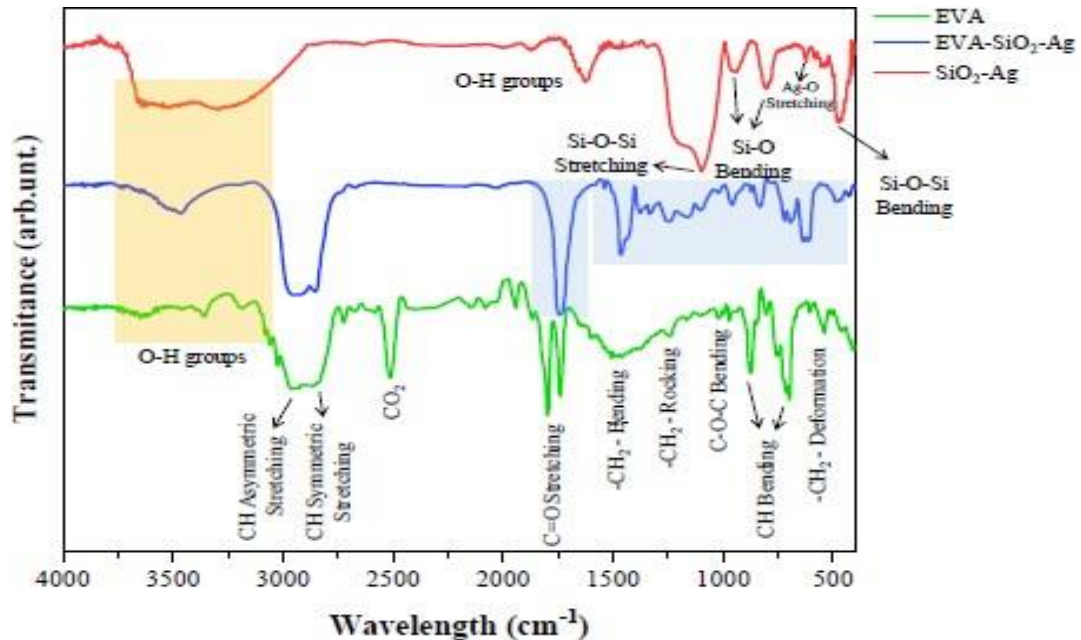
Spektrometer FTIR dilengkapi interferometer (terdiri dari *beam splitter* dan 2 buah cermin datar (cermin bergerak dan cermin tetap). *Beam splitter* digunakan untuk memecah dan menyatukan kembali berkas sinar karena sifatnya dapat meneruskan (transmisi) dan memantulkan (refleksi). Hasil penggabungan 2 berkas sinar akan terjadi interferensi gelombang cahaya dengan memvariasikan jarak tempuh sinar dengan mengubah posisi cermin bergerak menjauh dan mendekat. Teknik spektrometer yaitu mengumpulkan spektrum inframerah yang berupa gelombang cahaya monokromatik (gelombang tunggal). Pada saat cahaya terkumpul, terjadi pencatatan jumlah energi yang diserap dan menyebabkan kenaikan amplitudo getaran (vibrasi) atom-atom yang terikat pada molekul dan keadaan vibrasi tereksitasi dan menghasilkan spektrum yang besarnya penyerapan dan transmitansi dapat mencirikan gugus fungsi dari molekul tersebut (Setiabudi *et al.*, 2012)

Spektrum yang dihasilkan oleh FTIR berupa penyerapan (absorpsi) berbanding terhadap bilangan gelombang atau transmisi berbanding dengan bilangan gelombang. Secara umum, vibrasi molekular terbagi dalam dua jenis yaitu vibrasi ulur dan vibrasi tekuk. Vibrasi ulur merupakan jenis vibrasi yang dicirikan dengan perubahan panjang ikatan antar atom sedangkan perubahan pada vibrasi tekuk terletak pada sudut ikatan antar atomnya (Berthomieu *and* Hienerwadel, 2009). Spektrum inframerah dibagi menjadi 3 wilayah bilangan gelombang yaitu spektrum dekat ($13.000-4.000\text{ cm}^{-1}$), spektrum menengah ($4.000-400\text{ cm}^{-1}$) dan spektrum jauh ($<400\text{ cm}^{-1}$). Wilayah spektrum inframerah yang banyak digunakan untuk analisis biasanya adalah bagian tengah yang dibagi menjadi 4 wilayah yaitu (Nandiyanto *et al.*, 2019):

- a. Daerah ikatan tunggal ($4.000-2500\text{ cm}^{-1}$) mengidentifikasi ikatan hidrogen seperti hidrat (H_2O), hidroksil ($-\text{OH}$), ammonium atau amina.
- b. Daerah ikatan rangkap tiga ($2.500-2.000\text{ cm}^{-1}$) mengidentifikasi ikatan karbon-karbon alkuna ($\text{C}\equiv\text{C}$).
- c. Daerah ikatan rangkap ($2.000-1.500\text{ cm}^{-1}$) mengidentifikasi ikatan karbon-karbon ($\text{C}=\text{C}$), karbon-nitrogen ($\text{C}=\text{N}$) dan nitrogen-nitrogen ($\text{N}=\text{N}$).
- d. Daerah sidik jari ($1.500-600\text{ cm}^{-1}$) mengidentifikasi ikatan gabungan

hidrokarbon *vinyl* seperti ($-\text{CH}=\text{CH}_2$), ($\text{CH}=\text{CH}$), ($\text{C}=\text{CH}_2$).

Berikut adalah contoh keluaran spektrum komposit perak silika dari karakterisasi FTIR yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Spektrum FTIR perak silika (Ag/SiO_2) dimodifikasi *ethyl vinyl acetate* atau EVA (Assis dkk., 2021).

Gambar 2.2 merupakan spektrum FTIR dari penelitian yang dilakukan oleh Assis *et al.*, (2021) menggunakan bilangan gelombang wilayah tengah ($4.000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$). Spektrum berwarna merah merupakan gugus yang dihasilkan oleh komposit perak silika. Pada 3.400 cm^{-1} dan 1.627 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan gugus O-H dari air dan membentuk gugus silanol (Si-OH). Wilayah 1.100 cm^{-1} dan 475 cm^{-1} terbentuk gugus siloksan (Si-O-Si), wilayah 950 cm^{-1} dan 845 cm^{-1} mengidentifikasi adanya gugus silika (O-Si-O), serta wilayah 552 cm^{-1} mengidentifikasi adanya ikatan gugus perak oksida (Ag-O) dan menunjukkan kehadiran gugus perak di dalam perak silika ($\text{SiO}_2\text{-Ag}$). Spektrum berwarna hijau menunjukkan spektrum *ethyl vinyl acetate* (EVA) gugus fungsi yang terlihat mengidentifikasi adanya gugus *vinyl* (CH_2 , CH dan C-O-C) pada rentang 500 hingga 1.500 cm^{-1} dan gugus karbonil (C=O) pada rentang $1.739\text{-}1.801\text{ cm}^{-1}$. Spektrum berwarna biru merupakan hasil gabungan *ethyl vinyl* dan perak silika yang menunjukkan perubahan letak bilangan gelombang gugus karbonil (C=O) akibat vibrasi silika (SiO_2).

2.6 Scanning Elektron Microscope & Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan bagian dari seperangkat alat instrumen yang digunakan untuk mempelajari mikrostruktur permukaan secara langsung dari bahan atau sampel padat seperti keramik, logam dan komposit, yang diamati secara tiga dimensi. SEM merupakan alat instrumen yang terdiri dari sumber elektron yang ditembakkan, tiga lensa elektrostatik dan kumparan scan elektromagnetik yang terletak di antara lensa kedua dan ketiga serta tabung foto multiplier untuk mendeteksi cahaya pada layar scanner ke TV (Gunawan *and* Azhari, 2010).

Prinsip kerja SEM adalah sumber elektron dari filament yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Jika elektron tersebut berinteraksi dengan bahan (specimen) maka akan menghasilkan elektron sekunder dan sinar-X karakteristik. Akibat interaksi tersebut sebagian besar berkas elektron berhasil keluar kembali, elektron-elektron tersebut disebut sebagai *Backscattered Electrons* (BSE), sebagian kecil elektron masuk ke dalam bahan kemudian memindahkan sebagian besar energi pada elektron atom sehingga terpental ke luar permukaan bahan, yaitu *Secondary Electrons* (SE). *Scanning* pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur *scanning* generator dan *scanning coils* Pembentukan elektron-elektron sekunder selalu diikuti proses munculnya X-Ray yang karakteristik untuk setiap filamen. Elektron sekunder hasil elektron dengan permukaan specimen ditangkap oleh detektor Secondary Electron (SE) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (Sujatno *et al*, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2023 Sampai Maret 2023. Karakterisasi sampel komposit Ag/SiO₂ dengan FTIR dilakukan di *Greenlabs (Glabs) Office* Bandung dan SEM dilakukan di Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM-BATAN)

3.2 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian sintesis komposit perak silika (Ag/SiO₂) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan dalam sintesis komposit Ag/SiO₂.

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Sekam Padi	Sumber silika (SiO ₂)
2.	Perak Nitrat (AgNO ₃) Merck 99%	Perkusor sintesis partikel perak
3.	Natrium Hidroksida (NaOH) Chemical Product 90%	Melarutkan silika pada sekam padi
4.	Asam Nitrat (HNO ₃) Chemical Product 68%	Mengubah pH campuran larutan Sol silika dan perak nitrat
5.	Trisodium Sitrat (Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇)	Pereduktor perak nitrat Melarutkan perkusor
6.	Air destilasi/Aquadest (H ₂ O)	Melarutkan perkusor

Tabel 3.2. Alat yang digunakan dalam sintesis komposit Ag/SiO₂.

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Gelas Beker	Menampung larutan,
2.	Spatula kaca dan besi	Mengaduk larutan dengan campuran perkusor
3.	Gelas ukur	Mengukur jumlah volume larutan
4.	Labu Erlenmeyer	Menampung larutan sol silika
5.	Corong	Membantu memasukkan larutan ke dalam Erlenmeyer
6.	Timbangan digital	Menimbang massa bahan
7.	Termometer digital	Mengukur suhu larutan
8.	Kompur listrik	Memanaskan sekam padi dan larutan
9.	Magnetic stirrer	Mengaduk larutan agar homogeny
10.	pH meter	Mengukur PH larutan
11.	Kertas saring	Menyaring sol dan gel komposit perak silika
12.	Plastik wrap	Menutupi larutan agar tak terkontaminasi kotoran
13.	Alumunium foil	Alas untuk mengeringkan gel
14.	Oven	Mengeringkan gel
15.	Mortar dan alu	Menghaluskan gel yang sudah kering
16.	Ayakan 200 mesh	Menyaring serbuk komposit perak silika
17.	Baskom	Wadah untuk mencuci gel komposit perak silika
18.	Tisu	Membersihkan sisa-sisa larutan yang menempel.

Tabel 3.3 Alat Karakterisasi komposit Ag/SiO₂.

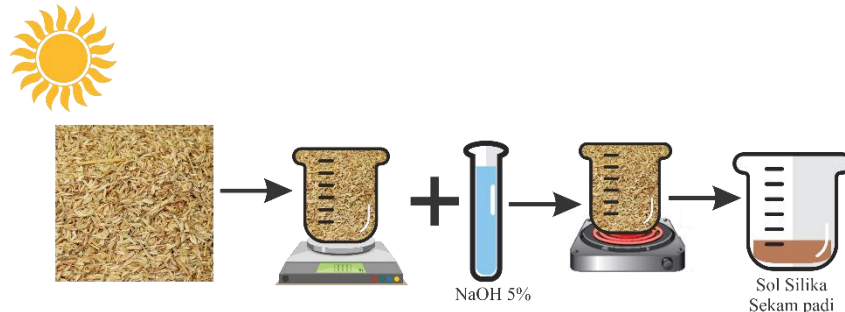
No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Bruker ALPHA II FTIR Spectrometer	Analisis fungsionalitas gugus fungsi
1.	SEM-EDX JEOL JSM-6510LA	Analisis struktur mikro dan komposisi

3.3 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan sintesis komposit Ag/SiO₂ dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

3.3.1 Preparasi Sol Silika Sekam Padi

Langkah dalam preparasi sol silika sekam padi melalui metode ekstraksi dapat dilihat Pada Gambar 3.1.

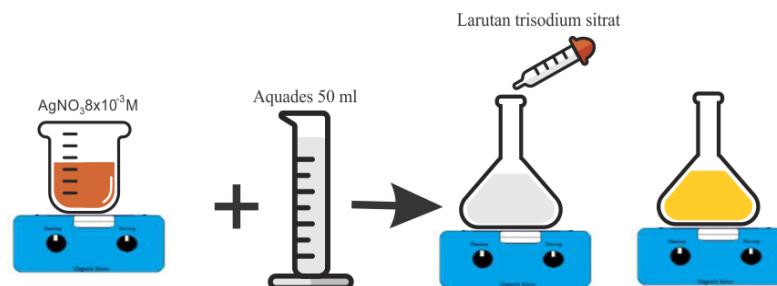


Gambar 3.1 Preparasi sol silika dari sekam padi

Prosedur yang dilakukan dalam preparasi sekam padi ini yaitu dengan mencuci dan merendam sekam padi dengan air bersih selama 1 jam, setelah sekam padi direndam selama 1 jam maka akan terlihat sekam padi yang mengapung dan tenggelam, maka selanjutnya memisahkan antara sekam padi yang mengapung dan melanjutkan proses untuk silika yang tenggelam, kemudian direndam dengan menggunakan air panas selama 6 jam lalu dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kering dan tidak berair lagi. Selanjutnya, sekam padi yang telah bersih direndam dalam larutan 5% NaOH dan dipanaskan selama 30 menit hingga mendidih, kemudian didinginkan pada suhu ruang dan disimpan selama 24 jam, lalu disaring dengan saringan untuk mendapatkan silika bentuk sol. Sol yang telah disaring digunakan sebagai bahan sol silika sebagai sumber silika.

3.3.2 Preparasi Larutan Perak Nitrat

Preparasi nanopartikel perak menggunakan metode alkalis yang mengacu pada penelitian (Junaidi, 2017). Dapat dilihat Pada Gambar 3.2.

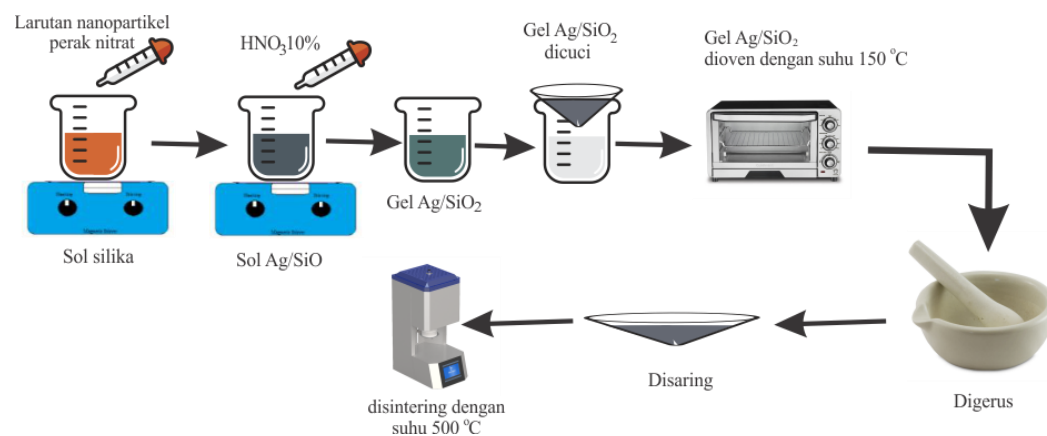


Gambar 3.2 Preparasi Larutan Nanopartikel Perak.

Perak nitrat (AgNO_3) dengan konsentrasi 0,008 M dilarutkan menggunakan aquadest sebanyak 50 ml, kemudian trisodium sitrat 0,064 M dilarutkan menggunakan aquadest 5 ml. Larutan perak nitrat (AgNO_3) di aduk menggunakan magnetic stirrer selama 20 menit sembari dipanaskan pada suhu $90\text{ }^\circ\text{C}$ dengan kecepatan 300 rpm. Selama larutan perak di stirer bersamaan dengan itu ditetesi larutan trisodium sitrat yang sudah di siapkan sampai habis, hingga sol perak berwarna kuning sebagai sumber perak.

3.3.3 Pembentukan Nanokomposit Perak Silika (Ag/SiO_2)

Pembentukan nanokomposit Ag/SiO_2 dilakukan dengan komposisi 1:1 cara membuat nanokomposit Ag/SiO_2 ini mengacu pada penelitian (Pham, 2014) yang disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pembuatan Nanokomposit Perak Silika Ag/SiO_2 .

Nanokomposit Ag/SiO_2 disintesis dengan mencampurkan sol silika 50 ml dengan 50 ml sol perak dalam *beaker glass* 500 ml. Kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 300 rpm kemudian meneteskan larutan HNO_3 hingga pH netral dan terbentuk gel.

Gel yang telah diperoleh, disaring dan dicuci menggunakan aquadest mendidih hingga air cucian gel berwarna putih bersih untuk menghilangkan pengotor. Lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam untuk menghilangkan kadar air yang kemudian membentuk padatan Ag/SiO_2 . Padatan yang diperoleh

dihaluskan dengan cara digerus dan disaring dengan ukuran 200 *mesh*. Serbuk Ag/SiO₂ yang telah disaring kemudian dikalsinasi dengan suhu 500 °C dan dihasilkan serbuk nano Ag/SiO₂. Serbuk nano komposit Ag/SiO₂ dikarakterisasi untuk mengetahui karakteristik material yang dihasilkan. Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengetahui pembentukan gugus fungsi nanokomposit Ag/SiO₂. Karakterisasi SEM, bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi, topografi permukaan serta distribusi dan ukuran partikel perak.

3.4 Karakterisasi dan Analisis Data Sampel

3.4.1 Gugus Fungsionalitas

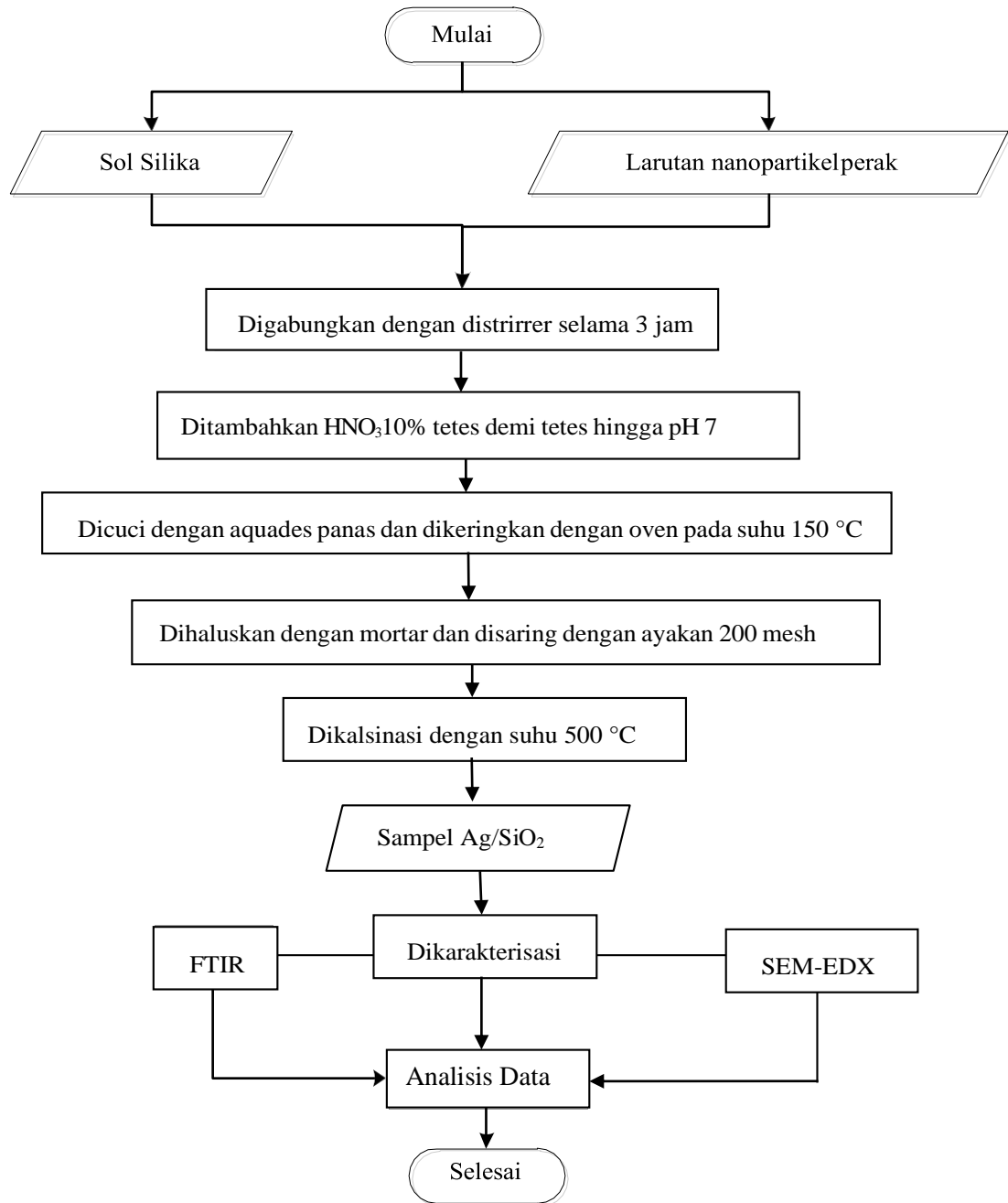
Karakteristik gugus fungsionalitas digunakan untuk mengidentifikasi campuran senyawa ikatan kimia serta komponen kandungan organik suatu material yang dapat dianalisis menggunakan FTIR. Karakterisasi menggunakan alat Bruker ALPHA II FTIR spectrometer dengan spektrum inframerah wilayah tengah rentang bilangan gelombang 500-4.000 cm⁻¹. Hasil karakterisasi dianalisis setiap gugus fungsinya dengan membandingkan hasil terhadap tabel bilangan gelombang dan gugus fungsi pada spektrum FTIR dari hasil penelitian sebelumnya.

3.4.2 Morfologi dan Komposisi Sampel

Pengujian morfologi sampel Ag/SiO₂ dilakukan dengan menggunakan SEM JEOL JSM-6510LA di Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju (PSTBM-BATAN). Sampel di uji menggunakan teknik *Secondary Electron* (SE) dengan perbesaran 200, 500, dan 10.000. Untuk analisis komposisi kimia dilakukan menggunakan EDX yang memiliki tingkat ketetapan hingga 0,1%.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Nanonkomposit Ag/SiO₂ menggunakan metode sol gel, dengan menginjeksi larutan nanopartikel perak kedalam sol silika dan di-*stirrer* selama 3 jam. Selanjutnya diinjeksi dengan HNO₃ 10% hingga pH menjadi netral dan di-*aging* selama 24 jam, lalu dicuci dengan aquades panas dan dikeringkan pada suhu 150 °C. Padatan yang diperoleh dihaluskan dan disaring dengan ukuran 200 *mesh* dan dikalsinasi pada suhu 500 °C menghasilkan serbuk berwarna putih gelap.
2. Hasil analisis FTIR, gugus fungsi pada pada Ag/SiO₂ yang dikalsinasi pada suhu 500 °C terdapat ikatan Si-O-Si yang menunjukkan adanya silika dan gugus fungsi Ag-O yang menunjukkan adanya kandungan perak pada sampel.
3. Hasil analisis menggunakan SEM menunjukkan struktur mikro sampel berbentuk seperti serpihan batu tajam dan terlihat adanya butiran- butiran kecil (*granula*) dengan ukuran dan bentuk partikel tidak beraturan.
4. Hasil analisis menggunakan EDX menunjukkan komposisi senyawa pada Ag/SiO₂ yakni Si sebesar 39,51% dan Ag sebesar 2,58%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka penulis menyarankan untuk melanjutkan penelitian dengan memberikan variasi terhadap suhu kalsinasi yang di pakai serta bagaimana aplikasi Ag/SiO₂ sebagai anti bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, H., Baharits, M., Abidin, R., & Biantoro, F. R. (2022). Sintesis Pernis Nanopartikel Perak Anti Mikroba dengan Bioreduktor Daun Kelor (*Moringa Olifera*). *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 2, 84–93.
- Adam, F., Ahmed, A. E., & Min, S. L. (2008). Silver Modified Porous Silica From Rice Husk and its Catalytic Potential. *Journal of Porous Materials*, 15(4), 433–444.
- Addin, I., dan S. Yamtinah. 2016. Pembuatan Perak Nitrat (AgNO_3) Teknis Dari Limbah Penyepuhan Perak. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains. Vol. 3, Hal. 429–438.
- Affandi, S., Setyawan, H., Winardi, S., Purwanto, A., & Balgis, R. (2009). A Facile Method For Production of High-Purity Silica Xerogels from Bagasse Ash. *Advanced Powder Technology*, 20(5), 468–472.
- Agung, G. F., Hanafie, M. R., & Mardina, P. 2013. Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH. *Konversi*, 2(1), 28–31.
- Apriandanu, D. O. B., Wahyuni, S., & Hadisaputro, S. (2013). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Metode Poliol dengan Agen Stabilisator Polivinilalkohol (PVA). *Jurnal MIPA*, 36(2), 157–168.
- Ariyanta, H. A. (2014). Preparasi Nanopartikel Perak Dengan Metode Reduksi Luka Infeksi Silver Nanoparticles Preparation by Reduction Method and its Application as Antibacterial for Cause of Wound Infection. *Jurnal MKMI*, 36–42
- Assis, M., L. G. P. Simoes., G. C. Tremiliosi., D. Coelho., D. T. Minozzi., R. I. Santos., D. C. B. Vilela., J. R. D. Santos., L. K. Ribeiro., I. L. V. Rosa. 2021. SiO_2 -Ag Composite as a Highly Virucidal Material: A Roadmap that Rapidly Eliminates SARS-CoV-2. *Nanomaterials*. Vol. 11, Hal 1-19.
- Azat, S., E. Arkhangelsky., T. Papathanasiou., A. A. Zorpas., A. Abirov., dan V. J. I. (2020). Synthesis of Biosource Silica-Ag Nanocomposite and Amalgamation Reaction with Mercury in Aqueous Solution. *Comptes Rendus Chimie*, Vol. 23, Hal. 77–92.
- Azmi, M. A., N. A. A. Ismail., M. Rizamarhaiza., W. M. Hasif. A. A. K., dan H.Taib. 2016. Characterisation of Silica Derived from Rice Husk (Muar,

- ohor, Malaysia) Decomposition at Different Temperatures. International Conference on Functional Materials and Metallurgy. Vol. 02005, Hal. 1–7.
- Bakar, R. A., Yahya, R. dan Gan, S. N. 2016. Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk. *Procedia Chemistry*. Vol. 19, Hal. 189–195
- Brinker, C. J., & Scherer, G. W. (1990). *The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*. Academic Press Limited. London
- Borthomieu, C., dan Hinerwadel, R. 2009. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Photosynth Research* . 101 : 157 – 170.
- Daifullah, A. A. M., Girgis, B. S., & Gad, H. M. H. (2003). Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans. *Materials Letters*, 57(11), 1723–1731.
- Danks, A. E., S. R. Hall, dan Z. Schnepf. 2016. The Evolution of Sol Gel Chemistry as a Technique For Materials Synthesis. *Material Horizons*, Vol. 3, No. 91, Hal. 91–112.
- Das, S. K., Khan, M. M. R., Parandhaman, T., Laffir, F., Guha, A. K., Sekaran, G., & Mandal, A. B. 2013. Nano-silica Fabricated with Silver Nanoparticles: Antifouling Adsorbent for Efficient Dye Removal, Effective Water Disinfection and Biofouling Control. *Nanoscale*, 5(12), 1–32.
- Dudek, K., Podwórny, J., Dulski, M., Nowak, A., & Peszke, J. (2017). X-ray Investigations Into Silica/Silver Nanocomposite. *Powder Diffraction*, 32(1), 1–5.
- Duhan, S. (2012). Development of Silver-Silica Nanocomposite for Novel Humidity Sensing Application. *Indian Journal of Applied Research*, 1(5), 220–221.
- Duhan, S., Devi, S., & Srivastava, M. (2010). Characterization of Nanocrystalline Ag/SiO₂ Nanocomposites and Synthesis by Wet Chemical Method. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*, 48(4), 271–275.
- Ewing, C. S., Vesper, G., McCarthy, J. J., Lambrecht, D. S., & Johnson, J. K. (2016). Predicting Catalyst-Support Interactions Between Metal Nanoparticles and Amorphous Silica Supports. *Surface Science*, 652, 278–285.
- Garcia, D. A., A. O. Teran., F. P. Delgado., M. E. D. Garcia., dan G. P. Luis. 2016. Water-Compatible Core–Shell Ag/SiO₂ Molecularly Imprinted Particles for the Controlled Release of Tetracycline. *Journal Materials Science*. Vol. 15, Hal 1–13.
- Ghorbani, F., Younesi, H., Mehraban, Z., Çelik, M. S., Ghoreyshi, A. A., & Anbia, M. (2013). Preparation And Characterization of Highly Pure Silica from Sedge As Agricultural Waste and Its Utilization in The Synthesis of

- Mesoporous Silica MCM-41. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44(5), 821–828.
- Granbohm, H., J. Larismaa., S. Ali., L. S. Johansson., dan S. P. Hannula. 2018. Control of the Size of Silver Nanoparticle and Release of Silver in Heat Treated SiO₂-Ag Composite Powders. *Materials*. Vol. 11, Hal. 1–17
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H., & Joy, D. C. (2003). *Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*. Kluwer Akademik. New York.
- Guzman, M. G., Dille, J., & Godet, S. (2009). Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*, 2(3), 357-364.
- Janariah, Sari, J. O., Sembiring, S., and Junaidi. (2022). Studi Pendahuluan Pembentukan Struktur Komposit Perak. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 10(01), 25–30.
- Jean, R. Der, Chiu, K. C., Chen, T. H., Chen, C. H., & Liu, D. M. (2010). Functionalized silica nanoparticles by nanometallic Ag decoration for optical sensing of organic molecule. *Journal of Physical Chemistry C*, 114(37), 15633-15639.
- Jia, H., Hou, W., Wei, L., Xu, B., & Liu, X. (2008). The Structures and Antibacterial Properties of Nano-SiO₂ Supported Silver/Zinc-Silver Materials. *Dental Materials*, 24(2), 244–249.
- Junaidi. (2017). Spektrofotometer UV-Vis untuk Estimasi Ukuran Nanopartikel Perak. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 5(1), 97–102.
- Karthik, C., Caroline, D. G., Dhanam Priya, M., & Pandi Prabha, S. (2021). Synthesis, Characterization of Ag-SiO₂ Nanocomposite and Its Application in Food Packaging. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31(6), 2532–2541.
- Kim, Y. H., Kim, C. W., Cha, H. G., Jo, B. K., Ahn, G. W., Hong, E. S., & Kang, Y.S.(2008). Preparation of Antibacterial Silver-Containing Silica Nanocomposite. *Surface Review and Letters*, 15(1&2), 117–122.
- Kim, Y. H., Lee, D. K., Cha, H. G., Kim, C. W., & Kang, Y. S. (2007). Synthesis and Characterization Of Antibacterial Ag - SiO₂ Nanocomposite. *Journal of Physical Chemistry C*, 111(9), 3629–3635.
- Liu, S., You, K., Jian, J., Zhao, F., Zhong, W., Yin, D., Liu, P., Ai, Q., & Luo, H. (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.
- Li, Y., B. P. Zhang., C. H. Zhao., J. X. Zhao. 2012. Structure transition,

formation, and optical absorption property study of Ag/SiO₂ nanofilm by sol-gel method. *Journal Materials Research*. Vol. 27, Hal. 3141–3146.

- Lu, H., H. Ju., Q. Yang., Z. Li., H. Ren., X. Xin., dan G. Xu. 2013. Synthesis of Ag/SiO₂ hybrid nanoparticles templated by a Triton X-100/1-hexanol/cyclohexane/H₂O water-in-oil microemulsion. *The Royal Society of Chemistry*. Vol. 15, Hal. 6511–6517.
- Magani, A. K., Tallei, T. E., & Kolondam, B. J. (2020). Uji Antibakteri Nanopartikel Kitosan terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Bios Logos*, 10(1), 7-12.
- Maharani, D., Mahmudin, L., & Iqbal, I. (2019). Pengaruh Konsentrasi Zat Pereduksi Trinitrat (Na₃C₆H₅O₇) Terhadap Sifat Optik Nanopartikel Perak. *Gravitasi*, 17(2), 34-42.
- Munajad. A., C. Subroto., dan Suwarno. 2018. Fourier Transformation Infrared (FTIR) Spectroscopy Analysis of Transformer Paper in Mineral Oil-paper Composite Insulation Under Accelerated Thermal Aging. *Energies*. Vol. 11, Hal. 1–12.
- Nandiyanto, A. B. D., R. Oktiani., dan R. Ragadhita. 2019. How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian Journal Science and Technology*. Vol. 4, Hal. 97–118.
- Nalawati, A. N., Suyatma, N. E., & Wardhana, D. I. (2021). Sintesis Nanopartikel Perak (NpAg) Dengan Bioreduktor Ekstrak Biji Jarak Pagar dan Kajian Aktivitas Antibakterinya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 32(1), 98–106.
- Pham, D. P., Huynh, K. K., Tran, C. V., Vu, V. Q., & Tran, T. T. V. (2014). Preparation and Structural Characterization of Sol-Gel-Derived Silver Silica Nanocomposite Powders. *International Journal of Materials Science and Applications*, 3(5), 147-151.
- Qin, R., Li, G., Pan, L., Han, Q., Sun, Y., & He, Q. (2017). Preparation of SiO₂@Ag Composite Nanoparticles and Their Antimicrobial Activity. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(4), 2305–2311.
- Sembiring, S. (2017). *Potensi Silika Sekam Sebagai Bahan Keramik Refraktori Tahan Pada Suhu Tinggi*. Teknosain. Yogyakarta.
- Sembiring, S., & Karo-Karo, P. (2007). Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Karakteristik Termal Dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi. *Jurnal Sains MIPA.*, 13(3), 233–239.
- Sembiring, S., Riyanto, A., Firdaus, I., Junaidi, & Situmeang, R. (2022). Structure and Properties of Silver-Silica Composite Prepared From Rice Husk Silica and Silver Nitrate. *Ceramics - Silikat*, 66(2), 167–177.
- Sembiring, S., & Simanjutak, W. (2015). *Silika Sekam Padi Potensinya Sebagai*

Bahan Baku Keramik Industri. Plantaxia. Yogyakarta.

- Setiabudi, A., R. Hardian., dan A. Muzakir. 2012. *Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. UPI Press. Bandung.
- Simanjuntak, W., Sembiring, S., Pandiangan, K. D., Syani, F., & Situmeang, R. T. M. (2016). The Use of Liquid Smoke as A Substitute for Nitric Acid for Extraction of Amorphous Silica From Rice Husk Through Sol-Gel Route. *Oriental Journal of Chemistry*, 32(4), 2079–2085.
- Sirajudin, A., & Rahmanisa, S. (2016). Nanopartikel Perak sebagai Penatalaksanaan Penyakit Infeksi Saluran Kemih Silver Nanoparticles as Management Urinary Tract Infectious Disease. *Majority*, 5, 1–5.
- Sujatno, A., Salam, R., Dimiyati, A., Sains, P., & Maju, B. (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. 9(November), 44–50.
- Suka, I. G., Simanjuntak, W., Sembiring, S., & Trisnawati, E. (2008). Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang Diperoleh Dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 37(1), 47–52.
- Thermo, N. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Madison. USA.
- Wardhani, G. A. paramita kusumah. (2017). Silika pada Togkol Jagung yang Dikarakterisasi Menggunakan Spektroskopi Infra Merah dan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 37-42.
- Wiley, B. J., Im, S. H., Li, Z. Y., McLellan, J., Siekkinen, A., & Xia, Y. (2006). Maneuvering the Surface Plasmon Resonance of Silver Nanostructures through Shape-Controlled Synthesis. *Journal of Physical Chemistry B*, 110(32), 15666–15675.
- Wysocka, K., Olszynska-Janus, S., Plesch, G., Plecenik, A., Podbielska, H., & Bauer, J. (2018). Nano-Silver Modified Silica Particles in Antibacterial Photodynamic Therapy. *Applied Surface Science*, 461(18), 1-16.
- Yanti, S., Yanti, S., Arif, M. S., Yusuf, B., Kimia, P. S., Mulawarman, U., & Barong, J. (2021). Sintesis Dan Stabilitas Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Trinatrium Sitrata. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021*, 5(2), 1–5.