

**SINTESIS LAPISAN TIPIS TiO₂ BERBASIS FUSI KAUSTIK
MENGUNAKAN METODE *CHEMICAL BATH DEPOSITION* (CBD)**

(Skripsi)

Oleh

**Mesy Meilani Putri
1917041013**



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

ABSTRAK

SINTESIS LAPISAN TIPIS TiO₂ BERBASIS FUSI KAUSTIK MENGUNAKAN METODE *CHEMICAL BATH DEPOSITION* (CBD)

Oleh

Mesy Meilani Putri

Telah dilakukan penelitian sintesis lapisan tipis TiO₂ berbasis fusi kaustik menggunakan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD). Prekursor yang digunakan dalam pembuatan lapisan tipis TiO₂ pada penelitian ini berupa serbuk hasil ekstraksi TiO₂ dari pasir besi Lampung dengan kemurnian sebesar 21,35%. Lapisan tipis TiO₂ ditumbuhkan pada media berupa substrat kaca. Variasi yang digunakan dalam penumbuhan lapisan tipis pada penelitian ini berupa waktu pelapisan yaitu 2, 3 dan 4 jam. Setelah proses pelapisan, substrat kaca dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam. Kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan SEM dan dilakukan pengukuran nilai resistivitas menggunakan metode empat titik. Hasil karakterisasi SEM yaitu morfologi pada semua sampel menunjukkan bahwa telah terbentuk struktur berpori. Hasil SEM penampang melintang pada sampel 2, 3 dan 4 jam yaitu memiliki ketebalan lapisan sebesar 6,85 µm; 7,93 µm; dan 10,03 µm. Hasil pengukuran nilai resistivitas pada sampel 2, 3 dan 4 jam yaitu sebesar 16,171 x 10⁵ Ωcm; 21,352 x 10⁵ Ωcm; dan 24, 492 x 10⁵ Ωcm. Berdasarkan hasil SEM dan pengukuran resistivitas didapatkan bahwa semakin lama waktu pelapisan maka pertumbuhan butir semakin homogen, lapisan tipis yang dihasilkan semakin tebal dan nilai resistivitas semakin besar.

Kata Kunci: *Chemical Bath Deposition*, lapisan tipis, TiO₂.

ABSTRACT

SYNTHESIS OF TiO₂ THIN FILM BASED ON CAUSTIC FUSION USING CHEMICAL BATH DEPOSITION (CBD) METHOD

By

Mesy Meilani Putri

Research has been carried out on the synthesis of TiO₂ thin film based on caustic fusion using the Chemical Bath Deposition (CBD) method. The precursor used in the manufacture of TiO₂ thin film in this study was powder extracted from TiO₂ from Lampung iron sand with a purity of 21.35%. A thin films of TiO₂ was grown on a glass substrate. Variations used in the growth of thin films in this study were coating times of 2, 3 and 4 hours. After the coating process, the glass substrate was dried and calcined at 500°C for 4 hours. Then the characterization was carried out using SEM and the resistivity value was measured using the four-point method. The results of the SEM characterization, namely the morphology of all samples shows that a porous structure had been formed. The results of the cross-sectional SEM in the 2, 3 and 4 hour samples present the layer thickness of 6.85 μm; 7.93 μm; and 10.03 μm. The results of measuring the resistivity values in the 2, 3 and 4 hour samples are 16.171 x 10⁵ Ωcm; 21.352 x 10⁵ Ωcm; and 24.492 x 10⁵ Ωcm. Based on the results of SEM and resistivity measurements, it was found that the longer the coating time, the more homogeneous the grain growth, the thicker the resulting thin film and the greater the resistivity value.

Keywords: Chemical Bath Deposition, thin film, TiO₂

**SINTESIS LAPISAN TIPIS TiO₂ BERBASIS FUSI KAUSTIK
MENGUNAKAN METODE *CHEMICAL BATH DEPOSITION* (CBD)**

Oleh

MESY MEILANI PUTRI

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi : **SINTESIS LAPISAN TIPIS TiO₂ BERBASIS FUSI KAUSTIK MENGGUNAKAN METODE *CHEMICAL BATH DEPOSITION* (CBD)**

Nama Mahasiswa : **Mesy Meilani Putri**

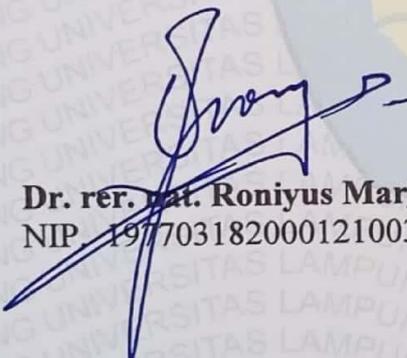
Nomor Pokok Mahasiswa : **1917041013**

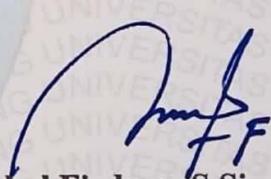
Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

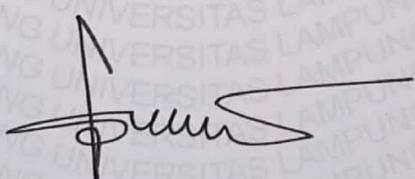
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


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


Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.
NIP. 199006162019031016

2. Ketua Jurusan Fisika


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

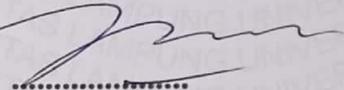
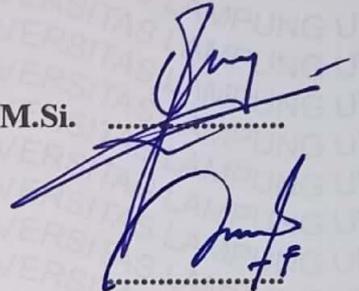
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

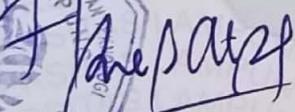
Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Juni 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 pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Juni 2023



Mesy Meilani Putri
NPM. 1917041013

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Mesy Meilani Putri, dilahirkan pada tanggal 31 Mei 2001 di Desa Tempuran, Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Musono dan Ibu Sulastri. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 4 Adipuro pada tahun 2013, SMP Negeri 2 Trimurjo pada tahun 2016, dan SMA Negeri 2 Metro pada tahun 2019.

Penulis diterima di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur penerimaan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menempuh jenjang Pendidikan S1 di Jurusan Fisika FMIPA Unila, Penulis mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Material. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi dengan menjabat sebagai anggota pengurus bidang Sains dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Fisika FMIPA Unila (2020-2021), anggota Staf Ahli BEM FMIPA bidang Isu dan Pergerakan (2020), dan anggota bidang Hubungan Masyarakat Rois FMIPA Unila (2020-2021). Penulis pernah menjadi asisten praktikum Fisika Eksperimen dan Lapisan Tipis pada tahun 2022/2023.

Pada tahun 2022, penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Perkebunan Nusantara Unit VII Bekri Lampung Tengah, yang berjudul “Analisis Mutu *Crude Palm Oil* (CPO) Pada Tangki Timbun Di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Bekri Lampung Tengah”. Penulis juga melakukan pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pempen, Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten Lampung Timur.

MOTTO

“Tidak perlu seperti orang lain untuk membuat seseorang terkesan, jadilah diri sendiri”

(Mesy Meilani Putri)

"Barang siapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat balasannya "

(QS. Al-Zalzalah:7)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

Dengan Mengharapkan Ridho Allah SWT dan Syafaat Nabi Muhammad SAW, karya ini dipersembahkan kepada :

Kedua Orang Tuaku

Bapak Musono & Ibu Sulastri

Terimakasih untuk segala doa yang tidak pernah putus. Harapan dan kepercayaan yang tak pernah hilang untukku, senyuman, perhatian, cinta, kasih sayang dan usaha yang selalu diberikan demi kesuksesan putrinya.

Kakak-kakakku dan keponakanku tersayang

Terimakasih untuk segala doa, semangat, keceriaan, dukungan menantikan keberhasilanku.

Bapak & Ibu Guru serta Dosen

Terimakasih telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan dengan penuh keiklasan.

Sahabat & Teman-teman

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberi hikmat, karunia serta rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sintesis Lapisan Tipis TiO₂ Berbasis Fusi Kaustik Menggunakan Metode *Chemical Bath Deposition* (CBD)**” 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 bahwa dalam penyajian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya agar lebih sempurna dan dapat memperkaya ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 15 Juni 2023
Penulis,

Mesy Meilani Putri

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan berjudul **“Sintesis Lapisan Tipis TiO₂ Berbasis Fusi Kaustik Menggunakan Metode *Chemical Bath Deposition* (CBD)”**. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang turut membantu baik berupa tenaga maupun pemikiran dan mendoakan penulis. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si. selaku pembimbing utama yang telah banyak memberi bimbingan, motivasi, nasihat serta ilmunya kepada penulis.
2. Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberi saran, masukan, motivasi, arahan dan pemahaman kepada penulis.
3. Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
5. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

6. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. sebagai pembimbing akademik yang memberikan masukan-masukan serta nasehat yang membangun selama masa studi di Jurusan Fisika.
7. Teristimewa untuk yang tersayang, kedua orang tuaku Bapak Musono dan Ibu Sulastri, kakakku Anita Anggraini dan Johan Syahbrudin, serta keponakanku Dek Arkan dan Dek Irsyad yang selalu memberikan semangat, dukungan, cinta kasih, pengorbanan dan doa untuk penulis.
8. Sahabat-sahabat Tim Ilmenit Indriya Wati dan Arin Sadita yang selalu saling membantu dari awal penelitian sampai penyelesaian skripsi ini.
9. Sahabat-sahabatku Fauzia, Triana, Raisha, Fina, Mega, Nenchy, Nuris, Hania, Ani, Ida, Amapel, Andrean, Daffa, Rizki yang telah menjadi tempat curhat yang baik serta memberikan semangat dan bantuan kepada penulis.
10. Anggi Purnomo yang telah menemani penulis dalam suka maupun duka, selalu memberikan dukungan, bantuan, semangat, perhatian, kasih sayang dan doa. Semoga menjadi lelaki terakhir penulis. Aamiin.
11. Teman-teman seperjuangan Fisika 2019 yang telah memberikan semangat.
12. Serta semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis tuliskan satu per satu.

Semoga Allah SWT dapat membalas seluruh kebaikan dan mempermudah segala urusannya. Aamiin.

Bandar Lampung, 15 Juni 2023
Penulis,

Mesy Meilani Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pasir Besi	5

2.2. Titanium Dioksida (TiO ₂).....	6
2.3. Lapisan Tipis	8
2.4. <i>Chemical Bath Deposition</i> (CBD).....	10
2.5. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	12
2.6. Pengukuran Resistivitas	15

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2.1. Alat Penelitian.....	19
3.2.2. Bahan Penelitian.....	19
3.3. Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1. Preparasi Substrat Kaca.....	20
3.3.2. Pembuatan Larutan.....	20
3.3.3. Pembentukan Lapisan Tipis	20
3.4. Karakterisasi Lapisan Tipis	21
3.4.1. Karakterisasi dengan SEM.....	21
3.4.2. Pengukuran Resistivitas Sampel	21
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.5.1. Preparasi Substrat Kaca.....	23
3.5.2. Pembuatan Larutan TiO ₂	24
3.5.3. Pembentukan Lapisan Tipis	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis SEM	27
4.1.1. Hasil Analisis Morfologi dengan SEM.....	27
4.1.2. Hasil Analisis Ketebalan Lapisan Tipis dengan SEM	29
4.2. Hasil Pengukuran Resistivitas	31

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	35
5.2. Saran	36

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur kristal TiO ₂ : (a) <i>Anatase</i> (b) <i>Rutile</i> (c) <i>Brookite</i>	7
Gambar 2.2 Skema Metode CBD	11
Gambar 2.3 Skema Mekanisme SEM (Masta, 2020)	14
Gambar 2.4 Skema dua elektroda arus dan potensial yang terletak pada suatu permukaan	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Preparasi Substrat Kaca.....	23
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan TiO ₂	24
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembentukan Lapisan Tipis TiO ₂	25
Gambar 4.1 Hasil morfologi permukaan lapisan tipis TiO ₂ dengan waktu pelapisan a) 2 jam, b) 3 jam dan c) 4 jam.....	27
Gambar 4.2 Penampang melintang antara lapisan tipis TiO ₂ dengan substrat kaca pada sampel dengan waktu pelapisan a) 2 jam, b) 3 jam dan c) 4 jam.	29
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara waktu pelapisan dengan hasil ketebalan .	30
Gambar 4.4 Pengukuran resistivitas pada sampel a) 2 jam, b) 3 jam dan c) 4 jam	31
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara waktu pelapisan dengan nilai resistivitas	32
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara ketebalan lapisan tipis dengan nilai resistivitas	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil karakterisasi XRF serbuk TiO ₂ dari pasir besi.....	26

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah. Salah satu sumber daya alam yang dimiliki Indonesia adalah pasir besi. Penyebaran pasir besi di Indonesia banyak terdapat di pulau Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Kalimantan. Cadangan pasir besi di Pulau Sumatera salah satunya di Provinsi Lampung. Pasir besi di Provinsi Lampung ini belum terekplorasi secara maksimal (Puspitarum *et al.*, 2018). Pasir besi merupakan mineral yang banyak mengandung senyawa besi oksida, misalnya *magnetite* (Fe_3O_4), *ilmenite* (FeTiO_3), *hematite* (Fe_2O_3) dan mineral lain dalam jumlah sedikit. Dari ketiga senyawa yang terkandung di pasir besi dapat diekstraksi menjadi titanium dioksida (TiO_2) yaitu senyawa ilmenit (Priharyono & Gusmarwati, 2022). Ilmenit adalah mineral alam yang terdiri dari kombinasi dari titanium, besi dan mineral lainnya. Aplikasi TiO_2 yaitu sebagai katalis, fotokatalis, pelapis kaca anti debu (*self cleaning*) dan sensor gas. TiO_2 memiliki kelebihan yaitu tidak beracun, stabil secara kimia dan tidak memiliki daya serap terhadap cahaya tampak (Istiqomah *et al.*, 2019).

Ekstraksi TiO_2 dari ilmenit telah berhasil dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya metode pirometalurgi, hidrometalurgi (Setiawati *et al.*, 2013), *leaching* (Marjunus *et al.*, 2022), pelindian asam (Firdaus *et al.*, 2021),

dan fusi kaustik (Aristanti *et al.*, 2019). Ekstraksi TiO_2 dengan metode fusi kaustik bertujuan untuk menguraikan suatu mineral atau sampel menggunakan reaktif seperti NaOH atau KOH. Hal tersebut akan memudahkan TiO_2 untuk larut dalam larutan asam (Aristanti *et al.*, 2019). Hasil ekstraksi TiO_2 dari ilmenit biasanya digunakan sebagai pigmen, karet, plastik dan fluks dalam pembuatan kaca (Zhang *et al.*, 2011). Penggunaan TiO_2 dalam bentuk lapisan tipis yaitu pada aplikasi lapisan optik, sensor gas (Manno *et al.*, 1997), fotokatalis (Weinberger & Garber, 1995) dan perangkat elektronik (Wang & Hu, 1999).

Pada pembuatan lapisan tipis TiO_2 ada beberapa prekursor yang dapat digunakan antara lain yaitu TiCl_3 (Manurung *et al.*, 2013), TiCl_4 (Zhou *et al.*, 2008) dan titanium butoxide (Wang *et al.*, 2013). Selain itu, serbuk TiO_2 yang diekstraksi dari ilmenit dapat digunakan untuk prekursor dalam pembuatan lapisan tipis TiO_2 (Sahdan *et al.*, 2012).

Pembuatan lapisan tipis TiO_2 telah berhasil dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, seperti *sputtering* (Tiwary *et al.*, 2014), sol gel (Pérez-González *et al.*, 2015), *electron-beam evaporation* (Lu *et al.*, 2011), dan *Chemical Bath Deposition* (CBD) (Zhou *et al.*, 2008). Lapisan tipis yang berhasil dibuat dengan metode CBD adalah lapisan tipis ZnO (Wang *et al.*, 2012), CdS (Robin *et al.*, 2013), IrO_2 (Chen *et al.*, 2014), ZnS (Luque *et al.*, 2015), PbS (Tohidi *et al.*, 2014) dan TiO_2 (Manurung *et al.*, 2013) dan (Marjunus *et al.*, 2021).

Metode CBD dikenal sebagai deposisi larutan kimia. Pada metode CBD substrat dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan prekursor seperti garam mineral, zat pengompleks dan penstabil pH (Kadhim & Mohammed, 2022).

Keunggulan dari metode CBD adalah peralatan yang sederhana, ekonomis dan efektif untuk mendeposisikan lapisan tipis. Laju deposisi dapat dikontrol dengan pH, waktu perendaman, suhu dan konsentrasi (Mulyadi, 2013).

Lapisan tipis TiO₂ yang terbentuk menggunakan metode CBD dapat dipengaruhi oleh pH larutan (Selman *et al.*, 2014), frekuensi pelapisan (Manurung *et al.*, 2013) dan waktu pelapisan (Marjunus *et al.*, 2021). Selain itu juga dipengaruhi oleh suhu kalsinasi yang digunakan. Waktu pelapisan yang digunakan pada metode CBD mempengaruhi struktur mikro, struktur kristal dan juga nilai resistivitas dari lapisan tipis TiO₂ yang terbentuk. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Marjunus *et al.*, 2021) dalam pembuatan lapisan tipis TiO₂ menggunakan metode CBD pada substrat kaca diperoleh lapisan tipis dengan fasa brookite pada waktu pelapisan 3 jam. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Firman, 2016) dalam pembuatan lapisan tipis TiO₂ menggunakan metode CBD pada substrat FTO diperoleh lapisan tipis dengan fasa anatase-rutil pada waktu pelapisan 1 dan 2 jam.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian mengenai sintesis lapisan tipis dari ekstraksi TiO₂ fusi kaustik menggunakan metode CBD dengan variasi waktu pelapisan yaitu 2, 3, dan 4 jam. Lapisan tipis TiO₂ akan dibuat pada substrat kaca dan akan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam, suhu kalsinasi digunakan 500°C didasarkan bahwa fasa anatase stabil dibawah 600°C (Mursal & Dahlan, 2016). Lapisan tipis TiO₂ yang dihasilkan akan dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur mikro. Kemudian dicari nilai resistivitas menggunakan metode empat titik (*four probe*) untuk mengetahui sifat bahan lapisan tipis TiO₂ yang dihasilkan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh waktu pelapisan terhadap morfologi ketebalan dan nilai resistivitas lapisan tipis TiO₂ yang terbentuk.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh waktu pelapisan terhadap morfologi, ketebalan dan nilai resistivitas lapisan tipis TiO₂ yang terbentuk.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Lapisan tipis TiO₂ akan dibuat pada substrat kaca.
2. Waktu pelapisan lapisan tipis TiO₂ dilakukan pada variasi 2, 3 dan 4 jam.
3. Lapisan TiO₂ akan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam.
4. Lapisan TiO₂ akan dikarakterisasi menggunakan SEM.
5. Lapisan TiO₂ akan dihitung nilai resistivitasnya menggunakan metode empat titik.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang pembuatan lapisan tipis TiO₂ dengan menggunakan prekursor serbuk hasil ekstraksi TiO₂ dari pasir besi Lampung.
2. Memberikan alternatif mengenai cara pembuatan lapisan tipis TiO₂ dengan menggunakan metode CBD yang ekonomis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir Besi

Pasir besi merupakan bahan alam yang sangat melimpah ketersediaannya di Indonesia. Pasir besi di Indonesia tersebar di Pulau Sumatera, Jawa dan Sulawesi. Produksi pasir besi meningkat dari 308.497 ton pada tahun 1992 menjadi 487.354 ton pada tahun 1997 atau terjadi kenaikan sekitar 8,35% per tahun. Komponen utama pasir besi adalah besi oksida (Fe_2O_3) dan silika oksida (SiO_2). Besi (II) oksida (FeO) dikenal sebagai wustite dalam bentuk mineral. Serbuk oksida berwarna hitam dan dapat menyebabkan ledakan. Besi (III) oksida (Fe_2O_3) dikenal sebagai hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dalam bentuk mineral. Besi (II, III) oksida (Fe_3O_4) atau besi oksida dikenal sebagai magnetit atau magnet dalam bentuk mineral (Rahmi *et al.*, 2019). Magnetit adalah salah satu mineral magnetik yang terkandung dalam pasir besi. Magnetit memiliki sifat mekanik yang kuat, tidak mudah terkorosi dengan tingkat kestabilan terhadap pengaruh medan luar dan suhu yang cukup baik (Zen, 2014).

Pasir besi secara alamiah bersifat feromagnetik (sifat magnet dengan daya tarik magnet yang kuat) dan mineral-mineral magnetik pada pasir memiliki sifat magnet yang kuat. Respon yang kuat terhadap medan magnet luar membuat dikembangkannya sifat magnetik pada pasir besi dalam berbagai riset khususnya

dalam aplikasi pembuatan adsorben bersifat magnetik untuk memudahkan pemisahan antara adsorbat dan adsorben dalam proses adsorpsi. Mineral-mineral non-magnetik pada pasir besi seperti silikon oksida (SiO_2) memiliki persentase yang cukup tinggi dan mempengaruhi sifat kemagnetan. Keberadaan mineral-mineral ini berkontribusi pada sifat kemagnetan pasir besi. Pasir besi yang memiliki kandungan magnetite (Fe_2O_4) tinggi akan memberikan sifat kemagnetan yang kuat, sedangkan yang memiliki banyak mineral gangue seperti beberapa unsur lain yaitu K, C, Na, Mg, Al, Si, dan Ca akan menurunkan sifat kemagnetan pada pasir besi. Keberadaan mineral non-magnetik dapat dikurangi dengan pencucian pasir besi menggunakan larutan asam maupun basa. Ukuran pasir besi mempengaruhi kadar mineral magnetik dan mempengaruhi daya tarik terhadap medan magnet luar (Karbeka *et al.*, 2020).

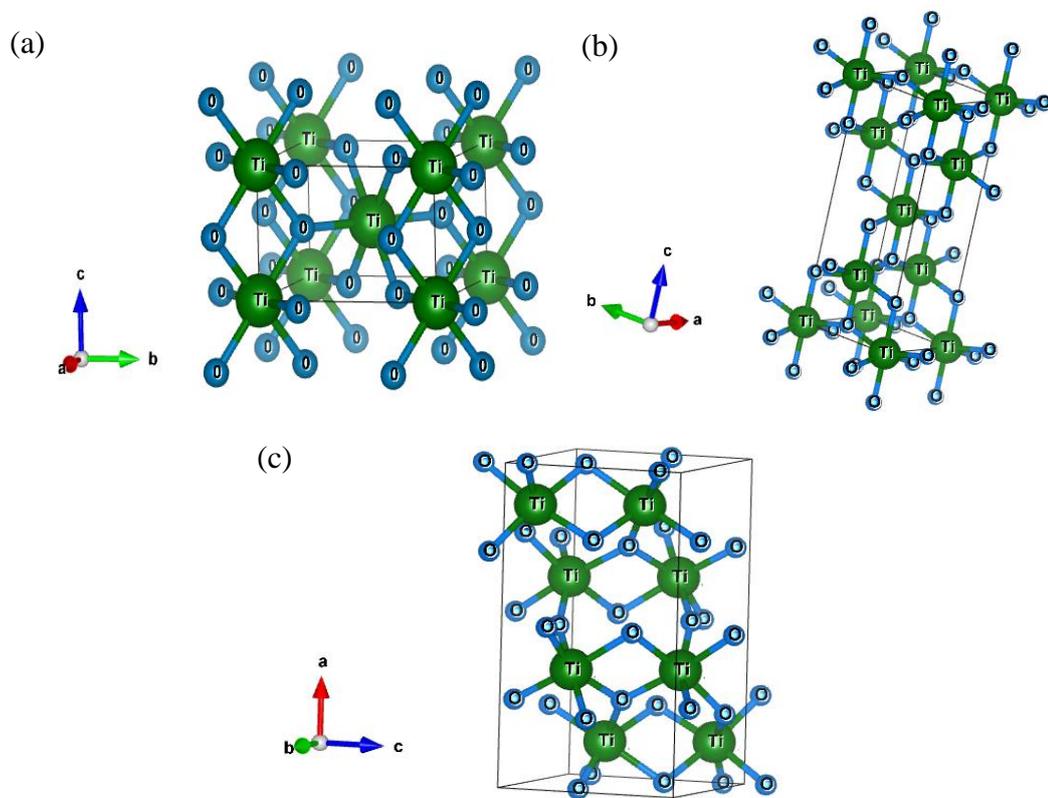
2.2. Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium adalah salah satu elemen yang paling melimpah. Logam ini ditemukan di Inggris pada 1791 oleh Pendeta William Gregor. Logam ini terikat pada unsur lain yang ada di berbagai batuan dan sedimen, kebanyakan sebagai titanium dioksida (TiO_2). Titanium dioksida merupakan senyawa ionik yang tersusun dari ion-ion Ti^{4+} dan ion-ion O^{2-} yang memiliki keelektronegatifan sebesar 1,54 pada atom Ti dan 3,44 pada atom O (Rahayu, 2021).

Titanium dioksida dapat di ekstraksi dari senyawa ilmenit yang terkandung dari pasir besi. Kandungan TiO_2 pada ilmenit adalah 35% sampai 65% (Wahyuningsih *et al.*, 2016). TiO_2 banyak digunakan dalam industri penerbangan karena sifatnya yang ringan, kuat, dan lebih tahan terhadap korosi daripada baja tahan karat.

Kelebihan dari titanium dioksida antara lain harganya murah, tidak beracun, stabil secara kimia dan tidak memiliki daya serap terhadap cahaya tampak. Sebaliknya, titanium dioksida sangat responsif terhadap sinar UV, pasangan elektron dan hole dihasilkan oleh radiasi UV dan mendorong adanya reaksi kimia pada permukaan material (Istiqomah *et al.*, 2019).

Aplikasi TiO_2 yaitu digunakan dalam sel surya, sensor gas, pigmen putih (misalnya dalam cat dan produk kosmetik), lapisan optik, lapisan pelindung korosi, implan tulang, perangkat listrik, keramik, transistor, Li baterai berbasis dan perangkat elektrokromik. TiO_2 memiliki tiga struktur utama yang berbeda yaitu *rutile*, *anatase*, dan *brookite*. Struktur kristal TiO_2 yang digambar menggunakan software VESTA seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Struktur kristal TiO_2 : (a) *Anatase* (b) *Rutile* (c) *Brookite*.

Menurut Rahayu (2021) ciri-ciri dari ketiga struktur yang berbeda ini yaitu:

- (a) *Anatase* berstruktur tetragonal ($a = b = 3.782 \text{ \AA}$, $c = 9.502 \text{ \AA}$). Itu dinamai oleh R. J. Hauy pada tahun 1801 dari kata Yunani “anatisis” yang berarti “ekstensi”, karena sumbu vertikalnya lebih panjang dibandingkan dengan rutil.
- (b) *Rutile* berstruktur tetragonal ($a = b = 4,584 \text{ \AA}$, $c = 2,953 \text{ \AA}$). Struktur ini adalah bentuk dari TiO_2 yang paling stabil. Ini ditemukan pada tahun 1803 oleh Werner di Spanyol, mungkin di Cajuelo, Burgos. Warnanya biasanya coklat kemerahan tetapi juga kadang-kadang kekuningan, kebiruan atau ungu, transparan menjadi buram.
- (c) *Brookite* berstruktur kristal belah ketupat ($a = 5,436 \text{ \AA}$, $b = 9,166 \text{ \AA}$, $c = 5,135 \text{ \AA}$). Dinamai demikian untuk menghormati ahli mineralogi Inggris, H. J. Brooke, dan ditemukan oleh A. Levy pada tahun 1825 di Snowen (Inggris). Kristal ini berwarna coklat tua sampai hitam kehijauan buram.

2.3. Lapisan Tipis

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang sangat tipis dengan ketebalan kurang dari $10 \mu\text{m}$ dan terbuat dari bahan (organik, inorganik logam maupun campuran logam organik) yang memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor, superkonduktor maupun isolator (Sutanto & Nurhasanah, 2012). Pada umumnya lapisan tipis dibuat dengan cara deposisi ion/molekul/atom pada permukaan substrat dengan ketebalan sampai dengan orde mikrometer (Sujawarta & Marwoto, 2014).

Proses pembentukan lapisan tipis sangat tergantung pada kondisi deposisi. Proses pembentukan lapisan tipis pada substrat secara garis besar terdiri dari empat

tahap, yaitu: sumber, transportasi material ke substrat, deposisi lapisan di atas substrat dan analisis. Sumber material dapat berbentuk padat, cair, uap atau gas ditransportasikan ke substrat. Dalam hal ini laju alir sumber prekursor sangat penting, karena sifat-sifat lapisan tipis dapat berubah dengan laju deposisi dan perbandingan elemen-elemen yang disuplai ke lapisan tipis. Tahap transport menentukan uniformitas yang bergantung pada medium transport. Tahap berikutnya yaitu dalam proses pembentukan lapisan tipis adalah deposisi akan membentuk lapisan pada permukaan substrat (Sutanto & Nurhasanah, 2012).

Ada tiga faktor utama permukaan substrat yang menentukan berlangsungnya proses deposisi, yaitu kondisi permukaan (kekasaran, tingkat kontaminan, derajat ikatan kimia dengan material yang dideposisikan dan kristalografi), reaktivitas material yang mencapai substrat dan energi input. Kondisi deposisi ditentukan oleh sumber, transport dan permukaan substrat. Terdapat 3 mode pertumbuhan lapisan tipis yang ditentukan oleh energi permukaan, yaitu *island* (tipe Volmer-Weber), *layer* (Frank-Van der Merwe), dan campuran (tipe Stranski-Krastanov). Mode pertumbuhan yang terbentuk tergantung pada lama waktu tinggal rata-rata atom deposit pada permukaan substrat (Sutanto & Nurhasanah, 2012).

Tahap terakhir dalam proses deposisi yaitu analisis yang meliputi pengukuran sifat-sifat lapisan tipis yang penting untuk aplikasinya. Sebagai contoh adalah pengukuran ketebalan lapisan tipis, indeks bias (sifat optik), konstanta dielektrik dan tegangan dadal isolator, resistivitas dan kekasaran. Salah satu bahan lapisan tipis yang populer saat ini adalah lapisan tipis titanium dioksida (Sutanto & Nurhasanah, 2012).

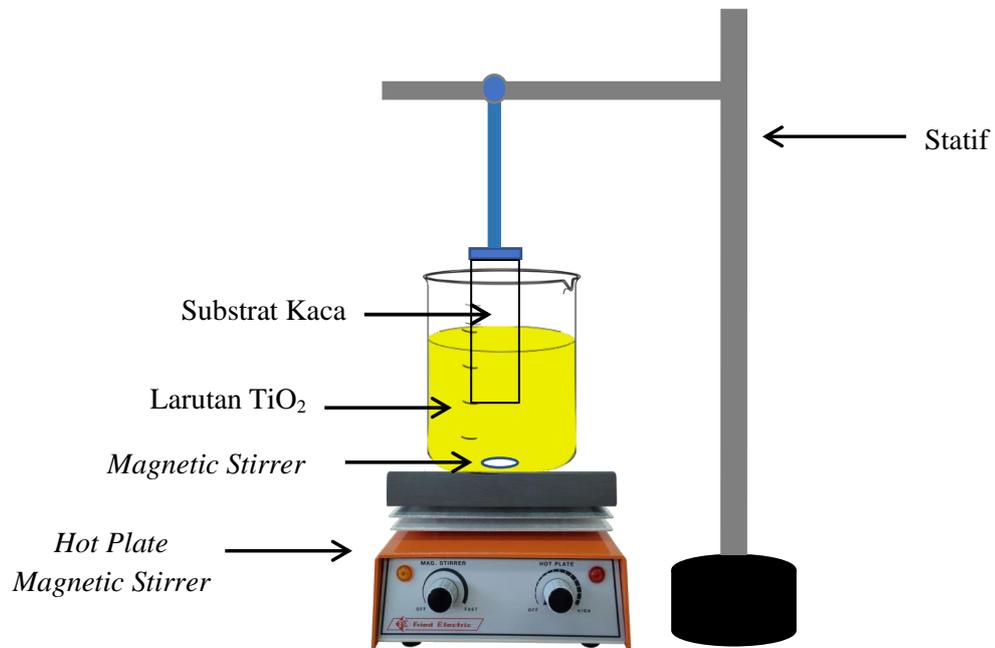
2.4. Chemical Bath Deposition (CBD)

CBD dikenal sebagai deposisi larutan kimia dengan teknik yang sederhana, murah, dan banyak digunakan untuk pembuatan lapisan tipis menggunakan pengaturan sederhana. Metode CBD merupakan salah satu cara fabrikasi lapisan tipis dengan memanfaatkan reaksi kimia untuk mendeposisikan prekursor ke dalam substrat. Substrat ditempatkan di dalam gelas kimia yang berisi larutan prekursor berair jenuh seperti garam mineral, zat pengompleks, dan penstabil pH. CBD memiliki banyak manfaat, seperti kemampuan untuk beroperasi pada tekanan atmosfer dan suhu rendah, tidak memerlukan instrumen canggih seperti sistem vakum, dapat digunakan untuk menyimpan material dalam jumlah besar, kemampuan area yang luas, dan kemungkinan penyesuaian sifat film tipis dengan mengontrol kondisi pengendapan (Kadhim & Mohammed, 2022).

Metode CBD pertama kali diperkenalkan oleh seorang peneliti yang bernama R. L. Call pada tahun 1980 dan pada saat itu digunakan dalam pembuatan lapisan tipis ZnO. Metode ini kemudian dikembangkan oleh peneliti lain tidak hanya untuk ZnO tetapi juga untuk material lainnya. Kelebihan metode CBD adalah peralatan yang digunakan sederhana, ekonomis, dan efektif untuk mendeposisikan lapisan tipis. Laju deposisi dapat di kendalikan melalui parameter-parameter seperti pH, waktu perendaman, suhu perendaman dan konsentrasi. Metode CBD yang terdiri dari 3 tahap utama yaitu proses pembuatan larutan, proses perendaman (aging) dan proses pembakaran (kalsinasi). Pada proses pembuatan larutan, prekursor yang digunakan dilarutkan dengan aqua bidest atau aquades. Reaksi kimia yang akan terjadi adalah reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis adalah sebuah reaksi antara

molekul air dengan ion logam tertentu untuk membentuk logam hidroksida (Mulyadi, 2013).

Adapun skema metode CBD dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Skema Metode CBD.

Pada Gambar 2.2 menunjukkan proses metode CBD, pada proses tersebut substrat kaca yang akan dideposisi dicelupkan secara vertikal ke dalam larutan. Substrat direndam pada larutan yang diaduk dan suhu pada larutan dikontrol. Lapisan tipis yang terbentuk dengan metode CBD tergantung pada deposisi, pH, suhu dan konsentrasi larutan (Lokhande *et al.*, 2004). Lapisan tipis yang berhasil dibuat dengan metode CBD adalah lapisan tipis ZnO (H. Wang *et al.*, 2012), CdS (Robin *et al.*, 2013), IrO₂ (Chen *et al.*, 2014), ZnS (Luque *et al.*, 2015), PbS (Tohidi *et al.*, 2014) dan TiO₂ (Manurung *et al.*, 2013) dan (Marjunus *et al.*, 2021).

2.5. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

SEM adalah sebuah instrumen yang menggunakan berkas elektron pancaran tinggi untuk memindai sebuah objek sehingga menghasilkan citra atau gambar dari objek. Gambar yang paling sering dihasilkan oleh SEM ada dua jenis, yaitu permukaan sampel dan pemetaan komposisi sampel. Teknik SEM adalah salah satu teknik observasi dan analisis morfologi permukaan sampel. Data yang diperoleh dari SEM merupakan data hasil interaksi berkas elektron yang ditembakkan dari permukaan sampel pada daerah volum tertentu yang diamati. SEM ditemukan oleh seseorang fisikawan asal Jerman yang bernama Max Knoll. Max Knoll memperkenalkan konsep SEM pada tahun 1935. Ia mengajukan gagasan bahwa sebuah image (citra) dapat dihasilkan dengan melakukan pemindaian pada permukaan sampel dengan memfokuskan berkas elektron sehalus mungkin (dengan diameter berkas elektron sangat kecil). Kemudian pada tahun 1937, seorang fisikawan Jerman lainnya yang bernama Manfred von Ardenne pertama kali memproduksi SEM (Masta, 2020).

Instrumen SEM terdiri dari beberapa perangkat secara garis besar, yaitu komponen pemindai, komponen penyajian gambar dan data (*image display*) dan komponen pendukung. Komponen pemindai adalah komponen yang menghasilkan input berupa sinyal elektron hasil interaksi dengan atom-atom sampel. Komponen pemindai sampel terdiri dari penembak elektron, rangkaian lensa magnetik, tempat spesimen, *scanning coils (deflection coils)*, dan detektor. Komponen pemindai sampel berada pada kolom SEM. Kolom SEM berbentuk tabung dan menjadi tempat dihasilkannya berkas elektron (*electron beam*) hingga menjadi elektron pemindai (*electron probe*). Elektron pemindai yang

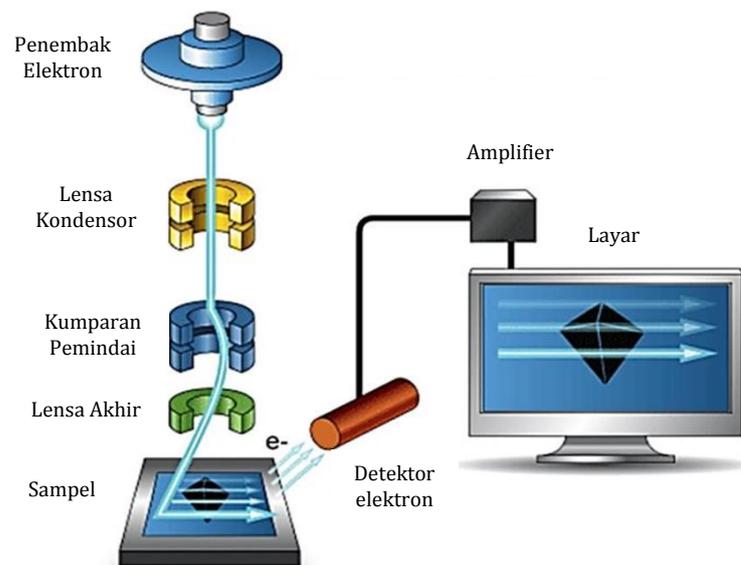
ditembakkan ke sampel dan akhirnya menghasilkan sinyal elektron setelah berinteraksi dengan sampel. Di dalam kolom SEM elektron dihasilkan oleh *elektron gun*, dipercepat oleh anoda, diarahkan melalui seperangkat lensa magnetik, difokuskan melalui *scanning coil* dan akhirnya ditembakkan ke sampel. Setelah elektron ditembakkan, elektron berinteraksi dengan atom-atom sampel dalam bentuk tumbukan. Hasil dari interaksi ini yaitu foton dan beberapa spektrum elektron yang kemudian akan ditangkap oleh detektor (Masta, 2020).

Komponen selanjutnya yaitu komponen penyaji gambar dan data yang merupakan serangkaian perangkat pengolah input sinyal kemudian mengolahnya menjadi bentuk image (citra) dan data kuantitatif. Komponen penyaji gambar dan data terdiri atas komponen keras (*hard ware*) berupa amplifier, prosesor dan layar. Amplifier berfungsi sebagai penguat data, prosesor sebagai perangkat untuk mengolah data dan layar untuk menampilkan gambar dan data. Terdapat dua layar yang digunakan sebagai hasil SEM. Layar pertama digunakan untuk melakukan pengaturan dan layar kedua digunakan untuk melihat hasil berupa gambar dan data. Untuk melakukan pengaturan tersedia kontrol berupa tombol-tombol putar yang bisa digunakan untuk menyetel sehingga kualitas gambar yang dihasilkan dapat maksimal (Masta, 2020).

Komponen yang terakhir yaitu komponen pendukung SEM diantaranya *power supply*, sistem vakum dan sistem pendingin. SEM adalah sebuah instrumen pemindai objek yang menggunakan sistem vakum. Tegangan yang tinggi dalam pengoperasian SEM seringkali mengakibatkan kenaikan suhu pada alat, sehingga

diperlukan sebuah sistem pendingin yang digunakan untuk menjaga agar suhu dapat terjaga pada suhu optimum kerja (Masta, 2020).

Mekanisme kerja SEM dan penyusunnya ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Skema Mekanisme SEM (Masta, 2020).

Menurut Masta (2020) prosedur kerja SEM berdasarkan komponen-komponen penyusunnya sebagai berikut.

1. Berkas elektron dari penembak elektron difokuskan oleh serangkaian lensa elektromagnetik, sehingga menghasilkan *electron primer / elektron probe*.
2. Elektron primer keluar dari lensa akhir kemudian menumbuk sampel.
3. Elektron primer melakukan penetrasi kedalam permukaan sampel dan kemudian terjadi interaksi antara elektron primer dengan atom-atom penyusun sampel.
4. Hasil interaksi elektron-sampel (ada dua jenis interaksi yaitu tumbukan elastis dan nonelastis) menghasilkan beberapa spektrum elektron dan foton.

5. Elektron dan foton yang teremisi kemudian dideteksi oleh detektor dan selanjutnya diteruskan ke *amplifier* untuk dikuatkan.
6. Detektor mengolah sinyal yang diterima dan mengubahnya menjadi *image* (citra) dan data kuantitatif.
7. *Image* dan data ditampilkan di *display*.
8. Data hasil pemindaian disimpan dalam bentuk digital.

2.6. Pengukuran Resistivitas

Resistivitas adalah suatu nilai tahanan jenis yang ada pada suatu material. Konsep dasar pengukuran resistivitas adalah hukum ohm. Hukum ohm dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.1.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

dengan R adalah resistansi bahan (ohm), I adalah besar kuat arus (ampere), dan V adalah besar tegangan (volt). Hukum Ohm menyatakan bahwa potensial atau tegangan antara ujung-ujung penghantar sama dengan hasil kali resistansi dan kuat arus. Hal ini diasumsikan bahwa R tidak tergantung I, bahwa R adalah konstan (tetap). Hubungan antara besar arus listrik dan resistivitas penghantar dapat dituliskan seperti pada persamaan 2.2.

$$I = \frac{A}{\rho l} \Delta V \quad (2.2)$$

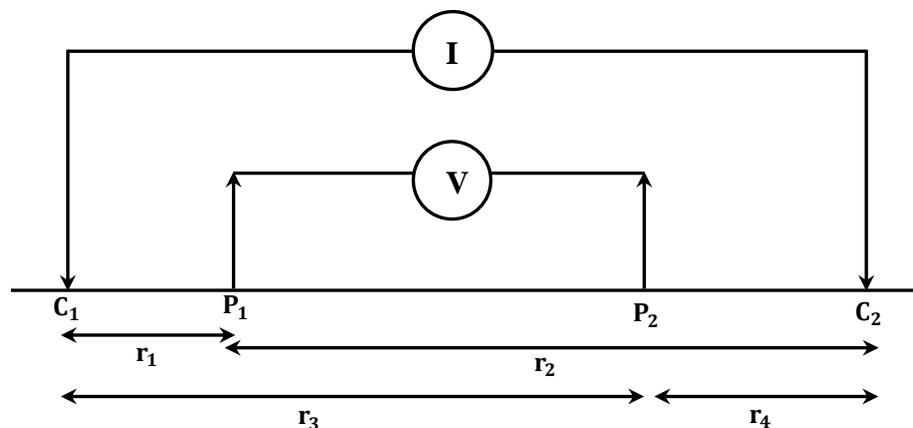
Dari persamaan 2.2 dengan mengacu pada persamaan hukum ohm, maka dapat diketahui nilai tahanan dari penghantar yaitu:

$$R = \rho \frac{l}{A} \text{ atau } \rho = R \frac{A}{l} \quad (2.3)$$

dengan R adalah resistansi (ohm), ρ adalah resistivitas penghantar (ohmmeter), l adalah panjang penghantar (meter) dan A adalah luas penampang penghantar (m^2) (Jati & Priyambodo, 2010).

Pengukuran resistivitas pada sampel dilakukan dengan metode empat titik. Metode uji empat titik adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai resistivitas dari suatu bahan konduktor maupun semikonduktor. Pada metode ini, arus listrik diinjeksikan melalui elektroda arus yang menghasilkan garis-garis aliran arus listrik dan permukaan ekuipotensial. Arus listrik yang diinjeksikan berarah radial keluar dari elektroda dan membangkitkan permukaan ekuipotensial yang arahnya tegak lurus dengan garis-garis arus listrik dan berbentuk setengah bola. Garis-garis permukaan ekuipotensial menyebabkan terjadinya perbedaan potensial di permukaan bahan yang dapat terukur oleh voltmeter (William, 2007).

Teknik pengukuran resistivitas dengan metode empat titik ini menggunakan empat buah elektroda, 2 elektroda diujung sebagai sumber arus masuk dan 2 elektroda didalam sebagai nilai tegangan keluar, seperti pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Skema dua elektroda arus dan potensial yang terletak pada suatu permukaan.

Dari Gambar 2.4 menunjukkan arus listrik diinjeksikan melalui elektroda arus yaitu C_1 dan C_2 . Sedangkan pengukuran tegangan yang terjadi diukur melalui elektroda beda potensial yaitu P_1 dan P_2 . Pada elektroda P_1 , potensial listrik yang dihasilkan oleh elektroda C_1 bernilai positif yaitu sebesar $\rho \frac{I}{2\pi r_1}$. Sedangkan potensial listrik pada elektroda P_1 yang dihasilkan oleh elektroda C_2 bernilai negatif yaitu sebesar $-\rho \frac{I}{2\pi r_2}$, sehingga besar potensial listrik pada elektroda P_1 sebesar:

$$V_{P_1} = \rho \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.4)$$

Demikian pula pada elektroda P_2 , potensial listrik dihasilkan oleh elektroda arus listrik C_1 dan C_2 , sehingga besar potensial listrik pada elektroda P_2 adalah:

$$V_{P_2} = \rho \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.5)$$

Setelah diperoleh nilai potensial listrik pada elektroda P_1 dan elektroda P_2 , beda potensial listrik antara elektroda P_1 dan P_2 adalah:

$$\Delta V = \rho \frac{I}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.6)$$

Dengan demikian, hubungan antara beda potensial dan tahanan jenis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.7)$$

atau

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \text{ dengan } K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \quad (2.8)$$

dengan ρ adalah resistivitas (Ωm), K adalah faktor geometri (cm), V adalah beda potensial listrik (Volt) dan I adalah kuat arus (Ampere) (Kearey *et al.*, 2002).

Berdasarkan salah satu konfigurasi pada pengukuran nilai resistivitas pada sampel yaitu konfigurasi Wanner, jika nilai a atau jarak antar kawat tembaga yang diletakkan pada sampel sama panjang, maka didapatkan nilai faktor geometri K yaitu sebesar (Telford *et al.*, 1990):

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} = 2\pi a \quad (2.8)$$

Kegunaan dari pengukuran nilai resistivitas suatu bahan adalah untuk dapat mengetahui nilai konduktivitasnya yang merupakan kebalikan dari resistivitas. Setelah konduktivitas suatu bahan diketahui, maka sifat dari bahan atau sampel yang kita amati juga dapat diketahui. Sifat bahan yang dimaksud adalah konduktor, semikonduktor, isolator ataupun superkonduktor (Sze, 1985).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Desember 2022 sampai dengan bulan Februari 2023 di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Karakterisasi SEM dilakukan di BRIN Tanjung Bintang, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tanjung Bintang, dan pengujian resistivitas sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Inti Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas beaker, labu ukur, erlenmeyer, *ultrasonic cleaner*, spatula, pipet tetes, *hot plate magnetic stirrer*, *stirrer bar*, kertas pH, statif, neraca digital, oven, multimeter, kabel penghubung, catu daya dan SEM.

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serbuk TiO_2 hasil ekstraksi TiO_2 dari pasir besi, substrat kaca, sabun, aquades, etanol, HNO_3 dan NaHCO_3 .

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Preparasi Substrat Kaca

Substrat kaca dicuci terlebih dahulu dengan sabun dan dibilas dengan air. Kemudian aquades dipanaskan hingga mendidih, lalu substrat kaca dimasukkan dan didiamkan selama 15 menit. Setelah itu, substrat kaca dipindahkan ke gelas beker yang berisi aquades lalu diletakkan di dalam pembersih *ultrasonic cleaner* selama 15 menit. Selanjutnya substrat kaca dipindahkan ke dalam gelas beker yang berisi etanol dan diletakkan kembali ke *ultrasonic cleaner* selama 15 menit. Substrat kaca diambil dan dibilas menggunakan aquades kemudian dikeringkan (Marjunus *et al.*, 2021).

3.3.2. Pembuatan Larutan

Serbuk TiO_2 (yang sudah diekstraksi) sebanyak 0,3 gram dilarutkan dalam 10 ml etanol dan 20 ml HNO_3 . Kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 24 jam. Setelah itu, dibuat larutan NaHCO_3 7% dengan sebanyak 7 g NaHCO_3 ditimbang kemudian dicampurkan kedalam labu ukur yang berisi 100 ml aquades. Larutan NaHCO_3 diteteskan kedalam larutan TiO_2 yang telah diaduk selama 24 jam hingga mencapai pH 3-4 yaitu pH asam (Marjunus *et al.*, 2021).

3.3.3. Pembentukan Lapisan Tipis

Pembentukan lapisan tipis TiO_2 dilakukan menggunakan metode CBD. Substrat kaca digantungkan menggunakan statif lalu dimasukkan secara vertikal ke dalam *beaker glass* yang berisi larutan TiO_2 . Proses pembentukan lapisan tipis dilakukan pada suhu ruang (25°C) dengan laju *magnetic stirrer* konstan dan dengan variasi waktu pelapisan yaitu 2, 3 dan 4 jam. Kemudian substrat kaca diangkat dan

ditiriskan hingga tidak ada larutan yang menetes, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam. Setelah itu, substrat kaca dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam (Marjunus *et al.*, 2021).

3.4. Karakterisasi Lapisan Tipis

Lapisan tipis TiO₂ yang telah diperoleh dikarakterisasi mikro strukturnya dengan SEM dan dilakukan pengukuran resistivitas dengan metode pengukuran empat titik.

3.4.1. Karakterisasi dengan SEM

Karakterisasi SEM pada sampel ini dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dan ketebalan pada sampel. Data hasil karakterisasi yang diperoleh dari analisis morfologi permukaan dengan SEM adalah berupa citra atau gambar. Tampilan gambar SEM merupakan tampilan gambar tiga dimensi. Uji SEM ini dilakukan pada sampel yang telah dikalsinasi pada suhu 500°C.

3.4.2. Pengukuran Resistivitas Sampel

Pengukuran resistivitas pada sampel ini dilakukan untuk mengetahui besar nilai penghantar dari lapisan tipis TiO₂ sehingga bisa digunakan sebagai bahan semikonduktor. Metode yang digunakan untuk mengetahui resistivitas pada sampel TiO₂ adalah metode pengukuran empat titik. Metode uji empat titik adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai resistivitas dari suatu bahan konduktor maupun semikonduktor. Prosedurnya adalah dengan mengangap arus (I) mengalir antara kedua elektroda terluar dan tegangan (V) diukur melalui kedua elektroda yang didalam.

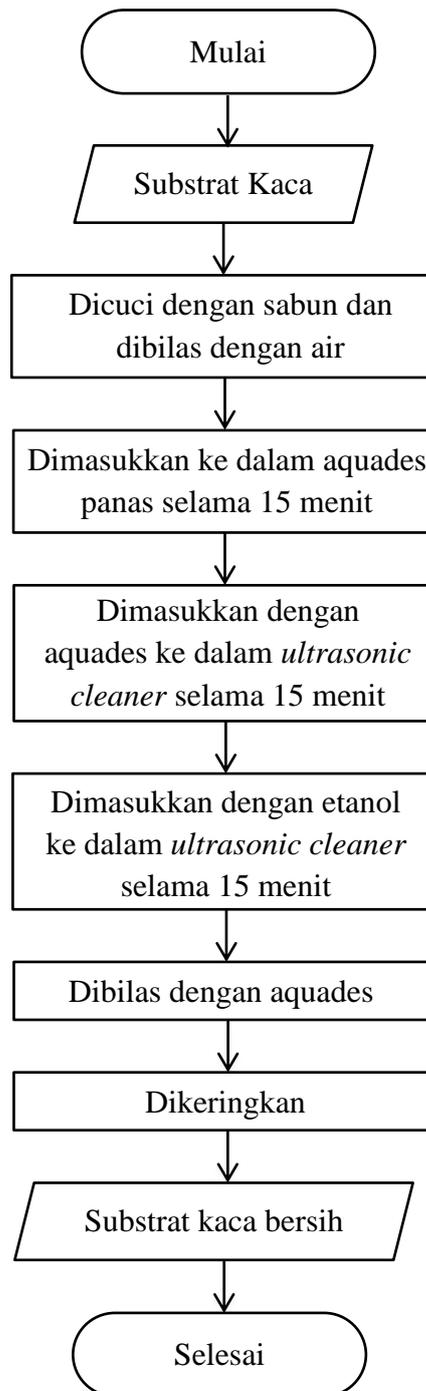
Adapun langkah-langkah pengukuran sampel yaitu sebagai berikut:

1. Diletakkan empat buah kawat tembaga dengan empat buah elektroda pada permukaan sampel menggunakan pasta perak dengan posisi sejajar dan jarak yang sama.
2. Dua elektroda terluar dihubungkan dengan amperemeter untuk mengetahui arus (I) yang mengalir dan dua elektroda dalam dihubungkan dengan voltmeter untuk mengetahui tegangannya serta power supply untuk mengatur sumber tegangan input.
3. Kemudian diukur besarnya arus yang mengalir pada amperemeter dan tegangan pada voltmeter sehingga didapatkan nilai resistivitas masing-masing sampel yaitu menggunakan persamaan (2.8).

3.5. Diagram Alir Penelitian

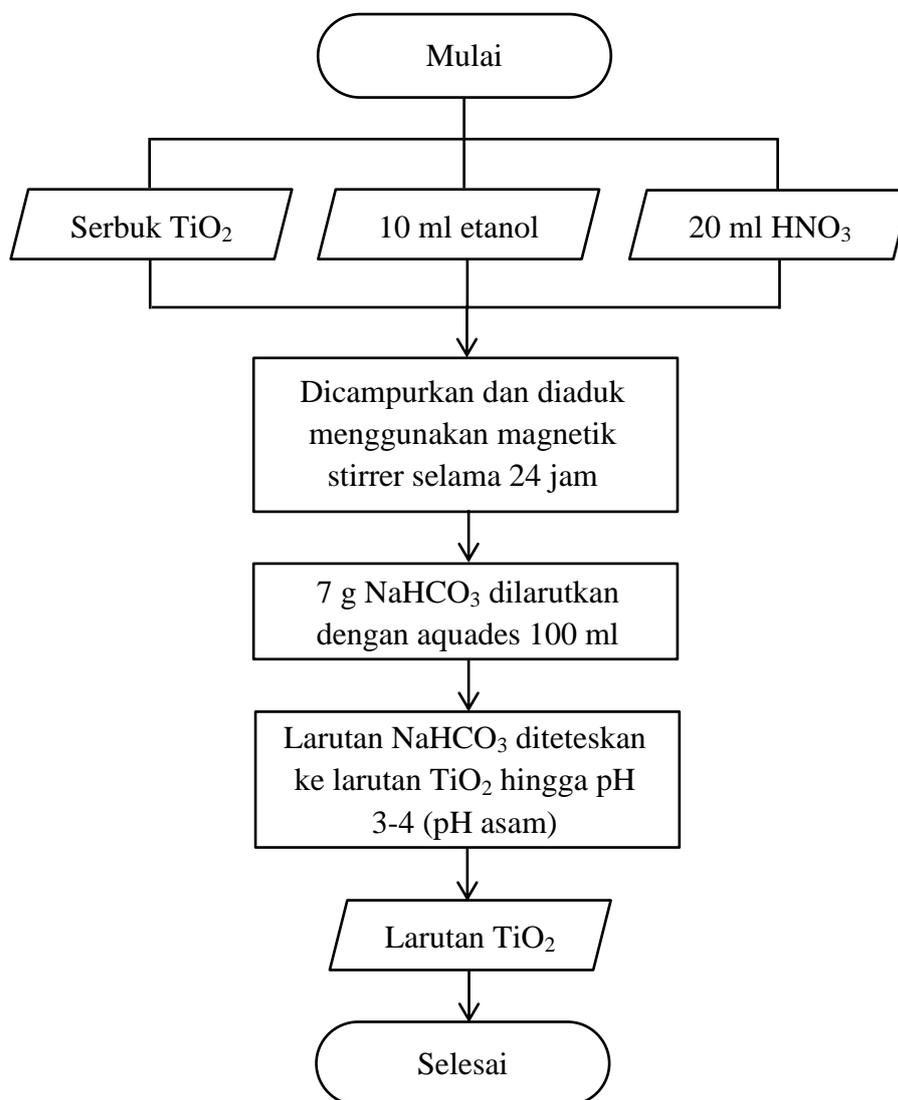
Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**, **Gambar 3.2** dan **Gambar 3.3**.

3.5.1. Preparasi Substrat Kaca



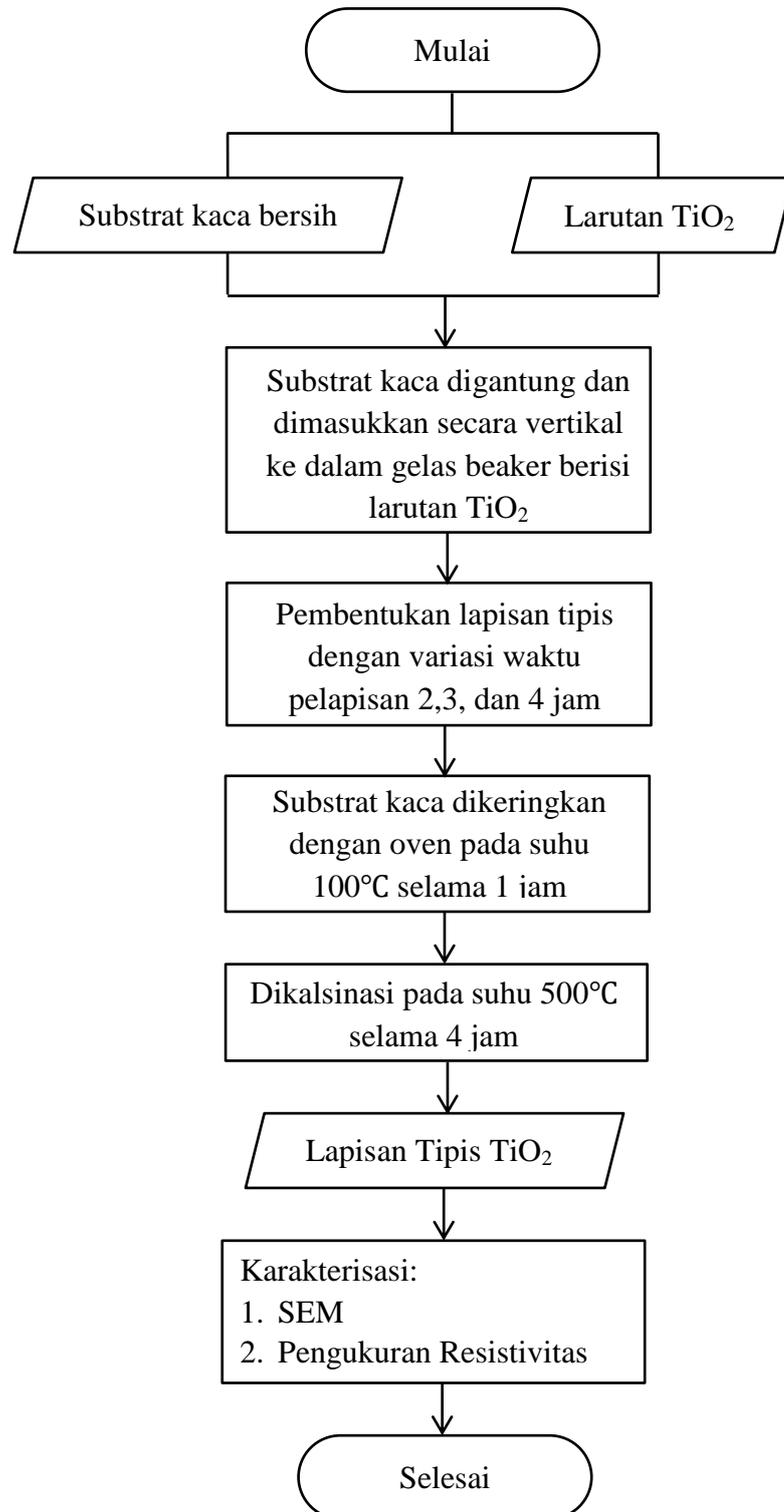
Gambar 3.1 Diagram Alir Preparasi Substrat Kaca.

3.5.2. Pembuatan Larutan TiO₂



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan TiO₂.

3.5.3. Pembentukan Lapisan Tipis



Gambar 3.3 Diagram Alir Pembentukan Lapisan Tipis TiO₂.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa telah terbentuk struktur berpori dan pertumbuhan butir pada sampel 2 jam kurang homogen dan pada sampel 3 jam dan 4 jam sudah cukup homogen. Semakin lama waktu pelapisan maka pertumbuhan butir semakin homogen.
2. Hasil SEM penampang melintang pada sampel 2 jam diperoleh ketebalan lapisan tipis TiO₂ sebesar 6,85 μm, sampel 3 jam sebesar 7,93 μm dan sampel 4 jam sebesar 10,03 μm. Semakin lama waktu pelapisan maka lapisan yang dihasilkan semakin tebal.
3. Hasil pengukuran resistivitas dengan metode empat titik pada sampel 2 jam memiliki nilai resistivitas sebesar $16,171 \times 10^5 \Omega\text{cm}$, sampel 3 jam sebesar $21,352 \times 10^5 \Omega\text{cm}$ dan 4 jam sebesar $24,492 \times 10^5 \Omega\text{cm}$. Semakin lama waktu pelapisan maka nilai resistivitas yang dihasilkan semakin naik.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan prekursor serbuk dari hasil ekstraksi TiO_2 dari pasir besi Lampung dengan kemurnian yang lebih tinggi.
2. Mengganti media penumbuhan lapisan tipis dengan substrat kaca ITO.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristanti, Y., Supriyanti, Y. I., Masduki, N. P., & Soepriyanto, S. 2019. Effect of Calcination Temperature on the Characteristics of TiO₂ Synthesized from Ilmenite and its Applications for Photocatalysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1–8.
- Chen, J., Chen, Y., Sun, Y., Lee, J., Chen, S., Chen, P., & Wu, P. 2014. Chemical Bath Deposition of IrO₂ Films on ITO Substrate. *Ceramics International*. 40: 14983–14990.
- Firdaus, I., Stevani, A., Handayani, Y. N., Febriyanti, N., Marjunus, R., & Manurung, P. (2021). Synthesis and Characterization of TiO₂ From Lampung's Iron Sand Using Leaching Method With Temperature Variation. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. 17(2) : 37-40.
- Firman, A. A. 2016. Pengaruh Waktu Deposisi dalam Sintesis TiO₂ Anatase dengan Metode Chemical Bath Deposition Terhadap Karakteristik Sensor Gas Volatile Organic Compound (Metanol). *Skripsi Fakultas Teknologi Industri*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Istiqomah, I., Putri, A., Patmawati, T., Rohmawati, L., & Setyarsih, W. 2019. Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO₂) Anatase Menggunakan Metode Leaching dari Pasir Mineral Tulungagung. *Akta Kimia Indonesia*. 4(2): 145-151.
- Jati, B. M. E., & Priyambodo, T. K. 2010. *Fisika Dasar*. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Kadhim, K. R., & Mohammed, R. Y. 2022. Effect of Annealing Time on Structure, Morphology, and Optical Properties of Nanostructured CdO Thin Films Prepared by CBD Technique. *Crystals*. 12(9): 1-8.
- Karbeka, M., Koly, F. V. L., & Tellu, N. M. 2020. Karakterisasi Sifat Kemagnetan Pasir Besi Pantai Puntaru Kabupaten Alor-NTT. *Lantanida Journal*. 8(2): 96–188.

- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration, Edisi ke-3*. Blackwell Science Ltd. USA.
- Lokhande, C. D., Lee, E. H., Jung, K. D., & Joo, O. S. 2004. Room Temperature Chemical Deposition of Amorphous TiO₂ Thin Films from Ti(III) Chloride Solution. *Journal Of Materials Science*. 39: 2915–2918.
- Lu, Z., Jiang, X., Zhou, B., Wu, X., & Lu, L. 2011. Study of Effect Annealing Temperature on the Structure, Morphology and Photocatalytic Activity of Sa Doped TiO₂ Thin Films Deposited by Electron Beam Evaporation. *Applied Surface Science*, 257(24): 10715–10720.
- Luque, P. A., Castro-Beltran, A., Vilchis-Nestor, A. R., Quevedo-Lopez, M. A., & Olivas, A. 2015. Influence of pH on Properties of ZnS Thin Films Deposited on SiO₂ Substrate By Chemical Bath Deposition. *Materials Letters*. 140: 148–150.
- Manno, D., Micocci, G., Rella, R., Serra, A., Taurino, A., & Tepore, A. 1997. Titanium Oxide Thin Films for NH₃ Monitoring: Structural and Physical Characterizations. *Journal of Applied Physics*. 82(1): 54-59.
- Manurung, P., Putri, Y., Simanjuntak, W., & Low, I. M. 2013. Synthesis and Characterisation of Chemical Bath Deposited TiO₂ Thin-Films. *Ceramics International*. 39(1): 255–259.
- Marjunus, R., Febriyanti, N., Stevani, A., Handayani, Y. N., Firdaus, I., & Manurung, P. 2021. Synthesis and Characterization of TiO₂ Thin Film Based on Iron Sand of Lampung Province - Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. 1951(1): 1-6.
- Marjunus, R., Sadita, A., Putri, M. M., Wati, I., Warohmah, W., & Firdaus, I. 2022. Optimization of TiO₂ Purity Level of Lampung's Iron Sand using Leaching Method by Variation of Iron Sand - NaOH Ratio and H₂SO₄ Concentration. *International Concurrence: On Mathematics and Sciences*. 10-11 October. 1-6.
- Marjunus, R., Sucipto, A., Purwarini, D., & Firdaus, I. 2022. Synthesis and Characterization of TiO₂ from Lampung's Iron Sand Using Acid leaching Method With Variation of HCl Concentration. *AIP Conference Proceedings*, 2668(060003).1-7.
- Masta, N. 2020. *Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy*. Universitas Kristen Indonesia. Jakarta.

- Mulyadi. 2013. Pembuatan Sensor Gas Volatile Organic Compound (VOC) Berbasis Material Semikonduktor SnO₂ Berstruktur Nano Menggunakan Metode Chemical Bath Deposition (CBD). *Skripsi Fakultas Teknologi Industri*. Institut Teknologi Bandung.
- Mulyani, O., & Astuti. 2014. Sintesis Sel Surya Tersensitisasi Pewarna (Sstp) Ekstrak Antosianin Buah Delima (*Punica Granatum*) Dengan Metode Sol-Gel-Spin Coating. *Jurnal Fisika Unand*. 3(2): 84–89.
- Mursal, I. L. P., & Dahlan, D. 2016. Pengaruh Penambahan CTAB Terhadap Nilai Absorbansi dan Morfologi Lapisan Tipis TiO₂. *Journal Online of Physics*. 1(2): 5–9.
- Pérez-González, M., Tomas, S. A., Morales-Luna, M., Arvizu, M. A., & Tellez-Cruz, M. M. 2015. Optical, Structural, and Morphological Properties of Photocatalytic TiO₂-ZnO Thin Films Synthesized by the Sol-gel Process. *Thin Solid Films*. 594: 304–309.
- Priharyono, S. S., & Gusmarwati, S. R. 2022. Pengambilan Titanium Dioksida (TiO₂) Dari Pasir Besi Kulon Progo Dengan Metode Hidrometalurgi. *Jurnal Inovasi Proses*. 7(2): 1–8.
- Puspitarum, D. L., Safitri, G., Ardiyanti, H., Mohamad, & Anrokhi, S. 2018. Characteristics and Mineral Content of Lampung Tengah Ironsands. *Journal of Science and Applicative Technology*. 2: 192–196.
- Rahayu, S. U. 2021. *Semikonduktor Natrium Antimon Sulfat (NaSbS₂)*. Penerbit NEM. Jawa Tengah.
- Rahmi, Fathurrahmi, Lelifajri, Mustafa, I., Susilawati, & Ishmaturrehmi. 2019. *Pemanfaatan Pasir Besi untuk Pembuatan Kitosan Magnetik*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh.
- Robin, Y., Moret, M., Ruffenach, S., Aulombard, R., & Briot. 2013. Annealing Effect of CdS Thin Films Deposited by Chemical Bath Deposition on Different Substrates. *IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*. 1173–1177.
- Sahdan, M. Z., Nayan, N., Dahlan, S. H., Mahmoud, M. E., & Hashim, U. 2012. Sol-Gel Synthesis of TiO₂ Thin Films from In-House Nano-TiO₂ Powder. *Advances in Materials Physics and Chemistry*. 2: 16–20.
- Selman, Abbas, M., Hassan, Z., & Husham, M. 2014. Structural and Photoluminescence Studies of Rutil TiO₂ Nanorods Prepared by Chemical Bath Deposition Method on Si Substrates at Different pH Values. *Measurement*. 56: 155–162.

- Setiawati, L. D., Rahman, T. P., Nugroho, D. W., Nofrizal, Ikono, R., Suryandaru, Yuswono, Siswanto, & Rochman, N. T. 2013. Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO_2) Dari Pasir Besi Dengan Metode Hidrometalurgi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampun*. 1(1): 465–468.
- Sujawarta, & Marwoto, P. 2014. *Karakterisasi Film Tipis*. Deepublish. Yogyakarta.
- Sutanto, H., & Nurhasanah, I. 2012. *Teknologi Lapisan Tipis & Aplikasinya*. UPT UNDIP Press. Semarang.
- Sze, S. M. 1985. *Semiconductor Devices : Physics and Technology*. Jhon Wiley & Sons.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. 1990. *Applied GeoPhysics*. Cambridge University Press. London.
- Tiwary, R., Vyas, S., Shubham, K., & Chakrabarti, P. 2014. Characterization of TiO_2 Thin Film Deposited by RF Sputtering Method. International Conference on Devices. *Circuits and Communications (ICDCCom)*. 1–3.
- Tohidi, T., Jamshidi-Ghaleh, K., Namdar, A., & Abdi-Ghaleh, R. 2014. Comparative Studies on the Structural, Morphological, Optical, and Electrical Properties of Nanocrystalline PbS Thin Films Grown by Chemical Bath Deposition Using Two Different Bath Compositions. *Materials Science in Semiconductor Processing*. 25: 197–206.
- Wahyuningsih, S., Ramelan, A. H., Rinawati, L., Munifa, R. M., Saputri, L. N. M. Z., Hanif, Q. A., Pranata, H. P., & Ismoyo, Y. A. 2016. Pembentukan TiO_2 Mesopori Dari TiSO_4 Hasil Pelarutan Ilmenite. *Jurnal ISSN 0216-3128*. 75-81
- Wang, H., S. Dong, S., Chang, Y., Zhou, X., & Hu, X. 2012. Microstructures and Photocatalytic Properties of Porous ZnO Films Synthesized by Chemical Bath Deposition Method. *Applied Surface Science*. 258: 4288–4293.
- Wang, M., Li, Q., Yu, H., Hur, S., & Kim, E. J. 2013. Phasecontrolled Preparation of TiO_2 Films and Micro (Nano) Spheres by Low-Temperature Chemical Bath Deposition. *Journal of Alloys and Compounds*. 578: 419–424.
- Wang, Z., & Hu, X. 1999. Fabrication and Electrochromic Properties of Spin-Coated TiO_2 Thin Films from Peroxo-Polytitanic Acid. *Thin Solid Films*. 352: 62–65.
- Weinberger, B. R., & Garber, R. B. 1995. Titanium Dioxide Photocatalysts Produced by Reactive Magnetron Sputtering. *Applied Physics Letter*. 66(18): 2409–2411.

- William, L. 2007. *Fundamentals of Gheophysics*. Chambridge University Press. Chambridge.
- Yunasfi, Mashadi, & Yusuf, S. 2013. Sifat Listrik dan Magnetik Lapisan Tipis Nanokomposit Fe-C/Si(100). *Majalah Metalurgi*. 28(2): 89-96.
- Zen, N. A. 2014. Karakterisasi Struktur dan Sifat Magnetik Manganese Ferrite sebagai Bahan Magnet Permanen Isotropik. *Skripsi Universitas Jenderal Soedirman*. Jawa Tengah.
- Zhang, W., Zhu, Z., & Cheng, C. Y. 2011. A Literature Review of Titanium Metallurgical processes. *Hydrometallurgy*. 108: 177–188.
- Zhou, L., Hoffman, R. C., Zhao, Z., & Aldinger, F. 2008. Chemical Bath Deposition of Thin TiO₂ Anatase Films for Dielectric Applications. *Thin Solid Films*. 516: 7661–7666.