

**EKSTRAKSI TiO_2 DARI PASIR BESI DI PROVINSI LAMPUNG
MENGUNAKAN VARIASI KONSENTRASI H_2SO_4**

(Skripsi)

Oleh

Arin Sadita

1917041042



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

ABSTRACT

EXTRACTION OF TiO₂ FROM IRON SAND OF LAMPUNG PROVINCE USING VARIATION OF H₂SO₄ CONCENTRATIONS

By

ARIN SADITA

Research on the extraction of TiO₂ from iron sand of Lampung Province has been carried out. This extraction was carried out to produce high purity TiO₂, determine the phase formed in the sample and its molarity, and know the morphology of the sample. The method which was used hydrometallurgy, with variations of H₂SO₄ concentrations i.e 8 M, 10 M, and 12 M and a ratio of iron sand and NaOH i.e 1:4. The results of the XRF analysis shows that the highest level of purity was found in the sampel which used 10 M H₂SO₄ i.e 16.34%. The results of the XRD analysis shows the formation of five phases, namely rutile (TiO₂), ilmenite (FeTiO₃), magnetite (Fe₃O₄), hematite (Fe₂O₃), and quartz (SiO₂) with the highest peak in the rutile phase. The results of SEM analysis shows that the morphology of sample are not uniform.

Keywords : TiO₂, H₂SO₄, XRF, XRD, and SEM.

ABSTRAK

EKSTRAKSI TiO₂ DARI PASIR BESI DI PROVINSI LAMPUNG MENGUNAKAN VARIASI KONSENTRASI H₂SO₄

Oleh

ARIN SADITA

Telah dilakukan penelitian ekstraksi TiO₂ dari pasir besi di Provinsi Lampung. Ekstraksi ini dilakukan untuk menghasilkan TiO₂ dengan kemurnian tinggi, mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel serta molaritas, dan mengetahui bentuk morfologi sampel. Metode yang digunakan yaitu hidrometalurgi, dengan variasi konsentrasi H₂SO₄ sebesar 8 M, 10 M, dan 12 M serta rasio pasir besi dan NaOH adalah 1:4. Hasil analisis XRF menunjukkan tingkat kemurnian tertinggi terdapat pada sampel H₂SO₄ 10 M sebesar 16,34%. Hasil analisis XRD menunjukkan terbentuknya lima fasa yaitu rutil (TiO₂), ilmenit (FeTiO₃), magnetit (Fe₃O₄), hematit (Fe₂O₃), dan kuarsa (SiO₂) dengan puncak tertinggi terletak pada fasa rutil. Hasil analisis SEM menunjukkan bentuk morfologi sampel tidak seragam .

Kata kunci : TiO₂, H₂SO₄, XRF, XRD, dan SEM.

**EKSTRAKSI TiO₂ DARI PASIR BESI DI PROVINSI LAMPUNG
MENGUNAKAN VARIASI KONSENTRASI H₂SO₄**

Oleh

ARIN SADITA

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA SAINS

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul Skripsi

**: EKSTRAKSI TiO_2 DARI PASIR BESI DI
PROVINSI LAMPUNG MENGGUNAKAN
VARIASI KONSENTRASI H_2SO_4**

Nama Mahasiswa

: ARIN SADITA

No Pokok Mahasiswa

: 1917041042

Jurusan

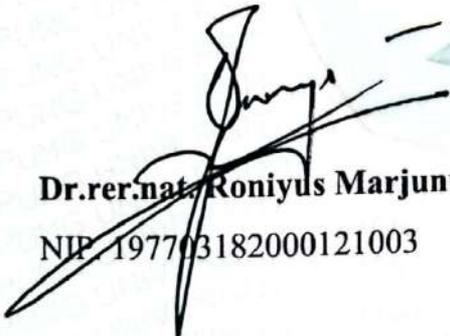
: Fisika

Fakultas

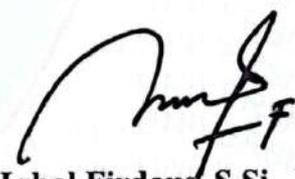
: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyetujui

1. Komisi pembimbing

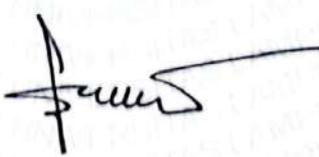

Dr.rer.nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.

NIP. 197703182000121003


Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si

NIP. 199006162019031016

2. Ketua jurusan Fisika Fmipa


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 : 22 Juni 2023

PERNYATAAAN

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 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, 12 juli 2023



Handwritten signature of Arin Sadita.

Arin Sadita
NPM. 1917041042

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama lengkap Arin Sadita, dilahirkan di Tanjung Raja pada tanggal 9 maret 2001 dari pasangan berbahagia Bapak Saripudin dan Ibu Rita Rina sebagai anak ke dua dari lima bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD N 1 Sindang Agung pada tahun 2013 dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 3 Tanjung Raja. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Tanjung Raja. Penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur SBMPTN pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Fisika Unila sebagai anggota bidang kaderisasi. Penulis juga aktif dalam UKM Fakultas FMIPA Unila Rohis sebagai anggota bidang kemuslimahan. Penulis juga aktif dalam UKM Unila Pik Raya sebagai anggota PSDM. Penulis pernah menjadi asisten Pratikum Fisika Dasar I dan Pratikum Fisika Eksperimen. Pada tahun 2022 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PTPN IV Way Berulu, dengan judul **“Uji Baku Mutu Karet Alam Way Berulu Menggunakan**

**Metode *Plasticity Retention Index* (PRI) di Laboratorium PTPN IV
kangguan Ratu Pesawaran”.**

MOTTO

Allahumma Yassir Wala Tu'assir

artinya "Yaallah permudahlah, jangan dipersulit, berilah kabar gembira, jangan ditakut-takuti,"

(HR. Bukhari dan Muslim).

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah :5)

“Ketika kamu Ikhlas menerima kekecewaan hidup, maka allah akan membayar tuntas kekecewaan dengan beribu ribu kebaikan”

(Ali bin Abi Thalib)

“Percayalah Allah sedang mempersiapkan sesuatu yang lebih baik untuk mu, start with bismillah and end with alhamdulillah”

(Arin Sadita)

“Kamu tak bisa tanpa Allah, tapi kamu bisa meraih segalanya dengan izin Allah”

(Arin Sadita)

"Try and fail, but never fail to try."

(Jared Leto)

PERSEMBAHAN

**Dengan Penuh rasa syukur kepada Allah SWT, penulis
mempersembahkan karya ini kepada :**

Abahku Saripudin dan Mamaku Rita Rina

Terima kasih atas kepercayaan yang diberikan atas izin merantau dari kalian, serta pengorbanan, cinta, doa, motivasi, semangat dan nasehat serta candaan-candaan yang sering dilontarkan “*Your joke was a colour for my life dad*”, yang tiada hentinya diberikan kepada anaknya. Dan juga tanpa lelah mendukung segala keputusan dan pilihan dalam hidup penulis, kalian sangat berarti. Semoga Allah SWT selalu menjaga kalian dalam kebaikan dan kemudahan *aamiin*.

Bapak-Ibu Dosen

Terima kasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan, semoga dapat bermamfaat dan menjadi ladang pahala yang selalu mengalir untuk Bapak dan Ibu.

Kakak dan adikku

Terima kasih atas segala do’a, usaha, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.

“Teman-teman dan almamater tercinta”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa, yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan berkat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang bertempat di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dengan judul **“Ekstraksi TiO₂ dari Pasir Besi di Provinsi Lampung Menggunakan Variasi Konsentrasi H₂SO₄”** Hasil Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan TA dan juga syarat memenuhi salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 12 juli 2023

Arin Sadita
NPM. 1917041042

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, sebab hanya dengan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis skripsi ini tentu tidak lepas dari bantuan semua pihak yang tulus membantu, membimbing, dan mendoakan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si sebagai pembimbing utama yang tulus mengajari dan membantu penulis dalam penelitian, membimbing dan memberikan pemahaman.
2. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si sebagai pembimbing kedua yang senantiasa membantu, memberikan pemahaman, dan masukan dalam penelitian ini.
3. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D sebagai dosen penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Unila.
5. Teman penelitian penulis Indriya Wati dan Mesy Meilani Putri. Terima kasih atas kerjasama dan bantuannya selama penelitian ini. Banyak hal yang sudah kita lalui bersama.
6. Teman seperjuangan penulis Andrean Johandra, Fina Damayanti, Mega Aulia Putri, Nenchy Anugrah Br. Tarigan, dan Noeris Yuniar. Terima kasih atas semangat dan dukungannya selama ini.

7. Teman-teman Fisika 2019 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
Terima kasih untuk kebersamaannya selama ini.
8. Kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Fisika FMIPA Unila.
9. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga atas segala bantuan, doa, motivasi dan dukungannya menjadi yang terbaik untuk penulis. Penulis berharap kiranya skripsi ini bermanfaat bagi semuanya.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023

Penulis

Arin Sadita

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--------------------------------|----------------|
| ABSTRACT | i |
| ABSTRAK | ii |
| HALAMAN JUDUL | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iv |
| PERNYATAAN | vi |
| RIWAYAT HIDUP | vii |
| MOTTO | viii |
| PERSEMBAHAN | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| SANWACANA | xii |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xv |
| I. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 5 |

| | |
|---|----|
| 1.5. Manfaat Penelitian | 6 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Pasir Besi..... | 7 |
| 2.2. Titanium Dioksida (TiO ₂) | 8 |
| 2.3. Hidrometalurgi | 8 |
| 2.4. <i>X Ray-Flourence</i> | 10 |
| 2.5. <i>X Ray-Diffraction</i> | 11 |
| 2.6. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> | 13 |
| III. METODE PENELITIAN | |
| 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan | 15 |
| 3.2. Alat dan Bahan..... | 15 |
| 3.3. Prosedur Percobaan..... | 16 |
| 3.4. Diagram Alir | 19 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Ekstraksi TiO ₂ | 26 |
| 4.2. Hasil Karakterisasi XRF Pasir Besi Lampung | 27 |
| 4.3. Hasil Analisis Kualitatif dan Kuantitatif XRD Pasir Besi | 29 |
| 4.3.1. Hasil Analisis Kualitatif XRD | 29 |
| 4.3.2. Hasil Analisis Kuantitatif XRD | 31 |
| 4.4. Hasil Karakterisasi SEM Pasir Besi Lampung..... | 34 |
| V. KESIMPULAN | |
| 5.1. Kesimpulan | 36 |
| 5.2. Saran..... | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 2.1. Struktur anatase TiO ₂ | 9 |
| Gambar 2.2. Struktur rutil TiO ₂ | 9 |
| Gambar 2.3. Struktur kristal brukit TiO ₂ | 10 |
| Gambar 2.4. Skema XRF..... | 13 |
| Gambar 2.5. Prinsip kerja XRD..... | 14 |
| Gambar 2.6. Skema Hukum Bragg..... | 15 |
| Gambar 2.7. Skema dasar SEM..... | 17 |
| Gambar 3.1. Diagram alir proses preparasi | 23 |
| Gambar 3.2. Diagram alir proses ekstraksi dengan metode kaustik..... | 24 |
| Gambar 3.3. Diagram alir hidrometalurgi | 25 |
| Gambar 4.1. Gambar sampel | 26 |
| Gambar 4.3. Difraktogram hasil XRD setiap fasa untuk ilmenit, kuarsa, rutil, magnetit, dan hematit..... | 31 |
| Gambar 4.4. Hasil <i>Refinement</i> data XRD..... | 32 |
| Gambar 4.5. Bentuk morfologi sampel TiO ₂ pada <i>raw material</i> , rasio pasir besi :NaOH = 1:4, (A1) <i>raw material</i> perbesaran 5000X, (A2) sampel 1:4 perbesaran 5000X | 36 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|----------------|
| Tabel 1. Sifat fisik dan kimia pasir besi | 7 |
| Tabel 2. Hasil karakterisasi XRF pada <i>raw material</i> dan sampel dengan rasio pasir besi : NaOH = 1:4 yang di <i>leaching</i> dengan variasi konsentrasi H ₂ SO ₄ sebesar 8, 10, dan 12 M..... | 27 |
| Tabel 3. Fasa yang terbentuk pada analisis XRD kualitatif <i>raw material</i> | 31 |
| Tabel 4. Fasa yang terbentuk pada analisis XRD kualitatif sampel 1:4 | 32 |
| Tabel 5. Parameter kesesuaian refinement XRD pada TiO ₂ dengan perbandingan pasir besi dan NaOH 1:4..... | 32 |
| Tabel 6. Parameter sel fasa sampel TiO ₂ dengan perbandingan pasir besi dan NaOH 1:4 | 32 |
| Tabel 7. Parameter persentase molaritas setiap fasa TiO ₂ <i>raw material</i> Perbandingan pasir besi dan NaOH 1:4 | 33 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pasir besi menjadi salah satu material magnetit yang digunakan dalam berbagai bidang seperti elektronik, energi, kimia, katalis, dan diagnosis medis. Pasir besi dapat ditemukan di sepanjang pantai, sehingga mudah untuk ditambang dan diolah menjadi bahan yang bernilai tinggi. Pasir besi banyak dijual dalam bentuk mentahnya saja sehingga penggunaannya kurang efektif (Mohar *et al.*, 2013). Menurut Yuliyanto, *et al.* (2003), pasir besi di Indonesia banyak terdapat di pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Khusus di pulau Jawa pasir besi ditemukan pada pesisir Lumajang, pesisir Sukabumi, dan pesisir Glagaa. Di pulau Sumatera khususnya di Lampung keberadaan pasir besi melimpah, sehingga pasir besi menjadi salah satu bahan alami sebagai sumber penghasil Titanium Dioksida (TiO_2) yang akan digunakan untuk aplikasi lapisan tipis.

TiO_2 merupakan jenis logam yang memiliki banyak kualitas khusus yaitu ringan, mengkilap, kuat, tahan panas, tidak beracun serta tahan korosi. TiO_2 cukup banyak dalam massa kerak bumi dan terdistribusi dalam bentuk mineral anatase, brokit, ilmenit, dan rutil. Ilmenit (FeTiO_3) dan rutil (TiO_2) merupakan sumber titanium yang paling ekonomis (Sekimoto *et al.*, 2016; Hiraki *et al.*, 2018).

demikian, ilmenit perlu diolah terlebih dahulu menjadi rutil sebelum dijadikan bahan baku titanium murni (Ermawati *et al.*, 2011 ; Mutombo, 2018). Dalam ekstraksi titanium dioksida, bahan baku utama yang digunakan yaitu mineral ilmenit.

Untuk memperoleh TiO_2 dari pasir besi, terdapat beberapa metode yang digunakan, antara lain dengan pirometalurgi dan hidrometalurgi (Zou *et al.*, 2017; Kyle, 2010). Pirometalurgi adalah metode pembakaran pasir besi dengan karbon sebagai reduktor pada suhu tinggi untuk menghasilkan terak kaya TiO_2 sebagai hasil reduksi dalam pasir besi. Metode kedua yaitu hidrometalurgi, metode ini dilakukan dengan melarutkan pasir besi menggunakan larutan asam dilanjutkan dengan pembentukan senyawa kompleks menggunakan pelarut netral atau asam (Hao *et al.*, 2012). Dengan cara ini, pengolahan lebih lanjut masih diperlukan karena adanya besi yang terlarut dalam larutan asam (Aliwarga *et al.*, 2019).

Metode ini telah banyak digunakan oleh beberapa peneliti terdahulu, seperti pada penelitian (Lasheen, 2008) yang bertujuan untuk mengoptimalkan ekstraksi titania yang direaksikan dengan (NaOH) dengan variasi suhu 400-1000°C, karena pada rentang suhu 400 – 1000°C NaOH dapat bereaksi dengan baik dan lebih optimal dalam menguraikan senyawa ilmenit. Titania yang diperoleh sebesar 97% pada *roasting* dengan suhu 850°C (Setyani *et al.*, 2014).

Ekstraksi TiO_2 dari pasir besi telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Marjunus *et al.*, 2021) dan (Firdaus *et al.*, 2021) pada penelitiannya menggunakan HCl dengan konsentrasi 12 M pada proses pelindian dengan memvariasikan lama waktu pelindian (2, 3, 4, 5 dan 6 jam) dan suhu

pelindiannya 110°C sehingga diperoleh konsentrasi TiO_2 tertinggi sebesar (60,701%) dengan waktu pelindian selama 2 jam dengan suhu 110°C . Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan Marjunus *et al.* (2021) dan Firdaus *et al.* (2021), terlihat bahwa tingkat kemurnian TiO_2 yang diperoleh cukup maksimal saat menggunakan HCl dengan konsentrasi 12 M sebagai pelarut dalam proses pelindian asam. Namun, untuk lebih meningkatkan hasil kemurnian TiO_2 maka digunakan larutan asam H_2SO_4 .

Penggunaan H_2SO_4 sebagai pelarut dalam metode *leaching* sangat menguntungkan karena dapat mempercepat proses ekstraksi TiO_2 serta dapat melarutkan logam Fe (Indrawati, 2013). Beberapa peneliti, seperti Zulfalin dan Manai (2004) menginformasikan bahwa penggunaan H_2SO_4 dengan konsentrasi 7,5 M menghasilkan konsentrasi TiO_2 dengan persentase 85%. Selain itu, (Xiong *et al.*, 2013) juga menginformasikan bahwa penggunaan konsentrasi H_2SO_4 80% dengan rasio massa residu asam-titanium 2,7:1 menghasilkan konsentrasi TiO_2 mencapai 98%.

Menurut (Setyani *et al.*, 2014), penggunaan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai *leaching* berfungsi untuk memisahkan senyawa Fe dari pengotor yang dapat mengganggu kemurnian TiO_2 . Yu dan Aung (2020), mengemukakan bahwa penggunaan asam sulfat pada proses *leaching* dipilih karena asam sulfat lebih baik dalam proses hidrolisis dan kalsinasi dibandingkan HCl dalam menghasilkan titanium dioksida dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Hal ini terjadi karena H_2SO_4 memiliki jumlah ion H^+ yang lebih banyak dibandingkan HCl sehingga pemutusan ikatan menjadi molekul berlangsung lebih cepat.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemurnian TiO_2 yang diperoleh di Provinsi Lampung dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 yaitu 8, 10, dan 12 M.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mengekstrak pasir besi yang ada di Provinsi Lampung sehingga menghasilkan TiO_2 dengan kemurnian tinggi menggunakan variasi konsentrasi H_2SO_4 8, 10, dan 12 M ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengekstrak TiO_2 dari pasir besi yang ada di Provinsi Lampung sehingga menghasilkan TiO_2 dengan kemurnian tinggi menggunakan variasi konsentrasi H_2SO_4 8, 10, dan 12 M.
2. Mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel serta persentase molaritas fasa sampel.
3. Mengetahui bentuk morfologi pada sampel.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini sebagai berikut.

1. Menggunakan variasi konsentrasi H_2SO_4 dengan konsentrasi 8, 10, dan 12 M.
2. Pada tahap *leaching* (pelindian) dilakukan sebanyak 2 kali yaitu *leaching* menggunakan *aquades* dilanjutkan *leaching* menggunakan H_2SO_4 .

3. Pada tahap *roasting* suhu yang digunakan sebesar 450°C selama 2 jam.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi dalam hal ekstraksi TiO₂ dari pasir besi.
2. Memberikan informasi mengenai cara ekstraksi TiO₂ dari pasir besi yang ada di Provinsi Lampung menggunakan H₂SO₄ pada proses *leaching*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir Besi

Pasir besi merupakan bahan alami yang sangat melimpah ketersediannya di Indonesia. Penyebaran pasir besi di Indonesia terdapat di Pulau Sumatera, Jawa, dan Sulawesi. Pasir besi biasanya ditambang di pesisir pantai dan juga sungai-sungai di bawah gunung berapi. Melimpahnya kandungan pasir besi di Indonesia membuat pasir besi sangat murah, bahkan Indonesia dikenal sebagai negara pengekspor pasir besi (Setiawati *et al.*, 2013).

Pasir besi menjadi salah satu jenis pasir dengan konsentrat berat dari logam besi, berwarna abu- abu gelap atau kehitaman. Di dalam pasir besi banyak mengandung senyawa diantaranya hematit (α -Fe₂O₃), magemit (γ - Fe₂O₃), magnetit (Fe₃O₄), dan titanium dioksida (TiO₂) Zulfalina dan Manai (2004). Magnetit menjadi salah satu mineral magnetit yang terkandung di dalam pasir besi, magnetit memiliki sifat mekanik yang kuat serta tidak cepat terkorosi dengan tingkat kestabilan terhadap pengaruh medan luar serta mempunyai suhu yang cukup baik (Zen, 2014).

Mineral magnetit yang terdapat di dalam pasir besi antara lain adalah magnetit (Fe₃O₄), hematit (α - Fe₂O₃), dan magemit (γ - Fe₂O₃). Ketiga mineral tersebut

banyak digunakan pada industri, diantaranya sebagai pewarna serta campuran untuk cat, juga sebagai bahan dasar untuk magnet permanen. Magnetit banyak digunakan sebagai bahan dasar tinta kering (toner) pada mesin fotokopi dan printer laser. Selain itu, magnetit juga menjadi bahan utama pada pita kaset. Setiap mineral pada magnetit memiliki karakteristik sifat- sifat tertentu. Perbedaan sifat tergantung pada jenis mineral magnetit, bentuk dan ukuran bulirnya, serta dipengaruhi oleh keadaan mineral magnetit tersebut (Mufit *et al.*, 2013). Adapun sifat fisik dan kimia pasir besi seperti pada **Tabel 2.1**.

Tabel 1.Sifat fisik dan kimia pasir besi (Perry, 2007).

| Sifat fisik dan kimia pasir besi | Nilai |
|---|--|
| Rumus kimia | Fe ₂ O ₃ |
| Berat Molekul | 159,70 g/ml |
| Densitas | 5,12 kg/m ³ |
| Titik leleh | Terurai pada 1560°C |
| Titik didih | - |
| Warna | Hitam |
| Kelarutan | Tidak larut dalam air tetapi larut dalam HCl |

2.2. Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida atau titanium (IV) oksida merupakan senyawa oksida titanium yang memiliki rumus molekul TiO₂. Titanium dioksida terdapat di alam dalam bentuk batuan, endapan batuan, dan pasir. Titanium dioksida merupakan senyawa yang tersusun dari ion-ion Ti⁴⁺ dan ion-ion O²⁻ yang memiliki keelektromagnetan sebesar 1,54 pada atom Ti dan 3,44 pada atom O (Chen dan Mao 2007). Titanium dioksida menjadi salah satu bahan semikonduktor yang *inert* secara kimia, serta

menunjukkan aktivitas katalitik foto cahaya dengan energi yang sama atau lebih tinggi dari energi celah (Skocaj *et al.*, 2011).

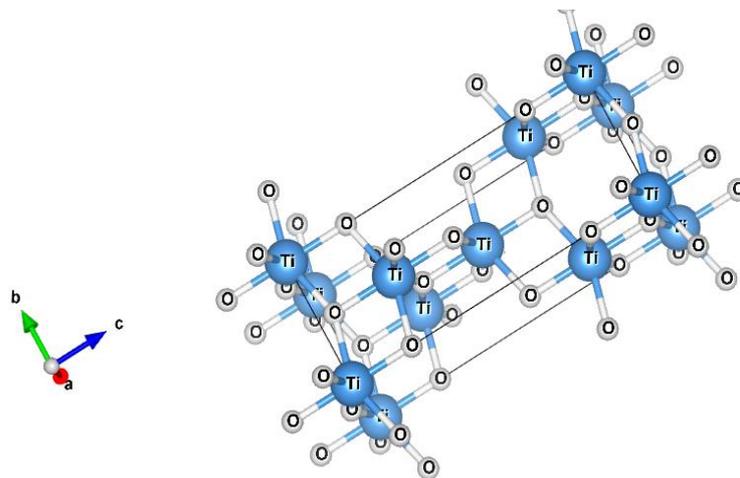
Selain itu, TiO_2 merupakan bahan kimia anorganik yang dapat diaplikasikan terutama pada pembuatan pigmen putih yang berkualitas terbaik, sebagai filler pada pabrik kertas, pabrik plastik dan pabrik karet serta sebagai zat pada industri gelas. Konsumsi TiO_2 terbesar digunakan oleh industri pigmen dan hanya sekitar 6% TiO_2 yang kemudian diolah menjadi logam titanium. Penelitian proses perolehan TiO_2 pernah dilakukan oleh Royani (2018). TiO_2 menjadi salah satu senyawa yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. TiO_2 juga dapat diterapkan untuk pemurnian pencemaran lingkungan, dan sensor gas.

Titanium dioksida atau titania dapat diperoleh dengan ekstraksi dari ilmenit oksidasi (FeTiO_3). Berdasarkan tingkat kemurnian (Setya *et al.*, 2014). Titanium dioksida terbagi atau 3 bentuk berdasarkan struktur kristalnya (Watanabe, 1999) yaitu:

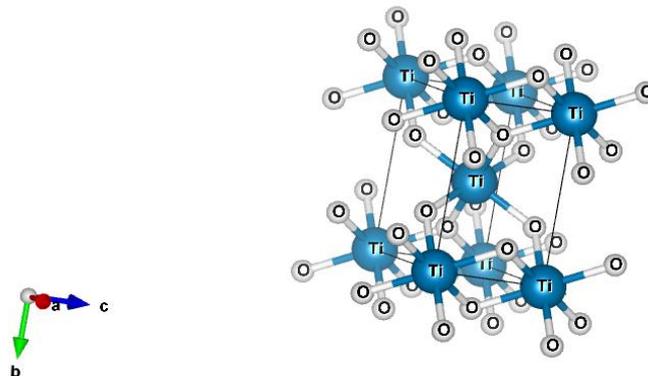
- a. Rutil : Stabil pada suhu tinggi, bentuk kristalnya tetragonal, dan terdapat pada batuan beku.
- b. Anatase : Stabil pada suhu rendah, bentuk kristalnya tetragonal.
- c. Brukit : Biasanya hanya terdapat pada mineral , dengan struktur kristalnya *orthorombik*.

Secara termodinamika kristal TiO_2 jenis rutil memiliki sifat lebih stabil dibandingkan dengan jenis kristal lainnya seperti brukit atau anatase, namun untuk partikel yang berukuran nanopartikel struktur anatase memiliki sifat yang lebih stabil (Arora *et al.*, 2010). Penggambaran struktur kristal dibuat menggunakan perangkat lunak vesta. Untuk menggambar struktur kristal dengan

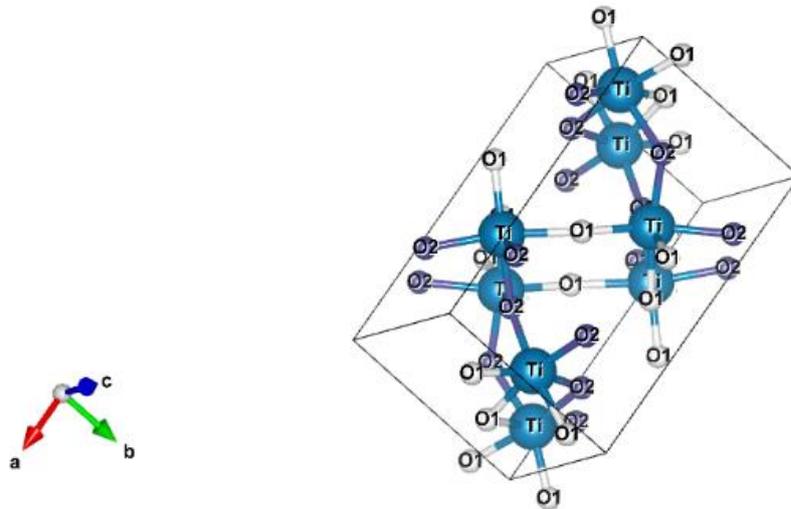
menggunakan perangkat lunak vesta, diperlukan data kristal seperti *space group*, *lattice parameter*, dan *atomic position*. Data tersebut biasa disebut dengan Crystallographic Information File (CIF). Langkah pertama dalam menggunakan vesta yaitu *build new* struktur melalui menu file, selanjutnya mengisi parameter seperti *space group* dan sebagainya. Selanjutnya mengisi *atomic position* kemudian klik OK jika sudah selesai (Hilmy, 2015). Hasil struktur kristal anatase yang dibuat menggunakan perangkat lunak vesta ditunjukkan pada **Gambar 2.1**, struktur rutil ditunjukkan pada **Gambar 2.2**, dan struktur brookit ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.1 Struktur anatase TiO_2 , dibuat menggunakan vesta tahun 2020.



Gambar 2.2. Struktur rutil TiO_2 , dibuat menggunakan vesta tahun 2020.



Gambar 2.3. Struktur Kristal Brukit, dibuat menggunakan Vesta tahun 2020.

2.3. Hidrometalurgi

Hidrometalurgi merupakan salah satu cabang dari ilmu metalurgi ekstraksi. Hidrometalurgi merupakan proses ekstraksi logam dengan menggunakan *reagen* pelarut (larutan air dan asam) yang dilakukan pada suhu kamar yang rendah. Proses hidrometalurgi adalah suatu proses menggunakan pemakaian suatu zat kimia yang cair untuk dapat melarutkan suatu partikel tertentu. Hidrometalurgi dapat juga diartikan sebagai proses ekstraksi metal dengan larutan *reagen* encer (< 1 gram/mol) pada suhu <100°C. Reaksi kimia yang dipilih biasanya sangat selektif. Artinya hanya metal yang diinginkan, Pelarut yang digunakan dalam pengolahan hidrometalurgi dapat berupa asam (Setiawati *et al.*, 2013).

Reaksi kimia yang ada di dalam ilmenit bereaksi dengan H₂SO₄ seperti disajikan pada **Pers.(2.3.1)** (Barcksdale, 1966).



Metode hidrometalurgi mempunyai beberapa kelebihan, yaitu biaya pengolahan yang rendah, *recovery* yang tinggi, proses pengolahan yang relatif mudah, dan proses pengolahan yang relatif lebih singkat. Penggunaan metode hidrometalurgi juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu *reagen* preaksi yang cukup banyak dan kapasitas produksinya kecil. Sehingga diperlukan optimalisasi agar diperoleh hasil yang maksimal. Beberapa faktor yang mempengaruhi metode hidrometalurgi diantaranya suhu selama proses *roasting*, konsentrasi reaktan, ukuran partikel sampel dan pH. Apabila kombinasi dari faktor-faktor tersebut, maka proses hidrometalurgi akan optimal (Zhang, 2011).

Secara garis besar, proses hidrometalurgi terdiri dari tiga tahap yaitu sebagai berikut:

1. Pelindian (*leaching*) adalah pelarutan logam ke dalam larutan, dapat menggunakan pereaksi (asam atau basa) sehingga logam meninggalkan pengotor.
2. pemurnian terhadap larutan tersebut, untuk meningkatkan konsentrasi terlarut logam yang diinginkan, serta menghilangkan pengotor.
3. pengambilan (*recovery*) logam yang diinginkan dari larutan menjadi bentuk yang siap digunakan (misalnya padatan) (Zhang, 2011).

Secara umum dua proses utama ekstraksi serta meningkatkan kadar TiO_2 dalam pasir besi dengan metode hidrometalurgi, yaitu pelindian dengan asam sulfat maupun dengan asam klorida. Proses pelindian bertujuan untuk memecahkan bijih atau konsentrat dari bahan yang akan diekstraksi untuk memisahkan sehingga menghasilkan mineral berharga. Selain itu proses ini juga mudah melarutkan zat

dalam bijih atau konsentrat sehingga akan didapatkan bentuk konsentrat yang kaya logam berharga (Zhang, 2011).

Proses pelindian dengan asam sulfat merupakan teknologi pertama yang dikomersialisasikan untuk mengkonversi ilmenit ke pigmen titanium. Dalam proses ini, ilmenit (40-60% TiO_2) atau titanium *slag* (72-87% TiO_2) diolah dengan asam sulfat untuk membentuk larutan sulfat (titanil sulfat TiOSO_4 dan sulfat besi) (Kyle, 2010). Limbah logam digunakan untuk mengurangi besi (III) ke besi (II) yang tidak akan mengendap dengan TiO_2 serta mencemari produk.

2.4. X-Ray Fluoresensi (XRF)

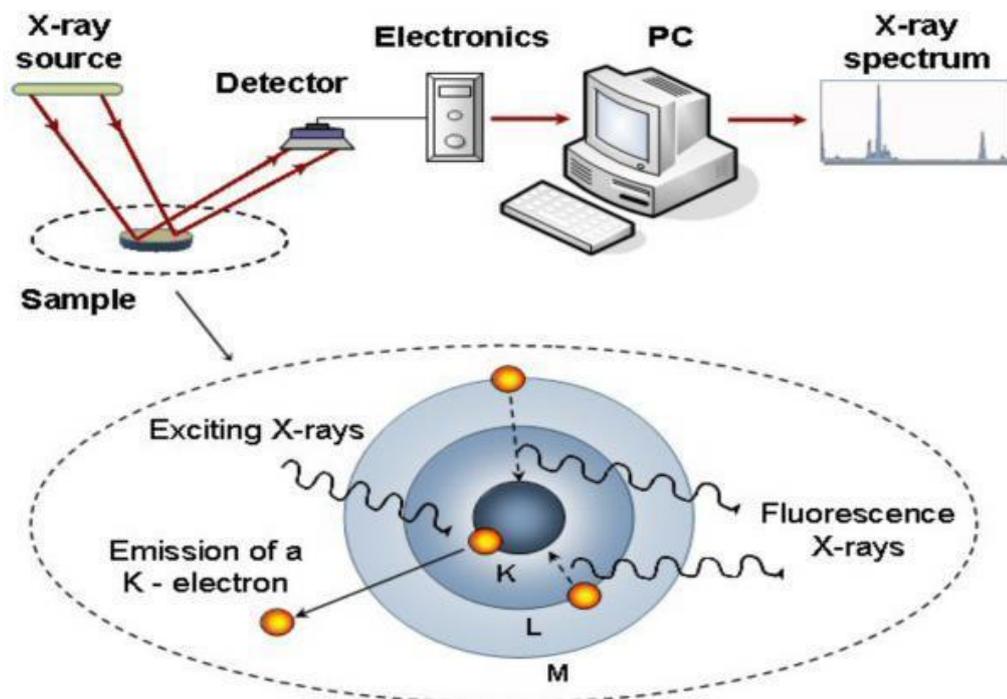
Sinar-X merupakan Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki Panjang gelombang antara 0,01 nm sampai 10 nm serta memiliki frekuensi 1016 sampai 1021 hz. Sinar-X didapatkan dari hasil reaksi suatu logam yang dikenai atau ditumbuk oleh rangkaian berkas elektron berenergi tinggi dengan percepatan 30.000V, hasil dari tumbukan tersebut yaitu radiasi sinar putih akibat elektron mengalami pengurangan kecepatan dengan cepat dan energi yang hilang hasil pengurangan kecepatan dikonversi menjadi energi foton (Manurung, 2019).

XRF adalah salah satu metode analisis untuk mengetahui komposisi unsur atau elemen pada suatu bahan atau sampel secara cepat. Analisis yang dilakukan yaitu analisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif memberikan informasi jenis unsur yang terkandung dalam bahan yang dianalisis, yang ditunjukkan oleh adanya spektrum unsur pada energi Sinar-X karakteristiknya. Sedangkan analisis

kuantitatif memberikan informasi jumlah unsur yang terkandung dalam bahan yang ditunjukkan oleh ketinggian puncak spektrum (Hennet *et al*, 1999).

Prinsip dasar XRF adalah Sinar-X dari tabung Sinar-X (sumber isotop) akan mengenai sampel. Dalam sampel akan terjadi pelepasan elektron ke kulit K. Elektron dari kulit L dan M akan mengisi kekosongan elektron pada kulit K yang menyebabkan pelepasan energi berupa foton atau memancarkan Sinar-X. Sinar-X dari sampel akan dikirim ke detektor yang akan diinginkan baik secara elektrik atau dengan cairan nitrogen. Sinyal dari detektor akan diproses dan dikirimkan ke komputer kemudian ditampilkan dalam bentuk spektrum (Munasir, 2012).

Berikut ini disajikan skema dari XRF dalam **Gambar 2.4**.



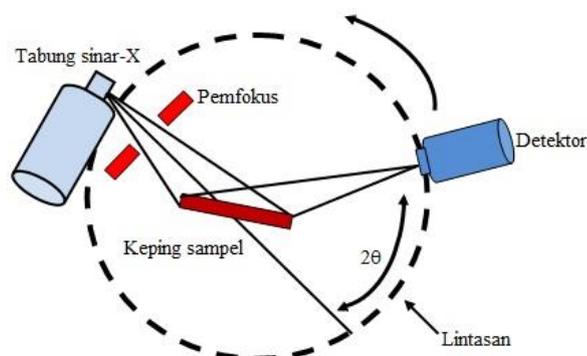
Gambar 2.4. Skema XRF (Jamaludin dan Adiantoro, 2012).

Dalam analisis kuantitatif, faktor-faktor yang berpengaruh pada analisis antara lain matriks dari sampel (bahan), kondisi kevakuman, dan konsentrasi unsur alam

bahan serta pengaruh unsur yang mempunyai energi karakteristik unsur yang dianalisis (Jamaludin dan Adiantoro, 2012).

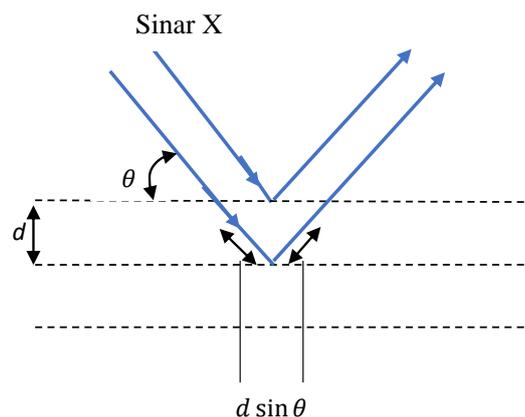
2.5. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan salah satu pendekatan analisis yang paling penting digunakan dalam studi kualitatif dan kuantitatif. XRD digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal dengan cara membandingkan jarak d (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data yang ada di literatur. Hasil dari XRD ialah dimensi kisi atau jarak (d) dalam suatu struktur kristal sehingga dapat diketahui kerapatan kristal tersebut. Prinsip dasar XRD yaitu hamburan elektron yang mengenai permukaan kristal. Bila seberkas sinar dilewatkan pada permukaan kristal dengan sudut (θ), maka sebagian sinar tersebut akan terhambur dan sebagian akan diteruskan pada lapisan berikutnya. Sinar yang dihamburkan akan terinterferensi secara konstruktif (menguatkan) dan destruktif (melemahkan) yang dicatat oleh detektor yang mana setiap sinar yang tertangkap akan memenuhi persamaan hukum Bragg. Skema difraksi Sinar-X diperlihatkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Prinsip kerja XRD (Cullity, 2014).

Cara kerja mesin XRD yaitu ketika Sinar-X tersebut menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas Sinar-X yang didifraksikan oleh sampel (Cullity, 2014). Sampel serbuk pada padatan kristalin memiliki bidang- bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel- partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi tertentu, sehingga difraksi Sinar-X memenuhi Hukum Bragg disajikan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Skema Hukum Bragg (Krane, 2020).

Pada Gambar 2.4. terlihat bahwa sinar datang akan menumbuk bidang kemudian sinar dipantulkan, begitu juga dengan sinar 2 akan menumbuk bidang lalu sinar dipantulkan dengan sudut datang sama dengan sudut pantul yaitu θ . Dengan jarak tempuh sinar d . Maka dapat dirumuskan persamaan hukum bragg (Krane,2020) :

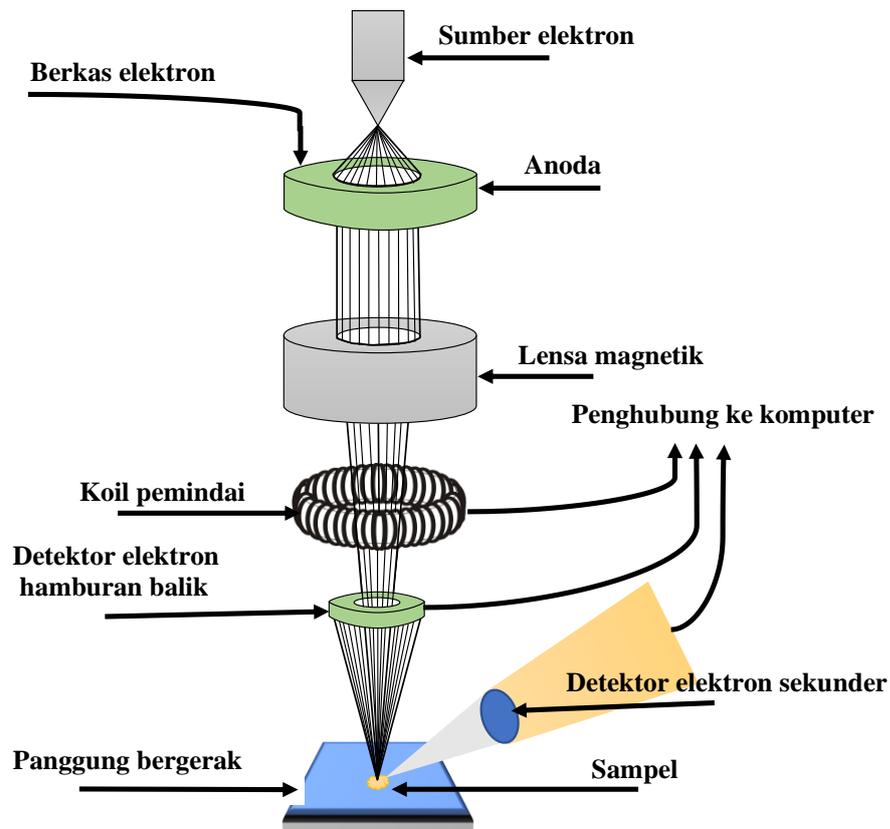
$$2 d \sin \theta = n\lambda \quad n = 1,2,3,\dots \quad (1)$$

Dengan d adalah jarak antar bidang dalam kristal, θ adalah sudut difraksi, dan λ adalah panjang gelombang. Berdasarkan Hukum Bragg, jika seberkas Sinar-X dijatuhkan pada bahan kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan Sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi (Cullity, 2014).

2.6. Scanning Elektron Microscopy (SEM)

Scanning Elektron Microscopy (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butir, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan.

Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Berkas elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 0,5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder kesegala arah. *Scanning* pada permukaan bahan yang diinginkan dapat dilakukan dengan mengatur *scanning* generator dan *scanning coils*. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan cuplikan ditangkap oleh detektor SE (*Secondary Electron*) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier kemudian divisualisasikan dalam monitor katoda. Skema dasar SEM disajikan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.5. Skema dasar SEM (Leamy, 1982).

Prinsip kerja SEM dimulai dari proses yang pertama pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda, dilanjutkan dengan lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, lalu sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai (Parry, 2000). SEM memanfaatkan kondisi vakum dan memanfaatkan elektron untuk membentuk gambar, maka harus dilakukan preparasi khusus pada sampel, yaitu semua air dikeluarkan dari sampel (Gonjal, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, disertai dengan menyewa XRF, XRD dan SEM di Laboratorium Analisa Mineral Pusat Riset Teknologi Pertambangan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Lampung-Tanjung Bintang total kegiatan penelitian ini akan menghabiskan waktu selama 6 bulan.

3.1. Alat dan Bahan

3.1.1 . Alat

Adapun peralatan yang digunakan antara lain: *furnace*, *hot plate*, pengaduk magnet (*magnetic stirrer*), gelas beaker, gelas ukur, spatula, kertas saring, cawan petri, termometer, neraca analitik, XRF, XRD, SEM.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Pasir besi, *Aquades*, H_2SO_4 , dan NaOH.

3.2 Prosedur Percobaan

Prosedur penelitian ini terdiri dari karakterisasi pasir besi menggunakan XRF, ekstraksi TiO₂ dari pasir besi, dan karakterisasi menggunakan XRF, XRD, dan SEM.

3.3.1. Karakterisasi Kandungan Senyawa di Pasir Besi

Kandungan senyawa di dalam pasir besi terlebih dahulu dikarakterisasi menggunakan XRF.

3.3.2. Ekstraksi TiO₂ dari Pasir Besi

Prosedur ekstraksi TiO₂ dari pasir besi menggunakan metode yang telah digunakan oleh Aristanti, *et al* (2019) yaitu menggunakan metode fusi kaustik yang diikuti pelindian air dan pelindian asam.

3.3.2.1. Preparasi Awal

Preparasi awal meliputi pencucian, pengeringan dan penyaringan. Pada tahap pencucian, pasir besi dicuci dengan menggunakan *aquades* dan diaduk selama 10 menit. Kemudian, *aquades* yang sudah digunakan dalam proses pencucian tersebut dibuang. Pencucian diulangi sekali lagi. Pasir besi yang telah bersih dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, kemudian dilakukan penyaringan untuk menghilangkan pengotor yang tidak larut dalam *aquades* seperti serpihan kayu dan batuan.

3.3.2.2. Tahap Penghalusan

Sampel ilmenit yang telah dipreparasi kemudian disiapkan, pasir besi dihaluskan dengan mortar, kemudian diayak dengan *sieve* hingga 325 *mesh* dan ditambahkan NaOH dengan rasio berat perbandingan 1:4 diaduk sampai rata.

3.3.2.3. Pemurnian (Ekstraksi) dengan Metode Fusi Kaustik

Selanjutnya, pasir tersebut *roasting* pada suhu 450°C selama dua jam (Fusi kaustik), (Aristanti *et al.*, 2019). Produk fusi kaustik berupa garam natrium. Produk fusi kaustik kemudian dihaluskan untuk selanjutnya dilakukan proses pelindian dalam air. Produk fusi kaustik yang telah dihaluskan selanjutnya diproses pelindian dengan air. Pelindian dilakukan dengan perbandingan produk fusi kaustik dan air sebesar 1:5 (b/v). Setelah dilakukan penambahan air kemudian dipanaskan dan diaduk menggunakan *hotplate magnetic stirrer* pada suhu 80°C selama 30 menit. Proses pelindian air dilakukan sebanyak 4 kali hingga warna larutan berubah dari biru kehijauan menjadi bening. Setelah pelindian selesai, kemudian difiltrasi untuk memisahkan filtrat dan residu yang mengandung Ti. Residu kemudian dikeringkan dengan oven dan selanjutnya dihaluskan.

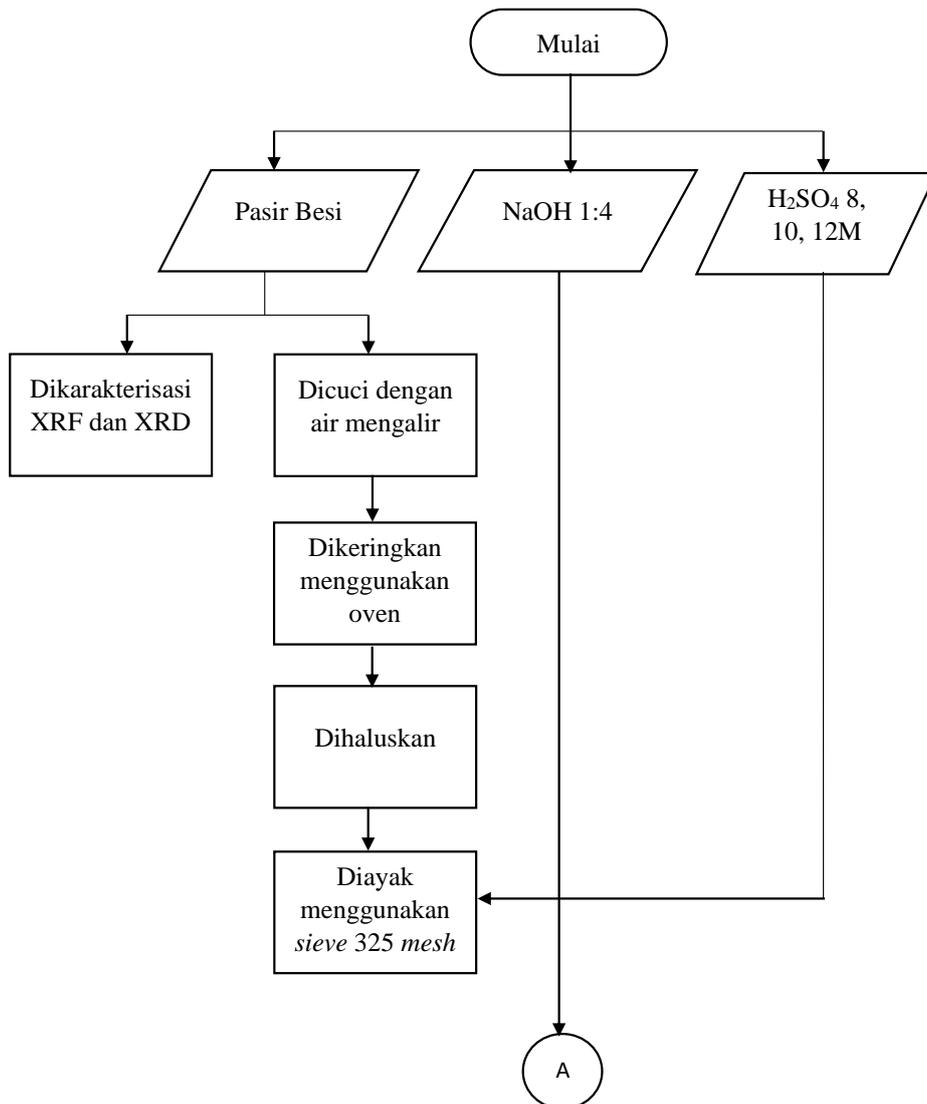
Proses selanjutnya adalah residu hasil pelindian air yang telah dihaluskan kemudian ditimbang untuk dilakukan pelindian asam menggunakan H₂SO₄. Pelindian asam dilakukan dengan mencampur residu sebanyak 10% menggunakan H₂SO₄ 8 M, 10 M, dan 12 M. Setelah dicampurkan, kemudian dipanaskan dan diaduk menggunakan *hotplate magnetic stirrer* pada suhu 90°C selama 90 menit. Sedimen yang diperoleh kemudian dicuci berkali-kali menggunakan *aquades* untuk menghilangkan residu asam pada sampel. Langkah selanjutnya adalah

menyaring sedimen yang diperoleh dengan kertas saring dengan menambahkan *aquades* hingga warna kuning sedimen menghilang. Selanjutnya endapan yang dihasilkan dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 30 menit. Setelah itu, dilakukan kalsinasi pada suhu 480°C dengan total waktu dua jam. Kemudian, sampel dikarakterisasi menggunakan XRF, XRD, dan SEM. Prosedur tersebut diulangi untuk berbagai variasi konsentrasi H₂SO₄.

3.4. Diagram Alir

3.4.1. Proses Preparasi *Raw Material*

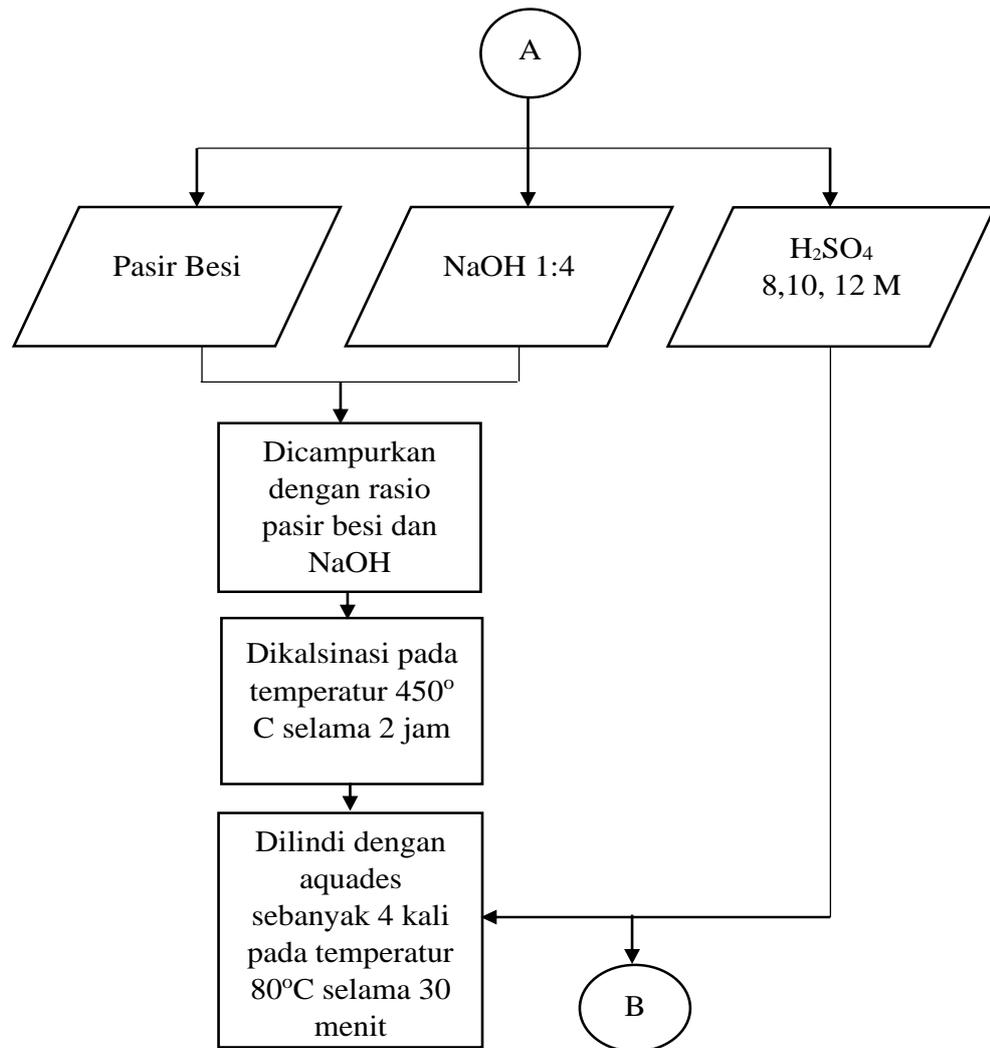
Diagram alir proses *raw material* pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.**



Gambar 3.1. Diagram alir proses preparasi.

3.4.2. Proses Fusi Kaustik

Diagram alir proses Ekstraksi dengan metode kaustik pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2.**

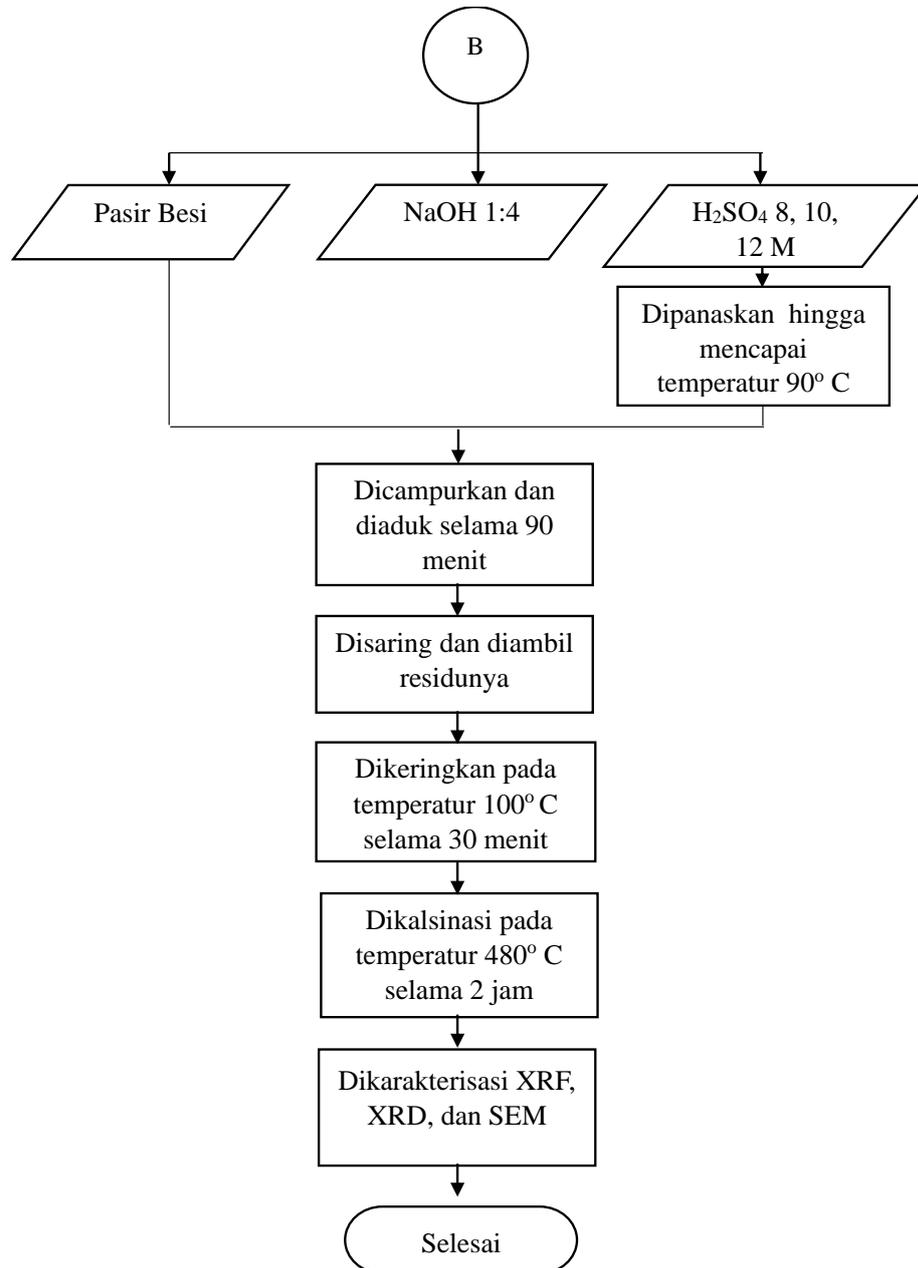


Gambar 3.2. Proses ekstraksi dengan metode kaustik.

3.4.3. Proses Hidrometalurgi

Diagram alir proses hidrometalurgi pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar**

3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir proses hidrometalurgi.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Tingkat kemurnian TiO_2 tertinggi pada pasir besi di Provinsi Lampung setelah diekstrak menggunakan variasi konsentrasi H_2SO_4 8 M, 10 M dan 12 M terdapat pada variasi H_2SO_4 10 M dengan tingkat kemurnian mencapai 16.34%.
2. Fasa yang terbentuk pada analisis XRD yaitu rutil (TiO_2), ilmenit (FeTiO_3), magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3) dan Kuarsa (SiO_2 .) Dengan parameter persentase molaritas pada TiO_2 mengalami peningkatan. Dengan persentase molar *raw material* TiO_2 didapat 2,77% sedangkan sampel 1:4 mengalami peningkatan persentase molar TiO_2 menjadi 2,78%. Kemudian molaritas persentase pada Fe_2O_3 mengalami penurunan. pada *raw material* dengan persentase molaritas *raw material* sebesar 47,49% sedangkan sampel 1:4 didapat persentase molar sebesar 47,29%.
3. Bentuk morfologi setiap sampel pada SEM setelah dianalisis tidak seragam dan tidak beraturan.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan kemurnian TiO_2 disarankan pada saat proses pelindian air jangan dilakukan terlalu banyak karena akan mengurangi jumlah residu yang ada.
2. Untuk meningkatkan kemurnian TiO_2 disarankan pada saat melakukan pelindian asam diharapkan peneliti memanaskan H_2SO_4 sampai mendidih agar Fe dan TiO_2 nya bisa terpisah sempurna. Serta pada saat proses kalisinasi disarankan untuk menggunakan suhu diatas 500°C agar terbentuk struktur kristal yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarik, J., Aidl, A., Uustare, T. dan Sammelselg, V. 1995. Morphology and Structure of TiO₂ Thin Films Grown by Atomic Layer Deposition. *Journal of Crystal Growth*. Vol 3. pp 268-275.
- Aliwarga, L., Reynard., Agnes, V. dan Victoria. 2019. Pengendapan Titanium pada Larutan Pasir Besi dalam Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol 1. pp 110-112.
- Aristanti, Y., Supriyanti, Y. I., Masduki, N. P. dan Soepriyanto, S. 2019. Effect of Calcination Suhue on The Characteristics of TiO₂ Synthesized From Ilmenit and Its Applications for Photocatalysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol 2. pp 1–8.
- Arora, H., Doty, C., Yuan, Y., Boyle, J., Petras, K., Paunesku, T. and Woloschak, G. 2010. Titanium Dioxide Nanocomposites. *Nanomaterials for the Life Sciences*. Vol 8. pp 15-16.
- Barksdale, J. 1966. *Titanium : Its Occurrence, Chemistry, and Technology*. 2nd Ed. New York: Ronald Press. pp 10-13.
- Cullity. 2014. Elements of X-Ray Diffraction. *Journal of Scientific Quotations*. Vol 3. pp 92-194.
- Chen, X. and Mao, SS. 2007. Titanium Dioxide nanomaterials: Synthesis, Properties, Modifications, and Applications. *Lawrence Berkeley national Laboratory, andauniversity of California* 107. Vol 3. pp 2891-2892.
- Ermawati, R., Naimah, S. dan Ratnawati, E. 2011. Monitoring dan Ekstraksi TiO₂ dari Pasir Besi Mineral. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Vol 8. pp 113-136.
- Firdaus, I., Stevani, A., Handayani, Y.N., R., Febriyanti, N. dan Marjunus, R., Manurung, P. 2021. Synthesis and Characterization of TiO₂ from Lampung's Iron Sand Using Leaching Method with Suhue Variation. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya (JFA)*. Vol 17. pp 38-39.
- Gilbert, B., Zhang, H., Huang, F., Finnegan, P. M., Waychunas, A. G. and Banfield, F. J. 2003. *Special Phase Transformation and Crystal Growth Pathways Observed in Nanoparticle*. Departement of Earth and Planetary Science, University of California, Berley.

- Gonjal, J. P. P. 2014. Synthesis-Asistida Por Microondas-Y Caracterizacion De Materiales Inorganicos. *Thesis Doctoral*. Madrid.
- Hiraki, T., Maruyama, Y., Suzuki, Y., Itoh, S. and Nagasaka, T. 2018. Upgrading of Natural Ilmenit Ore by Combining Oxidation and Acid Leaching. *Internasional Journal Of Mineral, Metalurgy, and Materials*, Vol 7. pp 729-736
- Indrawati, T., Siswanto, dan Rochman, N.T. 2013. Eksteraksi Titanium Dioksida (TiO₂) Berbahan Baku Limbah Peleburan Pasir Besi (*Slag*) dengan Metode Kaustik. *Jurnal Penelitian*. Vol 4. pp 4-5.
- Iluka. 2008. Group Mineral Resources and Ore Reerves Report. *Journal Physisc*. Vol 5. pp 110-111.
- Hakim, L. , Dirgantara, M. dan Nawir, M. 2019. Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C dengan Menggunakan X-Ray Difrraction (XRD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*. Vol. 1. pp 44-45.
- Hennet, J., Landron,C., Berthet, P., Coutures J. P., Jenkins,T., Aletru, C. and Greaves, N. 1999. X-Ray Diffraction and Near Edge Studies of Iron Oxides and Alumina at High Suhues Using Aerodynamic Levitation and Laser Heating. *Japanese Journal of Applied Physics*. Vol 38. pp 115-116.
- Hao, J. and Niu, P. 2012. Efficient Degradation of Methyl Orange Via Multilayer Films of Titanium Dioxide and Silicotungstic Acid. *Journal Science Chemistry*. Vol 2. pp 55-57.
- Jamaludin, A. dan Adiantoro, D. 2012. Analisis Kerusakan X-Ray Flouresence (XRF). *Jurnal Penelitian*. Vol 1. pp 19-21.
- Karbeka, M., Koly. L. M. and Tellu. M.N. 2020. Karakterisasi Sifat Kemagnetan Pasir Besi. *Lantanida Jurnal*. Vol 8. pp 186-187.
- Kisi, E. J. 1994. Reitveld Analysis of Powder Diffraction Pattern. *Material Forum*. Pp 135-153.
- Krane, K. S. 2020. Modern Physics. *Departement of Physics Oregon State University*. pp 75-78.
- Kyle, J. 2010. Nickle Latetite Processing Tecnologies-Where to Next, ALTA 2010 Nickle/Copper Conference, Perth. *Journal Physics*. Vol 3. pp 21-22.
- Lasheen, T. 2008. Soda Ash Roasting of Titania Slag Product from Rosetta Ilmenit Hidrometalurgy. *Journal Physics*. Vol 93. pp 124-128.
- Leamy, H.J. 1982. Charge Colection Scanning Electron Microscopy. *Journal of Applied Physisc*. Vol 4. pp 51-52.

- Li, Q. 2013. Titanium Dioxide Dielectric Layers Made by Anodization of Titanium : the Effect, the Dissolved Nitrogen and Oxygen. *Thesis*. Case Western Reserve University. Cleveland, Ohio.
- Li, Z., Yao, Z. J., Haidry, A. A., Plecenik, T., Xie, L. J., Sun, L. C. and Fatima, Q., 2018, Resistive-type hydrogen gas sensor based on TiO₂: A review, *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol 43. pp. 21114 – 21132.
- Manurung, P. 2018. *Nanomaterial Tinjauan Ilmu Masa Kini*. Andi.Yogyakarta.
- Manurung, P. 2019. *Analisis Data Difraksi Sinar-X*. AURA. Bandar Lampung.
- Marjunus R., Febriyanti, N., Stevani, A., Handayani, Y.N., Firdaus, I. and Manurung, P. 2021. Synthesis and Characterization of TiO₂ From Lampung's Ilmenit Using Leaching Method with Variation of Time Duration. *Journal of Physics*. Vol 2. pp 1-2.
- Mufti, N., Atma, T., Fuad, A. and Sutadji, E. 2014. Synthesis and Characterization of Black, Red and Yellow Nanoparticles Pigments from the Iron Sand. The 3rd International Conference on Theoretical and Applied Physics 2013 (ICTAP 2013). *AIP Conference Proceedings*. pp 165-169.
- Munasir., Triwikantoro., Zainuri, M. dan Darminto. 2012. Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral Batuan dan Pasir Sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO₃ dan SiO₂). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*. Vol 2. pp 21-25.
- Mohar, M., Taufik., Fatmawati, D., Sasongko, S. dan Budi. 2013. Pembuatan Pigmen Titanium Dioksida (TiO₂) dari *Ilmenite* (FeTiO₃) Sisa Pengolahan Pasir Zircon dengan Proses BECHER. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol 2. pp 110-112.
- Mutombo, K. 2018. Research and Development of Ti and Alloys: Past, Present and Future. *IOP Conference Series : Material Science and Engineering*, 430. pp 120-122.
- Parry, K.V. and Vernon. 2000. Scanning Electron Microcopy: an Introduction. *Journal physics*. Vol 4. pp 40-41.
- Perry, R.H. 2007. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. McGraw-Hill Professional. New York. pp 203-205.
- Pehlke, R.D. and Mazandarany, F.N. 1973. Thermodynamic Properties of Solid Alloys of Chromium with Nickel and Iron. *Journal physics*. Vol 6. pp 2067-2069.
- Priyono, B., Juliadi., Syahrial, A. Z., Yuwono, A. H. dan Kartika, E. 2015. Sintesis Lithium Titanat dengan Metode Hidrotermal dan Efek Suhu

- Sintering pada Nanostruktur. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol 17. pp 1-4.
- Rahmi., Fathurrahmi., Lelifajri., Mustafa, I., Susilawati. and Ishmaturrehmi. 2019. *Pemamfaatan Pasir Besi Untuk Pembuatan KITOSAN*. Syiah Kuala University Press. pp 1-2.
- Royani, A. 2018. Pengaruh Suhu dan Waktu Hidrolisis Terhadap Titanium Dioksida pada Proses Hidrolisis Larutan Titanium Sulfat. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*. Vol 2. pp 466-468.
- Setiawati, L.D., Rahman, T.P., Nugroho, D.W., Nofrizal., Ikono, R., Suryandaru., Yuswono., Siswanto, dan Rochman, N. 2013. Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO₂) dari Pasir Besi dengan Metode Hidrometalurgi. *Jurnal Penelitian*. Vol 4. pp 465-467.
- Saefeto, G.F.G., Gusmawarni, S. dan Rahayu. 2013. Pengembalian Titanium Dioksida (TiO₂) dari Pasir Besi Kulon Progo Menggunakan Metode Hidrometalurgi. *Jurnal Penelitian*. Vol 1. pp 4-5.
- Sekimo, H., Yahaba, S., Chiba, S. dan Yamaguchi, K. 2016. *New Separation Technique of Titanium and Iron for Titanium Ore Upgrading in Proceeding of The 13 Th Word Conference On Titanium Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons Mc*. pp 159-163.
- Skojac, M., Filipic, M., Petkovic, J. and Novak, S. 2011. Titanium Dioxide In Our Everyday Life is it Safe. *Journal physics*. pp 227-229.
- Styani, E., Rachman, T., Prastyio., Nugroho, D., Wahyu., Rahman, S., Irawan, F., Ikono, R., Rochman, N., Ang, D. and Wandaru, W. 2014. The Effect of Roasting Suhu at 400 yC and Sulfuric Acid Concentration on TiO₂ Extraction Process from Zircon Sand Ilmenit. *Journal Of Physisc Its Application*. Vol 10. pp 109-111.
- Tussa'dah R dan Astuti. 2015. Sintesis Material Fotokatalis TiO₂ untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Material*. Vol 4. pp 91-96.
- Wahyuningsih, S., Ramelan2, A.H., Kristiawan, Y. R. 2019. Transformation of Magnetite (Fe₃O₄) and Maghemite (γ -Fe₂O₃) to α -Fe₂O₃ from Magnetic Phase of Glagah Iron Sand. *Journal of Engineering Science*. Vol 15. pp 13-14.
- Watanabe, T., Nakajima, A., Wang, R., Minabe, M., Koizumi, S., Fujishima, A. and Hashimoto. 1999. Photocatalytic Activity and Photoinduced Hydrophilicity of Titanium Dioxide Coated Glass. *Journal of Physics*. Vol 12. pp 261-263.
- Xiong, X., Wang, Z., Wu, F., Li, X. and Guo, H. 2013. Preparation of TiO₂ from Ilmenit Using Sulfuric Acid Decomposition of The Titania Residue

- Combined with Separation of Fe^{3+} with EDTA During Hydrolysis. *School of Metallurgical Science and Engineering*. Vol 12. pp 60-61.
- Yu, C. J., Yu, J., Zhang, L. and Ho, W. 2001. Enhancing Effects of Water Content and Ultrasonic Irradiation on The Photocatalytic Activity of Nano-Sized TiO_2 Powders. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. Vol 3. pp 265-270.
- Yu, S. and Aung, M.W., 2020. *Upgrading of Titanium Dioxide from Ilmenit Concentrate Technologycal*. University Kalay. pp 245-246.
- Yuliyanto, A., bijaksana, S., Loeksmanto, W. dan Kurnia, D. 2003. Produksi hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dari Pasir Besi: Pemamfaatan Potensi Alam Sebagai Bahan Industri Berbasis Sifat Kemagnetan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol 5. pp 51-52.
- Yuliyano, A., Bijaksana, S. and Loeksmanto, W. 2003. Comarative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Locations In Central Java Indonesia. *Journal Of Physisc*. Vol 14. pp 63-64.
- Zhang, Y., Jua, S., Zhang, Y., Xue, P. and Wang, Y. 2011. Clean Hydrometallurgical Route to Recover Zinc, Silver, Lead, Copper, Cadmium and Iron From Hazardous Jarosite Residues Produced During Zinc Hydrometallurgy. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 5. pp 254-256.
- Zen, N., Puurtinen, TA. and Isolato, TJ., Chaudhuri, S. and Maaslita, J. 2014. *Engineering Thermal Conductance Using a Two-Dimensional Phononic Crystal*. Nature Communications Dot 10. pp 1-2.
- Zulfalina dan Manai, A. 2004. Identifikasi Senyawa Mineral dan Ekstraksi Titanium Dioksida dari Pasir Besi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol 5. pp 46-47.
- Zhou, Y., Hong, F., Zhaou, X. and Sheng, L., Wang, L. 2017. Maternal Exposure to Nanosized Titanium Dioxide Suppresses Embryonic Development in Mice. *Internasional Journal of Nanomedicine*. Vol 10. pp 169-170.