

**EKSTRAKSI TiO_2 DARI PASIR BESI DI PROVINSI LAMPUNG
MENGUNAKAN METODE FUSI KAUSTIK DENGAN VARIASI
KONSENTRASI HCl**

(Skripsi)

Oleh

NOPI PEBRIANI

2017041022



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

EKSTRAKSI TiO₂ DARI PASIR BESI DI PROVINSI LAMPUNG MENGUNAKAN METODE FUSI KAUSTIK DENGAN VARIASI KONSENTRASI HCl

Oleh

NOPI PEBRIANI

Pasir besi merupakan mineral yang banyak mengandung senyawa besi oksida, misalnya *magnetite* (Fe₃O₄), *ilmenite* (FeTiO₃), dan *hematit* (Fe₂O₃). Adanya kandungan TiO₂ pada *ilmenite* pasir besi memberikan nilai tambah pasir besi. Ekstraksi TiO₂ dari pasir besi Provinsi Lampung telah dilakukan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap kemurnian TiO₂ dari pasir besi di Provinsi Lampung, efektivitas metode fusi kaustik dalam meningkatkan kemurnian TiO₂, dan fase kristal yang terbentuk setelah ekstraksi. Metode yang digunakan yaitu metode fusi kaustik, dengan variasi konsentrasi HCl 4 M, 6 M, dan 8 M serta rasio pasir besi dan NaOH adalah 1:2. Selanjutnya di-*roasting* menggunakan *furnace* pada suhu 700°C selama 1 jam. Penambahan HCl pada sampel mempengaruhi tingkat kemurnian TiO₂ dan menghasilkan kemurnian tertinggi sebesar 57,615% pada sampel HCl dengan konsentrasi 8 M. Penggunaan metode fusi kaustik efektif untuk memperoleh kemurnian TiO₂ yang tinggi, hasil analisis XRD menunjukkan terbentuknya empat fasa yaitu *rutile* (TiO₂), *ilmenite* (FeTiO₃), *magnetite* (Fe₃O₄) dan *hematit* (Fe₂O₃).

Kata kunci : TiO₂, HCl, Fusi Kaustik, XRF dan XRD

ABSTRACT

EXTRACTION OF TiO₂ FROM IRON SAND IN LAMPUNG PROVINCE USING THE CAUSTIC FUSION METHOD WITH VARIATION OF HCl CONCENTRATION

By

NOPI PEBRIANI

Iron sand is a mineral that contains many iron oxide compounds, such as magnetite (Fe₃O₄), ilmenite (FeTiO₃), and hematite (Fe₂O₃). The presence of TiO₂ in ilmenite in iron sand adds value to iron sand. The extraction of TiO₂ from iron sand in Lampung Province has been carried out, this study aims to determine the effect of HCl concentration variations on the purity of TiO₂ from iron sand in Lampung Province, the effectiveness of the caustic fusion method in increasing the purity of TiO₂, and the crystalline phase formed after extraction. The method used is the caustic fusion method, with variations of HCl concentration of 4 M, 6 M, and 8 M and the ratio of iron sand and NaOH is 1:2. Furthermore, it was roasted using a furnace at 700°C for 1 hour. The addition of HCl to the sample affects the purity level of TiO₂ and produces the highest purity of 57.615% in the HCl sample with a concentration of 8 M. The use of the caustic fusion method is effective for obtaining high purity TiO₂, the results of XRD analysis show the formation of four phases namely rutile (TiO₂), ilmenite (FeTiO₃), magnetite (Fe₃O₄), and hematite (Fe₂O₃).

Keywords: TiO₂, HCl, Caustic Fusion, XRF and XRD

**EKSTRAKSI TiO₂ DARI PASIR BESI DI PROVINSI LAMPUNG
MENGUNAKAN METODE FUSI KAUSTIK DENGAN VARIASI
KONSENTRASI HCl**

Oleh

NOPI PEBRIANI

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
2024**

Judul Skripsi : EKSTRAKSI TiO_2 DARI PASIR BESI DI
PROVINSI LAMPUNG MENGGUNAKAN
METODE FUSI KAUSTIK DENGAN
VARIASI KONSENTRASI HCl

Nama Mahasiswa : Nopi Pebriani

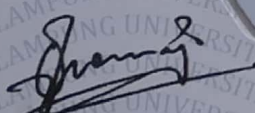
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041022

Jurusan : Fisika

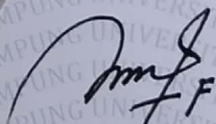
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

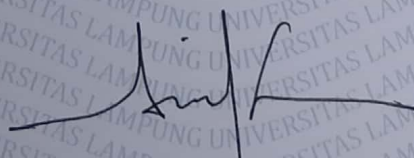

Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.

NIP. 197703182000121003


Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si

NIP. 199006162019031016

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA


Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.

NIP. 197109092000121001

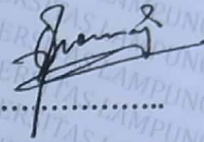
v

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

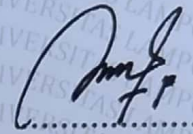
Ketua

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



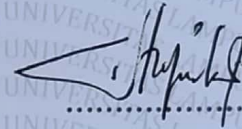
Sekretaris

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



Penguji

: Suprihatin, S.Si., M.Si.



Bukan Pembimbing

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 09 September 2024

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 dituliskan pada daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila terdapat pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukuman yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 September 2024



Nopi Pebriani
NPM. 2017041022

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Nopi Pebriani dilahirkan di Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 28 September 2002 sebagai anak bungsu dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Jamaludin dan Ibu Emi Sunarti. Penulis menempuh pendidikan di Madrasah Ibtidaiyah (MI) YPI Umbul Bandung pada tahun 2008-2014, Madrasah Tsanawiyah (MTS) YPI Umbul Bandung pada tahun 2014-2017, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Katibung pada tahun 2017-2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dengan mengambil konsentrasi bidang fisika material. Penulis juga menempuh pendidikan non-formal di Pondok Pesantren Nurul Muttaqin Katibung Lampung Selatan 2014-2020 dan Pondok Pesantren Darussa'adah K.H Asyikin Gunung Terang Bandar Lampung 2020 sampai sekarang.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi sebagai ketua badan seni otonom Bidang Kemuslimahan Keluarga Mahasiswa Nahdlatul Ulama (KMNU) masa periode 2022-2023, dan sebagai anggota bidang saintek Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Unilatahun 2022. Penulis juga tergabung dalam beberapa kepanitiaan, salah satunya adalah Dialog Kebangsaan

Untuk Generasi Milenial yang diselenggarakan oleh Majelis Ulama Indonesia (MUI) pada tahun 2022.

Selain aktif di berbagai organisasi, penulis juga pernah lolos dalam pendanaan Program Mitra Bisnis *Strat-up* Mahasiswa Universitas Lampung serta lolos sebagai Finalis lomba Musabaqoh Syarhil Qur'an (MSQ) dan Musabaqoh Qiroatil Kutub (MQK) kitab Fathul Qarib tingkat Nasional dalam acara *Nahdlatul Ulama Science and Cultural Art Olympiad* (NUSANTARA) yang dilaksanakan di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta tahun 2023.

Pada tahun 2023, penulis melakukan Pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung Periode II di Pekon Campang 3, Kota Agung, Kabupaten Tanggamus. Adapun hasil dari Program Kerja diterbitkan dalam Jurnal Buguh yang berjudul **“Sosialisasi dan Pelatihan Pembuatan Sabun Cair”**. Penulis juga melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2023 di Laboratorium PT. Aneka Sumberbumi Jaya yang berlokasi di Natar, Lampung Selatan dengan judul penelitian **“Penentuan Ukuran Partikel, Kadar Air dan Kecerahan pada CaCO₃ di PT. Aneka Sumberbumi Jaya”**.

Penulis juga memiliki rekam jejak karir, yang dimulai dengan merintis usaha pribadi sejak tahun 2022, dan kini menjadi *Owner* usaha **“Basblak Raos”** yang bergerak dalam bidang usaha produksi makanan ringan serta menjadi *Owner* usaha **“Kembang Cinta”** yang bergerak dalam bidang usaha *Bucket* dan sewa

Papan Ucapan Akrilik. Penulis juga menjadi pengajar nahwu, shorof dan fiqih di Pondok Pesantren Darussa'adah K. H Asyikin Gunung Terang Bandar Lampung dan penulis juga mengajar ibu-ibu lansia di Majelis Ta'lim Ar-rahman Nunyai Bandar Lampung, serta penulis pernah menjadi pembicara dalam acara **“Kajian Bulan Suci Ramadhan”** di beberapa jurusan di Universitas Lampung yaitu Jurusan Fisika, Jurusan Bahasa Lampung, dan Jurusan Pendidikan Teknologi Informasi di tahun 2024, dan pada akhirnya, dengan keras dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir di Jurusan Fisika yang berjudul **“Ekstraksi TiO₂ dari Pasir Besi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode Fusi Kaustik dengan Variasi Konsentrasi HCl”**

MOTTO

اعْلَمْ بِأَنَّ طَالِبَ الْعِلْمِ لَا يَنَالُ الْعِلْمَ وَلَا يَنْتَفِعُ بِهِ إِلَّا بِتَعْظِيمِ الْعِلْمِ وَأَهْلِهِ وَتَعْظِيمِ الْأُسْتَاذِ وَتَوْقِيرِهِ

“Ketahuilah, bahwa sesungguhnya seorang pelajar tidak akan bisa mendapatkan ilmu dan manfaat ilmu kecuali dengan menghormati ilmu dan orang yang berilmu, memuliakan guru dan menghormatinya”

- Kitab Ta’lim Muta’alim fi Thariqit Ta’allum

"Perkecilah dirimu, maka kau akan tumbuh lebih besar dari dunia. Tiadakan dirimu, maka jati dirimu akan terungkap tanpa kata-kata"

-Maulana Jalaludin Rumi

PERSEMBAHAN

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

Bapakku Jamaludin dan Mamaku Emi Sunarti

Terima kasih atas perjuangan selama ini yang sudah mati-matian demi melihat anaknya menyandang gelar sarjana, banyak pengorbanan, cinta, doa, motivasi, semangat dan nasehat serta motivasi, yang tiada hentinya diberikan kepada anaknya. Tanpa lelah mendukung segala keputusan dan pilihan dalam hidup penulis, ayah dan ibu sangat berarti. Semoga Allah SWT selalu menjaga ayah dan ibu dalam kebaikan dan kemudahan *aamiin*.

Bapak-Ibu Dosen

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

Kakakku

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

“Teman-teman dan almamater tercinta”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Ekstraksi TiO_2 dari Pasir Besi di Provinsi Lampung Menggunakan Metode Fusi Kaustik dengan Variasi Konsentrasi HCl”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat menjadi rujukan bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 09 September 2024

Penulis,

Nopi Pebriani

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, sebab hanya dengan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis tentu tidak lepas dari bantuan semua pihak yang tulus membantu, membimbing, dan mendoa'kan. 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. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Jamaludin dan Ibu Emi Sunarti atas segala dukungan doa dan nasehat sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
5. Abah K. H. Muhammad Fakhrurijal Husin, S.Sos dan Umi Siti Fatimah yang senantiasa mendo'akan, memberikan nasihat, motivasi serta perhatian kepada penulis.
6. Abah K. H. Dadang Salim Abdullah dan Umi Enok yang senantiasa memberi motivasi dalam setiap langkah perjalanan penulis dari kecil hingga sekarang.

7. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T selaku Pembimbing Akademik sekaligus Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila.
8. Teman seperjuangan penulis Ida Rismawati, Rana Yuliandra, Ovi Piana Nagara. Terima kasih atas semangat dan dukungannya selama ini.
9. Teman-teman Fisika 2020 yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaannya selama ini.
10. Kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Fisika FMIPA Unila.
11. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 09 September 2024
Penulis

Nopi Pebriani

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN SAMPUL	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	xi
PERSEMBAHAN	xii
KATA PENGANTAR	xiii
SANWACANA	xiv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xx
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pasir Besi.....	6

2.2. Titanium Dioksida (TiO ₂).....	7
2.3. Metode Fusi Kaustik.....	8
2.4. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	9
2.5. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	11
2.6. <i>Rietveld</i>	13

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat	16
3.2.2 Bahan	16
3.3. Prosedur Percobaan.....	16
3.3.1 Karakterisasi Kandungan Senyawa di Pasir Besi	17
3.3.2 Ekstraksi TiO ₂ dari Pasir Besi	17
3.4. Diagram Alir Penelitian	20
3.4.1 Proses Preparasi <i>Raw Material</i>	20
3.4.2 Proses Fusi Kaustik.....	22
3.4.3 Proses Pelindian HCl	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Ekstraksi TiO ₂ dari Pasir Besi Lampung.....	24
4.2. Hasil Karakterisasi XRF	29
4.3. Hasil Analisis Kualitatif dan Kuantitatif XRD.....	30
4.3.1 Hasil Analisis Kualitatif	30
4.3.2 Hasil Analisis Kuantitatif	35

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema XRF.....	10
Gambar 2.2. Prinsip Kerja XRD.....	12
Gambar 2.3. Skema Hukum Bragg.....	13
Gambar 3.1. Skema Ekstraksi TiO ₂	17
Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Preparasi <i>Raw Material</i>	21
Gambar 3.3. Diagram Alir Proses Fusi Kaustik	22
Gambar 3.4. Diagram Alir Proses Pelindian HCl.....	23
Gambar 4.1. (a) Pasir besi, (b) Pasir besi setelah dihaluskan dan diayak dengan ayakan -200 <i>mesh</i>	24
Gambar 4.2. Proses pelindian air setelah sampel di- <i>roasting</i> dengan NaOH.....	26
Gambar 4.3. Proses pelindian HCl	27
Gambar 4.4. Sampel setelah melalui proses pelindian HCl dan dikeringkan pada suhu 100 °C selama 30 menit (a) 4 M, (b) 6 M, (c) 8 M.....	27
Gambar 4.5. Sampel setelah dikalsinasi pada suhu 480 °C selama 2 jam.....	28
Gambar 4.6. Difraktogram hasil analisis XRD (a) <i>raw material</i> , (b) sampel dengan pelindian HCl konsentrasi 4 M, (c) sampel dengan pelindian HCl konsentrasi 6 M, (d) sampel dengan pelindian HCl konsentrasi 8 M	31
Gambar 4.7. Grafik hasil <i>refinement raw material</i> menggunakan <i>software rietica</i> ..	35
Gambar 4.8. Grafik hasil <i>refinement HCl 4 M</i> menggunakan <i>software rietica</i>	36
Gambar 4.9. Grafik hasil <i>refinement HCl 6 M</i> menggunakan <i>software rietica</i>	37
Gambar 4.10. Grafik hasil <i>refinement HCl 8 M</i> menggunakan <i>software rietica</i>	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Hasil karakterisasi XRF pada <i>raw material</i> dan sampel dengan rasio pasir besi : NaOH = 1:2 yang dilindi dengan variasi konsentrasi HCl sebesar 4, 6 dan 8 M.....	29
Tabel 4.2. Identifikasi fasa yang terbentuk pada sampel.....	32
Tabel 4.3. Fasa yang terbentuk pada analisis XRD kualitatif sampel 4 M.....	33
Tabel 4.4. Fasa yang terbentuk pada analisis XRD kualitatif sampel 6 M.....	34
Tabel 4.5. Fasa yang terbentuk pada analisis XRD kualitatif sampel 8 M.....	34
Tabel 4.6. Parameter kesesuaian <i>refinement</i> dari data XRD pada sampel.....	39
Tabel 4.7. Fasa yang terbentuk pada sampel dalam persentase molaritas.....	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan sumber daya alam yang melimpah. Salah satunya adalah pasir besi yang tersebar di wilayah pesisir perairan Indonesia, seperti di pesisir Sulawesi, Sumatra, Maluku, NTT, Papua, dan Bali. Data statistik menunjukkan jumlah cadangan pasir besi mencapai 173.810.000 ton serta logam 25.412.652,00 ton. Kandungan mineral yang terdapat pada pasir besi yaitu mineral yang bercampur dengan *calcite*, *amphibole*, *quartz*, *feldspar*, *biotite*, *pyroxene*, dan *tourmaline*. Selain komposisi tersebut komposisi yang berada di pasir besi adalah *magnetite*, *hematite*, *andesite volcanic* dan *basaltic* (Putra *et al.*, 2015).

Keberadaan pasir besi di pulau Sumatra khususnya di Provinsi Lampung, sangat melimpah. Beberapa mineral utama yang terkandung dalam pasir besi seperti *magnetite* (Fe_3O_4), *ilmenite* (FeO_3), *rutile* (TiO_2) dan *hematite* (Fe_2O_3) (Floreny *et al.*, 2022). Mineral yang terkandung dalam pasir besi yang paling mendominasi adalah mineral *ilmenite* (Rozi & Budiman, 2015). *Ilmenite* mengandung titanium, yang mana hal tersebut menjadi nilai tambah yang signifikan pada pasir besi. Kebutuhan titanium di dunia digunakan sebagai bahan baku untuk membuat pigmen TiO_2 karena beberapa keunggulan yang dimilikinya yaitu kemampuan

pigmen ini untuk melindungi permukaan (dalam cat) yang lebih baik (Floreny *et al.*, 2022).

TiO₂ merupakan material semikonduktor tipe-n yang ukuran partikelnya antara 10 sampai 50 nanometer yang mempunyai peran penting dalam pemanfaatan fotoenergi karena di dalamnya memiliki daya oksidatif dan stabilitas yang tinggi terhadap fotokorosi, murah, mudah didapat dan tidak beracun. TiO₂ dapat disebut sebagai *nanoporous* karena di dalamnya terdapat rongga dan ukurannya dalam bentuk nanometer sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap *dye* lebih banyak. TiO₂ memiliki tiga bentuk struktur yaitu *rutile*, *anatase* dan *brookite*. *Rutile* dan *anatase* cukup stabil, sedangkan *brookite* sulit ditemukan, biasanya terdapat dalam mineral dan sulit dimurnikan (Hastuti, 2011).

Untuk memperoleh TiO₂ dari pasir besi, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu metode pirometalurgi, hidrometalurgi dan fusi kaustik. Metode pirometalurgi merupakan metode yang prosesnya melalui pembakaran pasir besi dengan bantuan karbon sebagai reduktor pada suhu tinggi sehingga besi pada *ilmenite* dapat tereduksi dan menghasilkan *slag* yang kaya akan TiO₂. Metode kedua yaitu metode hidrometalurgi, metode ini merupakan proses pengolahan mineral yang dilakukan pada suhu yang relatif rendah dengan cara pelindihan menggunakan larutan kimia. Metode yang ketiga yaitu metode fusi kaustik. Metode ini merupakan metode yang dilakukan untuk menguraikan *ilmenite* secara termal (Setiawati *et al.*, 2013).

Metode fusi kaustik telah banyak digunakan oleh para peneliti terdahulu, seperti pada penelitian Ginting (2023) diterapkan untuk meningkatkan kandungan

titanium pada *ilmenite*. Dekomposisikan *ilmenite* dan larutan NaOH pada suhu 850°C selama 60 menit, dan kemudian dilarutkan menggunakan air maka akan terjadi proses penguraian yaitu pemisahan kimia antara TiO₂ dari oksida besi, silika, dan pengotor lainnya serta membentuk senyawa logam-natrium yang larut dalam air atau asam sehingga dapat dipisahkan pada tahap selanjutnya yaitu pelindian dengan variasi asam yaitu asam klorida, asam asetat, dan asam nitrat. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa konsentrasi TiO₂ paling tinggi diperoleh dari variasi asam klorida sebesar 94,189 %.

Ekstraksi TiO₂ dari pasir besi telah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Firdaus *et al.*, 2021) dan (Marjunus *et al.*, 2021) dalam ekstraksi TiO₂ dengan memvariasikan suhu pelindian (70, 80, 90, 100 dan 110°C) serta lama pelindian (2, 3, 4, 5, dan 6 jam), selanjutnya pasir dicampur dengan natrium bikarbonat (NaHCO₃), kemudian dipanaskan pada suhu 700°C selama satu jam. Proses pelindian menggunakan HCl 12 M dengan perbandingan pasir besi dan HCl 1:4. Hasilnya menunjukkan konsentrasi TiO₂ tertinggi (60,701%) dengan suhu 110°C selama 2 jam. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan Marjunus *et al.* (2021) dan Firdaus *et al.* (2021), terlihat bahwa tingkat kemurnian TiO₂ yang diperoleh cukup maksimal saat menggunakan HCl dengan konsentrasi 12 M sebagai pelarut dalam proses pelindian asam. Namun, untuk lebih meningkatkan hasil kemurnian TiO₂ maka digunakan natrium hidroksida (NaOH) sebagai pengganti dari natrium bikarbonat (NaHCO₃).

Pada penelitian ini, akan dilakukan metode fusi kaustik untuk ekstraksi TiO₂ dari pasir besi Provinsi Lampung. Pada metode fusi kaustik bertujuan untuk memisahkan antara titanium dioksida (TiO₂) dari oksidasi besi, silika, dan

pengotor lainnya. Pada penelitian ini akan digunakan natrium hidroksida (NaOH) dengan perbandingan 1:2 antara pasir besi dan NaOH. Berdasarkan penelitian Ginting *et al.* (2023) Penambahan NaOH bertujuan untuk mengikat pengotor seperti besi, magnesium, aluminium, dan silikon. Selain itu, NaOH memiliki harga yang lebih murah dan mudah larut di dalam air. Setelah NaOH bereaksi dengan *ilmenite* maka katan *ilmenite* (FeTiO_3) akan terpecah menjadi Na_2TiO_3 dan NaFeO_2 (Ginting *et al.*, 2023). Selanjutnya dilakukan proses pelindian menggunakan asam klorida (HCl) dengan variasi konsentrasi 4, 6 dan 8 M untuk memperoleh titanium dioksida (TiO_2) dari proses fusi kaustik. Berdasarkan penelitian Ermawati (2011), HCl berfungsi untuk melarutkan senyawa pengotor yang masih terbawa dan dapat memperbesar konsentrasi TiO_2 . Karakterisasi yang digunakan terdiri dari *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia pada bahan uji dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa kristal pada sampel.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan HCl terhadap tingkat kemurnian TiO_2 dari pasir besi Lampung?
2. Apakah metode fusi kaustik dapat dikatakan efektif untuk meningkatkan kemurnian TiO_2 dari pasir besi Lampung?
3. Bagaimana fasa yang dihasilkan oleh sampel pasir besi Lampung setelah diekstrak?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan HCl terhadap tingkat kemurnian TiO₂ dari pasir besi Lampung.
2. Mengetahui efektivitas penggunaan metode fusi kaustik dalam peningkatan kemurnian TiO₂.
3. Mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel pasir besi Lampung setelah diekstrak.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Menggunakan variasi konsentrasi HCl 4, 6, dan 8 M.
2. Bahan ekstraksi yang digunakan yaitu berasal dari Provinsi Lampung berupa pasir besi.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode fusi kaustik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait pemanfaatan pasir besi sebagai bahan baku utama pembuatan TiO₂.
2. Memperoleh TiO₂ dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi.
3. Sebagai kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi dalam hal ekstraksi TiO₂ dari pasir besi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir Besi

Pasir besi merupakan endapan pasir di dalamnya terkandung partikel besi, biasa didapat di daerah pesisir. Pasir besi dibentuk dari batuan yang terkandung mineral besi yang tergerus oleh cuaca, air permukaan dan gelombang yang terakumulasi dan dicuci gelombang laut. Warna pasir besi pada dasarnya abu gelap dan hitam. Umumnya, pasir besi mengandung mineral opak bercampur dengan butiran-butiran mineral seperti kuarsa, kalsit, felspar, amfibol, piroksen, biotit, serta turmalin. Pasir besi biasanya mengandung *magnetite*, *titaniferous magnetite*, *ilmenite*, dan *hematite*. Pasir besi terdiri dari *basaltic* dan *andesite volcanic*. Umumnya pasir besi digunakan sebagai bahan baku industri baja dan magnet, kandungan yang diambil dari industri ini adalah konsentrat bijih besinya. Selain untuk industri baja dan magnet, industri keramik dan *refractory* juga menggunakan pasir besi yang tersebar diseluruh pantai perairan Indonesia, mulai dari wilayah pesisir Sumatera, pesisir selatan Jawa, Bali, pesisir Sulawesi, pesisir Nusa Tenggara Timur, Maluku dan pesisir Papua, dengan jumlah cadangan pasir besi mencapai 173.810.612 ton serta logam 25.412.652,63 ton (Aritonang *et al.*, 2019).

Kandungan mineral yang dominan di dalam pasir besi adalah *magnetite* (Fe_3O_4) yang biasanya ditemukan pada daerah pantai, sungai, dan daerah pegunungan vulkanik. *Magnetite* (Fe_3O_4) merupakan salah satu oksida besi yang memiliki sifat magnetis yang kuat. Pasir yang memiliki mineral *magnetite* ini biasanya disebut sebagai pasir besi atau pasir hitam (Purnawan *et al.*, 2018). Semakin gelap warna dari pasir, menunjukkan konsentrasi unsur Fe yang makin tinggi. Mineral bijih pasir besi terutama berasal dari batuan *basaltic* dan *andesite vulkanik* (Setianto *et al.*, 2017).

2.2 Titanium Dioksida (TiO_2)

TiO_2 merupakan material semikonduktor tipe-n yang ukuran partikel nya antara 10 sampai 50 nanometer yang mempunyai peran penting dalam pemanfaatan fotoenergi karna di dalam nya memiliki daya oksidatif dan stabilitas yang tinggi terhadap fotokorosi, murah, mudah didapat dan tidak beracun. TiO_2 dapat disebut sebagai *nanoporous* karena di dalamnya terdapat rongga dan ukurannya dalam nano sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap *dye* lebih banyak. TiO_2 memiliki tiga bentuk struktur yaitu *rutile*, *anatase* dan *brookite*. *Rutile* dan *anatase* cukup stabil, sedangkan *brookite* sulit ditemukan, biasanya terdapat dalam mineral dan sulit dimurnikan. Fasa *rutile* dari TiO_2 adalah fasa yang umum dan merupakan fasa disintesis dari mineral *ilmenite* melalui proses *Becher*. Proses *Becher* adalah proses untuk menghasilkan *rutile*. Oksida besi yang terkandung dalam *ilmenite* dipisahkan dengan temperatur tinggi dan juga dengan bantuan gas sulfat atau klor sehingga menghasilkan TiO_2 *rutile* dengan kemurnian tinggi. Titania pada fase *anatase* umumnya stabil pada ukuran partikel kurang dari 11

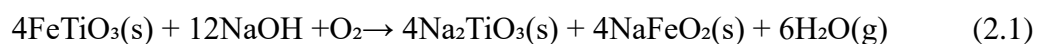
nm, fasa *brookite* stabil pada ukuran 11-35 nm, dan fasa *rutile* stabil pada ukuran diatas 35 nm (Hastuti, 2011).

Kandungan TiO₂ pada *ilmenite* bervariasi antara 45% - 60% tergantung dari mana *ilmenite* tersebut berasal. Pengolahan bijih *ilmenite* melalui jalur hidrometalurgi dapat menghasilkan TiO₂ sebagai bahan pigmen pemutih, pigmen warna unggul (warna putih), bahan utama pembuatan TiO₂. Prekursor polimer, untuk pembuatan bahan keramik modern, seperti pelapis optik (film optik), bahan elektro-optik. Bahan komposit polimer optik dan keramik, untuk meningkatkan kadar TiO₂ yang terdapat pada mineral *ilmenite*, perlu dilakukan proses ekstraksi untuk memisahkan unsur titanium (Ti) dengan pengotor lainnya seperti besi (Fe), silikon (Si) dan aluminium (Al). *Ilmenite* dapat diurai menggunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) (Ginting *et al.*, 2023).

2.3 Metode Fusi Kaustik

Fusi kaustik merupakan pirolisis pada suhu tinggi dengan campuran Natrium Hidroksida (NaOH). Umumnya, penggunaan NaOH pada proses fusi kaustik dikarenakan harganya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan alkali lainnya. Suhu kalsinasi yang digunakan pada proses fusi kaustik dengan NaOH yaitu sekitar 350°C – 500°C. Reaksi yang terjadi selama proses fusi kaustik seperti pada

Persamaan (2.1).

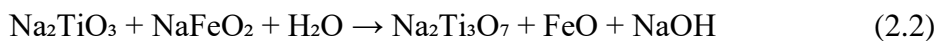


Produk yang dihasilkan dari proses fusi kaustik berupa garam titanat kompleks. Proses fusi kaustik dengan alkali dilakukan untuk mengurai *ilmenite* secara termal. Pada proses penguraian ini terjadi pemisahan kimia antara titanium

dioksida (TiO_2) dari oksida besi, silika, dan pengotor lainnya serta membentuk senyawa logam-natrium yang larut dalam air atau asam sehingga dapat dipisahkan pada tahap selanjutnya.

Adanya reaksi NaOH dengan *ilmenite* maka ikatan *ilmenite* (FeTiO_3) akan terpecah menjadi Na_2TiO_3 dan NaFeO_2 , sehingga pada saat proses pelindian air, NaOH akan terikat dengan pengotor. seperti besi, magnesium, aluminium, silikon akan mudah larut. sedangkan NaTiO_3 tidak akan larut pada proses fusi kaustik, NaOH akan bereaksi dengan *ilmenite* karena titanium mempunyai sifat non polar (tidak mudah larut dalam air). Proses pelindian air bertujuan untuk mengurangi pengotor-pengotor, kelebihan alkali dan senyawa silikat yang masih ada setelah proses fusi kaustik (Ginting *et al*, 2023).

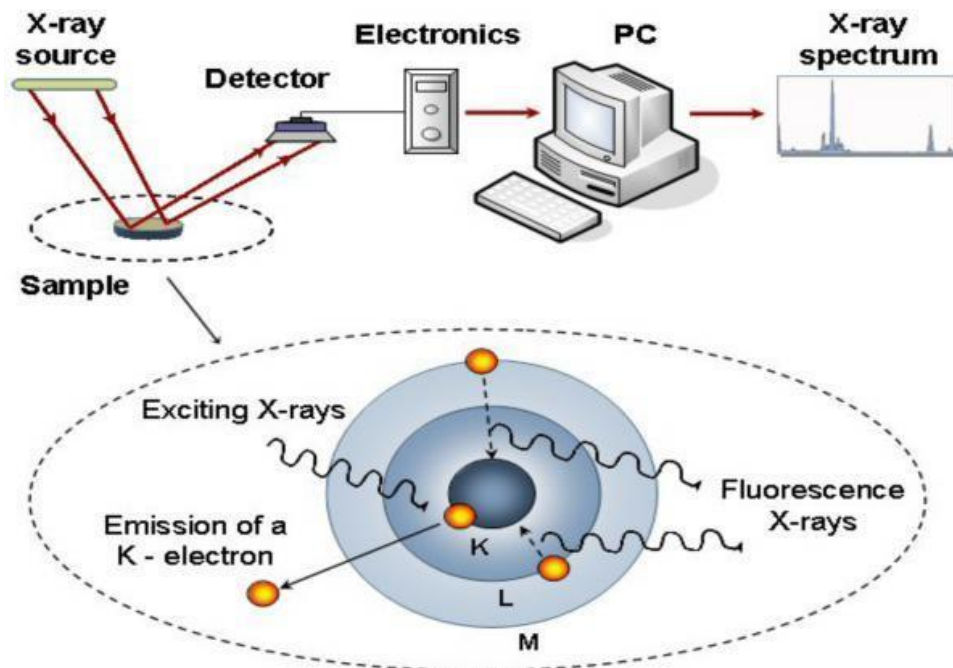
Reaksi yang terjadi selama proses pelindian air seperti pada **Persamaan (2.2)**.



2.4 X-Ray Fluorescence (XRF)

XRF adalah alat uji yang digunakan untuk analisis unsur yang terkandung dalam bahan secara kualitatif maupun 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.

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar-X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi daripada energi ikat elektron dalam orbit K, L atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X. Sinar-X yang dihasilkan merupakan suatu gabungan spektrum sinambung dan spektrum berenergi tertentu (*discreet*) yang berasal dari bahan sasaran yang tertumbuk elektron. Jenis spektrum *discreet* yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal sebagai spektrum sinar-X karakteristik (Jamaludin & Adiantoro, 2012). Peristiwa tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



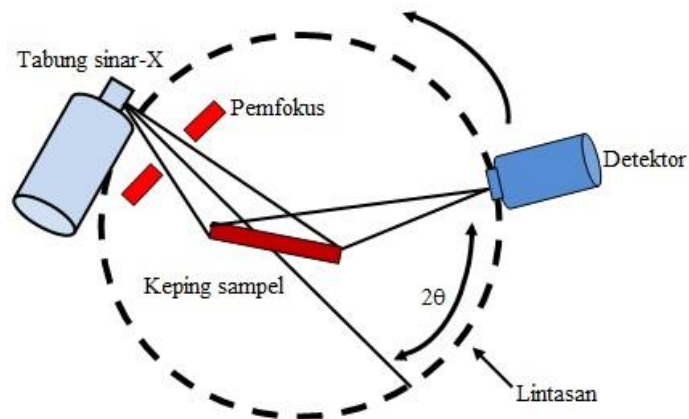
Gambar 2.1 Skema XRF (Jamaludin & Adiantoro, 2012).

XRF merupakan salah satu metode analisis yang tidak merusak sampel, dapat digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, sedangkan analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar. Prinsip pengukuran XRF berdasarkan terjadinya proses eksitasi elektron pada kulit atom bagian dalam ketika atom suatu unsur tersebut dikenai sinar-X, kekosongan elektron tersebut akan diisi oleh elektron bagian luar dengan melepaskan energi yang spesifik untuk setiap unsur. Hasil XRF berupa spektrum hubungan energi eksitasi dan intensitas sinar-X. Energi aktivasi menunjukkan unsur penyusun sampel dan intensitas menunjukkan nilai kualitas dari unsur tersebut. Semakin tinggi intensitasnya maka semakin tinggi pula persentase unsur tersebut dalam sampel. Metode XRF akan memberikan nilai intensitas secara total dari unsur tertentu dalam semua bentuk senyawa (Kembar Sari, 2016).

2.5 X-Ray Diffraction (XRD)

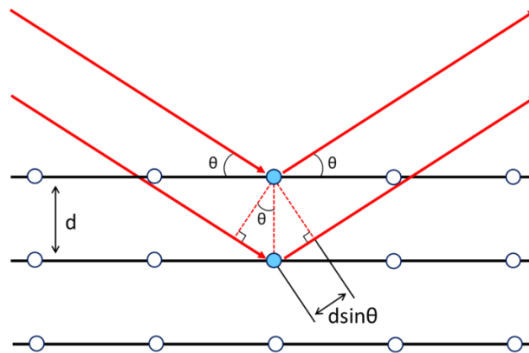
XRD merupakan sebuah teknik analisis yang selalu digunakan dalam hal mengidentifikasi kemunculan fase kristal di dalam material-material sampel dan dalam bentuk bubuk. Karakterisasi yang telah dilakukan Langi *et al.* (2020) pada sifat-sifat struktur pada sampel menggunakan XRD memiliki prinsip kerja yaitu sinar-X merefleksikan atau memantulkan sinar kepada bidang-bidang atom kristal dari material sampel yang diuji sehingga kita dapat mengkarakterisasi karakteristik pada sampel uji. XRD merupakan salah satu metode karakterisasi

material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik (Langi *et al.*, 2020). Tabung sinar-X pada *X-Ray Diffractometer* akan mengeluarkan sinar-X yang difokuskan menembak sampel padatan kristalin, sehingga sinar mendifraksikan ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Skema difraksi sinar-X dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2. Prinsip Kerja XRD (Cullity, 2014).

Berkas sinar terdifraksi diartikan sebagai berkas sinar yang terdiri dari sejumlah berkas sinar yang terhambur dan saling memperkuat. Skema proses difraksi Hukum Bragg dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3. Skema Hukum Bragg (Krane, 2020).

Pada **Gambar 2.3.** 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 menggunakan hukum bragg seperti

Persamaan (2.3)

$$2 d \sin \theta = n\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.3)$$

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 terbias akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi (Cullity, 2014).

2.6 Rietveld

Data kuantitatif hasil XRD dapat dianalisis menggunakan metode *Rietveld*. Metode *Rietveld* merupakan metode penghalusan data (*refinement*) dari data

keluaran difraktogram sinar-X yang dicocokkan dengan parameter-parameter suatu model yang disusun berdasarkan interpretasi struktur kristal untuk dicocokkan dengan data terukur sehingga tercapai nilai selisih kuadrat minimal. Dalam metode ini memanfaatkan pola intensitas yang diperoleh dari pengukuran difraksi bubuk bahan (Mukminin, 2018). Metode *Rietveld* dapat menganalisis secara detail struktur dan komposisi sampel polikristalin dari data sinar-X atau *neutron diffraction*, melalui penghalusan menggunakan fungsi objektif dengan meminimumkan selisih antara data intensitas perhitungan dan data intensitas pengamatan melalui pola difraksi. Analisis *rietveld* dilakukan melalui sejumlah tahapan dengan pencocokan dan penghalusan parameter struktur difraksi sinar-X, yakni unit sel, group ruang (*space group*) dan pergeseran koordinat awal atom, yang tersusun dalam model struktur (Sembiring, 2010).

Pada metode *Rietveld* digunakan perangkat lunak rietica. Data yang diperoleh dari hasil XRD dianalisis secara kuantitatif dengan meminimalkan selisih antara data pengamatan dan hasil perhitungan. Hasil output penhalusan ini berupa parameter-parameter struktur yang dihaluskan menggunakan metode pencocokkan pola keseluruhan yaitu hasil keluaran dari proses *refinement* yang dilakukan pada *software* rietica berdasarkan data XRD dapat dikatakan akurat jika nilai-nilai parameter kesesuaian atau FoM (*Figure of Merit*) telah memenuhi syarat, seperti nilai R_p (*R-profile*) yaitu nilai pengukuran kecocokan antara intensitas yang diobservasi dan intensitas yang dihitung untuk setiap titik data dalam pola difraksi, R_{wp} (*R-weighted profile*) yaitu versi berbobot dari R_p (*R-profile*) dimana setiap titik data diberi bobot sesuai dengan ketidakpastian (error) yang terkait dengan intensitas yang diobservasi, dan R_{exp} (*R-expected*) kurang dari

20% yaitu faktor ekspektasi yang dihitung berdasarkan kesalahan statistik yang diharapkan dari data eksperimen. Nilai R_{exp} ini mengindikasikan tingkat kesesuaian yang ideal antara data eksperimen dan model teoretis, serta nilai GoF (*Godness of Fit*) kurang dari 4% yaitu ukuran kualitas kecocokan antara pola difraksi yang diperoleh dari eksperimen dan model yang diperoleh dari refinemen. GoF adalah perbandingan antara R_{wp} (*R-weighted profile*) dan R_{exp} (*R-expected*) (Kisi, 1994).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 Februari 2024 sampai 15 Juni 2024 di Laboratorium Fisika Inti dan Eksperimen Universitas Lampung, Laboratorium Botani Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Instrumen Universitas Negeri Padang, dan Laboratorium Terpadu Universitas Negeri Padang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

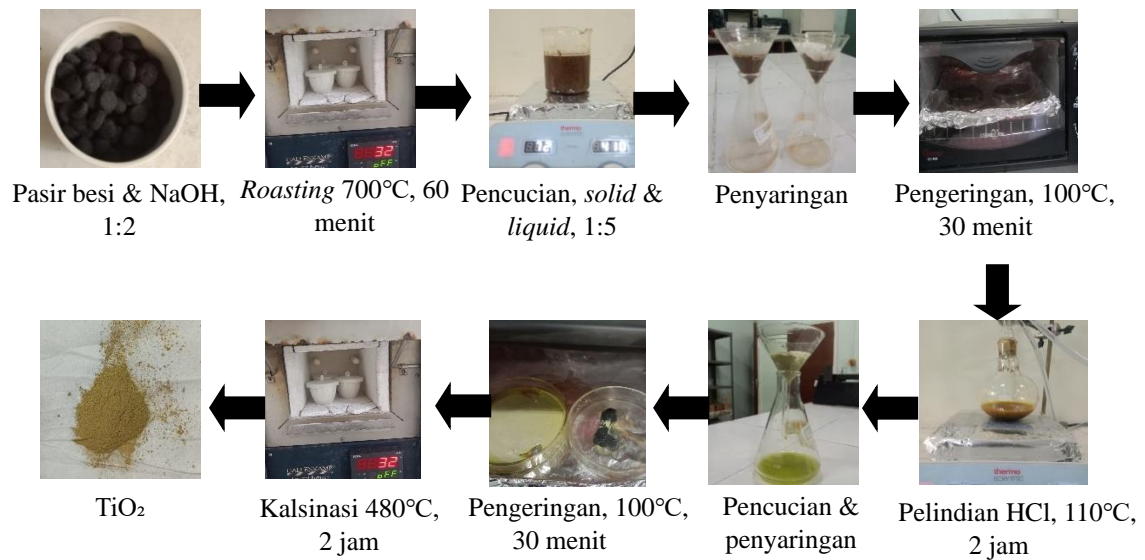
Alat-alat yang digunakan antara lain: *furnace*, *hot plate*, pengaduk magnet (*magnetic stirrer*), *beaker glass*, gelas ukur, spatula, kertas saring, cawan petri, neraca analitik, XRF, XRD.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: pasir besi, aquades, HCl dan NaOH.

3.3 Prosedur Percobaan

Prosedur penelitian ini terdiri dari karakterisasi pasir besi menggunakan XRF, ekstraksi TiO₂ dari pasir besi, dan karakterisasi menggunakan XRF, dan XRD. Berikut skema ekstraksi TiO₂ dari pasir besi ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Skema Ekstraksi TiO₂.

3.3.1. Karakterisasi Kandungan Senyawa di pasir besi

1. Pasir besi dari Provinsi Lampung disiapkan terlebih dahulu.
2. Pasir besi dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD.

3.3.2. Ekstraksi TiO₂ dari Pasir Besi

Prosedur ekstraksi TiO₂ dari pasir besi menggunakan metode yang telah digunakan oleh Ginting, *et al.* (2020) yaitu menggunakan metode fusi kaustik yang diikuti pelindian air dan pelindian asam.

3.3.2.1. Preparasi Awal

1. Pasir besi dicuci dengan air mengalir dan dibilas dengan aquades sambil diaduk selama 10 menit.
2. Pasir besi dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 30 menit.

3. Pasir besi disaring untuk menghilangkan pengotor yang tidak larut dalam aquades.
4. Pasir besi dihaluskan dan diayak dengan *sieve* hingga *-200 mesh*.

3.3.2.2. Proses Fusi Kaustik

1. Pasir besi hasil preparasi ditimbang sebanyak 80 gram kemudian ditambahkan NaOH padat sebanyak 160 gram untuk memperoleh rasio massa sebesar 1:2 dengan jumlah total sebesar 240 gram.
2. NaOH dicampurkan dengan pasir besi kedalam mortar hingga tercampur sempurna.
3. Campuran NaOH dan pasir besi di-*roasting* menggunakan alat *furnace* dengan suhu 700°C selama 60 menit.
4. Garam natrium dihaluskan dan dilanjutkan kedalam proses pelindian menggunakan air dengan perbandingan 1:5.
5. Sampel disaring menggunakan kertas saring.
6. Residu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 30 menit dan dihaluskan.
7. Residu yang telah halus ditimbang.

3.3.2.3. Pelindian HCl

1. HCl dengan variasi konsentrasi 4, 6, dan 8 molar disiapkan ke dalam *beaker glass* dengan perbandingan *solid* dan *liquid*-nya sebesar 1:4.
2. HCl dipanaskan di atas *hotplate* hingga mendidih.

3. Sampel hasil *roasting* dimasukan dikit demi sedikit ke dalam larutan HCl dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 90°C selama 90 menit.
4. Larutan didiamkan selama sepuluh menit hingga mengendap dan membuang larutan yang tidak mengendap.

3.3.2.4. Pencucian Aquades

1. Aquades sebanyak 50 ml dipanaskan menggunakan *beaker glass* di atas *hot plate* pada suhu 80°C.
2. Endapan hasil pelindian HCl dimasukan ke dalam aquades yang telah panas selama 30 menit.
3. *Beaker glass* diangkat dari *hot plate* dan larutan didiamkan hingga mengendap.
4. Labu *erlenmeyer*, corong dan kertas saring disiapkan untuk menyaring endapan yang terbentuk pada larutan.
5. Endapan dicuci di atas kertas saring dengan menggunakan aquades sebanyak 3 kali pencucian.
6. Endapan hasil pencucian dengan aquades dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 30 menit.

3.3.2.5. Kalsinasi

1. Sampel yang telah kering ditimbang menggunakan neraca analitik.
2. Sampel diaklsinasi pada suhu 450°C selama 2 jam.
3. Sampel didinginkan hingga suhu pada sampel setara dengan suhu ruangan.

3.3.2.6. Karakterisasi

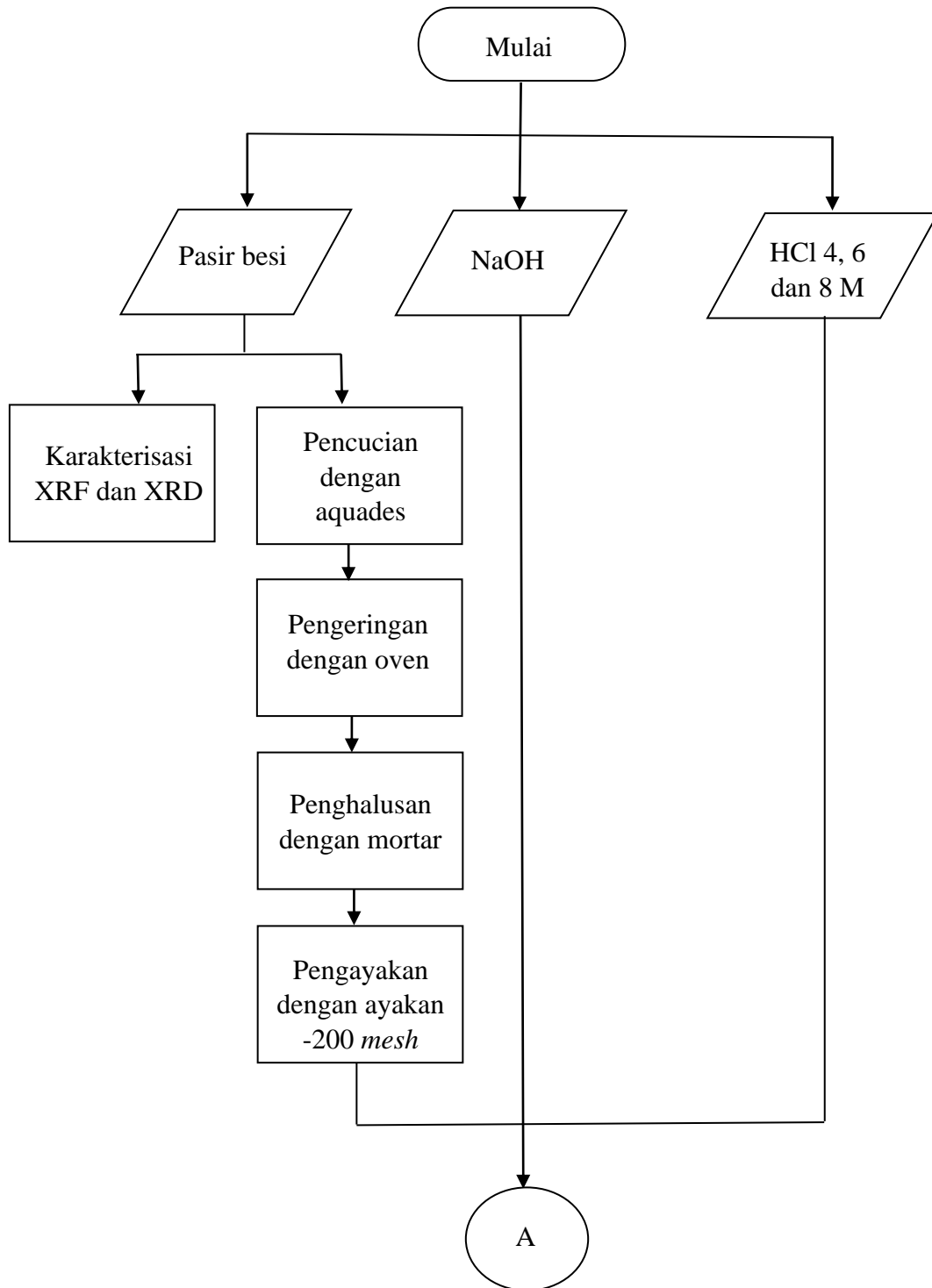
1. Sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF).
2. Sampel dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).

3.4 Diagram Alir Penelitisan

3.4.1. Proses Preparasi *Raw Material*

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

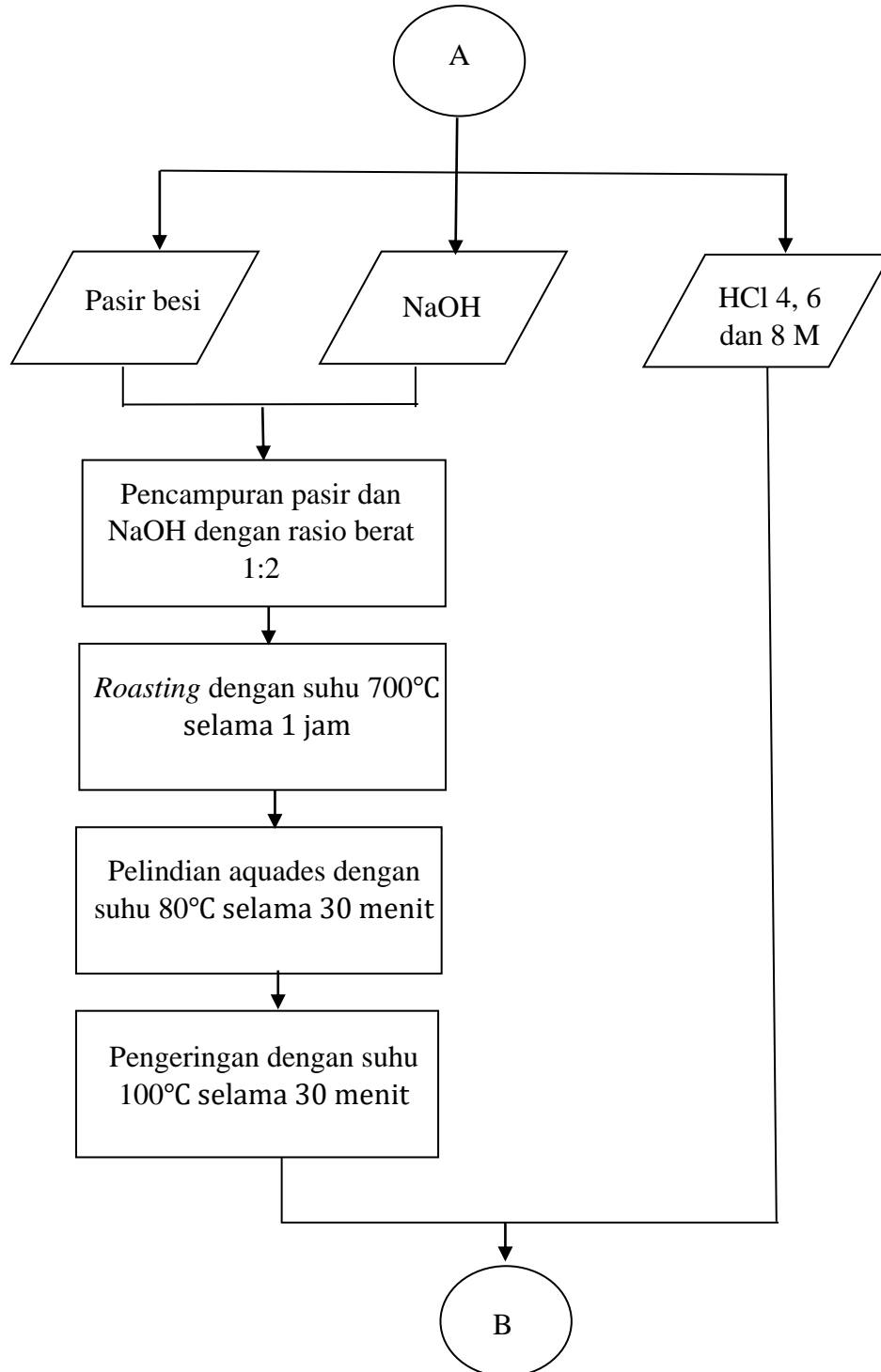
3.2



Gambar 3.2 Diagram alir proses preparasi *raw material*.

3.4.2 Proses Fusi Kaustik

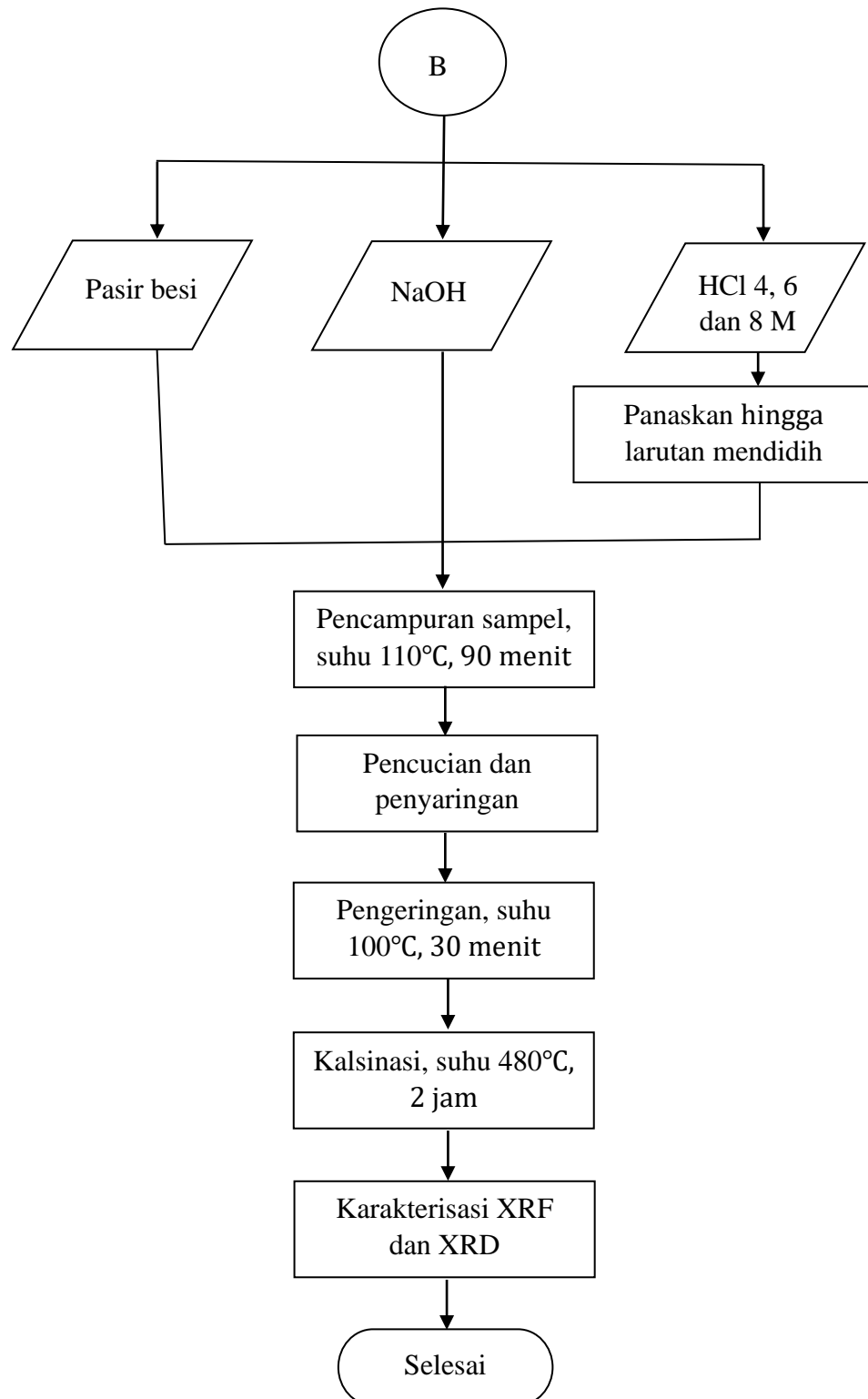
Diagram alir proses fusi kaustik pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Gambar 3.3**



Gambar 3.3 Diagram alir proses fusi kaustik.

3.4.3 Proses Pelindian HCl

Diagram alir proses pelindian HCl pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram alir proses pelindian HCl.

V. KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penambahan HCl pada sampel mempengaruhi tingkat kemurnian TiO_2 yang dihasilkan, semakin besar konsentrasi HCl maka akan semakin besar kemurnian TiO_2 yang dihasilkan, dengan sampel terbaik terdapat pada penambahan HCl dengan konsentrasi 8 M sebesar 57,615%.
2. Penggunaan metode fusi kaustik efektif untuk menghasilkan TiO_2 dengan tingkat kemurnian yang tinggi, yaitu pada sampel 4, 6, dan 8 M berturut-turut sebesar 40,15%; 47,52% dan 57,61%.
3. Fasa yang terbentuk pada sampel pasir besi setelah diekstrak yaitu *rutile* (TiO_2), *ilmenite* (FeTiO_3), *magnetite* (Fe_3O_4) dan *hematite* (Fe_2O_3).

5.2 Saran

Pada hasil XRF konsentrasi HCl 8 M, TiO₂ mendominasi daripada *ilmenite*, namun hasil XRD menunjukkan pemisahan fasa yang belum sempurna, dengan sebagian besar TiO₂ tetap dalam fase *ilmenite*. Oleh karena itu, untuk penelitian mendatang, disarankan untuk menggunakan konsentrasi HCl yang lebih tinggi dari 8 M guna meningkatkan pemisahan antara fasa Fe dan TiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, S., Juhana, R., & Riyadi J. 2019. Analisis Proses Pengolahan Pasir Besi Menjadi Besi Spons dalam Rangka Mendukung Industri Pertahanan Bahan Baku Baja. *Jurnal Pertahanan & Bela Negara*. Vol. 9. No. 1. pp 25-40.
- Bjili, A., Hamdi, dan Dwiridal, L. 2014. Karakterisasi Mineral Pada Batu Granit Di Sekitar Gunung Marapi Daerah Sumatera Barat Menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). *Pillar of Physics*. Vol. 1. No. 1. pp 92-194.
- Cullity. 2014. Elements of X-Ray Diffraction. *Journal of Scientific Quotations*. Vol 3. pp 92-194.
- Ermawati, R., Naimah dan Emmy. 2011. Monitoring dan Ekstraksi TiO₂ dari Pasir Mineral. *Jurnal Kimia Kemasan*. Vol. 33. No. 2. 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 Temperature Variation. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* (JFA). Vol 17. No. 1. pp 37-40.
- Floreny, G., Saefeto, G., & Gusmarwani, R. 2022. Pengambilan Titanium Dioksida (TiO₂) dari Pasir Besi Kulonprogo Menggunakan Metode Hidrometalurgi (Variasi Konsentrasi dan Suhu). *Jurnal Inovasi Proses*. Vol. 7. No. 2. pp 50-53
- Ginting, L. I. B., Manaf, A., Astuti, W., Supriyatna, Y. I., & Bahfie, F. 2023. Study of Titanium Dioxide (TiO₂) Extraction Process from Ilmenite Banten. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 12. No. 1. pp 4-5.
- Hastuti, E. 2011. Analisa Difraksi Sinar X TiO₂ Dalam Penyiapan Bahan Sel Surya Tersensitisasi Pewarna. *Jurnal Fisika UIN Maliki Malang*. Vol. 4. No. 1. pp 93-100.
- Istiqomah, Rohmawati, L., Setyarsih, W., Hefdea, A., Wulancahyani, E. 2019. Analisa Gugus Fungsi Titanium Dioksida Nanotube dari Hasil Ekstraksi Pasir Mineral Tulungagung. *Jurnal Inovasi Kimia dan Pembelajarannya Era Industri 4.0*. Vol 3. No. 1. pp 203-204.
- Jamaludin, A. & Adiantoro, D. 2012. Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF). *Jurnal Kimia Kemasan*. Vol. 9. No. 2. pp 27-27.

- Kembar, R., S. 2016. Potensi Mineral Batuan Tambang Bukit 12 Dengan Metode XRD, XRF. *Eksakta*. Vol. 2. No.1. pp 20-21.
- 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.
- Langi, B. G., Rampe, M. J., & Tengker, S. M. T. 2020. Ekstraksi dan Identifikasi Komponen Utama Pasir Putih dari Desa Marinsow Kabupaten Minahasa Utara dengan Pengujian XRF dan XRD. *Fullerene Journal of Chemistry*. Vol. 5. No. 2. pp 80-81.
- Manurung, P., Ginting, E. 2022. Pengaruh Isopropil Alkohol (IPA) pada Pembentukan Nanotitania Menggunakan Metode Hidrotermal pada Temperatur 250 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 10. No. 2. pp 181-183.
- Marjunus, R., Handayani, Y. N., Stevani, A., Febriyanti, N., Firdaus, I., Manurung, P., 2020, Synthesis and characterization of TiO₂ from Lampung's ilmenite using leaching method with variation of time duration, *Jurnal of Physics*. Vol 2. No. 2. pp 3-4.
- Mukminin, A. 2018. Analisis Kuantitatif Fasa dan Parameter Kristal Abu Cangkang Keong Mas (*Pomacea Canaliculata* L) Hasil Kalsinasi Suhu Tinggi Menggunakan Metode Rietveld. *Jurnal Chemurgy*. Vol. 2. No. 2. pp 5-7.
- Purnawan, S., Azizah, A., Jalil, Z., & Zaki, M. 2018. Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*. Vol. 13. No. 5. pp 110-119.
- Putra, D. H. 2015. Potensi Mineral Cassiterite dan Ilmenite pada Daerah Bekas Penambangan Timah Bangka. *Jurnal Promine*. Vol. 3. No. 2. pp 30-41.
- Rozi, F., dan Budiman, A. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Bentuk Bulir Mineral Magnetik Pasir Besi. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 4. No. 2. pp 125-127.
- Sembiring, S. 2010. Analisis Kuantitatif Data Diffraksi Sinar-X Fasa Keramik Crystoballite Berbasis Silika Sekam Padi Dengan Metode Rietveld. *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*. Vol. 3. No. 2. pp 119-122.
- Setianto, Santosa, B., Hidayat, D., & Panatarani, C. 2017. Analisa Kuantitatif Campuran Senyawa Oksida Sebagai Dasar Identifikasi Kandungan Bahan Sumber Daya Alam. *Eksakta*. Vol. 18. No. 2. pp 174-176.
- Setiawati. 2013. Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO₂) dari Pasir Besi Dengan Metode Hidrometalurgi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Vol 4. No. 1. pp 465-467.

- Sigit, S., & Gusmarwani, R. 2022. Pengambilan Titanium Dioksida (TiO_2) dari Pasir Besi Kulon Progo Dengan Metode Hidrometalurgi (Variabel Waktu dan Perbandingan Massa). *Jurnal Inovasi Proses*, Vol. 7. No. 1. pp 13-17.
- Sudradjat, A., & Bayuseno, A. P. 2013. Analisis Korosi dan Kerak Pipa Nickel Alloy N06025 Pada *Waste Heat Boiler*. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. Vol. 2. No. 1. pp 43-45
- Tiwow, V. A., Rampe, J., Arsyad, M., Bumi, F., Fisika, J., & Makassar, U. N. 2018. Kajian Suseptibilitas Magnetik Bergantung Frekuensi terhadap Pasir Besi Kabupaten Takalar. *Jurnal Sainsmat*. Vol. 7. No. 2. pp 139-143.