

Skripsi Geofisika

**Analisis Kandungan Mineral Pasir Besi Pantai Boe Kabupaten Takalar,
Sulawesi Selatan Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction* (XRD)**



Disusun dan Diajukan Oleh:

ALFIRA RAHMADANI

H061201030

DEPARTEMEN GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



HALAMAN JUDUL

**ANALISIS KANDUNGAN MINERAL PASIR BESI PANTAI BOE
KABUPATEN TAKALAR, SULAWESI SELATAN MENGGUNAKAN
METODE X-RAY DIFFRACTION (XRD)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

OLEH:

**ALFIRA RAHMADANI
H061201030**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



LEMBAR PENGESAHAN

Disusun dan Diajukan Oleh:

ALFIRA RAHMADANI

H061 20 1030

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Program Sarjana pada Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 30 April 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing utama



Prof. Dr. Ir. Muh. Altin Massinal, MT, Sury
NIP. 196406161989031006

Ketua Departemen Geofisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin



Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP.196709291993031003



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Alfira Rahmadani

NIM : H061201030

Departemen : Geofisika

Judul Skripsi : Analisis Kandungan Mineral Pasir Besi Pantai Boe Kabupaten
Takalar, Sulawesi Selatan Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction*
(XRD)

Menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Hasanuddin atau Lembaga Penelitian lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang sudah lazim digunakan, karya tulis ini merupakan murni dari gagasan penelitian saya sendiri, kecuali arahan dari Tim Pembimbing dan masukan Tim Penguji

Makassar, 30 April 2024

Yang membuat pernyataan,


Alfira Rahmadani



Seri Bacaan

Pasir besi merupakan salah satu jenis sumber daya mineral yang dapat ditemukan di sepanjang wilayah pantai terbentuk dari proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral-mineral besi. Keterdapatannya pasir besi salah satunya berada di Pantai Boe, Desa Mappakalombo, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Endapan pasir besi ditandai dengan adanya pasir berwarna hitam di pesisir pantai Kabupaten Takalar, khususnya di Pantai Boe. Semakin gelap/hitam warna dari pasir maka kandungan mineral besinya juga akan semakin tinggi. Penelitian ini dilakukan di Pantai Boe, Desa Mappakalombo, Kec Galesong, Kabupaten Takalar dengan menggunakan 3 sampel pasir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan mineral serta struktur kristal yang terkandung pada sampel pasir. Metode yang digunakan adalah metode XRD (*X-Ray Diffraction*). Kandungan mineral yang terdapat pada sampel pasir besi di Kabupaten Takalar mencakup: *Potassium [Iron (II)/magnesium] iron (III) bis(orthophosphate)* ($\text{Fe}_{1,91}\text{K Mg}_{0,09}\text{O}_8\text{P}_2$) sebesar 26,6%, *Magnetite* (Fe_3O_4) 34,4%, *Magnetite* ($\text{Fe}_{2,719}\text{O}_4\text{Si}_{0,289}$) 12%, *Ferrocolumbite* 65,5%, *Hexaferrum* ($\text{Fe}_{0,69}\text{Ir}_{0,05}\text{Ni}_{0,02}\text{Os}_{0,18}\text{Ru}_{0,06}$) 5,7%, dan *Hematite* (Fe_2O_3) 17,7%. Dengan Struktur kristal yaitu *monoclinic*, *cubic*, *orthorhombic*, *hexagonal* dan *trigonal*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dan informasi untuk pemanfaatan sumber daya mineral di daerah penelitian.

Kata Kunci: Pasir Besi, Kandungan Mineral, XRD, Pantai Galesong



Abstract

Iron sand is one type of mineral resource that can be found along the coastal area formed from the process of destruction by weather, surface water and waves to the original rock containing iron minerals. One of the iron sand deposits is located at Boe Beach, Mappakalombo Village, Galesong District, Takalar Regency, South Sulawesi. Iron sand deposits are characterized by the presence of black sand on the coast of Takalar Regency, especially on Boe Beach. The darker/blacker the color of the sand, the higher the iron mineral content. This research was conducted at Boe Beach, Mappakalombo Village, Galesong District, Takalar Regency using 3 sand samples. The purpose of this study was to determine the mineral content and crystal structure contained in sand samples. The method used is XRD (X-Ray Diffraction) method. The mineral content contained in iron sand samples in Takalar Regency includes: Potassium [Iron (II)/magnesium] iron (III) bis(orthophosphate) ($Fe_{1.91}K Mg_{0.09}O_8P_2$) by 26.6%, Magnetite (Fe_3O_4) 34.4%, Magnetite ($Fe_{2.719}O_4Si_{0.289}$) 12%, Ferrocolumbite 65.5%, Hexaferrum ($Fe_{0.69}Ir_{0.05}Ni_{0.02}Os_{0.18}Ru_{0.06}$) 5.7%, and Hematite (Fe_2O_3) 17.7%. With crystal structures namely monoclinic, cubic, orthorhombic, hexagonal and trigonal. The results of this study are expected to be used as a reference and information for the utilization of mineral resources in the study area.

Keywords: *Keywords: Iron Sand, Mineral Content, XRD, Galesong Beach*



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat merampungkan tugas akhir dengan judul “**Analisis Kandungan Mineral Pasir Besi Pantai Boe Kapaten Takalar, Sulawesi Selatan Menggunakan Metode X-Ray Diffraction**”, yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Sholawat serta salam tak lupa penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Kepada para sahabat dan pengikutnya yang senantiasa mengikuti sunnah beliau hingga akhir zaman.

Proses penyusunan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dinamika serta tantangan dan rintangan yang dilalui selama proses pengerjaan yang diakibatkan oleh keterbatasan penulis. Selama proses pengerjaan skripsi ini dengan izin Allah dapat berjalan dengan baik melalui bantuan, bimbingan, dukungan serta nasehat dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan salam hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Cinta pertama dan panutan penulis, Ayahanda **Nursida**. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan sampai ke bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
2. Pintu surga penulis, Ibunda **Nurhayati**. Beliau sangat berperan penting dalam



selesaikan program studi penulis, beliau juga memang tidak sempat akan pendidikan sampai di bangku perkuliahan, namun semangat,

motivasi, dukungan serta yang sujudnya selalu menjadi doa untuk kesuksesan anaknya.

3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muh. Altin Massinai, MT, Surv. IPM**. Selaku pembimbing utama penulis. Terimakasih telah memberikan bimbingan, nasehat dan masukan-masukan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi.
4. Bapak **Ir. Bambang Harime, M.Si** dan **Drs. Erfan, M.Si** . Selaku tim penguji dalam pelaksanaan seminar hasil dan ujian sidang skripsi geofisika, terimakasih atas segala kritikan dan masukan untuk penulis.
5. Seluruh **dosen-dosen departemen Geofisika** yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama proses Pendidikan S1 di Geofisika.
6. Seluruh staf Departemen Geofisika dan Fakultas MIPA serta laboratorium selingkup FMIPA yang telah membantu dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik dan laboratorium, terkhusus selama pengurusan penelitian ini, Terima Kasih.
7. Teman-teman **HMGF 2020**, terimakasih telah berjuang bersama-sama dari mahasiswa baru sampai kita semua menyelesaikan Pendidikan S1 Geofisika.
8. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, **Ahmad Fadhil Alfaruqi** sebagai partner spesial penulis. Terimakasih telah menjadi sosok pendamping dalam segala hal, yang menemani dan meluangkan waktunya serta mendukung penulis baik pada saat pengurusan administrasi, pengambilan sampel dan pengerjaan skripsi sampai saat ini. Terima kasih atas segala



an, waktu, support dan kebaikan yang diberikan kepada penulis. Terima telah kebersamai penulis dalam rintangan pengambilan sampel.

9. Kepada sahabat penulis, **Indri** dan **Rini**, terimakasih telah kebersamai penulis, memberikan dukungan dan motivasi serta menghibur penulis.
10. Kepada Anti, Ipa, Nadya dan Tri, terimakasih atas doa dan dukungannya serta selalu mendengarkan curhatan penulis.
11. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri **Alfira Rahmadani**, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan di luar keadaan dan tak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin. Terima kasih karena terus berusaha serta senantiasa menikmati segala prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah. Terimakasih sudah bertahan. Ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kepada semua pihak utamanya para pembaca yang budiman, penulis senantiasa mengharapakan saran dan kritiknya demi kesempurnaan skripsi ini. Mudah-mudahan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi semua pihak utamanya kepada Almamater kampus tercinta kampus Merah Universitas Hasanuddin.

Billahi fii Sabilil Haq, Fastabiqul Khairat, Wassalamualaikum Wr.Wb

Makassar, 30 April 2024



Penulis



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
SERI BACAAN.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
I.4 Tujuan Penelitian.....	5
I.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
II.1 Geologi Regional	7
II.2 Pasir Pantai	8
II.3 Pasir Besi	9
II.4 Proses Genesa Endapan Pasir Besi	11
Komposisi Pasir Besi	12
Sifat Pasir Besi	13



II.6.1 Karakteristik Bijih Besi.....	14
II.7 Diffraksi Sinar-X	16
II.7.1 X-Ray Diffraction	19
II.7.2 Prinsip Kerja XRD	20
II.8 Struktur Kristal	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
III.1 Lokasi Penelitian	28
III.2 Alat dan Bahan	28
III.2.1 Alat.....	28
III.2.2 Bahan	29
III.3 Prosedur Penelitian.....	29
III.3.1 Tahap Pengambilan Sampel.....	29
III.3.2 Tahap Preparasi Sampel.....	30
III.3.3 Tahap Karakterisasi Sampel Pasir Pantai Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i>	30
III.4 Bagan Alir.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
IV.1 Hasil.....	32
VI.2 Pembahasan.....	33
VI.2.1 Titik Pertama pada Bagian Bawah Laut	33
VI.2.2 Titik Kedua pada Bagian Permukaan Laut	35
VI.2.3 Titik Ketiga pada Bagian Permukaan Laut	35
VI.2.4 Titik Ketiga pada Bagian Bibir Pantai	37
PENUTUP.....	41



V.1 Kesimpulan	41
V.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Administrasi Kabupaten Takalar	7
Gambar 2.2 Ilustrasi Pengendapan Pasir Besi.....	11
Gambar 2.3. Skema difraksi sinar-X (Tiandho, 2016).....	17
Gambar 2.4 Skema prinsip kerja alat XRD (Meirawaty, dkk., 2021).....	21
Gambar 2.5 Sistem triklinik (Giacovazzo., 2002).....	24
Gambar 2.6 Sistem Kubik (Giacovazzo., 2002).....	24
Gambar 2.7 Sistem Monoklinik (Giacovazzo., 2002).....	25
Gambar 2.8 Sistem Orthorombik (Giacovazzo., 2002).....	25
Gambar 2.9 Sistem Tetragonal (Giacovazzo., 2002).....	26
Gambar 2.10 Sistem Trigonal/Rhombohedral (Giacovazzo., 2002).....	26
Gambar 2.11 Sistem Hexagonal (Giacovazzo., 2002).....	27
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Hubungan intensitas sudut dan 2θ pada sampel titik pertama bagian bawah laut.....	33
Gambar 4.2 Hubungan intensitas sudut dan 2θ pada sampel titik kedua bagian permukaan laut.....	34
Gambar 4.3 Hubungan intensitas sudut dan 2θ pada sampel titik ketiga bagian bibir pantai.....	34



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dari Pasir Besi (Wicaksono 2011).....	12
Tabel 2.2 Mineral - mineral bijih besi bernilai ekonomis (Jansen & Bateman, 1981).....	14
Tabel 2.3 Pengolahan Bijih Besi (PERMEN ESDM, 2018).....	14
Tabel 2.3 Tujuh sistem kristal (Hammond, 2009).....	22
Tabel 4.1 Hasil pengujian laboratorium metode XRD.....	32



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai kekayaan sumber daya alam yang melimpah baik minyak bumi, gas bumi, maupun bahan mineral alam lainnya. Apabila ditinjau dari keadaan wilayah Indonesia yang luas, yang terdiri dari banyak pulau-pulau, baik kecil hingga besar yang jumlahnya sekitar 16.056 pulau yang bernama dan ber koordinat (Badan Informasi Geospasial) menjadikan Indonesia sebagai wilayah yang memiliki banyak wilayah pantai yang kemungkinan besar berpotensi memiliki sumber daya yang besar pula. Salah satu jenis sumber daya mineral yang terdapat di wilayah pesisir yaitu pasir besi (Kamila, dkk., 2023). Keberadaannya yang melimpah dapat memberikan pengaruh besar bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara (Amalia, dkk., 2022).

Menurut Ditjen Minerba, cadangan pasir di Indonesia pada tahun 2020 mencapai hingga 222 juta ton logam besi. Angka tersebut dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap kemajuan industri nasional apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan besi baja. Namun salah satu kendala utama dalam pengembangan industri baja di Indonesia adalah masih kurang atau belum digunakan secara optimal.

Deposit pasir besi salah satunya berada di Pantai Boe, Desa Tompo, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Berdasarkan kondisi geologi, Pantai Boe didominasi oleh endapan aluvium dan terletak diantara dua anak sungai Jeneberang. Sumber sedimentasi di Pantai Boe



berasal dari formasi batuan vulkanik Baturappe-Cindakko dan formasi batuan vulkanik Lompobattang yang merupakan batuan vulkanik yang kaya akan magnetit (Zulkifli, dkk., 2002). Endapan pasir besi tersebut ditandai dengan adanya pasir berwarna hitam di pesisir pantai Kabupaten Takalar, khususnya di Pantai Boe (M Arsyad et all, 2018). Semakin gelap/hitam warna dari pasir maka kandungan mineral besinya juga akan semakin tinggi (Bahfie, dkk., 2022).

Besi merupakan unsur terbanyak keempat yang terkandung di dalam kerak bumi setelah oksigen, silikon, dan aluminum. Akan tetapi, tidak semua pasir besi yang ada di bumi memiliki nilai ekonomis untuk dimanfaatkan (Dikjen Minerba, 2021). Pasir besi merupakan salah satu sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapat di sepanjang pantai, terbentuk dari proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral-mineral besi (Bakri, 2021). Pasir besi merupakan jenis pasir yang terdiri dari butiran pasir yang memiliki kandungan magnetit (Fe_3O_4) yang mendominasi, selain magnetit (Fe_3O_4) terdapat juga hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan ilmenite (FeTiO_3) (Tiwow et all 2018). Pasir besi cenderung memiliki warna abu-abu gelap atau hitam (Irsyad et all, 2020), biasanya banyak di temukan di wilayah pantai, sungai dan pegunungan vulkanik (Lahijani & Travakoli, 2012).

Pasir besi banyak tersebar di sepanjang pantai barat Sumatera, pantai Jawa dan Bali, pantai-pantai di Sulawesi, NTT, Maluku, dan pantai utara Kalimantan (Sudani & Octova, 2020). Kandungan mineral yang terdapat dalam pasir besi banyak digunakan sebagai bahan dasar bangunan, bahan baku logam, besi



baja, semen dan lain-lain (Asri, 2021). Selain itu, pasir besi dapat dimanfaatkan sebagai material aktif seperti beton aspal (Kamila, dkk., 2023). Selain dari potensi yang dikandung oleh pasir besi yang sangat besar, prospek pengeksploasian dan eksploitasi pasir besi di Indonesia telah dilakukan dan digunakan untuk kepentingan ekonomi, dengan peraturan yang dikeluarkan oleh kementerian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) (Bahfie, dkk., 2022). Oleh karena itu menjadi peluang besar untuk mengembangkan penelitian-penelitian yang berkaitan dengan potensi mineral di Indonesia.

Ditinjau dari pemanfaatannya, pasir besi perlu diperhatikan karakteristiknya, karena setiap mineral memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada umumnya untuk mengidentifikasi kandungan mineral pada pasir besi biasanya menggunakan teknik analisa XRD (*X-Ray Diffraction*). XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kandungan mineral dan persentase yang ada pada sampel. Metode ini sangat dominan digunakan dan hasil dari metode ini berguna untuk menunjukkan kandungan yang terdapat pada pasir besi (Meirawaty, dkk, 2021).

Penelitian mengenai pasir besi sebelumnya telah dilakukan oleh Arsyad dkk. (2018) mengenai “Analisis Mineral Magnetik Deposit Pasir Besi di Pantai Sampulungan, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan dengan Metode Difraksi Sinar-X”. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa deposit pasir besi di Pantai

ngan mengandung mineral magnetik yang tinggi yaitu magnetit (Fe_3O_4) (TiO_2) dan berada di daerah pasang surut. Bakri dkk. (2022) juga un penelitian mengenai “Benefisiasi Pasir Besi Tanjung Bayang Dengan



Konsentrasi Pemisah Magnetik”. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pasir besi daerah penelitian mengandung mineral *diopside* ($MgCaSi_2O_6$), *Quartz* (SiO_2), *magnetite* (Fe_3O_4) dan *hematite* (Fe_2O_3). Penelitian lain oleh Saniah dkk. (2014) mengenai Karakteristik dan kandungan mineral pasir pantai Lhok Mee, Beureunut dan Laungah, Kabupaten Aceh berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan pasir pantai daerah penelitian didominasi oleh mineral SiO_2 , SO_3 , dan Fe_3O_4 .

Penelitian lain oleh Irsyad dkk. (2020) mengenai Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Hematit Berbahan Dasar Pasir Besi Bonto Kanang Takalar, Kabupaten Takalar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa Hematit (α - Fe_2O_3) berhasil terbentuk untuk masing-masing ukuran dan pasir Bonto Kanang Kabupaten Takalar memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Bakri dkk. (2021) juga melakukan penelitian Karakteristik Kandungan Mineral dan Sifat Kemagnetan Magnetik Pasir Besi Pantai Galesong Takalar Sulawesi Selatan. Hasilnya menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki pasir besi yang mengandung mineral kalsium magnesium, kuarsa, horblede, biotit, siderite, magnetik dan hematiti. Dari beberapa penelitian di atas, menunjukkan bahwa metode XRD (*X-Ray Diffraction*) efektif digunakan untuk mengetahui kandungan mineral pasir besi.

Berdasarkan pemanfaatan pasir besi yang nyatanya sangat dibutuhkan di bidang industri, dengan ketersediaannya yang juga melimpah tetapi belum dimanfaatkan secara optimal, maka sangat penting untuk melakukan penelitian ini yang akan menjadi sumber informasi terkait potensi pasir besi yang



terdapat pada setiap daerah. Gambaran penelitian di atas, diketahui bahwa setiap pasir pantai memiliki kandungan mineral yang berbeda-beda. Oleh karena itu untuk mengetahui kandungan mineral pada pasir besi Pantai Boe saat ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Dengan demikian, maka dilakukan penelitian Analisis kandungan mineral pasir Pantai Boe menggunakan metode XRD (*X-Ray Diffraction*).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan mineral pasir pantai daerah penelitian dengan menggunakan metode XRD?
2. Bagaimana struktur/bentuk kristal dari kandungan mineral pasir pantai daerah penelitian?

I.3 Ruang Lingkup Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dengan pengambilan sampel pasir pantai dilakukan di pantai Boe, Kabupaten Takalar dengan menggunakan 3 titik pengambilan sampel yang berbeda. Selanjutnya dilakukan pengujian sampel menggunakan alat *X-Ray Diffraction* untuk mengetahui kandungan mineral dan struktur kristal pasir dari sampel. Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dan informasi untuk pemanfaatan sumber daya mineral di daerah penelitian.



in Penelitian

ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis kandungan mineral pasir pantai daerah penelitian menggunakan XRD.
2. Mengetahui struktur/bentuk kristal kandungan mineral pasir pantai daerah penelitian.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritik

Untuk memperoleh bukti-bukti data empiris tentang analisis kandungan mineral pasir pantai dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) di Pantai Boe, Kabupaten Takalar yang akan bermanfaat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan akademis mahasiswa. Temuan penelitian ini dapat digunakan untuk memastikan kandungan mineral pasir yang dapat dimanfaatkan sebagai material berteknologi tinggi seperti pembuatan alat berat atau besi baja.

2. Manfaat Manajerial

Penelitian ini dapat menjadi sebuah bahan informasi dan sebagai referensi tambahan yang berkaitan dengan variabel di dalam penelitian yaitu analisis kandungan pasir pantai dengan menggunakan X-Ray Diffraction. Penelitian ini sangat penting karena merupakan investasi awal untuk merangsang perekonomian masyarakat sekitar.



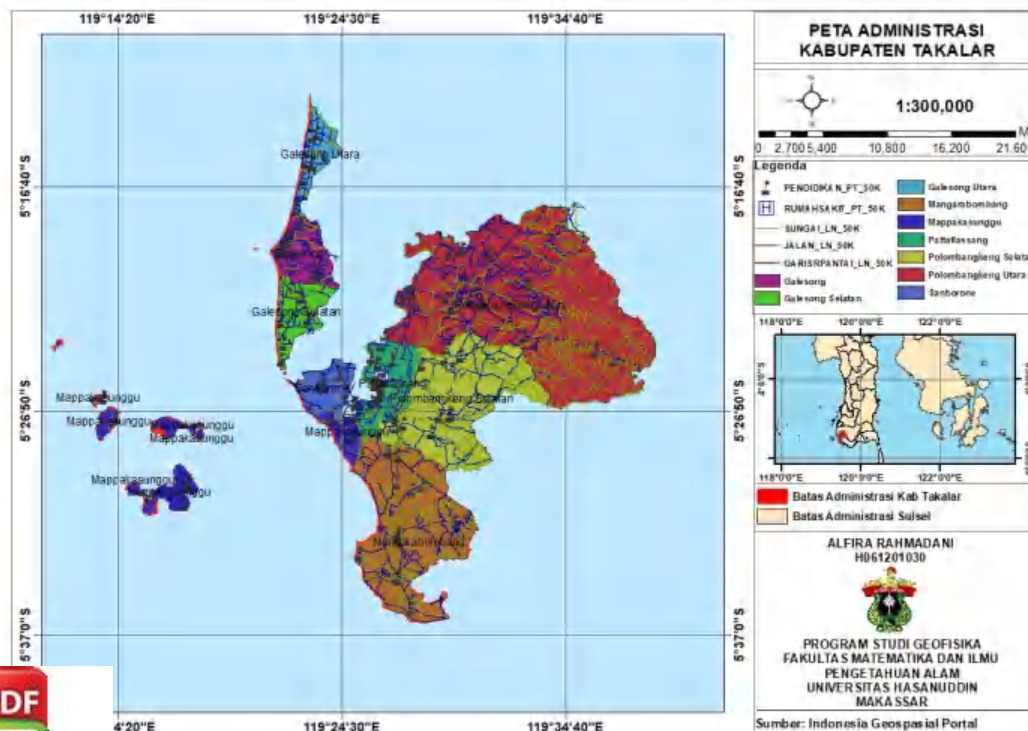
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Geologi Regional

Kabupaten Takalar merupakan salah satu wilayah kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak pada posisi $5^{\circ}30' - 5^{\circ}38' \text{ LS}$ dan $110^{\circ}22' - 119^{\circ}39' \text{ BT}$ dengan luas wilayah kurang lebih $566,51 \text{ Km}^2$. Secara administrasi Kabupaten Takalar berbatasan dengan wilayah: (Badan Pusat Statistik, 2023)

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Gowa
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kab. Gowa dan Kab. Jeneponto
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Selat Makassar
- Sebelah Barat berbatasan dengan Laut Flores



Gambar 2.1 Peta Administrasi Kabupaten Takalar



Berdasarkan peta geologi lembar Ujung Pandang, Bantaeng, dan Sinjai skala 1: 250.000 (Rab Sukamto dan Sam Supriatna, 1982) Kabupaten Takalar disusun oleh formasi Tonasa (Temt), formasi Camba (Tmc), yang menjemari dengan batuan gunungapi (Tmcv), batuan gunungapi Baturappe – Cindako (Tpbv), batuan gunungapi Lompobattang (Qtv), serta endapan aluvial dan pantai (Qac) (Sukamto dan Supriatna, 1982).

- Formasi Terobosan, terbentuk atas batuan asal
- Formasi Gunung api Cindako, terbentuk atas batuan lava-breksi-tufakonglomerat dan lava
- Formasi Camba terbentuk atas sedimen laut berselingan
- Formasi Tonasa terbentuk atas batuan gamping
- Endapan alivium dan pantai, terbentuk atas kerikil, pasir, lempung dan lumpur.

Jenis batuan atau geologi Kabupaten Takalar terdiri dari batuan vulkanik, dimana batuan ini merupakan batuan yang telah mengalami perubahan, sebagian besar batu kapur terbentang sepanjang pantai perbatasan Takalar dengan Jeneponto. Gunung api Baturappe-Cindako merupakan batuan vulkanik basal yang terdiri dari lava dan batuan piroklastik yang bersilangan dengan tufa dan batu pasir. Batuan ini tersebar luas di wilayah pegunungan dan daerah dataran. Lapisan batuan ini memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah (Zulkifli, dkk, 2002).



.2 Pasir Pantai

Sebuah penelitian menyatakan bahwa pasir pantai merupakan bagian dari endapan mineral (sedimen) yang terdiri dari berbagai bahan yang tertransportasi dari berbagai lokasi menuju tepi pantai, dengan ukuran partikel berkisar antara 0,0625 hingga 2 mm. Pasir pantai memiliki butiran yang lebih halus dibandingkan dengan pasir sungai dan pasir galian, karena dipengaruhi oleh gesekan batuan dari lautan dan mengandung garam. Garam tersebut menyerap air dari udara, sehingga butiran pasir pantai memiliki kecenderungan untuk menjadi sedikit basah (Asri, dkk., 2021). Pasir pantai merupakan sumber daya yang penting dalam industri bahan bangunan dan pertambangan. Kandungan mineral pada pasir pantai biasanya terfokus pada logam berat seperti bijih besi dan timah. Kandungan mineral pasir pantai umumnya dapat ditemukan di daerah aluvial, seperti aliran sungai atau sepanjang pantai yang terhubung dengan sumber vulkanik (Saniah, dkk., 2014).

II.3 Pasir Besi

Pasir besi merupakan hasil dari pengendapan pasir yang mengandung bijih besi, terutama magnetit, dan termasuk dalam kelompok bijih besi. Pasir ini cenderung memiliki warna gelap, seringkali berwarna abu-abu atau kehitaman, disertai dengan butiran yang halus dan bulat. Secara umum, pasir besi tersebar di sepanjang pantai, membentuk endapan dengan susunan butiran yang seragam (Irsyad, dkk., 2020). Pasir besi terbentuk melalui proses penghancuran batuan asal yang mengandung mineral besi, seperti magnetit, hematit, maghemite, dan yang dipengaruhi oleh cuaca, air permukaan, dan gelombang laut. Akibat ses ini, partikel-partikel pasir besi terakumulasi dan tercuci oleh



gelombang air laut (Andani & Octova, 2020). Pasir besi tidak hanya mengandung komponen magnetit dan hematit, tetapi juga mengandung titanium, silika, dan mangan (Bahfie, dkk., 2022). Istilah pasir besi atau pasir hitam sering digunakan untuk menyebut pasir yang mengandung mineral magnetit (Purnawan, dkk.,2018).

Di daerah pantai mineral-mineral mengalami pengendapan kembali akibat hempasan gelombang laut ke pantai. Dampak dari hempasan ini adalah sebagian besar mineral dengan berat jenis tinggi akan terendapkan di pantai, sementara mineral dengan berat jenis lebih ringan akan terbawa kembali oleh arus balik ke laut. proses ini berlangsung secara berkelanjutan, menyebabkan terbentuknya endapan pasir besi di sepanjang pantai (Andani & Octova, 2020).

Pembentukan endapan pasir besi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis batuan asal, proses perombakan, media transportasi dan lokasi pengendapan. Sumber mineral untuk endapan pasir besi di pantai umumnya berasal dari batuan gunung api dengan sifat andesit-basalt. Proses perombakan terjadi karena pelapukan batuan yang disebabkan oleh fenomena alam, seperti panas dan hujan, yang menyebabkan butiran terlepas dari batuan. Oleh karena itu, adanya perbedaan dalam bentuk pola sebaran endapan pasir besi di temukan di antara berbagai daerah (Andani & Octova, 2020).

Mineral-mineral tersebut memiliki potensi untuk dijadikan bahan dalam industri. Contohnya magnetit dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk tinta kering (toner) pada mesin fotokopi dan printer laser, sementara maghemite dapat

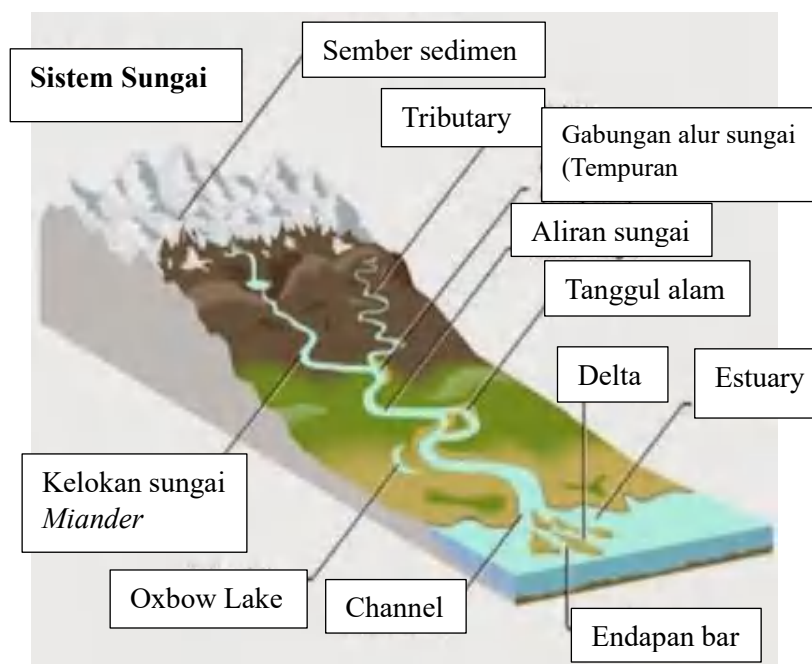
n sebagai bahan baku utama pada pita kaset. Selain itu, ketiga mineral magnetit, hematit, maghemite) juga dapat berfungsi sebagai pewarna dan



campuran dalam cat, serta sebagai bahan dasar untuk industri magnet permanen (Yuliyanto, dkk., 2003).

Pasir besi merupakan salah satu sumber material magnetik yang penting dan digunakan luas dalam berbagai sektor seperti elektronika, energi, kimia, dan diagnosa medis, serta berbagai industri lainnya. Penggunaan pasir besi sebagai bahan baku utama dalam industri baja dan industri alat berat menegaskan perannya yang signifikan dalam konteks domestik maupun internasional. Pertumbuhan industri baja, baik di dalam negeri maupun tingkat global, dapat memperbesar permintaan akan bahan baku besi, sehingga memengaruhi harga komoditas besi di pasar dunia. Akibatnya, minat investor untuk menanamkan modal dalam sektor pertambangan, khususnya bijih besi menjadi semakin meningkat (Bambang, 2005).

II.4 Proses Genesa Endapan Pasir Besi



Gambar 2.2 Ilustrasi Pengendapan Pasir Besi



Endapan pasir besi berasal dari batuan gunung berapi dan termasuk dalam kategori endapan sedimenter atau placer deposit. Endapan sedimenter terbentuk melalui serangkaian proses, termasuk pelapukan, transportasi, dan konsentrasi mekanis, yang dipengaruhi oleh perbedaan sifat fisik dari mineral-mineral penyusunnya. Pembentukan awal endapan pasir besi terjadi melalui pelapukan batuan andesit dan basaltik (Kotarumalos, dkk, 2023).

Selama proses pelapukan, batuan mengalami erosi dan diangkat oleh sungai, kemudian terbawa ke laut. Selama perjalanan ini, batuan mengalami perubahan bentuk dan ukuran, membentuk partikel yang lebih halus. Di laut, gelombang air laut mendorong partikel yang telah tertransportasi ke pantai, sementara air membawa pergi bahan-bahan ringan. Sebagai hasilnya, partikel yang lebih ringan terpisah dari yang lebih berat. Mineral dengan specific gravity tinggi mengendap, sedangkan mineral dengan specific gravity rendah tercuci dan terbuang. Proses ini berulang-ulang, menyebabkan pembentukan endapan pasir besi yang dapat ditemukan baik di sungai maupun di pantai (Sandria, 2015).

II.5 Komposisi Pasir Besi

Berikut adalah susunan komposisi kimia dari pasir besi menurut Wicaksono 2011 dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia dari Pasir Besi (Wicaksono 2011)

Unsur	Kandungannya
Al	2%
Si	5,91%



P	0,21%
K	0,37%
Ca	2,18%
Ti	6,26%
V	0,61%
Cr	0,01 %
Mn	0,57%
Fe	69,07%
Bi	12%

II.6 Bijih Besi

Besi (Fe) merupakan logam kedua yang paling melimpah di bumi (Ferial, 2019). Bijih besi atau Iron Ores merupakan jenis bijih yang kaya akan besi oksida. Di dalam bijih besi, terdapat campuran yang signifikan antara FeO (wusitite), Fe₃O₄ (Magnetit) dan Fe₂O₃ (Hematite), bersama dengan sejumlah senyawa pengotor lainnya seperti Al₂O₃, MgO, SiO₂ dan sebagainya (Ratnawulan, 2013). Kandungan oksida dalam bijih besi memiliki nilai yang tinggi, dengan kadar yang bervariasi di setiap wilayah, dan melibatkan mineral seperti Magnetit, hematite, Limonite, dan Saderite. Terkadang, bijih besi juga dapat mengandung mineral lain seperti Pyrite, Pyrrhotite, Marcasite, dan Chamosite (Bambang, 2011).



Salah satu di antara mineral-mineral bijih besi, magnetit memiliki kandungan Fe yang tinggi, meskipun jumlahnya terbatas. Sementara itu, hematit menjadi bijih utama yang sangat penting dalam industri baja (Ferial, 2019).

Informasi lebih rinci mengenai mineral-mineral pembawa besi yang memiliki nilai ekonomis, termasuk susunan kimia, kandungan Fe dan klasifikasi komersial dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Mineral-mineral bijih besi bernilai ekonomis (Jansen & Bateman, 1981)

Mineral	Susunan Kimia	Kandungan Fe (%)	Klasifikasi Komersil
Magnetit	Fe_3O_4	72,4	Magnetik atau biji hitam
Hematit	Fe_2O_3	70,0	Bijih merah
Limonit	$\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$	59-63	Bijih Coklat
Siderit	Fe_2CO_3	48,2	<i>Spathic, black band, clay ironstone</i>

Tabel 2.3 Standar pengolahan Bijih Besi (Permen ESDM, 2018)

No	Mineral	Kandungan Fe (%)
1	Magnetite	$\text{Fe} \geq 62\%$
2	Hematite	$\text{Fe} \geq 50\%$
3	Ilmenite	$\text{Fe} \geq 56\%$

II.6.1 Karakteristik Bijih Besi

Jenis-jenis mineral dari masing-masing bijih besi adalah sebagai berikut:



Bijih Besi Magnetite

Bijih besi magnetite memiliki sifat magnet alam yang berwarna hitam dan tidak tembus cahaya, dengan rumus kimia Fe_3O_4 . Mineral ini memiliki susunan kristal isometric atau kubik. Sifat fisik bijih ini mencakup kilap logam, sifat ferromagnetik, dan goresan berwarna hitam. Selain itu, bijih besi magnetite mengandung titanium dan kromium.

Bijih besi magnetite dikenal sebagai bijih besi yang memiliki sifat magnetik kuat. Proses pengolahan bijih ini cenderung lebih sulit dibandingkan dengan bijih besi hematite, karena ikatan antara oksigen dan Fe pada bijih ini jauh lebih padat. Di Indonesia, bijih besi magnetite banyak ditemukan di Pangelarangan-Lampung, Sumatera Barat.

b. Bijih Besi Hematite

Bijih besi hematite memiliki rumus kimia Fe_2O_3 dan berbentuk pipih serta tipis. Permukaannya dapat mengalami perubahan warna ketika terkena cahaya dari berbagai arah, dengan warna umumnya merah atau merah tua, abu-abu gelap dan hitam. Mineral ini memiliki susunan kristal *rhombohedral*. Bijih besi hematite termasuk salah satu jenis bijih besi yang sering digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan besi dan baja. Di Indonesia, hematite dapat ditemukan di beberapa lokasi, termasuk Ketapang (Kalimantan Barat), Belitung, Tasik, dan daerah lainnya

c. Bijih Besi Laterite

Bijih besi laterite merupakan salah satu jenis bijih besi yang dihasilkan dari pelapukan batuan ultra basah atau batuan yang kaya akan besi. Jenis utama yang terdapat pada bijih besi ini adalah geotit dan limonit.



Kandungan besinya relatif tidak terlalu tinggi, berkisar 35-45%, meskipun ada yang mencapai 50% atau lebih, karena adanya kandungan air kristal. Di Indonesia, bijih besi laterite dapat ditemukan secara melimpah di berbagai lokasi, termasuk Pulau Sebuku, Gunung Kukusan, Pomala dan Halmahera (Ferial, dkk, 2019).

II.7 Difraksi Sinar-X

Difraksi sinar-X merupakan metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Difraksi sinar-X adalah suatu teknik analitik yang bersifat non-destruktif dan sangat beragam dalam identifikasi serta kuantifikasi berbagai jenis kristal dari senyawa yang terdapat dalam sampel baik berupa serbuk maupun padat. Proses difraksi ini terjadi ketika gelombang mengalami pembiasan atau pembelokan saat melewati suatu gangguan, seperti kisi kristal. Akibatnya, gelombang tersebut tersebar ke berbagai arah, yang dapat mengakibatkan penguatan atau pelemahan sinyal tergantung pada kondisi yang tengah terjadi (Muttaqin, dkk., 2023).

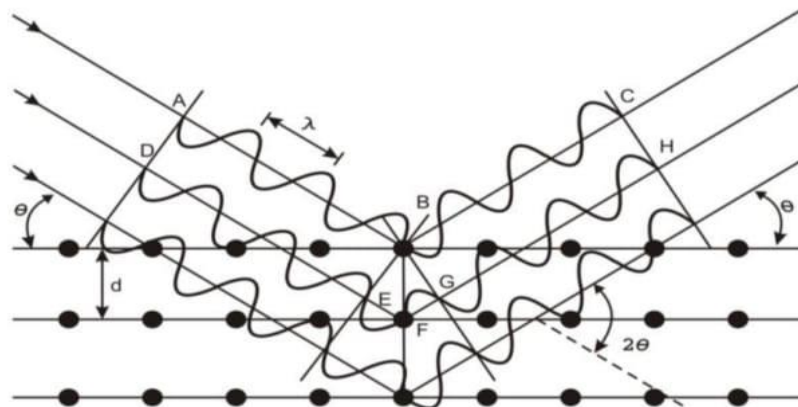
Sinar-X memiliki satuan panjang gelombang yaitu Å, dengan rentang frekuensi sebesar $10^{16} - 10^{20}$ Hz dan energinya berkisar antara 100eV hingga 100keV. Sinar-X yang digunakan dalam difraksi memiliki panjang gelombang berkisar antara 0,5 sampai 2,5Å. Sinar-X menempati wilayah antara sinar gamma dan ultraviolet dalam spektrum elektromagnetik (Cullity, 1978).

Saat sinar-X terbentuk, terjadi pancaran gelombang karena interaksi foton partikel dalam sampel. Akibatnya, beberapa gelombang terpancar, dan pancaran ini dapat saling berinteraksi. Dua kemungkinan interaksi antar



gelombang mungkin terjadi: pertama, mereka dapat saling menguatkan; kedua, mereka dapat saling meniadakan. Interaksi yang menyebabkan penguatan gelombang disebut interferensi konstruktif, sementara interaksi yang menyebabkan penghilangan gelombang disebut interferensi destruktif.

Jika seberkas sinar-X dengan panjang gelombang λ jatuh pada permukaan kristal dengan sudut θ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang kristal. Proses tersebut dinamakan Difraksi. Sinar yang sefase (konstruktif) akan saling menguatkan dan yang sinar yang tidak sefase (destruktif) akan saling meniadakan atau melemahkan. Berkas sinar sefase tersebut yang menghasilkan puncak difraksi. Besar sudut difraksi tergantung panjang gelombang (λ) berkas sinar-X dan jarak antar bidang penghamburan (d). Skema difraksi sinar-X dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut



Gambar 2.3. Skema difraksi sinar-X (Tiandho, 2016)

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa garis AD merupakan muka
 ng dari gelombang sinar-X yang se fase saat mendekati kristal.
 ng yang dihamburkan pada B akan mengikuti lintasan ABC, dan yang



terhambur pada F mengikuti lintasan DFH. Gelombang kedua berjalan lebih jauh dari gelombang pertama dan selisih panjang lintasannya adalah jumlah dari dua segmen EF dan FG yang merupakan kelipatan panjang gelombang (λ), sehingga:

$$EF + FG = n\lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.1)$$

Menurut trigonometri, panjang kedua segmen ini sama, yaitu $d_{hkl} \sin \theta$, dengan d_{hkl} adalah jarak antar bidang (bidang hkl nantinya akan menunjukkan bidang kristal tersebut dan ia berkaitan dengan bidang koordinat xyz),

$$EF = FG = d_{hkl} \sin \theta \quad (2.2)$$

Sehingga dengan melakukan substitusi pada pers (1.1) maka akan dihasilkan (Tiandho, 2016).

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda \quad (2.3)$$

Persamaan inilah yang dikenal sebagai hukum Bragg dan sangat penting dalam mengindeks pola difraksi sinar-X dan menentukan struktur kristal suatu material. Parameter n merupakan orde refleksi dan merupakan jalur perbedaan, dalam hal jumlah panjang gelombang, antara gelombang-gelombang yang tersebar oleh bidang atom yang berdekatan. Urutan pertama pemantulan terjadi ketika $n = 1$ dan gelombang hamburan dan gelombang datang mempunyai satu panjang gelombang. Jika $n > 1$ maka pantulan tersebut disebut tingkat yang lebih



Persamaan 1.3 dapat kita tulis ulang sebagai

$$\lambda = 2 \frac{d}{n} \sin \theta \quad (2.4)$$

Dimana, seperti yang didefinisikan pada gambar 2.2, d berhubungan dengan jarak antar bidang (hkl) dan parameter $\frac{d}{n}$ berhubungan dengan jarak antar bidang ($nhnkbl$). Sehingga kita dapat menganggap pantulan orde tinggi sebagai pantulan orde pertama dari bidang yang berjarak pada jarak $\frac{1}{n}$ dari jarak sebelumnya. Dengan menetapkan $d = \frac{a}{n}$ dan mendistribusi ke dalam persamaan 1.4, kita dapat menuliskan hukum Bragg secara umum yaitu: (Cullity, 1978)

$$\lambda = 2d \sin\theta \quad (2.5)$$

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Beliau merupakan ilmuwan fisika Jerman yang berfokus meneliti efek dari radiasi sinar tersebut hingga mendapatkan penghargaan Nobel dalam Fisika pada tahun 1901. Dinamakan sinar-X karena tidak diketahui asalnya. Sejak ditemukannya sinar-X, ditandai sebagai mulainya zaman fisika modern dan merevolusi kedokteran diagnostik. sinar-X telah menjadi alat umum untuk pemeriksaan non-destruktif pada material dan manusia (Juwita, 2003). Selain itu, sinar-X juga dapat digunakan untuk menghasilkan pola difraksi tertentu yang berguna dalam analisis kualitatif dan kuantitatif bahan. Pengujian yang melibatkan penggunaan sinar-X dikenal sebagai Pengujian Difraksi Sinar-X (X-Ray Diffraction, XRD) (Hakim, dkk., 2019).

II.7.1 X-Ray Diffraction



RD adalah alat yang memanfaatkan difraksi sinar *X-Ray* untuk analisis bentuk struktur kristal, ukuran atom penyusunnya, bentuk struktur

simetri-spasi antar atomnya, serta komposisi kimia mineral. XRD dapat menganalisis material dalam bentuk *single kristal* maupun bentuk serbuk (*powder*) (Meirawaty, dkk., 2021). *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah salah satu teknik yang menggunakan prinsip Bragg dan menjadi metode karakteristik material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga saat ini. Metode ini berkembang pesat sejak penemuan alat *X-Ray* oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 (Trisunaryanti., dkk, 2015).

Analisa XRD merupakan suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya yang terjadi karena berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristal nya. Teknik XRD menganalisis sinar-X yang tersebar oleh sampel material sebagai akibat dari tumbukan antara sinar-X dan material sampel tanpa mengalami kehilangan energi (Hammond., 2009)

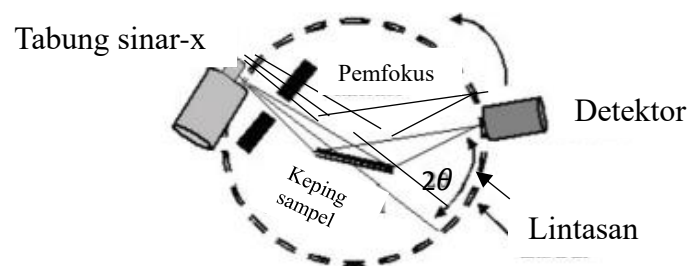
II.7.2 Prinsip Kerja XRD

Prinsip kerja XRD adalah menembakkan sinar *X-Ray* ke permukaan objek yang di tuju, objek dapat berupa 1 material yang utuh berukuran halus atau serbuk batuan dengan berat minimal 5gram. Semakin pendek panjang gelombangnya, energi yang dikeluarkan akan semakin besar, sehingga sinar *X-Ray* memiliki energi yang besar dan daya penetrasi yang kuat.

X-Ray Diffraction terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, objek yang diteliti, dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan dari elektron yang dipercepat dari filamen, sehingga menghasilkan elektron, perbedaan tegangan



menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Ketika sinar *X-Ray* ditembakkan, objek mineral akan merespon dengan cara menyerap atau mendifraksikan sinar tersebut. Difraksi ini menghasilkan sinar dengan sudut difraksi (θ) tertentu yang dibaca oleh detektor (difraktometer) sebagai grafik dengan intensitas *peak* tertentu. Ketika *peak* yang ditunjukkan difraktometer telah muncul, maka ukuran spasi interplanar (d) dan intensitas relatifnya (I) terlihat, maka komposisi mineral dalam serbuk dapat diidentifikasi dengan mengacu kepada daftar difraksi mineral yang telah dipublikasikan oleh *International Center for Diffraction Data (ICDD)* (Meirawaty, dkk., 2021).



Gambar 2.4 Skema prinsip kerja alat XRD

Metode XRD berdasarkan sifat difraksi sinar-X, yakni sinar-X terjadi jika suatu bahan menembakkan dengan elektron dengan kecepatan dan tegangan yang tinggi dalam suatu tabung vakum, elektron-elektron dipercepat yang berasal dari filamen (Anoda) menumbuk target (Katoda) yang berada dalam tabung sinar-X sehingga elektron-elektron tersebut mengalami perlambatan. Data yang diperoleh



ode *X-Ray Diffraction* adalah sudut hamburan (sudut Bragg) dan . Berdasarkan teori difraksi, sudut difraksi bergantung kepada lebar celah gga mempengaruhi pola difraksi (Cullity, 1978).

Pada *X-Ray Diffraction*, pola difraksi dinyatakan melalui sudut-sudut yang terbentuk akibat difraksi cahaya oleh kristal dalam material. Besarnya sudut ini diukur dalam nilai 2θ , dimana θ mencerminkan sudut datang cahaya. Sedangkan 2θ mencakup besarnya sudut datang dan sudut difraksi yang terdeteksi oleh detektor. Intensitas cahaya difraksi bergantung dari berapa banyak kisi-kristal yang memiliki orientasi yang sama. Dengan menggunakan metode ini dapat menentukan sistem kristal, parameter kisi, derajat kristalisasi dan fase yang terdapat dalam suatu sampel (Cullity, 1978).

II.8 Struktur Kristal

Kristal merupakan susunan atom-atom atau kumpulan atom yang teratur dalam ruang tiga dimensi. Keteraturan susunan tersebut muncul akibat kondisi geometris yang dipengaruhi oleh ikatan atom yang memiliki arah. Susunan khas atom-atom dalam kristal disebut struktur kristal. Struktur kristal merupakan suatu susunan atom-atom, ion-ion atau molekul di dalam suatu material yang dibangun oleh sel satuan (*unit cell*). Sel satuan merupakan bagian terkecil dari unit struktur yang dapat menjelaskan struktur suatu kristal (Adi, dkk., 2007). Kristal dapat dikelompokkan menjadi 7 sistem kristal, dapat di lihat pada tabel berikut (Hammond., 2009).

Tabel 2.3 Tujuh sistem kristal

Sistem kristal	Parameter kisi
<i>Triclinic</i>	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$



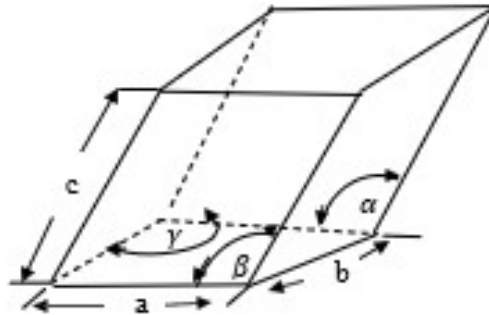
<i>Monoclinic</i>	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta \geq 90^\circ$
<i>Orthorhombic</i>	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
<i>Tetragonal</i>	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
<i>Cubic</i>	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
<i>Trigonal</i>	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ > 120^\circ$
<i>Hexagonal</i>	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$

Penjelasan dari ketujuh sistem kristal di atas adalah sebagai berikut (Howard, dan Howard., 1998)

1. Triclinic

Kristal dari sistem triklinik mempunyai tiga sumbu dengan panjang yang berbeda dimana semuanya berpotongan pada sudut miring. Demikian juga dengan panjang masing-masing sumbunya, tidak ada sumbu yang tegak lurus dengan sumbu lainnya, dengan panjang sumbu $a \neq b \neq c$ dan sudut $\alpha \neq \beta \neq \gamma = 90^\circ$.

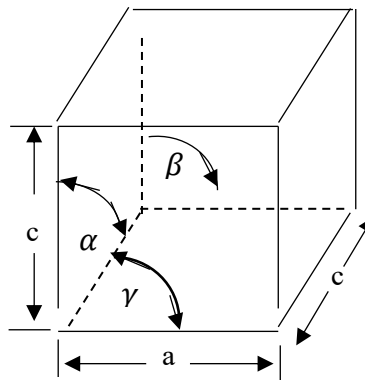




Gambar 2.5 Sistem triklinik (Giacovazzo., 2002)

2. Kubik

Sistem kristal kubik juga dikenal sebagai sistem kubik, dengan jumlah sumbu kristalnya ada tiga yang saling tegak lurus dengan yang lainnya, yaitu pada kondisi sebenarnya. Sistem kristal ini memiliki perbandingan sumbu $a = b = c$ dan panjang sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Dapat disimpulkan bahwa pada sistem ini semua sudut kristalnya tegak lurus satu sama lain membentuk sudut 90° .



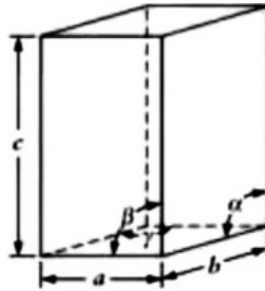
Gambar 2.6 Sistem Kubik (Giacovazzo., 2002)

3. Monoklinik

Kristal dari sistem monoklinik juga memiliki tiga sumbu utama dengan panjang yang tidak sama panjang. Sumbu b yang tidak sama dengan sumbu c, dan



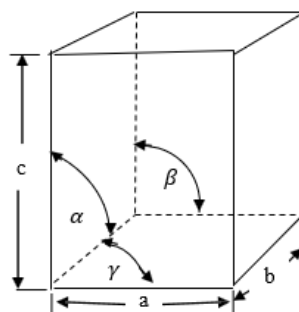
sumbu a yang tegak lurus terhadap sumbu b. Dengan panjang sumbu $a \neq b \neq c$ dan sudut $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta \geq 90^\circ$.



Gambar 2.7 Sistem Monoklinik (Giacovazzo., 2002)

4. Orthorombik

Mineral dari sistem kristal orthorombik memiliki tiga sumbu yang saling tegak lurus satu dengan lainnya. Ketiga sumbu tersebut mempunyai panjang yang berbeda. Sistem kristal ini memiliki perbandingan sumbu $a \neq b \neq c$ dengan sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Hal ini berarti, pada sistem kristal ini ketiga sudutnya saling tegak lurus (90°).



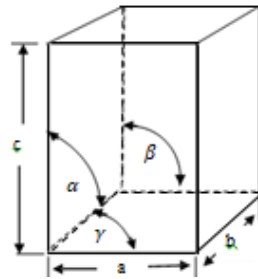
Gambar 2.8 Sistem Orthorombik (Giacovazzo., 2002)

5. Tetragonal



Sistem kristal tetragonal sama dengan sistem kubik, dimana sistem kristal mempunyai tiga sumbu kristal yang masing-masing saling tegak lurus. Sumbu

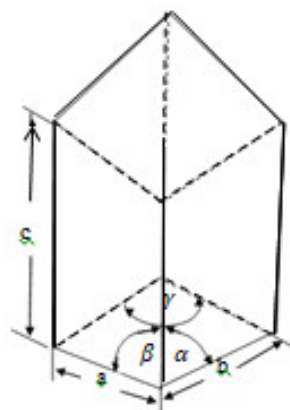
a dan b mempunyai satuan panjang yang sama sedangkan sumbu c berlainan, dapat lebih pendek atau panjang. Pada kondisi sebenarnya tetragonal memiliki perbandingan sumbu $a = b \neq c$ dengan sudut kristografi $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.



Gambar 2.9 Sistem Tetragonal (Giacovazzo., 2002)

6. Trigonal/Rhombohedral

Trigonal memiliki rasio perbandingan sumbu $a = b \neq c$ yang artinya panjang sumbu a dan b sama, tetapi tidak sama dengan sumbu c. Dan juga memiliki sudut kristalografi $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ > 120^\circ$. Artinya pada sistem ini sudut α dan β saling tegak lurus dan membentuk sudut 120° terhadap sumbu γ .



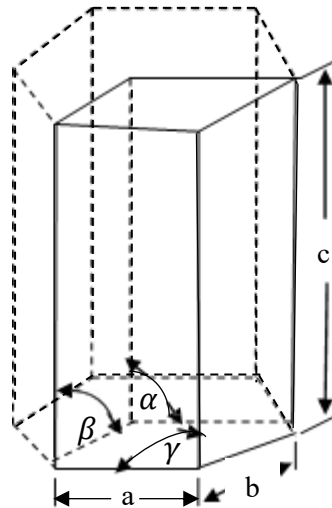
Gambar 2.10 Sistem Trigonal/Rhombohedral (Giacovazzo., 2002)



Sistem Hexagonal

Sistem ini mempunyai 3 sumbu kristal, dimana sumbu a dan b memiliki panjang yang sama, sedangkan sumbu c berbeda. Dapat lebih panjang atau lebih

pendek. Sistem hexagonal memiliki rasio perbandingan sumbu $a = b \neq c$ dengan sudut kristalografi $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$. Dalam hal ini, sistem ini sudut α dan β saling tegak lurus dan membentuk sudut 120° terhadap sumbu γ .



Gambar 2.11 Sistem Hexagonal (Giacovazzo., 2002)

