

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Magnet

Magnet adalah logam dengan medan magnet yang dapat menarik besi atau baja. Baja dan besi dapat tertarik pada magnet karena medan magnetnya. Kata "magnet" diyakini berasal dari nama daerah kecil di Asia yang dikenal sebagai Magnesia. Menurut sebuah cerita, jenis batu tertentu yang dapat menggambar besi, baja, atau paduan logam lainnya ditemukan di sana sekitar 4.000 tahun yang lalu. Benda apa pun yang dapat menarik baja atau besi disebut magnet (Suryatin, 2008). Besi, baja, dan paduan logam dapat digunakan untuk membuat magnet, yang banyak digunakan di sektor otomotif dan lainnya. Magnet terdiri dari magnet-magnet kecil yang dikenal sebagai magnet elementer yang disusun secara seragam dan memiliki arah yang sama. Tidak ada kutub magnet di ujung logam non-magnetik karena orientasi magnet dasar yang acak (tidak beraturan) menyebabkan efeknya meniadakan satu sama lain. Ada dua kutub pada setiap magnet, utara dan selatan (Afza, 2011).



Gambar 2.1 Magnet Blok

Berdasarkan sifat kemagnetannya, benda dapat diklasifikasikan menjadi benda magnetis dan nonmagnetik. Benda yang bersifat magnetis adalah benda yang dapat ditarik oleh magnet, sedangkan benda nonmagnetik adalah benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet. Logam seperti besi dan baja merupakan contoh benda yang bersifat magnetis, meskipun tidak semua logam tertarik pada magnet. Oksigen cair adalah salah satu contoh benda nonmagnetik (Suryatin, 2008). Sistem metrik

Satuan Internasional (SI) menggunakan Tesla sebagai satuan kekuatan magnet ($1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$) sebagai satuan SI untuk fluks magnet total, yang berdampak pada satu meter persegi. (Afza, 2011).

2.1.1 Sifat Magnetik

Suatu bahan magnetik mempunyai sifat kemagnetan pada bagian dasarnya. Tingkat permeabilitas dan kerentanannya mengungkapkan karakteristik magnetik ini. Tiga jenis sifat magnet, diamagnetik, paramagnetik, dan feromagnetik dibedakan berdasarkan nilai ini. Proporsionalitas antara magnetisasi suatu material dan vektor medan magnet dikenal sebagai kerentanan magnetik.

Sifat magnetik yang pertama yaitu diamagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas negatif yang sangat kecil. Pada sifat diamagnetik, setiap atom mempunyai elektron orbital dan hampir semua spin elektronnya berpasangan sehingga dia tidak menarik garis gaya magnet. Sifat diamagnetik ini merupakan bahan yang momen magnetik dari seluruh elektron dalam setiap atomnya saling meniadakan yang membuat setiap atom memiliki momen magnetik nol tanpa adanya medan luar, contoh dari sifat diamagnetik adalah bahan superkonduktor.

Paramagnetik merupakan suatu bentuk sifat magnet yang terjadi karna adanya medan magnet dari luar (eksternal). Sifat paramagnetik ini tertarik oleh medan magnet karna adanya permeabilitas magnetis relative lebih dari satu, dan memiliki nilai suseptibilitas magnetik positif. Contoh dari sifat paramagnetik adalah Magnesium (Mg), Titanium (Ti), dan Aluminium (Al).

Feromagnetik merupakan sifat yang memiliki nilai suseptibilitas magnet positif dan sangat tinggi. Sifat feromagnetik ini jika mendapat pengaruh magnetik yang lemah saja akan memperoleh magnetisasi yang besar. Dan jika medan magnet diperbesar, maka akan semakin besar pula magnetisasinya. Contoh bari bahan feromagnetik adalah *Colbalt* (Co), *Nickel* (Ni), *Iron* (Fe). (Arifin, 2016)

Jumlah vektor momen elektronik suatu atom menghasilkan momen magnet totalnya. Suatu atom dikatakan mempunyai sifat diamagnetik jika momen magnet, putaran, dan orbitalnya saling menghilangkan sehingga menghasilkan momen magnet sebesar 0 (nol). Atom akan memiliki karakteristik paramagnetik, atau momen magnet yang persisten, jika penghilangannya hanya sebagian. Contoh

bahan paramagnetik adalah *biotite*, *pyrite*, dan *siderite* (Sunaryo dan Widyawidura, 2010). Ketika medan magnet luar diterapkan pada bahan ini, elektron dalam bahan akan berperilaku sedemikian rupa sehingga medan magnet atom sejajar dengan arah medan magnet luar. Putaran momen magnet yang diarahkan oleh medan magnet luar menghasilkan karakteristik paramagnetik (Afza, 2011).

Dibandingkan dengan diamagnetisme dan paramagnetisme, feromagnetisme lebih kuat. Unsur-unsur mineral besi, nikel, kobalt, dan besi oksida secara khusus diasosiasikan dengan ciri ini. Berdasarkan karakteristik kemagnetannya, magnet dapat diklasifikasikan menjadi permanen atau tetap, tidak permanen atau tidak tetap, atau buatan. Magnet yang menghasilkan daya magnet tanpa menggunakan listrik disebut magnet tetap. Magnet tetap tersedia dalam berbagai bentuk, termasuk magnet keramik, plastik, alnico, neodmium, dan samarium-kobalt. Magnet tidak tetap, seperti elektromagnetik, bergantung pada arus listrik untuk menghasilkan medan magnet (Suryatin, 2008).

2.2 Pasir Besi

Salah satu sumber besi yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal adalah pasir besi. Pasir besi kini hanya dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada pabrik semen di Indonesia. Sementara pasir besi telah dimanfaatkan di luar negeri, termasuk di Selandia Baru, sebagai bahan baku produksi baja. Pasir besi juga telah lama dimanfaatkan di Tiongkok sebagai bahan baku produksi baja. Batuan vulkanik basaltik dan andesitik merupakan sumber utama pasir besi. Secara umum dimanfaatkan secara luas dalam industri, seperti sebagai bahan baku pabrik baja, bahan magnetis dari bijih besi, pabrik keramik dan semen, serta bahan tahan api berbahan silikat.

Meskipun dalam beberapa tahun terakhir pasir besi telah banyak dimanfaatkan secara intensif, sebenarnya masih terdapat banyak peluang yang belum tergali untuk menemukan potensi baru dari sumber daya alam ini. Pasir besi, yang sebelumnya hanya dimanfaatkan dalam jumlah terbatas, kini semakin mendapatkan perhatian seiring dengan meningkatnya kebutuhan industri dan perkembangan teknologi yang memungkinkan pengolahan yang lebih efisien. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi pertambangan dan pengolahan mineral, terutama dalam hal kemampuan untuk mengolah bahan dengan kualitas rendah, pasir besi yang dulu

dianggap tidak bernilai ekonomi, kini memiliki prospek yang lebih cerah. Beberapa jenis pasir besi dengan kandungan zat besi yang relatif rendah, yang pada masa lalu tidak diolah karena dianggap tidak menguntungkan, kini dapat diproses dengan cara yang lebih canggih dan ekonomis berkat teknologi terbaru.

Sifat-sifat ini muncul ketika bahan feromagnetik atau ferimagnetik berukuran sangat kecil (nanometer). Akibatnya, banyak peneliti tertarik menggunakan bahan-bahan ini untuk berbagai tujuan, termasuk memanipulasi membran sel, biosensor, biolabel, adsorpsi ion logam, pencitraan resonansi magnetik, pengobatan hipertermia, dan mengantarkan obat ke lokasi tertentu di tubuh manusia menggunakan alat. medan magnet luar. Bahan baku baja lainnya yang banyak dimanfaatkan di banyak sektor industri adalah pasir besi.



Gambar 2.2 Pasir Besi

Pasir sangat banyak ditemukan di bumi karena merupakan logam kedua yang terbentuk 5% dari kerak bumi. Endapan pasir besi memiliki karakteristik endapan yang berdiri sendiri dan sering ditemukan berikatan dengan mineral logam lainnya dan diuji dalam berbagai jenis oksidasi.

Ketersediaan pasir di Indonesia sangat melimpah dan hanya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan padahal pasir banyak memiliki mineral berharga yang di dalamnya mengandung beberapa unsur seperti besi, titanium, dan unsur lainnya yang dapat dimanfaatkan di bidang industri dan lainnya. Pada pasir besi terdapat mineral-mineral magnetik diantaranya yaitu *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan *maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang banyak di manfaatkan dalam pembuatan produk-produk industri (Deska, 2019).

2.2.1 Sifat Fisik Pasir Besi

Mineral utama yang ditemukan di pasir besi adalah magnetit (oksida besi), yang berkerabat dengan titanomagnetit. Terdapat juga sejumlah kecil maghemit dan hematit, serta pengotor mineral seperti rutil, kuarsa, piroksen, dan biotit. Pasir besi juga seringkali mengandung sulfur dan fosfor sebagai kontaminan tambahan. Berwarna abu-abu hingga kehitaman, pasir besi mempunyai massa jenis $2\text{--}5\text{ g/cm}^3$, berat jenis (SG) $2,99\text{--}4,23\text{ g/cm}^3$, derajat kemagnetan (MD) $6,4\text{--}27,16\%$, dan butiran sangat halus yang ukurannya berkisar antara 75 hingga 150 mikron. Kekerasan Mohs bahan ini berkisar antara 5 hingga 6,5. Butiran mineral magnetit, yang merupakan mineral utama yang ditemukan di pasir besi, diketahui dapat membentuk hubungan rantai dengan butiran mineral magnetit lainnya. Karena sistem kristal isometrik butiran mineral, pasir besi (magnetit) biasanya berbentuk bulat hingga melingkar. Sifat fisiknya bervariasi tergantung komposisi mineralnya, tetapi umumnya pasir besi berwarna gelap hingga hitam karna kandungan besi yang tinggi. Kekerasannya bisa bervariasi, dan teksturnya mungkin kasar atau halus tergantung pada proses pembentukannya dan Sejarah geologisnya.

Baik konsentrasi mineral magnetik maupun daya tarik pasir besi terhadap medan magnet luar dipengaruhi oleh ukurannya. Konsentrasi Fe pasir besi secara keseluruhan adalah 22,2% berdasarkan kajian pada butiran kasar ($-20+35\text{ mesh}$), sedang ($-35+60\text{ mesh}$), halus ($-60+120\text{ mesh}$), dan sangat halus (-120 mesh). Pecahan masing-masing 20,06%, 19,14%, 22,82%, dan 60,72% (Ansori, 2013). Sifat kemagnetan pasir besi dianalisis melalui proses pencucian dan variasi ukuran butiran pasir, karena pasir besi setiap daerah mengandung mineral magnet dan non magnet yang beragam.

2.2.2 Kelebihan Dan Kekurangan Pasir Besi

Berkut ini Kekurangan Dan Kelebihan Pasir Besi:

Kelebihan Pasir Besi:

1. Sumber Daya Mineral yang Melimpah: Pasir besi merupakan sumber daya mineral yang melimpah di berbagai wilayah, terutama di daerah pantai atau sungai yang kaya akan endapan mineral.
2. Bahan Baku Industri Besi dan Baja: Pasir besi merupakan bahan baku utama dalam industri besi dan baja. Dengan ekstraksi dan pengolahan yang tepat, pasir

besi dapat digunakan untuk produksi besi kasar dan baja yang penting dalam pembangunan infrastruktur dan industri manufaktur.

3. Sifat Magnetik: Sifat magnetik pasir besi menjadikannya bahan yang berharga dalam aplikasi teknologi seperti sensor, peralatan medis, dan perangkat elektronik.

Kekurangan Pasir Besi:

1. Dampak Lingkungan: Proses ekstraksi dan pengolahan pasir besi dapat memiliki dampak lingkungan yang serius, seperti kontaminasi tanah dan air, kerusakan sungai, dan degradasi ekosistem sungai.
2. Keterbatasan Sumber Daya: Jika ekstraksi pasir besi tidak diatur dengan baik, dapat mengakibatkan penipisan sumber daya pasir besi di suatu daerah, yang pada akhirnya akan mempengaruhi pasokan bahan baku bagi industri.
3. Ketergantungan Pada Industri Besi dan Baja: Kelebihan pasir besi sebagai bahan baku utama industri besi dan baja juga berarti bahwa fluktuasi harga di sektor ini dapat mempengaruhi ekonomi dan keberlanjutan industri lain yang bergantung pada pasir besi.
4. Keselamatan Pekerja: Proses pengolahan pasir besi dapat melibatkan risiko keselamatan pekerja, terutama jika tidak ada praktik kerja yang aman dan peralatan yang memadai.
5. Dampak Pemanasan Global: Proses ekstraksi dan pengolahan pasir besi juga dapat berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca dan pemanasan global, terutama jika energi non-terbarukan digunakan dalam proses tersebut. (Bahfie, 2022)

2.2.3 Struktur Pasir Besi

Mineral magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3) ditemukan pada jenis pasir ini. Mineral dengan kandungan besi tertinggi (72,4%) adalah magnetit, yang juga merupakan bijih besi yang paling sering ditambang. Di sisi lain, salah satu mineral yang paling banyak terdapat di permukaan bumi dan kerak dangkal adalah hematit. Reputasi hematit sangat bervariasi. Warna hematit berkisar dari merah, coklat, hingga hitam keabu-abuan, dan kilaunya dapat berupa submetalik hingga metalik dengan susunan kristal trigonal. Magnet tidak dapat menarik hematit ini karena tidak bersifat magnetik. Namun demikian, beberapa jenis hematit mengandung

mineral magnetit, sehingga membuatnya bereaksi terhadap magnet. Hematit murni terdiri dari sekitar 70% besi dan 30% oksigen, mirip dengan mineral alami lainnya.

Pasir besi mengandung lebih dari sekadar magnetit dan hematit, karena juga terdapat titanium, silika, dan mangan. Titanium merupakan unsur yang selalu berikatan dengan elemen lain di alam dan memiliki kandungan yang melimpah di kerak bumi, mencapai 0,63% dari total berat massa. Unsur ini dapat ditemukan dalam batuan beku (*igneous rock*) serta sedimen yang berasal dari batuan tersebut. Berdasarkan analisis *United States Geological Survey* terhadap 801 jenis batuan, 784 di antaranya mengandung titanium. Perbandingan kandungan titanium di dalam tanah berkisar antara 0,5 hingga 1,5%.

Pemanfaatan besi sebelumnya telah dijelaskan dalam Al-Quran surah Al-Hadid ayat 25 yang berbunyi:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ
بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ
يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

Artinya: *Sungguh, Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan bukti-bukti yang nyata dan kami turunkan bersama mereka kitab dan neraca (keadilan) agar manusia dapat berlaku adil. Dan Kami menciptakan besi yang mempunyai kekuatan, hebat dan banyak manfaat bagi manusia, dan agar Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya walaupun (Allah) tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Mahakuat, Mahaperkasa. (Q.S Al-Hadid : 25).*

Pasir besi secara alami memiliki sifat feromagnetik, yang berarti memiliki daya tarik magnet yang kuat, berkat kandungan mineral-mineral magnetik seperti magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang memberikan sifat magnet yang kuat pada pasir tersebut. Reaksi kuat terhadap medan magnet luar ini mendorong pengembangan sifat kemagnetik pasir besi dalam berbagai penelitian, khususnya untuk aplikasi pembuatan adsorben magnetik yang memudahkan pemisahan adsorbat dan adsorben dalam proses adsorpsi. Selain itu, mineral-mineral non-magnetik seperti silikon oksida (SiO_2) yang terkandung dalam

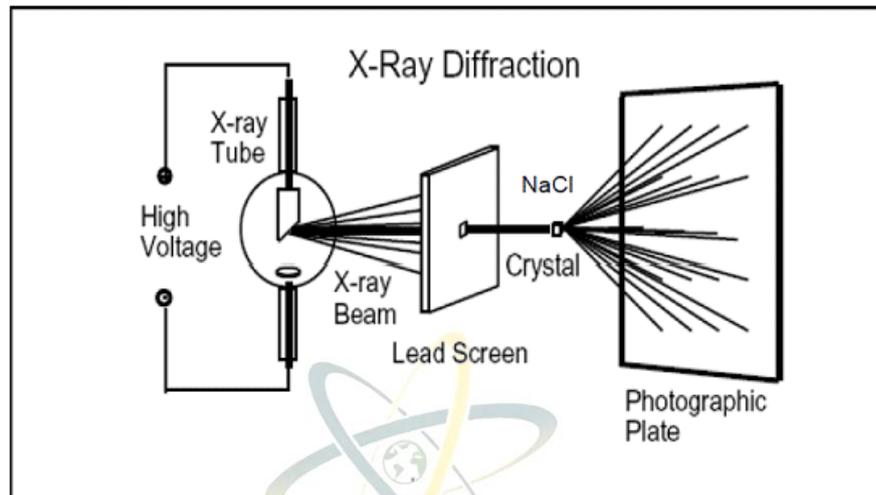
pasir besi memiliki persentase cukup tinggi dan mempengaruhi sifat kemagnetan pasir besi tersebut. Kehadiran mineral-mineral tersebut memainkan peran penting dalam sifat kemagnetan pasir besi. Pasir besi yang mengandung banyak magnetit (Fe_3O_4) akan menunjukkan sifat kemagnetan yang lebih kuat, sementara kandungan mineral pengganggu, seperti unsur-unsur K, C, Na, Mg, Al, Si, dan Ca, dapat mengurangi sifat kemagnetannya. Untuk mengurangi keberadaan mineral non-magnetik, pasir besi dapat dicuci menggunakan larutan asam dan basa, serta dipanaskan.

Besi memiliki karakteristik yang kuat dalam bidang fisika. Sifat kuat besi telah dimanfaatkan secara luas oleh manusia untuk berbagai keperluan sehari-hari, sehingga menyebabkan berkurangnya ketersediaan bahan baku utama besi tersebut. Industri logam di banyak negara banyak menggunakan pasir besi. Misalnya, Amerika Serikat telah mengeksploitasi mineral pasir besi dengan kandungan besi (Fe) 35% atau lebih tinggi. Indonesia mempunyai potensi yang cukup besar karena wilayah perairannya mencakup 77% dari total luas wilayah negara, yang tiga kali lebih besar dari wilayah daratannya, sehingga memiliki banyak wilayah pesisir yang potensial, sehingga mempunyai banyak pantai yang kemungkinan besar diduga memiliki potensi pasir besi yang begitu besar pula.

2.3 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan cara yang diterapkan dalam mengidentifikasi struktur suatu material kristalin melalui metode difraksi sinar-X serbuk. Maka dari itu alat XRD ini memiliki prinsip kerja yang harus dipahami terlebih dahulu sebelum menggunakannya. Pola terang dan gelap adalah pola difraksi. Karena interaksi sinar yang melemahkan dan memperkuat satu sama lain. Cahaya yang dipantulkan menghasilkan pola gelap karena fakta bahwa sinar saling memperkuat yang terdiri dari dua atau lebih gelombang dengan fase atau panjang gelombang yang sama akan menghasilkan pola terang. Sebaliknya, redaman menghasilkan pola gelap ketika dua atau lebih berkas memiliki panjang gelombang yang sama tetapi memiliki fase yang berbeda. Fungsi utamanya meliputi analisis struktur kristal, identifikasi fase, analisis kualitatif dan kuantitatif, serta pengawasan proses industri. Kelebihannya mencakup kemampuan memberikan

informasi detail tentang struktur atomik, analisis fase kompleks, dan metode non-destruktif.



Gambar 2.3 Skema Cara Kerja XRD

XRD merupakan teknik analisis yang penting dalam dunia ilmu pengetahuan dan industri untuk memahami struktur kristal bahan. Prinsipnya terkait dengan difraksi sinar-X oleh kisi kristal, menghasilkan pola difraksi yang unik yang dapat diinterpretasikan untuk mengungkapkan tata letak atom dalam kristal. Ada dua jenis utama XRD yaitu XRD polikristalin (*Powder XRD*) yang cocok untuk sampel dengan kristal tersebar acak, dan XRD monokristalin (*Single Crystal XRD*) yang digunakan untuk kristal tunggal yang teratur.

$$D = \frac{k \cdot \lambda}{\beta \cos \theta} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan k adalah tetapan Scherrer ($k = 0,9$), λ adalah panjang gelombang sinar-X ($\lambda = 0,1540 \text{ nm}$), β adalah FWHM (Full Width at Half Maximum) melakukan pemilihan kurva puncak difraksi masing-masing bidang kristal pada posisi 2θ , kemudian dengan nilai tersebut dimasukkan kedalam persamaan Scherrer untuk menentukan besar ukuran kristal (Sinaga, 2020).

2.4 Scanning Elektron Microscope (SEM)

Scanning Elektron Microscope (SEM) adalah alat mikroskop elektron dengan kemampuan perbesaran tinggi yang menggambarkan permukaan material atau sampel menggunakan pemindaian elektron. SEM adalah instrumen yang

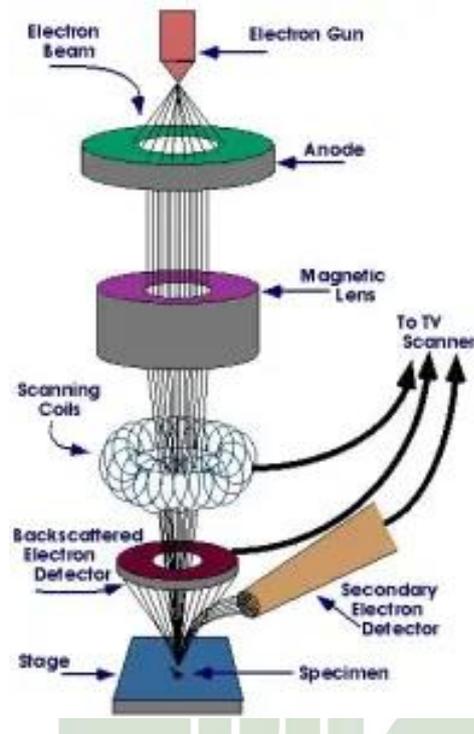
memanfaatkan berkas elektron berenergi tinggi untuk memindai objek dan menghasilkan citra dari objek tersebut. Citra yang dihasilkan oleh SEM umumnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu permukaan sampel dan pemetaan komposisi sampel. Fungsi utama dari karakterisasi dengan metode SEM mirip dengan mikroskop, yaitu untuk mengamati objek makroskopis secara mikroskopis. Perbedaan antara SEM dan mikroskop antara lain adalah SEM tidak menggunakan lensa dalam operasionalnya melainkan berkas elektron, SEM dapat mengamati objek hingga skala nano sementara mikroskop hanya sampai mikro, SEM tidak memerlukan cahaya untuk pengamatan sedangkan mikroskop memerlukannya, dan SEM dapat menganalisis unsur-unsur yang terkandung dalam sampel, sementara mikroskop tidak.

Kolom SEM berbentuk tabung yang berfungsi untuk menghasilkan berkas elektron (*electron beam*) yang kemudian menjadi elektron pemindai (*electron probe*). Elektron pemindai ini akan ditembakkan ke sampel dan menghasilkan sinyal elektron setelah berinteraksi dengan sampel tersebut. Di dalam kolom SEM, elektron diproduksi oleh elektron gun, dipercepat oleh anoda, diarahkan melalui lensa magnetik, difokuskan oleh *scanning coil*, dan kemudian ditembakkan ke sampel. Setelah elektron mengenai sampel, terjadilah interaksi antara elektron dan atom sampel yang menghasilkan foton dan berbagai spektrum elektron yang kemudian ditangkap oleh detektor.

Komponen yang menyajikan gambar dan data terdiri dari perangkat yang mengolah sinyal input dan mengubahnya menjadi gambar (citra) dan data kuantitatif. Komponen ini mencakup perangkat keras (*hardware*) seperti *amplifier*, *processor*, dan layar. *Amplifier* berfungsi untuk memperkuat sinyal, *processor* mengolah data, dan layar digunakan untuk menampilkan gambar dan data. Biasanya, setidaknya terdapat dua layar yang digunakan untuk menampilkan hasil SEM.

Layar pertama berfungsi untuk melakukan pengaturan, sedangkan layar kedua digunakan untuk menampilkan hasil dalam bentuk gambar dan data. Pengaturan dapat dilakukan melalui konsol kontrol yang dilengkapi dengan tombol putar, yang memungkinkan pengguna untuk melakukan penyesuaian (*tuning*) guna

mendapatkan kualitas gambar yang optimal (Masta, 2020). Skema alat dapat dilihat pada Gambar 2.7



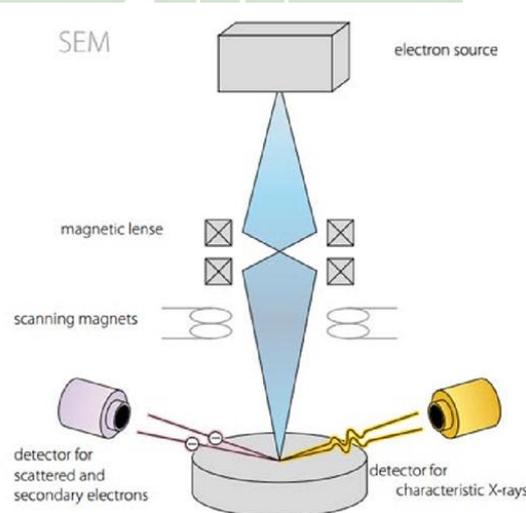
Gambar 2.4 Skema Alat Uji SEM

Prinsip kerja SEM dimulai dengan memasukkan sampel ke dalam ruang vakum yang tersedia. Setelah itu, ruang pada alat SEM akan dipompa untuk menciptakan kondisi vakum. Di dalam ruang tersebut terdapat beberapa komponen, salah satunya adalah katoda termionik yang terdiri dari *electron gun* dan *electron beam*. Elektron yang dihasilkan akan melewati anoda, menyebabkan lompatan elektron dari katoda ke anoda, yang selanjutnya menyebar ke arah spesimen. Namun, penyebaran elektron ini harus difokuskan terlebih dahulu menggunakan komponen *magnetic lens* untuk mengarahkannya ke spesimen. Selanjutnya, elektron yang tersebar akan difokuskan kembali pada titik yang ingin dipindai menggunakan komponen *electromagnetic deflection*. Elektron yang mengenai spesimen disebut *primary electron*, dan saat *primary electron* ini berinteraksi dengan spesimen, akan terbentuk *secondary electron*. *Secondary electron* kemudian akan terdeteksi oleh komputer, yang selanjutnya memproses data tersebut hingga menghasilkan gambar pemindaian yang ditampilkan pada layar LCD, dengan mempertimbangkan faktor magnet dan kondisi geografis dari lokasi sampel.

2.5 Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)

Pengujian EDS (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) pada pasir besi adalah metode analisis yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia dari sampel pasir besi. Metode ini menggunakan sinar-X untuk merangsang emisi sinar-X dari sampel dan kemudian menganalisis pola spektrum sinar-X yang dihasilkan untuk menentukan elemen-elemen yang terkandung dalam pasir besi. EDS digunakan untuk menganalisis komposisi kimia sampel dengan mendeteksi sinar-x yang dipancarkan oleh sampel saat terkena elektron berenergi tinggi. Detektor sinar-x dihasilkan kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi unsur dalam sampel (Purnawan, 2018).

Sementara itu, EDS merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung pada sampel melalui pancaran elektron yang ditembakkan mesin SEM pada sampel uji. EDS digunakan untuk menganalisis komposisi kimia sampel dengan mendeteksi Sinar-X yang dipancarkan oleh sampel saat terkena elektron yang berenergi tinggi. Detektor Sinar-X yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi unsur didalam sampel tersebut. Pada hakikatnya metode EDS hampir sama dengan metode XRF namun EDS pada mesin SEM dapat dilakukan pada daerah yang relatif kecil (titik) selain itu fungsi lainnya adalah dapat mengetahui sebaran unsur (*mapping*) pada sampel.



Gambar 2.5 Skema Alat EDS

EDS digunakan bersamaan dengan SEM yang memungkinkan pengamatan morfologi dan distribusi unsur dalam sampel pasir besi. Dengan menggunakan

SEM-EDS, kita dapat melihat struktur mikro dan distribusi unsur dalam skala mikroskopis. Ini bermanfaat untuk memahami hubungan antara mineral-mineral dalam pasir besi dan karakteristik fisiknya.

2.6 Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Nurhalifa Sirua dengan judul mengenai Karakterisasi Kandungan Mineral Biji Besi (Fe) Sungai Maosu Desa Sangtandung Kecamatan Walenrang Kabupaten Luwu. Penelitian ini menggunakan XRF dan XRD sebagai alat uji. Sampel biji besi yang digunakan berasal dari di Sungai Maosu. Adapun prosedur kerjanya adalah dengan mengumpulkan biji besi dan menghaluskan secara manual menggunakan palu. Lalu dicuci dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh hingga diperoleh biji besi berukuran 1 cm. setelah itu dikeringkan menggunakan *microwave* dengan suhu 105 °C selama 30 menit. Hasil yang diperoleh adalah presentase biji besi yang tinggi di Sungai Maosu (Sirua, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Fathan Bahfie yaitu Pengolahan Pasir Besi Untuk Meningkatkan Kadar Titanium (Ti) Dengan Metode Pemisahan Magnetik Secara Basah. Penelitian ini menggunakan sampel pasir besi sebanyak 100 gram yang lolos ayakan 100 mesh, berasal dari Banten, dengan kandungan besi 50,5% berat dan titanium 3,05% berat. Proses selanjutnya adalah pemisahan magnetik secara basah dengan pengulangan sebanyak 2, 4, 6, dan 8 kali untuk memperoleh tailing dan konsentrat dari pasir besi tersebut. Setelah itu, sampel dikeringkan di dalam oven pada suhu 120°C selama 4 jam, kemudian dianalisis menggunakan XRF dan SEM-EDS. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemisahan yang paling optimal terjadi pada pengulangan 4 kali (Bahfie, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Salomo Sinuraya yaitu Analisa Perubahan Suseptibilitas Magnetik dan Komposisi Partikel Pasir Alam Sungai Rokan Sebagai Fungsi Kecepatan Putar Tabung Ballmilling. Prosedur yang dilakukan adalah pengambilan sampel dari Sungai Rokan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari sampai sampel tersebut tidak mengandung air. Sampel kemudian dipisahkan elemen magnetik dan non magnetik dengan alat *iron separator* kemudian dilakukan proses *milling* dengan waktu konstan yaitu 10 jam dengan variasi putaran 100, 150, dan 200 rps dengan diameter bola besi 2 cm. hasil yang

diperoleh adalah jika kecepatan pemutaran *ballmill* makin besar di 200 rpm maka susepibilitas magnetik semakin tinggi (Sinuraya, 2021).

2.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah karakterisasi kandungan mineral dan sifat magnetik di Sungai bahorok kabupaten Langkat, setelah perlakuan oven memiliki kandungan mineral magnetit (Fe_3O_4) yang tinggi dan sifat magnetik yang kuat dibandingkan perlakuan panas matahari.

