I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Lampung sendiri memiliki sumber zeolit alam yang sangat melimpah. Data yang bersumber dari Direktorat Pengembangan Potensi Daerah tahun 2012 menyatakan bahwa potensi sumber daya alam zeolit yang ada di Lampung berkisar 31.173.505 ton. Kandungan silika dan alumina dari zeolit alam di Lampung ini sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pengganti silika dan alumina komersial (Ginting *et al*., 2019).

Penggunaan zeolit alami banyak dimanfaatkan dalam studi adsorpsi karena mempunyai sifat adsorpsi yang baik dan kemampuan modifikasi yang mudah (Cincotti *et al*., 2005). Zeolit merupakan salah satu bahan adsorben potensial yang memiliki struktur berpori. Zeolit mempunyai struktur *nanoporous* yang homogen serta dapat menyerap berbagai polutan seperti ion logam berat dan molekul organik secara selektif (Meena *et al*., 2005). Umumnya limbah yang dihasilkan dari industri mengandung berbagai zat pencemar berbahaya yang dapat mencemari lingkungan karena mengandung logam berat. Salah satu industri yang mengandung limbah logam berat adalah industri elektroplating. Elektroplating atau lapis listrik (penyepuhan) merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit (Istiyono, 2008).

Aktivasi bertujuan untuk membuka pori-pori menjadi lebih banyak sehingga luas permukaan pori-pori bertambah, serta kemampuan daya adsorpsi zeolit meningkat. Zeolit tanpa aktivasi memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah karena sebelum diaktivasi luas permukaan lebih kecil. Luas permukaan yang kecil ini diakibatkan karena masih sedikitnya pori-pori yang terbentuk pada permukaan zeolit. Selain itu, pori-pori tersebut masih tertutup oleh zat pengotor (Pratomo *et al*., 2017).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini akan di lakukan aktivasi serta modifikasi dengan limbah elektroplating, dan karakterisasinya.

Proses aktivasi akan dilakukan menggunakan basa NaOH 5 N dengan variasi suhu (130^{o}C, 150^{o}C, 170^{o}C) dan variasi waktu (2 jam, 2,5 jam, 3 jam). Setelah zeolit diaktivasi dan dimodifikasi dengan limbah elektroplating menggunakan proses adsorpsi. Karakterisasi sampel padatan dilakukan penentuan komposisi kimia dengan *X-Ray Fluoresence* (XRF), permukaan morfologi zeolit dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan karakterisasi filtrat dengan *Inductively Coupled Plasma* (ICP). Penelitian ini diharapkan memperoleh adsorpsi zeolit dengan limbah elektroplating yang dapat menghasilkan daya serap logam yang tinggi dan mampu menyerap seluruh logam yang ada pada limbah elektroplating.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kandungan mineral sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi terhadap zeolit.
2. Untuk menurunkan kandungan logam pada limbah elektroplating menggunakan zeolit dengan analisa ICP-OES.
3. Untuk menurunkan logam pada limbah elektroplating yang memenuhi syarat pembuangan air limbah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

1.3 Kerangka Pemikiran

Zeolit dapat diaplikasikan sesuai dengan fungsinya, diperlukan proses tertentu agar diperoleh zeolit dengan kualitas yang lebih baik. Beberapa metode yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas zeolit yaitu melalui proses pengolahan dan aktivasi, setelah dialakukan proses aktivasi dapat meningkatkan zeolit sebagai adsorben untuk menyerap kadar logam yang ada pada limbah elektroplating. Aktivasi kimia dilakukan penambahan larutan basa yang bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, serta mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Penelitian ini dilakukan proses aktivasi kimia untuk meningkatkan luas permukaan zeolit. Tujuan aktivasi dilakukan untuk membersihkan permukaan pori, serta melarutkan oksida-oksida pengotor

termasuk silika dan aluminium bebas sehingga zeolit memiliki daya serap lebih besar dibandingkan sebelum diaktivasi.

Penelitian yang dilakukan menunjukan bahwa aktivasi zeolit dengan penambahan suatu basa, diperoleh zeolit menjadi lebih polar dibandingkan zeolit dengan penambahan suatu asam. Pengaplikasian zeolit dengan larutan NaOH menggunakan limbah elektroplating perlu dilakukan aktivasi terlebih dahulu dengan variasi suhu (130^{o}C, 150^{o}C, 170^{o}C) dan variasi waktu (2 jam, 2,5 jam, 3 jam). Bahan baku perlu dipreparasi agar siap digunakan dalam proses aktivasi, setelah itu melakukan aktivasi zeolit dengan NaOH 5 N, kemudian dianalisis menggunakan *X-Ray Fluoresence* (XRF) untuk menentukan pengaruh komposisi kimia sebelum dan sesudah diaktivasi oleh NaOH 5 N. Penelitian ini juga melakukan uji daya serap air, dimana zeolit yang memiliki penyerapan terhadap air paling tinggi dalam proses menyerapnya akan dilakukan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat luas permukaan morfologi zeolit. Penelitian ini akan mengaplikasikan zeolit dengan limbah elektroplating untuk menurunkan kadar logam yang terkandung di dalam limbah elektroplating, serta limbah elektroplating dan hasil filtrat dalam pengaplikasian zeolit akan dilakukan analisis *Inductively Coupled Plasma* (ICP) untuk mendeteksi unsur di dalam sampel zeolit.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini yaitu mengaplikasikan zeolit dengan limbah elektroplating berupa logam berat hasil dari proses pelapisan. Penelitian ini untuk melihat pengaruh penyerapan limbah elektroplating terhadap kondisi proses aktivasi zeolit dengan variasi suhu dan waktu menggunakan larutan NaOH, serta menganalisis logam berat yang ada pada limbah elektroplating menggunakan analisis *Inductively Coupled Plasma* (ICP) untuk mengetahui kandungan unsur logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Selain itu, proses adsorpsi limbah elektroplating dapat meminimalisir pencemaran lingkungan yang dapat merusak dan mencemari air maupun tanah dan makhluk hidup sekitar.

1.5 Kontribusi Penelitian

Manfaat pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menanggulangi masalah yang terjadi di lingkungan berupa pemanfaatan zeolit yang diaplikasikan dengan NaOH menggunakan limbah elektroplating untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang berdampak pada makhluk hidup dan tumbuhan, serta dapat meningkatkan daya guna zeolit sebagai material yang lebih berkarakter. Manfaat lainnya adalah sebagai berikut:

1. Bagi bidang ilmu, diharapkan dapat menjadi sumber referensi dalam ilmu pengetahuan, sumber data informasi, sumber bacaan untuk mengembangkan pengaplikasian zeolit maupun bidang terkait.
2. Bagi industri, diharapkan dengan adanya teknologi yang terbaru ini dapat memberikan alternatif proses yang relatif lebih mudah dan efisien untuk mengurangi angka peningkatan limbah yang mengakibatkan pencemaran lingkungan.
3. Bagi masyarakat, bangsa, dan negara diharapkan dapat memberikan inovasi baruterkait karakteristik dari zeolit sebagai material adsorben limbah elektroplating.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Elektroplating

Elektroplating atau lapis listrik atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui suatu larutan elektrolit. Industri elektroplating merupakan salah satu industri yang paling berbahaya diantara industri kimia lainnya (Marwati, 2009). Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating tidak terlampau besar, akan tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya, terutama krom, nikel dan seng (Roekmijati, 2002). Berdasarkan hasil uji laboratorium diketahui bahwa air limbah industri elektroplating mengandung berbagai jenis ion-ion logam berat yang berbahaya bagi lingkungan khususnya lingkungan perairan sungai. Berbagai jenis ion logam berat yang terkandung dalam air limbah industri elektroplating seperti ion kromium (Cr), Besi (Fe), Tembaga (Cu) (Sumada, 2006).

2.1.1 Baku Mutu Limbah Elektroplating

Berdasarkan data karakteristik limbah elektroplating, kualitas air limbah industri elektroplating masih diatas baku mutu air limbah untuk industri elektroplating yang ditetapkan, oleh karena itu air limbah industri elektroplating sebelum dialirkan keperairan sungai perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Industri Pelapisan Logam

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
Volume Limbah Cair Maximum	20 L per m^2 produk yang dilapisi
Kromium (Cr)	0,5
Besi (Fe)	0,2
Mangan (Mn)	0,5
Tembaga (Cu)	0,5
Tembaga (Cu)	0,5
Perak (Ag)	0,5
Nikel (Ni)	1
Kadmium (Cd)	0,05
Timbal (Pb)	0,1
pH	6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

2.2 Adsorpsi

Afinitas antara adsorben dan zat yang diserap pada permukaan suatu bahan merupakan peristiwa dari adsorpsi. Pada permukaan adsorben dan zat yang diadsorpsi adanya perbedaan energi potensial yang merupakan penyebab terjadinya adsorpsi. Suatu proses difusi suatu komponen pada permukaan atau antar partikel, dalam penyerapan terjadi proses pengikatan oleh permukaan adsorben padatan atau cairan terhadap adsorbat atom-atom, ion-ion atau molekul - molekul lainnya yang disebut dengan adsorpsi. Bahan utama yang biasanya digunakan dalam proses adsorpsi adalah adsorben. Adsorben yang digunakan dikelompokkan menjadi dua sifat yaitu adsorben yang bersifat polar dan adsorben yang bersifat non polar. Adapun contoh adsorben yang bersifat polar adalah zeolit. Adsorbat dan adsorben adalah istilah yang digunakan dalam adsorpsi, dimana istilah keduanya memiliki arti yang berbeda. Adsorben adalah suatu zat padat yang merupakan media penyerap yang dapat berupa zeolit, sedangkan adsorbat adalah suatu zat cair yang merupakan media yang diserap yang dapat berupa limbah elektroplating (Evika, 2010).

Konsentrasi, suhu, luas permukaan, waktu kontak, ukuran partikel dan pH merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Sifat dari adsorpsi adalah selektif. Sifat tersebut dapat terjadi karena zat yang diserap hanyalah zat terlarut atau pelarut. Adapun isoterm adsorpsi adalah banyaknya zat yang diserap tegantung terhadap konsentrasi zat terlarut dan ketergantungan banyaknya zat yang diserap terhadap konsentrasi kesetimbangan (Alamsyah *et.al*, 2017).

2.3 Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi. Karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi yang baik yaitu luas permukaan adsorben, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan sehingga semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya. Proses adsorpsi akan lebih baik bila tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorbsi (Ferdinan, 2008).

2.3.1 Zeolit

Zeolit alam merupakan senyawa alumino silikat terhidrasi, dengan unsur yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini berstruktur tiga dimensi dan mempunyai pori yang dapat diisi oleh molekul air. Zeolit alam terbentuk karena adanya perubahan alam (zeolitisasi) dari bahan vulkanik dan dapat digunakan secara langsung untuk berbagai keperluan, namun daya serap maupun daya tukar ion zeolit ini belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan daya guna tinggi diperlukan suatu perlakuan yaitu dengan aktivasi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa zeolit alam mampu dimanfaatkan sebagai adsorben limbah pencemar dari beberapa industri. Zeolit mampu menyerap berbagai macam logam, antara lain Ni, Np, Pb, U, Zn, Ba, Ca, Mg, Sr, Cd, Cu dan Hg (Kosmulski, 2001). Rumus kimia pada zeolit adalah sebagai berikut:

$$M_{x/n}\,[(AlO_2)\ x\ (SiO_2)y]_{\,m}\,H_2O$$

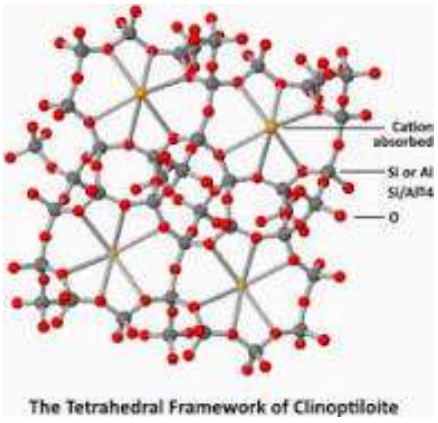
Dimana :

n = Valensi kation M (alkali / alkali tanah)

x, y = Jumlah tetrahedron per unit sel

m = Jumlah molekul air per unit sel

M = Kation alkali / alkali tanah



Gambar 1. Struktur Kimia Zeolit (Politeknik Lpp Yogyakarta, 2016)

2.3.2 Proses Aktivasi

Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan sesuatu bahan agar bersifat lebih aktif dari keadaan semula. Aktivasi pada zeolit juga dapat dilakukan untuk memperluas ukuran, volume pori dan membentuk pori yang baru. Menurut Nurhidayati (2010: 14-15) aktivasi dapat dilakukan dengan metode fisika dan kimia, yaitu:

a. Aktivasi Secara Fisika

   Aktivasi fisika dilakukan melalui proses pemanasan (kalsinasi). Pemanasan bertujuan untuk menguapkan air dan pengotor-pengotor lain yang terperangkap dalam pori-pori kristal. Sebagai akibatnya pori-pori tersebut menjadi kosong, yang berarti akan mempertinggi dan dapat menyebabkan peningkatan daya adsorbsi.

b. Aktivasi Secara Kimia

   Aktivasi kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori yang sulit diuapkan atau cenderung terikat kuat dari pengotor serta mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Proses aktivasi dilakukan melalui penambahan larutan basa atau asam pada adsorben secara merata dengan pemanasan selama beberapa waktu tertentu. Setelah penambahan basa atau asam dilakukan penetralan dengan cara pencucian dan dilanjutkan pengeringan.

2.3.3 Jenis Zeolit

Terlepas dari aplikasinya yang luas, zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu (subagyo, 1993).

Zeolit mempunyai sifat adsorps dan pertukaran ion efektifitas penyerapannya bergantung pada sifat spesies yang diserap, kemampuan pertukaran ion, keasaman padatan zeolit dan kelembaban sistem. Komposisi dari zeolit alam disajikan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Komposisi Zeolit Alam

Komposisi	% Berat
SiO_2	78,83
Al_2O_3	12,50
Fe_2O_3	1,50
K_2O	2,27
Na_2O	1,07
MgO	1,95
CuO	2,14

Sumber: Amelia, 2003

2.3.4 Jenis Zeolit Alam yang Digunakan

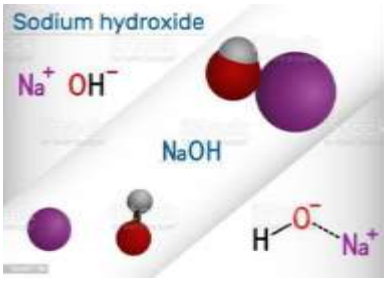
a. *Klinoptilolit*

Zeolit *klinoptilolit* meruapakan salah satu zeolit yang sering ditemui dialam yang mempunyai kandungan silika yang sangat tinggi dengan perbandingan Si/Al antara 7−18. Zeolit *klinoptilolit* alam pada suhu 25^oC dan tekanan 2,6666 kPa kapsitas adsorpsinya terhadap H_2O dapat mencapai 16 gram H_2O/100 gram.

Gambar 2. *Klipnoptilolit* (Amelia,2003)

2.3.5 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. NaOH digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen (Ashla, 2019). Dalam bentuk kristal memiliki warna putih terang agak transparan, dibuat dalam bentuk *flake*, *pellet*, atau granular. Untuk bentuk cairnya tak memiliki warna (bening). Soda api larut dalam air, etanol, dan metanol. Soda api mudah mencair pada udara terbuka, karena memiliki sifat yang higroskopis, dan mampu menurunkan kelembaban udara (Mathematics, 2016).



Gambar 3. Struktur Molekul Natrium Hidroksida (Istock Photo, 2023)

Pada industri, NaOH digunakan sebagai bahan kimia basa untuk kebutuhan pembuatan kertas, tekstil, air minum, proses pembuatan air aquades, sabun, deterjen, industri pembuatan kaca, industri metalurgi dan pengolahan hasil tambang mineral logam, industri pengolahan rumput laut, dan sebagainya.

2.4 Logam Berat

Logam berat adalah salah satu polutan beracun yang dapat menyebabkan kematian (*lethal*), dan non-kematian (*sublethal*) seperti gangguan pertumbuhan, perilaku dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik (Effendi *et al*., 2012). Logam berat dapat masuk ketubuh organisme perairan melalui insang, permukaan tubuh, saluran pencernaan, otot dan hati. Logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh organisme perairan (Azaman *et al*., 2015).

Menurut Kurniawan & Mustikasari (2019, hlm. 409) mengatakan logam berat (*heavy metal*) adalah istilah umum untuk sekelompok logam atau metaloid yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Selain itu, lebih lanjut (Adhani dan Husaini, 2017) dalam bukunya menyatakan bahwa logam berat juga menjadi bahan pencemar yang tidak dapat dihancurkan, sehingga akan terakumulasi di alam dan di dalam tubuh organisme. Logam berat umumnya merupakan B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang dapat menyebabkan stres oksidatif, kerusakan DNA, kanker, dan kematian sel (Kim et al., 2015 dalam Kurniawan & Mustikasari, 2019).

Jika manusia mengkonsumsi organisme air yang mengandung logam berat maka akan memberikan dampak merugikan bagi kesehatan manusia seperti radang tenggorokan, nyeri kepala, dermatitis, alergi, anemia, gagal ginjal, pneumonia, dan lain sebagainya (Effendi *et al*., 2012).

2.4.1 Kromium (Cr)

Krom dapat mencemari air melalui limbah aktivitas manusia seperti industri pewarna kain, industri penyamakan kulit, pelapisan listrik, rumah tangga, pertanian, pertambangan, perikanan, pariwisata, dan kegiatan lainnya. Kromium adalah elemen yang biasanya ada ditanah dan dalam bentuk teroksidasi dari Cr (II) menjadi Cr (VI) tetapi Cr (III) dan Cr (VI). Kromium (VI) adalah kromium yang paling beracun dan mutagenik, karsinogenik, dan teratogenik. Kromium tidak dapat didegradasi dalam tubuh sehingga terakumulasi didalam tubuh organisme. Kromium dapat berbahaya bagi organisme air maupun manusia (Nair dan kurian, 2018).

2.4.2 Besi (Fe)

Pencemaran logam berat sangat berbahaya bagi kehidupan manusia terutama bagi perairan. Mairizki & Cahyaningsih (2006 dalam Putra & Mairizki, 2020) mengungkapkan bahwa logam berat dapat juga menjadi penyebab terjadinya alergi, karsinogenik bagi manusia, dan dalam dosis yang tinggi dapat menyebabkan kematian. Bentuk pencemaran yang paling sering ditemukan disekitar yaitu pencemaran air yang terakumulasi di dalamnya berupa kontaminasi logam berat.

2.4.3 Mangan (Mn)

Mn merupakan *mikronutrien* esensial bagi manusia, tanaman dan hewan. Toksisitas Mn bisanya terjadi melalui paparan inhalasi dengan gejala gangguan permanen system syaraf ekstrapiramidal, gangguan kejiwaan serta sirosis hati (Widowati W, Sastiono A, Jusuf R, 2008).

2.4.4 Tembaga (Cu)

Penelitian telah menunjukkan bahwa konsentrasi tembaga yang tinggi dalam ikan dapat merusak insang, hati, ginjal, dan sistem saraf ikan. Pada konsentrasi 2,3-2,5 mg/l dapat membunuh ikan dan akan menyebabkan kerusakan pada membran selaput lendir (Chahaya, 2003). Tembaga dapat menyebabkan

kerusakan pada insang *amphipod* air tawar *Gammarus pulex* (Brooks dan Mills, 2002). Pemberian tembaga dalam pakan 12,88 dan 0,094 mg/l dapat menyebabkan 50% kematian ikan Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum 1792) (Ibrahim *et al*, 2020). Tembaga 0,361 ppm juga dapat menyebabkan 50% kematian di Xiphophorus helleri (Ibrahim *et al*, 2020). Pada manusia, tembaga yang melebihi nilai ambang batas kadar tembaga yang boleh dikonsumsi dapat menyebabkan muntah, diare, *Wilson disease* dan sebagainya (Roychoudhury *et al*., 2016).

2.5 Uji Karakterisasi Penelitian

2.5.1 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop yang melakukan pemfokusan pancaran tinggi elektron (*electron beam*) pada sebuah permukaan untuk melakukan pemindaian (*scanning*) terhadap permukaan material. SEM bekerja menggunakan berinteraksi dengan atom-atom pada sampel. Dari hasil interaksi akan dihasilkan elektron pantulan yang menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang topografi, morfologi, dan komposisi permukaan material. Hasil pemindaian SEM berupa gambar 3 dimensi dari permukaan sampel yang dipindai. *Scanning* dilakukan melalui *secondary electron* dan *Backscattered Electron* (BSE). *Scanning* dapat dilakukan melalui *scanning point* dan *mapping*. Set peralatan SEM dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectometer* (EDX), sehingga dapat mendeteksi komponen/ unsur yang terdapat pada sampel. Penggunaan SEM banyak digunakan diberbagai bidang mulai dari biologi hingga teknik material, dengan resolusi hingga 1 nm dan perbesaran 1.000.000x. Adapun fungsi dari instrumen SEM, antara lain untuk memperoleh informasi tentang:

a. Topografi

   Topografi adalah sebuah studi yang mempelajari relief permukaan berupa image tiga dimensi. Objek dari topografi adalah koordinat suatu bagian permukaan. Topograi material yang menjadi sampel pemindaian SEM dapat berupa bentuk permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, keberadaan *crack*). Dari informasi mengenai topografi ini, SEM dapat

digunakan di berbagai terapan keilmuan, mulai dari mengamati permukaan sel hingga nanomaterial (dalam bentuk keramik, logam dan komposit), mengukur ketebalan dan celah (*crack*) specimen skala nano.

b. Morfologi

Instrumen SEM memindai morfologi permukaan sampel, yaitu bentuk dan ukuran dari komponen penyusun objek (misalnya *grain, grain boundary*, pori dan *defect*).

c. Komposisi

Instrumen SEM dapat menganalisis komposisi spot atau keseluruhan sampel yang dipindai, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung dalam objek (Masta, 2020).

Gambar 4. Alat Analisa SEM-EDS (Dokumentasi Penulis, 2023)

2.5.2 *X – Ray Fluorenscence* (XRF)

XRF merupakan salah satu metode analisis yang tidak merusak sampel, dapat digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitas dan kuantitas. Hasil analisis kualitatif ditunjuk kan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan karakteristik sinar X yang dihasilkan, 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 (Saksono, 2002). Elektron dari kulit yang lebih tinggi akan mengisi kekosongan tersebut. Perbedaan energi dari dua kulit itu muncul sebagai sinar-X yang dipancarkan oleh atom spektrum sinar-X. Proses tersebut kemudian menghasilkan puncak karakteristik, dimana

setiap unsur akan menunjukkan puncak karakteristik yang merupakan landasan dari uji kualitatif untuk unsur-unsur yang ada. Hasil XRF berupa spektrum hubungan energi eksitasi dan intensitas sinar-X. Energi aktivasi menunjukkan unsur penyusun sampel dan intensitas menunjukkan nilai kualitas dari unsur 17 tersebut. Semakin intensitasnya maka semakin tinggi pula persentase unsur tersebut dalam sampel (Jamaluddin, 2007).

Gambar 5. Alat Analisa XRF (*X-Ray Fluorenscence*) (Dokumentasi Penulis, 2023)

2.5.3 *Inductively Copled Plasma* (ICP)

Dalam menentukan kadar logam berat yaitu salah satunya dapat dilakukan dengan instrumen *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES). Instrumen ini menggunakan plasma yang digabungkan secara induktif untuk membuat ion dan atom tereksitasi yang memancarkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang spesifik untuk elemen tertentu, menggunakan argon sebagai gas pembawa. Intensitas pancaran ini digunakan untuk menunjukkan konsentrasi unsur-unsur dalam sampel (Indrawijaya et al., 2019). Salah satu keuntungan metode *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy* (ICP-OES) yaitu dapat melakukan alanisis multielemen dengan cukup cepat. ICP-OES dapat menganalisis 70 unsur dengan konsentrasi di bawah 1 mg/l serta dapat menganalisis secara kualitatif dan kuantitatif.

Untuk memperoleh informasi kualitatif, yaitu untuk mengetahui unsur yang terkandung pada sampel, melibatkan identifikasi emisi panjang gelombang khas dari unsur yang dituju. Secara umum, paling sedikit akan ada tiga garis spektrum dari unsur yang diperiksa untuk memastikan kebenaran emisi yang diamati sesuai dengan unsur yang dituju. Sedangkan untuk informasi kuantitatif, yaitu untuk menentukan banyak unsur yang terkandung dalam sampel dapat dicapai dengan

menggunakan plot intensitas emisi terhadap konsentrasi yang disebut kurva kalibrasi. Larutan standar dimasukkan ke dalam ICP dan intensitas emisi setiap unsur diukur. Ketika intensitas emisi unsur diukur, intensitas diperiksa terhadap kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi yang sesuai dengan intensitasnya (Life dan Sciences, 2004).

Gambar 6. Alat Analisa ICP-OES (Dokumentasi Penulis, 2023)

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

No.	Nama danTahun Publikasi	Hasil
1.	Lisanti Emelda, Suhardini Martiana, Simparmin.2019	Metode: Aktivasi kimia pada zeolit dilakukan dengan cara mencampur zeolit alam dengan larutan H_2SO_4 0,15 N dan NaOH 0,5 N dengan rasio 1 g zeolit/10 ml larutan H_2SO_4 dan 1 g zeolit/10 ml larutan NaOH selama 3 jam sambil diaduk. Zeolit dipisahkan menggunakan kertas saring dan dicuci dengan aquades. Selanjutnya zeolit dikeringkan didalam oven pada suhu 105^oC selama 3 jam. Zeolit yang telah dipanaskan ini didinginkan di dalam desikator. Uji pengaruh variasi temperatur , digunakan larutan sempel dengan larutan konsentrasi 10 ppm serta dilakukan variasi temperatur yaitu 25, 30, 35, 40, 45, dan 50^oC. uji adsorpsi isotermal dilakukan variasi konsentrasi larutan sempel 10, 20, 40, 60, dan 100 ppm dengan temperatur operasi pada hasil terbaik dari uji pengaruh temperatur. Hasil: Aktivasi kimia menggunakan variasi suhu semakin tinggi suhu operasi adsorpsi maka semakin tinggi konsentrasi sisa logam kromium dalam larutan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu berarti semakin berkurang ion logam kromium yang dapat teradsorp.

No.	Nama danTahun Publikasi	Hasil
2.	Novian korin A, dan Herry Wardono, 2013	Metode: Aktivasi kimia menggunakan natrium hidroksida (NaOH) Pengambilan data dilakukan untuk setiap putaran mesin dengan menggunakan variasi temperatur dan waktu pemanasan 150^{o}C 1 jam, 150^{o}C 2 jam, dan 200^{o}C selama 1 jam dilanjutkan pengujian massa zeolit 50 gram, 100 gram dan 150 gram. Hasil: Setelah didapat hasil terbaik dari variasi pengujian normalitas dilanjutkan variasi temperatur dan waktu pemanasan. Gambar diatas dilihat untuk pengaktivasian zeolit aktivator NaOH 0,75N temperatur 150^{o}C selama 2 jam dapat menaikkan daya engkol mesin diesel sebesar 0,0476 kW (6,849 %), sedangkan pemanfaatan zeolit aktivasi fisik pada temperatur 150^{o}C selama 1 jam menaikkan daya engkol sebesar 0,0476 KW (6,049%) pada putaran rendah yaitu putaran 1500 rpm. Kemudian untuk putaran menengah 2500 rpm pengaktivasian 200^{o}C selama 1 jam meningkatkan daya engkol sebesar 0,043 kW (3,456%).
3.	Nurliati, 2015	Metode: Aktivasi kimia menggunakan asam pada zeolit alam dilakukan dengan mencampurkan 10 gram zeolit ke dalam 100 mL larutan HCl 0,6 M pada suhu 100^{o}C dan diaduk selama 2 jam, sedangkan aktivasi kimia menggunakan basa dilakukan dengan mencampurkan 3,3 gram zeolit ke dalam 100 mL larutan NaOH 0,2 M pada suhu 65^{o}C dan diaduk selama 30 menit. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan 0,1 gram zeolit dengan 10 mL larutan Th(IV) (50 ppm) pada interval waktu 30 - 180 menit. Hasil: Aktivasi kimia menggunakan asam (HCl) menyebabkan terjadi peningkatan rasio Si/Al pada zeolit alam dari 6,7 menjadi 14,27, sementara aktivasi kimia menggunakan basa menurunkan rasio Si/Al hingga 4,72. Selain itu, aktivasi kimia menggunakan asam menyebabkan terjadinya penurunan luas permukaan zeolit dari 125,4 m^2/g menjadi 120,6 m^2/g, sementara aktivasi kimia menggunakan basa meningkatkan luas permukaan zeolit hingga 138 m^2/g. Efisiensi zeolit untuk menyerap logam thorium setelah diaktivasi meningkat hingga 2000 mg/g.

No.	Nama danTahun Publikasi	Hasil
4.	Saryati, 2010	Metode: Aktivasi kimia pada zeolit alam Lampung dilakukan dengan merendam 25 gram zeolit dalam larutan HCl, NH_4Cl, KOH, dan NaOH 0,5 M selama 4 hari pada suhu 80^oC, sedangkan aktivasi fisis dilakukan dengan cara kalsinasi pada suhu 400^oC selama 4 jam. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan 1 gram zeolit dengan 50 mL larutan yang mengandung ion logam berat (Cu, Cd, Pb, Zn, Fe, dan Mn) dengan konsentrasi 50 ppm pada temperatur ruang di dalam erlenmeyer, dan dikocok selama 5 jam. Hasil: Aktivasi kimia menggunakan asam (HCl) menyebabkan terjadi peningkatan rasio Si/Al pada zeolit alam Lampung dari 4,5 menjadi 6,51, sementara aktivasi kimia menggunakan basa menurunkan rasio Si/Al hingga 2,89. Efisiensi zeolit tanpa aktifasi dengan bahan kimia dalam pembuangan ion logam berat dalam air mencapai diatas 80% untuk Cd, Pb, Cu dan Fe, 44% untuk Zn dan 21% untuk Mn. Aktivasi zeolit alam dengan asam umumnya menurunkan efisiensi, kecuali untuk Fe dan Pb, sedangkan aktivasi dengan garam dan basa umumnya menaikkan efisiensi pembuangan logam berat.