



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Teori Umum

II.1.1 Logam Berat

Perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan semakin banyaknya bahan buangan yang bersifat beracun yang dibuang ke lingkungan, salah satunya berupa limbah logam berat yang berasal dari aktivitas industri pertambangan, metalurgi, tekstil, cat, penyamakan kulit, baterai, dan elektroplating. Limbah logam berat pencemar dengan toksisitas tinggi antara lain adalah Tembaga (Cu) dan Kromium (Cr). Pencemaran logam Cu(II) umumnya berbentuk ion Cu^{2+} dan logam Cr berbentuk ion Cr^{3+} dan ion Cr^{6+} . Dimana keberadaan keduanya dalam konsentrasi yang tinggi pada lingkungan perairan sangatlah berbahaya, akibat adanya sifat toksisitas dan akumulasi logam tersebut dalam rantai makanan serta persistensinya di dalam lingkup lingkungan (Adriansyah, 2018).

II.1.2 Limbah Elektroplating

Prinsip elektroplating adalah pelapisan suatu logam secara elektrolisa melalui penggunaan arus listrik searah (direct current / DC) dan larutan kimia (elektrolit) digunakan sebagai penyuplay ion-ion logam membentuk endapan (lapisan) logam pada elektroda katoda.

Limbah dari proses elektroplating merupakan limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya). Beberapa unsur logam yang terdapat dalam limbah cair elektroplating antara lain besi, krom, seng, nikel, mangan, dan tembaga. Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating memiliki tingkat toksisitas yang berbahaya, terutama krom, nikel, dan seng. Karakteristik dan tingkat toksisitas dari air limbah elektroplating bervariasi tergantung dari kondisi operasi dan proses pelapisan serta cara pembilasan yang dilakukan. Pembuangan langsung limbah dari proses elektroplating tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Proses elektroplating dapat menimbulkan cemaran lingkungan dalam



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

bentuk larutan, koloid, maupun bentuk partikel lainnya (Gambar II.1). Sehingga diperlukan suatu pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke lingkungan.



Gambar II. 1 Limbah Elektroplating

(Prasetyaningrum, 2018)

II.1.3 Abu Vulkanik

Abu vulkanik terdiri dari kata abu dan vulkanik. Abu adalah material padat yang tersisa setelah pembakaran oleh api. Vulkanik sendiri adalah partikel halus yang terembus ketika gunung berapi meletus, terkadang partikel ini terembus tinggi sekali sehingga jatuh ditempat yang sangat jauh. Abu vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Abu maupun pasir vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai halus, yang berukuran besar biasanya jatuh sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan hingga ribuan kilometer. Abu vulkanik menjadi isu lingkungan yang penting karena jumlahnya yang cukup banyak dan mengganggu keseimbangan lingkungan.

Beberapa jenis mineral muncul pada abu vulkanik, bergantung pada kandungan kimia dari magma gunung api yang meletus. Unsur yang paling berlimpah dalam magma adalah silika (SiO_2) dan oksigen. Abu vulkanik memiliki sifat sangat keras dan tidak larut dalam air sehingga seringkali sangat abrasif dan sedikit korosif serta mampu menghantarkan listrik dalam keadaan basah.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

Tabel II. 1 Sifat Fisik Khas Abu Vulkanik

Physical Properties	Volcanic Ash
Fineness (m ² /kg)	242
Residue on 75 sieve (%)	42
Bulk density (kg/m ³)	2450

Sumber: Hossain (2003:15)

Komposisi kimia dari abu vulkanik secara langsung terkait dengan sumber kimia magma. Kaca vulkanik relatif tinggi di silika dibandingkan dengan kristal mineral, akan tetapi relatif lebih rendah unsur-unsur nonsilika (terutama Mg dan Fe). Menurut Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) pada Laboratorium Energi ITS tahun 2019, diperoleh hasil komposisi khas kimia abu vulkanik seperti yang sudah dianalisis secara XRF sebagai berikut :

Tabel II. 2 Komposisi Kimia Abu Vulkanik Gunung Bromo

Compound	Conc
Al ₂ O ₃	11
SiO ₂	42,7
K ₂ O	4,66
CaO	13,2
TiO ₂	2,3
V ₂ O ₅	0,06
MnO	0,41
Fe ₂ O ₃	24,5
CuO	0,16
ZnO	0,04
SrO	0,25
BaO	0,33

Sumber : Lembaga Penelitian Laboratorium Energi ITS

Abu vulkanik dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan silika karena memiliki kandungan silika yang besar. Silika merupakan senyawa kimia atau



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

molekul besar dengan rumus molekul SiO_2 (silikondioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal. Silika dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap (adsorben) didasarkan adanya pori-pori dan keberadaan situs aktif gugus silanol ($-\text{Si}-\text{OH}$) dan siloksan ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$) pada permukaannya. Adanya keempat atom oksigen pada silika yang mempunyai sifat cukup ionik berfungsi sebagai situs aktif untuk mengikat logam berat (Ramadhanty, 2020).

II.1.4 Silika

Silika adalah senyawa hasil polimerisasi asam silikat, yang tersusun dari rantai satuan SiO_4 tetrahedral dengan formula umum SiO_2 . Di alam senyawa silika ditemukan dalam beberapa bahan alam, seperti pasir, kuarsa, gelas, dan sebagainya. Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintesis adalah amorph. Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat atau dari pereaksi silan. Silika gel sebagai salah satu senyawa silika sintesis yang berstruktur amorph. Silika gel merupakan salah satu bahan kimia berbentuk padatan yang banyak dimanfaatkan sebagai adsorben. Hal ini disebabkan oleh mudahnya produksi dan juga beberapa kelebihan yang lain, yaitu: sangat inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan resin polimer organik. Kualitas yang berkaitan dengan pemanfaatannya ditentukan oleh berbagai faktor, yaitu struktur internal, ukuran partikel, porositas, luas permukaan, ketahanan dan polaritasnya. Sifat sebagai penjerap yang disebut juga sifat adsorptif adalah karena adanya situs aktif pada permukaan.

Kegunaan silika gel yang lazim adalah sebagai penjerap uap air pada penyimpanan bahan – bahan yang bersifat higroskopis, atau mudah menyerap uap air seperti berbagai produk makanan dan juga obat – obatan. Pada silika gel yang digunakan sebagai penjerap uap air biasanya ditambahkan senyawa kobalt sebagai indikator untuk mengetahui kapasitas uap air yang terjerap. Walaupun mempunyai berbagai kelebihan, ternyata silika gel juga mempunyai beberapa kelemahan. Kelemahan tersebut adalah karena pada silika gel jenis situs aktif hanya berupa



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

gugus silanol (-SiOH) dan siloksan (Si-O-Si). Gugus silanol ini mempunyai sifat keasaman yang rendah, disamping mempunyai oksigen sebagai atom donor yang sifatnya lemah. Namun demikian adanya gugus silanol ($\equiv\text{Si-OH}$) dan siloksan ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$) ini juga menguntungkan, karena memungkinkan terjadinya modifikasi. Pada modifikasi ini mungkin tidak terjadi perubahan jenis gugus fungsi pada situs aktif, walaupun perbandingan jumlahnya berbeda dengan sebelumnya. Kemungkinan lain adalah modifikasi dengan merubah gugus fungsi pada situs aktifnya, dilakukan dengan menambahkan pereaksi dan memberi suatu perlakuan fisis. Oleh karena itu, secara sintesis juga dapat diperoleh berbagai macam senyawa silika (Sulastri, 2010).

II.1.5 Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel, berikut ini adalah klasifikasi adsorben berdasarkan ukuran pori adsorben:

Tabel II. 3 Klasifikasi ukuran pori-pori

Tipe	Diameter Pori (d)
Mikropori	$(d) < 2\text{nm}$
Mesopori	$2\text{ nm} < (d) < 50\text{ nm}$
Makropori	$(d) > 50\text{ nm}$

(Astuti, 2018)

II.1.5.1 Jenis Adsorben

Berbagai jenis adsorben telah banyak dikembangkan di Indonesia. Jenis adsorben yang paling sering digunakan dalam metode adsorpsi adalah zeolit, karbon aktif, silika dan adsorben baru yaitu karbosil yang merupakan gabungan antara karbon dan silika.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

1) Zeolit

Zeolit merupakan mineral alami aluminosilikat yang terhidrasi. Zeolit termasuk logam yang dikenal sebagai mineral “tektosilikat”. Zeolit alam biasanya terbentuk dari perubahan bantuan yang kaya akan kaca di danau atau air laut (Erdem et al., 2004). Mineral zeolit dikenal sebagai bahan alam dan umumnya dalam bentuk batuan clinoptilolite, mordenite, barrerite, chabazite, stilbite, analcime dan laumonlite, sedangkan offerite, paulingite, dan mazzite hanya sedikit dan jarang dijumpai. Zeolit mempunyai struktur berongga yang biasanya diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki pori tertentu. Dalam keadaan normal ruang hampa dalam Kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada di sekitar kation. Zeolit ini dapat digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi (Kharinal, 2000). Zeolit ini dapat digunakan sebagai adsorben, karena merupakan polimer anorganik yang tersusun dari satuan berulang berupa tetrahedral SiO dan AlO_4 . Ikatan tetrahedral terbentuk dengan pemakaian bersama satu atom oksigen oleh dua tetrahedral sehingga setiap tetrahedral akan berikatan dengan empat tetrahedral lain. Polimer yang terbentuk merupakan jaringan tetrahedral tiga dimensi berupa Kristal-kristal, di dalamnya terdapat saluran-saluran pori dan rongga-rongga berisi air dan kation yang dapat dipertukarkan dengan ukuran tertentu.

2) Karbon aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah suatu bahan padat berpori yang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Arang aktif merupakan suatu bentuk arang yang telah melalui aktivasi dengan menggunakan gas CO_2 , uap air, atau bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka dan dengan demikian daya adsorpsinya menjadi lebih tinggi terhadap zat warna dan bau. Arang aktif mengandung 5-15% air, 2-3% abu, dan sisanya adalah karbon. Arang aktif berbentuk amorf, terdiri atas pelat-pelat datar, disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya (Tangkuman,



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

2006). Kapasitas adsorpsi arang aktif bergantung pada karakteristik arang aktifnya, seperti: tekstur (luas permukaan, distribusi ukuran pori), kimia permukaan (gugus fungsi pada permukaan), dan kadar abu. Selain itu juga bergantung pada karakteristik adsorpsi: bobot molekul, polaritas, ukuran molekul, dan gugus fungsi. Kondisi larutan juga berpengaruh, seperti: pH, konsentrasi, dan adanya kemungkinan adsorpsi terhadap zat lain (Villacarias 2005).

3) Silika

Silika merupakan istilah yang digunakan untuk campuran satu atom silikon dengan dua atom oksigen. Hurlbut dan Klein (1977) menyatakan bahwa silika (SiO_2) diklasifikasikan ke dalam kelas silikat, yaitu masuk dalam kelompok tektosilikat. Silikat merupakan kelas mineral yang sangat besar dan kelompok penting dari mineral. Silika di alam terdapat dalam dua bentuk, yaitu kristalin dan non-kristalin (amorf). Kuarsa merupakan bentuk silika kristalin yang paling umum dan berlimpah dalam sebagian besar jenis batuan, khususnya granit, batu pasir, kuarsit, dan di dalam pasir. Kristobalit dan tridimit ditemukan dalam batuan vulkan. Sementara itu silika non-kristalin (amorf) ditemukan di alam sebagai biogenik silika dan silika gelas yang berasal dari abu vulkanik. Silika memiliki ikatan yang disebut jembatan oksigen yang terdapat di antara atom silikon. Sudut ikatan silika pada Si-O-Si sekitar 145 derajat, tetapi nilai ini sangat bervariasi antara 100-170 derajat yang dipengaruhi oleh perubahan energi ikat, sehingga memungkinkan terjadinya rotasi ikatan secara bebas. Silika ini juga banyak dimanfaatkan sebagai adsorben baik untuk logam berat, lemak jenuh, limbah cair dan lain – lain.

(Warlina, 2012)

II.1.5.2 Syarat-syarat Adsorben

Syarat-syarat adsorben yang baik, antara lain:

1. Mempunyai daya serap yang besar
 2. Berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar
-



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

3. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi
4. Tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan
5. Dapat diregenerasi kembali dengan mudah
6. Tidak beracun

(Supraptiah, 2014)

II.1.5.3 Proses Pembuatan Adsorben

1. Ekstraksi Silika dari Abu Vulkanik

Silika yang terkandung dalam abu vulkanik dapat diambil dengan melarutkannya ke dalam suatu larutan alkali. Metode ekstraksi menggunakan pelarut alkali membutuhkan energi yang rendah dan biaya yang lebih efektif. Ekstraksi merupakan proses perpindahan massa antara suatu zat dengan pelarut tertentu. Oleh karena itu, pemilihan pelarut sangatlah berpengaruh. Pada penelitian ini menggunakan pelarut NaOH 4M untuk melarutkan SiO₂ yang ada dalam abu vulkanik. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



Menurut Kalapathy (2000) senyawa silika mudah larut pada suasana basa dan akan mengendap pada suasana asam. Berdasarkan hal tersebut, untuk membuat senyawa silika mudah terambil dari abu vulkanik maka digunakan pelarut bersifat basa, larutan NaOH, dan setelah itu digunakan larutan asam, HCl, untuk mengendapkannya kembali. Setelah senyawa silika mengendap kembali, kadar H₂O yang memengaruhi kelembaban produk dapat dihilangkan dengan cara pengeringan di dalam oven.

Menurut Kurniati (2009) semakin tinggi temperatur maka semakin besar kelarutan silika dalam air. Kelarutan silika dalam air pada temperatur ruang yaitu 80-120 mg/L, sedangkan kelarutan silika dalam air pada temperatur 100°C yaitu 750 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur tinggi, silika tidak mengendap.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

2. Pembuatan Silika Gel



Larutan natrium silikat kemudian diendapkan dengan HCl sampai terbentuk gel berwarna putih. Endapan yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 100° C hingga mencapai berat yang konstan. Hal ini menandakan produk yang didapat sudah terbebas dari kandungan air

(Ramadhanty, 2020)

II.1.6 Proses Aktivasi

Pada pembuatan adsorben sendiri pada umumnya merupakan pengaktifan bahan. Proses aktivasi abu vulkanik menggunakan asam akan menghasilkan abu vulkanik yang memiliki situs aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih besar, sehingga akan dihasilkan abu vulkanik dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sebelum aktivasi. Pada proses aktivasi abu vulkanik faktor yang berpengaruh adalah konsentrasi aktivator dan lama waktu pengadukan. Aktivasi abu vulkanik dilakukan dengan cara kimia yakni direndam dengan larutan pengaktif HCl (Asam Klorida). Penggunaan HCl sebagai pengaktif akan mempengaruhi daya serap karena asam mineral tersebut dapat melarutkan komponen Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO, dan MgO yang mengisi pori-pori adsorben. Hal ini mengakibatkan terbukanya pori-pori yang tertutup sehingga menambah luas permukaan adsorben.

II.1.6.1 Jenis Aktivasi

Aktivasi berdasarkan prosesnya dibagi menjadi dua yaitu aktivasi secara kimia dan secara fisik berikut penjelasannya:

1. Aktivasi Fisika

Aktivitas secara fisika merupakan suatu aktivasi yang melibatkan struktur fisik dari bahan pada umumnya dilakukan dengan pemanasan pada suhu antara 300 sampai dengan 400 derajat celcius dengan udara panas atau menggunakan sistem vakum untuk melepaskan molekul air atau hidrat



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

alkali. Proses pemanasan ini biasanya disebut dengan proses kalsinasi dimana proses ini haruslah terkontrol artinya temperatur dan waktu harus benar-benar terjaga pemanasan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur dimana biasanya juga disertai dengan uap.

2. Aktivasi Kimia

Aktivasi secara kimia berbanding terbalik dengan aktivasi secara fisika dimana aktivasi ini dilakukan dengan bantuan senyawa kimia dan tentunya melalui proses kimia biasanya menggunakan HCl atau H₂SO₄. Secara kimia bahan-bahan aktivasi aktivasi juga dapat dibedakan menjadi beberapa diantaranya yaitu:

a. HCl

Pada umumnya HCl digunakan sebagai bahan aktivator karena asam klorida merupakan jenis asam yang memiliki ekivalen H⁺ karena asam klorida mampu mendonorkan 1 buah proton pada reaksinya.

b. H₂SO₄

Asam sulfat memiliki ekivalen H⁺ yang lebih tinggi daripada asam klorida karena asam sulfat mendonorkan 2 buah proton pada reaksinya maka penggunaan asam sulfat lebih baik daripada penggunaan asam klorida. Aktivasi menggunakan asam akan menghasilkan adsorben dengan tapak aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih besar sehingga mampu membuat kemampuan adsorpsi lebih tinggi daripada sebelum dilakukan aktivasi.

Berdasarkan penjelasan di atas, kami menggunakan aktivasi kimia dengan HCl dikarenakan aktivasi kimia dengan HCl dapat menghilangkan zat pengotor yang ada pada abu vulkanik dengan ion H⁺ karena semakin besar jumlah ion H⁺ yang masuk ke struktur abu, maka semakin besar jumlah zat pengotor abu yang tergantikan dengan ion H⁺ sehingga abu memiliki gugus aktif yang mudah melepaskan proton. Dapat meningkatkan daya adsorpsi abu vulkanik. Dapat



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

menambah ukuran dan jumlah pori sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi abu dan yang terakhir, biaya relative murah.

II.2 Landasan Teori

II.2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu fenomena permukaan karena akumulasi suatu spesies pada batas permukaan padat-cair. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik-menarik. Ada 2 tipe adsorpsi, yaitu:

1. Adsorpsi fisis atau Van der Waals
2. Adsorpsi kimia

Adsorpsi yang terjadi dalam hal ini adalah non-spesifik dan non-selektif penyebab gaya tarik-menarik karena adanya ikatan koordinasi hidrogen dan gaya Van der Waals. Apabila adsorbat dan permukaan adsorben terikat dengan gaya Van der Waals saja maka dinamakan adsorpsi fisis atau adsorpsi Van der Waals. Molekul yang teradsorpsi terikat pada permukaan secara lemah dan panas adsorpsinya rendah.

Jika adsorbat dan permukaan adsorben bereaksi secara kimiawi maka disebut chemisorption. Nilai panas adsorpsi setara dengan reaksi kimia karena adanya ikatan kimia yang terbentuk maupun yang terputus selama proses adsorpsi. Untuk membedakan kedua fenomena proses adsorpsi digunakan variabel suhu. Adsorpsi fisis ditandai dengan penurunan jumlah yang teradsorpsi dengan peningkatan suhu.

II.2.1.1 Faktor yang Memengaruhi Adsorpsi

1. Macam-macam Adsorben

a. Adsorben polar

Adsorben polar memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap asam karboksilat, alkohol, alumina, keton, dan aldehid.

b. Adsorben non polar

Adsorben non polar memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap amin dan senyawa yang bersifat basa.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

c. Adsorben basa

Adsorben basa memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap senyawa yang bersifat asam.

2. Macam-macam Adsorbat

Jika zat yang diadsorpsi merupakan elektrolit, maka adsorpsi berjalan lebih cepat dan hasil adsorpsi lebih banyak jika dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terionisasi sehingga di dalam larutan terdapat ion-ion dengan muatan berlawanan yang menyebabkan gaya tarik-menarik Van der Waals semakin besar sehingga daya adsorpsi semakin besar.

3. Konsentrasi Adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat (C) dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben. Hal ini sesuai dengan persamaan Freundlich:

$$\frac{X}{M} = k \times C^n \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

X = berat teradsorpsi

M = berat adsorben

K, n = konstanta

4. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben (adsorben semakin kecil ukurannya) maka adsorpsi yang terjadi semakin besar karena kemungkinan zat yang menempel pada permukaan adsorben bertambah. Hal ini menyebabkan bagian yang semula tidak berfungsi sebagai permukaan (bagian dalam) setelah digerus akan berfungsi sebagai permukaan.

5. Pengadukan

Jika dilakukan pengadukan, semakin cepat pengadukan maka molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan sehingga akan mempercepat proses adsorpsi.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

(Widayatno, 2017)

6. Waktu Adsorpsi

Penentuan waktu adsorpsi yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

(Syauqiah, 2011)

7. Massa Adsorben

Semakin tinggi massa adsorben kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun.

(Reyra, 2017)

II.2.2 Isotherm Adsorpsi

Isotherm Adsorpsi menunjukkan hubungan equilibrium antara konsentrasi dan jumlah adsorbat yang diserap pada suhu konstan. Model isotherm adsorpsi yang telah ada yaitu: isotherm adsorpsi Freundlich, Langmuir dan Brunauer-Emmet-Teller (BET). Adsorpsi ion atau molekul pada permukaan karbon aktif umumnya terbatas pada lapisan monolayer sehingga proses adsorpsi biasanya mengikuti persamaan adsorpsi Freundlich dan/atau Langmuir.

II.2.2.1 Model Isotherm Adsorpsi Freundlich

Model isotherm Freundlich banyak digunakan pada proses adsorpsi dalam air minum maupun air limbah dengan asumsi bahwa adsorpsi terjadi secara fisika. Model isotherm Freundlich mampu menggambarkan adsorpsi senyawa organik dan anorganik pada rentang yang luas untuk berbagai adsorben. Persamaan isotherm Freundlich seperti berikut

$$\frac{x}{m} = q_e = KCe^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan diatas dapat ditulis dengan:

$$\log q_e = \log K_F + \log Ce^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (3)$$

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln Ce \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

- q_e : jumlah logam berat yang teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
- m : massa adsorben
- C_e : konsentrasi adsorbat pada waktu equilibrium (mg/l)
- K_F : konstanta Freundlich
- n : intensitas adsorpsi

(Reynold, 1996)

Nilai n sangat berguna dalam membedakan proses adsorpsi fisik dari proses adsorpsi kimia. Nilai K_F dan n dihitung dari kemiringan (slope) dan perpotongan (intercept) plot $\log q_e$ versus $\log C_e$.

II.2.2.2 Model Isotherm Adsorpsi Langmuir

Isotherm Langmuir didasarkan pada permukaan homogen dengan situs aktif identik di mana adsorpsi monolayer dari adsorbat ke permukaan berlangsung tanpa interaksi antara spesies teradsorpsi [57]. Bentuk linear dari persamaan Langmuir ditunjukkan pada Persamaan. (7),

$$q_e = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

- q_e : jumlah logam berat yang teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)
- q_m : kapasitas maksimum adsorpsi (L/mg)
- C_e : konsentrasi kesetimbangan logam berat (mg/L)
- K_L : konstanta Langmuir yang mengukur afinitas ion logam terhadap situs adsorpsi adsorben (L/mg)

Dengan demikian, besarnya K_L menunjukkan interaksi yang kuat atau lemah antara ion logam berat dan situs adsorpsi adsorben. Parameter q_m dan K_L ditentukan dari plot C_e/q_e versus C_e .

(Nyirenda, 2022)



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo”

II.3 Hipotesis

Penelitian Penentuan Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Adsorpsi Logam Cu(II) di Air Limbah Elektroplating dengan Silika dari Abu Vulkanik Gunung Bromo memperoleh kondisi optimal menggunakan persamaan Langmuir pada adsorpsi logam Cu(II) saat waktu adsorpsi 80 menit dengan massa silika 2 gram dan diperoleh persamaan Langmuir $y = 1,635x - 0,021$ dengan nilai $R^2 = 0,9701$ sedangkan untuk kondisi optimal menggunakan persamaan Freundlich diperoleh saat waktu adsorpsi 120 menit dengan persamaan $y = -1,5927x - 2,0618$ dan nilai $R^2 = 0,6158$