

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia banyak memberikan dampak bagi kehidupan baik dampak positif maupun dampak negatif. Dampak negatif perkembangan industri adalah meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan seperti limbah padat, cair, maupun gas. Salah satu kandungan limbah yang berbahaya yakni ion logam berat pada limbah cair industri.

Pencemaran logam berat merupakan masalah lingkungan yang selalu menjadi perhatian. Tingkat pencemaran oleh logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), raksa (Hg), tembaga (Cu), dan nikel (Ni) telah menjadi isu global. Hal ini terjadi karena logam berat tersebut dapat menyebabkan kerugian bagi manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, perlu dicari cara untuk mengatasi pencemaran logam berat yang lebih murah dan ramah lingkungan.

Salah satu alternatif yang banyak dilakukan oleh peneliti adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut adsorbat, sedangkan zat yang menyerap disebut adsorben. Beberapa adsorben yang telah banyak digunakan oleh para peneliti adalah limbah pertanian seperti kulit buah manggis¹, jamur², alga³ dan nanomaterial⁴. Jika penyerapan logam berat menggunakan material biologi maka disebut dengan biosorpsi. Hubungan yang menunjukkan jumlah substansi yang diserap oleh adsorben pada tekanan atau konsentrasi saat kesetimbangan pada suhu konstan disebut dengan isoterm adsorpsi.

Studi isoterm adalah alat utama untuk memprediksi efisiensi sorben untuk menghilangkan polutan dalam limbah cair. Analisis data isoterm merupakan pendekatan matematis yang menarik untuk menggambarkan isoterm sorpsi pada suhu konstan dan untuk memprediksi perilaku penyerapan secara keseluruhan pada kondisi yang berbeda⁵. Analisis data dapat dilakukan dengan metode regresi linear dan non linear. Perbandingan antara metode linear dan nonlinear untuk memperkirakan isoterm adsorpsi menunjukkan hasil bahwa metode nonlinear adalah cara yang lebih baik untuk mendapatkan parameter yang akurat daripada metode regresi linear karena pada regresi non linear merupakan suatu model menggunakan data eksperimen laboratorium yang orisinal. Hal ini dapat dibuktikan dengan bentuk

kurva yang sangat baik dan tingginya nilai koefisien determinasi pada regresi non linear⁶.

Perkembangan teknologi yang semakin canggih mendorong para peneliti untuk mengembangkan suatu program perangkat lunak (*software*) tertentu yang dapat memudahkan penggunaannya. Program perangkat lunak memfasilitasi penerapan metode optimasi non linear sebagai alternatif menentukan parameter pada model yang diterapkan. Peneliti secara umum sudah banyak meninggalkan metode linear karena zaman sekarang telah banyak berkembang berbagai program matematis untuk mengolah berbagai tipe data dengan kecepatan yang tinggi sehingga lebih efektif dan efisien⁷. Beberapa program perangkat lunak yang dapat digunakan seperti *Matlab, Open Office Calc, Microsoft Excel, Delphi*, dan lain-lain.

Ada beberapa pemodelan yang dapat diterapkan untuk isoterm adsorpsi, yaitu model Langmuir, Freundlich, Sips, Temkin, Khan, Dubinin-Radushkevich, Toth, dan lain-lain. Aplikasi pemodelan dalam biosorpsi lebih sering menggunakan dua model populer yaitu model Langmuir dan Freundlich. Kedua model ini dianggap mampu memberikan pendekatan untuk berbagai tipe data eksperimen, walaupun sesungguhnya untuk banyak kasus, kedua model ini memiliki tingkat akurasi dibawah model yang lain. Kekuatan sesungguhnya kedua model ini adalah karena kedua model ini hanya memiliki dua buah konstanta dan dapat diubah dengan mudah menjadi bentuk linear, sedangkan model lain karena kerumitan persamaannya atau karena memiliki lebih dari dua buah konstanta, sulit atau bahkan tidak mungkin diubah menjadi bentuk regresi linear.

Pada beberapa kasus, model-model yang sudah ada masih belum cukup memuaskan, sehingga para peneliti mencoba untuk membuat persamaan model baru seperti yang ditemukan oleh Shahbeing model baru adsorpsi yang diturunkan dari kombinasi antara model Langmuir dan Jovanovic⁸. Model baru ini memiliki tiga konstanta terbukti memberikan hasil yang sangat baik dibandingkan model lain dengan metode regresi non linear. Selain itu model empiris baru untuk isoterm adsorpsi juga ditemukan oleh Munaf yang dikenal dengan model EMZHA (Edison-Mimi-Zulfi-Hermansyah Approach)⁹.

Persamaan model EMZHA :

$$qe = \left(\frac{\alpha \beta Ce^{1/n}}{1 + \alpha Ce} \right) e^{-(\delta + \beta Ce^{1/n})} \quad (1)$$

Dimana:

- q_e = kapasitas adsorpsi
 C_e = konsentrasi adsorban
 α, β, δ, n = konstanta yang dimiliki model EMZHA

Latar belakang utama model ini adalah model Langmuir dan Freundlich, mempertimbangkan adanya tipe data yang kapasitas penyerapannya sedikit menurun untuk konsentrasi tinggi. Ciri khas persamaan model ini adalah adanya sebuah suku eksponensial negatif yang tujuannya untuk mengakomodasikan penurunan kapasitas penyerapan. Selain itu, juga terdapat empat buah konstanta pada model agar model memiliki fleksibilitas yang tinggi terhadap berbagai tipe data⁹.

Model empiris baru EMZHA ini telah diaplikasikan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi terhadap kemampuan penyerapan kulit buah atap (*Arenga pinnata merr*) terhadap ion logam Cr(III), Cr(VI), Cd(II), dan Zn(II) pada variasi konsentrasi 5, 10, 25, 50, 75, dan 100 mg/L¹⁰. Penerapan model EMZHA pada penelitian ini dengan menggunakan program master Delphi 7.0. Kelebihan program master Delphi 7.0 ini adalah sangat praktis, efisien, cepat dalam mengolah berbagai tipe data dan dapat memudahkan penggunaannya, bahkan pengguna yang tidak memiliki basis pemrograman sedikitpun dapat dengan mudah menggunakannya. Model EMZHA juga terbukti memberikan hasil yang sangat baik dari bentuk kurva dan rata-rata koefisien determinasi 0,91792 yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan model lain. Namun, penelitian yang telah dilakukan oleh Munaf ini baru diterapkan terhadap satu biosorben saja yaitu kulit buah atap.

Model EMZHA merupakan model yang kompleks. Hal ini dapat kita lihat dari bentuk persamaannya dan beberapa konstanta yang dimiliki model. Adanya perkalian dua buah konstanta pada pembilang dalam model EMZHA menimbulkan kesulitan dalam pencarian arti fisis dari konstanta-konstanta yang dimiliki model EMZHA tersebut. Oleh karena itu terbuka peluang untuk memodifikasi model ini menjadi lebih sederhana dan fleksibel dengan cara mengubah konstantanya. Model hasil modifikasi ini diharapkan dapat menghasilkan kemudahan dalam pendugaan makna dari konstanta yang dimiliki model dan menghasilkan kurva serta koefisien determinasi yang lebih baik.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk membandingkan model Langmuir, Freundlich, Sips, EMZHA dan modifikasi EMZHA terhadap beberapa biosorben dan beberapa set data khususnya biosorpsi untuk ion logam Cu(II), Cd(II),

dan Pb(II) dengan metode regresi non linear. Penelitian ini difokuskan pada bentuk kurva dan nilai koefisien determinasi dari masing-masing model yang diterapkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu:

1. Apakah model EMZHA dapat diterapkan untuk data orisinal penelitian laboratorium adsorpsi Cu(II), Cd(II) dan Pb(II) terhadap beberapa biosorben?
2. Apakah dimungkinkan membuat sebuah model yang merupakan modifikasi model EMZHA yang lebih baik dari model EMZHA asli?
3. Bagaimana perbandingan bentuk kurva dan koefisien determinasi model Langmuir, Freundlich, Sips, EMZHA dan modifikasi EMZHA?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Meneliti kehandalan model EMZHA untuk berbagai biosorben
2. Mengusulkan modifikasi model EMZHA yang lebih baik dari model EMZHA asli
3. Melakukan perbandingan model Langmuir, Freundlich, Sips, EMZHA dan modifikasi EMZHA melalui regresi non linear dilihat dari bentuk kurva dan koefisien determinasinya menggunakan program master Delphi 7.0 diberi nama NLRegress versi Beta

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. Memberikan informasi tentang model mana yang cocok untuk digunakan dalam penelitian adsorpsi dengan beberapa biosorben.
2. Membantu peneliti lain, melalui regresi non linear menggunakan perangkat lunak program master Delphi 7.0 yang diberi nama NLRegress versi Beta dapat memudahkan dalam menentukan bentuk kurva dan koefisien determinasi dari beberapa model isoterm adsorpsi serta dapat mengetahui interaksi yang terjadi secara monolayer atau multilayer.