

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan melakukan analisis data sekunder pada software powersim. Penelitian eksplorasi dengan analisis data sekunder dilakukan untuk mengembangkan pemodelan penyisihan logam Cu pada proses fitoremediasi. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan simulasi sistem dinamis untuk menentukan model penyisihan logam Cu pada proses fitoremediasi beserta variabel-variabel yang terlibat.

3.2. Desain Penelitian

Pemodelan dilakukan menggunakan pendekatan sistem dinamis menggunakan software powersim. Tahapan pemecahan masalah dengan pendekatan sistem dinamis adalah: 1) Perumusan dan pendefinisian Masalah, 2) Pengumpulan Data, 3) Formulasi Model, 4) Simulasi Model, dan 5) Validasi Model.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa data factor bioakumulasi logam Cu, faktor translokasi logam Cu, konsentrasi maksimal logam Cu di tanah pada lima spesies tanaman. Sumber data penelitian ini adalah data mengenai penyisihan logam Cu dalam proses fitoremediasi yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

3.3. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah artikel yang berkaitan dengan fitoremediasi pada berbagai logam berat. Artikel yang digunakan sebagai acuan

Alifiani Azzahra, 2021

*PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

data untuk pemodelan berasal dari tahun 2010-2021 sebanyak 15 artikel. Sedangkan sampel dalam penelitian ini adalah artikel yang berkaitan dengan pemodelan dinamik fitoremediasi dimana data yang terdapat pada artikel tersebut digunakan dalam pemodelan menggunakan software powersim.

3.4. Waktu dan Tempat Penelitian

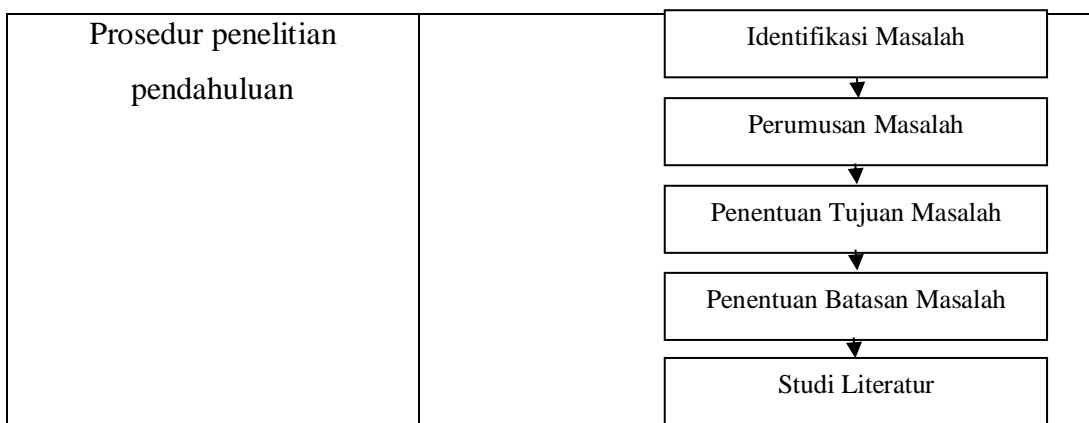
Pengumpulan data sekunder dilakukan dari bulan Maret 2021 hingga Juni 2021. Pemodelan menggunakan powersim dilakukan pada bulan Juni 2021.

3.5. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop Asus yang terkoneksi dengan internet. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jurnal yang berkaitan dengan penyisihan logam Cu dan pemodelan dalam proses fitoremediasi.

3.6. Prosedur Penelitian

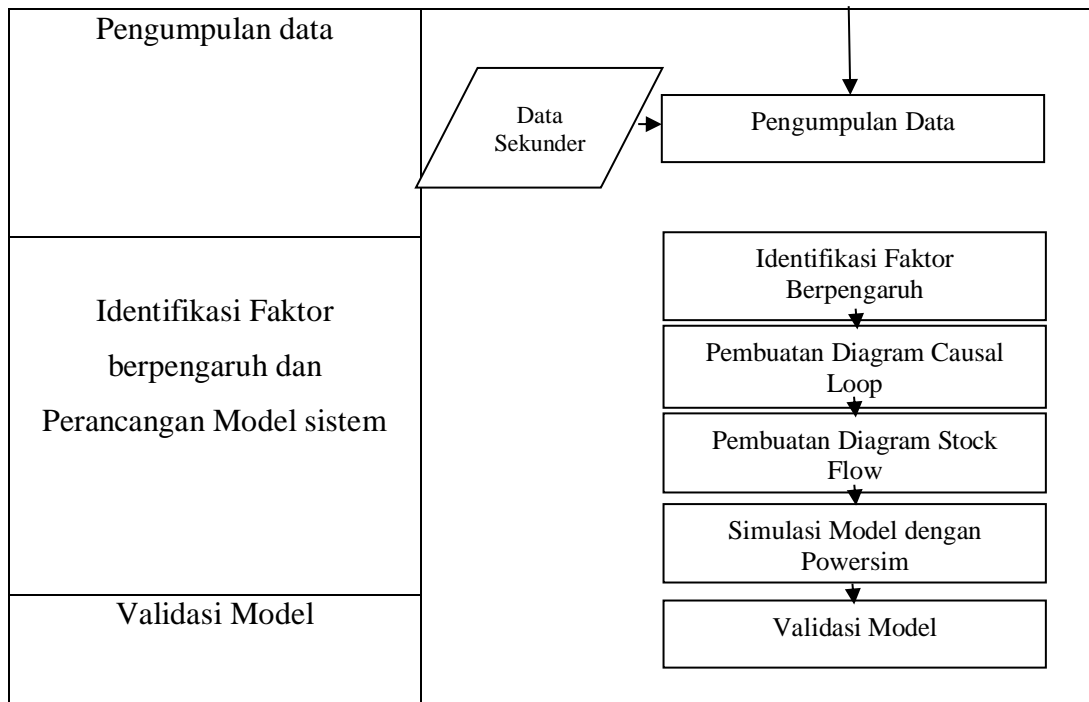
Prosedur penelitian terdiri atas penelitian pendahuluan, pengumpulan data, identifikasi masalah, perancangan model sistem, dan validasi model. Tahapan penelitian digambarkan dalam sebuah diagram alir.



Alifiani Azzahra, 2021

**PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.6.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

(Sumber : Canales dan Paredes,2013)

3.6.1. Prosedur Penelitian Pendahuluan

Prosedur penelitian pendahuluan merupakan tahapan paling awal dalam penelitian ini. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mencari permasalahan yang terjadi serta merumuskan tujuan dari penelitian yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Tahapan dalam penelitian pendahuluan yakni sebagai berikut :

1. Penentuan Rumusan Masalah

Permasalahan diperoleh dari studi lapangan yang telah dilakukan. Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah yang terkait dengan pemodelan sistem dinamik dalam fitoremediasi logam Cu.

2. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian diperoleh dari rumusan masalah yang telah ditentukan. Tujuan penelitian harus fokus pada suatu permasalahan yang

Alifiani Azzahra, 2021

PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

akan dibahas sehingga nantinya dapat menentukan keberhasilan penelitian.

3. Penentuan Batasan Masalah

Batasan masalah ditentukan agar penelitian berjalan sesuai dengan rencana dan agar lebih terarah. Batasan masalah diperlukan untuk membatasi hal-hal yang tidak berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

4. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menentukan teori apa saja yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Selanjutnya teori-teori tersebut dirumuskan dalam suatu landasan teori yang merupakan acuan yang digunakan dalam penelitian. Teori-teori yang terkait dengan penelitian ini diantaranya teori mengenai pemodelan sistem dinamis dan fitoremediasi logam Cu. Landasan teori ini diperoleh dari sumber literatur yang membahas tentang metode tersebut.

3.6.2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari data hasil penelitian peneliti lain mengenai penyisihan logam Cu pada proses fitoremediasi dan dipaparkan dalam artikel. Artikel yang digunakan sebanyak 15 buah dengan rentang tahun 2010-2021. Berikut tabel artikel yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.6.2.1. Tabel Artikel yang Digunakan dalam Penelitian

No	Judul	Penulis
1	Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Logam Berat pada Pohon Mangrove di Tambak Ikan Blanakan	(Takarina dan Pin,2017)
2	Fitoekstraksi Tembaga dari Tanah yang Terkontaminasi	(Napoli <i>et al</i> ,2019)

Alifiani Azzahra, 2021

**PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

	Menggunakan Tanaman Sayuran	
3	Akumulasi Logam Tembaga (Cu) pada Tanaman Ipomoea Carnea di Sekitar Danau Limboto	(Kandowanko <i>et al</i> ,2018)
4	Penentuan Pengaruh pH dan Kapasitas Adsorpsi Logam Berat Oleh Biomassa Eceng gondok	(Shofiyani dan Gusrizal,2010).
5	Potensi <i>Pteris vittata L.</i> Untuk Fitoremediasi Situs yang Terkontaminasi Kadmium dan Arsenik : Toleransi dan Akumulasi	(Xiyuan,2008)
6	Model Dinamis Fitoremediasi Sebagai Alat Penilaian dalam Pengelolaan Lingkungan	(Canales dan Paredes,2013)
7	Pemodelan dan Optimasi Kinetika Fitoremediasi Logam dalam Tanah Oleh Tanaman Hiperakumulator	(Kamalu <i>et al</i> ,2017)
8	Bioakumulasi dan fitoremediasi beberapa logam berat (Mn, Cu, Zn dan Pb) oleh bladderwort dan duckweed	(Azeez,2021)
9	Fitoremediasi Tanah Tercemar Tembaga dan Seng pada Pabrik Industri Tekstil Menggunakan <i>Bryophyllum pinnatum</i>	(Riza dan Hoque,2021)
10	Variasi Efisiensi Fitoremediasi dari Air Tercemar Logam dengan <i>Salvinia biloba</i> :Prospek dan Dampak Toksikologi	(Emiliani <i>et al</i> ,2020)
11	Penyisihan Cu, Zn, Pb, dan Cr dari Muara Yangtze Menggunakan <i>Phragmites australis</i>	(Huang <i>et al</i> ,2017)
12	Pengurangan Kadar Logam Berat pada Air Limbah Menggunakan Teknik Fitoremediasi	(Afrina dan Lazulfa,2018)
13	Fitoekstraksi Tembaga dari Tanah Tropis 21 Tahun Setelah Amandemen dengan Limbah Mengandung Logam Berat	(Silva <i>et al</i> ,2021)
14	Fitoremediasi Air Limbah Tercemar Tembaga Menggunakan <i>Lemna Minor</i>	(Apelt,2010)
15	Peningkatan Akumulasi Tembaga dan Timbal dalam Amaranth (<i>Amaranthus paniculatus</i>), Mustard India (<i>Brassica juncea</i>) dan Bunga Matahari (<i>Helianthus annuus</i>)	(Rahman <i>et al</i> ,2013)

Adapun data yang dikumpulkan yakni data faktor bioakumulasi logam Cu, faktor translokasi logam Cu, konsentrasi maksimal logam Cu di tanah pada lima spesies tanaman, pH dan kelembaban tanah yang optimal agar suatu tanaman dapat melakukan penyisihan logam Cu.

Alifiani Azzahra, 2021

PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM

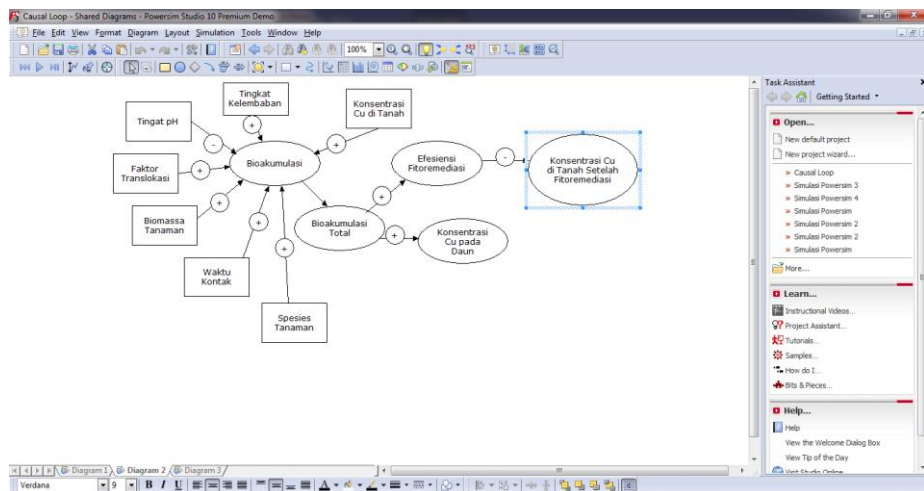
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.6.3. Identifikasi Faktor Berpengaruh dan Pemodelan Sistem

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada proses penyisihan logam Cu dalam pemodelan. Faktor-faktor tersebut ada yang berpengaruh negatif dan berpengaruh positif. Hingga akhirnya didapatkan variabel-variabel dan parameter yang dibutuhkan. Setelah didapatkan variabel yang dibutuhkan, maka dilakukan pemodelan sistem dinamis.

Menurut Sutrisno (2010) tahapan yang dilakukan dalam pemodelan sistem dinamis adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan Diagram *Causal Loop*



Gambar 3.6.3.1. Pembuatan Diagram Causal Loop pada Software Powersim

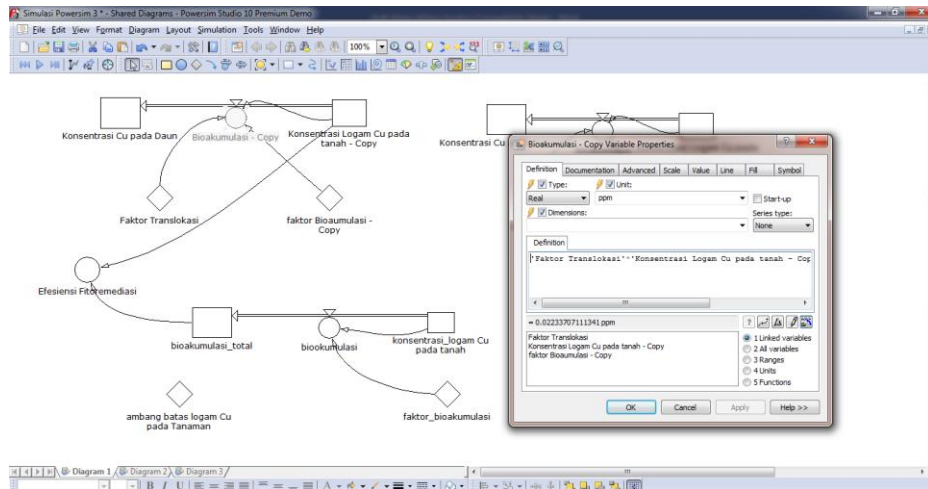
Tahap pertama dalam pemodelan sistem dinamis adalah pembuatan diagram *Causal Loop*. Diagram *Causal Loop* merupakan sebuah konsep yang dipetakan yang berasal dari hasil identifikasi masalah. Di dalam diagram ini terdapat variabel-variabel yang saling terhubung dengan tanda panah.

2. Pembuatan Diagram *Stock Flow*

Alifiani Azzahra, 2021

PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.6.3.2. Pembuatan Diagram Stock Flow pada Software Powersim

Tahap kedua adalah pengembangan yang lebih detail dari diagram causal loop, yaitu diagram *stock flow*. Diagram *stock flow* menunjukkan hubungan *causal loop* yang terdiri atas elemen-elemen dalam hal ini variabel yang terlibat dalam penyisihan logam Cu. Variabel-variabel yang terlibat didefinisikan untuk melihat interaksi yang terjadi antar variabel. Setelah didefinisikan, variabel-variabel yang telah diketahui datanya di input untuk dilakukan simulasi.

3. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data – data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pengolahan data bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan analisis data. Pedoman penghitungan dalam proses simulasi adalah sebagai berikut

Tabel 3.6.3.1. Rumus perhitungan variabel dalam diagram *stock flow*

No	Variabel	Rumus perhitungan
1	Bioakumulasi	$\delta_{(bioakumulasiCu)} / \delta_t = \delta (Cu \text{ pada tanah}) / \delta t - K_1 * \delta (Cu \text{ pada tanah}) / \delta t$

K= Konstanta bioakumulasi tanaman

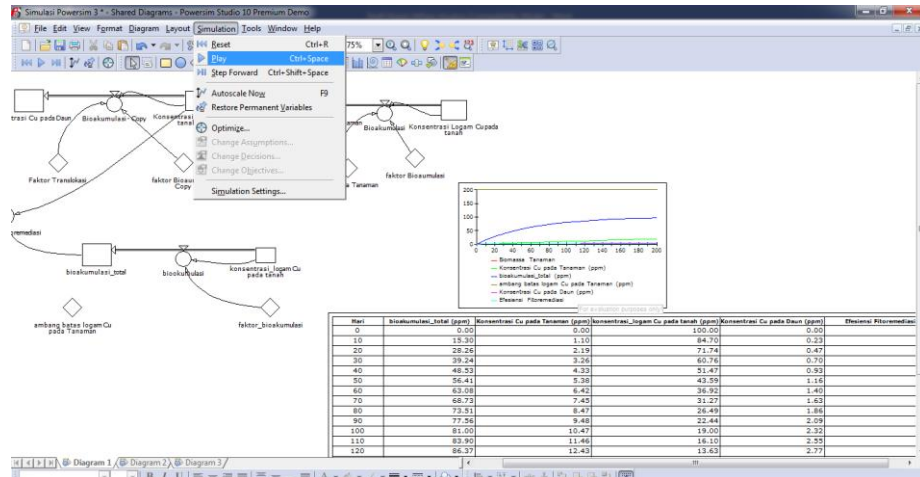
Alifiani Azzahra, 2021

PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2	Bioakumulasi pada tanaman	$\delta \text{ (bioakulasi tanaman Cu)} / \delta t = \delta \text{ (Cu pada tanah)} / \delta t - K_1 * \delta \text{ (Cu pada tanah)} / \delta t$ <p style="text-align: center;">----- ----- Biomassa tanaman</p> <p style="text-align: center;">$K_1 =$ Konstanta bioakumulasi tanaman</p>
3	Batas Ambang Bioakumulasi pada tanama	$K_2 =$ Konstanta batas maskimal Konsentrasi logam Cu pada tanaman
4	Translokasi Faktor	$K_3 =$ Konstanta <u>Konsentrasi Logam pada daun</u> <u>Konsettrasi logam Cu pada Akar</u>
5	Konsentrasi logam Cu pada daun	$\delta \text{ (bioakumulasiCu daun)} / \delta t = K_3 * \delta \text{ (Cu bioakumulasi tanaman)} / \delta t * \delta \text{ (bioakumulasiCu daun)} / \delta t$
6	Efesiensien fitoremediasi Penyisihan logam Cu	$\delta \text{ (efesiensiCu)} / \delta t = \delta \text{ (bioakumulasi Cu pada tanaman)} / \delta t$ <p style="text-align: center;">----- ----- $\delta \text{ (Cu pada tanah)} / \delta t$</p>
9	Efisiensi Total	$\delta \text{ (efisiensi total Cu)} / \delta t = \delta \text{ (bioakumulasi Cu)} / \delta t$ <p style="text-align: center;">----- ----- $\delta \text{ (Cu pada tanah)} / \delta t$</p>

4. Simulasi Model dengan Powersim



Gambar 3.6.3.3. Simulasi Model pada Software Powersim

Tujuan penyusunan skenario adalah untuk memberikan alternatif keputusan terhadap masalah dalam sistem yang diamati. Skenario Alifiani Azzahra, 2021

PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dibuat untuk menemukan keputusan yang paling ideal. Pada tahap ini, kondisi variabel dalam model diubah untuk menghasilkan output yang berbeda dari model awal. Dari output yang berbeda akan dilakukan analisis pengaruh perubahan apakah terdapat perbedaan yang signifikan.

3.6.4. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan uji-t. Uji-T merupakan salah satu uji statistik yang digunakan untuk menguji kebenaran atau kesalahan hipotesis nol yang menyatakan bahwa antara dua mean sampel yang diambil secara acak dari populasi yang sama, tidak terdapat perbedaan yang signifikan (Sudjiono, 2010). Uji t digunakan untuk mengetahui tingkat signifikan dari koefisien regresi. Apabila koefisien regresi signifikan menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel bebas (penjelas) secara individual dalam menjelaskan variabel terikat. Untuk menguji koefisien hipotesis: $H_0 = 0$. Oleh karena itu, langkah-langkah yang digunakan untuk menguji hipotesis dengan uji-t adalah sebagai berikut :

1. Menentukan H_0 dan H_a

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (tidak ada pengaruh yang signifikan antara variabel bebas dan variabel terikat)

$H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (terdapat pengaruh yang signifikan antarvariabel independen dan variabel dependen)

2. Menentukan *Level of Significance*

Tingkat Signifikansi yang digunakan adalah 5% atau $(\alpha) = 0,05$

3. Menentukan nilai t (t hitung)

Lihat nilai t hitung dan bandingkan dengan t tabel.

4. Menentukan kriteria penerimaan dan penolakan H_0

sebagai berikut :

Jika signifikansi $< 0,05$ maka H_0 ditolak

Alifiani Azzahra, 2021

**PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Jika signifikansi $> 0,05$ maka H_0 diterima

Alifiani Azzahra, 2021

*PEMODELAN SISTEM DINAMIS PENYISIHAN LOGAM CU PADA PROSES FITOREMEDIASI
MENGUNAKAN SOFTWARE POWERSIM*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu