

**Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat
terhadap Biosorpsi Logam Ni(II) Menggunakan
*Trichoderma Viride***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Kimia

oleh:
SITI NUR AQIDAH
145090207111009



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat terhadap Biosorpsi Logam Ni(II) Menggunakan *Trichoderma Viride*

oleh:
SITI NUR AQIDAH
145090207111009

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 107 JUL 2018 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ulfa Andyani, S.Si., M.Si
NIP. 197009291994122001


Dr. Ir. Adam Wiryawan, MS
NIP. 195806211984031004



Mengetahui,
Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya


Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197310202002121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : SITI NUR AQIDAH

NIM : 145090207111009

Jurusan : KIMIA

Penulis skripsi berjudul :

Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat terhadap Biosorpsi Logam Ni(II) Menggunakan *Trichoderma Viride*

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pertanyaan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juni 2018
yang menyatakan,

(Siti Nur Aqidah)
NIM. 145090207111009

Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat terhadap Biosorpsi Logam Ni(II) Menggunakan *Trichoderma Viride*

ABSTRAK

Nikel merupakan logam yang dapat mencemari dalam air dan memiliki sifat yang sangat toksik. Penelitian ini mempelajari pengaruh pH, waktu kontak, serta konsentrasi biosorbat pada proses biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride* bertujuan untuk mengetahui kemampuan *T.viride* dalam proses biosorpsi Ni(II). Kondisi optimum biosorpsi dipelajari dengan dengan variasi pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorbat menggunakan 10,0 mL larutan Ni(II), dan inokulum sebanyak 20,0 mL. Variasi pH yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 3; 4; 4,5 ;5 dan 6. Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 12, 18, 24, 30, dan 36 jam. Konsentrasi adsorbat yang dipelajari adalah 5, 10, 15, 20, dan 15 mg/L. Metode pengukuran Ni(II) adalah menggunakan metode spektrofotometri visibel; dengan senyawa pengkompleks dimetilglioksim (DMG). Hasil Penelitian biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride* pada pengaruh konsentrasi dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR. pH optimum biosorpsi diketahui pada pH 4,5. Waktu kontak optimum tercapai pada 24 jam. konsentrasi biosorbat pada 20 mg/L serta Kapasitas biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride* sebesar $6,98 \times 10^6$ $\mu\text{g/koloni}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *T.viride* sebelum dan sesudah biosorpsi Ni(II) teridentifikasi gugus aktif -OH dan -NH, -CH sp³, C=O, -CN dan C-O.

Kata kunci: Nikel, T.viride, Biosorpsi,

Effect of pH, Contact Time, and Adsorbate Concentration on The Biosorption of Ni(II) Metal Using *Trichoderma Viride*

ABSTRACT

Nickel is a metal that can contaminate water and has a toxic nature. This study facilitated the pH, contact time, and adsorbate concentration in the Ni (II) biosorption process by *Trichoderma viride* to determine the ability of *T.viride* in the Ni(II) biosorption process. The optimum condition of biosorption which use pH, contact time and adsorbate concentration using 10.0 mL Ni(II), and 20.0 mL inoculum. The pH variation used in this research is 3; 4; 4,5; 5 and 6. Variation of contact time is 12, 18, 24, 30, and 36 hours. There were five adsorbate concentrations which are 5, 10, 15, 20, and 15 mg/L. Methods of measurement of Ni(II) were the visible of spectrophotometric method; with a complexing agent dimethylglyoxime (DMG). The results of Ni(II) biosorption studies by *T.viride* on domain characterization using FTIR. Optimum pH biosorption at pH 4.5. Optimal contact time at 24 hours. The biosorbent concentration of 20 mg/L is Ni (II) biosorption by *T.viride* of $6.98 \times 10^6 \mu\text{g} / \text{colony}$. The results showed that *T.viride* before and after Ni (II) biosorption identified the active groups -OH and -NH, -CH sp³, C = O, -CN and C-O.

Keywords: Nickel, T.Viride, Biosorption.

KATA PENGANTAR

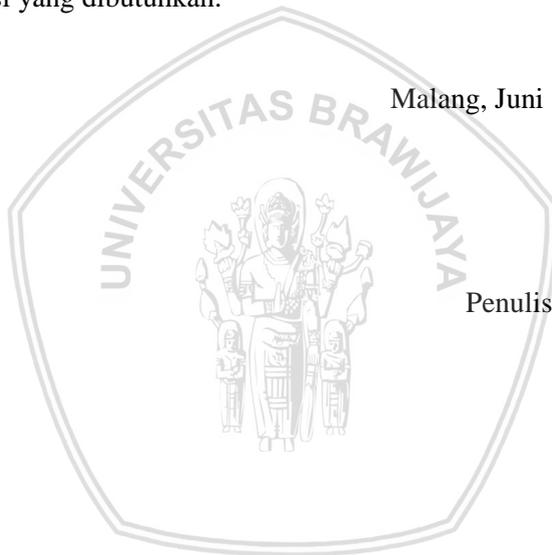
Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas nikmat, rahmat, hidayah, dan karunia-Nya diberikan pada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan kripsi dengan baik, yang berjudul **“Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi Adsorbat terhadap Biosorpsi Logam Ni(II) Menggunakan Trichoderma Viride”**. Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat kelulusan serta syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam bidang Kimia di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, serta dukungan berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ulfa Andayani, S.Si, M.Si., selaku dosen pembimbing I dan Dr. Ir. Adam Wiryawan, MS., selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, saran, arahan, koreksi, serta perhatian selama penyusunan skripsi ini.
2. Siti Mariyah Ulfa, S.Si., M.Sc., Dr.Sc selaku dosen penasehat akademik atas segala bimbingan, saran, perhatian dan yang selalu memberikan motivasi selama masa studi penulis.
3. Masruri S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia, serta segenap staf pengajar Jurusan Kimia untuk bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama studi penulis.
4. Darwin dan Maryono selaku PLP Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Biokimia yang telah membantu dalam penyediaan alat, bahan dan proses analisis selama penelitian.
5. Kedua orangtua penulis Bapak Muji dan Ibu Suhaeni, serta adik penulis Abrori Riko serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dan memberikan dukungan dalam kebaikan.
6. Salehoddin yang telah mendukung, motivasi, semangat dan doa yang diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Satu penelitian penulis team jamur crispay Melia Dewi Padmiharsi, Alimah Azmi, Niksi Tri Yuliati atas kebersamaan, ilmu, dukungan, motivasi dan semangat selama penelitian.
8. Segenap anggota Blunty Squad R.Deby Pristi Wulandari, Melia Dewi Padmiharsi, Tia Aulia, Dinisa Eka Putri, Rizki Imani Prihatini, Lina fitriyana dan Anita sulistia atas dukungan,

- motivasi, kasih sayang semangat dan kebersamaan selama studi penulis.
9. Sahabat penulis Rohmaniya atas segala semangat, kasih sayang dan doanya.
 10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan, saran, dan dukungan yang telah diberikan.

Penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan dan penyusunan naskah ini. Penulis berharap semoga naskah ini bermanfaat bagi pembaca dalam mencari informasi yang dibutuhkan.

Malang, Juni 2018



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Nikel	4
2.2 <i>Trichoderma Viride</i>	5
2.3 Biosorpsi	6
2.4 Penentuan Ni(II) menggunakan pereaksi dimetilglioksim secara spektrofotometri sinar tampak	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Tahapan Penelitian	12
3.4. Prosedur Penelitian	13
3.4.1. Pembuatan media padat	13
3.4.2. Peremajaan biakan <i>T.viride</i>	13
3.4.3. Pembuatan media cair	14
3.4.4. Pembuatan akuades steril	14
3.4.5. Pembuatan inokulum <i>T.viride</i>	14
3.4.6 Penentuan panjang gelombang maksimum Ni	14

3.4.7. Pembuatan kurva baku Ni	15
3.4.8. Penentuan pengaruh pH terhadap biosorpsi Ni(II)	15
3.4.9. Penentuan pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi Ni(II)	16
3.4.10. Penentuan pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap biosorpsi Ni(II)	16
3.4.11. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR	17
3.4.12. Analisis data	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Kurva Pertumbuhan <i>T.viride</i> dengan dan tanpa logam Ni(II)	21
4.2 Pengaruh pH terhadap Biosorpsi Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	23
4.3 Pengaruh waktu kontak terhadap Biosorpsi Ni(II) oleh <i>T. viride</i>	25
4.4 Pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap Persen Biosorpsi	27
4.5 Karakterisasi <i>T.viride</i> secara FT-IR	29
BAB V PENUTUP .	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Penutup	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1:	Analisis spektrum <i>T.viride</i> dengan dan tanpa logam Ni(II)	31
Tabel lampiran D.1:	Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum larutan Ni(II)	55
Tabel lampiran E.1:	Hasil pengukuran kurva baku larutan Ni(II)	57
Tabel lampiran F.1:	Hasil pengukuran pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi logam Ni(II) oleh <i>T. Viride</i>	58
Tabel lampiran F.2:	Hasil pengukuran pengaruh waktu kontak larutan terhadap biosorpsi logam Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	63
Tabel lampiran F.3:	Hasil pengukuran pengaruh konsentrasi biosorbat larutan terhadap biosorpsi logam Ni(II) oleh <i>T. Viride</i>	69
Tabel lampiran G.1:	Analisis sidik ragam satu arah penentusn pH optimum	77
Tabel lampiran G.2:	Analisis sidik ragam satu arah penentusn waktu kontak optimum	79
Tabel lampiran G.3:	Analisis sidik ragam satu arah penentusn konsentrasi biosorbat optimum	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Karakteristik morfologi secara mikroskopis kapang <i>T. viride</i>	6
Gambar 2.2:	Sruktur dimetilglioksim	9
Gambar 2.3:	Reaksi nikel dengan dimetilglioksim	9
Gambar 2.4	Kurva Pengaluran absorbansi terhadap konsentrasi	11
Gambar 4.1:	Kurva hubungan antara pH larutan dengan persentase biosorpsi Ni(II)	21
Gambar 4.2:	Kurva pertumbuhan <i>T.viride</i> dengan tanpa logam Ni(II)	24
Gambar 4.3:	Kurva hubungan antara waktu kontak dengan persentase biosorpsi Ni(II)	26
Gambar 4.4:	Kurva hubungan antara konsentrasi adsorbat dengan persentase biosorpsi Ni(II)	28
Gambar 4.5:	Spektrum FT-IR <i>T.viride</i> dengan dan tanpa logam Ni(II)	30
Gambar Lampiran D.1:	Spektra cahaya tampak dari kompleks Ni--DMG	56
Gambar Lampiran E.1:	Kurva Baku Larutan Ni(II)	57
Gambar Lampiran H.1:	Peremajaan <i>Trichoderma viride</i> pada media padat	83
Gambar Lampiran H.2:	<i>Trichoderma viride</i> tumbuh pada media padat	83
Gambar Lampiran H.3:	Inokulum media cair	83
Gambar Lampiran H.4:	Larutan Ni(II) saat dikontakkan dengan inokulum	84
Gambar Lampiran H.5:	Larutan Ni(II) + inokulum setelah dikocok selama 36 jam	84
Gambar Lampiran H.6:	Jamur hasil penyaringan	84
Gambar Lampiran H.7:	Larutan logam setelah biosorpsi	84

DAFTAR LAMPIRAN



Lampiran A	Preparasi larutan	41
A.1	Pembuatan larutan stok Ni(II) 100mg/L dari NiSO ₄ .6H ₂ O	41
A.2	Pembuatan larutan stok Ni(II) 10mg/L dari Ni(II) 100 mg/L	41
A.3	Pembuatan ammonium sitrat 5%	41
A.4	Pembuatan amonial dimetil glioksim 10%	41
A.5	Pembuatan iodium	42
A.6	Pemabuatan larutan baku Ni(II) dari larutan Ni(II) 10 mg/L dalam 100 mL	42
A.6.1	Pembuatan larutan baku Ni(II) 0,25 mg/L	42
A.6.2	Pembuatan larutan baku Ni(II) 0,50 mg/L	42
A.6.3	Pembuatan larutan baku Ni(II) 0,75 mg/L	42
A.6.4	Pembuatan larutan baku Ni(II) 1 mg/L	43
A.6.5	Pembuatan larutan baku Ni(II) 1,25 mg/L	43
A.7	Pemabuatan larutan baku Ni(II) 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L dari larutan Ni(II) 100 mg/L dalam 50 mL	43
A.7.1	Pembuatan larutan baku Ni(II) 5 mg/L	43
A.7.2	Pembuatan larutan baku Ni(II) 10 mg/L	43
A.7.3	Pembuatan larutan baku Ni(II) 15 mg/L	44
A.7.4	Pembuatan larutan baku Ni(II) 20 mg/L	44
A.7.5	Pembuatan larutan baku Ni(II) 25 mg/L	44
Lampiran B	Diagram alir penelitian	45
Lampiran C	Diagram alir	47
C.1	Penentuan panjang gelombang maksimum Ni(II) menggunakan spektroskopik-20	47
C.2	Pembuatan kurva baku Ni(II)	47
C.3	Pembuatan media padat	48
C.4	Peremajaan biakan <i>T.viride</i>	49
C.5	Pembuatan media cair	49
C.6	Pembutan akuades steril	50
C.7	Pembuatan inokulum	50
C.8	Penentuan pengaruh pH terhadap biosorpsi Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	51

	C.9	Penentuan pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi Ni(II) oleh <i>T. viride</i>	52
	C.10	Penentuan pengaruh konsentrasi adsorbat terhadap biosorpsi Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	53
Lampiran D		Penentuan panjang gelombang maksimum larutan Ni(II)	55
Lampiran E		Kurva baku larutan Ni(II)	58
Lampiran F		Perhitungan data hasil Ni(II) terabsorpsi	58
	F.1	Penentuan pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi logam Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	58
	F.1.1	Perhitungann konsentrasi Ni(II) setelah biosorpsi	58
	F.1.2	Perhitungan persentase Ni(II) setelah biosorpsi	60
	F.1.3	Perhitungan rata-rata persentase Ni(II) setelah biosorpsi	62
	F.2	Penentuan pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi logam Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	63
	F.2.1	Perhitungann konsentrasi Ni(II) setelah biosorpsi	63
	F.2.2	Perhitungan persentase Ni(II) setelah biosorpsi	66
	F.2.3	Perhitungan rata-rata persentase Ni(II) setelah biosorpsi	68
	F.3	Penentuan pengaruh konsentrasi adosrbat terhadap biosorpsi logam Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	69
	F.3.1	Perhitungann konsentrasi Ni(II) setelah biosorpsi	69
	F.3.2	Perhitungan persentase Ni(II) setelah biosorpsi	72
	F.3.3	Perhitungan rata-rata persentase Ni(II) setelah biosorpsi	73
	F.4	Perhitungan persentase kapasitas biosorpsi logam Ni(II) pada konsentrasi optimum 20 mg/L	74
Lampiran G		Perhitungan uji statistika biosorpsi Ni(II)	75

	oleh <i>T. viride</i>	
G.1	Perhitungan uji F penentuan pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi Ni(II) oleh <i>T. viride</i>	75
G.1.1	Uji beda nyata kecil pada taraf 5%	77
G.2	Perhitungan uji F penentuan pengaruh waku kontak terhadap biosorpsi Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	77
G.2.1	Uji beda nyata kecil pada taraf 5%	80
G.3	Perhitungan uji F penentuan pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap biosorpsi Ni(II) oleh <i>T.viride</i>	80
G.3.1	Uji beda nyata kecil pada taraf 5%	82
Lampiran H	Dokumentasi hasil penelitian	83



DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Simbol/ singakatan	Keterangan
FCC	<i>Fece-centred-cubic</i>
DMG	Dimetilglioksim
PDA	<i>Potatoes Dextrose Agar</i>
FT-IR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
<i>T.viride</i>	<i>Trichoderma viride</i>
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan oleh logam berat menjadi masalah yang cukup serius seiring dengan penggunaan logam berat dalam bidang industri yang semakin meningkat [1]. Salah satu pencemaran yang berbahaya adalah pencemaran logam berat di perairan. Kontaminasi logam berat di perairan merupakan permasalahan lingkungan yang sangat penting, dan perlu dilakukan berbagai upaya agar tidak membahayakan kehidupan di sekitar [2]. Logam-logam berat yang dapat mencemari lingkungan antara lain merkuri, timbal, arsenik, kadmium, kromium, besi, nikel dan tembaga [3].

Logam berat merupakan istilah yang mengacu pada setiap elemen logam yang memiliki kekerasan atom lebih besar dari 4 g/cm³ dan bersifat beracun bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah [4]. Konsentrasi logam berat di lingkungan meningkat terus menerus yang dapat menyebabkan rantai makanan di lingkungan menjadi bahaya bagi kesehatan manusia [5].

Nikel dikenal sebagai polutan yang dapat dihasilkan dalam industri efluen lempeng listrik, peleburan, manufaktur pertambangan, dan industri penyulingan [6]. Menurut WHO, batas Ni(II) yang diijinkan dalam air minum adalah 0,5 mg/L [7]. Senyawa nikel relatif mudah larut dalam air pada pH rendah (pH <6.5) [8]. Nikel bersifat toksik, memiliki efek karsinogenik, serta memiliki kelarutan yang berbeda dilihat dari potensi karsinogenik [5]. Pada konsentrasi tinggi, nikel dapat meningkatkan sel darah merah, menyebabkan dermatitis dan mengganggu fungsi ginjal [8].

Logam berat dalam air buangan seperti Ni(II) dapat dipisahkan dengan berbagai cara yaitu cara fisika, kimia dan biologi [2]. Metode pengolahan pemisahan ion logam secara fisika dilakukan dengan cara pelapisan, penyaringan, pengendapan, pengapungan, partikel tersuspensi. Metode pengolahan secara kimia yaitu suatu proses pengurangan atau penghilangan kontaminan dengan menggunakan bahan kimia sehingga terbentuk senyawa ikatan atau pelepasan ion, dan pengolahan secara biologi dilakukan dengan cara memanfaatkan

akumulasi logam berat oleh mikroorganisme [9]. Metode yang efektif menanggulangi permasalahan ini adalah metode biologi. Metode biologi mampu mereduksi toksisitas logam berat dengan memanfaatkan aktivitas biologis pada mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan sejumlah kontaminan [2].

Biosorpsi adalah metode untuk menghilangkan ion logam beracun pada air limbah [10]. Metode adsorpsi menggunakan biomassa sering disebut biosorpsi, yaitu dengan menggunakan adsorben dari biomassa sebagai penyerap ion logam yang terkandung didalam air, sehingga kandungan ion logam dalam air limbah menurun [9].

Mikroorganisme yang dapat digunakan untuk penyerapan Ni(II) dari air yang telah terkontaminasi dengan melibatkan energi kinetik dan kesetimbangan yaitu *Trichoderma viride*. Pemilihan *T.viride* ini dikarenakan murah, mudah didapat, tidak beracun, dan memberi informasi yang menunjukkan sifat bioakumulasi logam yang diadsorpsi [6].

Penelitian yang dilakukan oleh Sutja [11] menyatakan bahwa pada pH rendah, dinding sel *T.viride* menjadi positif karena adanya peningkatan konsentrasi ion hidrogen yang akan mereduksi dalam biosorpsi ion Ni(II). Sedangkan pH lebih besar, ion nikel mulai mengikat dengan OH⁻ membentuk nikel hidroksida yang tidak larut yang mengakibatkan reduksi biosorpsi [11].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipelajari pengaruh pH dan lama kontak untuk menentukan kondisi optimum *T.viride* dalam penyerapan ion logam Ni(II). Kemudian konsentrasi optimum juga dipelajari untuk menentukan kapasitas adsorpsi dari *T.viride* terhadap ion logam Ni(II).

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana Pengaruh pH terhadap proses biosorpsi ion logam Ni(II) dengan menggunakan *T. viride*?
2. Bagaimana pengaruh waktu lama kontak terhadap proses biosorpsi ion logam Ni(II) dengan menggunakan *T.viride* ?

3. Bagaimana pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap proses biosorpsi ion logam Ni(II) dengan menggunakan *T.viride* ?

1.3 Batasan Masalah

1. Larutan sampel yang digunakan adalah $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
2. Analisis kuantitatif Ni(II) ditentukan dengan metode spektrofotometri visibel.
3. Reagen yang digunakan yaitu ammonium sitrat, amoniakal dimetilglioksim dan iodium.
4. Variasi pH yang digunakan adalah 3; 4; 4,5; 5; dan 6.
5. Variasi waktu kontak sebesar 12; 18; 24; 30 dan 36 jam.
6. Variasi konsentrasi Ni(II) yaitu 5; 10; 15; 20 dan 25 mg/L.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap biosorpsi dalam larutan Ni(II) menggunakan *T.viride*.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu lama kontak terhadap biosorpsi dalam larutan Ni(II) menggunakan *T.viride*.
3. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap biosorpsi dalam larutan Ni(II) menggunakan *T.viride*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini memberi informasi mengenai pengaruh pH, Lama waktu kontak, dan konsentrasi awal Ni(II) pada proses biosorpsi ion logam Ni(II) menggunakan *T.viride*. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan dapat diaplikasikan untuk mengurangi pencemaran logam Ni(II), sehingga dapat meningkatkan kualitas lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel

Nikel merupakan unsur kimia dengan lambang Ni, dengan nomor atom 28 dan berat atom nikel 58,6934 yang merupakan gabungan lima isotop stabil. Nikel merupakan logam putih perak yang keras, melebur pada 1455 °C, dan bersifat sedikit magneti. Nikel tidak larut dalam laurtan asam terutama seperti asam nitrat. Nikel termasuk logam reaktif tetapi tidak mudah bereaksi dengan udara [12]. Keadaan oksidasi nikel yang paling tinggi adalah +2, meskipun keadaan oksidasi nikel yang juga diketahui adalah +3 dan +4 [13].

Nikel bukan merupakan unsur aktif secara kimia dan tidak mudah mengembangkan hidrogen dari larutan asam, kehadiran zat pengoksidasi biasanya diperlukan untuk terjadinya korosi yang signifikan Kondisi pengoksidasi mempercepat korosi nikel dalam larutan kimia. Struktur normal nikel adalah kubus berpusat muka atau FCC. Konstanta kisi dari bentuk fcc adalah 0,3567 nm. Kepadatan nikel adalah 8.902 g/cm³. Titik leleh dan titik didih nikel masing-masing adalah 1453°C dan 2913°C. Kapasitas kalor 26,07 J.mol⁻¹ K⁻¹(pada 25 °C) dan kalor penguapan 377,5 kJ.mol⁻¹ [14].

Pada umumnya senyawa nikel berbentuk bivalen dan trivalen seperti oksida nikel berupa nikel monoksida (NiO), sedangkan hidroksida nikel berupa Ni(II) hidroksida yang berwarna hijau dan coklat kehitaman. Berikut merupakan beberapa senyawa nikel yang lain [15]:

- ❖ Nikel Sulfat, NiSO₄ dimana senyawa ini berbentuk kristal hijau yang larut dalam air, alkohol serta ammonia.
- ❖ Nikel fosfat, Ni₃(PO₄)₃, dimana senyawa ini berbentuk serbuk hijau terang yang tidak larut dalam air, namun larut dalam asam.
- ❖ Nikel Klorida, NiCl₂, dimana senyawa ini berbentuk kristal kuning yang larut dalam air.

Sifat fisis mekanisis dari nikel yaitu tahan korosi, tahan oksidasi, tahan temperatur tinggi. Nikel memiliki sruktur kristal kubik pemutusan sisi (FCC) [12]. Kekurangan logam Ni dapat

menyebabkan berbagai macam penyakit kanker pada tumbuh hewan. Sumber utama pencemaran nikel dalam tanah adalah industri penyepuh logam, pembakaran minyak bumi, penambangan nikel, dan electroplating. Nikel menjadi lebih aktif bergerak pada tanah yang bersifat asam, sehingga berpotensi untuk masuk pada permukaan tanah yang asam [16].

2.2 *Trichoderma Viride* (*T. Viride*)

Trichoderma viride adalah kapang tanah yang dikenal luas di berbagai daerah. Kapang ini juga ditemui pada sungai tercemar, daerah perairan, laut asin, rawa-rawa dan pasir [17]. *T.viride* dapat menghasilkan selulase. Enzim yang diperoleh dari tanaman, hewan dapat digunakan untuk hidrolisis selulosa dan termasuk golongan jamur selulolitik penghasil glukosa yang cukup baik [18].

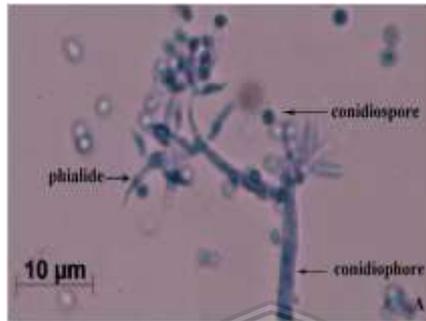
Klasifikasi *T.viride* adalah sebagai berikut [19] :

- Kingdom : Fungi
- Divisi : *Thallophyta*
- Class : *Deuteromycetes*
- Ordo : *Moniliaceae*
- Famili : *Moniliales*
- Genus : *Trichoderma*
- Species : *T.viride*
-

T.viride dikenal juga sebagai *Trichoderma lignorum*. Fungi ini memiliki konidiofora yang banyak dengan konidia yang jelas saat pertumbuhan koloninya, kadang-kadang konidioforanya sedikit dan koloninya dapat tersebar rata. Koloni pertama berwarna putih, koloni dewasa berwarna hijau tua atau hijau kebiru-biruan. Selain itu beberapa koloni yang dihasilkan berwarna kekuning-kuningan bergantung pada galurnya [20].

Morfologi *T.viride* yaitu miselium bersepta, konidofor bercabang banyak, dimana ujung percabangannya merupakan sterigma, membentuk konidia bulat atau oval, berwarna hijau terang dan bentuk bola berlendir-lendir serta mampu tumbuh linear hingga sepanjang 100-150 nm [17]. Menurut Alexopoulos and Mims [21].

T. viride dapat tumbuh maksimum pada temperatur 50-60. Pemiakan kapang *T. viride* diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari [21].



Gambar 2.1: Karakteristik morfologi secara Mikroskopis Kapang *T. viride* [20].

Kelebihan *T. viride* dibandingkan dengan jenis kapang lainnya, yaitu dapat tumbuh cepat di berbagai substrat, mampu berkembang biak pada pH asam (3,5-6,5) [22]. Manfaat *Trichoderma viride* dalam bidang industri sebagai mengontrol kolonisasi serta kontrol biologis sedangkan pada bidang pertanian sebagai alternatif agrobahan kimia sintesis [23]. Selain itu dapat dimanfaatkan untuk mengisolasi *xylooligosaccharida* dari bronjong sawit [24].

2.3 Biosorpsi

Biosorpsi adalah proses yang mencakup penggunaan mikroba untuk mendetoksifikasi dan mengendalikan polutan lingkungan, berdasarkan interaksi antara mikroorganisme hidup atau non-hidup, dan ion logam dalam sistem untuk menghilangkan logam yang tercemar [25]. Teknologi biosorpsi ini secara alternatif menggunakan beberapa bahan alami yang meliputi bakteri, ragi, jamur, dan alga [26].

Keuntungan utama biosorpsi dibandingkan metode konvensional meliputi [27] :

- a. Biaya rendah
- b. Efisiensi tinggi
- c. Minimasi lumpur kimia dan biologi

- d. Regenerasi biosorben
- e. Pemulihan logam

Kelemahan dari biosorpsi meliputi [28]:

- a. Salutai awal saat situs interaktif logam yang ditempatkan
- b. Desorpsi logam yang diperlukan sebelum digunakan lebih jauh (misalnya rekayasa genetika sel)
- c. Tidak adanya potensi untuk mengubah logam secara biologis.

Proses biosorpsi melibatkan fasa padat (sorben atau biosorben) dan fasa cair (pelarut, biasanya air) yang mengandung spesies terlarut untuk diserap (sorbat, misal ion logam). Afinitas yang lebih tinggi dari sorben untuk spesies sorbat, ditarik dan dilepaskan dengan mekanisme yang berbeda. Proses selanjutnya dilakukan sampai keseimbangan terbentuk antara jumlah spesies sorben padat dan bagian yang tersisa dalam larutan. Tingkat afinitas sorben untuk sorban menentukan distribusi antara fasa cair dan padat [29].

Faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah konsentrasi ion logam awal, suhu, pH dan konsentrasi biomassa dalam larutan [30]. Aksu menyatakan bahwa suhu tidak mempengaruhi proses biosorpsi dalam kisaran 20-35°C. Namun, pH mempengaruhi larutan kimia logam, aktivitas kelompok fungsional dalam biomassa dan persaingan ion metalik [29]. pH merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi pada proses biosorpsi logam di dalam larutan, karena mempengaruhi muatan pada situs aktif atau ion H⁺ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif dan berpengaruh pada spesies logam dalam larutan. Faktor lain yang juga mempengaruhi proses biosorpsi adalah rasio biomassa, semakin banyak jumlah biomassa akan meningkatkan jumlah logam yang terserapi karena bertambahnya gugus aktif biomassa [31].

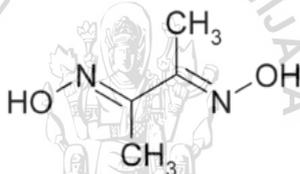
Mekanisme biosorpsi logam merupakan proses yang rumit. Hal yang dapat mempengaruhi biosorpsi logam yaitu status biomassa terdiri dari biomassa hidup atau tidak hidup, jenis biomaterial, sifat kimia larutan logam, kondisi lingkungan seperti pH. Berikut adalah proses biosorpsi logam oleh sel hidup dan sel tidak hidup antara lain [32]:

- a. Proses biosorpsi logam oleh sel hidup terdapat dua Langkah pertama, ion logam teradsorpsi ke permukaan sel oleh interaksi antara logam dan gugus fungsional pada permukaan sel. Dimana semua ion logam sebelum memasuki membran sel dan sitoplasma, sel dari berbagai polisakarida dan protein akan memberikan sejumlah situs aktif yang mampu mengikat ion logam. Perbedaan komposisi sel dinding di antara berbagai kelompok mikroorganisme seperti ganggang, bakteri, dan jamur, menyebabkan perbedaan yang signifikan pada jenis dan jumlah ikatan ion logam di dalamnya. Langkah kedua, ion logam biosorpsi aktif menembus sel, membran dan masuk ke dalam sel. Biosorpsi pasif adalah metabolisme yang independen dan berlangsung dengan cepat oleh kombinasi mekanisme pengikatan logam seperti, kompleksasi, pertukaran ion, biosorpsi fisik (misal elektrostatis). Biosorpsi pasif adalah ekuilibrium dinamis dari desorpsi adsorpsi reversibel. Ion logam yang terikat pada permukaan dapat dilepaskan oleh ion lain, zat pengkelat atau asam [32]
- b. Proses biosorpsi logam oleh sel tidak hidup terutama dalam mode pasif. Pengambilan logam oleh mikroorganisme terjadi dalam dua tahap yaitu serapan pasif yang terjadi secara cepat, dan serapan aktif yang berlangsung perlahan. Tahap pertama adalah melalui biosorpsi fisik atau pertukaran ion pada permukaan sel, hingga mencapai ekuilibrium adsorpsi dalam 30-40 menit. Oleh karena itu, metode pasif tidak bergantung pada energi, terutama melalui kelompok fungsional kimia material, yang terdiri dari sel dan dinding sel sedangkan mode aktif bergantung pada metabolisme dan terkait dengan pengangkutan dan pengendapan logam [33].

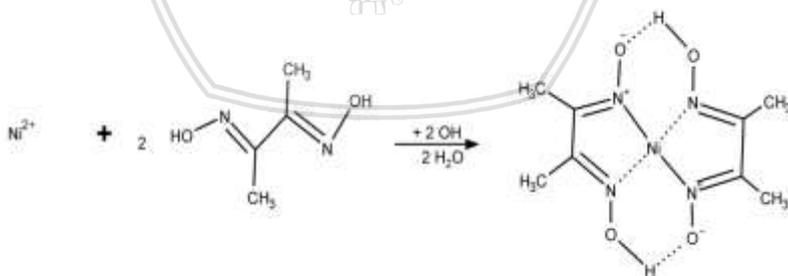
2.4 Penentuan Ni(II) dengan Menggunakan Pereaksi dimetilgliksim secara Spektrofotometri Sinar Tampak

Spektrofotometri merupakan metode analisis kimia kuantitatif senyawa yang melibatkan interaksi sinar dengan molekul [34]. Spektronik 20 merupakan spektrofotometer single beam, yang dirancang untuk beroperasi dalam spektrum pada rentang panjang gelombang 340 nm sampai 950 nm, dengan spektral 20 nm. Spektronik 20 digunakan untuk pengukuran penyerapan kuantitatif pada panjang gelombang tunggal, mengukur transmitansi atau penyerapan cahaya tampak melalui larutan disebut juga sebagai kolorimeter [35].

Analisa kuantitatif Nikel (II) secara spektroskopi, reagen pengkompleks yang dapat digunakan adalah pereaksi dimetilgliksim. Dimetilgliksim adalah senyawa organik yang berwarna putih yang sukar larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik seperti alkhoh dan aseton, memiliki titik leleh 250 °C [36]



Gambar 2.2: Struktur dimetilgliksim [36].



Gambar 2.3: Reaksi Nikel dengan dimetilgliksim [37]

Nikel membentuk kompleks dimetilglioksim berwarna merah dalam suasana yang sedikit basa. pH optimum untuk ekstrasi kompleks nikel itu pada pH 7-12 dengan adanya asam sitrat [37]. Kompleks Ni-DMG mentransmisikan cahaya warna merahdi kisaran panjang gelombang 600-450 nm [36]. Ni(HDMG)₂ larut dalam suasana asam, juga larut dalam alkohol. Garam kompleks ini sukar larut dalam ammonia encer [37].

Metode Spektrofotometri Sinar Tampak berdasarkan pada hukum lambert-beer. Hukum tersebut menyatakan bahwa jumlah radiasi cahaya Tampak, Ultra-violet dan cahaya-cahaya lain yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan. Hukum ini secara sederhana dapat dinyatakan dalam persemaan berikut [38].

$$T = \left(\frac{I_t}{I_0} \right)$$

$$A = \text{Log} \left(\frac{I_0}{I_t} \right) = -\text{Log} T = \epsilon \cdot b \cdot c$$

Keterangan :

T = Transmittansi yang diperoleh (I_t/I_0)

I = Intensitas sinar yang ditransmisikan

I_0 = Intensitas sinar datang

A = Absorbansi

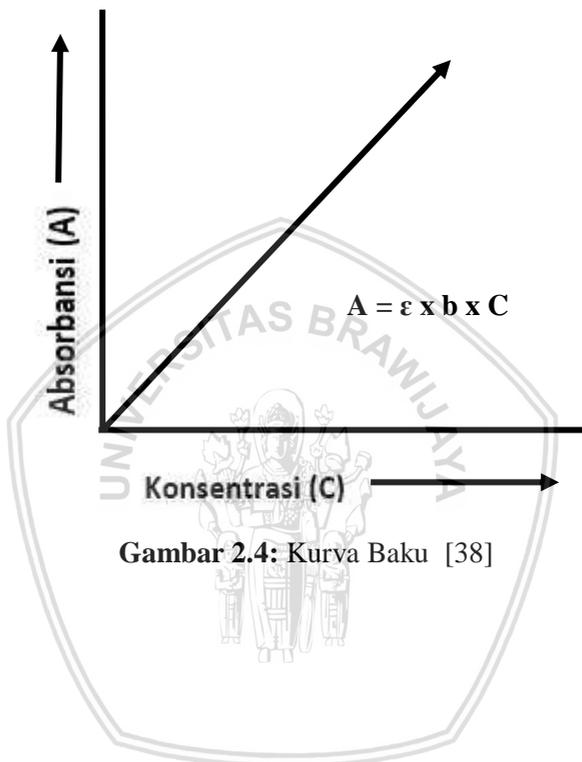
ϵ = Koefisien absorpsi molar

b = Tebal kuvet

c = Konsentrasi

Absorbansi A dialurkan terhadap konsentrasi c pada contoh yang tebalnya b, maka akan menghasilkan suatu garis lurus dalam daerah dimana hukum Lambert-beer berlaku. Kurva baku yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 2.4**. Garis lurus yang dihasilkan tidak selalu diperoleh melalui titik awal (titik nol). Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor fisika dan kimia. Faktor fisika disebabkan oleh keadaan alatnya sendiri, misalnya sumber cahaya yang dipakai, lebar celah, kepekaan rekorder. Faktor kimia

disebabkan oleh perbedaan pH larutan, konsentrasi, suhu dan terjadinya reaksi kimia dalam larutan, misalnya: oksidasi, disosiasi, polimerisasi dan pembentukan kompleks [38].



Gambar 2.4: Kurva Baku [38]

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang yang dilaksanakan pada bulan Februari hingga April 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah tabung reaksi, rak tabung reaksi, peralatan gelas laboratorium, jarum ose, aluminium foil, bola hisap, neraca analitik Mettler AE 25, pH meter merk Schott-Gerate tipe C6-280, autoklaf, bunsen, inkubator, dan spektroskop-20.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah Sampel kapang *T. viride* diperoleh dari Universitas Negeri Malang, filtrat kentang, dextrose, nutrisi agar, kertas saring, kapas, kain kasa, pepton, asam sitrat, ammonia, dimetilglioksim, $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, iodium, kalium iodida, KH_2PO_4 , CaCl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, asam oleat buffer asetat pH 5, NaOH dan HCl.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan, yaitu :

1. Pembuatan media padat
2. Peremajaan biakan *T. viride*
3. Pembuatan media cair
4. Pembuatan akuades steril
5. Pembuatan inokulum *T. viride*
6. Penentuan panjang gelombang maksimum Ni(II)
7. Pembuatan kurva baku Ni(II)
8. Penentuan pengaruh pH terhadap biosorpsi Ni(II)
9. Penentuan pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi Ni(II)

10. Penentuan pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap biosorpsi Ni(II)
11. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer FT-IR
12. Analisis Data

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Media Padat

Media padat yang digunakan untuk peremajaan jamur *T.viride* berupa *Potatoes Dextrose Agar* (PDA). Pembuatan media padat PDA dibuat dari 20 gram kentang yang telah dikupas, dicuci dengan air bersih dan diiris kecil-kecil kedalam *beaker glass* 250 mL. Ditambahkan aquades sebanyak 100 mL dan dipanaskan hingga mendidih hingga 1 jam. Selama proses pemanasan terdapat air yang menguap, maka ditambah aquades agar volume tetap 100mL. Kemudian disaring sehingga didapatkan sari kentang. Sari kentang ditambah 2 gram dextrose, 1,5 gram agar dan 1,0 mL buffer asetat pH 5. Selanjutnya dipanaskan hingga mendidih serta diaduk agar merata. Lalu larutan PDA dimasukkan ke dalam tabung reaksi secukupnya, ditutup dengan kapas yang dilapisi kasa steril serta kertas coklat dan diikat dengan karet. Disterilkan dalam autoklaf pada temperatur 121°C pada tekanan 15 psi selama 15 menit. Larutan PDA yang telah steril didinginkan pada temperatur ruang dan didiamkan dengan posisi miring selama 1 hari [39].

3.4.2 Peremajaan *Trichoderma Viride*

Peremajaan *T.viride* dilakukan di laminar air flow yang telah dilengkapi dengan bunsen, jarum ose, tabung media padat yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.1 dan tabung biakan murni *T.viride*. Jarum ose direndam dengan alkohol 70%, selanjutnya dibakar pada nyala api bunsen hingga membara. Lalu, diambil biakan murni *T.viride* menggunakan jarum ose dan dipindahkan kedalam tabung media padat yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.1 secara perlahan-lahan dengan metode zig-zag. Tabung ditutup dengan kapas yang dilengkapi kasa steril, dilapisi kertas coklat dan diikat dengan karet. Selanjutnya diinkubasi selama 6 hari pada temperatur 30 °C [39].

3.4.3 Pembuatan Media Cair

Pembuatan media cair dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan seperti 0,25 g pepton; 0,1 g KH_2PO_4 ; 0,15 g CaCl_2 ; 0,7 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,15 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5 mL asam oleat; dan 1,0 mL buffer asetat pH 5. Bahan-bahan yang telah ditimbang dicampurkan kedalam erlenmeyer 250 mL dan ditambah akuades hingga volumenya 250 mL. Selanjutnya diaduk hingga merata dan dipanaska hingga mendidih. Ditungup dengan kapas yang dilengkapi kasa steril, dilapisi kertas coklat dan diikat dengan karet. Kemudian disterilkan dalam autoklaf pada tempearatur 121 °C dan tekanan 15 psi selama 15 menit [39].

3.4.4 Pembuatan Akuades Steril

Sebanyak 250 mL akuades dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditutup dengan kapas yang dilekangkapi kasa steril, dilapisi kertas coklat dan diikat dengan karet. Selanjutnya disterilkan pada autoklaf pada tempearatur 121 °C dan tekanan 15 psi selama 15 meni [39].

3.4.5 Pembuatan Inokulum *Trichoderma Viride*

Inokulum *T.viride* dilakukan dalam laminar air *flow* dengan menggunakan hasil biakan *T.viride* yang telah berumur enam hari, disuspensikan kedalam 1,0 mL akuades steril dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL yang telah terisi media cair yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.3. Selanjutnya diinkubasi dengan *shaker* selama 36 jam [39].

3.4.6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Ni(II)

Diambil larutan Ni(II) dengan konsentrasi 0,75 mg/L sebanyak 10,0 mL dimasukkan kedalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 1,0 mL ammonium sitrat, 0,5 mL iodium, 2 mL ammoniakal dimetilglioksim dan 1,5 ml akuades. Selanjutnya larutan tersebut dидiamkan selama 10 menit, lalu diukur absorbansinya menggunakan spektronik-20 pada panjang 400-600 nm. Blanko yang digunakan yaitu akuades yang ditambahkan 1,0 mL ammonium sitrat, 0,5 mL iodium, 2,0 mL ammoniakal dimetilglioksim dan ditandabatkan ke

dalam labu takar 25 mL serta didiamkan selama 10 menit agar proses pengkomplekan sempurna [11]. Perlakuan di atas dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

3.4.7 Pembuatan Kurva Baku Ni(II)

Pembuatan kurva baku Ni(II) digunakan larutan Ni(II) 10 mg/L. Larutan yang akan digunakan adalah konsentrasi 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; dan 1,25 mg/L. Diambil sebanyak 2,5; 5; 7,5; 10 dan 12,5 mL larutan Ni (II) 10 mg/L selanjutnya dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, diencerkan dengan akuades hingga volumenya 100 mL. Kemudian dipipet sebanyak 10,0 mL dari masing-masing konsentrasi ke dalam tabung reaksi. Setelah itu, ditambahkan 1,0 mL ammonium sitrat, 0,5 mL iodium, 2,0 mL ammoniakal dimetilglioksim dan ditanda bataskan kedalam labu takar 25 mL. Selanjutnya larutan tersebut didiamkan selama 10 menit agar proses pengkompleksan sempurna [11], lalu diukur absorbansinya menggunakan spektronik-20 pada panjang gelombang maksimum 460 nm yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.6. Kurva baku dibuat berdasarkan regresi linear yang menyatakan hubungan antara konsentrasi Ni (II) sebagai sumbu X dan absorbansi logam Ni (II) sebagai sumbu Y.

3.4.8 Penentuan Pengaruh pH terhadap Biosorpsi Ni(II)

Larutan Ni(II) 10 mg/L dipipet sebanyak 10,0 mL dengan pH masing-masing 3; 4; 4,5; 5 dan 6, kemudian dikontakkan ke dalam masing-masing inokulum *T.viride* yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.5 diambil sebanyak 20,0. Setelah itu, dikocok menggunakan *shaker* selama 36 jam. Larutan yang telah dikocok disaring dan diambil sebanyak 10,0 mL ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 1,0 mL ammonium sitrat, 0,5 mL iodium, 2,0 mL ammoniakal dimetilglioksim, diatur pada pH pembentukkan kompleks dimetilglioksim dan ditanda bataskan kedalam labu takar 25 mL. larutan tersebut didiamkan selama 10 menit agar proses pengkompleksan sempurna dan menghasilkan warna yang lebih baik [11]. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektronik-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh pada Perlakuan

3.4.6. Perlakuan diatas dilakukan tiga kali pengulangan untuk masing-masing variasi pH. Data yang diperoleh dari tahapan ini merupakan kurva hubungan antara pH larutan Ni(II) dengan persen biosorpsi Ni(II).

3.4.9 Penentuan Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Ni(II)

Larutan Ni (II) 10 ppm pada pH optimum (4,5) dipipet sebanyak 10,0 mL dimasukkan ke dalam masing-masing 20,0 mL inokulum *T.viride* . Setelah itu, dikocok masing-masing larutan Ni(II) menggunakan *shaker* selama 12, 18, 24, 30 dan 36 jam. Larutan yang telah dikocok disaring dan diambil masing-masing larutan Ni(II) sebanyak 10,0 mL ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 1,0 mL ammonium sitrat; 0,5 mL iodium; 2,0 mL amoniakal dimetilglioksim, diatur pada pH pembentukan kompleks dimetilglioksim dan ditandabatkan ke dalam labu takar 25 mL. Larutan tersebut didiamkan selama 10 menit agar proses pengkompleksan sempurna dan menghasilkan warna yang lebih baik [11]. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektronik-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.6. Perlakuan diatas dilakukan tiga kali pengulangan untuk masing-masing variasi waktu kontak. Data yang diperoleh dari tahapan ini merupakan kurva hubungan antara waktu kontak Ni(II) dengan persen biosorpsi Ni(II).

3.4.10 Penentuanm Pengaruh Konsentrasi Adsorbat terhadap Biosorpsi Ni(II)

Laurutan Ni(II) 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L masing-masing diambil sebanyak 10,0 mL pada pH optimum (4,5). Kemudian dimasukkan ke dalam masing- masing 20,0 mL inokulum *T.viride*. Larutan Ni(II) dengan variasi konsentrasi tersebut dikocok menggunakan *shaker* pada waktu kontal optimum (24 jam). Larutan yang telah dikocok selanjutnya disaring dan diambil sebanyak 10,0 mL ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 1,0 mL ammonium sitrat, 0,5 mL iodium, 2,0 mL ammoniakal dimetilglioksim, diatur pada pH pembentukan kompleks

dimetilglioksim dan ditandabatkan ke dalam labu takar 25 mL. Larutan tersebut dibiarkan selama 10 menit agar proses pengkompleksan sempurna dan menghasilkan warna yang lebih baik [11]. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrometri-20 pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh pada Perlakuan 3.4.6. Perlakuan diatas dilakukan tiga kali pengulangan untuk masing-masing konsentrasi. Data yang diperoleh dari tahapan ini merupakan kurva hubungan antara konsentrasi biosorbat Ni(II) dengan persen biosorpsi Ni(II).

3.4.11 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FT-IR

Analisis *T. viride* dengan dan tanpa adanya logam Ni(II) menggunakan spektrofotometer FT-IR menggunakan metode pelet KBr. Padatan *T. viride* dengan dan tanpa adanya logam Ni(II) masing-masing ditambahkan pelet KBr. Identifikasi dilakukan dengan menembakkan sinar inframerah ke plat yang berisi sampel sehingga menghasilkan spektra dengan intensitas tertentu pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} .

3.4.12 Analisis Data

3.4.12.1 Penentuan Persamaan Regresi Linear dari Kurva Baku

Penentuan persamaan regresi linear dari kurva baku Nikel (II) yaitu menggunakan hubungan konsentrasi dengan absorbansi dengan persamaan sebagai berikut [40] :

$$y = ax \quad (3.1)$$

Keterangan :

y = Absorbansi

x = Konsentrasi

Dimana nilai a dihitung melalui persamaan berikut ini :

$$a = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (3.2)$$

Koefisien korelasi ditentukan dengan persamaan berikut ini :

$$r^2 = \frac{\sum x^2}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (3.3)$$

Persamaan regresi linier dari larutan baku Ni(II) yang diperoleh digunakan untuk menentukan kadar Ni(II) yang diperoleh sesudah melakukan biosorpsi.

3.4.12.2 Penentuan Presentase Ni(II) yang terabsorbasi

Proses Ni(II) tereduksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [41] :

$$\% \text{ Biosorpsi Ni (II)} = \frac{C_o - C_s}{C_o} \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan :

C_o = konsentrasi Nikel(II) sebelum biosorpsi(mg/L)

C_s = konsentrasi Nikel(II) setelah biosorpsi (mg/L)

3.4.12.3 Uji Statistika Biosorpsi Ni(II) oleh *Trichoderma viride*

Data Hasil penelitian dapat dibuat grafik hubungan antara pH terhadap persentase adsorpsi logam Ni(II), waktu lama kontak terhadap persentase adsorpsi logam Ni(II), dan konsentrasi biosorbat terhadap persentase adsorpsi logam Ni(II). Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan metode analisis statistika dan metode analisis deskriptif. Untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh pH, waktu lama kontak dan konsentrasi biosorbat terhadap aktivitas kromat reduktase yang ditunjukkan oleh kadar Ni(II) yang dihasilkan.

Data yang diperoleh dapat dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh dari tiap perlakuan dengan uji F pada taraf nyata 5%. Apabila, terdapat perbedaan dilanjutkan dengan Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan beda nyata dan tidak beda nyata.

Pengujian ada tidaknya pengaruh pH, waktu lama kontak, dan perbedaan kapasitas adsorpsi ion logam Ni(II), maka dilakukan uji F dengan mengikuti langkah berikut [40].

1. Menghitung Faktor Korelasi (FK)

$$FK = \frac{[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}]}{p \times n} \quad (3.5)$$

2. Menghitung jumlah kuadrat (JK)

- a. JK total (JKt)

$$JKt = [\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n Y_{ij}]^2 - FK \quad (3.6)$$

- b. JKperlakuan (JK_p)

$$JKp = \frac{\sum_{i=1}^p (\sum_{j=1}^n Y_{ij})^2}{n} - FK \quad (3.7)$$

- c. JK galat

$$JKg = JK_{total} - JK_{perlakuan} \quad (3.8)$$

3. Menghitung kuadrat tengah (KT) pada setiap sumber keragaman

- a. KT perlakuan (KT_p)

$$KTp = \frac{JKp}{p-1} \quad (3.9)$$

- b. KT galat(KT_g)

$$KTg = \frac{JKg}{p(n-1)} \quad (3.10)$$

4. Menghitung nilai F

$$F_{hitung\ perlakuan} = \frac{KTp}{KTg} \quad (3.11)$$



Keterangan:

p = Banyaknya percobaan

g = Banyaknya ulangan

5. Untuk mengetahui perlakuan mana saja yang berpengaruh berbeda satu dengan lainnya, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT):
Menghitung nilai BNT dengan $\alpha = 5\%$

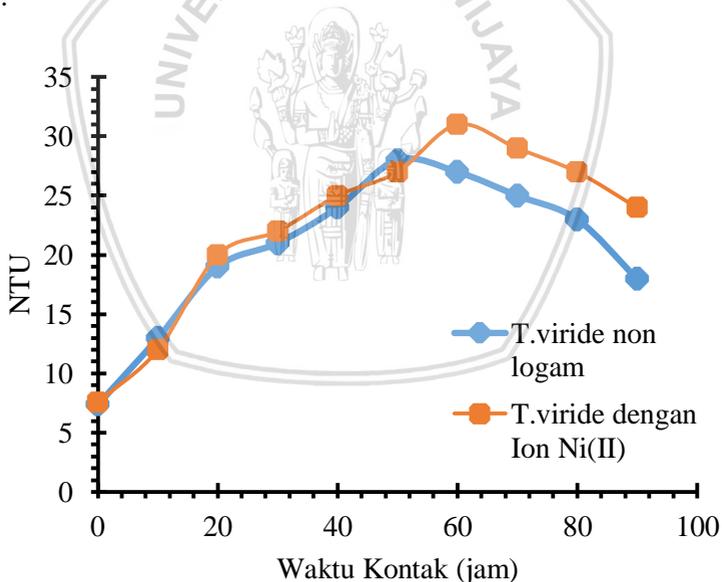
$$\text{BNT}(\alpha) = t_{(0,05,n)} \sqrt{KTg \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)} \quad (3.12)$$



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kurva Pertumbuhan *Trichoderma viride*

Kurva pertumbuhan merupakan kurva yang menunjukkan fase pertumbuhan dari mikroorganisme dan pembuatannya bertujuan untuk mengetahui tumbuh atau tidaknya suatu mikroorganisme tersebut dengan waktu kontak selama 10 jam hingga 90 jam. Pertumbuhan *T.viride* dapat diukur menggunakan turbidimeter. Pada penelitian ini digunakan media cair sebagai tempatnya dan sumber nutrisi tumbuhnya *T.viride*, sebelum ditentukan kurva pertumbuhannya maka media cair dan kapang *T.viride* dikontakkan terlebih dahulu, dimana media cair dikontakkan dengan kapang *T.viride* dan larutan Ni(II) 20 mg/L sebanyak 20 mL. Kurva pertumbuhan kapang mempunyai beberapa fase, antara lain; (a) fase lag, (b) fase eksponensial, (c) fase stasioner dan (d) fase kematian [53].



Gambar 4.1::Kurva pertumbuhan *T.viride* dengan dan tanpa logam Ni(II)



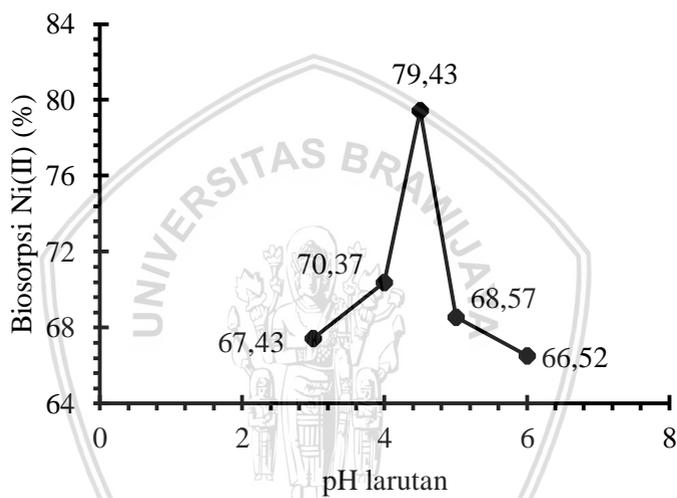
Kurva pertumbuhan *T.viride* dengan dan tanpa adanya logam Ni(II) mengalami peningkatan nilai NTU dengan bertambahnya waktu kontak dapat dilihat pada **Gambar 4.5**. Kurva pertumbuhan tanpa adanya logam Ni(II) yaitu pada jam ke-0 hingga 60 mengalami pertumbuhan yang terus meningkat seiring bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan karena *T.viride* mengalami fase berkembangbiakan dalam media cair. Sedangkan pada jam ke-70 hingga 90 mulai menurun hal ini dapat diartikan bahwa *T.viride* mulai mencapai pada titik jenuh untuk dapat membelah sel menjadi banyak atau berkembangbiak kembali. *T.viride* mengalami fase logaritmik pada jam ke 50 jam dan fase deselerasi pada jam ke- 50 hingga 60. Pada jam ke-10 hingga 90 sel mulai mengalami kematian dikarenakan nutrisi dari *T.viride* mulai berkurang maka cenderung jumlah selnya akan mulai berhenti berkembangbiak.

Kurva pertumbuhan adanya logam Ni(II) yaitu pada jam ke-0 hingga 50 mengalami pertumbuhan yang terus meningkat seiring bertambahnya waktu dan mengalami penurunan pada jam ke-60 hingga 90 jam. Jam ke-0 hingga 10 sel mengalami fase lag dimana *T.viride* menyesuaikan sel-sel dengan lingkungan. Sedangkan pada Jam ke-20 hingga 50 mengalami fase ekponensial dimana *T.viride* mulai berkembangbiak. Jam ke-50 hingga 60 mengalami fase stasioner dimana jumlah sel *T.viride* bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang. Selanjutnya pada jam ke- 70 hingga 90 jam mengalami fase kematian dipercepat dimana jumlah sel-sel yang mati lebih banyak dari pada sel-sel yang masih hidup. Menurut Sulistyningtyas produksi enzim efektif dilakukan pada fase eksponensial karena pada fase ini pertumbuhan biomassa sesuai dengan perhitungan logaritma dan pada saat ini kapang sangat efektif mensintesis enzim untuk memenuhi kebutuhan hidupnya [54].

Hasil kurva pertumbuhan tersebut logam Ni(II) tidak mempengaruhi proses pertumbuhan *T.viride* karena nilai NTU lebih tinggi dengan adanya logam dibandingkan dengan tanpa logam Ni(II). Logam Ni(II) dibutuhkan dalam metabolisme biomassa sebagai kofaktor enzim. Berdasarkan kurva pertumbuhan tersebut dijadikan dasar pemilihan variasi waktu kontak untuk mengetahui pengaruh biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride*

4.2 Pengaruh pH terhadap Biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride*

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi yaitu berpengaruh terhadap kelarutan ion logam serta gugus aktif yang terdapat dalam senyawa biosorben. Oleh karena itu, dilakukan analisis untuk mengetahui kondisi optimum dari biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride* dan pengaruh pH dengan menggunakan variasi pH dan inokulum sebanyak 20,0 mL. Penelitian ini variasi pH yang digunakan yaitu 3; 4; 4,5; 5 dan 6.



Gambar 4.2: Kurva hubungan antara pH dengan persentase biosorpsi Ni (II)

Hasil pengukuran persentase biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride* mengalami peningkatan dari pH 3 hingga 4,5 dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Persen biosorpsi Ni(II) yang dihasilkan pH 3 dan pH 4 sangat kecil sebesar 67,43% dan 70,37% sehingga menyebabkan dinding sel *T.viride* menjadi bermuatan positif karena adanya peningkatan konsentrasi ion hidrogen. Namun, adanya konsentrasi ion H^+ yang melimpah mengakibatkan terjadinya

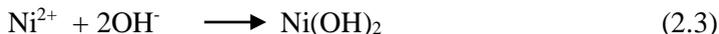
pembentukan ikatan antara gugus aktif karboksilat dan H^+ dengan logam Ni(II). Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ maka kecenderungan protonasi gugus aktif semakin besar [11].

Persentase biosorpsi pada pH 4,5 meningkat sangat tajam yaitu sebesar 79,43%. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH 4,5 merupakan pH optimum dari proses biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride*, dimana permukaan gugus aktif karboksilat mengalami deprotonasi sehingga gugus karboksilat bermuatan negatif (COO^-) yang dapat berinteraksi elektrostatis dengan logam Ni(II). Hal tersebut mempermudah logam Ni(II) bermuatan positif. Hasil tersebut bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Sujatha, dkk [11]. Menurut penelitian Farda menyatakan bahwa pada kondisi pH optimum konsentrasi ion H^+ berkurang menyebabkan gugus amina pada biomassa berada dalam bentuk NH_3^+ dan NH_2 . Gugus amina yang terprotonasi menjadi NH_3^+ mengalami pertukaran kation dengan logam Ni(II) seperti persamaan 2.2, sedangkan gugus amina dalam bentuk NH_2 berinteraksi dengan ion logam Ni(II) membentuk kompleks NH_2Ni^+ seperti pada persamaan 2.1 [42]. Gugus karboksil dan gugus amina merupakan gugus utama yang berperan penting dalam pengikatan ion [43]. Hal ini sesuai dengan komponen penyusun sel *Trichoderma viride* yang sebagian besar protein dan polisakarida



Persen biosorpsi mengalami penurunan pada pH 5 hingga 6 sebesar 68,57% dan 66,52%. Penurunan persen biosorpsi Ni(II) terjadi saat pH naik yang mengakibatkan daya biosorben cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena pada pH 5 dan pH 6 logam Ni(II) dapat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga tidak stabil dan menyebabkan kemampuan biosorben dalam menyerap logam Ni(II) menurun. Sujatha menyatakan bahwa pada pH tinggi peyerapan logam Ni(II) oleh *T.viride* mengalami penurunan persen biosorpsi dimungkinkan karena terjadi reaksi

hidrolisis dalam larutan sehingga jumlah karboksilat yang terdeprotonasi semakin meningkat sehingga terjadi interaksi elektrostatik dengan logam Ni(II) semakin besar [11]. Ion logam Ni(II) bersifat asam madya dan ion OH⁻ bersifat keras, sehingga cenderung berinteraksi dengan ion H⁺ dibandingkan dengan C-O [13]. Ion logam Ni(II) mulai berikatan dengan OH⁻ membentuk Ni(OH)₂ yang tidak larut sehingga mengalami penurunan persen biosorpsi.



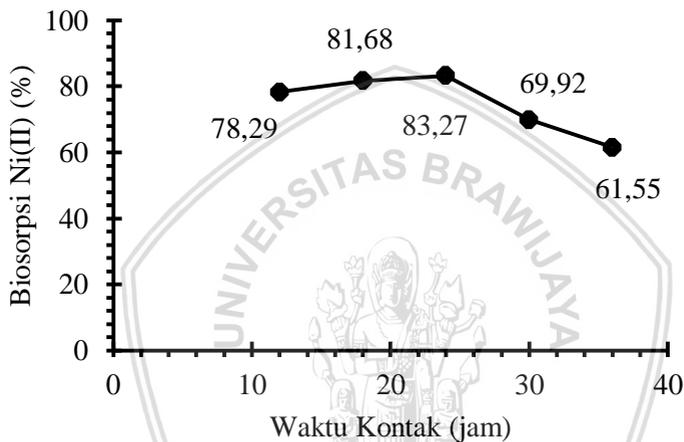
Hasil pengukuran pengaruh pH selanjutnya dilakukan uji statistik pada (**Lampiran G.1**) pada taraf nyata 0,05 dihasilkan F_{hitung} (143,13) lebih besar dari pada F_{tabel} (3,48). Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh pH terhadap proses biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride*. Kemudian uji BNT menunjukkan perbedaan proses biosorpsi yang nyata pada pH 3 hingga 6.

4.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride*

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi. Penentuan waktu kontak optimum terhadap biosorpsi Ni(II) oleh *T.viride* dilakukan pada pH optimum yaitu pH 4,5 dan inokulum yang digunakan sebanyak 20,0 mL. Hal ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum yang dibutuhkan oleh biosorben dalam menyerap logam Ni(II) sampai tercapai keadaan jenuh. Variasi waktu kontak yang digunakan pada penelitian ini yaitu 12,18, 24, 30 dan 36 jam.

Penentuan waktu kontak terhadap biosorpsi Ni(II) oleh *T. viride* dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Persentase biosorpsi Ni(II) cenderung meningkat dengan bertambahnya waktu kontak yaitu terjadi pada 12 hingga 24 jam. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa makin lama waktu yang digunakan maka akan semakin banyak zat terlarut yang dapat terabsorpsi. Namun, jumlah zat terlarut yang diabsorpsi akan mencapai batas maksimum. Hal ini disebabkan karena permukaan biosorben (biomassa *T.viride*) telah

tertutupi oleh lapisan ion Ni(II) yang teradsorpsi sehingga mengalami kejenuhan [44]. Hasil biosorpsi pada waktu kontak 12 jam dan 18 jam dapat menyerap logam Ni(II) sebanyak 78,29% dan 81,68%. Interaksi antara biosorben dengan ion logam Ni(II) mencapai optimum setelah waktu kontak 24 jam dengan nilai persentase biosorpsi paling tinggi yaitu 83,27%. Hal ini merupakan waktu kesetimbangan biosorpsi logam sehingga penyerapan ion logam Ni(II) yang teradsorpsi semakin banyak.



Gambar 4.3: Kurva hubungan antara waktu kontak dengan persentase biosorpsi Ni(II)

Kondisi waktu kontak optimum terjadi selama 24 jam mengakibatkan aktivitas biosorben semakin meningkat untuk berinteraksi dengan situs aktif pada gugus fungsi biomassa yang berikatan dengan logam Ni(II) sehingga persen biosorpsi tinggi. Setelah dikontakkan selama 24 jam mengalami penurunan persentase biosorpsi yaitu pada jam ke-30 dan 36 jam dengan persen biosorpsi sebesar 69,92% dan 61,55%. Hal ini disebabkan oleh *T. viride* telah mencapai titik jenuh atau melebihi terjadi kesetimbangan biosorpsi, sehingga permukaan biomassa tidak mampu lagi mengadsorpsi ion

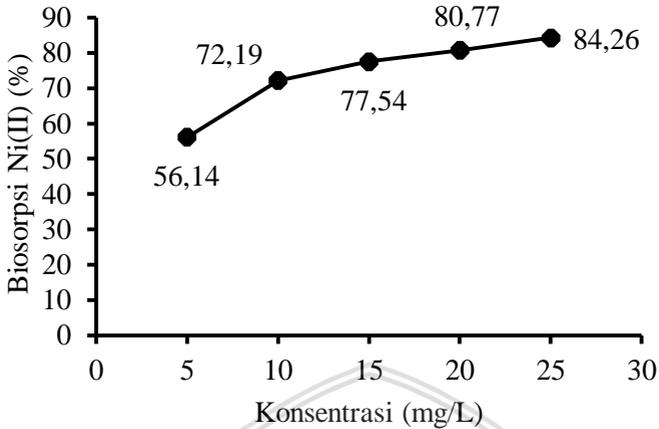
logam Ni(II) dalam jumlah banyak yang mengakibatkan terjadinya penurunan persen biosorpsi. Penurunan puncak terjadi karena adanya kejenuhan elektroda kerja sehingga pada saat proses deposisi berlangsung, kompleks analit akan sulit tereduksi yang mengakibatkan arus puncak yang dihasilkan kecil [45]. Purwaningsih menyatakan bahwa pada awal waktu kontak sruktur jamur normal dengan bertambahnya waktu kontak akan terisi oleh ion- ion logam yang akan menyebabkan kejenuhan pada biomassa [46].

Hasil pengukuran waktu kontak selanjutnya dilakukan Uji statistik (**Lampiran G.2**) pada taraf nyata 0,05 dihasilkan F_{hitung} (89,08) lebih besar dari pada F_{tabel} (3,48). Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu kontak terhadap proses biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride*. Kemudian uji BNT menunjukkan perbedaan proses biosorpsi yang nyata pada waktu kontak 12 jam hingga 36 jam.

4.4 Pengaruh Konsentrasi Adsorbat terhadap Persen Biosorpsi

Penentuan pengaruh konsentrasi logam Ni(II) dipelajari pada kondisi pH optimum yaitu pada 4,5 dan waktu kontak optimum 24 jam. inokulum yang digunakan sebanyak 20,0 mL. Setiap Variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20 dan 25 mg/L.

Kemampuan biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride* dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Pada konsentrasi 5 mg/L hingga 25 mg/L mengalami kenaikan persentase biosorpsi Ni(II). Konsentrasi ion logam awal memiliki peranan yang penting sebagai untuk mengatasi hambatan perpindahan maasa dari fasa cair ke fasa padat, sehingga semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak massa yang dapat diserap [47]. Persen biosorpsi Ni(II) pada konsentrasi 5 dan 10 mg/L sebesar 56,14% dan 72,19%. Sedangkan konsentrasi 15 dan 20 mg/L sebesar 77,54% dan 80,77%, serta konsentrasi 25 mg/L persen Ni(II) yang terabsorpsi sebesar 84,36%. Jumlah logam yang terserap akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi awal, hal ini disebabkan karena peningkatkan interaksi elektrostatis pada ion logam dengan afinitas yang rendah [48].



Gambar 4.4: Kurva hubungan antara konsentrasi adsorbat dengan persentase biosorpsi Ni(II)

Kenaikan persentase biosorpsi dimungkinkan karena jumlah biomassa bertambah karena mengalami pertumbuhan meningkat sehingga mampu mengadsorpsi dalam jumlah lebih banyak [49]. Semakin tinggi konsentrasi biosorbat semakin banyak pula jumlah ion logam larutan yang terikat. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar konsentrasi larutan, maka semakin banyak jumlah zat terlarut yang dapat diserap hingga mencapai kesetimbangan [50]. Pada konsentrasi 20 mg/L merupakan konsentrasi biosorbat optimum, dimana *T.viride* sudah sampai pada titik jenuhnya. Biomassa memiliki daya serap maksimum tertentu, sehingga ketika penyerapan telah mencapai titik maksimumnya maka akan terjadi kejenuhan pada biomassa yang akan menghentikan penyerapan ion logam oleh biomassa [46].

Hasil pengukuran penentuan konsentrasi biosorbat selanjutnya dilakukan uji statistik (**Lampiran G.3**) menunjukkan bahwa pada taraf 0,05 diperoleh F_{hitung} (14,91) lebih besar dari pada F_{tabel} (3,48). Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi biosorbat terhadap proses biosorpsi logam Ni(II) oleh *T.viride*. Kemudian, dilakukan uji BNT 5% setiap variasi konsentrasi. Hasil uji BNT 5%

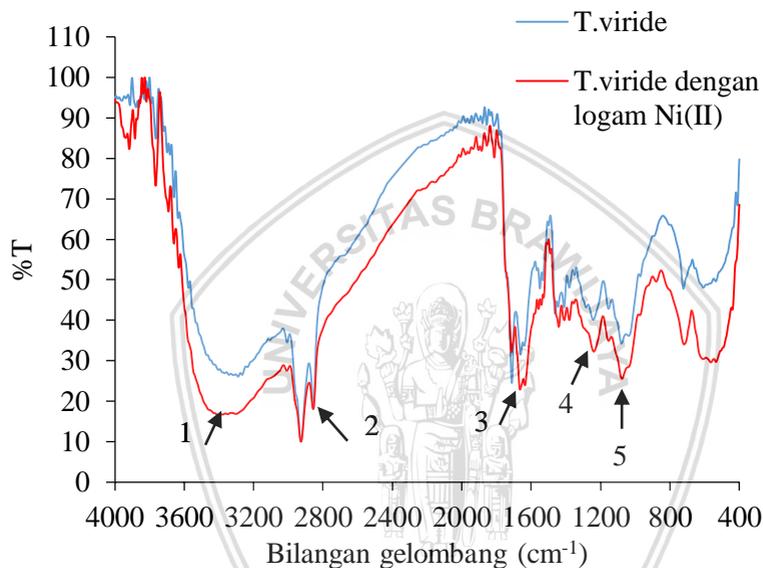
menunjukkan pada konsentrasi 5, 10 hingga 15 mg/L mempunyai pengaruh perlakuan yang berbeda nyata, sedangkan perlakuan tidak berbeda nyata terjadi pada konsentrasi biosorbat 20 dan 25 mg/L. Oleh karena itu, konsentrasi biosorbat optimum pada biosorpsi logam Ni(II) oleh *T. viride* yaitu 20 mg/L dengan kapasitas biosorpsi sebesar $6,98 \times 10^6$ $\mu\text{g/}$ koloni yang diperoleh pada kondisi optimum pH 4,5; serta waktu kontak biosorpsi selama 24 jam.

4.5 Karakterisasi *T.viride* secara FT-IR

Karakterisasi *T.viride* sebelum dan sesudah biosorpsi Ni(II) menggunakan instrumen FT-IR yang bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada didalam *T.viride* sebelum dan setelah proses biosorpsi dengan logam Ni(II). Sampel yang digunakan yaitu *T.viride* sebelum dan sesudah proses biosorpsi logam Ni(II) pada pH optimum (4,5), waktu kontak optimum selama 24 jam serta konsentrasi biosorbat optimum 20 mg/L. Identifikasi kelompok fungsional *T.viride* dilakukan pada jumlah bilangan gelombang 4000 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1} menggunakan pelet KBr.

Hasil karakterisasi tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa *T.viride* sebelum dan sesudah biosorpsi logam Ni(II). Spektrum FT-IR pada *T.viride* sebelum dan sesudah biosorpsi Ni(II) dapat disajikan pada **Gambar 4.4** menunjukkan perbedaan yang signifikan. Gugus vibrasi pada spektrum *T.viride* sesudah biosorpsi mengalami pergeseran bilangan gelombang dari pada spektrum *T.viride* sebelum biosorpsi. Terjadi pergeseran bilangan gelombang pada gugus vibrasi N-H dan O-H yang semula $3366,31 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $3402,96 - 3330,38 \text{ cm}^{-1}$ pada spektrum *T.viride* sesudah biosorpsi yang mengindikasikan adanya interaksi antara *T.viride* dengan logam Ni(II). Budi menyatakan bahwa mekanisme serapan yang terjadi antara gugus -OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif merupakan mekanisme pertukaran ion [51]. Gugus vibrasi C-H sp^3 mengalami pergeseran yang awalnya berada pada bilangan gelombang $2928,57 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $2857,14 \text{ cm}^{-1}$. Gugus vibrasi C=O mengalami pergeseran yang awalnya berada dibilangan gelombang $1711,50 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $1713,43 - 1636,29 \text{ cm}^{-1}$.

Selanjutnya gugus vibrasi C-N juga mengalami pergeseran yang awalnya berada pada bilangan gelombang 1242,83 cm^{-1} menjadi 1238,98. Selain itu, pergeseran vibrasi juga terlihat pada daerah bilangan gelombang 1078,90 cm^{-1} menjadi 1076,97 cm^{-1} yang merupakan gugus vibrasi dari C-O. Pergeseran bilangan gelombang tersebut terjadi karena adanya perubahan gugus fungsi yang telah mengikat Ni(II).



Gambar 4.4: Spektrum FTIR *T. viride* (—) sebelum biosorpsi dengan logam Ni(II) dan (—) sesudah biosorpsi dengan logam Ni(II)

Perubahan intensitas sebelum dan sesudah biosorpsi logam Ni(II) oleh *Trichoderma viride* dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Vibrasi gugus -OH dan N-H mengalami penurunan nilai transmitansi yang semula 26% menjadi 16%. Vibrasi gugus C-H sp^3 mengalami kenaikan nilai transmitansi dari 13% menjadi 12%. Vibrasi gugus C=O mengalami penurunan nilai transmitansi dari 33% menjadi 24%.

Vibrasi C-N mengalami penurunan nilai transmitan dari 38% menjadi 33%. Sedangkan vibrasi gugus C-O mengalami penurunan nilai transmitansi semula 32% dan 26%. Penurunan nilai transmitansi terjadi karena adanya interaksi antara gugus fungsi pada *Trichoderma viride* dengan logam Ni(II) yang telah terlibat pada proses biosorpsi Ni(II). Sedangkan kenaikan nilai transmitan dimungkinkan gugus fungsi pada *Trichoderma viride* belum terlibat pada proses biosorpsi Ni(II).

Tabel 4.1: Perbandingan spektrum FT-IR sebelum dan sesudah biosorpsi Ni(II) dengan *Trichoderma viride*

No	Vibrasi Gugus	Vibrasi <i>T. viride</i> (cm ⁻¹)	Vibrasi <i>T. viride</i> dengan logam Ni (cm ⁻¹)	% T <i>T. Viride</i> (cm ⁻¹)	%T <i>T. viride</i> dengan logam Ni (cm ⁻¹)
1	O-H	3366,31	3402,96 3330,38	26	16
	N-H	3366,31	3402,96 3380,38	26	16
2	C-H sp ³	2928,57	2928,57 2857,14	13	12
3	C=O	1711,50	1713,43 1636,29	33	24
4	C-N	1242,83	1238,98	38	33
5	C-O	1078,90	1076,97	32	26

Penelitian yang dilakukan oleh Syahrir menyatakan perubahan pita serapan -OH dan N-H yang semula 1414,14 cm⁻¹ menjadi 1512,28 cm⁻¹, karena adanya interaksi antara gugus -OH dengan ion logam dimungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi karena atom oksigen pada gugus -OH mempunyai pasangan elektron bebas, ion-ion Ni²⁺ akan berinteraksi kuat dengan anion yang bersifat basa kuat seperti -OH [52].

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Proses biosorpsi logam Ni(II) menggunakan *T.viride* dipengaruhi oleh nilai pH larutan. Nilai pH larutan yang semakin meningkat menyebabkan jumlah persen biosorpsi logam Ni(II) semakin tinggi dan pH optimum yang dicapai yaitu pada pH 4,5 dengan persentase sebesar 67,43%.
- b. Semakin lama waktu interaksi antara *T.viride* dengan logam Ni(II) semakin banyak jumlah logam Ni(II) yang terabsorpsi, sehingga waktu kontak optimum tercapai pada jam 24 dengan persentase sebesar 83,27%.
- c. Biosorpsi ion logam Ni(II) dapat meningkat dengan peningkatan konsentrasi biosorbat dalam larutan, dan mencapai maksimum pada konsentrasi biosorbat, dimana konsentrasi biosorbat mencapai kesetimbangan sebesar 20 mg/L dengan persentase sebesar 80,77%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait laju alir untuk melihat pengaruhnya terhadap proses biosorpsi serta dilakukan pengujian biosorpsi dengan teknik immobilisasi untuk mendapatkan perbandingan kapasitas penyerapan logam dengan penelitian non-immobilisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fu and Q. Wang. (2011). **Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review.** *Journal of Environmental Management*, 92, 407-418.
- [2] Darmono. (2001). **Logam dalam Sistem Biologi Hidup dan Pencemaran.** Jakarta: UI-Press.
- [3] C. Supriyanto, Samin, & Zainul K. (2007). **Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan metode Spektrometri Nyala vibrasi Atom (SSA).** Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir, BATAN.
- [4] Duruibe, J.O., M. O. C. Ogwuegbu, & J. N. Ekwurugwu. (2007). **Heavy Metal Pollution and Human Biotoxic Effects.** *International Journal of Physical Sciences*, 2(5): 112-118.
- [5] Crosby D.G. (1998). **Environmental Toxicology and Chemistry.** New York: Oxford University Press.
- [6] E. Denkhaus & K., Salnikow. (2005). **Nickel Essentiality, Toxicity, and carcinogenicity.** *Critical Reviews in Oncology/Hematology*vol, 42(1): 35–56.
- [7] World Health Organization. (2006). **Guidelines for Drinking-Water Quality, Incorporating First addendum to third Edition, vol. 1.** Switzerland: World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- [8] ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). (1987). **Toxicological Profile for Nickel.** USA: ATSDR/ U.S Public Health Service.
- [9] Prasetyo, Imam. (1992). **Pengambilan Ion Logam Berat Dari larutan Secara Biosorpsi.** *Media Teknik* 2 dan 3 tahun XIV: 98 – 99.

- [10] Kapoor A., & Viraraghavan T. (1997). **Heavy metal biosorption sites in *Aspergillus niger***. *Bioresource Technology*, 61: 221-227.
- [11] Sujatha P.V., Kalarani, & B. Naresh Kumar. (2013). **Effective Biosorption of Nickel(II) from Aqueous Solutions Using *Trichoderma viride***. *Hindawi Publishing Corporation*, Article ID 716098: 54-58.
- [12] Cotton, F.A., & G., Wilkinson. (1989). **Kimia Anorganik Dasar**. Jakarta: Terjemahan Sahati Suharto, Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- [13] Tundermann J.H., Tien J.K., & Howson T.,E. (2005). **Nickel and nickel alloys**. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume 17: 47-49.
- [14] David, J.R. (2000). **Nickel Cobalt and Their Alloys**. America: ASM Specialty Handbook.
- [15] Hertel, R.F. (1991), **Nickel Environmental**. Geneva: Health Criteria.
- [16] Mishra. (2007). **Heavy metal toxicity induced alterations in photosynthetic metabolism in plants**. In **Handbook of Photosynthesis**. New York: M.Pessarakli. Ed. 845-863. CRC Press.
- [17] Domsch, K.H., & W., Gams. (1972). **Fungi in Agricultural Soi**. London: Longman.
- [18] Pelczar, J., Michael & Chan E.C.S. (1986). **Dasar-dasar Mikrobiologi**. Jakarta.: Universitas Indonesia.
- [19] Waluyo, Lud. (2004). **Mikrobiologi Umum**. Malang: UMM PRESS.

- [20] Wulansari, N.T., Yan Ramona , & Meitini W., Proborini. (2015). **Identifikasi Antagonis dari Xanthomonas campestris yang diisolasi dari Rhizo Sphere Perkebunan Brokoli (Brassica Olerace Var.Italica) Di Desa Kembang Merta , Kabupaten Tabanan, Bali.** *Jurnal Metamorfosa* vol II (1): 29-33.
- [21] Frazier, W.C., & D.C., Westhoff. (1979). **Food Microbiology. Third Edition.** New Delhi : Mc. Graw Hill Book Co. Inc.
- [22] Alexopoulos, C.J., & Mims, C.W. (1979). **Introduction Mycology Third Editon.** USA: John Wiley & Sons, Inc.
- [23] Chet I., Hadar Y., Elad Y., Katan J., & Henis Y. (1979). **Biological control of soil-borne plant pathogens by Trichoderma harzianum, in: Schippers, D. and Gams, W. (Eds.).** London : Academic Press.
- [24] Salina, F. H., A., Fazilah, M.N., MOHD., Azemi & M.H. Norziah. (2008). **Enzymatic hydrolysis and isolation of oil palm frond derived xylooligosaccharides by xylanase Trichoderma viride.** Malaysia: International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008).
- [25] Zafar S., Aqil F., & Ahmad I. (2007). **Metal Tolerance and Biosorption Potential of Filamentous Fungi Isolated from Metal Contaminated Agricultural Soil.** *Bioresour Technol* 98: 2557-2561.
- [26] Bayramo, G., Bekta, S., & Arica M.Y. (2003). **Biosorption of Heavy Metal Ions on Immobilized White-rot Fungus Trametes Versicolor.** *J Hazard Mater* 101: 285-300.
- [27] Kratchovil, D., & Volesky B. (1998). **Advances in the Biosorption of Heavy Metals.** *Trends Biotechnol*, 16: 291-300.

- [28] Ahluwalia, S.S., & Goyal D. (2007). **Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Waste Water.** *Bioresour Technol*, 98: 2243-2257.
- [29] Asku Z., Sag Y., & Kutsal T. (1992). **The Biosorption of Copper by C. Vulgaris and Z. Ramigera.** *Environ Technol* 13: 579-586.
- [30] Crist R.H., Oberholser K., Shank N., & Nguyen M. (1981). **Nature of Bonding Between Metallic Ions and Algal Cell Walls.** *Environ Sci Technol* 15: 749-752.
- [31] Lestari, Sri., Sugiharto, Eko., & Mudasir. (2002). **Pengaruh pH dan Konsentrasi Awal terhadap Adsorpsi Tembaga oleh Saccharomycetes Cerevicaea yang Termobilisasi pada Silika Gel.** Yogyakarta: Makalah pada Prosiding Seminar Nasional Kimia XXII.
- [32] Velgio F., & Bolchini. (1997). **Removal of Metals by Biosorption: A review.** *Hydrometallurgy* 44: 301-316.
- [33] Triatmojo, S. (2001). **Biosorpsi dan Reduksi Krom Limbah Penyamakan Kulit dengan Biomassa Fusarium sp. Dan Aspergillus niger, Manusia dan Lingkungan.** Pusat Studi Lingkungan Hidup, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta Vol. VIII (2): 70–81.
- [34] Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F., James, Crouch, & Stanley R. (2014). **Fundamentals of analytical chemistry.** Brooks Cole. P. 710. ISBN 978-0495558286.
- [35] Kissa, Erik. (2007). **Spectronic 20 and Spectronic 20D User Guide.** USA: Thermo Scientific.
- [36] Dakhel, A.A., Ali-Mohamed Ahmed, Y., & Henari, F.Z. (2006). **Structural and Optical Studies of Evaporated bis-(dimethylglyoximato) Nickel(II) thin Films.** *Optical Materials* 28, 925–929.

- [37] Svehla, G. (1994). **Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik**. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- [38] Skoog, D.A., & D.M., West. (1971). **Principles of instrumental analysis**. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- [39] Nenci, (2012). **Isolasi dan Karakterisasi Selulase dari Trichoderma viride Strain T051 dengan Substrat Jerami**. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Progam Studi Kimia.
- [40] Suwarno, Bambang. (2007). **Rumus dan Data dalam Analisis Statistika**. Bandung: ALFABETA.
- [41] Buhani, Narsito, Nuryono, & E.S. Kunarti. (2009). **Amino and Mercapto Silica Hybrid for Cd(II) Adsorption in Aqueous Saolution**. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9 (2): 170-176.
- [42] Farda, E., & Maharani Kartika D. (2013). **Penentuan pH Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Aspergillus niger**. *UNESA Journal Chemistry Vol.2* (1).
- [43] Kim, Tae Young., et.al. (2004). **Adsorption of Heavy Metal by Brewery Biomassa**. *Korean J.Chemistry, Eng.* 22(1): 91-98.
- [44] Amaria., Rudiana A., Chyaningrum, S. E., Santosa, S. J., & Narsito. (2007). **Adsorpsi Seng(II) Menggunakan Biomassa Saccharomyes cereviceace yang Diimobilisasi pada Silika secara Sol Gel**. *Akta Kimindo*, 2(2): 63-74.
- [45] Purba, Suciari , A. (2016). **Pengaruh Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Penurunan Kadar Campuran Logam Ni dan Pb Menggunakan Karbon Aktif dari Batang Pisang Kepok (Musa Paradisiaca Forma**

Typical) (Skripsi). Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

- [46] Purwaningsih, Dewi., I Made A., Tri Panji., & Suharyanto. (2016). **Biosorpsi Tembaga (Cu) dan Merkuri (Hg) oleh *Omphalina sp* Menggunakan Metode Batch , Rotary, Biotray, dan Pack Bed Flow.** *Indonesian Research Institute for Biotechnology and Bioindustry* Vol 3 (1): 1-12.
- [47] Das, N., Vimala R., & Karthika P. (2008) **Biosorption of Heavy Metals.** *Indian J Biotechnology*, 7: 159-169.
- [48] Yun-guo, L., Ting, F., Guang-ming, Z., & Xin, L.I. (2006). **Removal of Cadmium and Zinc Ions from Aqueous Solution by Living *Aspergillus niger*.** *Trans Nonferrous Met.Soc.*, 16: 681-686.
- [49] Taolin, Rensani. 2017. **Pengaruh pH, Konsentrasi, Waktu Kontak dan Jumlah Inokulum pada proses Biosorpsi Ion Pb(II) Menggunakan *Trichoderma Viride*** (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawija, Malang.
- [50] Handayani M., & Sulistiyono E. (2009). **Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit.** Bandung : Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir.
- [51] Budi, T.S. (2011). **Biosorpsi Logam Ion Nikel (II) oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dengan Perlakuan NaOH.** Semarang: *Jurnal Teknik Kimia, Universitas Sebelas Maret*
- [52] Syahrir, Nurwahida. (2016). **Karakterisasi Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobilisasi pada Lempun dan Karbon Aktif dari Ampas Sagu Adsorben Ion Logam Ni(II)** (Skripsi). Kendari: Jurusan Kimia,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Halu Oleo

- [53] Sa'adah, Zalfadus. (2010). **Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* Menggunakan Substrat Jerami dengan Sistem Fermentasi padat** (Thesis). Semarang: Universitas Diponegoro.
- [54] Sulistyaningtyas, A.S., Prasetyawan, S., & Sutrisno. (2013). **Pengaruh Penambahan Ion FE^{3+} terhadap Aktivitas Xilanase dari *Trichoderma Viride***. *Kimia Student Journal*, 2 (2): 470- 476.

