



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**BIOSORPSI LOGAM Mn (VII) DENGAN MENGGUNAKAN JAMUR
Saccharomyces sp YANG DIISOLASI DARI LIMBAH PADAT
COCA COLA**

SKRIPSI



ARIFFENI

0713206

1

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA
DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Skripsi yang berjudul **“BIOSORPSI LOGAM Mn (VII) DENGAN MENGGUNAKAN JAMUR *Saccharomyces sp* yang DIISOLASI DARI LIMBAH PADAT COCA COLA”** ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Kimia Universitas Andalas.

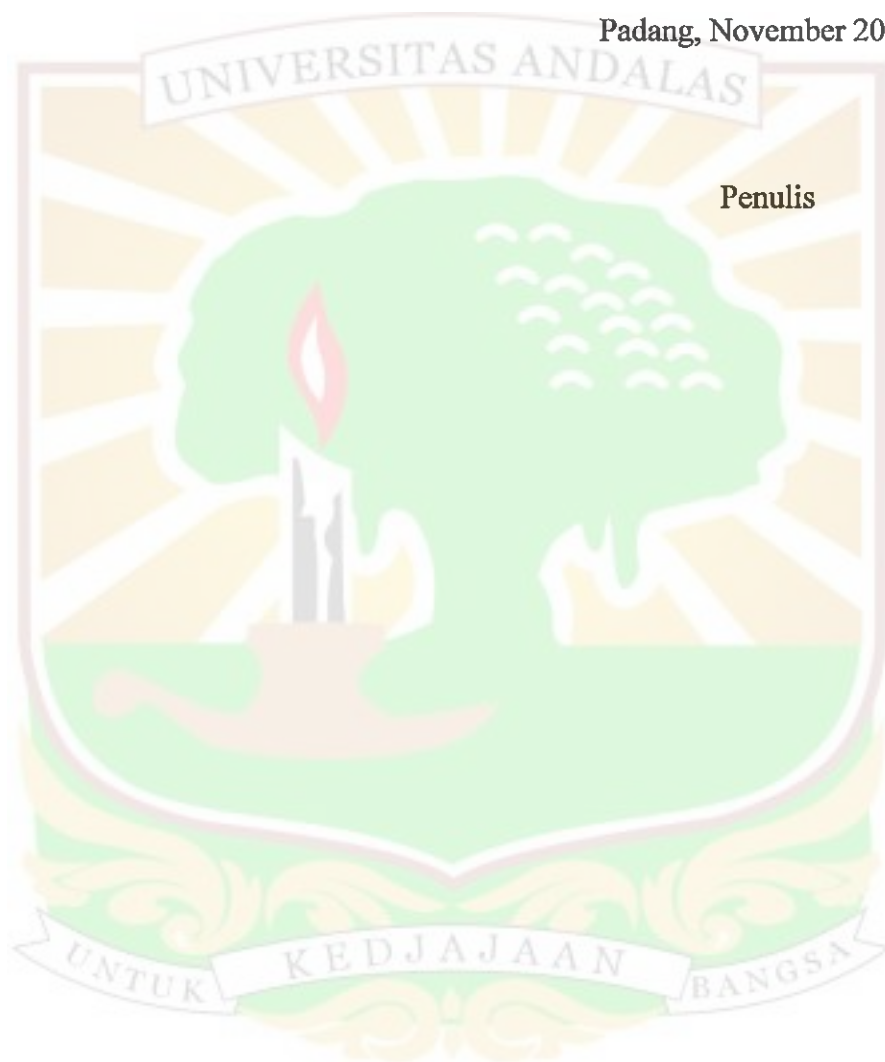
Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia-Nya dan kemudahan dalam melakukan penelitian dan menyusun skripsi ini.
2. Kedua orang tua, dan seluruh keluarga besar atas do'a, kasih sayang dan perhatian yang telah diberikan selama ini.
3. Ibu Prof. Dr Sumaryati Syukur, selaku pembimbing I dan ibu Prof. Dr. Rahmiana Zein selaku pembimbing II, atas arahan, bimbingan serta semangat yang telah diberikan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA UNAND.
5. Bapak Dr. Mai Efdi selaku koordinator pendidikan Jurusan Kimia FMIPA UNAND.
6. Bapak Zulfarman, M.S selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
7. Semua staf pengajar di Jurusan Kimia yang telah bersedia membagi ilmunya dan membimbing selama menjadi mahasiswa di Jurusan Kimia UNAND.
8. Ibu Fitrinayanti, Amd. selaku Analis Laboratorium Bioteknologi, serta semua Analis laboratorium Kimia FMIPA yang telah mendukung kelancaran penelitian ini.
9. Semua pegawai tata usaha yang telah membantu kelancaran dalam urusan administrasi dan kelengkapan selama ini.
10. Rekan-rekan yang melakukan penelitian di laboratorium Bioteknologi (angkatan 2006 dan 2007) yang telah membantu selama penelitian.

11. Teman-teman 'SoCh4' dan sahabat-sahabat yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, atas dukungan, dan semangat persahabatan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bermanfaat untuk menyempurnakan skripsi ini.

Padang, November 2011



ABSTRAK

BIOSORPSI LOGAM Mn (VII) DENGAN MENGGUNAKAN JAMUR *Saccharomyces Sp* yang DIISOLASI DARI LIMBAH PADAT COCA COLA

Oleh:

Ariffeni 07132061, Prof.Dr. Sumaryati Syukur*, Prof. Dr. Rahmiana Zein**

*) Pembimbing I

***) Pembimbing II

Pencemaran lingkungan akibat logam berat merupakan salah satu masalah lingkungan yang terjadi saat ini. Biosorpsi logam berat oleh *Saccharomyces sp* dapat mengatasi masalah tersebut. Pada penelitian ini telah dilakukan biosorpsi logam mangan (VII) dengan menggunakan jamur *Saccharomyces sp* yang diisolasi dari limbah padat Coca Cola dalam medium PDA pada pengenceran 10^{-8} sel/mL. *Saccharomyces sp* terlebih dahulu diadaptasi dan ditumbuhkan dalam medium PDA yang mengandung logam mangan 20 mg/L. Biosorpsi logam mangan (VII) dilakukan pada medium cair PDB dengan pengaturan pH 4, 5, 6, dan 7, konsentrasi logam mangan 30, 40, 50, 60 dan 70 mg/L dan lama fermentasi 1, 2 dan 3 hari. Hasilnya menunjukkan bahwa *Saccharomyces sp* efektif melakukan penyerapan logam mangan (VII) pada kondisi optimum pH 6, konsentrasi 50 mg/L selama 2 hari fermentasi. Kapasitas penyerapan diperoleh sebanyak 3,722 mg/g serta 74,44 % penyerapannya untuk kondisi adaptasi dan 3,1 mg/g untuk kondisi non adaptasi dengan persen penyerapan 62 %. Penelitian ini langsung diaplikasikan terhadap limbah laboratorium Bioteknologi jurusan kimia UNAND dengan menggunakan kondisi optimum yang sama. Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi adaptasi juga lebih baik dalam proses biosorpsi dibandingkan kondisi non adaptasi. Kapasitas penyerapannya berturut-turut untuk adaptasi dan non adaptasi yaitu 1,54 mg/g dan 0,66 mg/g. Pembuktian *Saccharomyces sp* dilakukan dengan mikroskop 40 kali perbesaran serta uji fermentasi alkohol dengan GC MS.

Kata kunci : Limbah Coca Cola, *Saccharomyces sp*, Biosorpsi logam Mn, Variasi pH dan konsentrasi

ABSTRACT

BIOSORPTION OF Mn (VII) BY USING *Saccharomyces sp* ISOLATED FROM SLUDGE OF COCA COLA

By:

Ariffeni 07132061, Prof.Dr. Sumaryati Syukur*, Prof. Dr. Rahmiana Zein**

*) Advisor I

**) Advisor II

The environmental pollution because of the heavy metals is one of the common environmental problems. The biosorption of heavy metal by *Saccharomyces sp* can overcome this problem. This research has done the biosorption of manganese (VII) metal with *Saccharomyces sp* which was isolated from the sludge of *Coca Cola* on the PDA medium at 10^{-8} cell/mL of dilution. Firstly, *Saccharomyces sp* is adapted and grown at PDA medium which contained 20 mg/L of manganese. The biosorption of manganese (VII) was done at PDB liquid medium with the setting of pH 4,5,6, and 7, the concentration of manganese 30,40,50,60, dan 70 mg/L and the fermentation time 1,2 and 3 days. The result showed that *Saccharomyces sp* is effective on doing the absorption of manganese (VII) at 6 of the pH optimum, 50 mg/L of concentration in 2 days of fermentation. The absorption capacity was 3.722 mg/g and 74.44 % of the absorption was for the adapted condition and 3.1 mg/g for non-adapted with 62 % of absorption percentage. This research was directly applied to the waste of Biotechnology Laboratorium of Chemistry department, UNAND by using the same optimum condition. The result showed that the adapted condition is better in biosorption than non-adapted. The order of the absorption capacity for adapted and non-adapted condition were 1.54 mg/g and 0.66 mg/g. The prove of *Saccharomyces sp* was done by microscope 40 times of enlargement and the alcohol fermentation assay by GC-MS.

Key word : Sludge Coca Cola, *Saccaromyces sp*, Biosorption Manganese, pH and concentration

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah	5
2.1.1 Limbah Cair.....	5
2.1.2 Limbah Padat.....	5
2.1.2.1 Limbah padat coca cola.....	6
2.1.3 Limbah partikel dan gas.....	7
2.1.4 Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).....	7
2.2 Logam mangan.....	8
2.3 <i>Saccharomyces Serevisiae</i>	9
2.4 Proses Bioremoval.....	12
2.4.1 Passive uptake.....	12
2.4.1.1 Biosorpsi.....	12
2.4.1.2 Mekanisme Proses Biosorpsi.....	13
2.4.1.3 Interaksi Pada Biosorpsi Logam Oleh Mikroorganisme	14
2.4.2 Aktif uptake.....	15
2.5 Konsep dasar proses bioremoval.....	16
2.6 Spektroskopi Serapan Atom (AAS).....	16
2.6.1 Prinsip AAS.....	16
2.6.2 Cara kerja AAS.....	16

2.6.3	Pemakaian Analitis AAS.....	17
-------	-----------------------------	----

BAB III. PROSEDUR PERCOBAAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2	Alat dan Bahan	18
3.3	Prosedur Kerja.....	18
3.3.1	Pembuatan Media.....	18
3.3.1.1	Media Isolasi, Peremajaan, Pemeliharaan dan Perbanyakan.....	18
3.3.1.2	Media Fermentasi.....	19
3.3.2	Pembuatan buffer phospat.....	19
3.3.3	Isolasi Jamur dari Limbah Pabrik Coca Cola.....	19
3.3.4	Perbanyakan jamur.....	19
3.3.5	Adaptasi jamur dengan logam mangan.....	20
3.3.6	Non adaptasi jamur	20
3.3.7	Persiapan inokulum.....	20
3.3.8	Medium biosorpsi sebagai proses fermentasi.....	20
3.3.9	Pembuatan larutan Mn (VII).....	21
3.3.10	Pengaruh pH larutan fermentasi terhadap penyerapan Mn(VII).....	21
3.3.11	Pengaruh konsentrasi logam mangan dalam fermentasi.....	21
3.3.12	Pengaruh waktu fermentasi terhadap penyerapan logam mangan.....	21
3.3.13	Aplikasi kondisi optimum biosorpsi dengan menggunakan limbah disekitar laboratorium Biokimia FMIPA UNAND.....	22
3.3.14	Analisis Data.....	22

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Isolasi <i>Saccharomyces sp</i> dari limbah padat <i>Coca Cola</i>	23
4.2	Pengenceran dan Pemurnian <i>Saccharomyces sp</i>	23
4.2.1	Pengenceran jamur <i>Saccharomyces sp</i> 10^{-8} sel/mL	25
4.2.2	Pemurnian pertama.....	24
4.2.3	Pemurnian kedua.....	24
4.2.4	Pemurnian ketiga.....	25
4.3	Adaptasi jamur <i>Saccharomyces sp</i> dengan logam Mangan.....	25

4.4	Pengaruh pH, konsentrasi dan waktu fermentasi dengan kondisi Adaptasi biakan <i>saccaromyces</i> dengan logam mangan 20 mg/L.....	26
4.4.1	Pengaruh pH Fermentasi	26
4.4.2	Pengaruh Konsentrasi Fermentasi.....	28
4.4.3	Pengaruh Waktu Fermentasi.....	29
4.5	Pengaruh pH, konsentrasi dan waktu fermentasi dengan kondisi tanpa adaptasi biakan <i>Saccharomyces sp</i> dengan logam mangan.....	31
4.6	Aplikasi Kondisi optimum terhadap penyerapan limbah.....	32

BAB. V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	34
-----	-----------------	----

5.2	Saran.....	34
-----	------------	----

DAFTAR PUSTAKA.....	35
---------------------	----

Lampiran 1.....	37
-----------------	----

Lampiran 2.....	38
-----------------	----

Lampiran 3.....	39
-----------------	----

Lampiran 4.....	40
-----------------	----

Lampiran 5.....	42
-----------------	----

Lampiran 6.....	43
-----------------	----

Lampiran 7.....	45
-----------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data pengaruh pH terhadap penyerapan logam mangan.....	40
Tabel 2. Data pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan logam mangan.....	40
Tabel 3. Data pengaruh lama fermentasi terhadap penyerapan logam mangan....	40
Tabel 4. Data penyerapan logam mangan non adaptasi.....	40
Tabel 5. Data penyerapan logam mangan untuk aplikasi limbah.....	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Limbah padat <i>Coca Cola</i> yang akan digunakan untuk mengisolasi jamur.....	6
Gambar 2.	Koloni beberapa jenis jamur hasil isolasi dari limbah padat <i>Coca Cola</i> dengan pengenceran 10^{-8} pada hari ketiga.....	23
Gambar 3.	Pengenceran 10^{-8} sel/mL <i>Saccharomyces sp.</i>	24
Gambar 4.	Pemurnian pertama <i>Saccharomyces sp.</i>	24
Gambar 5.	Pemurnian kedua <i>Saccharomyces sp.</i>	24
Gambar 6.	Pemurnian ketiga <i>Saccharomyces sp.</i>	25
Gambar 7.	Non adaptasi logam Mn (0 mg/L).....	25
Gambar 8.	Adaptasi logam mangan 5 mg/L	26
Gambar 9.	Adaptasi logam mangan 10 mg/L.....	26
Gambar 10.	Adaptasi logam mangan 15 mg/L.....	26
Gambar 11.	Adaptasi logam mangan 20 mg/L.....	26
Gambar 12.	Pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan (Q) logam mangan (VII) dengan konsentrasi 50 mg/L, masa <i>Saccharomyces sp</i> 1 g, lama fermentasi 1 hari.....	27
Gambar 13.	Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan (Q) logam mangan (VII) dengan pH 6, masa <i>Saccharomyces sp</i> 1 g, lama fermentasi 1 hari.....	29
Gambar 14.	Pengaruh lama fermentasi terhadap kapasitas penyerapan (Q) logam mangan (VII) dengan pH 6, konsentrasi 50 mg/L, masa <i>Saccharomyces sp</i> 1 g, lama fermentasi 1, 2 dan 3 hari.....	30
Gambar 15.	Perbandingan kondisi adaptasi dengan non adaptasi terhadap kapasitas penyerapan logam Mn (VII) pada pH 6, konsentrasi 50 mg/L, masa <i>Saccharomyces sp</i> 1 g, lama fermentasi 1 hari dan 2 hari.....	31
Gambar 16.	Perbandingan kondisi adaptasi dengan non adaptasi terhadap kapasitas penyerapan dan persen serap logam Mn (VII) untuk aplikasi limbah laboratorium Biokimia UNAND, pada pH 6,	

konsentrasi 50 mg/L, masa *Saccharomyces sp* 1 g, lama fermentasi
2 hari.....32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan akibat berbagai faktor saat sekarang ini sudah sangat membahayakan kebersihan dan kesehatan manusia. Terlebih pencemaran air yang sebagian besar telah mengganggu biota air serta manusia. Bahan-bahan pencemar tersebut banyak berasal dari kegiatan industri-industri. Penyebabnya juga beragam dan secara umum disebabkan oleh senyawa-senyawa kimia yang berbahaya seperti phenol, amonia dan logam-logam berat.¹

Diantara logam-logam berat, mangan merupakan polutan yang cukup berdampak jika masuk kesistem perairan. Limbah mangan dapat berasal dari limbah pertambangan, maupun pabrik pengolahan tekstil dan pembuatan alloy. Kontaminasi logam berat dengan konsentrasi yang rendah secara umum akan sulit dihilangkan dari air limbah. Selain berfungsi sebagai nutrisi esensial, mangan juga dapat menjadi racun. Logam mangan dengan bilangan oksidasi +7 merupakan oksida yang tidak stabil seperti Mn_2O_7 dan MnO_4^- yang berwarna ungu merupakan oksidator kuat. Namun dari semua oksida-oksida mangan, mangan bilangan oksidasi +7 merupakan mangan yang sangat berbahaya jika terakumulasi dalam tubuh manusia, akibat berbagai faktor seperti tercemarnya air minum oleh limbah mangan atau pun akibat masuknya mangan bilangan oksidasi +7 melalui makanan serta akibat limbah industri pengolahan mangan. Akibat yang ditimbulkan dari banyaknya konsentrasi mangan dalam tubuh yaitu kelainan syaraf seperti gangguan motorik serta penyakit parkinson. Oleh karena itu mangan bilangan oksidasi +7 harus direduksi menjadi mangan bilangan oksidasi +2 untuk menghindari keracunan mangan +7.²

Salah satu cara yang telah diteliti oleh peneliti sebelumnya dalam mengurangi toksisitas logam-logam yang berbahaya adalah penyerapan dengan karbon, telah dilaporkan dapat mereduksi logam-logam berat dari air limbah, tetapi butuh biaya yang sangat mahal. Selain itu juga dapat dilakukan dengan menggunakan *Garcinia Mangostana L* (manggis), dilaporkan bahwa penyerapan logam Pb (II), Cd (II) dan Co (II) yang tidak di ekstrak diperoleh kapasitas

penyerapannya berturut-turut adalah 1,6 mg/g, 1,3 mg/g dan 0,83 mg/g sedangkan yang diekstrak diperoleh berturut-turut 0,39 mg/g, 0,18 mg/g dan 1,54 mg/g.³

Selain menggunakan karbon dan tumbuhan, logam-logam yang berbahaya juga dapat diserap dengan menggunakan mikroorganisme. Oleh karena itu, dilakukanlah suatu penelitian penyerapan logam mangan bilangan oksidasi +7 dengan bantuan mikroorganisme. Berbagai mikroorganisme seperti bakteri, yeast, alga dan fungi kini telah berhasil digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam-logam berat, diantaranya seperti jamur *Saccharomyces cerevisiae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, bakteri *P. Aureginosa* dan *K Pneumonia*, ganggang karang (*chara fragilis sp*).⁴

Penggunaan sorben yang murah karena kelimpahannya terdapat di alam atau hasil samping atau limbah. Yeast telah diteliti untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (biosorben) ion-ion logam berat. Dalam beberapa penelitian biomassa sel *Saccharomyces cerevisiae* diperoleh dari limbah cair proses fermentasi industri bir atau limbah lain. *Saccharomyces cerevisiae* ini tidak hanya bisa menyerap logam Mn, tapi juga logam lain seperti Cr, Mo, Co, Zn, Ca, Sr, Hg, Pb dan Cu. Penelitian sebelumnya yang telah melakukan penyerapan logam berat mangan dengan menggunakan yeast *Candida Utilis*, hasil yang diperoleh bahwa penyerapan optimum pada pH 6 mampu menyerap sampai 50 %.⁵

Selain itu, penelitian yang sama dengan menggunakan alga sebagai sorben terhadap logam mangan. Ia memperoleh pH 5 sebagai pH optimum dalam penyerapan logam mangan.⁶

Sedangkan penelitian lainnya menyatakan bahwa penyerapan logam mangan oleh bakteri *HAHI* dan *SAS* mampu menyerap 6,57-14,84 mg/g dan 1,40-13,90 mg/g pada pH 5-7.⁷

Untuk persentase penyerapan oleh *Saccharomyces cerevisiae* terhadap logam Cu (II), Cd (II) dan Fe (III), masing-masing sebesar 14,532 % selama 18 jam, 12,058 % selama 48 jam, 15,594 % selama 18 jam.⁸

Mikroorganisme yang digunakan dapat diisolasi dari limbah industri. Salah satu limbah industri yang diduga mengandung *Saccharomyces* adalah industri Coca Cola. Dilihat dari proses industri yang berlangsung, Coca Cola tentu

menggunakan gula dalam prosesnya, dan diduga jamur *Saccharomyces sp* akan banyak tumbuh dalam limbah ini, karena mikroorganisme tersebut tentu butuh nutrisi untuk kelangsungan hidup, salah satu nutrisinya adalah sumber karbon yang dapat diperoleh dari gula tersebut. Dilatar belakangi hal diatas maka dalam penelitian ini akan dilakukan isolasi jamur *Saccharomyces sp* dari limbah padat Coca Cola untuk penyerap logam berat Mangan VII yang ada dalam perairan.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengabsorpsi logam berat mangan dengan bantuan mikroorganisme *Saccharomyces sp*, dengan mempelajari:

1. Cara mengisolasi jamur *Saccharomyces sp* dari limbah padat coca cola yang akan menyerap logam Mn (VII).
2. Biosorpsi logam Mn (VII) dengan sel *Saccharomyces sp* pada pH 4-7
3. Pengaruh lama fermentasi logam mangan (VII) dalam medium PDB.
4. Pengaruh konsentrasi logam Mn (VII)

1.3 Rumusan Masalah

Beberapa masalah yang timbul akibat adanya pencemaran lingkungan telah mendorong peneliti untuk mencari cara untuk mendeteksi konsentrasi bahan pencemar dan mencari cara untuk menghilangkan bahan pencemar beracun seperti logam Mn (VII). Masalah yang timbul adalah:

1. Apakah mikroorganisme seperti jamur dapat melakukan biosorpsi untuk mengurangi kadar pencemaran logam berat Mn (VII)?
2. Kondisi yang bagaimana (konsentrasi Mn (VII), waktu fermentasi serta pH) yang bisa menurunkan kadar pencemaran logam berat?

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa manfaat, diantaranya:

1. Dapat mengurangi kadar limbah Mn (VII) yang sangat berbahaya dilingkungan.

2. Mengetahui kapasitas penyerapan serta persentase berkurangnya Mn (VII) yang terserap oleh mikroorganisme *Saccharomyces sp*, yang disolasi dari limbah padat Coca Cola.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah atau sampah yaitu limbah atau kotoran yang dihasilkan karena pembuangan sampah atau zat kimia dari pabrik-pabrik. Limbah atau sampah juga merupakan suatu bahan yang tidak berarti dan tidak berharga, tapi kita tidak mengetahui bahwa limbah juga bisa menjadi sesuatu yang berguna dan bermanfaat jika diproses lebih lanjut.

Berdasarkan karakteristiknya, limbah ada 4 yaitu limbah cair, limbah padat, limbah partikel dan gas serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

2.1.1 Limbah cair

Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair (PP 82 thn 2001). Jenis-jenis limbah cair dapat digolongkan berdasarkan pada:

- a. Sifat Fisika dan Sifat kimia.
- b. Parameter Logam, contohnya Arsenik (As) dengan metoda SSA
- e. Mikroorganisme contohnya *E Coli* dengan metoda MPN (Most Probable Number).⁹

2.1.2 Limbah Padat

Limbah padat adalah hasil buangan industri yang berupa padatan, lumpur atau bubur yang berasal dari suatu proses pengolahan. Limbah padat berasal dari kegiatan industri dan domestik. Limbah domestik pada umumnya berbentuk limbah padat rumah tangga, limbah padat kegiatan perdagangan, perkantoran, limbah pabrik, peternakan, pertanian serta dari tempat-tempat umum.

Jenis-jenis limbah padat antara lain, kertas, kayu, kain, karet/kulit tiruan, plastik, metal, gelas/kaca, organik, bakteri, kulit telur, dll. Sumber-sumber dari limbah padat sendiri meliputi seperti pabrik gula, pulp, kertas, rayon, plywood, limbah nuklir, pengawetan buah, ikan, atau daging.⁹

Limbah pasti akan berdampak negatif pada lingkungan hidup jika tidak ada pengolahan yang baik dan benar, dengan adanya limbah padat didalam lingkungan hidup maka dapat menimbulkan pencemaran seperti:

1. Timbulnya gas beracun, seperti asam sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), metan (CH_4), CO_2 dan sebagainya. Gas ini akan timbul jika limbah padat ditimbun dan membusuk karena adanya mikroorganisme. Adanya musim hujan dan kemarau, terjadi proses pemecahan bahan organik oleh bakteri penghancur dalam suasana aerob/ anaerob.
2. Dapat menimbulkan penurunan kualitas udara, dalam sampah yang ditumpuk, akan terjadi reaksi kimia seperti gas H_2S , NH_3 dan metan yang jika melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) akan merugikan manusia. Gas H_2S 50 ppm dapat mengakibatkan mabuk dan pusing.
3. Penurunan kualitas air, karena limbah padat biasanya langsung dibuang dalam perairan atau bersama-sama air limbah. Maka akan dapat menyebabkan air menjadi keruh dan rasa dari air pun berubah.
4. Kerusakan permukaan tanah.⁹

Oleh karena itu, maka limbah tersebut harus dikurangi kadarnya dari lingkungan. Ada banyak cara yang dapat dilakukan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme yang ada dalam limbah padat tersebut. Mikroorganisme tersebut dapat digunakan dalam penyerapan logam berat. Hal inilah yang akan dilakukan dalam penelitian ini.⁹

2.1.2.1 Limbah padat coca cola

Dalam penelitian ini, mikroorganisme yang digunakan untuk penyerapan logam berat Mn VII adalah jamur *Saccharomyces sp* yang diisolasi dari limbah padat pabrik coca cola, yang diambil langsung dari PT. Coca Cola Bottling Indonesia, Kab. Padang Pariaman.



Gambar 1: Limbah padat coca cola yang akan digunakan untuk mengisolasi jamur.

Limbah padat coca cola ini berbentuk seperti lumpur yang padat, berwarna coklat dan terdapat seperti serat-serat. Limbah coca cola ini dipilih untuk mengisolasi jamur *Saccharomyces sp* karena diduga terdapat kandungan glukosa yang banyak dalam limbah padat ini, dan dalam proses pengolahan coca cola juga dibutuhkan glukosa.

Sebagaimana kita ketahui bahwa mikroorganisme juga memerlukan kandungan nutrisi untuk hidup terutama sumber karbon, yang salah satunya berasal dari glukosa. Sehingga limbah padat coca cola ini sangat disenangi oleh jamur *Saccharomyces sp* untuk tumbuh dan berkembang biak. Selain itu dipilih limbah padat karena sangat berhubungan dengan penggunaan limbah yang tidak dibutuhkan lagi.

Dengan adanya penelitian ini akan mengurangi kadar limbah pabrik dengan memanfaatkannya untuk mengisolasi mikroorganisme yang akan digunakan dalam berbagai hal, seperti dalam penyerapan logam berat Mn (VII) pada penelitian ini. Tidak hanya itu, limbah padat coca cola ini juga dapat digunakan sebagai pupuk kompos.

2.1.3 Limbah partikel dan gas

Polusi udara adalah tercemarnya udara oleh berberapa partikulat zat (limbah) yang mengandung partikel (asap dan jelaga), hidrokarbon, sulfur dioksida, nitrogen oksida, ozon (asap kabut fotokimiawi), karbon monoksida dan timah.⁹

2.1.4 Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Suatu limbah digolongkan sebagai limbah B3 bila mengandung bahan berbahaya atau beracun yang sifat dan konsentrasinya, baik langsung maupun tidak langsung, dapat merusak atau mencemarkan lingkungan hidup atau membahayakan kesehatan manusia. Yang termasuk limbah B3 antara lain adalah bahan baku yang berbahaya dan beracun yang tidak digunakan lagi karena rusak, sisa kemasan, tumpahan, sisa proses, dan oli bekas kapal yang memerlukan penanganan dan pengolahan khusus. Bahan-bahan ini termasuk limbah B3 bila memiliki salah satu atau lebih karakteristik berikut: mudah meledak, mudah

terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif, dan lain-lain, yang bila diuji dengan toksikologi dapat diketahui termasuk limbah B3.⁹

2.2 Logam Mangan

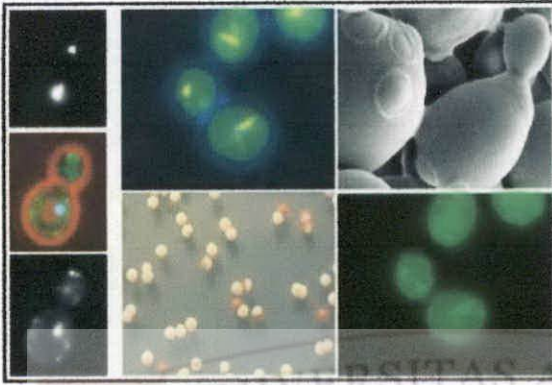
Mangan adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Mn dan nomor atom 25. Mangan merupakan logam yang berwarna abu-abu, mudah rapuh, sulit melebur tapi sangat mudah teroksidasi. Logam mangan bersifat paramagnetik. Logam mangan memiliki beberapa bilangan oksidasi yaitu +2, +3, +4, +6 and +7.

Logam mangan dengan bilangan oksidasi +7 merupakan oksida yang tidak stabil seperti Mn_2O_7 dan MnO_4^- yang berwarna ungu merupakan oksidator kuat. Senyawa dengan bilangan oksidasi +5 (biru) dan +6 (hijau) juga merupakan oksidator kuat. Sedangkan mangan +2 merupakan senyawa mangan yang stabil dibanding yang lain yang berwarna pink. Senyawa mangan dengan bilangan oksidasi +2 yang terdapat dialam seperti $MnSO_4$ dan $MnCl_2$. Mangan dengan bilangan oksidasi +2 merupakan logam yang berfungsi esensial bagi sel makhluk hidup. Sementara oksida mangan lainnya merupakan oksida yang berbahaya bagi makhluk hidup.

Logam mangan dengan bilangan oksidasi +3 seperti MnF_3 dan mangan (III) asetat. Mangan bilangan oksidasi +4 yang dikenal adalah MnO_2 , sedangkan bilangan oksidasi +5 adalah Na_3MnO_4 dan +6 adalah K_2MnO_4 . Namun dari semua oksida-oksida mangan, mangan dengan bilangan oksidasi +7 merupakan mangan yang sangat berbahaya jika terakumulasi dalam tubuh manusia, akibat berbagai faktor seperti tercemarnya air minum oleh limbah mangan atau pun akibat masuknya mangan (VII) melalui makanan serta akibat limbah industri pengolahan mangan. Akibat yang ditimbulkan dari banyaknya konsentrasi mangan dalam tubuh yaitu kelainan syaraf seperti gangguan motorik serta penyakit parkinson.¹⁰

Oleh karena itu perlu penanganan lebih lanjut terhadap logam-logam yang berbahaya, salah satunya dengan mereduksi logam mangan (VII) menjadi mangan (II) yang tidak berbahaya melalui proses biosorpsi dengan menggunakan mikroorganisme *Saccharomyces sp.*

2.3. *Saccharomyces cerevisiae*



Saccharomyces cerevisiae

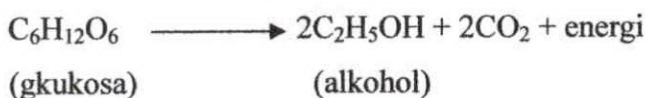
Taksonomi *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut (Anonymous, 2009):

- Divisi : Eumycophyta
Kelas : Ascomycetes
Ordo : Sacharomycetales
Famili : Sacharomycetaceae
Genus : Sacharomyces
Species : *Sacharomyces cerevisiae*

Ragi atau istilah resminya adalah yeast merupakan organisme bersel tunggal berjenis eukariotik. Berkembang biak dengan membelah diri. Berbeda dengan bakteri, yeast memiliki ukuran sel lebih besar (sekitar 10x), memiliki organ-organ, memiliki membran inti sel, dan DNA terlokalisasi di dalam kromosom dalam inti sel. Ini menyebabkan yeast bisa melakukan fungsi-fungsi sel yang berbeda-beda di tiap lokasi dalam selnya. Singkatnya, sel yeast lebih mirip sel organisme tingkat tinggi seperti hewan. Dengan kata lain, yeast secara evolusi lebih maju ketimbang bakteri semacam *E. coli*.¹¹

Saccharomyces merupakan genus khamir (ragi/yeast) yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂.

Reaksi kimianya adalah sebagai berikut.



Saccharomyces merupakan mikroorganisme bersel satu tidak berklorofil, termasuk kelompok Eumycetes. Tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *Saccharomyces* dalam proses fermentasi yaitu

mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi. Pertumbuhan *Saccharomyces* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu unsur C sebagai sumber carbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea, ZA, amonium dan pepton, mineral dan vitamin. Suhu optimum untuk fermentasi antara 28 – 30 °C. Beberapa spesies yang termasuk dalam genus ini diantaranya yaitu *Saccharomyces sp*, *Saccharomyces boullardii*, dan *Saccharomyces uvarum*.¹²

Saccharomyces cerevisiae merupakan jamur golongan ascomycotina. Sebagian besar dari jamur yang termasuk golongan Ascomycotina mempunyai hifa bersekat-sekat dan bercabang-cabang. Selain itu, terdapat jenis jamur yang mempunyai hifa berlubang sehingga protoplasma dan inti sel dapat mengalir dari satu sel ke sel lainnya. Struktur tubuh jamur dari golongan Ascomycotina ada yang multiseluler atau uniseluler seperti pada ragi.¹³

Sel yang termasuk jenis *Saccharomyces cerevisiae* berbentuk bulat, oval, atau memanjang. Khamir permukaan tumbuh secara menggerombol dan melepaskan karbon dioksida dengan cepat mengakibatkan sel terapung pada permukaan. Contohnya adalah *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* merupakan galur yang dapat memproduksi alkohol dalam jumlah tinggi, sehingga digunakan dalam industri pembuatan alkohol atau anggur. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi enzim-enzim seperti heksokinase, L-laktase, dehidrogenase, glukosa 6 fosfat dehidrogenase, pirofosfat anorganik, serta enzim alkohol dehidrogenase yang sangat penting perannya dalam proses fermentasi alkohol.

Jamur ini juga digunakan sebagai pabrik tempat pembuatan vaksin hepatitis B rekombinan yang pertama. Tidak hanya itu, *Saccharomyces cerevisiae* juga merupakan pabrik enzim makanan pertama (chymosin, enzim yang digunakan dalam pembuatan keju). Jenis ragi yang dimanfaatkan untuk pembuatan tape atau pengembang adonan roti adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Jamur ini dapat memfermentasi glukosa menjadi alkohol dan karbon dioksida.

Saccharomyces cerevisiae sudah banyak diteliti berkaitan dengan potensinya sebagai biosorben dan bioakumulator logam berat, diantaranya karena

memiliki persentase material dinding sel sebagai sumber pengikat logam yang tinggi juga biomassa *Saccharomyces cerevisiae* mudah didapatkan karena banyak digunakan dalam proses fermentasi, sedangkan kesetimbangan biosoprsi dengan kondisi optimum untuk kadmium dilaporkan terjadi sebesar 35 mg/g sel.¹⁴

Penyerapan logam oleh *Saccharomyces cerevisiae*, terjadi pada dinding sel. Untuk uranium penyerapan dapat mencapai 50% dari berat kering sel. Dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* terdiri dari polisakarida- α -manan, β -glukan, chitin, chitosan dan protein, lipid, zat anorganik terutama fosfat. α -manan merupakan komponen sebagai makromolekul yang disebut fosfomanan. Makromolekul ini terdiri dari rantai manan bercabang yang mempunyai ikatan fosfodiester dan melekat pada protein. Karena mengandung fosfodiester maka makromolekul fosfo manan adalah molekul poliionik.

Penyerapan logam pada dinding sel terjadi akibat adanya berbagai senyawa pembangun dinding sel seperti senyawa-senyawa polisakarida dan protein serta ligan-ligan ionik seperti asam karboksil, amino dan posfat. Senyawa-senyawa ini yang dianggap sebagai komponen aktif dalam proses biosopsi dengan membentuk senyawa kompleks dengan logam. Kerja senyawa-senyawa ini sangat dipengaruhi oleh pH, karena pH dapat mempengaruhi titik isolistrik permukaan biomassa. Pada pH rendah, permukaan sel akan bermuatan negatif.¹⁵

Interaksi logam dengan permukaan dinding sel biomasa organisme terjadi dengan kuat. Interaksi ini dapat berupa ionik, kovalen polar dan kompleks. Dalam ikatan ini protein dan polisakarida berperan sebagai sumber gugus fungsi dalam mengikat ion logam. Komponen dinding sel seperti karboksil, hidroksiil, fosfat, fosfodiester dan tholat, merupakan gugus yang bermuatan negatif atau berfungsi sebagai anion. Sedangkan gugus-gugus fungsi yang tidak bermuatan, seperti nitrogen pada chelat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk ikatan kompleks dengan ion logam (gugus amida yang berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas).¹⁵

Adanya gugus OH, pada polisakarida penyusun dinding sel *Saccharomyces sp* menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben tersebut. Dengan demikian polisakarida lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar.

Mekanisme serapan yang terjadi antara gugus –OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam bermuatan positif (kation) merupakan mekanisme pertukaran ion.⁴

2.4 Proses Bioremoval

Secara alami di mana kondisi tanpa kendali, proses bioremoval ion logam berat umumnya terdiri dari dua mekanisme yang melibatkan proses active uptake dan passive uptake. Pada saat ion logam berat tersebar pada permukaan sel, ion akan terikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemampuan daya affinitas kimia yang dimilikinya. Mekanisme proses bioremoval ada dua yaitu pasive uptake dan aktiv uptake.¹⁵

2.4.1 Passive uptake.

Passive uptake dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda:

- a. pertama pertukaran ion di mana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat;
- b. kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional groups seperti karbonil, amino, tiol, hidrosi, dan fosfat yang berada pada dinding sel.

2.4.1.1 Biosorpsi

Salah satu metode untuk menurunkan kandungan logam mangan dalam air limbah adalah treatment sorpsi. Metode sorpsi yaitu melibatkan interaksi antara analit dengan permukaan zat padat (adsorben). Sorben yang sekarang ini banyak digunakan adalah dari bahan organik. Beberapa contoh biosorben yang dapat digunakan dalam penanganan limbah mangan adalah chitosan, serbuk gergaji, mikroalga, dan rumput laut. Selain itu juga dapat digunakan mikroorganisme seperti jamur *Saccharomyces cerevisiae*.

Proses biosorpsi ini bersifat bolak balik dan cepat. Proses bolak balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomass.

Proses biosorpsi dapat lebih efektif dengan kehadiran tertentu pH dan kehadiran ion-ion lainnya di media di mana logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut. Misalkan, pH optimum biosorpsi ion lead(II), nickel(II) dan copper(II) oleh *Zoogloea ramigera* adalah berkisar antara 4.0-4.5 sedangkan untuk besi(II) adalah 2.0.⁶

Hasil studi terhadap biosorpsi timbal oleh alga laut *Eckloniaradiata* menunjukkan bahwa laju penyerapan (biosorpsi) naik sejalan dengan naiknya pH hingga 5.0. Fungus juga dapat digunakan untuk menyerap nikel, copper dan berbagai jenis elemen lantanida seperti throrium, uranium dan plutonium. Kebanyakan menggunakan pendekatan dengan pH 2. Tetapi di bagian lain, metode ini menjadi tidak efektif bila terdapat penghambat-penghambat proses metabolisme (metabolic inhibitor) atau siklus gelap terang.

Secara umum, biosorpsi ion logam berat berlangsung cepat, bolak balik dan tidak tergantung terhadap faktor kinetik bioremoval bila dikaitkan dengan penyebaran sel (dispersed cell).¹⁵

2.4.1.2 Mekanisme Proses Biosorpsi

Sebagian besar mekanisme pembersihan logam berat oleh mikroorganisme adalah proses pertukaran ion yang mirip pertukaran ion pada resin.

Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Secara kontak langsung (Batch)

Proses ini dilakukan dengan memasukkan adsorben ke dalam larutan contoh yang akan dimurnikan, kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan adsorben dari larutan.

2. Secara dinamis (kolom)

Proses ini dilakukan dengan melewati larutan contoh ke dalam kolom yang berisi adsorben sehingga zat-zat tertentu akan diserap oleh adsorben.

Mikroorganisme, diantaranya khamir, jamur, bakteri dan alga secara efisien dapat menyerap logam-logam berat dan radionuklida dari lingkungan eksternalnya. Secara umum, terdapat dua jenis penyerapan logam berat oleh mikroorganisme, yaitu penyerapan logam yang tidak bergantung pada

metabolisme (metabolism-independen) dan penyerapan logam yang bergantung pada metabolisme (metabolism-dependent).¹⁵

2.4.1.3 Interaksi Pada Biosorpsi Logam Oleh Mikroorganisme

Interaksi antara kation logam dengan biomassa mikroorganisme yang melibatkan makromolekul permukaan sel, terjadi dengan kuat dan relatif tidak spesifik. Jenis interaksi, khususnya pada jamur dan khamir:

1. Interaksi ionik

Interaksi yang terjadi antara kation logam dengan gugus anion dari makromolekul pada permukaan dinding sel.

2. Interaksi Polar

Polisakarida penyusun dinding sel mikroorganisme dapat membentuk kompleks dengan ion ligan transisi melalui interaksi dipol-dipol antara kation logam dengan gugus polar seperti -OH, -NH₂ dan C=O. Pembentukan kompleks tergantung pada kemampuan berinteraksi beberapa gugus dalam makromolekul yang berfungsi sebagai ligan untuk membentuk khelat.

3. Mineralisasi

Bioakumulasi logam-logam oleh mikroorganisme dan terikatnya logam-logam membentuk senyawa yang tidak larut akibat reaksi kimia, diketahui sebagai suatu proses yang penting dalam pembentukan mineral dalam proses biogeokimia di permukaan bumi. Beberapa proses ini dapat diamati selama interaksi logam tertentu dengan dinding sel bakteri, di laboratorium.

Protein dan polisakarida memegang peranan yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam berat di mana terjadinya ikatan kovalen termasuk juga dengan gugus amino dan gugus karbonil. Pengambilan ion logam berat oleh *Chlorella regularis* secara selektif dikarenakan oleh adanya ikatan yang kuat antara pasangan ion logam berat dan komponen sel, khususnya protein. Pada saat alga dikulturasikan pada medium yang mengandung cadmium, protein disintesiskan oleh sel *Chlorella vulgaris*, tetapi ketika alga dikulturasikan pada medium yang mengandung arsenik, protein tidak tersintesiskan. Beberapa keuntungan biosorpsi seperti biomassa dapat diperoleh dari industri fermentasi

atau limbah setelah fermentasi, prosesnya tidak dibatasi oleh batasan fisiologis sel mikroba serta sangat efisien dalam proses uptake logam berat.

Kelemahan dalam proses biosorpsi yaitu potensial biosorpsi selama proses biologi terbatas karena keterbatasan kemampuan sel melakukan metabolisme secara terus menerus.¹⁷

2.4.2 Aktif uptake.

Aktif uptake dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan terakumulasi pada intraselular mikroorganisme. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekresi pada tingkat ke dua. Proses ini tergantung dari energi yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, dan cahaya. Disamping itu proses ini dapat dihambat oleh suhu yang rendah, tidak tersedianya sumber energi dan penghambat-penghambat metabolisme sel.

Di sisi lain, biosorpsi logam berat dengan sel hidup ini terbatas dikarenakan oleh akumulasi ion yang menyebabkan racun terhadap mikroorganisme. Hal ini biasanya dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme disaat keracunan terhadap ion logam tercapai. Mikroorganisme yang tahan terhadap efek racun ion logam akan dihasilkan berdasarkan prosedur seleksi yang ketat terhadap pemilihan jenis mikroorganisme yang tahan terhadap kehadiran ion logam berat.¹⁸

2.5. Konsep dasar Proses Bioremoval

Untuk mendesain suatu proses pengolahan limbah yang melibatkan mikroorganisme dalam mengatasi permasalahan ion logam berat, secara proses bioremoval merupakan metode sangat mudah. Mikroorganisme pilihan dimasukkan, ditumbuhkan dan selanjutnya dikontakkan dengan air yang tercemar ion-ion logam berat.

Proses pengontakkan dilakukan dalam jangka waktu tertentu yang ditujukan agar biomassa berinteraksi dengan ion-ion logam berat dan selanjutnya biomassa ini dipisahkan dari cairan. Kemudian biomassa yang terikat dengan ion

logam berat diregenerasi untuk digunakan kembali atau kemudian dibuang ke lingkungan. Widle dkk mengusulkan beberapa variabel yang perlu diperhatikan dalam mendesain dan mengoperasikan proses bioremoval dalam melibatkan mikroorganisme, seperti seleksi dan pemilihan biomassa yang sesuai serta treatment awalnya, waktu tinggal dan waktu kontak proses, proses pemisahan dan rekoveri biomassa, pembuangan biomassa yang telah digunakan, dan pertimbangan ekonomis selama proses berlangsung.

Seleksi dan pemilihan biomassa yang sesuai serta proses treatment awal merupakan unsur yang penting dalam mendesain suatu proses bioremoval. Proses ini juga meliputi pemilihan strain yang sesuai, metode kulturisasi dan kondisi fisik biomassa. Walaupun ada beratus jenis species mikroorganisme yang telah diidentifikasi sejak 200 tahun belakangan ini, namun sangat sedikit diantaranya teridentifikasi sebagai mikroorganisme yang mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap pengaruh tingkat keracunan suatu ion logam berat.

Pada beberapa kasus, sangat terbatas studi yang melakukan studi banding terhadap beberapa jenis mikroorganisme, di mana hasilnya selalu memiliki banyak perbedaan dalam efisiensi ikatan antara logam berat dengan spesies mikroorganisme.¹⁸

2.6 Spektroskopi Serapan Atom (AAS)

2.6.1 Prinsip AAS

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikan tingkat energinya ketingkat eksitasi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan memperoleh garis resonansi yang tepat.

2.6.2 Cara Kerja AAS

Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen berikut :

1. Unit atomisasi
2. Sumber radiasi
3. Sistem pengukur fotometrik

Atomisasi dapat dilakukan dengan baik dengan nyala maupun dengan tungku. Untuk mengubah unsur metalik menjadi uap atau hasil disosiasi diperlukan energi panas. Temperatur harus benar-benar terkontrol dengan sangat hati-hati agar proses atomisasinya sempurna. Biasanya temperatur dinaikkan secara bertahap, untuk menguapkan dan sekaligus mendisosiasikan senyawa yang dianalisis. Bila ditinjau dari sumber radiasi, haruslah bersifat sumber yang kontinyu. Di samping itu sistem dengan penguraian optis yang sempurna diperlukan untuk memperoleh sumber sinar dengan garis absorpsi yang semonokromator mungkin. Seperangkat sumber yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur yang spesifik tertentu dikenal sebagai lampu pijar *hallow cathode*. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar, dan atom-atom logam katodenya akan teruapkan dengan pemercikkan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu.

2.6.3 Pemakaian Analitis AAS

Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runtu, tdk memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu. Ketiga, sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsure lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan sampai 61 logam. Sensitivitas dan batas deteksi merupakan 2 parameter yang sering digunakan dalam AAS. Sensitivitas didefinisikan sebagai konsentrasi suatu unsur dalam larutan air ($\mu\text{g/ml}$) yang mengabsorpsi 1 % dari intensitas radiasi yang datang. Sedangkan batasan deteksi adalah konsentrasi suatu unsur dalam larutan yang memberikan sinyal setara dengan 3 kali deviasi standar dari suatu seri pengukuran standar yang konsentrasinya mendekati blangko atau sinyal latar belakang.¹⁹

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan bulan februari sampai september 2011 di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoclave, shaker, inkubator, petridish, jarum ose, erlenmeyer, labu ukur, pipet, pH meter, kertas saring Whatman 42, timbangan analitik, AAS, mikroskop dan peralatan gelas laboratorium lainnya.

3.2.2 Bahan

Jamur *Saccharomyces sp* diisolasi dari limbah padat coca cola yang diambil langsung dari pabrik coca cola kota Padang, kalium permanganat ($KMnO_4$), HCl, NaOH, buffer pospat, alkohol 70%, kloromfenikol, dan aquades. Media yang akan digunakan ada beberapa jenis sesuai keperluannya, seperti PDA (Potato Dextrose Agar) sebagai media isolasi jamur, PDB (Potato Dextrose Broth) sebagai media perbanyakan dan media fermentasi.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pembuatan Media

3.3.1.1 Media Isolasi, Peremajaan, Pemeliharaan dan Perbanyakan

Potato Dextrose Agar 50 %

Sebanyak 9,75 g bubuk PDA ditambahkan dengan 250 mL aquades, kemudian dipanaskan sampai larut sempurna. Media disterilisasi dalam autoklav pada suhu $121^{\circ}C$, tekanan 2 atm selama 30 menit. Media yang sudah steril didinginkan sampai suhu kira-kira $40^{\circ}C$ kemudian ditambahkan kloromfenikol sebagai antibiotik. Selanjutnya media dituang kedalam cawan petri dan biarkan mengeras.

3.3.1.2 Media Fermentasi

Potato dextrose Broth (PDB)

Media PDB dibuat secara langsung dengan menggunakan kentang dan dextrose, dengan formula 50 g kentang, direbus dengan 250 ml aquades dan diambil ekstraknya, kemudian ditambah dengan dextrose 5 g. Larutan dipanaskan sampai larut dan homogen. Kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm selama 30 menit.

3.3.2 Pembuatan Buffer Pospat

Buffer fosfat pH 6 dapat dibuat dari campuran K_2HPO_4 sebanyak 12,3 mL dan KH_2PO_4 sebanyak 87,7 mL.

3.3.3 Isolasi Jamur dari Limbah Pabrik Coca Cola²⁰

Jamur yang terdapat pada limbah pabrik coca cola diisolasi dengan teknik *Maseration* (pengancuran) karena limbah tersebut berbentuk padat, limbah padat tersebut ditumbuk dengan mortar dan pestle sehingga mikroba yang ada dipermukaan atau di dalam dapat terlepas kemudian dilarutkan ke dalam air. Perbandingan antar berat sampel dengan pengenceran pertama adalah 1 : 9 (w/v).

1. Limbah yang telah halus dimasukkan kedalam cawan petri dan dipanaskan dengan oven pada suhu 80°C selama 30 menit dengan cawan petri untuk membunuh sel vegetatif yang masih tetap bertahan.
2. Limbah yang telah dioven diambil 1 g kemudian dimasukan ke dalam tabung pengenceran bertingkat.
3. Tiga pengenceran terakhir diambil untuk ditanam secara *spread plate* ke media PDA yang ditambah kloramfenikol. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 3-5 hari.
4. Koloni jamur yang tumbuh dimurnikan dan ditanam pada medium PDA,
5. Inkubasi pada suhu ruang 3-5 hari.²⁰

3.3.4 Perbanyak jamur

Spora tunggal yang didapat dilakukan pengenceran menjadi 10^{-8} sel/ml, kemudian ditumbuhkan dan diperbanyak dalam medium PDA miring dan petridish.

3.3.5 Adaptasi jamur dengan logam mangan

Jamur dengan pengenceran 10^{-8} sel/ml ditumbuhkan lagi dalam medium PDA yang telah ditambahkan logam mangan kedalam medium tersebut untuk melakukan adaptasi dengan lingkungan yang mengandung logam mangan. Konsentrasi logam mangan yang ditambahkan bervariasi yaitu 0, 5, 10, 15 dan 20 mg/L.

3.3.6 Non adaptasi jamur

Jamur dengan pengenceran 10^{-8} sel/ml selain ditumbuhkan pada medium yang mengandung logam mangan (adaptasi) juga ditumbuhkan lagi dalam medium PDA tanpa ditambahkan logam mangan kedalam medium tersebut untuk melihat perbandingan kondisi adaptasi dengan tanpa adaptasi.

3.3.7 Persiapan inokulum

Biakan jamur *Saccharomyces sp* diremajakan pada media PDA miring dan dalam petridish kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Jamur yang telah tumbuh ditambahkan aquades steril kemudian dikerik dengan cotton bud, pindahkan kedalam tabung reaksi, lalu sentrifus sehingga jamur mengendap, jamur yang tersebut ditimbang sebanyak 1 g yang akan digunakan untuk fermentasi.

3.3.8 Medium biosorpsi sebagai proses fermentasi

50 ml medium PDB dalam 250 ml Erlenmeyer diatur pH 4-7 dengan penambahan 0.1 M HCl atau 0.1 M NaOH kemudian ditambahkan buffer, disterilkan pada 121°C selama 30 menit, kemudian diinokulasi dengan 1 g inokulum *Saccharomyces sp* selama 24 jam dengan suspensi yang mengandung 10^{-8} sel/ml, logam yang telah disterilkan ditambahkan 50 ml dengan konsentrasi yang bervariasi setelah autoklaf. Botol tersebut diinkubasi pada 30°C dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 hari dan dishaker pada 150 rpm.

3.3.9 Pembuatan larutan Mn (VII)

Larutan logam dibuat dengan menggunakan KMnO_4 . Ditimbang 0.2873 g KMnO_4 kemudian larutkan dalam labu ukur 100 mL untuk mendapatkan larutan induk KMnO_4 1000 mg/L. Perhitungan terdapat pada lampiran 1. Kemudian dilakukan pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi yang diperlukan (5, 10, 15, 20 mg/L untuk adaptasi dan 30, 40, 50, 60, 70 mg/L untuk variasi konsentrasi). Pengaturan asam dengan HCl 0.1 M dan basa dengan NaOH 0.1 M.

3.3.10 Pengaruh pH larutan fermentasi terhadap penyerapan Mn(VII)

Kedalam 4 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 ml medium PDB, 50 ml larutan logam mangan konsentrasi 50 mg/L serta 1 g biomassa *Saccharomyces sp* yang telah diadaptasi dengan logam mangan konsentrasi 20 mg/L, dilakukan variasi pH 4, 5, 6, dan 7. Penambahan asam atau basa dengan HCl 0.1 M dan NaOH 0.1 M serta ditambahkan buffer pospat. Kemudian shaker larutan selama 1 hari. Setelah itu disaring dengan kertas saring whatman 42, dan filtratnya diencerkan menjadi 100 mL, kemudian diukur dengan AAS.

3.3.11 Pengaruh konsentrasi logam mangan dalam fermentasi

Kedalam 5 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 ml medium PDB, 50 ml larutan logam mangan konsentrasi bervariasi 30, 40, 50, 60 dan 70 mg/L serta 1 g biomassa *Saccharomyces sp* yang telah diadaptasi, pH yang digunakan adalah pH optimum pada pengerjaan sebelumnya dan ditambahkan buffer pospat. Kemudian shaker larutan selama 1 hari. Setelah itu disaring dengan kertas saring whatman 42, dan filtratnya diencerkan menjadi 100 mL, kemudian diukur dengan AAS.

3.3.12 Pengaruh waktu fermentasi terhadap penyerapan logam mangan

Kedalam 3 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 ml medium PDB, 50 ml larutan logam mangan konsentrasi optimum dan pH yang optimum pada pengerjaan sebelumnya dan ditambahkan buffer pospat. Kemudian tambahkan 1 g biomassa *Saccharomyces sp* yang telah diadaptasi. Kemudian shaker larutan

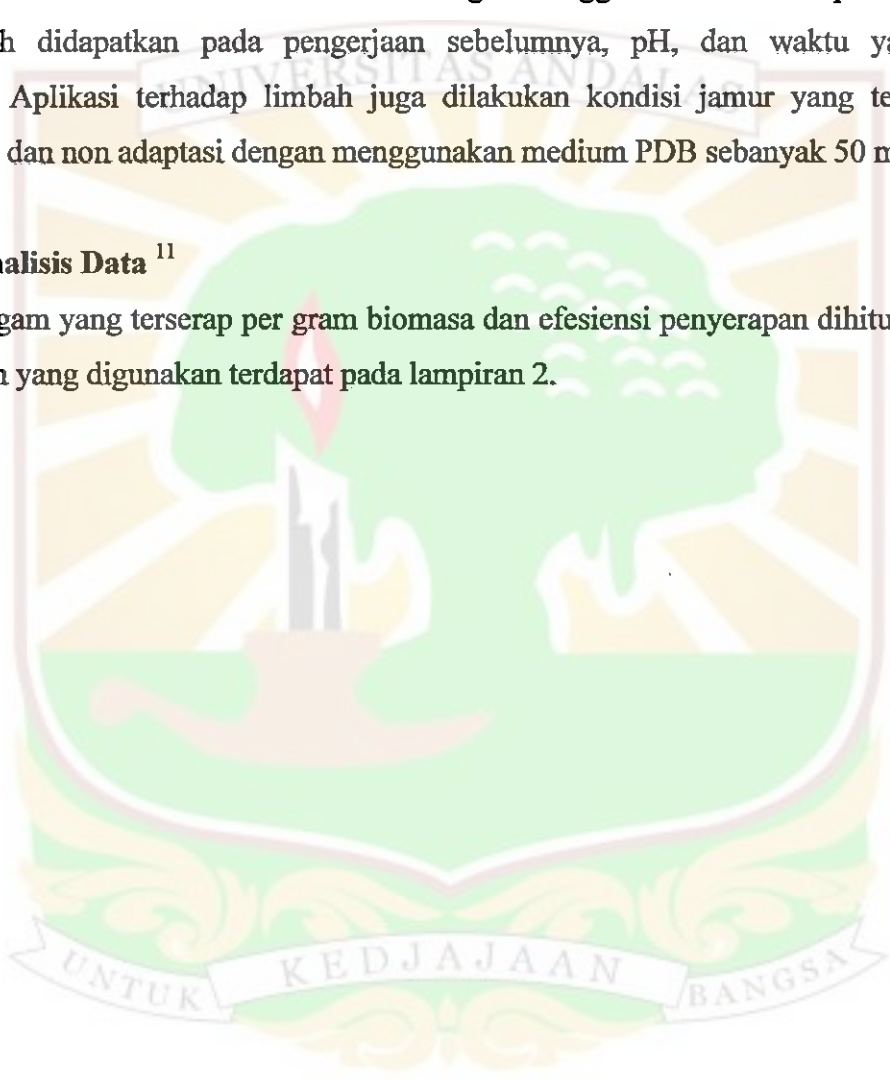
selama 1, 2, dan 3 hari. Setelah itu disaring dengan kertas saring whatman 42, dan filtratnya diencerkan menjadi 100 mL, kemudian diukur dengan AAS.

3.3.13 Aplikasi kondisi optimum biosorpsi dengan menggunakan limbah disekitar laboratorium Biokimia FMIPA UNAND

Penelitian ini langsung diaplikasikan terhadap limbah yang ada disekitar laboratorium Biokimia FMIPA UNAND. Dengan menggunakan kondisi optimum yang telah didapatkan pada pengerjaan sebelumnya, pH, dan waktu yang optimum. Aplikasi terhadap limbah juga dilakukan kondisi jamur yang telah diadaptasi dan non adaptasi dengan menggunakan medium PDB sebanyak 50 mL.

3.3.14 Analisis Data ¹¹

Jumlah logam yang terserap per gram biomasa dan efesiensi penyerapan dihitung. Persamaan yang digunakan terdapat pada lampiran 2.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolasi *Saccharomyces sp* dari limbah padat Coca Cola

Hasil isolasi jamur dari limbah padat cocacola diperoleh 8 koloni jamur dengan 2 jenis jamur yang berbeda yaitu putih kecil dan berwarna hitam besar pada pengenceran 10^{-8} sel/mL.



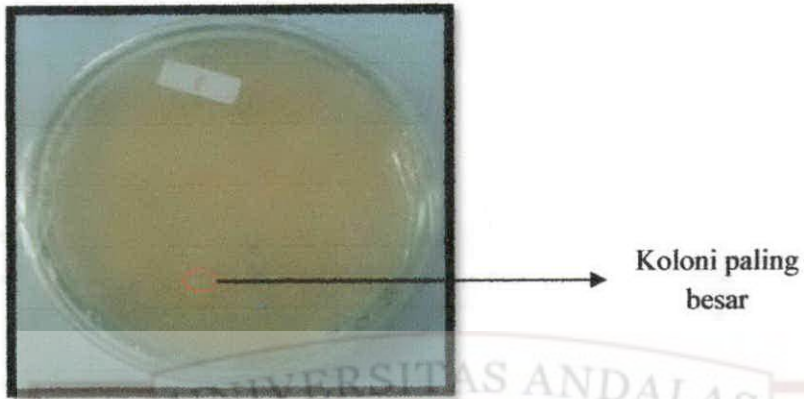
Gambar 2. Koloni beberapa jenis jamur hasil isolasi dari limbah padat cocacola dengan pengenceran 10^{-8} pada hari ketiga

Dari 2 jenis jamur yang berbeda bentuk tersebut, dapat dilihat dengan kasat mata bahwa jenis putih kecil tersebut merupakan *Saccharomyces sp*. Dikatakan *Saccharomyces sp* karena secara kasat mata memiliki ciri yang sama dengan *Saccharomyces sp* seperti berwarna putih licin mengkilat dengan sedikit miselium dan hampir tidak terlihat.

4.2 Pengenceran dan Pemurnian *Saccharomyces sp*

Saccharomyces sp yang telah tumbuh dilakukan pengenceran menjadi 10^{-8} sel/mL, kemudian ditumbuhkan lagi untuk pemurnian. Pemurnian isolat dilakukan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan jamur yang benar-benar murni yang digunakan untuk fermentasi. Pemurnian dilakukan setiap 48 jam sekali dan hasilnya seperti pada gambar berikut :

4.2.1 Pengenceran jamur *Saccharomyces sp* 10^{-8} sel/mL



Gambar 3. Pengenceran 10^{-8} sel/mL *Saccharomyces sp*

Jamur *Saccharomyces sp* yang telah tumbuh setelah pengenceran didapatkan banyak koloni. Namun untuk pemurnian diambil koloni yang tumbuh paling bagus dan besar.

4.2.2 Pemurnian pertama



Gambar 4. Pemurnian pertama *Saccharomyces sp*

4.2.3 Pemurnian kedua



Gambar 5. Pemurnian kedua *Saccharomyces sp*

4.2.4 Pemurnian ketiga



Gambar 6. Pemurnian ketiga *Saccharomyces sp*

4.3 Adaptasi jamur *Saccharomyces sp* dengan logam Mangan

Adaptasi logam mangan bertujuan agar *Saccharomyces sp* mampu menyesuaikan diri dengan medium yang telah mengandung logam mangan didalamnya sehingga pada saat fermentasi *Saccharomyces sp* tidak mengalami kondisi stress dan dapat dengan mudah melakukan penyerapan logam mangan. Logam mangan yang ditambahkan bervariasi 0 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L dan 20 mg/L.



Gambar 7. Non adaptasi logam Mn (0 mg/L)



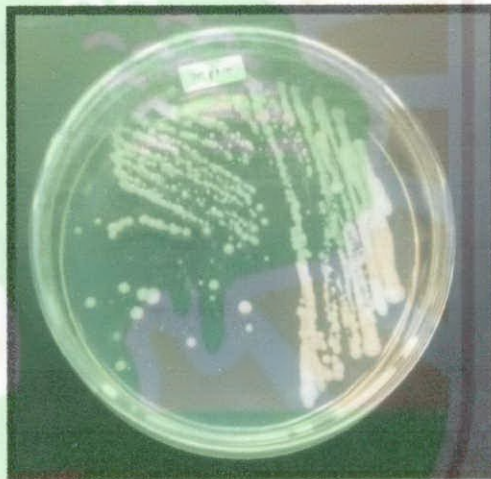
Gambar 8. Adaptasi logam mangan 5 mg/L



Gambar 9. Adaptasi logam mangan 10 mg/L



Gambar 10. Adaptasi logam mangan 15 mg/L.



Gambar 11. Adaptasi logam mangan 20 mg/L.

Saccharomyces sp tetap dapat tumbuh baik pada medium yang telah mengandung logam mangan dengan konsentrasi tertinggi yaitu 20 mg/L. Berarti *Saccharomyces sp* mampu beradaptasi dengan logam mangan tersebut.

4.4 Pengaruh pH, konsentrasi dan waktu fermentasi dengan kondisi Adaptasi biakan *Saccharomyces sp* dengan logam mangan 20 ppm

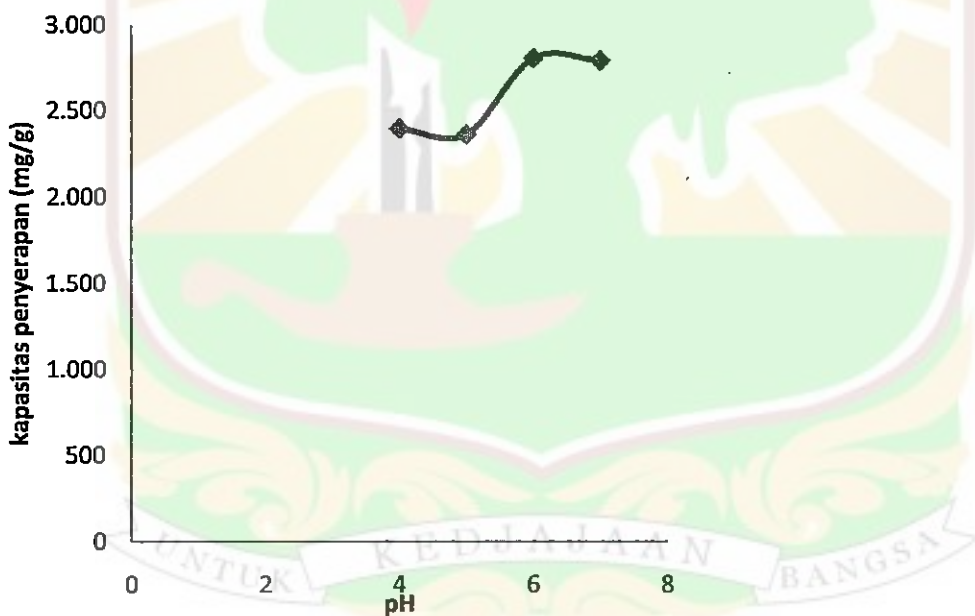
4.4.1 Pengaruh pH Fermentasi

pH merupakan faktor penting dalam proses biosorpsi logam berat. Nilai pH larutan berpengaruh tidak hanya pada disosiasi permukaan biomasa tapi juga terhadap larutan dari logam tersebut, seperti pada proses hidrolisis, pembentukan

kompleks oleh senyawa organik atau anorganik, reaksi oksidasi oksidasi, dan biosorpsi logam tersebut.

Kapasitas penyerapan kation logam meningkat dengan meningkatnya pH penyerapan, tapi tidak dalam hubungan yang linear. Dengan kata lain pH tinggi akan menyebabkan pengendapan kompleks logam. pH optimum akan berbeda pada masing-masing mikroorganisme dan logam yang berbeda. Sebagai contoh, pH optimum untuk copper adalah 5-9 oleh *Saccharomyces sp*, dan 4-5 untuk uranium.²¹

Sedangkan pada penelitian ini, biosorpsi logam mangan oleh *Saccharomyces sp* diperoleh pH optimum pada pH 6, dengan kapasitas penyerapan 2,805 mg/g dengan persen penyerapan 56,09 %. Sedangkan pada pH rendah kapasitas penyerapan juga rendah seiring berkurangnya persen penyerapan. Terlihat pada gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan (Q) logam mangan (VII) dengan konsentrasi 50 mg/L, masa *Saccharomyces sp* 1 g, lama fermentasi 1 hari.

Biosorpsi logam ini biasa terjadi pada dinding sel mikroorganisme. Hal ini terjadi akibat adanya berbagai senyawa pembangun dinding sel polisakarida, protein serta ligan-ligan ionik, seperti asam karboksilat, amino dan pospat.

Senyawa ini dianggap sebagai komponen aktif dalam proses biosorpsi dengan membentuk senyawa kompleks dengan ligan. Kerja senyawa ini sangat dipengaruhi oleh pH, karena pH dapat mempengaruhi permukaan biomassa. Pada pH rendah (asam) permukaan sel akan bermuatan negatif. Keadaan ini menyebabkan terserapnya ion logam Mn pada pH asam dalam bentuk MnO_4^- . Berarti pada pH 6 diduga permukaan sel *Saccharomyces sp* berada dalam keadaan paling aktif dalam menyerap logam Mn^{+7} .

Penelitian lain yang hampir serupa, biosorpsi logam mangan oleh alga diperoleh pH 5 sebagai pH optimum. Sedangkan biosorpsi logam mangan oleh bakteri diperoleh penyerapan optimum pada pH 7- 8.⁷

Dalam suasana asam ion permanganat akan mengalami reduksi menjadi ion mangan (II). Sesuai reaksi:



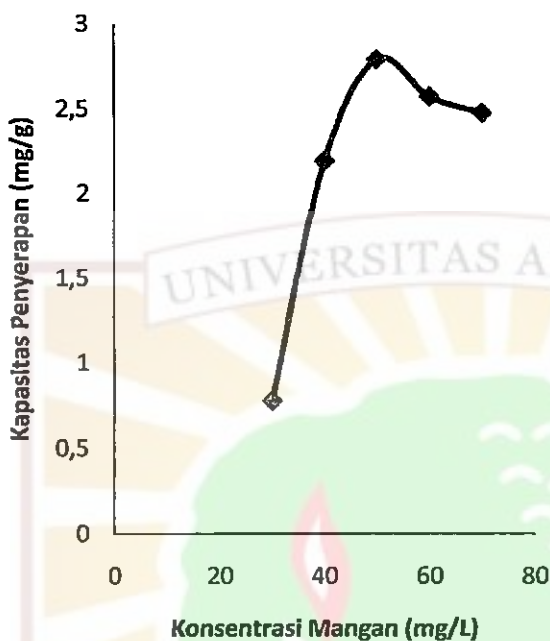
Oleh karena itulah absorpsi logam mangan akan optimum pada pH asam. Sedangkan pada pH basa, akan terjadi pengendapan logam mangan sehingga akan mengurangi kapasitas penyerapan oleh *Saccharomyces sp*.

4.4.2 Pengaruh Konsentrasi Mangan Selama Fermentasi

Konsentrasi ion logam berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan sorben, bila jumlah sisi aktif cukup besar dibanding jumlah ion logam maka kapasitas penyerapan akan meningkat sampai pada jumlah sisi aktif sama dengan ion logam.

Pengujian pengaruh konsentrasi logam mangan dalam larutan dilakukan pada konsentrasi 30, 40, 50, 60, dan 70 mg/L. Penyerapan logam mangan oleh *Saccharomyces sp* berada optimum pada konsentrasi 50 mg/L, dengan kapasitas penyerapan 2,787 mg/g dan persen penyerapan 55, 74 %. Pada konsentrasi rendah penyerapan terus meningkat. Sedangkan pada konsentrasi tinggi telah terjadi penurunan kapasitas penyerapan, seperti yang terlihat pada konsentrasi 60 dan 70 mg/L. Hal ini disebabkan oleh jumlah sisi aktif permukaan sorben atau dinding sel *Saccharomyces sp* telah dipenuhi atau telah mengikat semua logam mangan. Sehingga *Saccharomyces sp* telah dapat mereduksi ion Mn^{+7} menjadi ion Mn^{2+} .

Kerja tersebut lebih aktif pada konsentrasi 50 mg/L dan pH 6 sebagai kerja yang optimum.



Gambar 13. Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan (Q) logam mangan (VII) dengan pH 6, masa *Saccharomyces sp* 1 g, lama fermentasi 1 hari.

Dengan kata lain, dinding sel *Saccharomyces sp* tidak mampu lagi menyerap logam secara optimum pada konsentrasi lebih dari 50 mg/L, karena semua sisi aktif permukaan maupun intraselluler sel *Saccharomyces sp* telah berada pada kondisi jenuh dalam menyerap logam mangan tersebut.

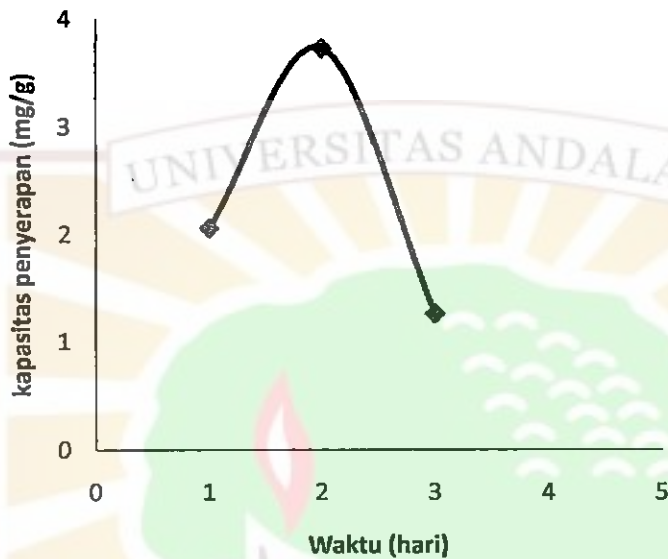
4.4.3 Pengaruh Waktu Fermentasi

Waktu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses biosorpsi logam mangan oleh *Saccharomyces sp*. Penentuan waktu biosorpsi dilakukan untuk mengetahui waktu optimum yang dibutuhkan *Saccharomyces sp* dalam menyerap logam mangan sampai dalam keadaan jenuh.

Pada hari pertama fermentasi kapasitas penyerapan *Saccharomyces sp* hanya 2.056 mg/g dengan persen serap hanya 41.11 %. Penyerapan terus meningkat seiring bertambahnya waktu penyerapan yaitu pada hari kedua, kapasitas penyerapan mencapai 3.722 mg/g dengan persen penyerapan 74.44%.

Ini merupakan waktu optimum *Saccharomyces sp* dalam melakukan penyerapan logam mangan. Sedangkan pada hari ketiga telah terjadi penurunan kapasitas dan persen penyerapan menjadi 2.019 mg/g dan 40.37%.

Berikut gambar pengaruh waktu fermentasi dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 hari.



Gambar 14. Pengaruh lama fermentasi terhadap kapasitas penyerapan (Q) logam mangan (VII) dengan pH 6, konsentrasi 50 mg/L, masa *Saccharomyces sp* 1 g, lama fermentasi 1, 2 dan 3 hari.

Sesuai dengan kurva pertumbuhan mikroorganisme secara umum, pada hari pertama *Saccharomyces sp* mengalami fase adaptasi dengan lingkungan yang bercampur dengan logam selanjutnya akan mengalami fase pertumbuhan. Pada fase pertumbuhan ini *Saccharomyces sp* telah mulai menyerap logam mangan. Selanjutnya pada hari kedua merupakan fase pertumbuhan cepat bagi *Saccharomyces sp*, sehingga pada hari kedua inilah terjadi penyerapan logam mangan pada kondisi yang optimum mencapai 74.44 % penyerapan serta 3.722 mg/g untuk kapasitas penyerapannya.

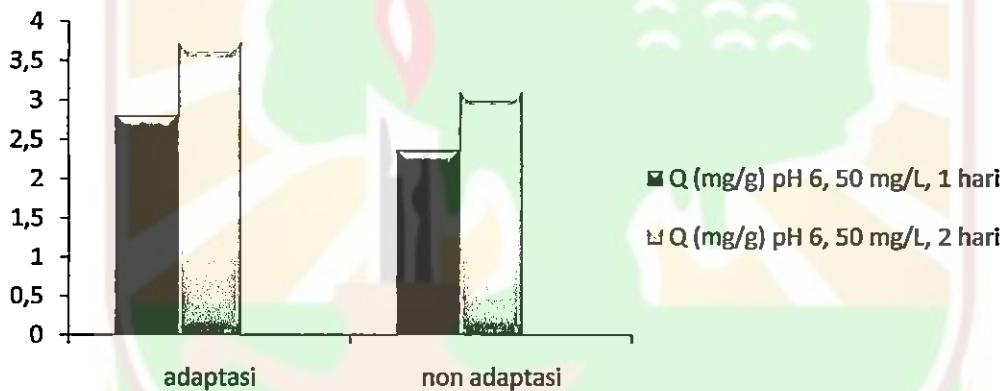
Sementara pada hari ketiga telah terjadi kekurangan nutrisi didalam medium fermentasi sehingga pertumbuhan *Saccharomyces sp* pun mengalami fase menuju kematian. Sehingga penyerapan pun menjadi berkurang yaitu hanya 40.37 % dan 2.019 mg/g. Selain itu diduga *Saccharomyces sp* pun telah jenuh dalam

melakukan penyerapan logam mangan karena sisi aktif dinding sel maupun intraseluler sel telah dipenuhi logam mangan sehingga tidak tersisanya sisi aktif dalam menyerap sisa logam mangan tersebut.

4.5 Pengaruh pH, konsentrasi dan waktu fermentasi dengan kondisi tanpa adaptasi biakan *Saccharomyces sp* dengan logam mangan.

Pada penelitian ini juga dilakukan perbandingan antara kondisi non adaptasi dan adaptasi biakan *Saccharomyces sp* dengan logam mangan dengan konsentrasi 20 mg/L. Hal ini bertujuan untuk melihat kondisi yang paling banyak melakukan penyerapan logam mangan tersebut.

Untuk kondisi non adaptasi yang di ukur hanya kondisi optimum yang telah didapat pada kondisi adaptasi, yaitu pada pH 6, konsentrasi 50 mg/L dan waktu 2 hari, artinya tidak dilakukan lagi variasi pH, konsentrasi dan waktu.



Gambar 15. Perbandingan kondisi adaptasi dengan non adaptasi terhadap kapasitas penyerapan logam Mn (VII) pada pH 6, konsentrasi 50 mg/L, masa *Saccharomyces sp* 1 g, lama fermentasi 1 hari dan 2 hari

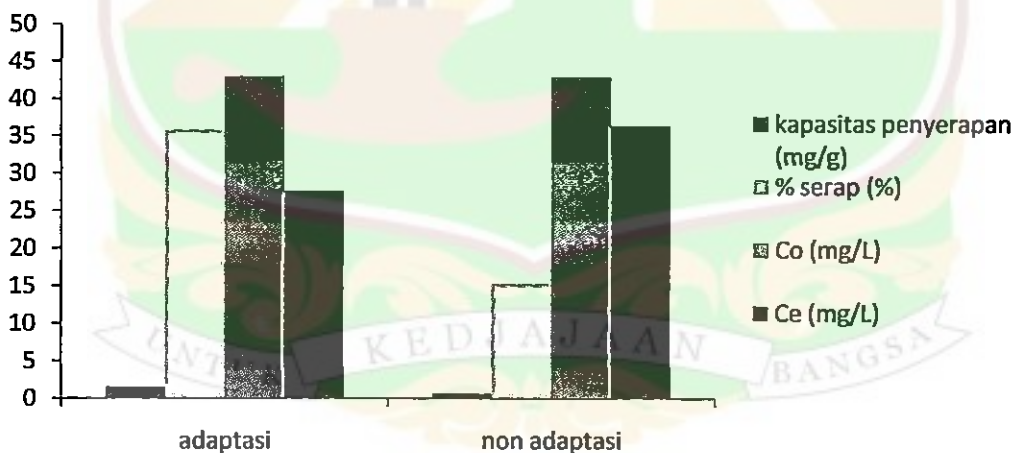
Dari gambar terlihat bahwa kondisi adaptasi lebih baik dalam menyerap logam mangan, kapasitas penyerapan kondisi adaptasi sebanyak 2,805 mg/g untuk kondisi pH 6, konsentrasi 50 mg/L dan di lakukan fermentasi selama 1 hari. Sedangkan untuk fermentasi selama 2 hari kapasitas penyerapan meningkat menjadi 3,722 mg/g. Sementara untuk kondisi non adaptasi pada kondisi yang sama pH 6, konsentrasi 50 mg/g, fermentasi selama 1 hari diperoleh kapasitas penyerapan hanya 2,36 mg/g dan 3,1 mg/g untuk fermentasi selama 2 hari.

Adanya perbedaan antara kondisi adaptasi dengan non adaptasi disebabkan karena kondisi sel *Saccharomyces sp* tersebut dalam menerima dan menyerap logam mangan. Pada kondisi adaptasi logam mangan telah terbiasa dan mampu untuk beradaptasi dengan logam mangan terlebih dahulu sehingga lebih mudah dalam menyerap logam, sementara pada kondisi non adaptasi, pada saat ditambahkan logam mangan, dinding sel *Saccharomyces sp* harus mampu menerima dan menyesuaikan dengan kondisi lingkungan yang mengandung logam mangan, sehingga kemampuan dinding sel *Saccharomyces sp* dalam menyerap logam mangan tidak terlalu banyak dibanding dilakuakn adaptasi terlebih dahulu.

4.6 Aplikasi Kondisi optimum terhadap penyerapan limbah.

Kondisi optimum yang telah didapat sebelumnya digunakan terhadap penyerapan limbah, sebagai aplikasi dari penelitian ini. Limbah yang digunakan di ambil dari limbah yang ada disekitar Laboratorium Biokimia FMIPA UNAND. Perlakuan terhadap limbah juga dilakukan perbandingan kondisi adaptasi dan non adaptasi.

Berikut data perbandingan kondisi adaptasi dan non adaptasi terhadap limbah, dengan kondisi pH 6, dan waktu fermentasi selama 2 hari.



Gambar 16. Perbandingan kondisi adaptasi dengan non adaptasi terhadap kapasitas penyerapan dan persen serap logam Mn (VII) untuk aplikasi limbah laboratorium Biokimia UNAND, pada pH 6, konsentrasi 50 mg/L, masa *Saccharomyces sp* 1 g, lama fermentasi 2 hari

Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa kondisi adaptasi lebih baik dalam melakukan penyerapan logam mangan dibandingkan tanpa adaptasi biakan *Saccharomyces sp* dengan logam mangan. Kondisi adaptasi berarti membiarkan *Saccharomyces sp* tumbuh dalam medium yang telah ditambahkan logam mangan dengan konsentrasi 20 mg/L. Sehingga pada saat dilakukan fermentasi *Saccharomyces sp* tidak lagi asing dengan lingkungan yang telah bercampur dengan logam, sehingga penyerapan akan menjadi lebih efektif. Persen serap dan kapasitas penyerapan limbah yang mengandung logam mangan pada kondisi adaptasi sebanyak 35.81 % dan 1.54 mg/g sedangkan pada kondisi non adaptasi hanya 15.35 % dan 0.66 mg/g.

Komposisi didalam limbah tentu tidak hanya logam mangan, tapi juga ada logam-logam lain. Logam mangan tersebut tentu akan bersaing dengan logam-logam lain untuk diserap oleh *Saccharomyces sp*. Persaingan tersebutlah yang menyebabkan tidak semua logam mangan yang terserap oleh *Saccharomyces sp* sehingga kapasitas dan persen penyerapan lebih rendah dibanding hanya ada logam mangan saja didalam larutan fermentasi tersebut.

BAB. V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Biomassa *Saccharomyces sp* yang diisolasi dari limbah padat Coca Cola efektif digunakan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi logam Mn (VII). Kondisi optimum penyerapan logam Mn (VII) oleh *Saccharomyces sp* terjadi pada pH 6, konsentrasi logam mangan 50 mg/L selama 2 hari fermentasi berlangsung. Kapasitas penyerapan yang diperoleh sebanyak 3.722 mg/g dan terserap sebanyak 74.44 % untuk proses yang telah diadaptasi sedangkan untuk non adaptasi diperoleh kapasitas penyerapan 3.1 mg/g dan 62 % penyerapan.

5.2 Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk melihat bentuk morfologi jamur *Saccharomyces sp* yang telah beradaptasi dengan logam mangan. Selain itu juga dapat diteliti pengaruhnya terhadap protein sel *Saccharomyces sp* yang telah beradaptasi, sehingga dapat dibandingkan dengan yang tidak diadaptasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Edison, Munaf. Sri Haryati. Hamzar Suyani. Abdi Darma. *Penyerapan Ion Kromium (III) dan Cr (VI) dalam air menggunakan Tepung Enceng Gondok dan Study regenerasinya.*
2. Cizewski, Valeria Culotta. Mei Yang and Matthew D. Hall. 2005. *Manganese Transport and Trafficking: Lessons Learned from *Saccaromyces serevisiae*.* American Society for Microbiology
3. Rahmiana, Zein dan R. Suhaili. 2010. *Removal of Pb (II), Cd (II), and Co (II) from Aqueous from Solution Using *Garcinia Mangostana* L. Fruit Shell.* Journal of Hazardous Materials
4. Khotimah, Nurul, Fitria Hastami. Zuhdi Ismail. 2010. *Adsorpsi Logam kromium (IV) oleh Biomassa *Chara Fragilis* dengan menggunakan Spektrosskopi Serapan Atom.* Universitas Sebelas Maret. Surakarta
5. Parkin, Michael and I. Stuart Ross. 1986. *The Spesific Uptake of Manganese in the Yeast *Candida Utilis*.* Department of Biological Sciences, university of Keele. Keele, Staffordshire ST5 5 BG. UK
6. Mane P. C. Bhosle A. B. Vishwakarma C. V. Tupkar L. G.2010. *Effect of Pretreatment of Alga Biomass on Bioadsorption of Manganese.* School of Earth Sciences, Swami Ramanand Teerth Marathwada University, Nanded, (MH) 431606. India.
7. Hasan, H.A. S.R.S. Abdullah. N.T Kofli and S.K. Kamaruddin. 2010. *Biosorption of Manganese in Drinking Water by Isolated Bacteria.* Department of Chemical and Process Engineering, Faculty of Engenering and Built Enviromental, universiti kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
8. Gad, amber. 2010. *Heavy Metals Bio-Remediation by Immobilized *Saccharomyces cervisiae* and *Opuntia ficus indica* Waste.* Chemistry of Natural and Microbial Products Dept. Agriculture Microbiology Dept Biochemistry Dept., NRC, Dokki, Egypt
9. Pranowo, Galih. *Makalah Tentang Limbah Padat.* Fakultas Sains dan Tekhnology AKPRIND. Yogyakarta.
10. Mawardi, *Biosorpsi.* Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Negeri Padang
11. Yalun. 2008. *Mengenal ragi *Saccharomyces Serevisiae**

12. Schlegel, Hans G. 1994. *Mikrobiologi Umum*, Edisi keenam. Gajah Mada University Press: Yogyakarta
13. Ramadan, Bayu. Marisa Handajani. *Biosorpsi Logam Berat Cr (VI) dengan menggunakan Biomassa Saccharomyces cerevisiae*.
14. Singh, Sarabjeet Ahluwalia. Dinesh Goyal. 2007. *Microbial and Plant Derived Biomass for Removal of Heavy Metals from Wastewater*. Department of Biotechnology and Environmental Science, Thapar Institute of Engineering and Technology. Punjab, India
15. Kurniadi, Rio. *Bioremoval Metode Alternatif untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*.
16. Saefudin. P. Trisna. Kusnadi. *Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa Aspergillus niger Van Tieghem pada Larutan Limbah Pertambangan Nikel*. Universitas pendidikan Indonesia. Bandung
17. Suhendratyana. *Heavy Metal Bioremoval by Microorganism: a Literature Study*. Institute for Science and Tehcnology Studies (ISECS). Chapter Japan. Kogashima university. Japan
18. Dewi, Puspita Crisye. 2007. *Spektroskopi Serapan Atom*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
19. Pradhika, Indra E. 2008. *Mikrobiologi Dasar*
20. Wang, Jiang. Can Chen, 2006. *Biosorption of Heavy Metals by saccharomyces cerevisiae: A Review*. Laboratory of Enviromental Technology, INET. Tsinghua University, Beijing. China

Lampiran 1

Pembuatan larutan induk KMnO_4 1000 mg/L

$$m = \frac{Mr \text{ KMnO}_4}{Ar \text{ Mn}} \times 1 \text{ g/L}$$

$$m = \frac{158 \text{ g/mol}}{55 \text{ g/mol}} \times 1 \text{ g/L}$$

$$m = 2.873 \text{ g/L}$$

Contoh pengenceran larutan induk KMnO_4 1000 mg/L dalam labu ukur 100 mL.

1. 20 mg/L

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ mg/L} = 100 \text{ mL} \times 20 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

2. 50 mg/L

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ mg/L} = 100 \text{ mL} \times 50 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Lampiran 2

Persamaan kapasitas penyerapan dan persen penyerapan logam mangan

Rumus:

$$Q = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

$$\% \text{ Serap} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \%$$

Keterangan:

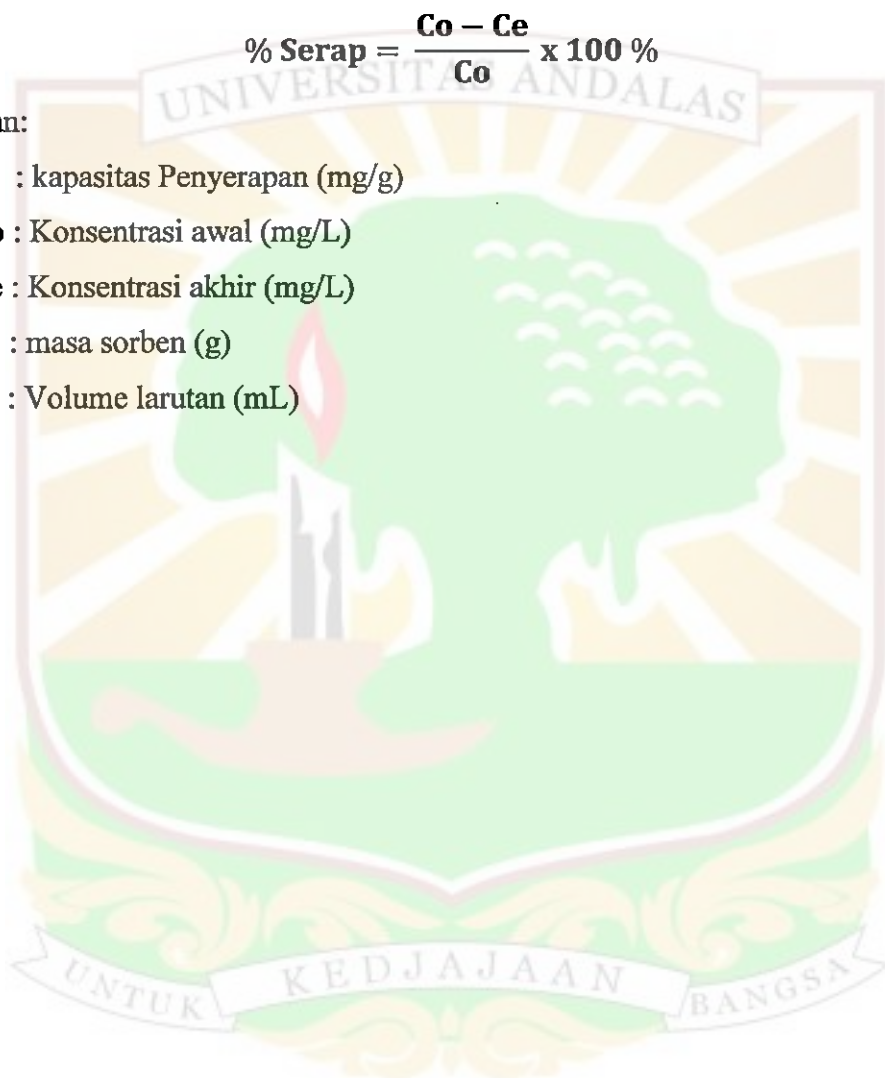
Q : kapasitas Penyerapan (mg/g)

C_o : Konsentrasi awal (mg/L)

C_e : Konsentrasi akhir (mg/L)

m : masa sorben (g)

V : Volume larutan (mL)



Lampiran 3

Contoh perhitungan untuk menentukan kapasitas penyerapan dan persen penyerapan logam mangan

Untuk pH 6

Diketahui data penyerapan logam mangan pada pH 6 sebagai berikut:

- Konsentrasi awal (C_0) : 50 mg/L
- Konsentrasi akhir (C_e) : 21.954 mg/L
- Masa sorben : 1 g
- Volume larutan : 100 mL

Sehingga:

1. Kapasitas penyerapan (Q)

$$Q = \frac{(50 - 21.954) \text{ mg/L}}{1 \text{ g}} \times 0.1 \text{ L} = 2.805 \text{ mg/g}$$

2. % Penyerapan

$$\% \text{ Serap} = \frac{(50 - 21.954) \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}} \times 100 \% = 56.09 \%$$

Lampiran 4

Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Ion Logam

a. Kondisi Adaptasi

Tabel 1. Data pengaruh pH terhadap penyerapan logam mangan

No	pH	m (g)	V (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	% serap (%)
1	4	1	50	50	26.054	2.395	47.89
2	5	1	50	50	26.381	2.362	47.24
3	6	1	50	50	21.954	2.805	56.09
4	7	1	50	50	22.080	2.792	55.84

Tabel 2. Data pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan logam mangan

No	pH	m (g)	V (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	% serap (%)
1	6	1	50	30	22.225	0.778	25.92
2	6	1	50	40	18.145	2.188	54.64
3	6	1	50	50	22.130	2.787	55.74
4	6	1	50	60	34.330	2.567	42.78
5	6	1	50	70	45.295	2.471	35.29

Tabel 3. Data pengaruh lama fermentasi terhadap penyerapan logam mangan

No	pH	m (g)	V (mL)	waktu (hari)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	% Serap (%)
1	6	1	50	1	50	29.445	2.056	41.11
2	6	1	50	2	50	12.780	3.722	74.44
3	6	1	50	3	50	29.815	2.019	40.37

b. Kondisi Non Adaptasi

Tabel 4. Data penyerapan logam mangan non adaptasi

No	pH	m (g)	V (mL)	waktu (hari)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	% Serap (%)
1	6	1	50	1	50	26.4	2.36	47.2
2	6	1	50	2	50	19	3.1	62

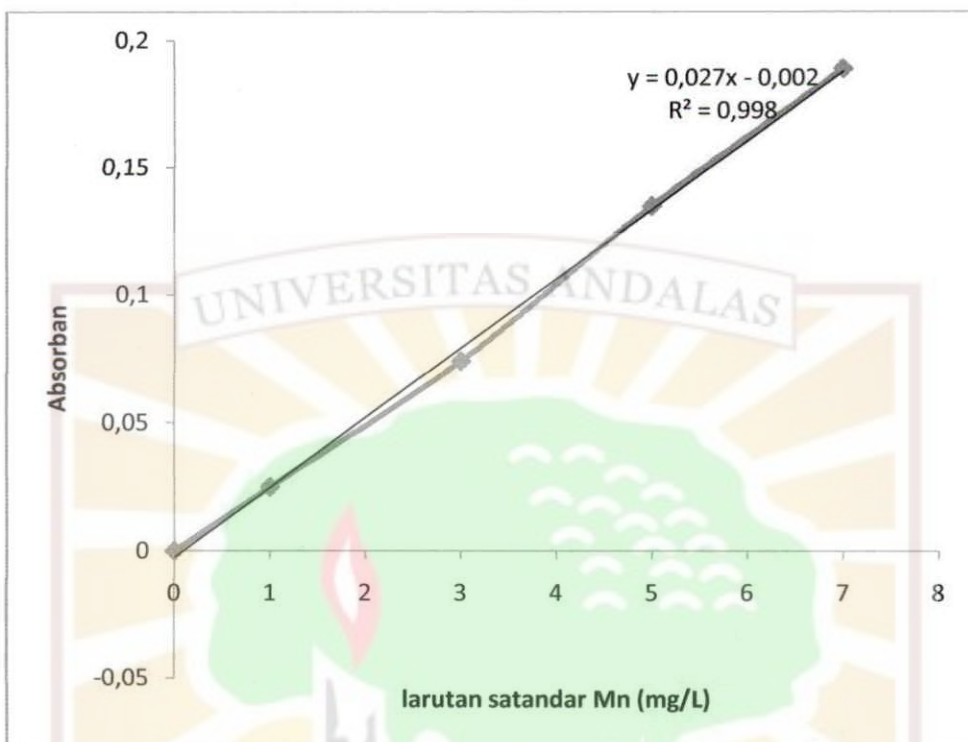
c. Aplikasi Kondisi optimum terhadap limbah

Tabel 5. Data penyerapan logam mangan untuk aplikasi limbah

Kondisi	pH	m (g)	V (mL)	waktu (hari)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	% Serap (%)
Adaptasi	6	1	50	2	43	27.6	1.54	35.81
Non adaptasi	6	1	50	2	43	36.4	0.66	15.35

Lampiran 5

Kurva kalibrasi larutan standar logam mangan

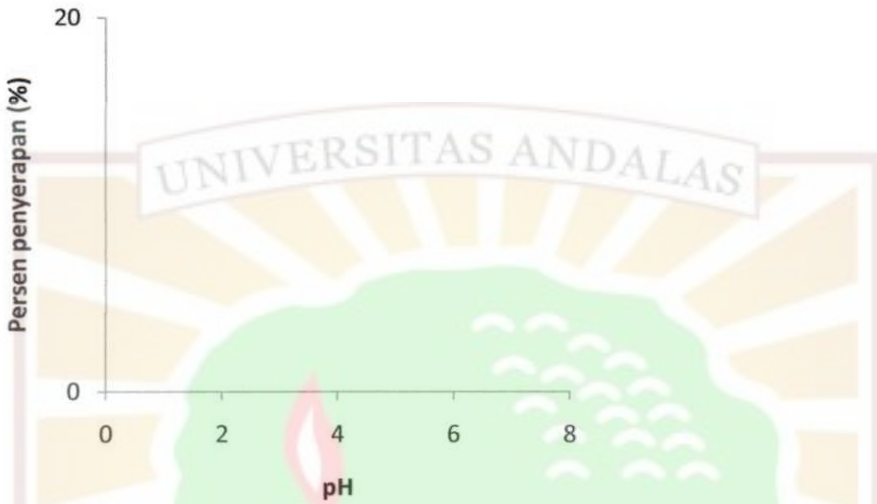


Mn (mg/L)	Absorban
0	0.000
1.0	0.025
3.0	0.074
5.0	0.134
7.0	0.189

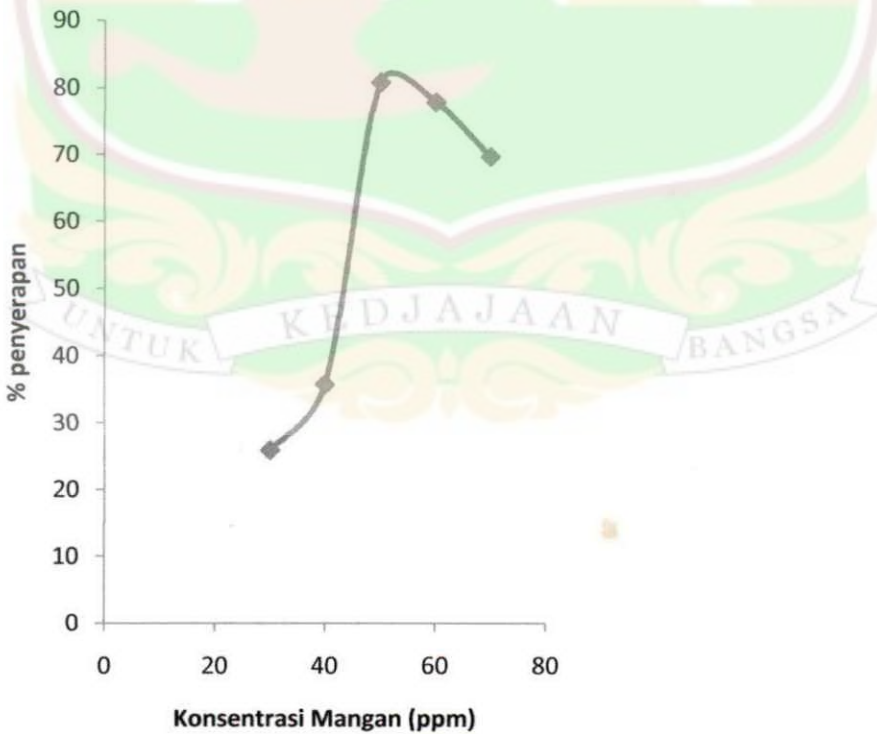
Lampiran 6

Kurva persen penyerapan logam mangan

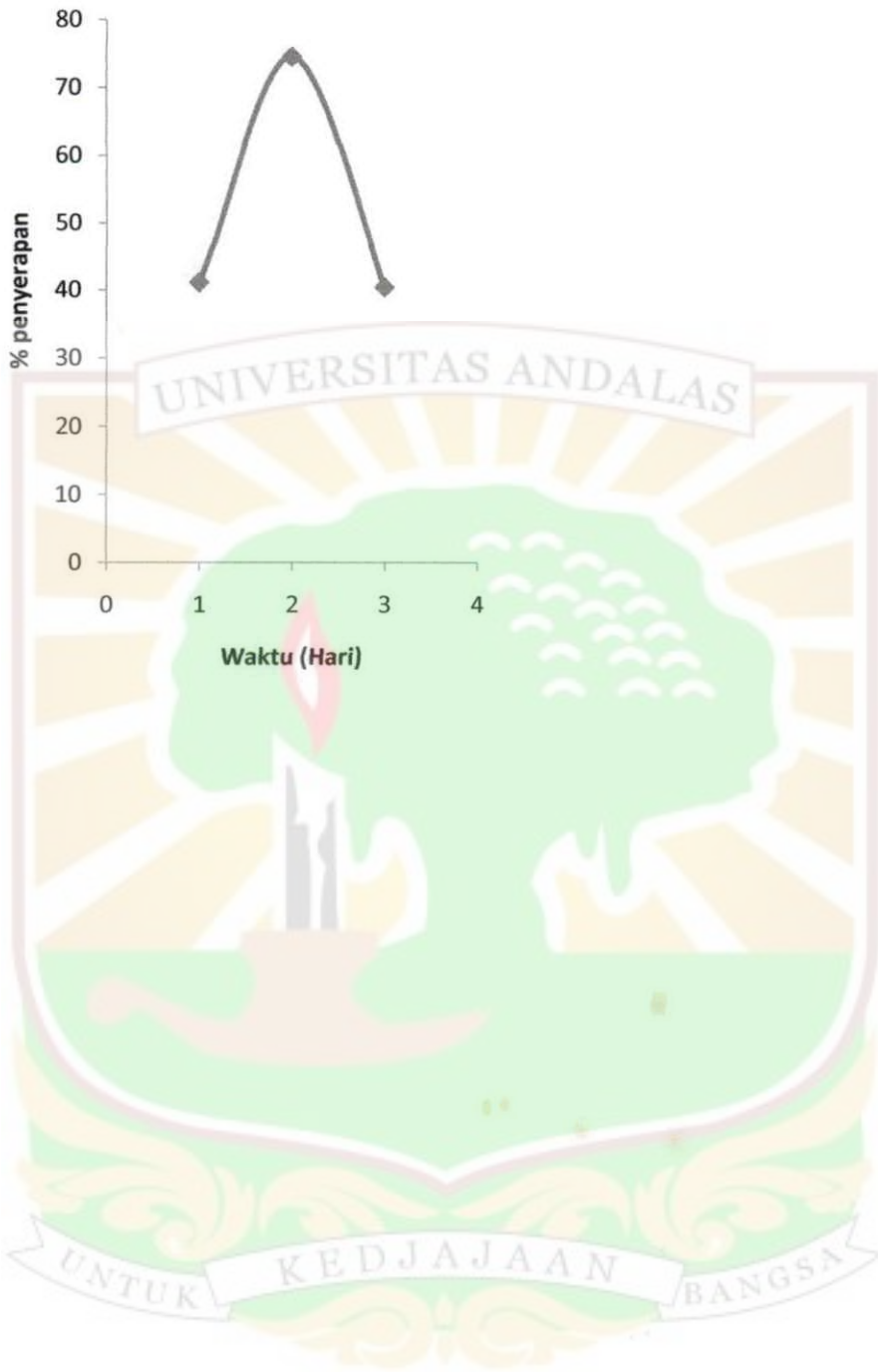
a. Fermentasi variasi pH



b. Fermentasi variasi konsentrasi



c. Fermentasi variasi lama fermentasi



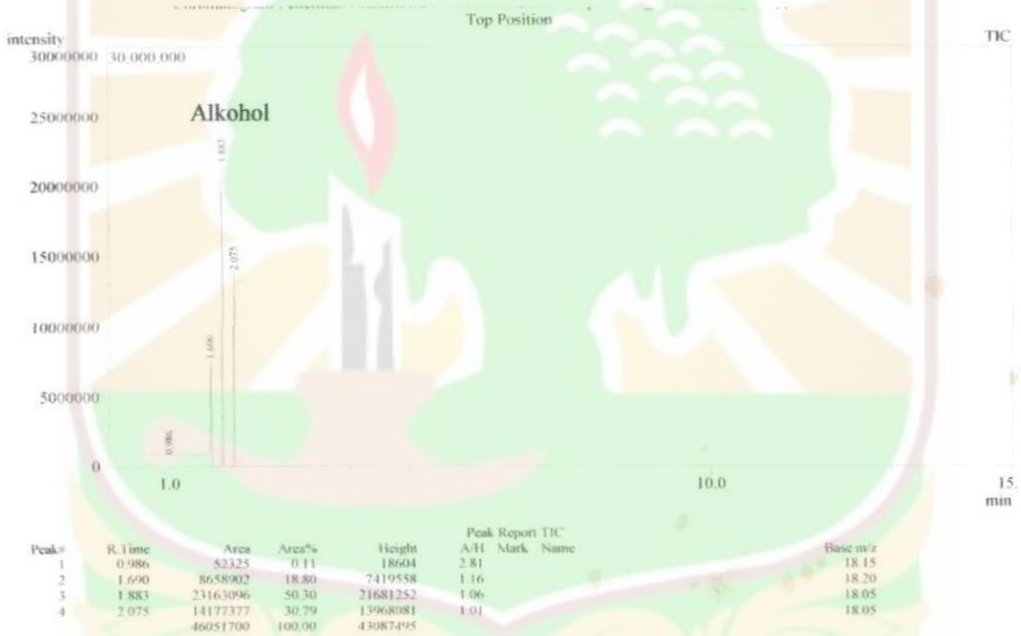
Lampiran 7

Pembuktian *Saccharomyces sp Sp.*

1. Mikroskop



2. GC MS



Gambar fermentasi logam mangan

1. Sebelum difermentasi



2. Setelah difermentasi

