



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 ALUMINIUM (III) DENGAN
MENGUNAKAN *Saccharomyces* sp. YANG DIISOLASI DARI
LIMBAH PADAT COCA COLA**

SKRIPSI



**HAZNA SARTIVA
07132005**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2012**

Biosorpsi Logam Aluminium (III) Dengan menggunakan *Saccharomyces sp.* yang Diisolasi dari Limbah Padat PT.Coca Cola. Skripsi sarjana kimia oleh Hazna Sartiva (07132005) diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Tugas Akhir Sarjana (S1) pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

Menyetujui :

Pembimbing I



Prof. Dr. Sumaryati Syukur
NIP. 195501041980102001

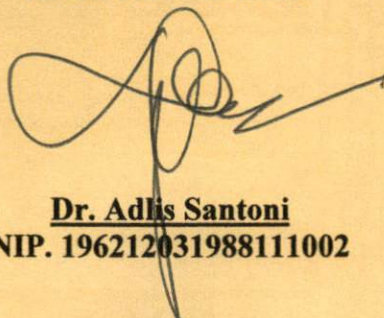
Pembimbing II



Prof. Dr. Rahmiana Zein
NIP. 195612251986032001

Mengetahui :

Ketua Jurusan kimia



Dr. Adlis Santoni
NIP. 196212031988111002

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan ke Hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian penulisan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul **“Biosorpsi Logam Aluminium (III) dengan Menggunakan *Saccharomyces sp.* yang Diisolasi dari Limbah Padat PT.Coca Cola”** bertujuan untuk menanggulangi polusi lingkungan dari logam. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga Desember 2011 di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Kimia Fakultas Matematika Universitas Andalas, Padang.

Melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Sumaryati Syukur dan Prof. Dr. Rahmiana Zein selaku pembimbing yang telah banyak member petunjuk, arahan dan nasehat dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini.
2. Ayahanda Budiman dan Ibunda Nurhaidah Hsb yang telah member motivasi, inspirasi dan doa berkepanjangan.
3. Bapak Dr. Syukri Darajat selaku Penasehat Akademik.
4. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika Universitas Andalas.
5. Bapak Dr. Mai Efdi selaku Koordinator Pendidikan Jurusan Kimia Fakultas Matematika Universitas Andalas.
6. Bapak dan Ibu Staf Dosen beserta karyawan/karyawati Jurusan Kimia Fakultas Matematika Universitas Andalas.
7. Analis Laboratorium Bioteknologi Jurusan Kimia Fakultas Matematika Universitas Andalas yang telah banyak membantu selama penelitian ini berlangsung.
8. Keluarga penulis dan Bapak Nazif Ichwan, M.Si yang telah memberi banyak semangat dalam penyelesain tulisan ini.
9. Etozer dan Manajemen Beastudi Etos Wilayah Padang.
10. Rekan kerja dan rekan seperjuangan yang setia menemani penyelesaian penelitian dan skripsi ini.

11. Semua rekan kerja Laboratorium Bioteknologi Jurusan Kimia Fakultas Matematika Universitas Andalas yang selalu setia menemani dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka penulis tetap mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Harapan penulis semoga skripsi ini memberi manfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan dihitung sebagai amal ibadah bagi seluruh kontributornya.

Padang, 15 Januari 2012

Penulis

**BIOSORPSI LOGAM ALUMINIUM (III) DENGAN MENGGUNAKAN
Saccharomyces sp. YANG DIISOLASI DARI LIMBAH PADAT PT.COCA
COLA**

Hazna Sartiva (07132005)
Prof. Dr. Sumaryati Syukur* dan Prof. Dr. Rahmiana Zein, Ph.D**
*Pembimbing I, Pembimbing II**

ABSTRAK

Polusi pada lingkungan oleh logam berat telah menjadi masalah yang serius di beberapa negara industri. Pelepasan logam berat dalam kuantitas yang besar dari industri ke lingkungan menyebabkan masalah lingkungan. Biosorpsi logam berat dengan menggunakan biomassa *Saccharomyces sp.* dapat menjadi solusi masalah tersebut. Pada penelitian ini dilakukan biosorpsi logam aluminium (III) dengan menggunakan biomassa *Saccharomyces sp.* yang diisolasi dari limbah padat coca cola dalam medium PDA pada pengenceran 10^{-7} sel/mL. *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan adalah yang belum diadaptasi dan telah diadaptasi pada logam aluminium (III) 20 ppm. Biosorpsi logam Aluminium dilakukan pada medium cair PDB dengan pengaturan pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8, konsentrasi logam aluminium 40, 50, 60, 70, dan 80 ppm dan lama waktu kontak 1, 2, 3, 4 dan 5 hari. Kondisi optimum biosorpsi terjadi pada pH 4, konsentrasi 70 ppm dan 2 hari. Kapasitas penyerapan adalah 3.807 mg/g dengan persen penyerapan 72,755 % pada konsisi adaptasi dan 6.486 mg/g dengan persen penyerapan 92,653 % pada non-adaptasi. Penelitian ini diaplikasikan pada limbah laboratorium Bioteknologi jurusan Kimia FMIPA UNAND pada kondisi optimum dengan hasil kapasitas penyerapan adalah 3.3 mg/g dengan persen penyerapan 85.240 % pada konsisi adaptasi dan 5.093 mg/g dengan persen penyerapan 98.339 % pada non-adaptasi. Pembuktian *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan pengamatan mikroskop 100 kali perbesaran dan uji iodoform untuk deteksi kandungan alkohol.

Kata Kunci : Logam Aluminium (III), *Saccharomyces sp.*, Limbah Padat

BIOSORPTION OF ALUMINIUM (III) BY *Saccharomyces sp.* ISOLATED FROM SLUDGE OF PT.COCA COLA

Hazna Sartiva (07132005)
Prof. Dr. Sumaryati Syukur* dan Prof. Dr. Rahmiana Zein, Ph.D**
*Advisor I, Advisor II**

ABSTRACT

Pollution of the natural environment by heavy metals has become a serious problem in some industrialized countries. The release of large quantities of heavy metals from industries into the environment has resulted in a number of environmental problems. Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces sp.* can be solution of it's problem. In this research, biosorption of aluminium (III) metals by *Saccharomyces sp.* isolated from sludge of PT.Coca Cola done in PDA with dilution 10^{-7} sel/mL. *Saccharomyces sp.* used in non-adaptation and adaptation condition with 20 ppm of Aluminium (III) . Biosorption of Aluminium done in PDB media with pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8, concentration of aluminium varied in 40, 50, 60, 70 and 80 ppm and time contact are 1, 2, 3, 4 and 5 days. Optimum condition of biosorption are pH 4, concentration 70 ppm and 2 days. Biosorption capacity are 3.807 mg/g with biosorption percent is 72,755 % in adaptation condition and 6.486 mg/g with biosorption percent is 92,653 % in non-adaptation. This research is applied in Biotechnology laboratory waste in Chemistry Departement of Andalas University in optimum condition and the result of biosorption capacity are 3.3 mg/g with biosorption percent is 85.240 % in adaptation condition and 5.093 mg/g with biosorption percent is 98.339 % in non-adaptation. Observation of *Saccharomyces sp.* done by using of microscope in 100 times amplifys and tested by iodoform test for alcohol detection.

Key word : Aluminium (III), *Saccharomyces sp.*, Sludge

DAFTAR ISI

KATAPENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah	4
2.2 Logam Aluminium	6
2.3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	6
2.4 Fermentasi	11
2.5 Biosorpsi.....	12
A. Biosorpsi.....	12
B. Proses Bioremoval	14
C. Interaksi pada biosorpsi logam oleh mikroorganisme	17
2.6 SSA.....	18
BAB III. PROSEDUR PERCOBAAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Prosedur Kerja.....	22
BAB VI. Hasil Dan Pembahasan	
4.1 Isolasi <i>Saccharomyces sp.</i> dari limbah padat PT. Coca Cola.....	25
4.2 Adaptasi <i>Saccharomyces sp.</i> pada logam Aluminium	27
4.3 Foto <i>Saccharomyces sp.</i> 100 x perbesaran.....	28
4.4 Pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi ion logam Al ⁺³ oleh <i>Saccharomyces sp.</i>	29

4.5 Pengaruh Konsentrasi ion logam Al^{3+} terhadap biosorpsi logam oleh <i>Saccharomyces sp.</i>	32
4.6 Pengaruh waktu kontak terhadap biosorpsi ion logam Al^{3+} oleh <i>Saccharomyces sp.</i>	34
4.7 Perbandingan Kapasitas Penyerapan Al^{3+} antara Kondisi Non-Adaptasi dan Adaptasi pada sampel dan limbah	35
4.8 Uji Etanol menggunakan <i>Shaccaromyces cerevisiae</i>	35
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
Lampiran	41

DAFTAR TABEL

1. Kandungan vitamin pada <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11
2. Klasifikasi Asam-Basa Kuat dan Lemah	14
3. Jenis Interaksi Logam-Biomolekul pada permukaan Sel Jamur dan Khamir.....	17
4. Data kapasitas dan efisiensi penyerapan pada variasi pH	30
5. Data kapasitas dan efisiensi penyerapan pada variasi Konsentrasi.....	32
6. Data kapasitas dan efisiensi penyerapan pada variasi waktu kontak	34
7. Data kapasitas penyerapan pada kondisi optimum untuk sampel dan limbah dengan kondisi adaptasi dan non-adaptasi	36
8. Adsorban larutan standar.....	43

DAFTAR GAMBAR

1. (a) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dalam bentuk sel tunggal, (b) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dalam berbagai ukuran.....	8
2. Grafik pertumbuhan mikroba	8
3. Kurva pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	9
4. Koloni beberapa jamur (1, 2 dan 3) hasil isolasi dari limbah padat dengan pengenceran 10^{-7} pada hari ke 3	25
5. Koloni jamur pada pemurnian ke-1	25
6. Koloni jamur <i>Saccharomyces sp.</i> pada pemurnian ke-2	26
7. Isolasi (a) dan Pemurnian (b, c) <i>Saccharomyces sp</i> dari limbah padat coca cola	26
8. Adaptasi <i>Saccharomyces sp.</i> pada medium yang telah mengandung logam dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15 dan 20 mg/L berturut-turut	27
9. Gambar <i>Saccharomyces sp.</i> dengan perbesaran 100 x dalam bentuk tunggal (a) dan berkoloni (b) yang dibandingkan dengan literatur	28
10. Gambar <i>Shaccaromyces sp.</i> dengan perbesaran 100 x dalam bentuk tunggal (a) dan berkoloni (b).....	28
11. Kurva kapasitas penyerapan pada logam Al^{3+} oleh <i>Saccharomyces sp.</i> dengan variasi pH	31
12. Kurva kapasitas penyerapan pada ion logam aluminium oleh <i>Shaccaromyces sp.</i> dengan variasi konsentrasi	33
13. Kurva kapasitas penyerapan Al^{3+} dengan variasi waktu kontak	35
14. Perbandingan kapasitas penyerapan Al^{3+} antara sampel dan limbah pada kondisi adaptasi dan non-adaptasi.....	36
15. Uji iodoform pada sampel dengan etanol laboratorium sebagai standar.....	37
16. Kurva larutan standar	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Polusi pada lingkungan oleh logam berat telah menjadi masalah yang serius di beberapa negara industri. Pelepasan logam berat dalam kuantitas yang besar dari industri ke lingkungan menyebabkan masalah lingkungan. Logam berat seperti timah, kadmium dan kobalt dari sumber antropogenik, plating logam, operasi tambang dan industri lain merupakan polutan umum yang ditemukan pada anak sungai di daerah industri, serta menjadi masalah lingkungan yang diperhatikan di seluruh dunia. Teknik yang umum, yang telah digunakan untuk mereduksi kandungan ion logam dari anak sungai, termasuk pertukaran-ion, penyerapan ke dalam karbon yang teraktivasi, proses membran, dan metoda elektrolitik.¹

Logam berat sendiri sebenarnya merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan setiap makhluk hidup, namun beberapa di antaranya (dalam kadar tertentu) bersifat racun. Di alam, unsur ini biasanya terdapat dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (terikat dengan zat padat) serta terdapat sebagai bentuk ionik.²

Dampak dari pencemaran logam berat ini telah sering dikemukakan. Sebagai contohnya adalah aluminium, penggunaan unsur aluminium atau sifat kumulatifnya berada dalam tubuh organisme. Artinya elemen tersebut bila berada dalam organ tubuh hewan dan manusia akan mengalami akumulasi secara perlahan-lahan. Jika nanti sudah tertumpuk banyak maka konsekuensi efeknya pun akan bekerja menyerang organ-organ tubuh bagian dalam, seperti ginjal, hati, otak dan jaringan saraf. Tentunya tingkat toksitas masing-masing individu pun bisa bervariasi, tergantung daya kekebalan tiap orang per orang. Logam berat yang terdapat di perairan juga berbahaya bagi kehidupan organisme dan secara tidak langsung juga berefek terhadap kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena logam berat mempunyai sifat yang sulit didegradasi, dapat terakumulasi dalam organisme dan mudah terakumulasi di sedimen. Sumber utama pencemaran logam berat adalah dari limbah industri yang dibuang ke perairan seperti pada industri pelapisan logam, plastik proses metalurgi dan lain sebagainya. Pencemaran logam berat merupakan masalah yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Untuk pengolahan

beberapa limbah memerlukan zat kimia lain yang kurang ramah lingkungan serta biaya yang cenderung besar. Saat ini, pengolahan secara biologis untuk mengurangi ion berat dari air tercemar menjadi teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Salah satu diantaranya adalah biosorpsi yang memanfaatkan kemampuan pertukaran ion, pembentukan kompleks dan penyerapan mikroorganisme untuk menyerap logam berat. Secara umum keuntungan pemanfaatan mikroorganisme sebagai biosorben adalah : biaya operasional rendah, efisiensi dan kapasitas pengikatan logam yang tinggi, meminimumkan terbentuknya sludge, kemungkinan untuk rekoverti logam, biosorben dapat diregenerasi, bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, dan tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati.³

Berbagai bahan mikroorganisme seperti bakteri, yeast, alga dan fungi kini telah berhasil digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam-logam berat.² membuktikan penggunaan sorben yang murah karena kelimpahannya terdapat di alam atau hasil samping atau limbah. Yeast telah diteliti oleh para peneliti untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (biosorben) ion-ion logam berat.² Dalam beberapa penelitian biomassa sel *Saccharomyces cerevisiae* diperoleh dari limbah cair proses fermentasi industri bir atau limbah lain.

Saccharomyces cerevisiae sudah banyak diteliti berkaitan dengan potensinya sebagai biosorben dan bioakumulator logam berat, diantaranya karena memiliki persentasi material dinding sel sebagai sumber pengikatan logam yang tinggi juga biomassa *Saccharomyces cerevisiae* mudah diperoleh karena banyak dimanfaatkan pada proses fermentasi. Maka dalam penelitian ini dilakukan isolasi jamur dari limbah coca cola untuk penyerapan logam aluminium sehingga dapat menjadi rujukan dalam meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

1.2 Perumusan 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-logam berat. Masalah yang timbul adalah :

1. Apakah mikroorganismenya dari limbah padat PT. Coca Cola seperti *Saccharomyces sp.* dapat melakukan biosorpsi logam berat tersebut?
2. Kondisi pH dan konsentrasi yang bagaimana yang bisa menurunkan kadar pencemaran logam aluminium?
3. Bagaimana pertumbuhan jamur *Saccharomyces sp.* yang dapat menyerap logam aluminium secara optimum.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengabsorpsi logam aluminium dengan bantuan mikroorganismenya dari limbah padat seperti *Saccharomyces sp.*, dengan mempelajari:

1. Mengisolasi jamur *Saccharomyces sp.* dari limbah padat PT.Coca Cola sebagai penyerapan logam berat
2. Biosorpsi logam Aluminium (III) dengan sel *Saccharomyces sp.* pada penyerapan variasi pH 1-8
3. Pengaruh pertumbuhan sel *Saccharomyces sp.* pada biosorpsi logam dengan berbagai konsentrasi dan pH.
4. Mengetahui persentase berkurangnya aluminium yang terserap oleh mikroorganismenya *Saccharomyces sp.* yang diisolasi dari limbah padat coca cola.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa manfaat salah satunya dapat digunakan sebagai metoda alternatif pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat secara umum dan aluminium secara khusus.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah adalah kotoran atau sampah yang dihasilkan karena pembuangan sampah atau zat kimia dari pabrik-pabrik. Berdasarkan bahaya sifat kimianya, limbah dapat dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Limbah Asam

Asam dapat menyebabkan luka pada kulit, selaput lendir, selaput mata dan saluran pernapasan.

2. Limbah Basa

Bahan-bahan basa seperti ammonium hidroksida, potassium hidroksida, sodium hidroksida, sodium sianida, sodium karbonat, sodium pryophospat, sodium silikat dan trisodium phospat tidak begitu bahaya bagi sistem saluran pernafasan, tetapi dapat mengiritasi kulit.

3. Limbah Garam dan Senyawa Lainnya

Sianida sangat beracun, dan dapat mematikan bila tertelan. Menyebabkan iritasi kerongkongan, pusing-pusing, mabuk, mual, lemah dan sakit kepala dan bahkan berhenti bernafas.

Berdasarkan karakteristiknya, limbah ada empat yaitu : limbah cair, limbah padat, limbah partikel dan gas serta limbah B3 (Bahan berbahaya dan Beracun). 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, peternakan, pertanian serta dari tempat-tempat umum. Jenis-jenis limbah padat: 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. Secara garis besar limbah padat terdiri dari :

- 1) Limbah padat yang mudah terbakar.
- 2) Limbah padat yang sukar terbakar.
- 3) Limbah padat yang mudah membusuk.

- 4) Limbah yang dapat di daur ulang.
- 5) Limbah radioaktif.
- 6) Bongkaran bangunan.
- 7) Lumpur.

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), metana (CH_4), CO_2 dan sebagainya. Gas ini akan timbul jika limbah padat ditimbun dan membusuk dikarena 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 metana 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.

Dari sebagian dampak-dampak limbah padat diatas, ada beberapa dampak limbah yang lainnya yang ditinjau dari aspek yang berbeda secara umum. Dampak limbah secara umum di tinjau dari dampak terhadap kesehatan dan terhadap lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Dampak Terhadap Kesehatan
2. Dampak Terhadap Lingkungan.⁶

Salah satu contoh limbah adalah limbah padat PT.Coca Cola. Limbah padat Coca Cola ini berbentuk seperti lumpur padat berwarna coklat dan terdapat seperti serat-serat. Limbah Coca Cola ini dipilih untuk mengisolasi jamur *Saccharomyces sp.* karena diduga terdapat kandunga glukosa yang banyak dlam limbah padat ini.

Sebagaimana diketahui bahwa mikroorganismenya juga memerlukan kandungan nutrisi untuk hidup terutama sumber karbon yang salah satunya berasal dari glukosa. Hal tersebut menyebabkan limbah padat Coca Cola ini sangat disenangi oleh jamur *Saccharomyces cerevisiae* untuk tumbuh dan berkembang biak.⁷

2.2 Logam Aluminium

Aluminium adalah unsur logam yang biasa dijumpai dalam kerak bumi dan terdapat dalam batuan seperti feldspar dan mika. Kandungan yang mudah diperoleh adalah oksida terhidrat seperti bauksit, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, kryolit, Na_3AlF_6 . Aluminium dibuat dalam skala yang sangat besar, dari bauksit, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n = 1 - 3$). Aluminium dimurnikan dengan pelarutan dalam metana berair dan diendapkan ulang sebagai $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan menggunakan CO_2 . Hasil dehidrasinya dilarutkan dalam lelehan kryolit, dan lelehannya pada 800 sampai 1000^o C dielektrolisis. Aluminium adalah logam keras, kuat dan berwarna putih. Meskipun sangat elektropositif, ia bagaimanapun juga tahan terhadap korosi karena lapisan oksida yang kuat dan liat terbentuk dipermukaannya.

Lapisan-lapisan oksida yang tebal seringkali dilapiskan secara elektrolitik pada aluminium, yaitu proses yang disebut anodisasi; lapisan-lapisan yang segar dapat diwarnai dengan pigmen. Aluminium larut dalam asam mineral encer, tetapi 'dipasifkan' oleh HNO_3 pekat. Bila pengaruh perlindungan lapisan oksida dirusakkan, misalnya dengan penggosokan atau dengan amalgamasi, penyerangan cepat meskipun oleh air sekalipun dapat terjadi. Logamnya mudah bereaksi oleh larutan NaOH panas, halogen, dan berbagai nonlogam.⁸

2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

Khamir merupakan fungi bersel tunggal sederhana, kebanyakan bersifat saprofitik dan biasanya terdapat dalam tumbuh-tumbuhan yang mengandung karbohidrat. Khamir dapat diisolasi dari tanah yang berasal dari kebun anggur, kebun buah-buahan dan biasanya khamir berada di dalam cairan yang mengandung gula, seperti cairan buah, madu, sirup, dan sebagainya. Bentuk sel khamir biasanya

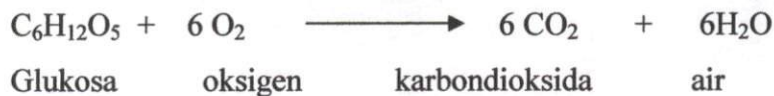
bulat, oval, dan biasanya tidak mempunyai flagella. Pada umumnya khamir berkembang biak dengan bertunas, membelah diri dan pembentukan spora.⁹

Sel-sel khamir mempunyai lapisan dinding luar yang terdiri dari polisakarida kompleks dan di dalamnya terletak membran sel. Khamir dapat tumbuh dalam media cair dan padat. Pembelahan sel terjadi secara aseksual dengan pembentukan tunas, suatu proses yang merupakan sifat khas dari khamir. Pada umumnya kisaran suhu pertumbuhan untuk khamir adalah sama dengan suhu optimum pada kapang sekaitar 25-30⁰ C dan suhu maksimum kira- kira 35-47⁰ C. Sementara itu pertumbuhan khamir pada umumnya lebih baik pada suasana asam dengan pH 4-4,5, dan tidak dapat tumbuh dengan baik pada medium alkali, kecuali jika telah beradaptasi. Khamir tumbuh pada kondisi aerobik, tetapi yang bersifat fermentatif dapat tumbuh secara anaerobik meskipun lambat.¹⁰

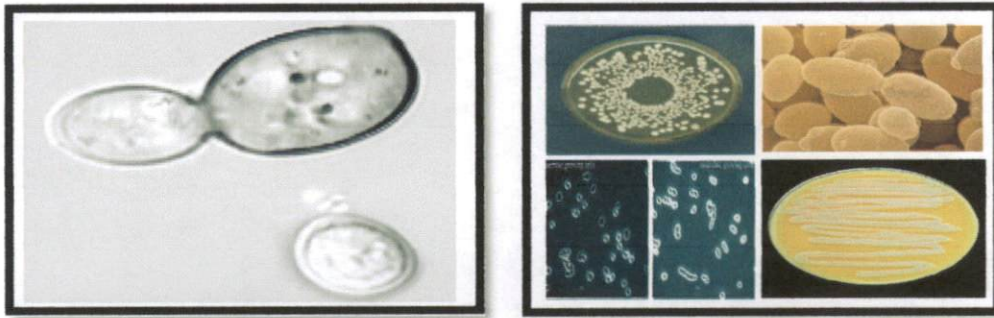
Khamir mempunyai kemampuan untuk memecah pangan karbohidrat menjadi alkohol dan karbondioksida. Proses ini diketahui sebagai fermentasi alkohol yaitu proses anaerob. Khamir mempunyai sekumpulan enzim yang diketahui sebagai zymase yang berperan pada fermentasi senyawa gula, seperti glukosa menjadi etanol dan karbondioksida. Reaksi yang terjadi dalam fermentasi alkohol sebagai berikut:



Jika pemberian O₂ berlebihan, sel khamir akan melakukan respirasi secara aerobik, dalam keadaan ini enzim khamir dapat memecah senyawa gula lebih sempurna, dan akan dihasilkan karbondioksida dan air.



Jenis khamir yang biasanya dipakai dalam indutri fermentasi alkohol adalah jenis *Saccharomyces cereviseae*. *Saccharomyces cereviseae*. adalah jenis khamir utama yang berperan dalam produksi minuman beralkohol seperti bir, anggur, dan juga digunakan untuk fermentasi adonan dalam perusahaan roti dan fermentasi tape. Kultur yang dipilih harus dapat tumbuh dengan baik dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol serta mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah banyak.¹¹



(a)

(b)

Gambar 1. (a) *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk sel tunggal, (b) *Saccharomyces cerevisiae* dalam berbagai ukuran

Berbagai bahan mikroorganismenya seperti bakteri, yeast, alga dan fungi kini telah berhasil digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam-logam berat membuktikan penggunaan sorben yang murah karena kelimpahannya terdapat di alam atau hasil samping atau limbah. Yeast telah diteliti oleh peneliti-peneliti.⁵ Untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (biosorben) ion-ion logam berat. Dalam beberapa penelitian biomassa sel *Saccharomyces sp.* diperoleh dari limbah cair proses fermentasi industri bir atau limbah lain.

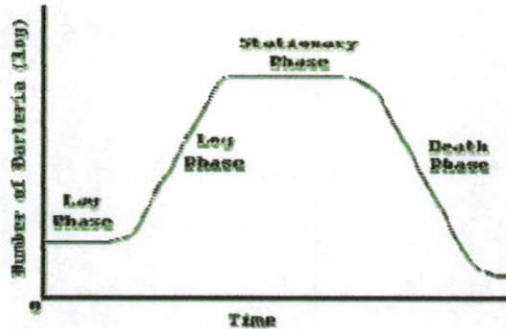
Adapun *Saccharomyces sp.* dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Kingdom : *Fungi*
- Phylum : *Ascomycota*
- Subphylum : *Saccharomycotina*
- Kelas : *Saccharomycetes*
- Order : *Saccharomycetales*
- Famlyli : *Saccharomycetaceae*
- Genus : *Saccharomyces*
- Spesies : *S. cerevisiae*

Nama binomial : *Saccharomyces cerevisiae*

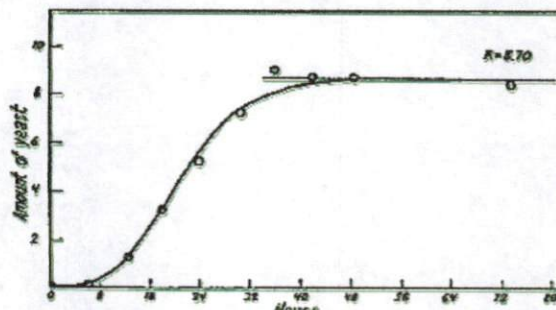
Saccharomyces sp. berbentuk bulat, oval, atau memanjang, dan mungkin berbentuk pseudomiselium. Reproduksi khamir dilakukan dengan cara pertunasan multipolar, atau melalui pembentukan askospora. Askospora dapat terbentuk setelah terjadi konjugasi, atau berasal dari sel diploid. Pertumbuhan sel merupakan puncak aktivitas fisiologi yang saling mempengaruhi secara berurutan. Proses pertumbuhan ini sangat kompleks meliputi pemasukan nutrisi dasar dari

lingkungan ke dalam sel, konversi bahan-bahan nutrisi menjadi energi dan berbagai konstituen vital sel serta perkembangbiakan. Pertumbuhan mikrobial ditandai dengan peningkatan jumlah dan massa sel serta kecepatan pertumbuhan tergantung pada lingkungan fisik dan kimia.¹² Adapun kurva pertumbuhan mikroba secara umum dapat dilihat pada Gambar :



Gambar 2. Grafik pertumbuhan mikroba

Pada dasarnya pertumbuhan sel mikroba dapat berlangsung tanpa batas, akan tetapi karena pertumbuhan sel mikroba berlangsung dengan mengonsumsi nutrisi sekaligus mengeluarkan produk-produk metabolisme yang terbentuk, maka setelah waktu tertentu laju pertumbuhan akan menurun dan akhirnya pertumbuhan berhenti sama sekali. Berhentinya pertumbuhan dapat disebabkan karena berkurangnya beberapa nutrisi esensial dalam medium atau karena terjadinya akumulasi autoksin dalam medium atau kombinasi dari keduanya. Adapun kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada Gambar¹² :



Gambar 3. kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*

Dari gambar di atas menunjukkan pertumbuhan dari ragi *Saccharomyces cerevisiae* yang mula-mula lambat, lalu cepat, dan akhirnya melambat saat mendekati nilai tertentu. Pada waktu ke 0-6 *Saccharomyces* sp. mengalami fase

adaptasi untuk menyesuaikan dengan substrat dan kondisi lingkungan disekitarnya. Pada waktu ke 7-11 *Saccharomyces cerevisiae* mengalami proses membelah dengan kecepatan masih rendah karena baru selesai tahap menyesuaikan diri, fase ini disebut fase pertumbuhan awal. Pada waktu ke 12-42 *Saccharomyces cerevisiae* membelah dengan cepat dan konstan. Pada waktu ini jumlah *Saccharomyces cerevisiae* meningkat dengan kecepatan eksponensial, fase ini disebut fase logaritmik. Pada waktu ke 43-168 memasuki fase stasioner dimana fase ini jumlah mikroba yang hidup sebanding dengan yang mati. Dengan demikian semakin berkurangnya jumlah nutrisi *Saccharomyces cerevisiae*. dan substrat, sehingga *Saccharomyces cerevisiae*. akan semakin menurun dengan bertambahnya waktu. *Saccharomyces cerevisiae*. merupakan spesies yang bersifat fermentatif kuat. Tetapi dengan adanya oksigen, *Saccharomyces cerevisiae* juga dapat melakukan respirasi yaitu mengoksidasi gula menjadi karbondioksida dan air. Kedua sistem tersebut menghasilkan energi, meskipun yang dihasilkan dari respirasi lebih tinggi dibandingkan dengan melalui fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* akan mengubah 70 % glukosa di dalam substrat menjadi karbondioksida dan alkohol, sedangkan sisanya tanpa ada nitrogen diubah menjadi produk penyimpanan cadangan. Produk penyimpanan tersebut akan digunakan lagi melalui proses fermentasi endogenous jika glukosa di dalam medium sudah habis.⁸ Beberapa spesies khamir merupakan sumber vitamin, dan telah digunakan sebagai suplemen pada makanan manusia dan hewan. Beberapa spesies khamir juga mengandung pigmen karotenoid yang larut lemak dan pigmen-pigmen lainnya.

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 tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi. Pertumbuhan *Saccharomyces* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu unsur C sebagai sumber karbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea, ZA, ammonium, pepton, mineral dan vitamin. Suhu optimum untuk fermentasi adalah 28 – 30° C. beberapa spesies yang termasuk dalam genus

ini diantaranya yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boullardi* dan *Saccharomyces uvarum*.¹³

Adapun kandungan vitamin pada *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada tabel 1 dibawah yaitu :

Tabel 1. Kandungan vitamin pada *Saccharomyces cerevisiae*

Vitamin	<i>Saccharomyces</i>	
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> . (µg/g)	Spesies lain (µg/g)
Thiamin	136.0	3.5
Riboflavin	29.0	35.6
Asam nicotinat	525.0	387.0
Piridoksin	40.0	29.0
Asam phentohenat	69.5	57.4
Asam folat	3.5	20.8
Biotin	1.0	0.53
Asam p-aminabenzuat	5.0	11.0
Kholin	3800.0	2860.0
Inositol	3900.0	4500.0

Sumber : Pelczer et.all. (1977)¹⁰

2.4 Fermentasi

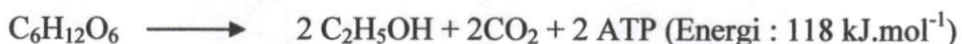
Fermentasi berasal dari bahasa latin fervere yang berarti mendidihkan. Seiring perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas, menjadi semua proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk yang disebut metabolit primer dan sekunder dalam suatu lingkungan yang dikendalikan. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses pengubahan glukosa menjadi alkohol yang berlangsung secara anaerob. Namun, kemudian istilah fermentasi berkembang kembali menjadi seluruh perombakan senyawa organik oleh mikroorganisme melibatkan enzim yang dihasilkannya. Dengan kata lain, fermentasi adalah perubahan struktur kimia bahan-bahan organik dengan memanfaatkan agen-agen biologis terutama enzim sebagai biokatalis. Produk fermentasi dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu produk enzim, produk metabolit, dan produk transformasi.¹⁴

Fermentasi merupakan proses penguraian metabolik senyawa organik oleh mikroorganisme dan menghasilkan energi yang pada umumnya berlangsung pada kondisi anerobik dan dengan pembebasan gas. Definisi lain mengatakan bahwa, suatu reaksi kimia yang timbul karena adanya mikroorganisme seperti bakteri, ragi atau kapang dan sebangsanya.

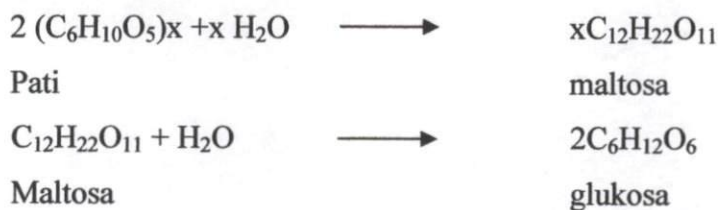
Etil alkohol dapat diproduksi melalui fermentasi alkohol. Bahkan dalam industri, etanol umumnya diproduksi lewat fermentasi gula tetes, suatu residu berbentuk sirup yang diperoleh dari pemurnian gula tebu. Pada awalnya gula tebu diubah menjadi bentuk sederhana, dan diberi enzim sebagai katalis organik.¹⁵



Lalu zimase (enzim dalam ragi) akan mengubah keduanya menjadi alkohol dan CO₂.



Bila yang digunakan sebagai sumber alkohol adalah kayu atau kentang, maka patinya pertama kali harus diubah menjadi gula maltosa dengan diastosa. Setelah itu baru maltosa diubah menjadi glukosa dengan enzim maltase dengan reaksi sebagai berikut:



Peragian glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida oleh ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) terjadi melalui alur fruktosa difosfat. Transformasi piruvat menjadi etanol mencakup dua tahap, yaitu piruvat dekarboksilase (I), kemudian dengan keikutsertaan tiamin pirofosfat, asetaldehid dehidrogenase oleh alkohol dehidrogenase, dan direduksi dengan NADH₂ menjadi etanol (II).

2.5 Biosorpsi

A. Biosorpsi

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 tergantung pada metabolisme (metabolism-independent) dan penyerapan logam yang bergantung pada metabolisme (metabolism-dependent).¹⁶

Proses penyerapan logam yang tidak tergantung pada metabolisme terutama terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lain. Penyerapan terjadi melalui mekanisme kimia dan fisika, misalnya pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi. Proses ini secara keseluruhan disebut biosorpsi.

Biosorpsi merupakan penghilangan logam-logam, senyawa-senyawa, dan partikel-partikel dari larutan oleh bahan biologi. Mikroorganisme seperti khamir, jamur, bakteri, dan alga secara efisien dapat menyerap logam berat dan radionukleotida dari lingkungan eksternalnya. Secara umum terdapat dua jenis penyerapan logam berat oleh mikroorganisme, yaitu penyerapan logam yang tidak bergantung pada metabolisme, dan penyerapan logam bergantung pada metabolisme.⁵

Kemampuan ion logam membentuk kompleks tergantung pada daya mempolarisasinya. Daya mempolarisasi tersebut ditentukan oleh perbandingan antara muatan dan jari-jari ion logam yang bersangkutan. Suatu kation dengan daya mempolarisasi tinggi disenangi oleh ligan sebagai pusat muatan positif berkerapatan tinggi, sehingga menghasilkan interaksi yang kuat. Sementara suatu ligan yang mempunyai atom donor dengan keelektronegatifan tinggi merupakan suatu basa keras, sedangkan ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi adalah basa lunak. Klasifikasi asam-basa keras dan lunak menurut dapat dilihat pada Tabel 2.¹⁷



Tabel 2. Klasifikasi Asam-Basa Kuat dan Lemah

Asam Kuat	Antara	Asam Lemah
H^+ , Na^+ , K^+ , Be^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Mn^{+2} , Li^{+2} , Al^{+3} , Cr^{+3} , Co^{+3} , Fe^{+3} , As^{+3} .	Fe^{+2} , Co^{+2} , Ni^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Pb^{+2} , Sn^{+2}	Cu^+ , Ag^+ , Au^+ , Ti^+ . Hg^{+2} , CH_3Hg^+ , Cd^{+2} , Pt^{+2} , Pd^{+2}
Basa Kuat	Antara	Basa Lemah
H_2O , OH^- , F^- , Cl^- , PO_4^{-3} , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , ROH , RO^- , NO_3^- , NH_3 , RNH_2 , $CH_3CO_2^+$, R_2O , ClO_4^-	Br^- , NO_2^- , SO_3^{-2} , N_3^- , $C_6H_5NH_2$, C_6H_5N , N_2	RSH , SCN^- , RS^- , $S_2O_3^{-2}$, C_2H_4 , C_6H_6 , H , CO , H_2S , CN^- , R_3P , I , $(RO)_3P$, R_3As

Sumber: Pearson, frostner dan Wittman,¹⁸

Urutan pembentukan kompleks pembentukan atas asam dan basa keras serta asam dan basa lunak. Tabel diatas menunjukkan bahwa klasifikasi secara biologi dari logam dan ligan yang bereaksi dengan asam dan basa keras serta asam dan basa lunak.

Beberapa jenis mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bioabsorpsi terutama adalah dari golongan alga yakni alga dari divisi *Phaeophyta*, *Rhodophyta* dan *Chlorophyta*. Logam-logam yang dapat diabsorpsi/di-remove adalah logam berat beracun, logam esensial dan radionuklida.¹⁸

B. Proses Bioremoval

Sorpsi merupakan proses penyerapan pada permukaan zat padat atau zat cair yang menghasilkan akumulasi atau peningkatan konsentrasi molekul penyerap. Pada peristiwa ini terjadi interaksi antara adsorbat dengan adsorben. Berdasarkan kuat lemahnya interaksi yang terjadi, maka adsorpsi dibagi 2 bagian :

a. Adsorpsi fisika

Pada adsorpsi fisika ini, antara zat yang diserap dan penyerap dihubungkan oleh gaya van der waals. Reaksinya bersifat reversible dan temperatur yang digunakan rendah karena tidak memerlukan energi aktivasi sehingga prosesnya cepat. Kalor pencairannya dibawah 20 KJ/mol. Lapisan teradsorbsinya bisa ganda atau bisa tunggal.

b. Adsorpsi kimia

Pertama kali dikenalkan oleh Irving Langmuir pada tahun 1916. Pada adsorpsi ini yang menghubungkan zat yang diserap dengan penyerap adalah ikatan kimia, seperti ikatan kovalen. Reaksinya bersifat irreversible, temperatur yang dibutuhkan untuk bereaksi cukup tinggi. Menurut ahli kimia fisika Sir Hugh Taylor, sorpsi kimia ini memiliki energy aktivasi yang tinggi, sehingga prosesnya cukup lama. Karena itu sorpsi kimia ini dikenal dengan sorpsi yang diaktifkan. Kalor pencairan yang dibutuhkan 100 – 150 kJ/mol. Konsep penting dalam sorpsi kimia ini adalah setelah permukaan tertutup oleh lapisan tunggal oleh molekul yang diserap, dia akan jenuh, dimana penambahan adsorpsi hanya dapat terjadi pada lapisan yang sudah ada, dan umumnya adsorpsinya lemah. Langmuir telah menegaskan bahwa sorpsi kimia meliputi bentuk lapisan uni molekuler. Menurut Taylor bahwa pada permukaan padat, molekul yang terserap akan melekat lebih kuat pada sisi-sisi permukaan yang disebut pusat-pusat aktif.

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.

Faktor – faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi adalah :

- a. Luas permukaan adsorben

Umumnya makin luas permukaan adsorben, makin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah pori dari adsorben bersangkutan. Daya serap makin besar dengan semakin kecilnya ukuran partikel.

- b. Jenis adsorben

Adsorben yang berbentuk amorf lebih besar daya serapnya dari pada adsorben yang berbentuk Kristal. Dan adsorben yang non polar lebih

mudah menyerap zat – zat non polar sedangkan adsorben polar lebih besar serapannya terhadap zat yang polar juga.

c. Jenis adsorbat

Adsorbat yang mudah terion umumnya lebih mudah terserap dibanding yang sulit terion.

d. Konsentrasi adsorbat

Makin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan makin banyak jumlah yang diserap.

e. Tekanan gas

Makin besar tekanan gas, maka adsorpsi akan semakin besar.

f. Temperatur

Pemanasan pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat.

Salah satu contoh jamur adalah *Saccharomyces cerevisiae*. 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 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 yang bercabang yang mempunyai ikatan fosfodiester dan melekat pada protein. Karena mengandung fosfodiester maka molekul fosfodiester adalah molekul polianionik. Chitin merupakan polimer dari N-asetilglukosamin. Molekul ini terdapat dalam jumlah besar pada dinding sel dan sangat efektif sebagai zat penyerap logam dan radionuklida. Chitosan adalah derivat chitin, yang juga mempunyai kemampuan cukup berarti sebagai penyerap ion logam.⁴

Protein pembentuk dinding sel khamir *Saccharomyces cerevisiae* kaya dengan residu asam amino glutamat, aspartat, serin, threonin dan asparagin. Protein dapat mengikat logam melalui ujung amino dan karboksilat, rantai peptida yang terprotonasi, atom oksigen dari karbonil peptida atau melalui rantai samping residu asam amino.

Struktur umum asam amino yang ditemukan pada protein diperlihatkan dalam bentuk nonionic. R melambangkan rantai samping atau gugus R, yang berbeda pada tiap-tiap asam amino.¹⁹

C. 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 dapat disimpulkan pada tabel 3.¹⁹

Tabel 3. Jenis Interaksi Logam-Biomolekul pada permukaan Sel Jamur dan Khamir

Jenis Interaksi	Jenis Makromolekul	Gugus Fungsional
Ionik	Fosfomanan	Fosfat
Polar (dipol - dipol)	Polisakarida chitin dan chitosan	Hidroksil, amino.
Gabungan	Protein	Amino, hidroksil, amida, karboksil, tiol
Mineralisasi	Polimer anion mikroorganisme	Fosfat, karboksilat.

1. Interaksi ionik.

Interaksi yang terjadi antara kation logam dengan gugus anion dari makromolekul pada permukaan dinding sel. Interaksi dimaksud mirip dengan interaksi dalam resin penukar kation, kekuatan dan kespesifikannya tergantung pada jari-jari ion dan muatan ion logam, derajat ionisasi anion makromolekul pada pH operasional dan persaingan dari muatan positif tertentu dalam polimer. Makromolekul fosfomanan yang merupakan komponen utama dinding sel khamir dan jamur merupakan poliionik karena mengandung fosfodiester.

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 $-OH$, $-NH_2$, dan $C=O$. Pembentukan

kompleks tergantung pada kemampuan berinteraksi beberapa gugus dalam makromolekul yang berfungsi sebagai ligan untuk membentuk khelat. Chitin dan chitosan yang banyak terkandung dalam sel merupakan zat penyerap efektif untuk logam radionuklida.

3. Interaksi gabungan dan berganda.

Logam-logam berat terikat pada sebagian besar protein dan mengubah sifat protein tersebut. Karena protein mengandung bermacam-macam gugus ionik dan gugus polar lainnya, maka interaksi dengan kation-kation logam menjadi sangat kuat dan tidak spesifik. Beberapa protein permukaan sel atau protein yang merembes dari membran atau cytoplasma sel-sel mati dapat mengikat kation dengan cara ini. Suatu ikatan asam dan basa kuat serta asam dan basa lemah. Dalam tabel 3 ditunjukkan klasifikasi secara biologis dari logam-logam dan ligan-ligan penting yang bereaksi sebagai asam atau basa kuat atau lemah. Ligan yang mempunyai atom donor dengan keelektronegatifan tinggi adalah basa kuat, sedangkan ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi adalah basa lemah.²⁰

2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan suatu metoda analisa yang didasarkan pada kemampuan suatu atom untuk menyerap sinar ketika atom tersebut tereksitasi pada panjang gelombang tertentu. Setiap atom mampu menyerap sinar, walaupun hanya pada panjang gelombang tertentu dan hal ini akan bergantung pada jumlah energi yang diperlukan atom tersebut. Biasanya metoda ini digunakan untuk menentukan konsentrasi logam, bahan lempung dan gelas.

Pengukuran dengan metoda AAS dilakukan dengan mengubah keadaan atom yang akan dianalisa ke keadaan tereksitasi, dilakukan dengan pemanasan. Biasanya sampel yang akan diamati berupa larutan. Larutan tersebut dipanaskan untuk menguapkan pelarutnya dengan suhu yang lebih tinggi. Logam ini kemudian dipanaskan lagi untuk membuatnya naik ke keadaan tereksitasi. Sinar yang diserap atom untuk membuatnya dalam keadaan tereksitasi inilah yang akan

diukur oleh alat. Jumlah absorpsi radiasi bergantung pada jumlah elemen pada keadaan dasar yang berbanding lurus dengan konsentrasi sampel dalam larutan.

Secara prinsip semua jenis logam dapat ditentukan konsentrasinya dengan menggunakan metoda AAS akan tetapi ada beberapa jenis logam yang mudah menguap seperti Hg, As, Se dan Sn. Untuk logam-logam seperti ini, metoda AAS dilakukan dengan uap dingin (cold vapor). Pada cold vapor perubahan atom dari larutan dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi dilakukan dengan cara reduksi, bukan melalui pemanasan, proses ini dinamakan Hidrate Generation. Untuk logam Sn biasanya direduksi dengan menggunakan larutan asam askorbat.

Untuk tujuan analisa kuantitatif diperlukan kurva kalibrasi linier yang didapat dari larutan standar. Kebanyakan unsur dapat diukur dengan metoda ini, kecuali gas mulia, Cl, HF, O, N, S, P dan halogen. Metoda ini banyak digunakan untuk menentukan unsur yang konsentrasinya sedikit.

Komponen-komponen AAS terdiri dari 3 komponen, yaitu :

1. Sumber radiasi atau cahaya

Sumber radiasi yang digunakan dalam alat ini haruslah mampu memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur spesifik yaitu lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp). Lampu ini mempunyai dua elektroda, satu elektroda berbentuk silinder dan terbuat dari unsur yang sama dengan unsur yang akan dianalisa. Lampu ini diisi dengan gas mulia bertekanan rendah.

2. Atomizer

Alat untuk mengatomkan unsur yang akan dianalisa disebut atomizer. Atomisasi dapat dilakukan baik dengan nyala (flame atomizer maupun dengan tungku grafit (grafit furnace atomizer). Dalam atomizer, unsur yang akan dianalisa dibuat berbentuk aerosol kabut dengan alat nebulizer, kemudian dari aerosol tadi zat-zat pengotor berukuran besar akan dipindahkan dan dikeringkan dari air. Setelah terpisah unsur yang dianalisa dipanaskan hingga berbentuk seperti bara dan kemudian diatomisasi.

3. Detektor

Detektor yang digunakan dapat berupa PMT. Detektor pada alat berfungsi untuk menangkap sinar yang telah melewati monokromator dan kemudian sinyalnya (dalam bentuk aliran listrik) diteruskan ke output device.

Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Hal ini disebabkan oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya hingga tingkat runtu, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsure pada konsentrasi runtu. Ketiga, sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia.²⁰

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan bulan Februari-Desember 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, timbangan analitik, pH-meter, mikro buret, sentrifus, AAS dan peralatan gelas laboratorium lainnya.

3.2.2 Bahan

3.2.2.1 Limbah

Limbah padat PT.Coca cola, Padang, Limbah cair diambil dari limbah laboratorium bioteknologi.

3.2.2.2 Logam

Sumber logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah dalam bentuk garamnya yaitu $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

3.2.2.3 Mikroorganisme.

Mikroorganisme yang akan digunakan sebagai penyerap (absorben) logam aluminium adalah jamur *Saccharomyces sp.* yang diisolasi dari limbah pabrik coca-cola.

3.2.2.4 Media

Media yang akan digunakan ada beberapa jenis sesuai keperluannya, seperti PDA (Potato Dextrose Agar) sebagai media isolasi jamur dan perbanyakan dan PDB (Potato Dextrose Broth) sebagai media biosorpsi.

3.2.2.5 Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan adalah HCl, NaOH, Buffer Sitrat, alkohol 70%, Klhoramphenicol, aquades dan bahan-bahan lainnya.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pembuatan Media²¹

3.3.1.1 Media Isolasi

Potato Dextrose Agar 50 %

Sebanyak 2,25 g bubuk PDA ditambahkan dengan 250 mL aquades, kemudian dipanaskan sampai larut sempurna setelah penambahan *chloramphenicol*. Media disterilisasi dalam autoklav pada suhu 121°C, tekanan 2 atm selama 15 menit. Media yang sudah steril didinginkan sampai suhu kira-kira 40°C. Selanjutnya media dituang kedalam cawan petri dan biarkan mengeras.

3.3.1.2 Media Peremajaan, Pemeliharaan dan Perbanyakan

Potato Dextrose Agar (PDA)

Sebanyak 2,25 g bubuk PDA ditambahkan dengan 250 mL aquades, kemudian dipanaskan sampai larut sempurna setelah penambahan *chloramphenicol*. Media disterilisasi dalam autoklav pada suhu 121°C, tekanan 2 atm selama 15 menit. Media yang sudah steril didinginkan sampai suhu kira-kira 40°C. Selanjutnya media dituang kedalam cawan petri dan biarkan mengeras

3.3.1.3 Media Biosorpsi

Potato dextrose Broth (PDB)

Sebanyak 6 g bubuk PDB dan 250 mL aquades dipanaskan sampai larut sempurna lalu disterilkan dalam autoklav pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm selama 15 menit.

3.3.2 Isolasi Jamur dari Limbah Pabrik Coca Cola

Jamur yang terdapat pada limbah pabrik PT. Coca Cola disolasi dengan cara :

1. 1 g limbah dimasukkan ke dalam tabung dengan pengenceran bertingkat.
2. Tiga pengenceran terakhir diambil untuk ditanam secara *spread plate* ke media PDA yang ditambah *chloramphenicol*. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang 3-4 hari.
3. Koloni jamur yang tumbuh dimurnikan dan ditanam pada medium PDA baru,

4. Inkubasi pada suhu ruang 3-4 hari

3.3.3 Persiapan inokulum

Biakan jamur *Saccharomyces sp.* diremajakan pada media PDA dan diinkubasi pada suhu kamar selama 48 jam. Jamur yang telah siap dipanen, ditambah dengan aquadest steril kemudian dikerik dengan cotton buth dan dipindahkan ke tabung reaksi., lalu disentrifus sehingga jamur mengendap. Jamur tersebut ditimbang 1 g untuk proses biosorpsi.

3.3.4 Adaptasi jamur pada logam Aluminium

Jamur diinokulasikan kedalam medium PDA yang telah ditambahkan logam Aluminium dengan variasi konsentrasi sebesar 0, 5, 10, 15 dan 20 ppm . Jamur yang telah siap dipanen, ditambah dengan aquadest steril kemudian dikerik dengan cotton buth dan dipindahkan ke tabung reaksi., lalu disentrifus sehingga jamur mengendap. Jamur tersebut ditimbang 1 g untuk proses biosorpsi.

3.3.5 Medium biosorpsi

50 ml medium PDB steril dan 50 mL logam dimasukkan dalam 250 ml erlenmeyer kemudian diinokulasi dengan 1 g inokulum *Saccharomyces sp.* diatur pH 1-8 dengan penambahan 0,1 M HCl atau 0.1 M NaOH. Erlenmeyer tersebut diinkubasi pada 30°C dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari dan dishaker pada 150 rpm.

3.3.6 Pembuatan larutan Al (III)

Larutan logam dibuat dengan menggunakan garam aluminium. Larutan induk 1000 ppm dibuat dengan 3,47 g $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam labu ukur 250 mL. larutan induk diencerkan sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. (lihat Lampiran 1)

3.3.7 Penentuan pH optimum

Kedalam 8 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 mL PDB, 50 ml larutan Aluminium (III) dengan konsentrasi 50 ppm dan 1 g biomassa *Saccharomyces sp* yang telah diadaptasi dalam larutan aluminium 20 ppm. pH larutan masing-masing 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dengan penambahan HCl 1 M atau NaOH 1 M. Kemudian dishaker 120 rpm selama 2 jam, selanjutnya diambil filtratnya dan aluminium dalam filtrat dianalisis dengan AAS.

3.3.8 Penentuan konsentrasi optimum larutan aluminium

Kedalam 5 buah erlenmeyer dimasukkan masing-masing 50 mL PDB, 1 g biomassa *Saccharomyces sp* yang telah diadaptasi dalam larutan aluminium 20 ppm dan 50 ml larutan Aluminium (III) dengan variasi konsentrasi berturut-turut 40, 50, 60, 70 dan 80 ppm. Kemudian dishaker selama waktu kontak 1, 2, 3, 4, dan 5 hari. Setelah itu disaring dan aluminium dalam filtratnya diukur dengan AAS.

3.3.9 Biosorpsi dengan menggunakan jamur non-adaptasi

Kedalam 1 buah erlenmeyer dimasukkan 50 mL PDB, 1 g biomassa *Saccharomyces sp* dan 50 mL logam aluminium pada kondisi optimum dengan konsentrasi 70 ppm , pH 4 dan waktu kontak 2 hari . Kemudian dishaker dan aluminium dalam filtrat diukur dengan AAS.

3.3.9 Aplikasi terhadap limbah

Kedalam 2 buah erlenmeyer masing-masing dimasukkan 1 g biomassa *Saccharomyces sp* adaptasi dan non-adaptasi, 50 mL PDB, dan 50 mL limbah aluminium dan dilakukan biosorpsi pada kondisi optimum yaitu pH 4 dan waktu kontak 2 hari. Kemudian dishaker dan aluminium dalam filtrat diukur dengan AAS.

3.3.10 Uji Etanol menggunakan biomassa *Saccharomyces sp*.

2,5 g glukosa dimasukkan kedalam Erlenmeyer yang berisi 100 mL PDB dan ditambahkan ekstrak ragi 0,2 g/L, MgSO₄.7H₂O 0,005 g/L , (NH₄)₂ PO₄ 1g/L dan 1,5 g biomassa *Saccharomyces sp*. Campuran difermentasi selama 4 hari lalu dilakukan uji iodoform.

4.3.10 Analisis Data

Dilakukan analisis data dengan menghitung kapasitas penyerapan (Q) dan persen penyerapan (%) dengan persamaan dibawah ini (lihat Lampiran 2) :

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

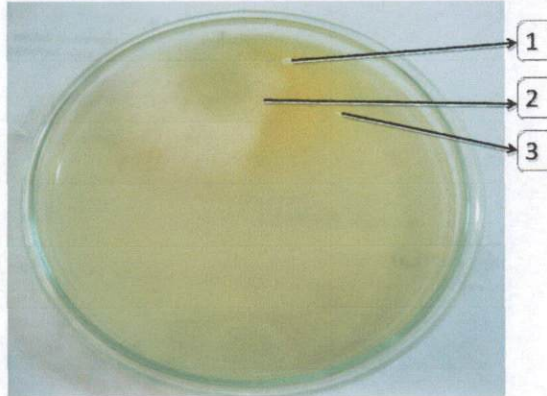
$$\% = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolasi *Saccharomyces sp.* dari limbah padat PT. Coca Cola

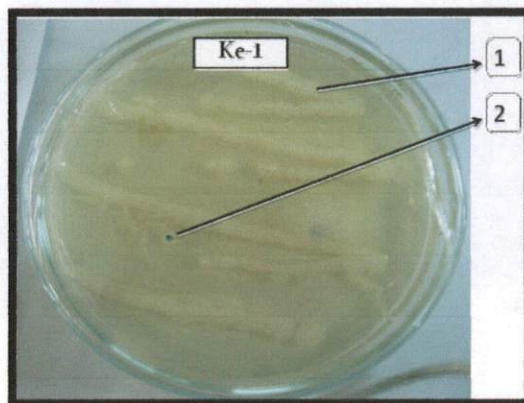
Pada penelitian ini dilakukan isolasi *Saccharomyces sp.* dari limbah padat PT. Coca Cola, Sumatera Barat. Dari isolasi tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4. Koloni beberapa jamur (1, 2 dan 3) hasil isolasi dari limbah padat dengan pengenceran 10^{-7} pada hari ke 3.

Hasil isolasi pada gambar menunjukkan beberapa koloni jamur dengan 3 jenis jamur berbeda bentuk fisiologinya, diantaranya : koloni berwarna putih dengan lingkaran hitam ditengahnya (1), koloni putih berhifa(2) dan koloni putih licin mengkilap dengan sedikit miselium yang hampir tidak terlihat (3). Secara visual, koloni putih licin mengkilap dengan sedikit miselium yang hampir tidak terlihat (3) memiliki cirri yang sama dengan *Saccharomyce cereviseae*.

Isolasi dari limbah padat dengan pengenceran 10^{-7} menghasilkan 3 jenis jamur berbeda ini dilanjutkan dengan pemurnian pertama dengan hasil sebagai berikut :



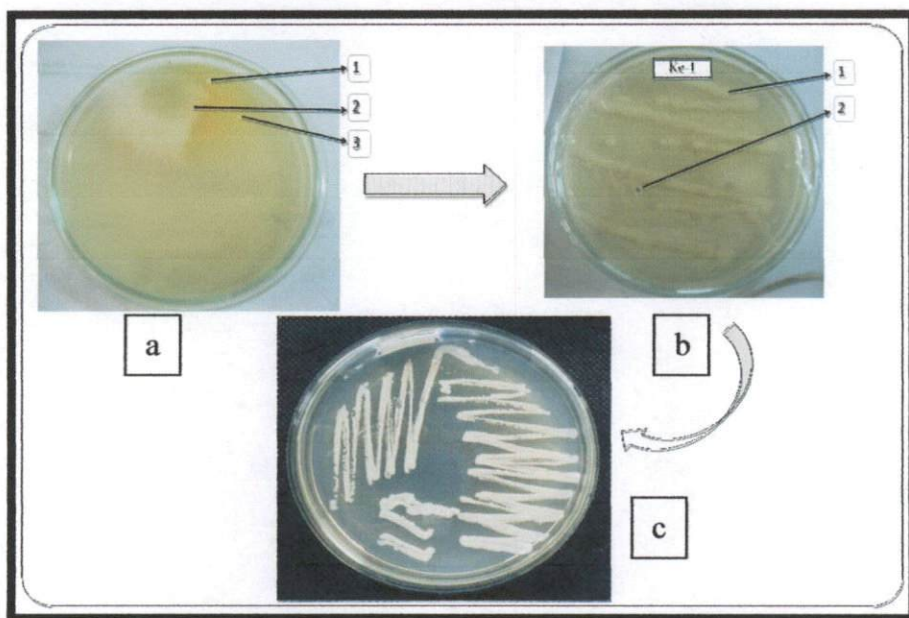
Gambar 5. Koloni jamur pada pemurnian ke-1

Hasil pemurnian ke-1 pada gambar menunjukkan bahwa jamur belum murni, namun masih memiliki 2 jenis jamur yaitu : koloni putih licin mengkilap dengan sedikit miselium yang hampir tidak terlihat (1) dan koloni berwarna putih dengan lingkaran hitam ditengahnya (2). Maka pemurnian dilanjutkan lagi untuk mendapatkan hasil berupa koloni tunggal. Pada pemurnian ke-2 ini didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 6. Koloni jamur *Saccharomyces sp.* pada pemurnian ke-2

Hasil pemurnian ke-2 menunjukkan bahwa jamur sudah murni. Hal ini terlihat dari pertumbuhan jamur yang hanya memiliki satu jenis koloni dan diujung koloni hanya terlihat koloni yang sudah terpisah seperti titik putih. Proses pemurnian jamur secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

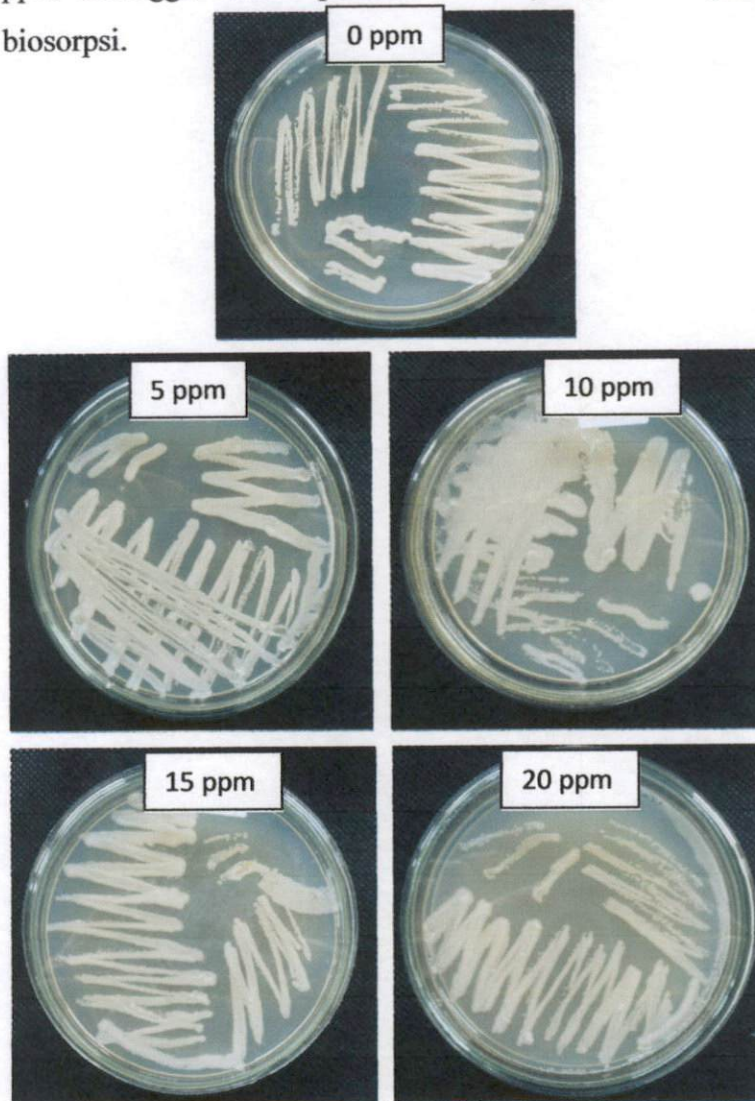


Gambar 7. Isolasi (a) dan pemurnian (b,c) *Saccharomyces sp.* dari limbah padat coca cola

4.2 Adaptasi *Saccharomyces sp.* pada logam Aluminium

Adaptasi *Saccharomyces sp.* pada logam aluminium bertujuan agar jamur dapat menyesuaikan diri pada medium yang telah mengandung logam, sehingga *Saccharomyces sp.* tersebut tidak mengalami shock pada saat sorpsi dan mampu untuk menyerap logam aluminium tersebut. Logam aluminium divariasikan konsentrasinya, yaitu : 0, 5, 10, 15 dan 20 ppm.

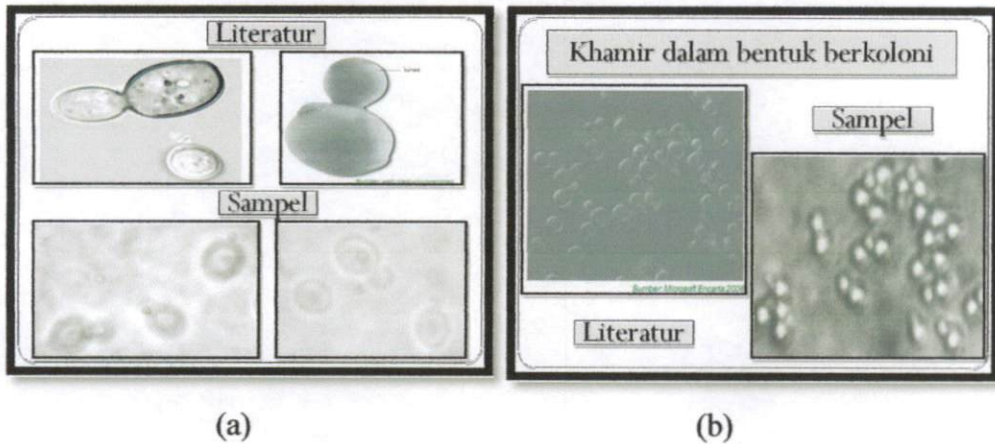
Dari gambar dapat dilihat bahwa *Saccharomyces sp.* yang telah diisolasi mampu beradaptasi pada medium yang telah mengandung logam. Dalam adaptasi ini didapat bahwa *Saccharomyces sp.* tetap mampu tumbuh pada konsentrasi 20 ppm sehingga dalam perlakuan selanjutnya ia digunakan untuk keperluan biosorpsi.



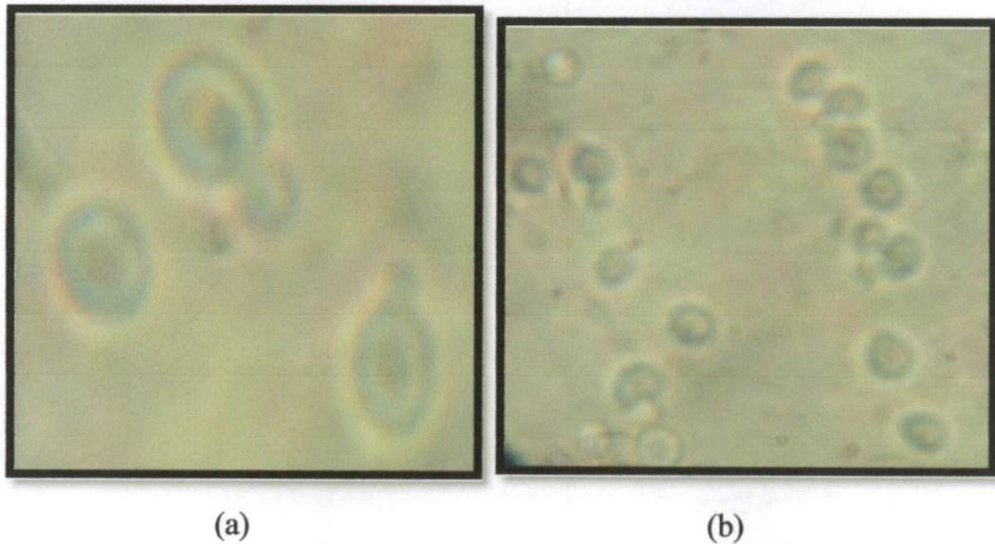
Gambar 8. Adaptasi *Saccharomyces sp.* pada medium yang telah mengandung logam dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15 dan 20 ppm berturut-turut.

4.3 Foto *Saccharomyces sp.* 100 x perbesaran

Pembuktian spesies jamur pada penelitian ini dilakukan dengan pengamatan morfologi jamur dengan perbesaran optic 100 x. *Saccharomyces sp.* berbentuk bulat, oval, atau memanjang, dan mungkin berbentuk pseudomiselium. Pada penelitian ini didapat bentuk jamur adalah bulat sesuai dengan literatur yang telah dijelaskan. Dapat diamati dibawah ini kemiripan antara *Saccharomyces sp* yang diisolasi dengan literatur. Gambar dengan 100x perbesaran ini menunjukkan bahwa keduanya memiliki kemiripan fisiologis.



Gambar 9. Gambar *Saccharomyces sp.* dengan perbesaran 100 x dalam bentuk tunggal (a) dan berkoloni (b) yang dibandingkan dengan literatur



Gambar 10. Gambar *Saccharomyces sp.* dengan perbesaran 100 x dalam bentuk tunggal (a) dan berkoloni (b)

Dari pengamatan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa jamur yang didapat diduga termasuk spesies *Saccharomyces cerevisiae.*, namun untuk memastikannya perlu diuji dengan TEM dan uji molekuler.

4.4 Pengaruh pH larutan terhadap biosorpsi ion logam Al^{+3} oleh *Saccharomyces sp.*

Penyerapan logam pada dinding sel terjadi akibat adanya berbagai senyawa pembangun dinding sel seperti senyawa-senyawa polysaccharides dan protein serta ligan-ligan ionik seperti asam karboksil, amino dan posfat . Senyawa-senyawa ini yang dianggap sebagai komponen aktif dalam proses biosorpsi dengan membentuk senyawa kompleks dengan logam.

Nilai pH merupakan parameter yang sangat mempengaruhi kemampuan penyerapan logam karena beberapa ikatan antara gugus fungsi protein biomassa dengan ion logam melibatkan penggantian proton, sehingga dipengaruhi oleh pH. Pada pH di atas titik isolistrik, terjadi muatan negatif netto pada komponen dinding sel dan keadaan ionik ligan, seperti gugus karboksil, fosfat dan amino yang meningkatkan reaksi dengan kation logam. Pada pH di bawah titik isolistrik, muatan permukaan keseluruhan pada permukaan sel menjadi positif, yang akan menghambat mendekatnya kation bermuatan positif. Proton akan berkompetisi dengan terlebih dahulu dengan berikatan dengan ligan sehingga mengurangi interaksi ion logam dengan komponen sel. Optimasi pH ini juga disebabkan karena pH dapat mempengaruhi kelarutan ion logam dalam larutan, kemampuan ion logam lain untuk mengikat pada permukaan biomassa dan mempengaruhi muatan pada permukaan biomassa selama reaksi berlangsung.²¹

Berdasarkan berbagai alasan tersebut maka dilakukan penelitian pada berbagai macam variasi pH yaitu : pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Dari perlakuan tersebut didapat data sebagai berikut :

Tabel 4. Data kapasitas dan efisiensi penyerapan pada variasi pH

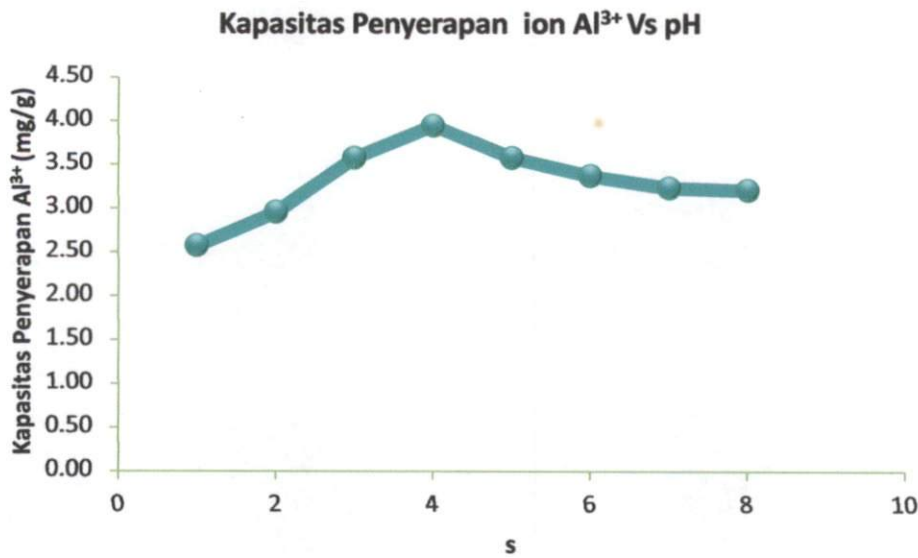
Sampel Al	Absorban	C out (ppm)	Q (mg/g)	Efisiensi Penyerapan Al ³⁺ (%)
pH 1	0.198	24.274	2.573	51.452
pH 2	0.170	20.438	2.956	59.123
pH 3	0.125	14.274	3.573	71.452
pH 4	0.098	10.575	3.942	78.849
pH 5	0.125	14.274	3.573	71.452
pH 6	0.140	16.329	3.367	67.342
pH 7	0.150	17.699	3.230	64.603
pH 8	0.152	17.973	3.203	64.055

Keterangan :

- C out : Konsentrasi aluminium setelah biosorpsi (ppm)
- Q : Kapasitas Penyerapan (mg/g)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kemampuan *Saccharomyces sp.* dalam menyerap logam Al terjadi paling baik pada pH 4. Pada pH 4 diduga permukaan sel berada dalam keadaan paling aktif sehingga memberikan persentasi penyerapan paling besar. Hal ini senada seperti penelitian yang dilakukan oleh Kresnawaty yang mendapatkan nilai pH optimum pada *Saccharomyces sp.* berada pada rentang pH 3 – 5 dengan nilai maksimum pada pH 4.

Pada pH rendah, reaksi hidrolitik dapat mengakibatkan berubahnya komponen dan keadaan permukaan aktif sel. Hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan yang dilakukan sorben terhadap logam. Keadaan tersebut dapat dilihat dari gambar kurva dibawah ini :



Gambar 11. Kurva kapasitas penyerapan pada ion logam Al³⁺ oleh *Saccharomyces sp.* dengan variasi pH

Dari gambar dapat diketahui bahwa serapan optimum berada pada pH 4. Sedangkan pada pH rendah serapannya tidak begitu baik. Namun pada pH netral yaitu pH 7, serapan yang didapat cukup baik, hal ini disebabkan dalam keadaan normal *Saccharomyces sp.* dapat menyerap baik dibanding keadaan asam atau basa kecuali pada kondisi optimum jamur tersebut. Sedangkan pada keadaan basa, kapasitas penyerapannya cenderung turun, hal ini disebabkan pada kondisi basa cenderung terjadi endapan Al(OH)₃ sehingga penyerapan yang dilakukan oleh jamur cenderung menurun. Nilai KSP Al(OH)₃ adalah 1.9×10^{-33} dan didapat terbentuk endapan pada pH 5.93, sehingga dapat dilihat bahwa pada pH 6 hingga 8 efisiensi penyerapan menurun.

Pada penelitian biosorpsi aluminium (III) oleh biomassa batang pisang yang dilakukan oleh Nurhidayati didapat pH optimum yang dihasilkan adalah pH 6.²⁴ Perbedaan kondisi pH optimum pada biosorpsi Al(III) antara *Saccharomyces sp.* dan biomassa batang pisang disebabkan oleh perbedaan ketahanan kedua biosorben tersebut dalam mengabsorpsi logam aluminium (III). *Saccharomyces sp.* baik tumbuh pada pH 3-5 dengan kondisi optimum 4 sedangkan biomassa batang pisang memiliki pH 6. Hal ini juga diduga karena perbedaan komponen aktif pada kedua biosorben tersebut. Gugus fungsi aktif yang menyerap Al(III) pada *Saccharomyces sp.* adalah gugus ammina sedangkan pada biomassa batang

pisang adalah gugus hidroksil, gugus karboksil dan gugus silanol, hal tersebut menyebabkan perbedaan kondisi optimum biosorpsi baik dalam variasi pH, konsentrasi maupun waktu kontak.

Selain kondisi biosorben, pH juga dapat dipengaruhi oleh spesies logam. Pada penelitian biosorpsi logam Al (III) oleh *Saccharomyces sp.* didapat pH optimum adalah 4 sedangkan biosorpsi terhadap logam Mn(VII) yang telah dilakukan Ariffeni dengan biosorben yang sama didapatkan pH 5.⁷ Hal ini dapat disebabkan perbedaan kemampuan interaksi *Saccharomyces sp.* terhadap logam Al(III) dan Mn(VIII).

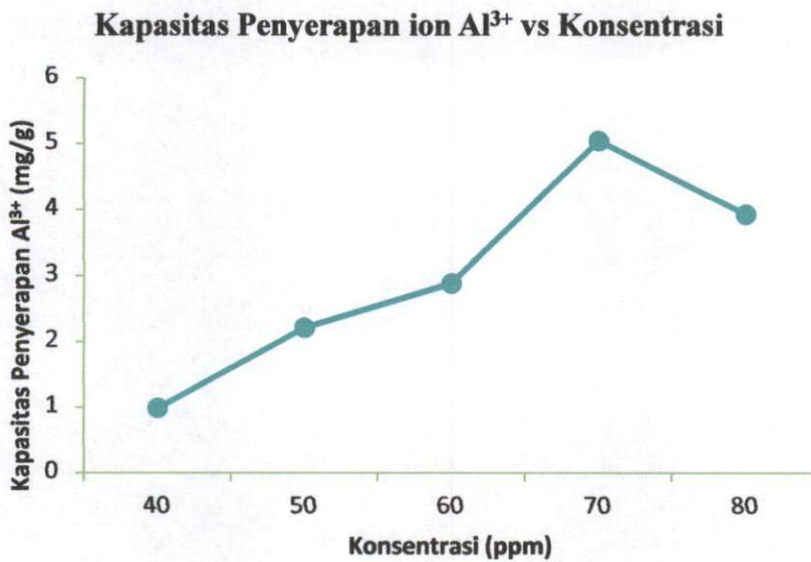
4.5 Pengaruh Konsentrasi ion logam Al³⁺ terhadap biosorpsi logam oleh *Saccharomyces sp.*

Isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi awal diikuti dengan meningkatnya jumlah zat yang teradsorpsi sehingga tercapai keadaan setimbang. Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif (active sites) yang sebanding dengan luas permukaan adsorben. Pada keadaan situs aktif adsorben belum jenuh dengan adsorbat maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan akan meningkat secara linier dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Selanjutnya, jika situs aktif adsorben telah jenuh dengan adsorbat, maka peningkatan konsentrasi adsorbat yang dipaparkan tidak akan meningkatkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Dari berbagai alasan tersebut, maka dilakukan uji variasi konsentrasi yaitu 40, 50, 60, 70 dan 80 ppm dan didapatkan hasil data sebagai berikut :

Tabel 5. Data kapasitas dan efisiensi penyerapan pada variasi Konsentrasi

Sampel Al ³⁺ (ppm)	Absorban	C out (ppm)	Q (mg/g)	Efisiensi Penyerapan Al ³⁺ (%)
40	0.226	30.071	0.993	24.281
50	0.201	26.214	2.379	47.571
60	0.225	29.714	3.029	50.476
70	0.162	20.714	4.929	70.408
80	0.286	38.357	4.164	52.054

Pada konsentrasi 40, 50, dan 60 ppm, kapasitas penyerapannya cenderung rendah dan bertambah seiring dengan bertambahnya konsentrasi hingga mencapai konsentrasi 70 ppm, hal ini disebabkan bahwa active site pada jamur *Saccharomyces sp.* masih terus meningkat hingga konsentrasi tersebut. Sedangkan diatas konsentrasi tersebut, efisiensi penyerapan menurun, hal ini disebabkan pada konsentrasi Al tinggi semakin banyak logam yang tidak terserap karena permukaan sel yang sudah mulai jenuh sesuai dengan yang dijelaskan oleh Saefuddin. Dari tabel dapat diketahui bahwa biomassa menyerap paling baik pada konsentrasi 70 ppm. Keadaan tersebut dapat dilihat pada Gambar kurva dibawah ini :



Gambar 12. Kurva kapasitas penyerapan pada ion logam aluminium oleh *Saccharomyces sp* dengan variasi konsentrasi

Perbedaan konsentrasi optimum dapat terjadi dengan perbedaan logam yang diserap. Pada logam Al(III) didapat kondisi optimum adalah 70 ppm sedangkan Mn(VIII) yang dilekukan oleh Ariffeni adalah 50 ppm. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan jenis kedua logam tersebut. Mn(VII) merupakan logam berat dengan masa atom 196,967 gr/mol sedangkan Al(III) bukanlah logam berat dengan massa atom hanya 27 gr/mol.

4.6 Pengaruh Waktu Kontak terhadap biosorpsi logam Al^{3+} oleh *Saccharomyces sp.*

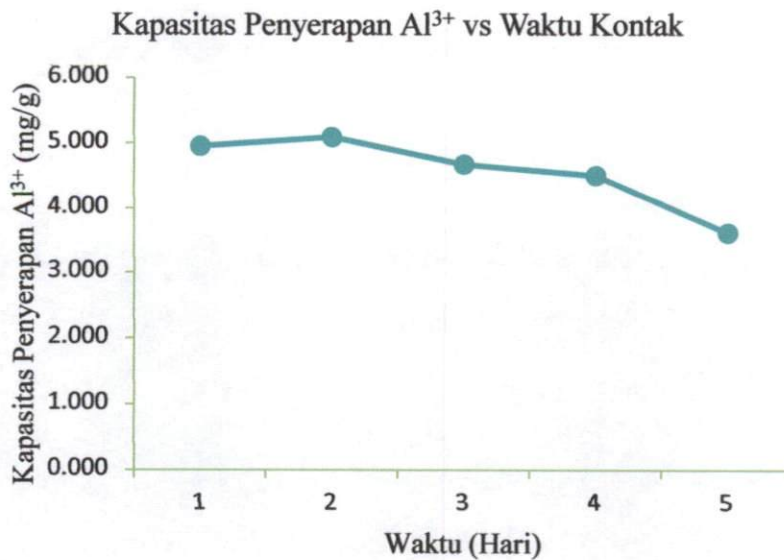
Mengetahui pengaruh waktu kontak dengan kemampuan penyerapan menjadi penting karena berpengaruh pada kapasitas pengolahan dan biaya operasi pada aplikasi teknologi. Atas alasan tersebut maka dilakukan uji berdasarkan variasi waktu kontak. Waktu divariasikan pada 1, 2, 3, 4, dan 5 hari. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 6 :

Tabel 6. Data kapasitas dan efisiensi penyerapan pada variasi waktu kontak

Waktu (Hari ke-)	Konsentrasi Al^{3+} (ppm)	Absorban	C out (ppm)	Q (mg/g)	Efisiensi Penyerapan Al^{3+} (%)
1	70	0.160	20.429	4.957	70.816
2	70	0.151	19.071	5.093	72.755
3	70	0.180	23.250	4.675	66.786
4	70	0.192	24.964	4.504	64.337
5	70	0.254	33.786	3.621	51.735

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa pada hari ke-1 kapasitas penyerapannya hanya 4.957 mg/g. Pada hari ke-2 terjadi peningkatan, hal ini disebabkan semakin lama logam dikontakkan dengan permukaan sel, maka akan semakin banyak permukaan sel yang menjadi aktif dan melakukan penyerapan terhadap logam.

Pada hari ke-3 terjadi penurunan kapasitas penyerapan, hal ini disebabkan kemampuan penyisihan logam oleh biomassa menjadi menurun. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa semakin berkurangnya permukaan sel yang dapat menjadi aktif dan membentuk ikatan dengan logam. Hal itu terus terjadi menurun hingga hari kelima. Perbandingan kapasitas penyerapan terhadap variasi waktu dapat dilihat pada kurva dibawah ini :



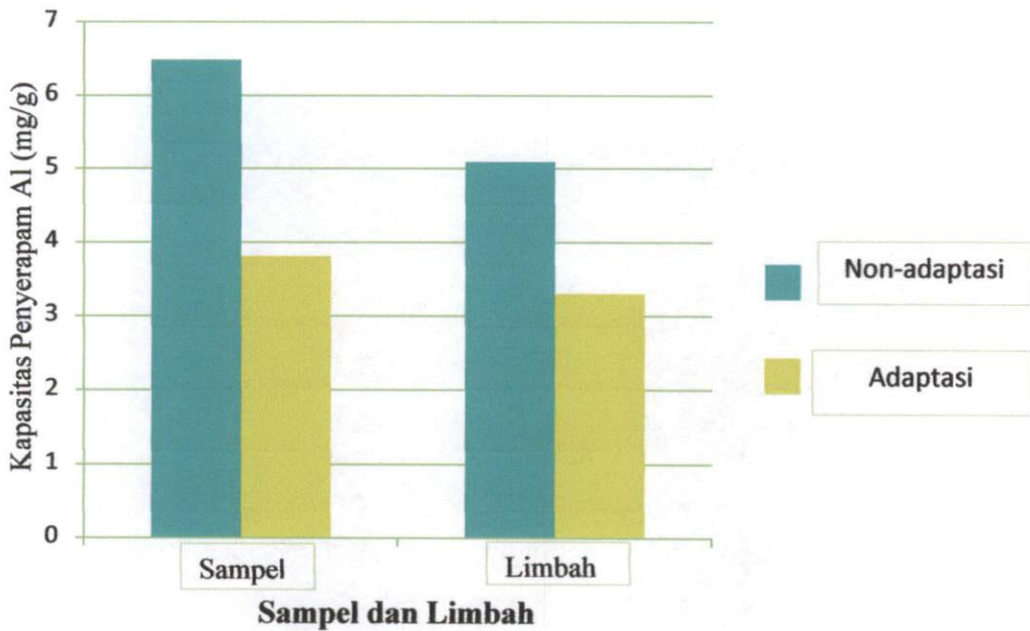
Gambar 13. Kurva kapasitas penyerapan Al^{3+} dengan variasi waktu kontak

Dari tabel dapat diketahui bahwa waktu optimum terjadi pada hari ke-2, dimana pada hari pertama kapasitas penyerapannya rendah, sedangkan setelah 2 hari kapasitas penyerapannya cenderung turun disebabkan kemampuan biomassa yang telah menurun.

4.7 Perbandingan Kapasitas Penyerapan Al^{3+} antara Kondisi Non-Adaptasi dan Adaptasi pada Sampel dan Limbah

Pada aplikasi terhadap limbah, limbah diambil dari daerah sekitar laboratorium bioteknologi. Penelitian dilakukan pada kondisi optimum yaitu pH 4, konsentrasi 70 ppm dan waktu 2 hari. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara kondisi adaptasi vs non-adaptasi dan sampel vs limbah. Dari penelitian yang dilakukan didapat bahwa kondisi non adaptasi lebih mampu menyerap logam dibanding non-adaptasi dengan nilai kapasitas penyerapan 6.486 mg/g pada non-adaptasi dan 3.807 mg/g pada kondisi adaptasi. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi adaptasi telah berikatan dengan logam selama masa adaptasi sehingga ketika digunakan dalam proses penyerapan ia lebih cepat jenuh dibanding kondisi non-adaptasi yang belum berikatan dengan logam sebelumnya.

Gambar 14. Perbandingan kapasitas penyerapan Al^{3+} antara sampel dan limbah pada kondisi adaptasi dan non-adaptasi



Pada aplikasi terhadap limbah didapat keadaan yang sama, bahwa kondisi non-adaptasi lebih baik melakukan penyerapan dibanding biomassa yang sudah diadaptasi. Sedangkan perbandingan antara sampel dan limbah, didapat bahwa kapasitas penyerapan pada sampel lebih tinggi daripada limbah. Hal ini disebabkan karena limbah mengandung logam lain yang menyebabkan biomassa tidak terfokus pada penyerapan aluminium saja, namun harus menyerap logam lain yang juga terkandung dalam limbah. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

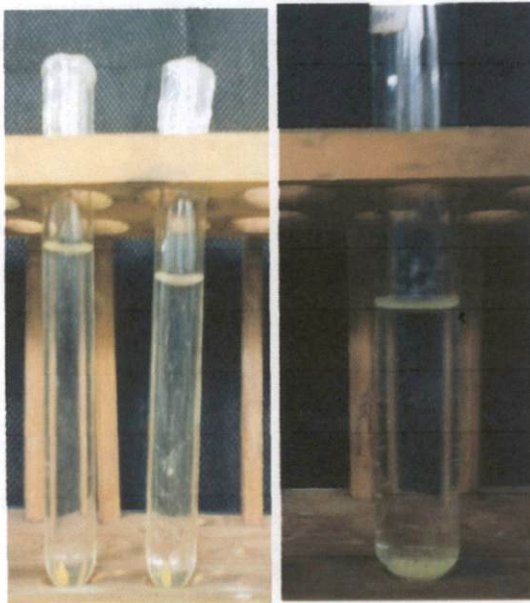
Tabel 7. Kapasitas penyerapan pada kondisi optimum untuk sampel dan limbah dengan kondisi adaptasi dan non-adaptasi

Kondisi	Kapasitas penyerapan (mg/g)	
	Sampel	Limbah
Non-Adaptasi	6.486	5.093
Adaptasi	3.807	3.3

4.8 Uji Etanol menggunakan *Saccharomyces sp.*

Dilakukan uji iodoform. Sampel yang didapat dari hasil distilasi ditambah dengan I_2 dalam KI dan NaOH, maka didapatkan endapan kuning. Sampel dibandingkan

dengan etanol yang ada dilaboratorium setelah dilakukan uji yang sama. Dari gambar dilihat bahwa terdapat kesamaan warna antara sampel dan etanol standar.



Sampel

Standar

Gambar 15. Uji iodoform pada sampel dengan etanol laboratorium sebagai standar

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya *Saccharomyces sp.* dapat beradaptasi pada medium yang mengandung logam Al^{3+} hingga konsentrasi 20 ppm, efektif digunakan sebagai biosorben logam aluminium (III) dengan kondisi optimum : pH 4, konsentrasi 70 ppm dan 2 hari. Kondisi non-adaptasi menyerap lebih baik dengan kapasitas penyerapan 6.486 mg/g dibanding kondisi adaptasi dengan nilai 3.807 mg/g. Kapasitas penyerapan menurun pada sampel limbah sebesar 5.093 pada kondisi non-adaptasi dan 3.3 pada kondisi adaptasi, hal ini disebabkan kandungan logam yang lebih dari satu pada limbah sehingga biomassa lebih cepat jenuh. *Saccharomyces sp.* dapat menghasilkan etanol sesuai dengan literatur yang ada.

5.2 Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk melihat bentuk morfologi *Saccharomyces sp.* yang telah beradaptasi dengan logam aluminium sekaligus uji DNA molekular. Disarankan untuk menggunakan kondisi adaptasi dengan konsentrasi yang lebih rendah dari yang telah dilakukan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zein, Rahmiana. 2010. Removal of Pb (II), Cd(III) and Co(II) from aqueous solution using garcinia mangostana L. fruit shell. Journal of hazardous material 181 (2010) 52-56.
2. Bailey SE., Olin TJ, Bricka RM, Adrian DD (1999) A review of Potentially Low cost sorbent for heavy metals. Water Res. 33 : 2469-1658
3. Ahalya, N., T.V. Ramachandra & R.D Kanamadi (2004). Biosorption of Heavy Metals. Bangalore, India. Centre for Ecological Science, Indian Institute of Science.
4. Kapoor A , Viraraghavan T. (1998) Biosorption of Heavy metals on Aspergillus niger effect of pretreatment, Bioresour. Technol. 63, 109-113.
5. Gadd, G.M., 1990. Metal Tolerance, In Edwards, C., Microbial of Extreme Environments, (eds), pp. 178 -210. Milton Keynes, Open University Press, UK.
6. Pranowo, Galih. Makalah : Tentang limbah padat. Institut sains & teknologi akprind fakultas sains terapan, jurusan matematika ilmu komputer, Yogyakarta.
7. Ariffeni. 2011. Biosorpsi Mn (VII) menggunakan *Saccharomyces sp.* yang diisolasi dari Limbah Padat PT.Coca Cola. Jurusan Kimia FMIPA, UNAND.
8. Cotton, F.Albert. 2009. Kimia Anorganik Dasar. Diterjemahkan oleh Sahati Suharto. Jakarta : UI-Press.
9. Hasanah, H. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Hitam (*Oryza sativa L var forma glutinosa*) dan tape singkong (*Manihot utilissima Pohl*). Universitas Islam Negeri (UIN).
10. Fardiaz, S., 1992, Mikrobiologi Pangan 1, Jakarta: PT. Gramedia Utama Pustaka,hal 62, 105, 110, 245, 246, dan 235.
11. Irianto, K, 2006, Mikrobiologi: Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2, Bandung: CV. Yrama Widya, hal 214-215.
12. Anonymous, 1980, Pembuatan Ragi Tape, http://iptek.apjii.or.id/data/pangan/katalog_ipb.htm diakses 22 Januari 2008.
13. Yalun. 2008. Mengenal ragi *Saccharomyces*

14. Belitz, H.D. and W. Grosch. 1987. Food Chemistry. Springer-verlay. London. pp117-119.
15. Lackie and J.M. Jat.Dow.2000. The dictionary of Cell and Molecular Biology. US: Academic Press.
16. Hughes, M. N. and Poole, R. K. 1990. Metals and Microorganism. Chapman and Hall, London.
17. Mawardi, 2006. Kajian Pemanfaatan Biomassa Alga Hijau (*Clorophyta*) sebagai Biosorben Ion-Ion Logam Berat dalam Limbah Cair.
18. Wang, Jiang. Can Chen. 2006. Biosorption of Heavy Metal by *Saccharomyces cereviseae* : A Review. Laboratory of Environmental Technology, INET. Tsinghua University, Beijing, China.
19. Lehninger, A. L. 1982. Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1. Diterjemahkan oleh Maggy Thenawidjaja. Jakarta : Erlangga.
20. Hancock, J. C., 1996, Novel Concepts in Bioremediation of Metal Pollution and in Biotreatment of Industrial Waste, In Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation, IUC Biotechnology Gadjah Mada University, Yogyakarta, September 18 – 20, 1996.
21. Dewi, Puspita Crisye. 2007. Spektroskopi Serapan Atom. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta Arsyad, M. natsir. 2001. Kamus Kimia. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama, hal.110-112
22. Azhari, Ayu. 2008. Makalah KPST. Universitas Andalas.
23. Ramadhan, Bayu. Biosorpsi logam Berat (Cr) dengan Menggunakan Biomassa *Saccharomyces sp.*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB Bandung.
24. Pratiwi, Nurhidayati. Kajian Biosorpsi Al(III) dalam Larutan oleh Biomassa Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*) yang Terimmobilkan pada Abu Layang Batubara. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

Lampiran 1. Pembuatan larutan induk dan pengenceran

A. Pembuatan larutan induk $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm

$$\begin{aligned} \text{g/L} &= \frac{\text{Mr Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Al}} \times 1 \text{ g/L} \\ &= \frac{375,13 \text{ g/mol}}{27 \text{ g/mol}} \times 1 \text{ g/L} \\ &= 13,89 \text{ g/L} \end{aligned}$$

D. Pengenceran dalam labu 100 mL

1. 50 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm} \\ V_1 &= 5 \text{ mL} \end{aligned}$$

2. 60 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 60 \text{ ppm} \\ V_1 &= 6 \text{ mL} \end{aligned}$$

3. 70 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 70 \text{ ppm} \\ V_1 &= 7 \text{ mL} \end{aligned}$$

4. 80 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 80 \text{ ppm} \\ V_1 &= 8 \text{ mL} \end{aligned}$$

5. 90 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 90 \text{ ppm} \\ V_1 &= 9 \text{ mL} \end{aligned}$$

Lampiran 2. Contoh Perhitungan Kapasitas Penyerapan (Q) dan Persen Penyerapan (%)

A. Kapasitas Penyerapan (Q)

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

$$Q = \frac{(50 \text{ ppm} - 27,857 \text{ ppm}) \times 100 \text{ mL}}{1000 \text{ g}} \\ = 2,214$$

B. Persen Penyerapan (%)

$$\% = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0}$$

$$\% = \frac{(50 \text{ ppm} - 27,857 \text{ ppm}) \times 100}{50 \text{ ppm}} \\ = 44,286 \%$$

Keterangan

- Q : Kapasitas Penyerapan
- C₀ : Konsentrasi Awal (ppm)
- C_e : Konsentrasi sisa (ppm)
- V : Volume larutan
- m : Massa *Saccharomyces sp* (g).

Lampiran 3. Kurva Larutan Standar

Larutan Standar Al	
Larutan Standar (ppm)	Absorban
0	0
10	0.104
20	0.174
30	0.220
40	0.303
50	0.367

