

ABSTRAK
UJI KEMAMPUAN *MIXED CULTURE* BAKTERI *Bacillus subtilis* DAN *Bacillus megaterium* UNTUK MEREMOVAL LOGAM BERAT KROMIUM (III)

Nama Mahasiswa : Anindita Meitamasari
NRP : 3310100008
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen pembimbing : Ipung Fitri Purwanti S.T, M.T, PhD

Faktor pencemar yang sering ditemukan dalam perairan adalah logam berat merkuri, cadmium, kromium, dan plumbum yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia bila bersentuhan langsung atau mengkonsumsi air tersebut. Logam berat pada air akan semakin meningkat dengan adanya akumulasi dari air limbah yang dibuang ke sungai. Penelitian ini merupakan upaya untuk memperbaiki keadaan lingkungan dengan cara biosorpsi bakteri *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium* yang akan dilihat keefektifannya dalam mereduksi logam berat dengan cara *mixed culture* dengan perbandingan 25:75, 50:50 dan 75:25.

Tiap perbandingan *mixed culture* bakteri dianalisa kemampuan removal terhadap logam berat kromium dengan konsentrasi berbeda yaitu 50 mg/L, 75 mg/L dan 100 mg/L. Analisis juga dilakukan pada perlakuan salinitas dan tanpa salinitas. Pertumbuhan bakteri akan dianalisa setiap 2 jam dengan menggunakan *Optical Density* (OD) pada panjang gelombang 600 nm dan analisa kromium saat awal, tengah dan akhir penelitian dengan menggunakan metode AAS.

Hasil penelitian ini menunjukkan *mixed culture* bakteri yang efektif dalam meremoval kromium adalah pada perlakuan salinitas yang mampu meremoval hingga 66,23% pada *mixed culture* bakteri dengan perbandingan 25:75 dan pada konsentrasi 200 mg/L dalam waktu 3 jam.

Kata kunci : Biosorpsi, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, Kromium, *Mixed Culture*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT
ABILITY TEST MIXED CULTURE BACTERIA *Bacillus subtilis* AND *Bacillus megaterium* FOR REMOVAL HEAVY METAL CHROMIUM (III)

Name : Anindita Meitamasari
NRP : 3310100008
Departement : Environmental Engineering
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti S.T, M.T, PhD

The most frequently factors that found as contaminants is heavy metals such as mercury, cadmium, chromium and plumbum that may affect human health when consume the water. Existence of heavy metals in the water will rise to the accumulation of waste water discharged into the river continously. This research is an attempt to improve environment with biosorption using bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* which will see the effectiveness to reduce the heavy metals with mixed culture at a ratio 25:75, 50:50 and 75:25.

Every mixed culture bacteria ratio analyzed the ability of removal of the chromium with different concentration 50 mg/L, 75 mg/L and 100 mg/L. The analysis was also performed on salinity and without salinity. Bacterial growth will be analyzed every 2 hours using Optical Density (OD) at a wavelength 600 nm and analysis of chromium using AAS method at the end and beginning.

The results of this research showed mixed culture of bacteria that are effective in removed of chromium in the wastewater is mixed culture with ratio 25:75 with a 66,23% rate of effectiveness to removal chromium concentration of 200 mg/L with salinity treatment for 3 hours.

Keyword: Biosorption, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, Chromium, Mixed Culture.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logam Berat

Logam berat merupakan komponen yang alami ada pada alam. Elemen ini tidak dapat dihancurkan maupun didegradasi. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air serta udara. Beberapa logam berat diperlukan oleh tubuh seperti tembaga, selenium dan seng untuk membantu metabolisme dalam tubuh tetapi akan bersifat racun jika masuk ke dalam tubuh dengan konsentrasi yang berlebihan. Logam berat berbahaya karena sistem bioakumulasi yaitu meningkatnya konsentrasi unsur kimia dalam tubuh makhluk hidup (Anonimous, 2008)

Logam berat adalah unsur yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 antara lain Cd, Hg, Pb, Zn, dan Ni. Logam tersebut disebut dengan logam non essensial yang pada tingkat tertentu dapat beracun pada tubuh manusia (Subowo,dkk. 1999). Dalam kadar rendah logam berat pada umumnya sudah mencemari tumbuhan, hewan serta manusia. Logam berat yang sering dijumpai dan mencemari lingkungan adalah Hg, Cr, Cd, As dan Pb (American Geological Institute, 1976).

Menurut Darmono (1995), faktor utama yang menyebabkan logam berat menjadi zat pencemar adalah karena sifatnya yang *non degradble* atau tidak dapat diuraikan dan tidak mudah diadsorbsi. Menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) dalam Savitri (2010), terdapat 3 kelompok sifat toksisitas logam berat, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn. Kedua, bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni dan Co, sedangkan bersifat tosik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe. Logam berat mempunyai sifat bioakumulasi dan biomagnifikasi terhadap semua makhluk hidup. Bioakumulasi adalah pemupukan pencemar yang secara terus-menerus dalam organ tubuh, sedangkan biomagnifikasi adalah masuknya zat kimia dari

lingkungan karena adanya rantai makanan dan pada akhirnya tingkat konsentrasi zat kimia di dalam organisme sangat tinggi serta lebih tinggi dari bioakumulasi yang sederhana (Savitri, 2010).

Adanya logam berat di perairan dapat berbahaya bagi kehidupan organisme maupun kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat logam yaitu :

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan secara alami sulit diuraikan.
2. Dapat terakumulasi kedalam organisme seperti ikan maupun kerang dan akan membahayakan manusia jika mengkonsumsi organisme tersebut.
3. Mudah terakumulasi didalam sedimen, sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen akan lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi logam berat di perairan. Selain itu sedimen juga mudah tersuspensi karena adanya pergerakan air, maka sedimen akan menjadi sumber pencemar paling potensial bagi lingkungan.

2.2. Logam Berat Kromium (Cr)

Kromium (Cr) terdapat di alam dalam 2 bentuk yaitu oksida Cr(III) dan Cr(VI) tetapi hanya Cr(VI) yang bersifat karsinogenik. Tingkat toksisitas Cr(III) hanya sekitar 1/100 kali dari Cr(VI). Bahkan dari penelitian lebih lanjut, Cr(III) adalah nutrisi yang sangat bermanfaat bagi tubuh manusia dengan kadar 50-200 µg/hari. Cr(VI) akan mudah larut apabila terletak didalam air yang kemudian membentuk divalent oxyanion yaitu cromate (CrO_4^{2-}) dan dichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), sedangkan Cr(III) mudah diendapkan dan diabsorpsi oleh senyawa-senyawa organik dan anorganik dengan ph netral (Slamet, dkk. 1999)

Logam krom (Cr) adalah salah satu logam berat hasil dari perindustrian. Logam krom biasa digunakan pada industri pelapisan logam, industri cat dan zat warna tekstil serta sebagai penguat baja, pembuatan baja tahan karat dan membentuk

banyak alloy atau logam campuran. Logam krom dibutuhkan dalam tubuh dengan jumlah yang kecil tetapi akan sangat berbahaya bagi tubuh jika digunakan atau masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang sangat besar. Hal tersebut akan menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati atau liver dan ginjal serta jika mengenai kulit langsung akan menyebabkan iritasi dan jika tertelan akan mengakibatkan sakit perut dan muntah (Pellerin dan Susan, 2006).

2.3. Mixed Culture Bakteri

Mixed culture bakteri adalah kumpulan atau gabungan dari sejumlah organisme yang sama jenis dan membentuk komunitas dari sejumlah populasi yang berbeda. Mikroorganisme dapat berasosiasi dengan mikroorganisme lain secara fisik melalui dua mekanisme yaitu keberadaan suatu mikroorganisme yang memiliki ukuran kecil pada permukaan organisme lain yang berukuran lebih besar hal tersebut disebut sebagai ectosymbiosis. Mekanisme lain adalah keberadaan mikroorganisme pada organisme lain yang disebut sebagai endosymbiosis. Mixed culture diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu bersifat positif seperti mutualisme, syntrofisme, protokooperasi dan komensalisme maupun bersifat negatif seperti predasi, parasitisme, amensalisme dan kompetisi (Prescott, dkk. 2008).

2.4. Bioremediasi

Bioremediasi adalah pengembangan dari bioteknologi lingkungan yang memanfaatkan proses biologi saat pengendalian pencemaran tanah maupun air. Bioremediasi telah lama ada karena mikroba telah banyak digunakan dalam mengurangi senyawa organik dan bahan beracun dari limbah rumah tangga serta limbah industri. Teknik ini sangat mudah, efektif dan ekonomis dalam memulihkan tanah maupun air yang tercemar dari senyawa kimia yang beracun. Jenis mikroba yang digunakan dalam bioremediasi adalah bakteri, jamur dan alga. Senyawa dari hasil degradasi bahan kimia digunakan mikroba sebagai

pertumbuhan dan reproduksi melalui proses oksidasi. Proses degradasi tersebut yang akan menurunkan atau memulihkan keadaan lingkungan (Nainggolan, 2009).

Bioremediasi dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain bioremediasi intrinsik, biostimulasi, bioaugmentasi, penggunaan *immobilized enzymes* dan fitoremediasi. Beberapa jenis bioremediasi tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

- Bioremediasi intrinsik
Daerah yang tercemar dibiarkan begitu saja agar pencemar hilang dengan sendirinya karena terdapat mikroorganisme dalam tanah, air maupun udara yang dapat menguraikan zat pencemar tersebut hingga lingkungan tersebut kembali netral.
- Biostimulasi
Menambahkan nutrisi dan oksigen pada daerah yang tercemar di tanah atau air agar mikroorganisme dapat lebih aktif dalam menguraikan zat pencemar.
- Bioaugmentasi
Menambahkan mikroorganisme tertentu yang dapat mempercepat proses penguraian zat pencemar.
- *Immobilized enzymes*
Menggunakan enzim dari ekstrak mikroorganisme khusus yang dapat menguraikan zat pencemar tertentu.
- Fitoremediasi
Memanfaatkan tumbuhan dalam proses bioremediasi. Jika yang tercemar adalah air maka digunakan tanaman air yang dapat mereduksi zat pencemar tertentu. (Aprilisa, 2008)

2.5. Biosorpsi Bakteri

Biosorpsi logam terjadi karena adanya senyawa kompleks ion logam yang bermuatan positif dengan pusat aktif bakteri yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel atau polimer ekstraseluler seperti protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsi yang berperan dalam mengikat ion logam. Proses

penyerapan ini dapat berlangsung cepat pada sel yang hidup maupun yang mati (Volesky, 2000).

Biosorpsi dapat terjadi juga karena adanya peristiwa pertukaran ion monovalent dan divalent seperti Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} dan K^+ pada dinding sel yang digantikan oleh logam berat. Proses biosorpsi dapat lebih efektif pada pH tertentu dan ion-ion lainnya dimana ion logam dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut (Suhendrayatna, 2001)

Pada bakteri terjadi proses absorpsi yaitu penyerapan partikel sampai ke bawah permukaan suatu zat absorpsi adalah proses dimana fluida dilarutkan oleh cairan maupun padatan yang berlaku sebagai penyerap. Absorpsi terjadi ketika atom melewati atau masuk kedalam suatu benda saat penyerapan molekul larut seluruhnya dan disebar dalam penyerap. Setelah terlarut maka molekul tersebut tidak mudah dipisahkan dengan penyerapnya (Azizah, 2012).

2.6. Bakteri *Bacillus*

Kemampuan bakteri dalam menurunkan logam berat di lingkungan air maupun tanah sudah banyak dipelajari. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Arthrobacter sp.*, *Streptomyces viridans* dan lain-lain akan menghasilkan senyawa biosurfaktan atau bioemulsi yang akan menyerap berbagai logam berat Cd, Cr, Pb, Cu dan Zn. Berbagai jenis *Bacillus* yang membentuk biofilm pada perairan dapat menyerap Cd, Cr, Cu, Hg, Ni dan Zn dari dalam air (Roane, dkk. 1998).

Bacillus digolongkan dalam kelas heterotrofik yaitu protista yang bersifat uniselular dalam golongan mikroorganisme dekomposer. Bakteri yang berbentuk batang dan dapat tumbuh dengan kondisi aerob dan anaerob ini banyak dijumpai di tanah maupun air. Beberapa jenis bakteri *Bacillus* menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida yang kompleks (Pelczar, dkk. 1976)

Bacillus juga mampu tumbuh pada suhu lebih dari 50 °C dan kurang dari 5 °C, bertahan terhadap pasteurisasi, tumbuh dengan konsentrasi garam tinggi, menghasilkan spora, mempunyai daya proteolitik yang tinggi dibandingkan mikroba lainnya dan bersifat aerob obligat atau fakultatif dan positif terhadap uji enzim katalase. (Cowan dan Steels. 1987)

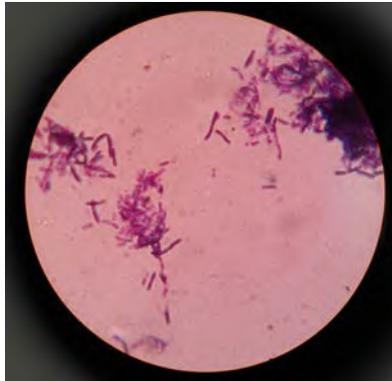
Bacillus mempunyai sifat fisiologis yang pada tiap jenisnya mempunyai kemampuan yang berbeda seperti mampu mendegradasi senyawa kimia organik seperti protein, pati, selulosa, hidrokarbon dan agar, mampu menghasilkan antibiotik, berperan dalam proses nitrifikasi dan denitrifikasi, pengikat nitrogen, pengoksidasi selenium, pengoksidasi dan reduksi mangan (Mn) serta bersifat khemolitotrof, aerob atau fakultatif anaerob, asidofilik atau alkalifilik, psikoprifik atau termofilik (Clous dan Barkeley. 1986)

2.6.1. Bakteri *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis adalah bakteri yang termasuk ke dalam gram positif. *Bacillus subtilis* berbentuk basil atau batang dan termasuk ke dalam kelompok mesofilik yang dapat tumbuh pada temperatur 20° C hingga 45° C. Bakteri ini sering ditemukan dalam tanah, air dan vegetasi. Bakteri *Bacillus subtilis* mempunyai kemampuan dalam mentolerir keadaan yang sangat ekstrim seperti kondisi pH yang rendah, bersifat alkali, osmosa atau oxidative dan panas karena bakteri telah berevolusi (Suriawiria, 2005).

Klasifikasi *Bacillus subtilis* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Eubacteria
Divisi	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: Bacillus
Spesies	: subtilis



Gambar 2.1. Bakteri *Bacillus subtilis*

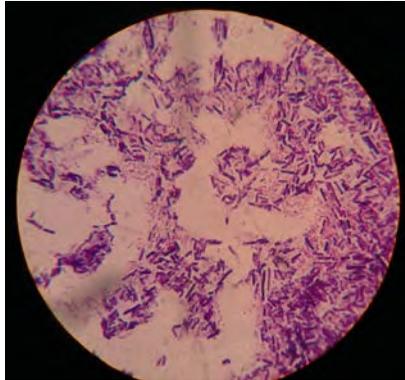
Sumber : Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya

2.6.2. Bakteri *Bacillus megaterium*

Bacillus megaterium termasuk ke dalam bakteri gram positif. Bakteri ini hidup secara aerobik tetapi bisa menyesuaikan keadaan dengan kondisi anaerobik. *Bacillus megaterium* dapat tumbuh pada temperatur 20° C hingga 45° C dengan suhu pertumbuhan optimum 30 °C. *Bacillus megaterium* dapat ditemukan pada lingkungan tanah dan air. Bakteri ini berbentuk batang dengan panjang sel 4 µm dengan diameter 1,5 µm. Sel-sel pada bakteri ini berpasangan dan membentuk rantai yang bergabung oleh polisakarida pada dinding selnya. Sebelum *Bacillus subtilis* berkembang, *Bacillus megaterium* adalah bakteri model utama gam positif yang digunakan sebagai studi intensif tentang biokimia, sporulasi dan bakteriofag (Suriawiria, 2005).

Klasifikasi *Bacillus megaterium* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: Bacillus
Spesies	: megaterium



Gambar 2.2. Bakteri *Bacillus megaterium*

Sumber : *Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya*

2.7. Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan bakteri adalah penambahan jumlah dan volume serta ukuran sel. Pertumbuhan bakteri akan membentuk pola berupa kurva pertumbuhan sigmoid. Kurva pertumbuhan bakteri dapat dipisahkan menjadi empat fase yaitu :

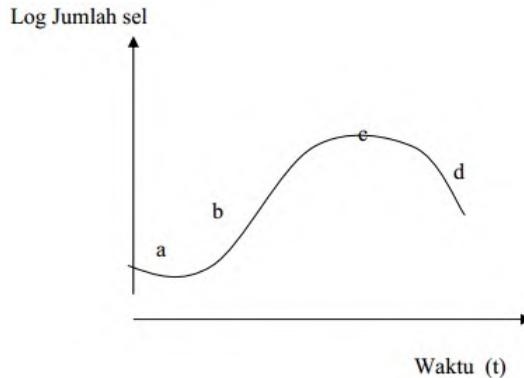
- a. Fase Lag
Peningkatan ukuran sel setelah inokulasi mulai dari sel tidak dan sedikit membelah. Fase ini ditandai dengan meningkatnya aktivitas metabolis dan rentan terhadap zat kimia dan faktor fisik.
- b. Fase Pertumbuhan Eksponensial
Pada fase ini sel tumbuh dengan seimbang dalam arti masa dan volume meningkat dengan faktor yang sama. Sel membelah dengan kecepatan konstan yang ditentukan oleh kondisi lingkungan.
- c. Fase Stasioner
Pada kondisi ini segala jenis kondisi seperti kekurangan nutrisi, perubahan pH, dan faktor yang lain dapat merubah dan mengganggu pertumbuhan bakteri tersebut. Beberapa jenis bakteri pada fase ini akan mengalami penurunan populasi.

d. Fase Penurunan Populasi

Pada kondisi ini bakteri mengalami kehabisan media sebagai nutrisi maka jumlahnya akan menurun. Fase ini jumlah sel yang mati akan lebih banyak daripada sel yang hidup.

(Brock, dkk. 1991)

Kurva pertumbuhan bakteri tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3. berikut ini :



Gambar 2.3. Kurva Pertumbuhan Bakteri

2.8. Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian Cheung K.H. dan Ji Dong Gu (2005) bahwa bakteri *Bacillus megaterium* dapat mereduksi logam berat Cr dan resisten terhadap logam Cr, Se dan As. Penelitian Zarkasyi (2008) menyatakan bahwa *Bacillus megaterium* dapat mereduksi merkuri lebih dari 98 persen. Bakteri *Bacillus subtilis* dapat menurunkan logam berat kromium sampai dengan 31,89 ppm pada media Nutrient Broth (NB) dan pada media molase hingga 26,89 ppm. Hasil tersebut lebih efektif dibandingkan dengan bakteri *Pseudomonas* yang hanya menurunkan kromium hingga 39,88 ppm saja (Budihartono, dkk. 2009).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

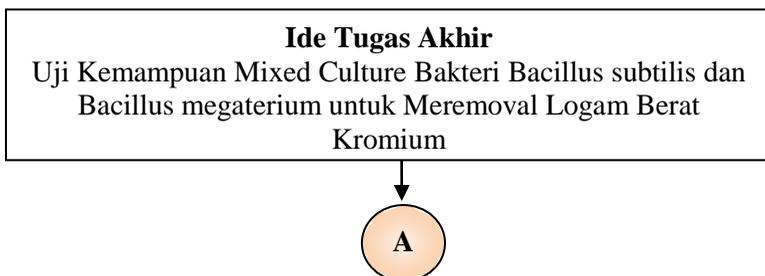
BAB 3 METODE PENELITIAN

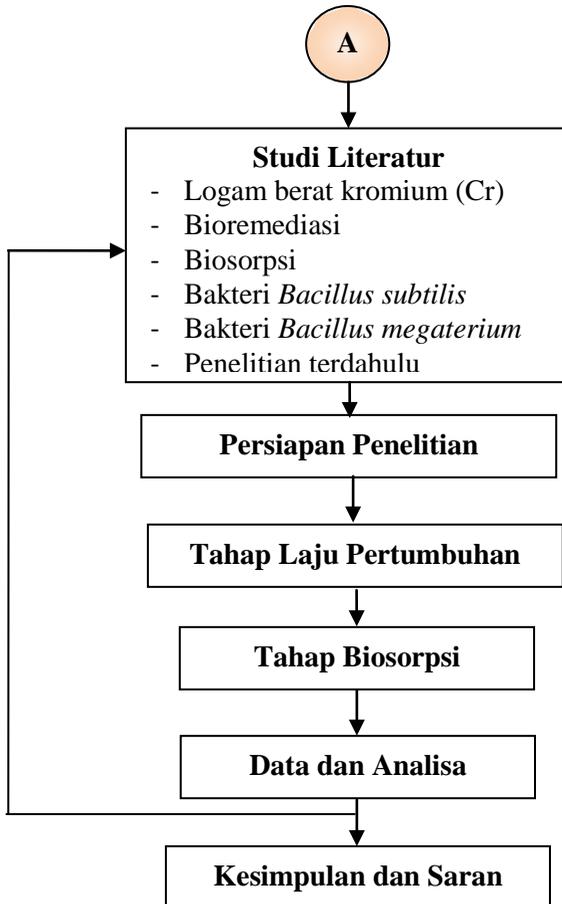
3.1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini akan membahas tentang biosorpsi bakteri *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium* yang di *mixed culture* sebagai pereduksi logam berat kromium yang berada pada limbah cair. Bakteri tersebut telah diuji dapat menyerap atau mereduksi logam berat yang terkandung dalam limbah cair maupun tanah yang tercemar. Metoda ini dibuat untuk memudahkan dalam penelitian dan berjalan sistematis sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Metode ini dibentuk dalam kerangka penelitian berupa alur atau prosedur penelitian yang akan digunakan. Kerangka penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Gambaran awal dalam tahap penelitian sehingga dapat memudahkan dalam melakukan penelitian serta penulisan dalam laporan.
2. Memudahkan dalam memahami penelitian yang akan dilakukan.
3. Sebagai pedoman dalam penelitian sehingga kesalahan dapat dihindari.

Berdasarkan ide yang dibuat dapat dilihat dalam kerangka penelitian pada Gambar 3.1 berikut ini :





Gambar 3.1. Kerangka Penelitian

3.2. Langkah Penelitian

Langkah penelitian ini menjelaskan mengenai tahapan dan urutan kerja yang dilakukan dalam penelitian ini. Dalam langkah penelitian ini akan dijelaskan lebih rinci mengenai tahapan yang tertulis pada kerangka penelitian. Tujuan pembuatan

tahapan penelitian adalah mempermudah pemahaman dan menjelaskan dalam deskripsi pada tiap tahapan. Langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1. Ide Penelitian

Penelitian ini membahas tentang metode bioremediasi limbah cair tercemar kromium dengan menggunakan biosorpsi *mix culture* bakteri *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium*. Variabel dalam penelitian ini adalah perbandingan campuran jenis bakteri, konsentrasi kromium dan penambahan salinitas pada media tumbuh bakteri. Parameter yang akan diukur adalah konsentrasi kromium, pH, suhu, kekeruhan, jumlah bakteri dan berat bakteri. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui faktor lain yang mempengaruhi terdegradasinya kromium oleh bakteri.

3.2.2. Studi Literatur

Studi literatur bermanfaat untuk membantu serta mendukung ide studi dan meningkatkan pemahaman yang lebih jelas terhadap ide yang akan diteliti. Literatur juga harus tercantum pada analisa dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang sudah ada. Sumber literatur berasal dari jurnal internasional, jurnal indonesia, peraturan, *text book*, makalah seminar dan tugas akhir yang berhubungan dengan ide penelitian.

3.2.3. Persiapan Penelitian

Tahap persiapan adalah persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Proses persiapan penelitian tersebut antara lain :

- **Sterilisasi Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebelum digunakan harus di sterilisasi terlebih dahulu menggunakan Autoclave pada suhu 121°C. Cara menggunakan *autoclave* (Hrayama, Jepang) adalah masukkan alat-alat yang akan digunakan kedalam *autoclave* lalu tunggu hingga suhu menunjukkan 100 °C kemudian tutup katup udara agar suhu meningkat. Setelah suhu meningkat hingga 121 °C hentikan

sterilisasi dan tunggu hingga 15 menit agar suhu di dalam autoclave turun. Sterilisasi ini dilakukan agar semua alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini dalam kondisi aseptik dan terhindar dari kontaminasi yang tidak diinginkan.

- **Inokulasi Bakteri**

Inokulasi bakteri dilakukan agar bakteri yang digunakan dalam penelitian ini berumur maksimal 24 jam atau 1 hari. Pertama kali yang harus dilakukan adalah membuat larutan Nutrient Agar (NA) (Merck, Germany) dengan cara mengambil bubuk NA sebanyak 23 gram yang dilarutkan ke dalam 1 liter aquadest. Larutan NA tersebut dipanaskan hingga mendidih setelah itu dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 15 ml hingga 20 ml. Bungkus cawan petri tersebut dengan kertas coklat agar air yang terjadi saat penguapan tidak masuk ke dalam cawan petri. Masukkan cawan petri tersebut ke dalam autoclave hingga suhu 121°C . Setelah selesai disterilkan cawan petri dikeluarkan dan tunggu hingga NA dingin dan memadat. Bakteri siap di inokulasikan pada tiap cawan petri setelah selesai cawan petri tersebut di inkubasi dengan suhu 37°C selama 24 jam.

- **Nutrient Broth (NB)**

Nutrient broth digunakan sebagai media tumbuh bakteri. Pembuatan Nutrient Broth (Merck, Germany) diambil sebanyak 8 gram lalu dimasukkan ke dalam beaker glass 1000 ml dan dilarutkan dengan aquadest sebanyak 1 liter. Jumlah NB disesuaikan dengan kebutuhan, 1 buah erlenmeyer 250 ml akan berisi 100 ml NB. Pada tahap laju pertumbuhan terdapat 3 media dan tahap biosorpsi terdapat 24 media maka total NB yang dibutuhkan sebanyak 2700 ml.

- **Larutan Salinitas**

Pengkondisian salinitas adalah dengan cara menambahkan bubuk NaCl (Merck, Germany) ke dalam media yang akan digunakan. Salinitas digunakan karena hal ini termasuk ke

dalam salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Cara pembuatan larutan salinitas adalah dengan melarutkan 8,5 gram bubuk NaCl kedalam 1000 ml aquadest lalu aduk hingga bubuk tersebut larut dalam aquadest.

- Larutan Kromium

Larutan Kromium dibuat dari Kromium Klorida (CrCl_3) (Merck, Germany) yang dilarutkan dengan aquadest. Terdapat 3 konsentrasi kromium yang dibutuhkan sesuai dengan hasil penelitian pendahuluan. Konsentrasi tersebut yaitu 50 mg/L, 75 mg/L dan 100 mg/L. Jumlah kromium klorida yang akan dilarutkan dalam 1 liter aquadest dapat dilihat pada perhitungan yang terdapat pada Lampiran A.

3.2.4. Tahap Laju Pertumbuhan

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui laju pertumbuhan bakteri yang terdapat 4 fase yaitu fase lag, fase pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian yang hasil akhir dalam tahap ini adalah berupa kurva. Pada tahap laju pertumbuhan 3 konsorsia berupa campuran bakteri *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium* akan dianalisis. Tiga konsorsia tersebut yaitu 25 : 75, 50 : 50 dan 75 : 25. Pertama yang dilakukan pada fase ini adalah membuat *nutrient agar* dengan cara mengambil 20 gram lalu dilarutkan kedalam 1 liter aquadest. *Nutrient agar* dimasukkan kedalam cawan petri sebanyak 15 ml digunakan sebagai inokulasi bakteri selama 24 jam. Bakteri yang telah di inokulasikan selama 24 jam dipindahkan ke dalam *nutrient broth* yang diambil 8 gram dan dilarutkan ke dalam 1 liter aquadest, 1 erlenmeyer 250 ml akan berisi 150 ml *nutrient broth*. Fungsi dari *nutrient broth* tersebut sebagai nutrisi dan media tumbuh untuk bakteri. Untuk 250 ml *nutrient broth* dimasukkan 2 hingga 3 oose bakteri. Media *nutrient broth* yang telah berisi bakteri tersebut di *shaker* (Innova 2000, USA) dengan kecepatan 150 rpm selama 18 jam. Hasil dari *shaker* tersebut di centrifuge (Jouan 44600, Prancis) dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit untuk mendapatkan

endapan bakteri yang dibutuhkan. Buang media *nutrient broth* lalu ambil endapan dan homogenkan menggunakan larutan salin sebanyak 10 ml. Periksa nilai OD menggunakan spektrofotometer hingga nilai absorban mencapai $\pm 0,5$ A.

Masukkan masing-masing bakteri yang sudah di campur larutan salin dan mempunyai absorban $\pm 0,5$ A tersebut sesuai perbandingan yang telah ditentukan ke dalam media *nutrient broth* hingga 100 ml pada erlenmeyer 250 ml. Erlenmeyer tersebut dikocok menggunakan shaker selama 24 jam dan 2 jam sekali dianalisa OD (Optical Density) menggunakan spektrofotometer (Thermo Fisher Scientific, USA) dengan panjang gelombang 600 nm. Selain itu dilakukan analisa juga terdapat suhu dan pH. Media kontrol pada tahap ini yaitu *nutrient broth*. Berikut adalah matriks variabel yang digunakan pada tahap laju pertumbuhan :

Tabel 3.1. Matriks Variabel Tahap Laju Pertumbuhan

Perbandingan <i>Mix Culture</i>	25 : 75 (A)	50 : 50 (B)	75 : 25 (C)
Media			
Nutrient Broth (X)	AX	BX	CX

3.2.5. Tahap Biosorpsi

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui prosentase reduksi logam berat kromium oleh bakteri. Selain itu akan ditunjukkan bakteri akan optimum pada konsentrasi yang telah ditentukan. Pada tahap ini akan ada 18 media berupa erlenmeyer dengan rincian 3 konsentrasi kromium yang berbeda dengan 3 perbandingan jenis bakteri dengan salinitas dan 3 konsentrasi kromium yang berbeda dengan 3 perbandingan jenis bakteri tanpa salinitas. Konsentrasi kromium yang digunakan disesuaikan

dengan hasil penelitian pendahuluan yaitu 50 mg/L, 75 mg/L dan 100 mg/L sedangkan untuk perbandingan konsentrasi jenis bakteri adalah 25 : 75, 50 : 50 dan 75 : 25.

Pertama kali yang dilakukan memisahkan bakteri dari pertengahan waktu laju pertumbuhan dengan cara *mencentrifuge* lalu diambil endapannya. Endapan tersebut diencerkan dengan larutan salin. Homogenkan endapan dan larutan salin tersebut. Periksa OD larutan tersebut hingga absorban mencapai $\pm 0,5$ A. Kemudian ambil 10 ml larutan yang telah homogen dan dimasukkan kedalam erlenmeyer yang telah ada campuran berbagai larutan kromium dan larutan dengan salinitas dan tanpa salinitas. Lama penelitian untuk tahap ini akan disesuaikan dengan hasil dari tahap laju pertumbuhan. Penelitian ini akan di analisa kromium pada awal, tengah dan akhir penelitian. Analisa pH, suhu dan *optical density* akan dilakukan setiap 2 jam sekali. Berikut adalah matriks variabel untuk masing-masing perlakuan yaitu salinitas dan tanpa salinitas yang digunakan pada tahap biosorpsi :

Tabel 3.2. Matriks Variabel Tahap Biosorpsi

Konsentrasi Kromium Perbandingan Mix Culture	50 mg/L (A)	75 mg/L (B)	100 mg/L (C)
25 : 75 (X)	AX	BX	CX
50 : 50 (Y)	AY	BY	CY
75 : 25 (Z)	AZ	BZ	CZ

3.2.6. Data dan Analisa

Metode analisis menggunakan sampel yang akan dianalisa dengan beberapa parameter. Dalam metode analisis ini akan dilakukan analisis sebagai berikut :

- Analisa Konsentrasi Logam Berat Kromium
Analisis digunakan dengan mengetahui konsentrasi kromium yang berada pada limbah cair dengan menggunakan metoda AAS yang akan dilakukan pada Laboratorium Lingkungan LPPM ITS Surabaya.
- Analisis pH
Analisis ini digunakan untuk mengetahui nilai pH dalam limbah cair menggunakan pH meter dengan cara memasukan alat tersebut ke dalam limbah cair yang sebelumnya direndam dulu ke dalam alkohol agar penelitian berlangsung secara aseptik. Tunggu hingga indikator menunjukkan angka stabil yang menunjukkan nilai akhir pH limbah cair.
- Analisis Suhu
Analisis ini digunakan untuk mengetahui suhu dalam limbah cair menggunakan termometer dengan cara memasukkan termometer ke dalam limbah cair yang sebelumnya dimasukkan ke dalam alkohol agar penelitian berlangsung secara aseptik. Termometer tersebut dibiarkan selama 5 menit hingga menunjukkan suhu limbah cair tersebut.
- Analisis Optical Density
Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kekeruhan dari limbah cair tersebut. Analisa Optical Density dilakukan untuk mengetahui perkembangbiakan bakteri di dalam limbah cair tersebut, semakin besar nilai kekeruhan berarti jumlah bakteri semakin banyak. Analisa ini menggunakan spektrofotometer (Thermo Fisher Scientific, USA) dengan panjang gelombang 600 nm.

- Jumlah Bakteri
Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jumlah bakteri yang terkandung pada limbah cair pada akhir penelitian. Pertama yang harus dilakukan adalah menyiapkan media agar NA (Nutrient Agar) yang steril pada cawan petri. Kemudian dilakukan isolasi bakteri dari limbah cair yang sudah dilakukan pengenceran hingga 10^{-9} kedalam cawan petri secara aseptik. Hasil pengenceran yang akan dianalisa dan dimasukkan pada cawan petri berisi NA adalah pengenceran 10^{-7} , 10^{-8} dan 10^{-9} . Setelah itu bungkus kembali cawan petri yang berisi bakteri isolat dan simpan dalam inkubator dengan suhu 37°C . Inkubasi dalam inkubator (Ogawa Seiki, Jepang) selama 24 jam. Hasil inkubasi tersebut dihitung jumlah bakteri dengan menggunakan *Bakteri Colony Counter*.
- Berat Kering Bakteri
Hasil dari tahap biosorpsi di saring menggunakan kertas saring dengan bantuan *vacuum pump* (Value). Lalu kertas saring (Whatman 1) tersebut di oven dengan suhu 105°C selama 1 jam kemudian masukkan desikator selama 15 menit agar sama dengan suhu ruang lalu timbang berat akhir bakteri tersebut.

3.2.7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapat dari hasil analisis data dan pembahasan. Kesimpulan harus menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Saran diperlukan sebagai penyempurnaan penelitian dan rekomendasi bagi peneliti selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penelitian Pendahuluan

4.1.1. Larutan Salinitas

Penelitian pendahuluan ini akan dilakukan percobaan konsentrasi salinitas yang akan digunakan pada penelitian biosorpsi. Pada tahap ini akan dianalisa konsentrasi salinitas 8,5 gram/L dan 30 gram/L. Pertama kali yang dilakukan adalah melarutkan NaCl sesuai dengan konsentrasi tersebut lalu masukan ke dalam erlenmeyer 250 ml sebanyak 100 ml. Pada penelitian pendahuluan ini juga dilakukan mixed culture bakteri. Masing-masing bakteri ditumbuhkan di dalam nutrient agar terlebih dahulu selama 18 jam lalu centrifuge dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit dan ambil endapan bakteri dan cuci dengan larutan salin hingga nilai OD mencapai $\pm 0,5$. Setelah didapatkan nilai tersebut maka campur dengan larutan salinitas sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Kemudian shaker selama 15 menit hingga larutan tersebut homogen. Dimasukkan 1 ml larutan salinitas yang sudah mengandung bakteri ke dalam cawan petri yang sudah diberi *nutrient agar* dan ratakan menggunakan *Glass Rod L* hingga larutan merata dan kering pada nutrient agar. Cawan petri tersebut di masukkan inkubator dengan suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah 24 jam didapatkan hasil seperti tercantum pada Gambar 4.1 dan 4.2



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1. Pertumbuhan bakteri mixed culture pada salinitas 8,5 gram/L (a) Perbandingan 25:75 (b) Perbandingan 50:50 (c) Perbandingan 75:25



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2. Pertumbuhan bakteri mixed culture pada salinitas 30 gram/L (a) Perbandingan 25:75 (b) Perbandingan 50:50 (c) Perbandingan 75:25

Berdasarkan hasil pertumbuhan bakteri yang terlihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 maka bakteri mixed culture lebih banyak tumbuh pada salinitas 8,5 gram/L dibandingkan dengan 30

gram/L. Dengan demikian larutan salinitas yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 8,5 gram/L.

4.1.2. Konsentrasi Kromium

Penelitian pendahuluan kromium akan digunakan beberapa konsentrasi yang akan dicampurkan dengan berbagai perbandingan *mixed culture* bakteri. Konsentrasi yang akan digunakan pada penelitian pendahuluan ini adalah 10 mg/L, 50 mg/L dan 100 mg/L. Pertama kali yang dilakukan adalah menumbuhkan bakteri selama 18 jam pada media *nutrient broth* kemudian centrifuge dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Diambil endapan hasil centrifuge dan cuci endapan tersebut dengan larutan salin kemudian ukur nilai OD hingga $\pm 0,5$. Kemudian buat larutan kromium sesuai dengan konsentrasi diatas dan masukkan kedalam erlenmeyer 250 ml sebanyak 100 ml. Masukkan 10 ml bakteri pada masing-masing kromium dan shaker selama 15 menit hingga homogen. Diambil 1 ml larutan kromium yang telah bercampur dengan bakteri dan masukkan ke dalam nutrient agar. Ratakan hingga kering menggunakan glass rod L. Kemudian masukkan ke dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam. Setelah 24 jam dilakukan pengamatan pada masing-masing konsentrai kromium dan masing-masing perbandingan *mixed culture* bakteri. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4.3 hingga 4.5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.3. Pertumbuhan bakteri mixed culture pada konsentrasi kromium 10 mg/L (a) Perbandingan 25:75 (b) Perbandingan 50:50 (c) Perbandingan 75:25



(a)

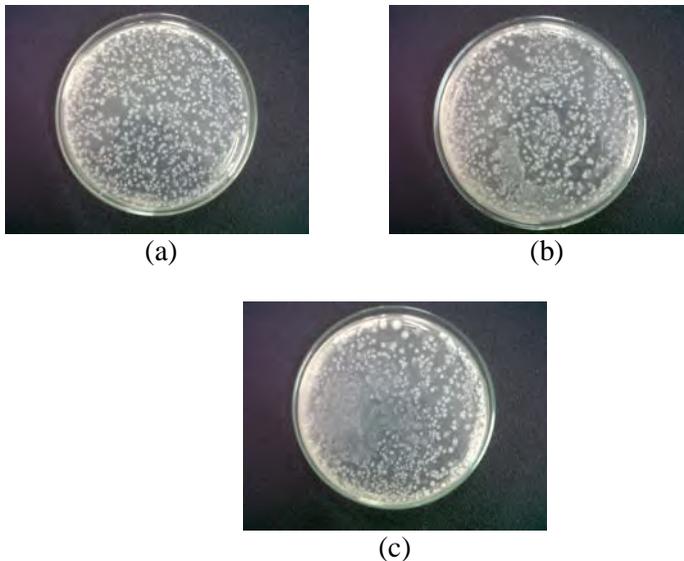


(b)



(c)

Gambar 4.4. Pertumbuhan bakteri mixed culture pada konsentrasi kromium 50 mg/L (a) Perbandingan 25:75 (b) Perbandingan 50:50 (c) Perbandingan 75:25



Gambar 4.5. Pertumbuhan bakteri mixed culture pada konsentrasi kromium 100 mg/L (a) Perbandingan 25:75 (b) Perbandingan 50:50 (c) Perbandingan 75:25

Hasil penelitian pendahuluan untuk konsentrasi kromium menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang ditentukan semua perbandingan *mixed culture* bakteri tumbuh dengan baik. Maka untuk penelitian ini diambil 2 *range* konsentrasi terbesar yaitu antara 50 mg/L hingga 100 mg/L.

4.2. Laju Pertumbuhan Bakteri

Laju pertumbuhan bakteri dilakukan untuk mengetahui fase pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian yang berbentuk kurva. Bakteri yang digunakan adalah *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium* dengan di *mixed culture* dengan perbandingan 25 : 75, 50 : 50 dan 75 : 25. Tahap ini digunakan media Nutrient Broth dan dianalisa Optical density menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm selama 24 jam. Selain itu pada tahap laju pertumbuhan dianalisa juga pH

serta suhu media yang telah bercampur dengan bakteri mixed culture. Laju pertumbuhan ini nantinya sebagai patokan untuk melakukan tahap biosorpsi. Pada tahap biosorpsi akan digunakan fase pertumbuhan dalam meremediasi kandungan kromium. Hasil dari laju pertumbuhan bakteri mixed culture dapat dilihat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1. Laju Pertumbuhan Mixed Culture Bakteri Perbandingan 25 : 75

Jam ke-	Absorbansi	pH	Suhu
0	0,537	6,58	30,1
2	0,932	6,64	30
4	0,951	6,57	30
6	1,102	6,5	29,1
8	1,238	6,9	29
10	1,278	6,95	29,2
12	1,321	6,83	29,7
14	1,234	6,76	30,4
16	1,172	6,8	30
18	0,932	6,83	30,2
20	0,889	6,9	30
22	0,776	7	30,1
24	0,752	6,7	30,1

Tabel 4.2. Laju Pertumbuhan Mixed Culture Bakteri Perbandingan 50 : 50

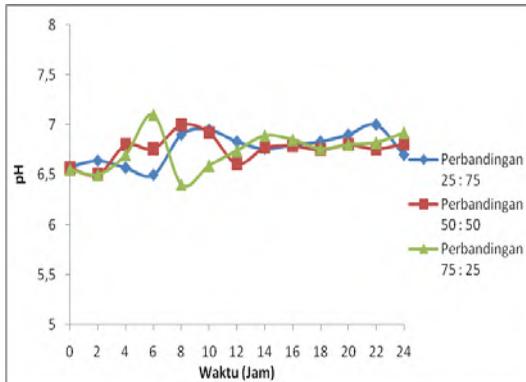
Jam ke-	Absorbansi	pH	Suhu
0	0,571	6,57	30
2	0,939	6,5	30
4	0,984	6,8	30
6	1,148	6,76	29,2
8	1,26	7	29

Jam ke-	Absorbansi	pH	Suhu
10	1,338	6,92	29,1
12	1,39	6,61	29,8
14	1,299	6,77	30,4
16	1,142	6,79	30
18	0,98	6,75	30,1
20	0,823	6,8	30,1
22	0,763	6,76	30,2
24	0,744	6,81	30,1

Tabel 4.3. Laju Pertumbuhan Mixed Culture Bakteri
Perbandingan 75 : 25

Jam ke-	Absorbansi	pH	Suhu
0	0,567	6,55	30
2	0,948	6,5	30
4	1,032	6,7	30
6	1,22	7,1	29,2
8	1,339	6,4	29
10	1,391	6,59	29,2
12	1,439	6,74	29,9
14	1,31	6,89	30,4
16	1,204	6,85	30
18	1,02	6,76	29,8
20	0,953	6,8	30
22	0,824	6,82	30,1
24	0,798	6,92	30

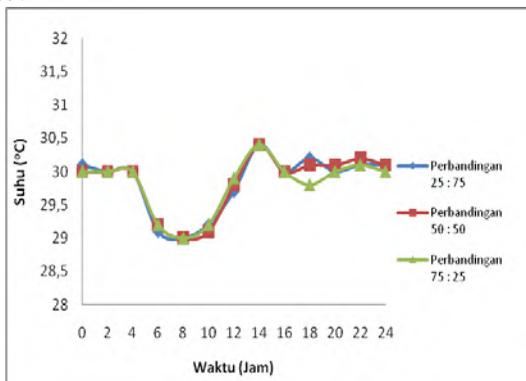
Nilai pH pada laju pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Nilai pH Laju Pertumbuhan Mixed Culture Bakteri

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pH rata-rata pada tahap laju pertumbuhan mixed culture bakteri pada semua perbandingan sebesar 6,4 hingga 7,1. Nilai pH ini menunjukkan kondisi pada media yang tidak terkontaminasi oleh hal-hal lainnya sehingga pH tersebut hampir atau mendekati netral. Hal ini tidak mempengaruhi pertumbuhan bakteri karena bakteri masih dapat hidup dalam pH yang netral.

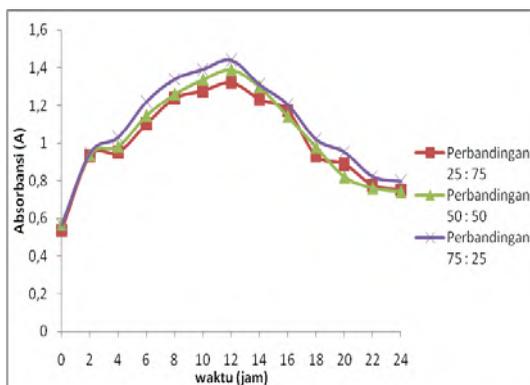
Nilai suhu pada laju pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Nilai Suhu Laju Pertumbuhan Mixed Culture Bakteri

Berdasarkan Gambar 4.7 suhu rata-rata dari tahap laju pertumbuhan mixed culture bakteri dari semua perbandingan adalah 29°C hingga $30,1^{\circ}\text{C}$. Suhu ini termasuk suhu ruang yang bagi bakteri termasuk ke dalam suhu optimum dalam fase pertumbuhannya. Maka bakteri tetap dapat tumbuh normal dalam keadaan suhu seperti ini.

Nilai absorbansi adalah hasil dari analisa optical density yang menunjukkan pola pertumbuhan bakteri. Semakin besar nilai absorbansi maka semakin banyak dan padat bakteri yang berada pada media tersebut. Pola pertumbuhan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Kurva Laju Pertumbuhan Mixed Culture Bakteri

Berdasarkan Gambar 4.8 laju pertumbuhan mixed culture bakteri di semua perbandingan didapatkan fase pertumbuhan pada jam ke-0 hingga jam ke-12 dan fase kematian atau penurunan pada jam ke-12 hingga jam ke-24. Pada semua perbandingan mixed culture bakteri didapatkan fase pertumbuhan selama 12 jam maka bakteri yang digunakan adalah di pertengahan fase pertumbuhan yaitu 6 jam. Setelah 6 jam fase pertumbuhan akan dilakukan analisa biosorpsi.

4.3. Korelasi Optical Density, pH dan Suhu pada Laju Pertumbuhan

Laju pertumbuhan mempunyai 4 fase yaitu fase lag, fase pertumbuhan, fase stasioner dan fase kematian. Laju pertumbuhan pada penelitian ini dianalisa optical density, pH dan suhu. Optical density adalah analisa kepadatan dan banyaknya bakteri yang terdapat pada media tersebut. Hubungan antara ketiga parameter tersebut adalah untuk pH dan suhu digunakan untuk memastikan bahwa media yang telah diberi bakteri tidak terkontaminasi oleh hal-hal lain yang tidak diinginkan keberadaannya dalam penelitian ini. Dengan demikian nilai optical density tersebut valid dan dapat digunakan sebagai kurva laju pertumbuhan pada masing-masing perbandingan *mixed culture* bakteri tersebut.

4.4. Tahap Biosorpsi

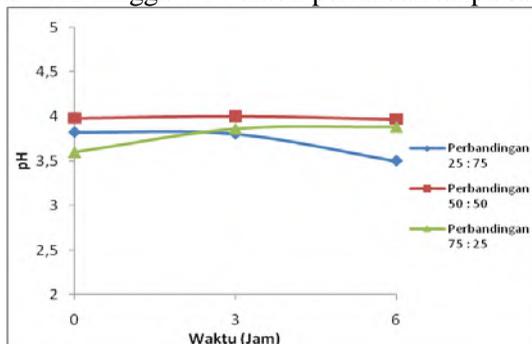
Biosorpsi oleh bakteri dilakukan dengan menggunakan *mixed culture* bakteri *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium*. Tahap biosorpsi akan digunakan 3 konsentrasi kromium dan perlakuan dengan salinitas dan tanpa salinitas. Konsentrasi kromium yang digunakan disesuaikan dengan hasil penelitian pendahuluan yaitu antara 50 mg/L hingga 100 mg/L maka pada penelitian ini akan digunakan konsentrasi kromium 50 mg/L, 75 mg/L dan 100 mg/L. Sedangkan untuk larutan salinitas dari hasil penelitian pendahuluan akan digunakan larutan salin sebesar 8,5 gram/L.

Pada tahap biosorpsi akan dianalisa Optical Density (OD), suhu, pH, berat kering, jumlah koloni dan konsentrasi krom total. Analisa OD, suhu, pH dan konsentrasi total dilakukan di awal (jam ke-0), tengah (jam ke-3) dan akhir (jam ke-6) penelitian sedangkan untuk berat kering dan jumlah koloni bakteri hanya dilakukan di awal (jam ke-0) dan akhir (jam ke-6) penelitian.

4.4.1. Analisa pH dan Suhu

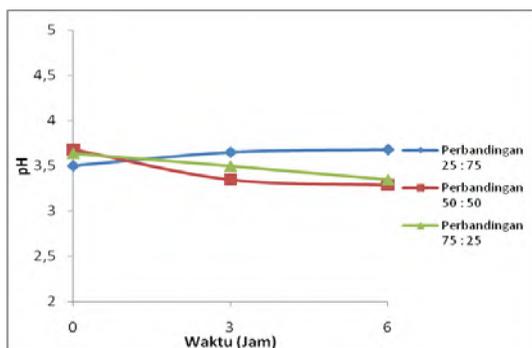
Pada tahap biosorpsi dengan perlakuan salinitas pH rata-rata menjadi asam. Hal ini disebabkan oleh larutan salinitas dan kromium mengandung klorida yang bersifat asam. Sifat larutan

yang asam dapat membantu pertumbuhan bakteri karena bakteri dapat tumbuh pada kondisi garam yang tinggi. Nilai pH dapat dilihat pada Gambar 4.9 hingga 4.11 untuk perlakuan salinitas dan Gambar 4.12 hingga 4.14 untuk perlakuan tanpa salinitas.



Gambar 4.9. Nilai pH Pada Konsentrasi Kromium 50 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

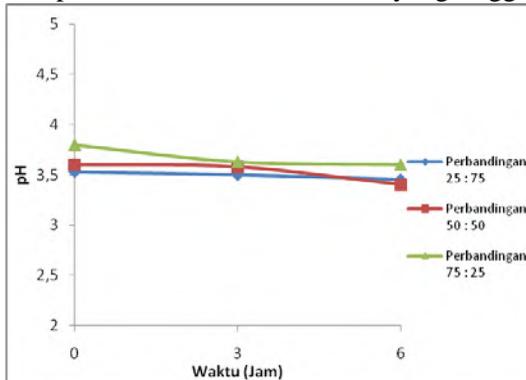
Berdasarkan Gambar 4.9 nilai pH pada konsentrasi 50 mg/L dengan perlakuan salinitas antara 3,5 hingga 4. Pada kondisi ini bakteri masih dapat hidup karena kedua bakteri ini masih dapat tumbuh dalam pH rendah dan kondisi salin yang tinggi.



Gambar 4.10. Nilai pH Pada Konsentrasi Kromium 75 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

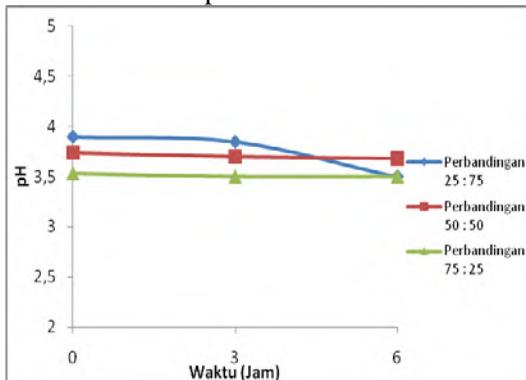
Berdasarkan Gambar 4.10 nilai pH pada konsentrasi 75 mg/L dengan perlakuan salinitas antara 3,29 hingga 3,68. Bakteri

masih dapat hidup normal karena kedua bakteri ini masih dapat tumbuh dalam pH rendah dan kondisi salin yang tinggi.



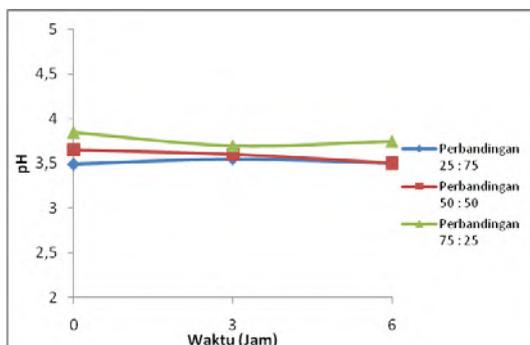
Gambar 4.11. Nilai pH Pada Konsentrasi Kromium 100 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.11 nilai pH pada konsentrasi 100 mg/L dengan perlakuan salinitas antara 3,4 hingga 3,8. Pada kondisi ini bakteri masih dapat hidup karena kedua bakteri ini masih dapat tumbuh dalam pH rendah dan kondisi salin tinggi.



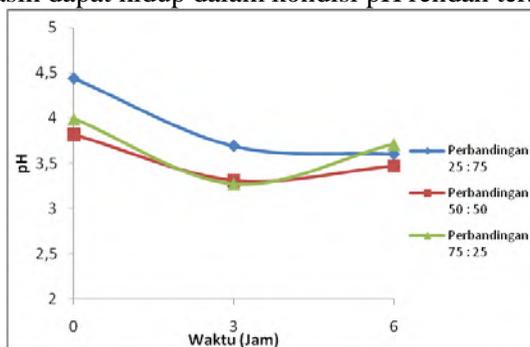
Gambar 4.12. Nilai pH Pada Konsentrasi Kromium 50 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.12 nilai pH pada konsentrasi 50 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas menunjukkan nilai antara 3,5 hingga 3,9. Nilai pH tersebut dalam kondisi normal karena bakteri masih dapat hidup dalam kondisi pH rendah tersebut.



Gambar 4.13. Nilai pH Pada Konsentrasi Kromium 75 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.13 nilai pH pada konsentrasi 75 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas menunjukkan nilai antara 3,49 hingga 3,85. Nilai pH tersebut dalam kondisi normal karena bakteri masih dapat hidup dalam kondisi pH rendah tersebut.

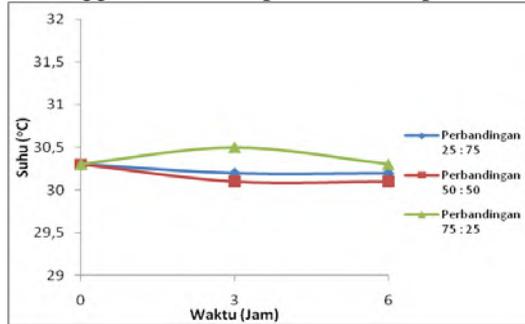


Gambar 4.14. Nilai pH Pada Konsentrasi Kromium 100 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.14 nilai pH pada konsentrasi 100 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas menunjukkan nilai antara 3,27 hingga 4,44. Nilai pH tersebut dalam kondisi normal karena bakteri masih dapat hidup dalam kondisi pH rendah tersebut.

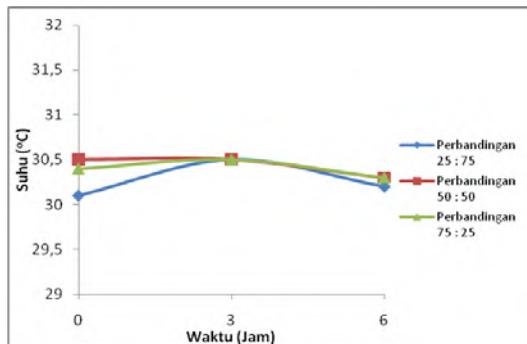
Hasil analisa suhu pada tahap biosorpsi menunjukkan angka yang konstan yaitu antara 29 °C hingga 30,5 °C. Suhu ini menunjukkan suhu ruang yang efektif bagi pertumbuhan bakteri. Bakteri efektif tumbuh pada suhu 25 °C hingga 45 °C. Maka suhu

tersebut optimum bagi pertumbuhan bakteri. Nilai suhu dapat dilihat Gambar 4.15 hingga 4.17 untuk perlakuan salinitas dan Gambar 4.18 hingga 4.20 untuk perlakuan tanpa salinitas.



Gambar 4.15. Nilai Suhu Pada Konsentrasi Kromium 50 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

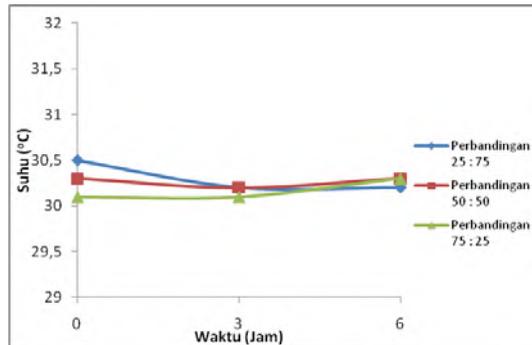
Berdasarkan Gambar 4.15 suhu pada konsentrasi kromium 50 mg/L dengan perlakuan salinitas adalah 30,1 hingga 30,5. Suhu tersebut termasuk suhu ruang yang optimum dalam pertumbuhan bakteri. nilai suhu tersebut juga membuktikan bahwa media tersebut tidak terkontaminasi.



Gambar 4.16. Nilai Suhu Pada Konsentrasi Kromium 75 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

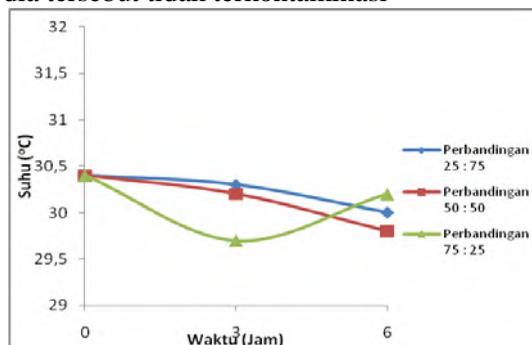
Berdasarkan Gambar 4.16 suhu pada konsentrasi kromium 75 mg/L dengan perlakuan salinitas adalah 30,1 hingga 30,5. Suhu tersebut termasuk suhu ruang yang optimum dalam

pertumbuhan bakteri. nilai suhu tersebut juga membuktikan bahwa media tersebut tidak terkontaminasi.



Gambar 4.17. Nilai Suhu Pada Konsentrasi Kromium 100 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

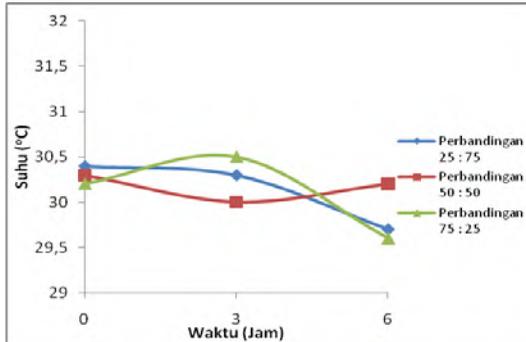
Berdasarkan Gambar 4.17 suhu pada konsentrasi kromium 100 mg/L dengan perlakuan salinitas adalah 30,1 hingga 30,5. Suhu tersebut termasuk suhu ruang yang optimum dalam pertumbuhan bakteri. nilai suhu tersebut juga membuktikan bahwa media tersebut tidak terkontaminasi



Gambar 4.18. Nilai Suhu Pada Konsentrasi Kromium 50 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

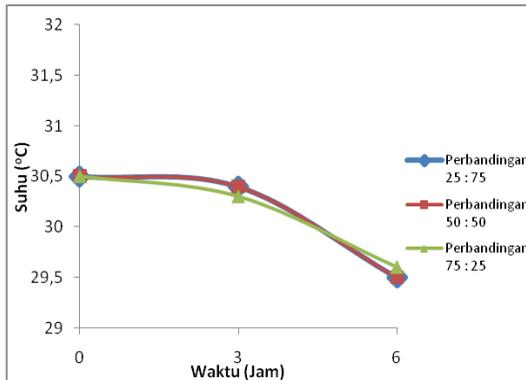
Berdasarkan Gambar 4.18 suhu pada konsentrasi kromium 50 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas adalah 29,7 hingga 30,4. Suhu tersebut menunjukkan bahwa media tidak terkontaminasi. Bakteri tetap dapat tumbuh normal karena suhu

tersebut termasuk suhu ruang yang optimum bagi pertumbuhan bakteri.



Gambar 4.19. Nilai Suhu Pada Konsentrasi Kromium 75 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.19 suhu pada konsentrasi kromium 75 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas adalah 29,6 hingga 30,4. Suhu tersebut menunjukkan bahwa media tidak terkontaminasi. Bakteri tetap dapat tumbuh normal karena suhu tersebut termasuk suhu ruang yang optimum bagi pertumbuhan bakteri.



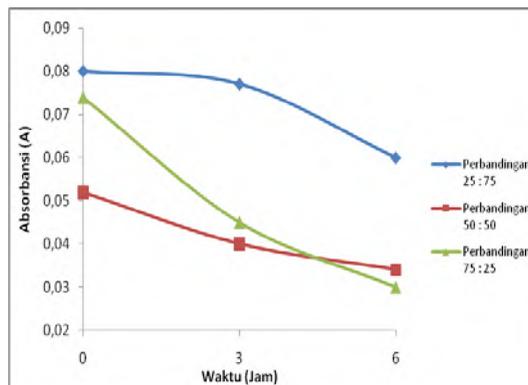
Gambar 4.20. Grafik Nilai Suhu Pada Konsentrasi Kromium 100 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.20 suhu pada konsentrasi kromium 100 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas adalah 29,5 hingga 30,5. Suhu tersebut menunjukkan bahwa media tidak

terkontaminasi. Bakteri tetap dapat tumbuh normal karena suhu tersebut termasuk suhu ruang yang optimum bagi pertumbuhan bakteri

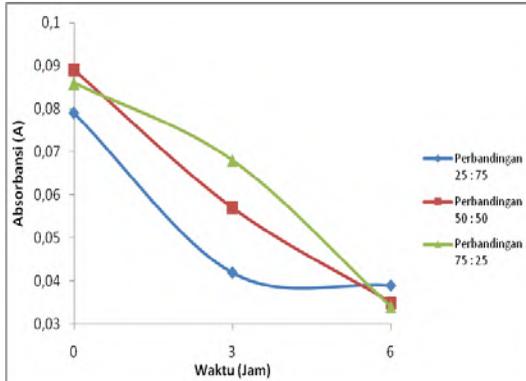
4.4.2. Analisa *Optical Density* (OD)

Analisa OD menunjukkan kepadatan bakteri yang ada didalam larutan tersebut. Pada hasil analisa menunjukkan bahwa nilai OD semakin menurun. Hal ini terjadi karena bakteri semakin lama semakin berkurang atau mati akibat tidak ada nutrisi, tidak mampu bersaing, tidak mampu meremoval kromium atau telah memasuki fase kematian. Nilai OD dapat dilihat Gambar 4.21 hingga 4.23 untuk perlakuan salinitas dan Gambar 4.24 hingga 4.26 untuk perlakuan tanpa salinitas



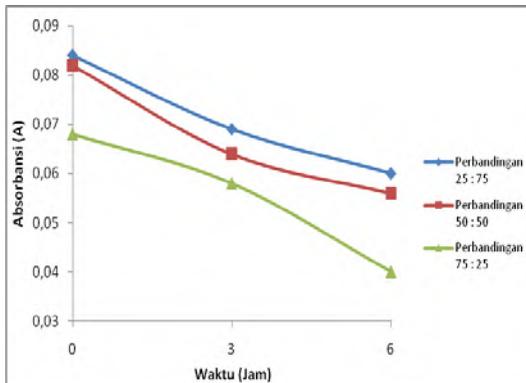
Gambar 4.21. Nilai *Optical Density* Pada Konsentrasi Kromium 50 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.21 nilai *optical density* pada konsentrasi kromium 50 mg/L dengan perlakuan salinitas semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bakteri mati saat meremoval kromium atau sudah tidak ada nutrisi bagi pertumbuhan bakteri.



Gambar 4.22. Nilai Optical Density Pada Konsentrasi Kromium 75 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

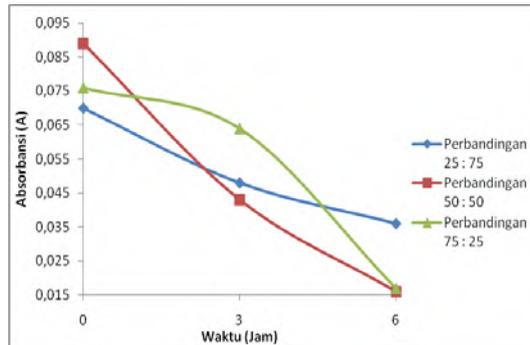
Berdasarkan Gambar 4.22 nilai optical density pada konsentrasi kromium 75 mg/L dengan perlakuan salinitas semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bakteri mati saat meremoval kromium atau sudah tidak ada nutrisi bagi pertumbuhan bakteri.



Gambar 4.23. Nilai Optical Density Pada Konsentrasi Kromium 100 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

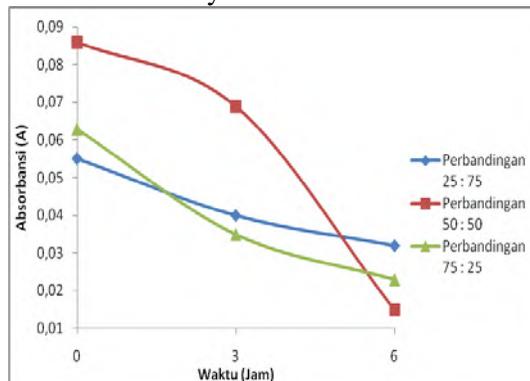
Berdasarkan Gambar 4.23 nilai optical density pada konsentrasi kromium 100 mg/L dengan perlakuan salinitas semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bakteri mati saat

meremoval kromium atau sudah tidak ada nutrisi bagi pertumbuhan bakteri.



Gambar 4.24. Nilai Optical Density Pada Konsentrasi Kromium 50 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

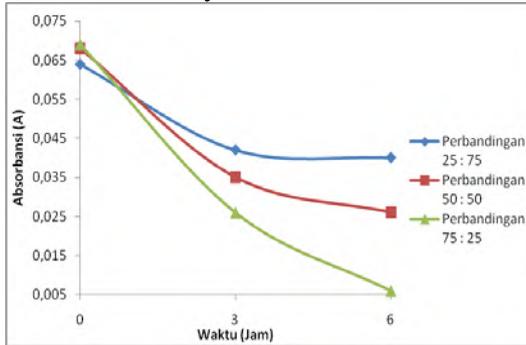
Berdasarkan Gambar 4.24 nilai optical density pada konsentrasi kromium 50 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas menunjukkan terjadinya penurunan. Penurunan nilai OD terjadi karena bakteri yang mati akibat sudah tidak mampu meremoval kromium atau sudah habisnya nutrisi untuk bakteri tetap tumbuh.



Gambar 4.25. Nilai Optical Density Pada Konsentrasi Kromium 75 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.25 nilai optical density pada konsentrasi kromium 75 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas menunjukkan terjadinya penurunan. Penurunan nilai OD terjadi

karena bakteri yang mati akibat sudah tidak mampu meremoval kromium atau sudah habisnya nutrisi untuk bakteri tetap tumbuh.



Gambar 4.26. Grafik Nilai Optical Density Pada Konsentrasi Kromium 100 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.26 nilai optical density pada konsentrasi kromium 100 mg/L dengan perlakuan tanpa salinitas menunjukkan terjadinya penurunan. Penurunan nilai OD terjadi karena bakteri yang mati akibat sudah tidak mampu meremoval kromium atau sudah habisnya nutrisi untuk bakteri tetap tumbuh.

4.4.3. Analisa Kromium

Hasil dari analisa AAS nilai konsentrasi kromium dengan perlakuan salinitas adalah 124,31 mg/L untuk konsentrasi perlakuan 50 mg/L, 205,09 mg/L untuk konsentrasi perlakuan 75 mg/L dan 304,68 mg/L untuk konsentrasi perlakuan 100 mg/L. Maka nilai konsentrasi kromium tersebut menjadi 125 mg/L, 200 mg/L dan 275 mg/L. Efisiensi penurunan konsentrasi kromium pada jam ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan pada jam ke 6 pada Tabel 4.5 sedangkan untuk mengetahui penurunan konsentrasi setiap 3 jam dapat dilihat pada Gambar 4.27 untuk konsentrasi 125 mg/L, Gambar 4.28 untuk konsentrasi 200 mg/L dan Gambar 4.29 untuk konsentrasi 275 mg/L.

Tabel 4.4. Persentase Efisiensi Removal Perlakuan Salinitas Pada jam ke-3

Konsentrasi Mixed Culture	125 mg/L (%)	200 mg/L (%)	275 mg/L (%)
25:75	3,27	34,47	29,90
50:50	22,85	33,82	20,16
75:25	0,60	66,23	23,00

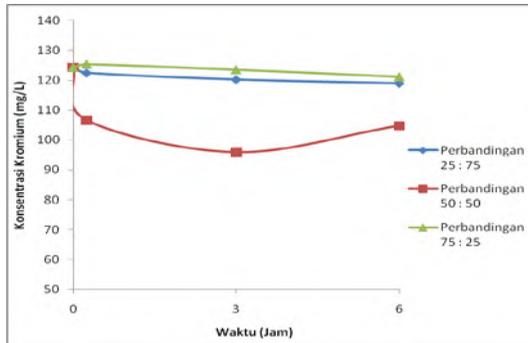
Dari Tabel 4.4. dapat dilihat bahwa Persentase tertinggi pada jam ke-3 adalah pada konsentrasi kromium 200 mg/L perbandingan bakteri 75:25 dengan Persentase mencapai 66,23%.

Tabel 4.5. Persentase Efisiensi Removal Perlakuan Salinitas Pada jam ke-6

Konsentrasi Mixed Culture	125 mg/L (%)	200 mg/L (%)	275 mg/L (%)
25:75	4,30	8,01	20,40
50:50	15,73	4,32	29,54
75:25	2,53	9,53	21,91

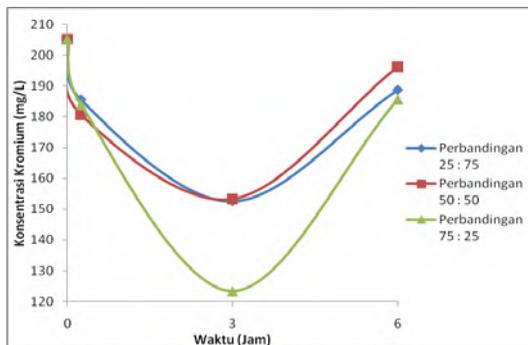
Dari tabel 4.5. dapat dilihat bahwa Persentase tertinggi pada jam ke 6 adalah pada konsentrasi 275 mg/L perbandingan bakteri 50:50 dengan prosentasi mencapai 29,54 %. Dalam hal ini kedua bakteri tersebut bekerjasama dalam mengabsorpsi logam berat kromium yang terdapat dalam larutan tersebut.

Jika dibandingkan Persentase removal pada jam ke-3 dan jam ke-6 maka nilai removal pada jam ke 3 cenderung lebih besar. Berarti pada perlakuan salinitas absorpsi efektif dilakukan hingga jam ke-3.



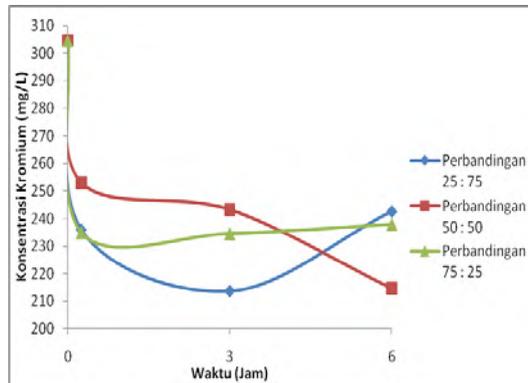
Gambar 4.27. Penurunan Konsentrasi Kromium 125 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.27 menunjukkan bahwa pada jam ke 3 dan jam ke 6 nilai konsentrasi removal cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena adanya daya absorpsi bakteri yang menyerap logam berat tersebut.



Gambar 4.28. Penurunan Konsentrasi Kromium 200 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.28 menunjukkan penurunan yang signifikan terdapat pada jam ke 3. Berarti bakteri tersebut efektif meremoval kromium hingga jam ke 3 saja, setelah itu bakteri akan mati dan melepaskan kromium lagi yang belum terserap sempurna dalam tubuhnya. Oleh sebab itu grafik diatas menunjukkan pada saat menuju jam ke 6 mengalami kenaikan konsentrasi kromium.



Gambar 4.29. Penurunan Konsentrasi Kromium 275 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Pada Gambar 4.29 nilai konsentrasi kromium pada tiap perbandingan berbeda. Pada perbandingan 50:50 konsentrasi kromium semakin menurun yang berarti perbandingan bakteri tersebut masih mampu meremoval hingga jam ke-6. Sedangkan pada perbandingan 25:75 dan 75:25 penurunan kromium efektif hingga jam ke 3 saja. Setelah jam ke 3 bakteri mengalami kematian dan akan meleburkan konsentrasi kromium kembali kedalam larutan karena kromium tersebut belum seutuhnya menyatu kedalam tubuh bakteri.

Pada perlakuan tanpa salinitas, hasil analisa AAS konsentrasi kromium adalah 122,83 mg/L untuk konsentrasi perlakuan 50 mg/L, 187,93 untuk konsentrasi perlakuan 75 mg/L dan 262,26 mg/L untuk perlakuan 100 mg/L. Maka digunakan konsentrasi kromium sebesar 125 mg/L, 200 mg/L dan 275 mg/L. Efisiensi penurunan konsentrasi kromium pada perlakuan tanpa salinitas pada jam ke-3 dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan pada jam ke-6 pada tabel 4.7 sedangkan untuk mengetahui penurunan konsentrasi setiap 3 jam dapat dilihat pada Gambar 4.30 untuk konsentrasi 125 mg/L, Gambar 4.31 untuk konsentrasi 200 mg/L dan 4.32 untuk konsentrasi 275 mg/L.

Tabel 4.6. Persentase Efisiensi Removal Perlakuan Tanpa Salinitas Pada Jam ke-3

Konsentrasi Mixed Culture	125 mg/L (%)	200 mg/L (%)	275 mg/L (%)
25:75	7,36	2,06	8,16
50:50	9,31	5,40	5,70
75:25	5,71	1,86	10,69

Dari Tabel 4.6. nilai removal terbesar terdapat pada konsentrasi kromium 275 mg/L dengan perbandingan 75:25 yang mempunyai persen removal hingga 10,69%. Nilai tersebut menunjukkan peran bakteri *Bacillus megaterium* lebih besar dibandingkan dengan *Bacillus subtilis*.

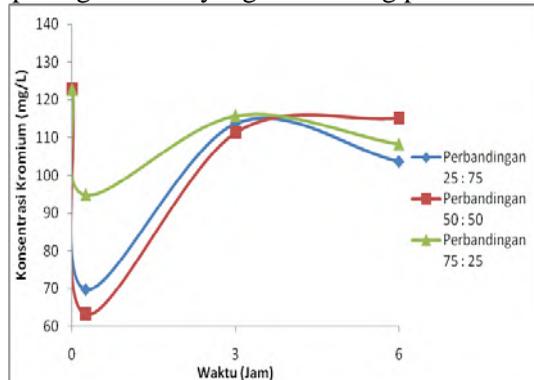
Tabel 4.7. Persentase Efisiensi Removal Perlakuan Tanpa Salinitas Pada Jam ke-6

Konsentrasi Mixed Culture	125 mg/L (%)	200 mg/L (%)	275 mg/L (%)
25:75	15,62	2,35	9,85
50:50	6,15	4,41	11,32
75:25	11,86	6,28	15,47

Pada tabel 4.7 menunjukkan mixed culture bakteri yang efisien adalah dengan perbandingan 25:75 pada konsentrasi kromium 125 mg/L yang mencapai nilai removal hingga 15,62 %. Mixed culture bakteri dengan perbandingan 25:75 cenderung mempunyai nilai removal yang besar. Hal ini berarti bakteri yang sangat berperan dalam meremoval logam berat kromium adalah bakteri *Bacillus subtilis*.

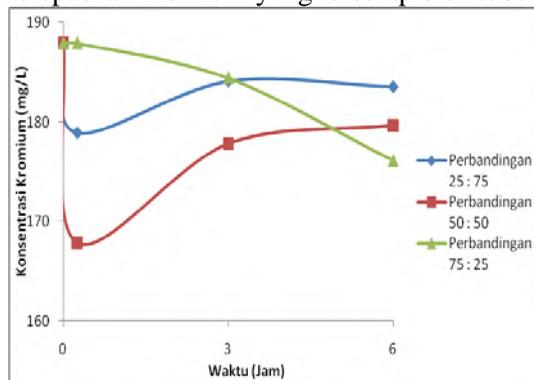
Jika dibandingkan pada jam ke 3 dan jam ke 6 maka dapat dilihat bahwa pada perlakuan tanpa salinitas efisiensi removal lebih besar pada jam ke 6. Hal tersebut lebih lambat jika

dibandingkan pada perlakuan dengan salinitas. Hal ini disebabkan salinitas dapat memicu cepat dan kemampuan bakteri dalam mengabsorpsi logam berat yang terkandung pada larutan tersebut.



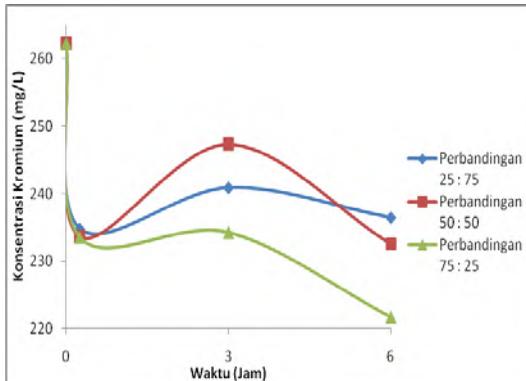
Gambar 4.30. Penurunan Konsentrasi Kromium 125 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.30 menjelaskan bahwa pada menit ke 15 sudah mengalami penurunan kromium yang signifikan. Hal ini membuktikan bahwa bakteri dapat mengabsorpsi logam berat dalam waktu yang sangat singkat. Setelah menit ke 15 mengalami kenaikan yang disebabkan karena banyaknya bakteri yang mati sehingga melepaskan kromium yang terserap oleh tubuh bakteri.



Gambar 4.31. Penurunan Konsentrasi Kromium 200 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

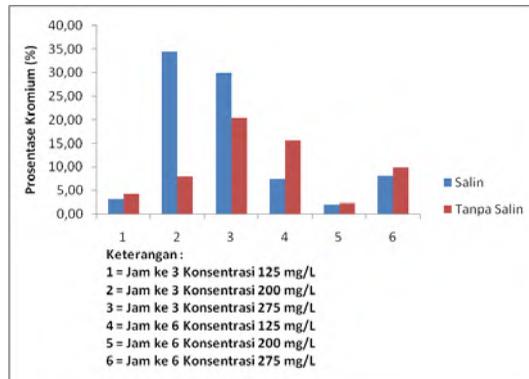
Berdasarkan Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa pada perbandingan 75:25 mengalami penurunan yang konstan hingga jam ke 6. Sedangkan pada perbandingan 25:75 dan 50:50 mengalami penurunan yang signifikan pada menit ke 15 dan konsentrasi kromium naik hingga jam ke 3 dan jam ke 6.



Gambar 4.32. Penurunan Konsentrasi Kromium 275 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

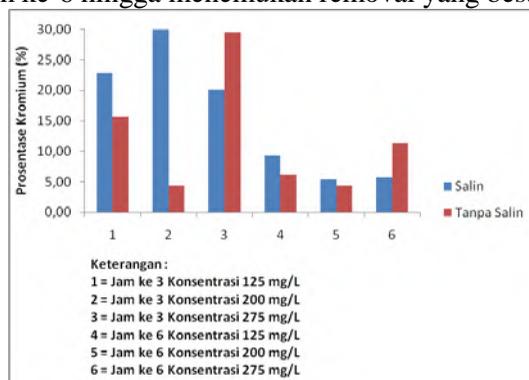
Berdasarkan Gambar 4.32 dapat dilihat bahwa pada semua perbandingan mengalami penurunan kromium yang signifikan pada menit ke 15. Kemudian konsentrasi kromium tersebut perlahan naik disebabkan bakteri yang mati dan melepaskan konsentrasi kromium yang belum terabsorpsi secara baik ke dalam tubuhnya. Setelah jam ke 3 mengalami penurunan kembali yang disebabkan oleh bakteri yang masih bertahan hidup masih dapat berkembangbiak lagi dan menyerap konsentrasi kromium.

Untuk mempermudah dalam membandingkan Persentase removal yang lebih efektif pada kondisi salin dan tanpa salin maka dibuat grafik perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 4.33 hingga 4.35.



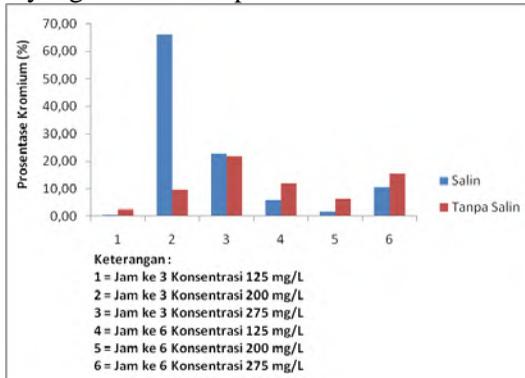
Gambar 4.33. Perbandingan Persentase Removal Kromium Pada Jam ke-3 dan jam ke-6 Pada Perbandingan Bakteri 25:75

Berdasarkan Gambar 4.33 perbandingan Persentase removal kromium dengan perlakuan salinitas dan tanpa salinitas pada perbandingan bakteri 25:75 menunjukkan bahwa nilai removal pada perlakuan salinitas cenderung lebih tinggi pada jam ke-3. Sedangkan pada jam ke-6 kondisi tanpa salin lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena perlakuan salinitas sebagai pemicu tumbuh berkembangnya bakteri sehingga pada jam ke-3 bakteri mengabsorpsi logam berat kromium lebih banyak. Pada kondisi tanpa salin lebih lama mengabsorpsi sehingga perlu menunggu hingga jam ke-6 hingga menemukan removal yang besar.



Gambar 4.34. Perbandingan Persentase Removal Kromium pada Jam ke-3 dan Jam ke-6 Pada Perbandingan Bakteri 50:50

Berdasarkan Gambar 4.34 perbandingan Persentase removal kromium pada jam ke-3 sangat besar dibandingkan dengan pada jam ke-6. Hal ini menunjukkan kemampuan bakteri dalam mengabsorpsi hanya mampu hingga jam ke 3. Selain itu kondisi salinitas juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri sehingga bakteri tersebut semakin padat dan mampu mengabsorpsi logam berat. Semakin banyak bakteri maka semakin banyak logam berat yang dapat diabsorpsi oleh bakteri tersebut.



Gambar 4.35. Perbandingan Persentase Removal Kromium Pada jam ke-3 dan jam ke-6 Perlakuan Salinitas dan Tanpa Salinitas Pada Perbandingan Bakteri 75:25

Berdasarkan Gambar 4.35 perbandingan Persentase removal kromium dengan perlakuan salinitas lebih besar pada jam ke-3. Hal ini menunjukkan pada perlakuan salinitas bakteri efektif meremoval logam berat hingga jam ke-3. Sedangkan pada perlakuan salinitas perlu waktu lebih lama untuk menemukan removal yang besar yaitu pada jam ke-6.

4.4.4. Analisa Jumlah Koloni Bakteri

Koloni bakteri dilakukan untuk mengetahui jumlah bakteri dalam satuan volume. Koloni bakteri dilakukan dengan cara melakukan pengenceran dari 10^{-1} hingga 10^{-9} . Diisi 9 tabung reaksi sebanyak 9 ml pada masing-masing tabung kemudian ambil 1 ml larutan yang akan dianalisa koloninya ke dalam tabung reaksi pertama dan didapat pengenceran 10^{-1} lalu ambil 1

ml pada pengenceran 10^{-1} dimasukkan dalam tabung kedua maka jadailah pengenceran 10^{-2} . Seterusnya dilakukan seperti prosedur tersebut hingga tabung reaksi ke sembilan. Analisa akan dilakukan pada pengenceran 10^{-7} , 10^{-8} dan 10^{-9} . Pada pengenceran tersebut diambil 1 ml lalu dituangkan ke dalam cawan petri yang telah berisi NA lalu diratakan dengan menggunakan Glass Rod L hingga rata dan kering. Kemudian dimasukkan ke dalam inkubator 37°C selama 24 jam. Setelah 24 jam dihitung jumlah koloni bakteri dengan menggunakan *Bacteri Colony Counter*. Pengenceran dilakukan untuk mempermudah dalam perhitungan jumlah koloni. Semakin besar nilai pengenceran maka semakin memudahkan dalam perhitungan karena koloni bakteri tersebut tidak terlalu rapat.

Hasil pengamatan jumlah koloni diatas yang dapat digunakan adalah dengan persyaratan sebagai berikut ;

1. Pilih cawan yang ditumbuhi koloni dengan jumlah 30 – 300.
2. Bila perhitungan <30 maka diambil jumlah koloni dengan pengenceran terendah.
3. Bila perhitungan >300 dari semua pengenceran, maka jumlah koloni diambil dari pengenceran tertinggi.
4. Bila ada 2 cawan dengan pengenceran rendah dan tinggi yang berurutan dan mempunyai jumlah koloni 30-300 dan hasil bagi jumlah koloni pengenceran tertinggi dan terendah ≤ 2 maka jumlah yang dicantumkan adalah nilai rata-rata. Jika hasil bagi pengenceran tertinggi dan terendah >2 maka jumlah yang dilaporkan adalah dari cawan dengan pengenceran terendah.

Setelah mengikuti persyaratan diatas maka jumlah sel koloni bakteri dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sum \text{sel} = \sum \text{koloni} \times \frac{1}{fp} \times \frac{1}{\sum \text{inokulan}}$$

Keterangan : Σ koloni = Jumlah Koloni
 F_p = faktor pengencer
 Σ inokulan = Volume yang diambil
(Waluyo, 2008)

Hasil perhitungan sel koloni bakteri pada perlakuan salinitas dan tanpa salinitas dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan 4.9.

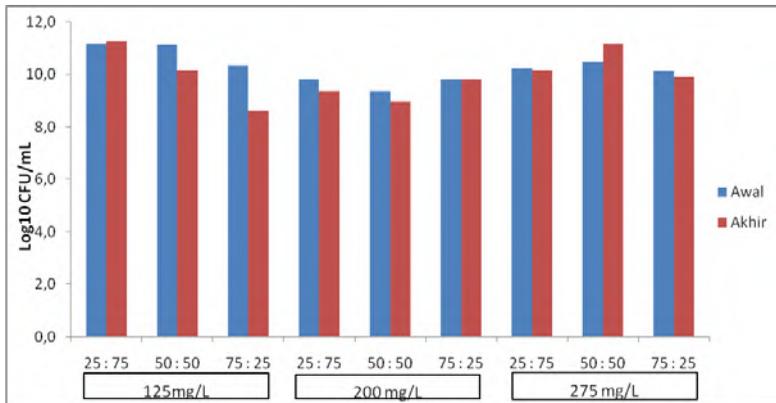
Tabel 4.8. Jumlah Sel Koloni Bakteri dengan Perlakuan Salinitas

Mixed Culture	Waktu	125 mg/L (CFU/mL)	200 mg/L (CFU/mL)	275 mg/L (CFU/mL)
25 : 75	Awal	150x10 ⁹	67x10 ⁸	159x10 ⁸
	Akhir	176x10 ⁹	230x10 ⁷	146x10 ⁸
50 : 50	Awal	140x10 ⁹	230x10 ⁷	283x10 ⁸
	Akhir	138x10 ⁸	90x10 ⁷	142x10 ⁹
75 : 25	Awal	216x10 ⁸	64x10 ⁸	129x10 ⁸
	Akhir	40x10 ⁷	64x10 ⁸	81x10 ⁸

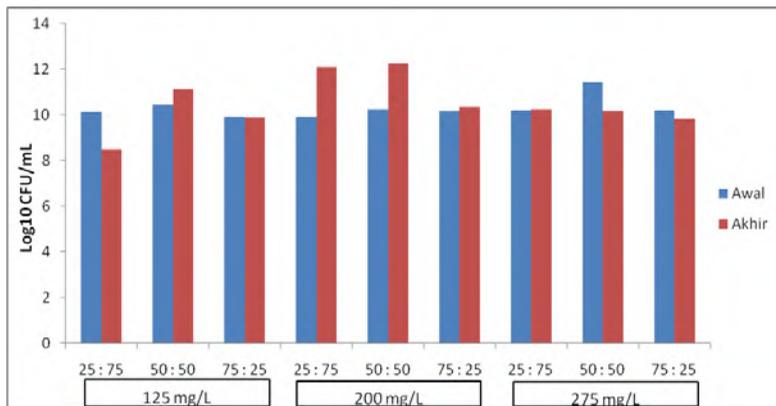
Tabel 4.9. Jumlah Sel Koloni Bakteri dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Mixed Culture	Waktu	125 mg/L (CFU/mL)	200 mg/L (CFU/mL)	275 mg/L (CFU/mL)
25 : 75	Awal	132x10 ⁸	80x10 ⁸	158x10 ⁸
	Akhir	30x10 ⁷	125x10 ¹⁰	166x10 ⁸
50 : 50	Awal	269x10 ⁸	173x10 ⁸	268x10 ⁹
	Akhir	128x10 ⁹	168x10 ¹⁰	141x10 ⁸
75 : 25	Awal	85x10 ⁸	146x10 ⁸	152x10 ⁸
	Akhir	78x10 ⁸	224x10 ⁸	67x10 ⁸

Untuk mempermudah pembacaan tabel jumlah sel koloni bakteri maka dibuat grafik seperti gambar 4.36 dan 4.37 berikut :



Gambar 4.36. Jumlah Sel Koloni Bakteri dengan Perlakuan Salinitas



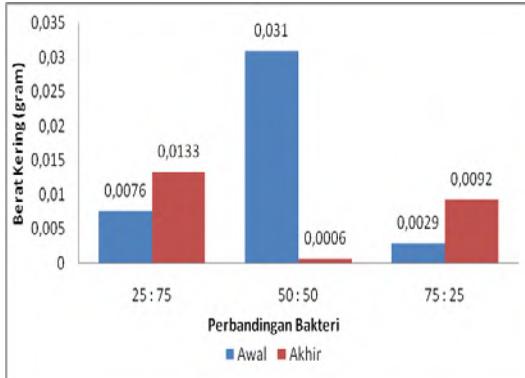
Gambar 4.37. Jumlah Sel Koloni Bakteri dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Jumlah sel koloni bakteri menunjukkan kemampuan bakteri untuk tumbuh pada media yang mengandung kromium dengan perlakuan salin dan tanpa salin. Jumlah sel koloni akhir yang lebih tinggi dari awal menunjukkan bahwa bakteri tersebut dapat berkembang di konsentrasi tersebut. Jumlah koloni akhir yang lebih tinggi pada perlakuan salinitas dengan konsentrasi kromium 125 mg/L dengan perbandingan bakteri 25 : 75 dan

pada konsentrasi kromium 275 mg/L dengan perbandingan bakteri 50:50. Sedangkan dalam perlakuan tanpa salinitas dapat terlihat pada konsentrasi kromium 125 mg/L dengan perbandingan bakteri 50:50 dan pada konsentrasi kromium 200 mg/L dengan perbandingan bakteri 25:75, 50:50 dan 75:25.

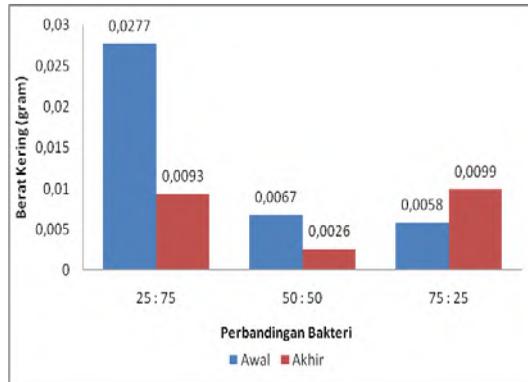
4.4.5. Analisa Berat Kering Bakteri

Berat bakteri menunjukkan jumlah bakteri yang terkandung dalam larutan dengan cara menimbang massa bakteri. Berat kering bakteri dilakukan dengan cara menyaring larutan menggunakan kertas saring dengan bantuan *vacuum pump*. Lalu masukkan kertas saring yang telah dijadikan sebagai penyaring ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air dan mendapatkan berat kering bakteri. Berat kering bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.38 hingga 4.40 untuk perlakuan salinitas dan Gambar 4.41 hingga 4.43 untuk perlakuan tanpa salinitas.



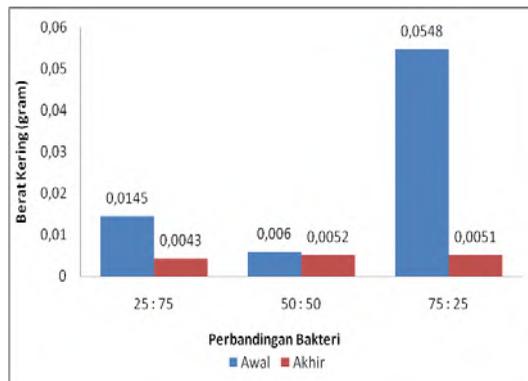
Gambar 4.38. Berat Kering Bakteri Pada Konsentrasi Kromium 125 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.38 menunjukkan bahwa pada perbandingan 25:75 dan 75:25 mampu menyerap logam berat kromium lebih besar. Hal itu ditunjukkan dengan berat kering bakteri akhir lebih besar dari berat kering bakteri awal.



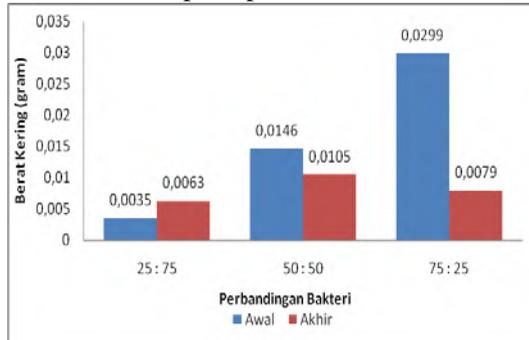
Gambar 4.39. Berat Kering Bakteri Pada Konsentrasi Kromium 200 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.39 menunjukkan pada perbandingan 25:75 dan perbandingan 50:50 tidak mampu banyak menyerap kromium pada larutan. Hal itu ditunjukkan pada grafik batang diatas bahwa nilai berat kering awal lebih besar dibandingkan dengan berat kering akhir. Pada nilai berat kering awal lebih tinggi disebabkan oleh daya absorpsi bakteri yang dapat langsung menyerap logam berat yang terdapat pada media tumbuh bakteri.



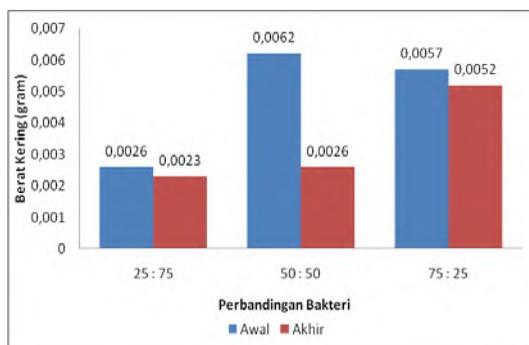
Gambar 4.40. Berat Kering Bakteri Pada Konsentrasi Kromium 275 mg/L dengan Perlakuan Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.40 menunjukkan bahwa di semua perbandingan nilai berat kering awal lebih tinggi dibandingkan dengan berat kering akhir. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut semua perbandingan bakteri cepat menyerap logam pada kondisi awal pemaparan kromium



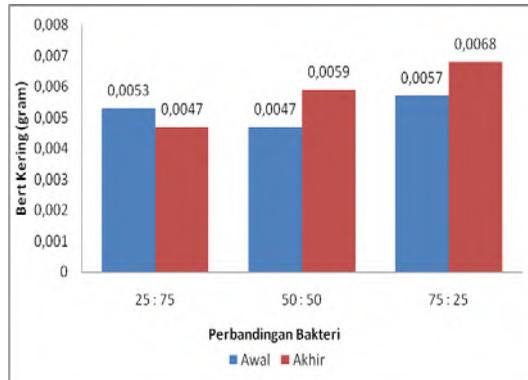
Gambar 4.41. Berat Kering Bakteri Pada Konsentrasi Kromium 125 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.41 menunjukkan bahwa pada perbandingan 25:75 nilai berat kering awal lebih rendah dibandingkan berat kering akhir. Hal ini menunjukkan bahwa pada perbandingan tersebut bakteri efektif dalam menyerap kromium hingga jam ke 6.



Gambar 4.42. Berat Kering Bakteri Pada Konsentrasi Kromium 200 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.42 pada semua perbandingan nilai berat kering awal lebih tinggi dibandingkan berat kering akhir. Hal tersebut menunjukkan perbandingan bakteri tersebut efektif menyerap logam berat pada saat pertama waktu pemaparan logam berat kromium.



Gambar 4.43. Berat Kering Bakteri Pada Konsentrasi Kromium 275 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Berdasarkan Gambar 4.43 menunjukkan bahwa berat kering akhir pada perbandingan 50:50 dan 75:25 lebih besar dibandingkan berat kering awal. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama pemaparan kromium maka semakin banyak bakteri dalam menyerap logam berat. Sedangkan pada perbandingna 25:75 menunjukkan nilai berat kering awal lebih tinggi daripada berat kering akhir yang berarti pada saat awal pemaparan bakteri telah mampu menyerap kromium dalam jumlah yang besar.

Nilai berat kering akhir yang lebih tinggi dari nilai berat kering awal menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu menyerap atau meremoval kromium lebih besar sehingga berat kering yang ditimbang adalah berat kromium yang teremoval. Berat kering akhir yang lebih tinggi pada perlakuan salinitas terlihat pada konsentrasi kromium 125 mg/L dengan perbandingan bakteri 25:75 dan 75:25 dan pada konsentrasi kromium 200 mg/L dengan perbandingn bakteri 75:25. Sedangkan pada perlakuan tanpa salinitas berat akhir yang lebih

tinggi terlihat pada konsentrasi kromium 125 mg/L dengan perbandingan bakteri 25:75 dan pada konsentrasi 275 mg/L dengan perbandingan bakteri 50:50 dan 75:25.

4.5. Korelasi Konsentrasi Kromium, Jumlah Koloni Bakteri dan Berat Kering Bakteri.

Pada bagian ini akan dijelaskan hubungan antara konsentrasi kromium dengan jumlah koloni bakteri dan konsentrasi kromium dengan berat kering bakteri. selain itu akan dijelaskan juga mengenai hubungan konsentrasi kromium dan Persentase removal yang akan ditunjukkan dalam bentuk gambar grafik.

4.5.1. Hubungan Antara Konsentrasi Kromium dan Jumlah Koloni Bakteri

Jumlah koloni bakteri dianalisa untuk mengetahui banyaknya bakteri yang meremoval atau mengabsorpsi logam berat pada larutan tersebut. Banyaknya bakteri dapat dilihat pula dengan menggunakan analisa optical density (OD), tetapi pada OD hanya dilihat kepadatan bakteri dan yang teranalisa bakteri yang hidup dan mati. Jika dengan jumlah koloni bakteri terlihat hanya bakteri yang mampu hidup pada keadaan perlakuan penelitian.

Hal ini dapat dihubungkan dengan konsentrasi kromium sebagai contoh bila jumlah koloni akhir bakteri lebih besar dari jumlah koloni awal bakteri akan disesuaikan dengan konsentrasi kromium yang kemungkinan besar akan semakin kecil. Semakin kecilnya nilai kromium menunjukkan bahwa sejumlah bakteri tersebut meangabsorpsi logam berat. Dengan begitu nilai Persentase removal oleh bakteri juga semakin besar.

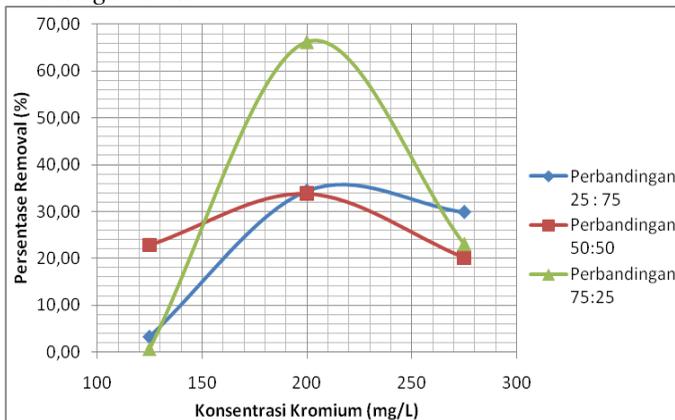
4.5.2. Hubungan Antara Konsentrasi Kromium dan Berat Kering Bakteri

Berat kering bakteri dianalisa untuk mengetahui berat logam berat yang terabsorpsi oleh bakteri dengan berbagai perbandingan mixed culture. Nilai berat kering bakteri tersebut

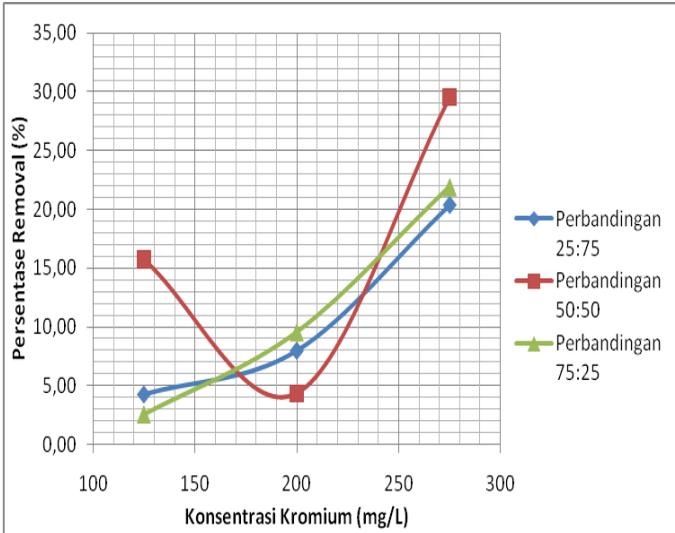
akan berbanding terbalik dengan nilai konsentrasi kromium. Jika jumlah berat kering bakteri akhir lebih besar dari berat kering bakteri awal maka konsentrasi kromium akhir lebih kecil dibandingkan nilai konsentrasi awal. Nilai berat kering yang tinggi menunjukkan bahwa bakteri tersebut menyerap logam berat kedalam tubuhnya. Sehingga logam berat tersebut akan terdeteksi pada saat menimbang karena logam berat kromium tidak menguap atau hilang jika di oven selama 1 jam dalam suhu 105°C. Jika nilai berat kering akhir lebih tinggi dari berat kering awal nilai removal konsentrasi kromium akan semakin tinggi.

4.6. Hubungan Konsentrasi Kromium dan Persentase Removal

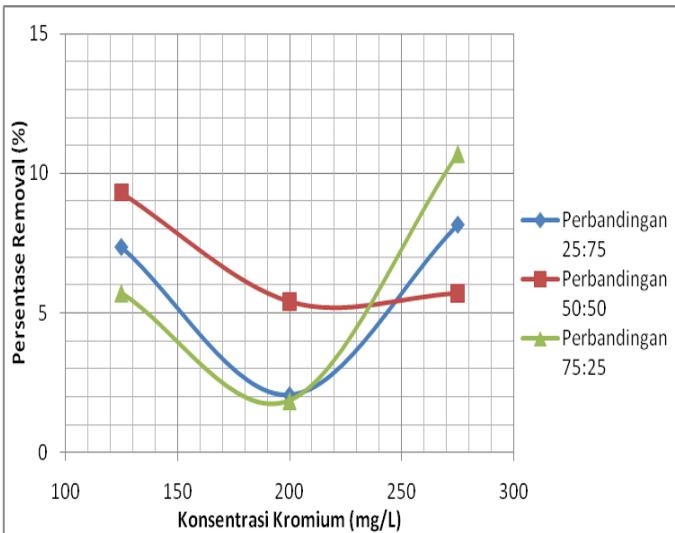
Hubungan konsentrasi kromium dan persentase removal digunakan sebagai pertimbangan dalam pengelolaan limbah yang mengandung kromium dengan valensi 3. Grafik-grafik ini dapat digunakan dengan syarat kondisi limbah yang akan diolah sama dengan kondisi yang ada saat penelitian. Syarat tersebut antara lain pH sekitar 3 hingga 4, suhu antara 29 °C hingga 31 °C, jika kondisi salin maka konsentrasi salinitas yang digunakan adalah 8,5 gram/L dan bentuk bakteri *mixed culture Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium*.



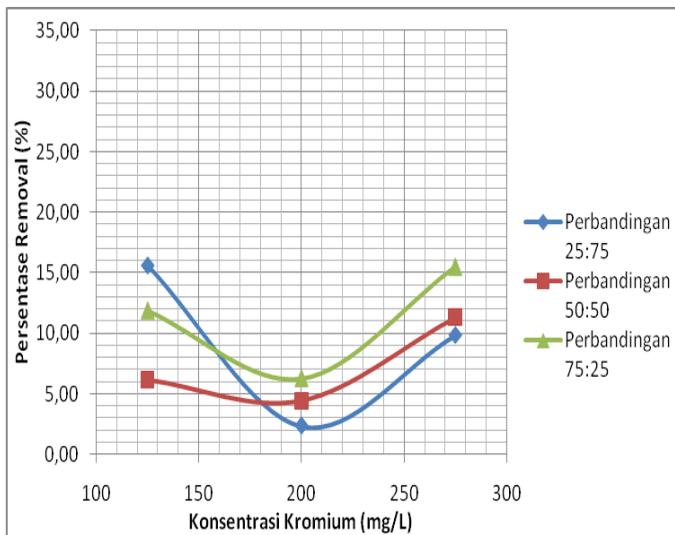
Gambar 4.44. Hubungan Konsentrasi Kromium dan Persentase Removal Perlakuan Salinitas Pada jam ke-3



Gambar 4.45. Hubungan Konsetrasi Kromium dan Persentase Removal Perlakuan Salinitas Pada jam ke-6



Gambar 4.46. Hubungan Konsetrasi Kromium dan Persentase Removal Perlakuan Tanpa Salinitas Pada jam ke-3



Gambar 4.47. Hubungan Konsentrasi Kromium dan Persentase Removal Perlakuan Tanpa Salinitas Pada jam ke-6

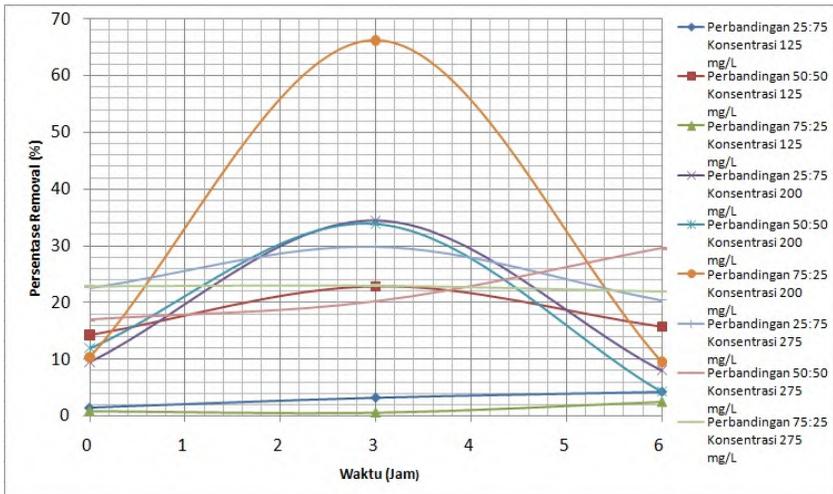
Dari gambar-gambar diatas dapat dilihat konsentrasi kromium, persen removal, perbandingan *mixed culture* bakteri dan lama pemaparan bakteri pada kromium yang akan digunakan pada suatu pengolahan limbah dengan kandungan kromium yang bervalensi 3. Sebagai contoh, jika suatu industri ingin melakukan pengolahan limbah yang mengandung kromium dengan konsentrasi sebesar 250 mg/L maka perbandingan bakteri yang efektif digunakan adalah pada 25:75 dengan kondisi salin dan pemaparan selama 3 jam. Hasil di grafik menunjukkan kondisi tersebut akan meremoval konsentrasi kromium hingga 40%. Hasil contoh studi kasus ini dapat dilihat pada Gambar 4.44.

Contoh studi kasus lainnya adalah jika industri ingin mengolah limbah dengan konsentrasi 175 mg/L tetapi tidak ingin menambahkan kondisi salin pada saat pengolahannya. Maka grafik yang dilihat hanya pada Gambar 4.46 dan Gambar 4.47. dari kedua gambar tersebut dibandingkan tingkat keefektifan persen removal tertinggi. Didapat hasil perbandingan 75 : 25

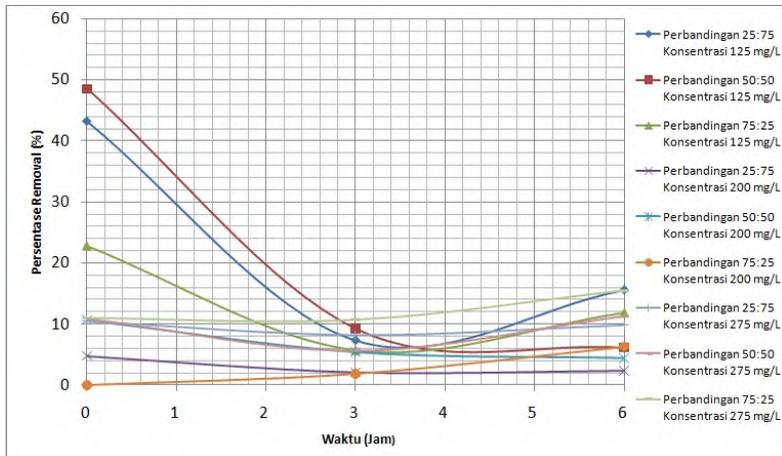
dengan pemaparan bakteri selama 6 jam. Jika waktu yang dibutuhkan hanya sebentar minimal 3 jam berarti perbandingan bakteri yang diambil adalah 50:50.

4.7. Hubungan Waktu dan Persentase Removal

Hubungan waktu dan persentase removal dapat digunakan saat pengolahan limbah suatu industri yang mengandung kromium. Jika pengolahan membutuhkan waktu tertentu maka grafik ini dapat digunakan, pada gambar grafik ini digunakan waktu dari 0 hingga 6 jam. Grafik ini dapat digunakan dengan syarat kondisi pH sekitar 3 hingga 4, suhu antara 29°C hingga 31°C, konsentrasi salinitas 8,5 gram/L jika ingin menggunakan dalam kondisi salin dan mixed culture bakteri menggunakan *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium*.



Gambar 4.48. Hubungan Waktu dan Persentase Removal Perlakuan Salinitas



Gambar 4.49. Hubungan Waktu dan Persentase Removal Perlakuan Tanpa Salinitas

Dari gambar diatas dapat dilihat nilai persentase removal dan waktu pemaparan. Garis-garis pada gambar menunjukkan perbandingan mixed culture bakteri dan konsentrasi kromium yang dapat di absorp. Sebagai contoh studi kasus sebagai berikut, jika suatu industri ingin mengolah limbah yang mengandung kromium sedangkan jangka waktu pengolahan hanya ingin maksimal 1 jam saja. Dari hasil pada kedua gambar grafik diatas menunjukkan pengolahan selama 1 jam maksimum removal kromium 34%. Perbandingan 75:25 dengan konsentrasi 200 mg/L dengan kondisi salin dan perbandingan bakteri yang dapat digunakan adalah perbandingan 50:50 dengan konsentrasi 125 mg/L dengan kondisi tanpa salin. Karena hasil persen removal sama maka perbandingan bakteri yang digunakan tergantung pada besarnya konsentrasi kromium dan penambahan salinitas atau tidak.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

1. Mixed culture bakteri dengan perbandingan 25 : 75 mempunyai nilai removal hingga 34,47%. Untuk perbandingan 50:50 mencapai 33,82 % dan perbandingan mixed culture 75:25 mempunyai nilai removal paling besar dibandingkan dengan lainnya yaitu mencapai 66,23%.
2. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan dengan salinitas lebih efektif dalam meremoval logam berat kromium. Nilai removal kromium tersebut mencapai 66,23 %

5.2. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dilakukan pengambilan bakteri untuk biosorpsi dengan variasi waktu berbeda selain pada jam ke-6.
2. Membuat variasi perbandingan mixed culture selain 25:75, 50:50 dan 75:25.
3. Perlu dilakukan analisa biosorpsi setiap 1 jam sekali untuk mengetahui keefektifan mixed culture bakteri.
4. Menganalisa kontrol pada tiap analisa biosorpsi, tidak hanya pada awal penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

1. Konsentrasi Kromium

Konsentrasi 50 mg/L

$$\begin{aligned}\text{berat CrCl}_3 &= \left(\frac{\text{Mr CrCl}_3}{\text{Ar Cr}} \right) \times 50 \text{ mg} \\ &= \left(\frac{266,44}{51,9961} \right) \times 50 \text{ mg} \\ &= 256,2115 \text{ mg/L} \\ &= 0,2562115 \text{ gram/L}\end{aligned}$$

Konsentrasi 75 mg/L

$$\begin{aligned}\text{berat CrCl}_3 &= \left(\frac{\text{Mr CrCl}_3}{\text{Ar Cr}} \right) \times 75 \text{ mg} \\ &= \left(\frac{266,44}{51,9961} \right) \times 75 \text{ mg} \\ &= 384,31729 \text{ mg/L} \\ &= 0,38431729 \text{ gram/L}\end{aligned}$$

Konsentrasi 100 mg/L

$$\begin{aligned}\text{berat CrCl}_3 &= \left(\frac{\text{Mr CrCl}_3}{\text{Ar Cr}} \right) \times 100 \text{ mg} \\ &= \left(\frac{266,44}{51,9961} \right) \times 100 \text{ mg} \\ &= 512,423 \text{ mg/L} \\ &= 0,512423 \text{ gram/L}\end{aligned}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B
DATA PENELITIAN

Tabel 1. Penurunan Konsentrasi Kromium 125 mg/L dengan
Perlakuan Salinitas

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
25:75	124,31	122,46	120,25	118,96	4,30
50:50	124,31	106,60	95,90	104,76	15,73
75:25	124,31	123,57	125,41	121,17	2,53

Tabel 2. Penurunan Konsentrasi Kromium 200 mg/L dengan
Perlakuan Salinitas

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
25:75	205,09	185,54	152,52	188,67	8,01
50:50	205,09	180,56	153,26	196,23	4,32
75:25	205,09	183,88	123,38	185,54	9,53

Tabel 3. Penurunan Konsentrasi Kromium 275 mg/L dengan
Perlakuan Salinitas

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
25:75	304,68	235,89	213,57	242,53	20,40

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
50:50	304,68	253,04	243,26	214,68	29,54
75:25	304,68	234,96	234,6	237,92	21,91

Tabel 4. Penurunan Konsentrasi Kromium 125 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
25:75	122,83	69,71	113,79	103,65	15,62
50:50	122,83	63,26	111,40	115,27	6,15
75:25	122,83	94,80	115,82	108,26	11,86

Tabel 5. Penurunan Konsentrasi Kromium 200 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
25:75	187,93	178,90	184,06	183,51	2,35
50:50	187,93	167,83	177,79	179,64	4,41
75:25	187,93	187,93	184,43	176,13	6,28

Tabel 6. Penurunan Konsentrasi Kromium 275 mg/L dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Mixed Culture	Konsentrasi Kromium (mg/L)	Jam ke-0 (mg/L)	Jam ke-3 (mg/L)	Jam ke-6 (mg/L)	Removal (%)
25:75	262,26	234,78	240,87	236,44	9,85
50:50	262,26	233,67	247,32	232,57	11,32
75:25	262,26	233,49	234,23	221,69	15,47

Tabel 7. Nilai Optical Density Perlakuan Salinitas Tahap Biosorpsi

Mixed Culture	Jam ke-	50 mg/L (A)	75 mg/L (A)	100 mg/L (A)
25:75	0	0,08	0,079	0,084
	3	0,077	0,042	0,069
	6	0,06	0,039	0,06
50:50	0	0,052	0,089	0,082
	3	0,04	0,057	0,064
	6	0,034	0,035	0,056
75:25	0	0,074	0,086	0,068
	3	0,045	0,068	0,058
	6	0,03	0,034	0,04

Tabel 8. Nilai Optical Density Perlakuan Tanpa Salinitas tahap Biosorpsi

Mixed Culture	Jam ke-	50 mg/L (A)	75 mg/L (A)	100 mg/L (A)
25:75	0	0,07	0,055	0,064
	3	0,048	0,04	0,042

Mixed Culture	Jam ke-	50 mg/L (A)	75 mg/L (A)	100 mg/L (A)
	6	0,036	0,032	0,04
50:50	0	0,089	0,086	0,068
	3	0,043	0,069	0,035
	6	0,016	0,015	0,026
75:25	0	0,076	0,063	0,069
	3	0,064	0,035	0,026
	6	0,017	0,023	0,006

Tabel 9. Nilai pH Perlakuan Salinitas Tahap Biosorpsi

Mixed Culture	Jam ke-	50 mg/L	75 mg/L	100 mg/L
25 : 75	0	3,82	3,5	3,53
	3	3,8	3,65	3,5
	6	3,5	3,68	3,45
50 : 50	0	3,98	3,68	3,6
	3	4	3,35	3,58
	6	3,97	3,29	3,4
75 : 25	0	3,6	3,64	3,8
	3	3,86	3,5	3,63
	6	3,88	3,35	3,6

Tabel 10. Nilai pH Perlakuan Tanpa Salinitas Tahap Biosorpsi

<i>Mixed Culture</i>	Jam ke-	50 mg/L	75 mg/L	100 mg/L
25 : 75	0	3,9	3,49	4,44
	3	3,85	3,55	3,69
	6	3,5	3,5	3,6
50 : 50	0	3,74	3,65	3,82
	3	3,7	3,6	3,31
	6	3,68	3,5	3,47
75 : 25	0	3,53	3,85	3,99
	3	3,5	3,7	3,27
	6	3,5	3,75	3,71

Tabel 11. Nilai Suhu Perlakuan Salinitas Tahap Biosorpsi

<i>Mixed Culture</i>	Jam ke-	50 mg/L (°C)	75 mg/L (°C)	100 mg/L (°C)
25 : 75	0	30,3	30,1	30,5
	3	30,2	30,5	30,2
	6	30,2	30,2	30,2
50 : 50	0	30,3	30,5	30,3
	3	30,1	30,5	30,2
	6	30,1	30,3	30,3
75 : 25	0	30,3	30,4	30,1
	3	30,5	30,5	30,1
	6	30,3	30,3	30,3

Tabel 12. Nilai Suhu Perlakuan Tanpa Salinitas Tahap Biosorpsi

<i>Mixed Culture</i>	Jam ke-	50 mg/L (°C)	75 mg/L (°C)	100 mg/L (°C)
25 : 75	0	30,4	30,4	30,5
	3	30,3	30,3	30,4
	6	30	29,7	29,5
50 : 50	0	30,4	30,3	30,5
	3	30,2	30	30,4
	6	29,8	30,2	29,5
75 : 25	0	30,4	30,2	30,5
	3	29,7	30,5	30,3
	6	30,2	29,6	29,6

Tabel 13. Jumlah Koloni Bakteri dengan Perlakuan Salinitas

Mixed Culture	Waktu	Pengenceran	125 mg/L (Koloni)	200 mg/L (Koloni)	275 mg/L (Koloni)
25 : 75	Awal	10^{-7}	464	67	159
		10^{-8}	150	66	80
		10^{-9}	128	33	35
	Akhir	10^{-7}	407	23	146
		10^{-8}	176	17	108
		10^{-9}	167	21	69
50 : 50	Awal	10^{-7}	292	23	283
		10^{-8}	140	12	62
		10^{-9}	94	8	26
	Akhir	10^{-7}	138	9	326
		10^{-8}	55	6	142
		10^{-9}	30	4	56
75 : 25	Awal	10^{-7}	216	64	129
		10^{-8}	29	35	48

Mixed Culture	Waktu	Pengenceran	125 mg/L (Koloni)	200 mg/L (Koloni)	275 mg/L (Koloni)
		10^{-9}	23	7	21
	Akhir	10^{-7}	4	64	81
		10^{-8}	2	12	74
		10^{-9}	2	10	48

Tabel 14. Jumlah Koloni Bakteri dengan Perlakuan Tanpa Salinitas

Mixed Culture	Waktu	Pengenceran	125 mg/L (Koloni)	200 mg/L (Koloni)	275 mg/L (Koloni)
25 : 75	Awal	10^{-7}	132	80	158
		10^{-8}	62	36	74
		10^{-9}	7	11	61
	Akhir	10^{-7}	3	808	166
		10^{-8}	1	328	136
		10^{-9}	-	125	142
50 : 50	Awal	10^{-7}	208	173	528
		10^{-8}	33	82	268
		10^{-9}	20	32	146
	Akhir	10^{-7}	628	168	141
		10^{-8}	128	114	126
		10^{-9}	3	78	121
75 : 25	Awal	10^{-7}	85	146	152
		10^{-8}	26	103	107
		10^{-9}	5	62	113
	Akhir	10^{-7}	78	224	67
		10^{-8}	60	104	38
		10^{-9}	3	67	16

Tabel 15. Berat Kering Bakteri Perlakuan Salinitas Tahap Biosorpsi

<i>Mixed Culture</i>	Jam ke-	125 mg/L	200 mg/L	275 mg/L
25 : 75	0	0,0076	0,0277	0,0145
	6	0,0133	0,0093	0,0043
50 : 50	0	0,031	0,0067	0,006
	6	0,0006	0,0026	0,0052
75 : 25	0	0,0029	0,0058	0,0548
	6	0,0092	0,0099	0,0051

Tabel 16. Berat Kering Bakteri Perlakuan Tanpa Salinitas Tahap Biosorpsi

<i>Mixed Culture</i>	Jam ke-	125 mg/L	200 mg/L	275 mg/L
25 : 75	0	0,0035	0,0026	0,0053
	6	0,0063	0,0023	0,0047
50 : 50	0	0,0146	0,0062	0,0047
	6	0,0105	0,0026	0,0059
75 : 25	0	0,0299	0,0057	0,0057
	6	0,0079	0,0052	0,0068

LAMPIRAN C

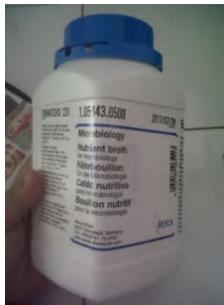
SPEKIFIKASI ALAT DAN BAHAN

1. Nutrient Agar



Merk : Merck KGaA
Buatan : Darmstadt, Germany

2. Nutrient Broth



Merk : Merck KGaA
Buatan : Darmstadt, Germany

3. Kromium Klorida hexahydrate

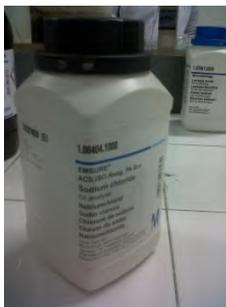


Rumus kimia : $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Merk : Merck KGaA

Buatan : Darmstadt, Germany

4. Natrium Klorida



Merk : Merck KGaA

Buatan : Darmstadt, Germany

5. Autoclave



Merk : Hrayama
Hertz : 50/60
MIN : 60/70

6. Incubator



Merk : Ogawa Seiki Co.LTD
Buatan : Tokyo Central PO BOX No.
1618 Tokyo, Japan.
Tanggal Perolehan : 01 Januari 1981

7. Spectrophotometer



Merk : Thermo Fisher Scientific
Buatan : USA.
Model : 4001/4
Volta : 100-240
Hertz : 50/60
Amp : 1.0

8. Digital Platform Shaker



Buatan : New Brunswick Scientific Co. Inc. Edison, New Jersey, USA
Model : Innova 2050
Serial No: 990424577
Volts : 330
Hertz : 50/60

9. Centrifuge



Buatan : France
Merk : Jouan 44600 Saint Nazaire
Type : E-82
Tahun : 1982
Diameter Cuve : 320 mm

10. Vacuum Pump



Merk : Value
Model : VE115N
Free Air Displacement : 2,0 CFM
Ultimate vacuum : 150 micron
Voltage : 230 V ~ / 50-60 Hz
Power : ¼ HP
Oil Capacity : 250 ml

11. Bacterial Colony Counter



Merk : Stuart
Buatan : UK by Bibby Stirilin, STD. Stone, Staff
Ordshire, ST 15 OSA, UK.
Serial : R000100053
Volts : 230
Hz ~ : 50
Power : 70 w
Fuses : F 3,15 A

LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN



Menimbang media Nutrient
Agar



Memasak media Nutrient
Agar



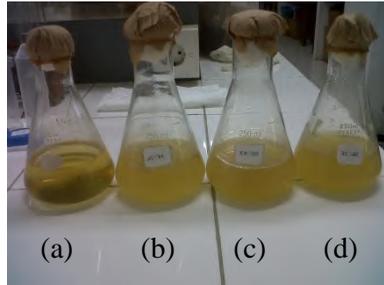
Mensterilisasikan glass ware
pada autoclave



inokulasi bakteri



Hasil centrifuge bakteri



(a) Kontrol Media Nutrient Broth
(b) Perbandingan Bakteri 25:75
(c) Perbandingan Bakteri 50:50
(d) Perbandingan Bakteri 75:25

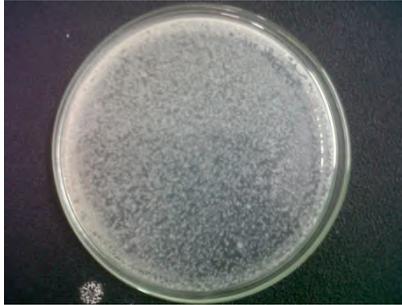


Erlenmeyer saat di shaker



menginkubasi bakteri dalam inkubator

Contoh jumlah koloni bakteri pada pengenceran 10^{-7} , 10^{-8} dan 10^{-9}



Pengenceran 10^{-7}



Pengenceran 10^{-8}



Pengenceran 10^{-9}

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Anindita Meitamasari lahir di Semarang pada tanggal 31 Mei 1992 yang merupakan anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Tjahjana Eko Subagija dan Sur Wahyuningtyas. Setelah menempuh pendidikan formal di TK Hj. Isriati Semarang, SD Negeri Gayungan II/423 Surabaya, SMP Negeri 22 Surabaya dan SMA Negeri 15 Surabaya. Penulis lulus SMA pada tahun 2010 dan melanjutkan kuliah di jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS pada periode 2011-2012 sebagai staff Departemen Badan Semi Otonom (BSO) Dana dan Usaha dan pada periode 2012-2013 sebagai kepala bidang Hubungan Konsumen Dana dan Usaha. Penulis juga terlibat dalam beberapa acara besar yang diadakan oleh HMTL, yaitu Lomba Inovasi Teknologi Lingkungan (LITL) pada tahun 2012 dan 2013, Hari Bumi pada tahun 2011, *Earth Week* pada tahun 2012, dll. Penulis juga pernah mengikuti kerja praktek di PDAM - Lamongan, Jawa Timur pada tahun 2013. Apabila ada kritik dan saran mengenai tentang tugas akhir penulis, dapat langsung mengirimkan email ke ditatutetoo@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”