

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kurva Standar Pertumbuhan

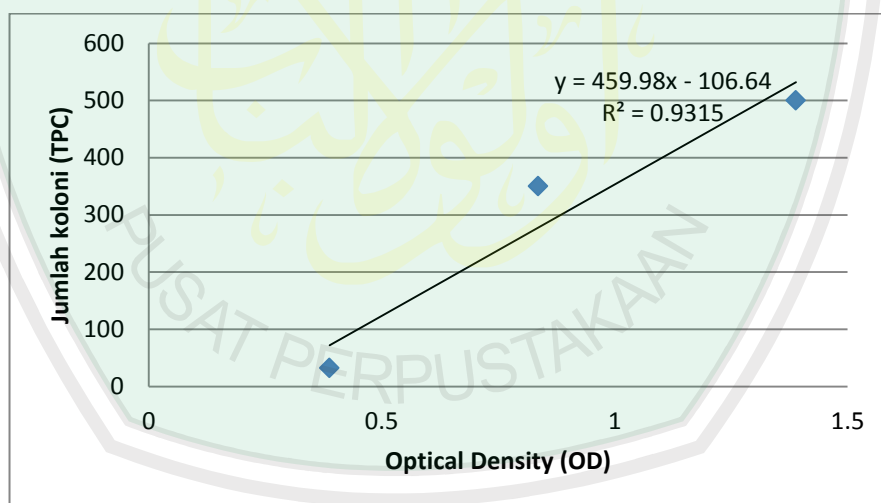
Pertumbuhan ialah pertambahan teratur semua komponen suatu mikroorganisme. Pertumbuhan jasad renik dapat diukur berdasarkan konsentrasi sel (jumlah sel persatuan isi biakan) atau densitas sel (berat kering dari sel-sel persatuan sel biakan). Menghitung densitas sel dapat dilihat dari nilai absorbansi suatu biakan (Khodijah dkk, 2006).

Setiap bakteri memiliki kurva standar pertumbuhan bakteri. Metode perhitungan jumlah sel yang digunakan dalam pembuatan kurva standar pada penelitian ini, adalah dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), dan yang kedua dengan menggunakan spektrofotometer untuk melihat tingkat kekeruhan (*Optical Density*) yang terbaca melalui nilai absorbansi yang dihasilkan. Pada penelitian ini, panjang gelombang yang digunakan adalah 600 nm. Berdasarkan hasil uji pendahuluan membuktikan bahwa, pada panjang gelombang ini merupakan panjang gelombang yang optimal dalam membaca densitas dari suspensi bakteri *E. agglomerans*. Menurut Febriyansari (2008), panjang gelombang 600 - 625 digunakan untuk melihat tingkat kekeruhan untuk larutan yang berwarna kuning sampai coklat. Hasil dari pengukuran tingkat kekeruhan (OD) dengan perhitungan jumlah koloni (TPC) menghasilkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran nilai OD dan Pengukuran Jumlah koloni (TPC)

No	OD (X)	TPC (Y)
1	0.388	32
2	0.836	350
3	1.389	500
Jumlah	2.613	882
Rata-rata	0.871	294

Berdasarkan data pada (Tabel 4.1) kemudian dibuat kurva standar. Kurva standar merupakan suatu kurva untuk menghitung jumlah sel bakteri secara tidak langsung, yaitu dengan meregresikan nilai absorbansi dan jumlah koloni kedalam persamaan garis kurva standar $y = ax + b$, dimana y = jumlah koloni, dan x = besarnya nilai absorbansi. Sehingga dari data (Tabel 4.1) menghasilkan kurva standar dengan persamaan seperti dibawah ini:

Gambar 4.1 Kurva Standar Pertumbuhan Bakteri *E. Agglomerans*

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa, hubungan antara nilai OD dengan jumlah koloni mempunyai pola linier. Hubungan kedua parameter tersebut mempunyai persamaan $y = 459.98x - 106.64$, dengan nilai korelasi $(r) = 0,9315$. Artinya, setiap peningkatan nilai absorbansi (OD) diikuti oleh meningkatnya jumlah koloni. Berdasarkan persamaan tersebut, dapat digunakan untuk mencari

jumlah sel bakteri *E. agglomerans* dalam kurva pertumbuhan. Keuntungan dari pembuatan kurva standar ini adalah untuk mendapatkan kemudahan dalam penelitian, penghematan media dan waktunya relatif singkat.

Pembuatan kurva standar bertujuan sebagai acuan untuk menghitung jumlah sel pada kurva pertumbuhan. Nilai regresi linear yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa kurva tersebut semakin valid. Menurut Wallpole (2005), persamaan garis regresi berfungsi untuk menentukan model matematis yang digunakan untuk memprediksi 1 variabel dari variabel lain. Sedangkan nilai korelasi menunjukkan adanya kekerabatan/ hubungan antar 2 variabel yang dibandingkan (jumlah koloni dan nilai absorbansi), dan apabila nilai regresi tersebut antara 0,9-1, maka hubungan variabel tersebut adalah korelasi positif sempurna.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Logam Berat Timbal Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Enterobacter agglomerans*

Pertumbuhan didefinisikan sebagai penambahan kuantitas sel dan struktur organisme yang dapat dinyatakan dengan ukuran, diikuti penambahan jumlah, penambahan ukuran sel, penambahan berat atau massa, dan parameter lain. Istilah pertumbuhan kelompok mikroba lebih mengacu pada penambahan jumlah sel, bukan mengacu pada perkembangan individu organisme sel. Pertumbuhan dinyatakan sebagai penambahan jumlah atau massa menjadi lebih besar dari yang terkandung di dalam inokulum awal (Pelczar dan Chan, 2005).

Hubungan antara jumlah sel dengan waktu pertumbuhan dapat dinyatakan dalam kurva pertumbuhan. Pada penelitian ini, kurva pertumbuhan bakteri

Enterobacter agglomerans dibuat dengan mengamati tingkat kekeruhan (*Optical Density*) dengan menggunakan spektrofotometer setiap 4 jam sekali. Kemudian, dari setiap pengamatan menghasilkan data seperti pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Data rata-rata nilai *Optical Density* (OD) bakteri *E. agglomerans*

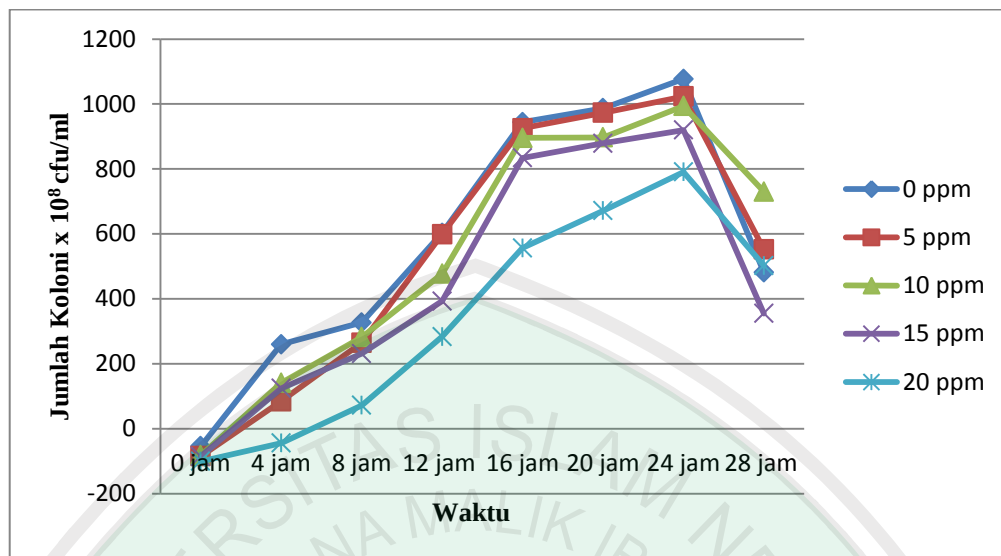
Pb (ppm)	Nilai <i>Optical Density</i> (OD) Pada Waktu Pengamatan (Jam)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
0	0.11	0,79	0.94	1.54	2.28	2.37	2.57	1.27
5	0.04	0.41	0.80	1.53	2.24	2.34	2.45	1.43
10	0.05	0.53	0.84	1.26	2.17	2.18	2.39	1.81
15	0.04	0.50	0.73	1.08	2.04	2.14	2.23	1.63
20	0.01	0.13	0.38	0.84	1.44	1.69	1.95	1.32

Untuk mengetahui jumlah koloni pada penelitian ini, data hasil dari nilai OD kemudian dimasukkan kedalam persamaan kurva standar. Sehingga, diperoleh jumlah koloni bakteri *E. agglomerans* seperti data dibawah ini:

Tabel 4.3 Data rata-rata pertumbuhan jumlah koloni bakteri *E. agglomerans*

Pb (ppm)	Jumlah koloni ($\times 10^8$ cfu/ml) Pada Waktu Pengamatan (Jam)							
	0	4	8	12	16	20	24	28
0	-54.50	259.81	326.50	602.95	944.10	986.57	1076.89	481.52
5	-84.86	84.40	264.56	598.66	925.09	973.08	1023.07	552.51
10	-82.10	140.98	281.73	477.07	895.81	897.03	993.47	730.22
15	-85.17	123.96	231.13	392.59	834.17	878.63	919.57	354.97
20	-100.5	-44.54	71.67	283.11	556.65	671.18	790.78	502.22

Kurva pertumbuhan bakteri pada umumnya dapat dibagi dalam empat fase, yaitu fase lag (fase adaptasi), fase log (fase eksponensial), fase stasioner dan fase kematian. Pada penelitian ini grafik pertumbuhan bakteri *Enterobacter agglomerans* pada konsentrasi Pb (ppm) yang berbeda dengan waktu pengamatan, dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Jumlah Koloni Bakteri *E. Agglomerans* dengan Waktu Pengamatan

Fase *lag* (fase adaptasi) adalah waktu yang dibutuhkan oleh bakteri untuk beradaptasi dengan lingkungan barunya. Pada penelitian ini, fase adaptasi tidak begitu kelihatan pada konsentrasi yang mengandung timbal 0, 5, 10 dan 15 ppm. Sehingga, seolah-olah pertumbuhan bakteri langsung menuju fase log (eksponensial). Akan tetapi, pada perlakuan yang mengandung konsentrasi timbal 20 ppm fase adaptasi berjalan dengan lambat, hal ini dikarenakan konsentrasi timbal yang tinggi. Fase eksponensial adalah fase pembelahan sel, dimana sel akan membelah sampai maksimum jumlah sel tercapai (suatu periode pertumbuhan yang sangat cepat) (Pelczar dan Chan, 2005). Pada penelitian ini fase log terjadi pada jam ke-0 sampai jam ke-16.

Fase Optimal bakteri *E. agglomerans* pada penelitian ini terjadi pada jam ke-16 (Gambar 4.2). Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa perlakuan, perlakuan 0 ppm menunjukkan pertumbuhan tertinggi dibanding perlakuan lainnya, yaitu dapat mencapai fase puncak tertinggi dengan nilai *Optical Density*

(OD) 2,284 dengan jumlah koloni (kurva standar) $94,41 \times 10^{11}$ cfu/ml. Kemudian dilanjutkan pada perlakuan 5 ppm dengan nilai OD 2,243 dengan menghasilkan jumlah koloni $92,5 \times 10^{11}$ cfu/ml. Selanjutnya, pada perlakuan 10 ppm dengan nilai OD 2,179 menghasilkan jumlah koloni $89,58 \times 10^{11}$ cfu/ml. Kemudian pada perlakuan 15 ppm dengan nilai OD 2,045 menghasilkan jumlah koloni $83,41 \times 10^{11}$ cfu/ml. Dan yang terakhir pada perlakuan 20 ppm yang merupakan pertumbuhan terendah dari bakteri *E. Agglomerans* dengan nilai OD 1,442 menghasilkan jumlah koloni $55,65 \times 10^{11}$ cfu/ml.

Pertumbuhan bakteri dapat terhambat karena adanya logam berat dalam lingkungannya. Timbal merupakan logam berat bersifat racun dan akan menghalangi kerja enzim. Keadaan ini akan turut mempengaruhi proses metabolisme sel yang berakibat pada jumlah sel yang dihasilkan.

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri *E. agglomerans* yang optimal dari semua perlakuan yang diberi konsentrasi timbal berbeda selama 28 jam inkubasi adalah pada perlakuan 0 ppm. Kemudian, pertumbuhan optimal yang hampir sama dengan kontrol terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi timbal 5 ppm. Sehingga, suspensi bakteri ini yang nantinya akan diuji lanjut menggunakan AAS untuk mengetahui potensi bakteri *E. Agglomerans* dalam menyerap logam berat timbal.

Berdasarkan gambar 4.2 juga dapat dilihat pertumbuhan *E. agglomerans* yang menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi timbal dalam media. Hal ini mengindikasikan bahwa toksisitas Pb cukup tinggi sehingga dapat menghambat pertumbuhan. Hasil penelitian ini sesuai dengan literatur yang

menyatakan bahwa, Mikroorganisme umumnya memiliki mekanisme perlindungan terhadap logam beracun untuk mempertahankan kehidupannya. Mekanisme ini melibatkan pembentukan kompleks logam dengan protein dalam membran sel, sehingga logam dapat terakumulasi dalam sel tanpa mengganggu pertumbuhannya. Jika konsentrasi logam demikian tinggi, akumulasi dapat menghambat pertumbuhan sel karena sistem perlindungan organisme tidak mampu lagi mengimbangi efek toksik logam (Arifin dan Raya. 1997 dalam Hala, dkk.2012). Sumarsih (2003) menambahkan, Logam berat seperti Hg, Ag, Cu, Au, dan Pb pada kadar rendah dapat bersifat racun (toksis). Karena, logam berat mempunyai daya oligodinamik, yaitu daya bunuh logam berat pada kadar rendah.

Fase pertumbuhan bakteri selanjutnya adalah fase stasioner. Menurut Sumarsih (2003), pada fase stasioner maksimum, jumlah sel yang mati semakin meningkat sampai terjadi jumlah sel hidup atau hasil pembelahan sama dengan jumlah sel yang mati, sehingga jumlah sel hidup konstan, seolah-olah tidak terjadi pertumbuhan (pertumbuhan nol). Pada penelitian ini fase stasioner pertumbuhan bakteri dengan konsentrasi Pb 0, 5, 10, dan 15 ppm terjadi setelah jam ke-16 sampai jam ke-24. Akan tetapi, pada perlakuan yang mengandung konsentrasi timbal 20 ppm, tidak dijumpai fase stasioner. Hal ini disebabkan karena pengamatan OD dilakukan setiap 4 jam sekali. Sehingga, setelah mengalami fase optimal, seolah-olah bakteri langsung mengalami fase kematian. Pada penelitian ini, fase kematian perlakuan 0, 5, 10, 15 dan 20 ppm dimulai setelah jam ke -24.

Fase kematian bakteri *E. agglomerans* yang dipengaruhi logam berat timbal tidak hanya dapat diamati melalui kurva pertumbuhan. Akan tetapi juga

dapat diamati secara visual, yaitu dengan mengamati perubahan warna media, bau media dan warna lendir. Perubahan warna pada media dapat dilihat dari perlakuan 0 ppm yang berwarna kuning bening, sedangkan perlakuan dengan penambahan timbal warnanya akan semakin keruh dan gelap seiring bertambahnya waktu inkubasi. Dengan ini, dapat diketahui bahwa pertumbuhan bakteri semakin menurun. Selain itu, bau asam yang sangat menyengat dan warna lendir yang semakin gelap juga menandakan bahwa bakteri sudah mencapai fase kematian. Hal ini dapat dilihat pada lampiran VII.

Fase kematian pada bakteri *E. agglomerans* dimulai setelah jam ke-24. Pencapaian fase optimal yang lebih lama menunjukkan bahwa, *E. Agglomerans* merupakan bakteri yang pertumbuhannya relatif lebih lambat dibandingkan dengan bakteri lain. Selain itu, juga membuktikan bahwa *E. Agglomerans* merupakan bakteri yang mampu hidup lebih lama dilingkungan yang tercemar logam berat timbal.

Pertumbuhan bakteri dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya ketersediaan nutrisi dalam media yang terdiri dari makronutrien (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe) dan mikronutrien, nilai pH, suhu, nutrisi, ketersediaan oksigen dan faktor-faktor lainnya. Selain itu juga karena *E. agglomerans* ditumbuhkan pada suhu 28⁰ C yang merupakan suhu optimal untuk pertumbuhan bagi bakteri tersebut.

Berdasarkan grafik bakteri (Gambar 4.2) teramati bahwa pertumbuhan bakteri pada setiap perlakuan berbeda. Perbedaan pertumbuhan tersebut diduga karena adanya perbedaan produksi lendir yang dihasilkan oleh bakteri pada masing-

masing perlakuan. Berdasarkan pengamatan secara visual, semakin tinggi konsentrasi logam berat timbal pada media, maka semakin banyak lendir berwarna gelap yang dihasilkan. Menurut Purwoko (2007), lendir yang dihasilkan oleh bakteri *E. Agglomerans* merupakan senyawa hasil metabolisme yang dihasilkan pada fase log. Beberapa senyawa yang dihasilkan oleh sel bakteri pada fase perbanyakan adalah etanol, asam laktat, asam organik, asam amino, asam lemak dan lainnya.

4.3 Biosorpsi Logam Pb Oleh Bakteri *Enterobacter agglomerans*

Biosorpsi merupakan suatu teknologi untuk menghilangkan ion logam dan polutan dari limbah dengan menggunakan biomassa sebagai adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri *Enterobacter agglomerans* mampu menyerap logam Pb sebesar 96% pada media yang mengandung timbal 5 ppm selama 28 jam inkubasi.

Tabel 4.4 Penyerapan Logam Pb oleh bakteri *E. agglomerans* dengan AAS

Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persentase penurunan Pb (%)
5	0.21	95.8
5	0.20	96
5	0.19	96.2
Rata-rata		96

Satya dan Larashati (2012) menyebutkan bahwa, kemampuan bakteri dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungan tumbuhnya dapat disebabkan karena kemampuan bakteri dalam mengakumulasi logam berat tersebut. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion

bermuatan positif, sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat.

Bakteri juga dapat mengakumulasi logam berat di dalam sel dengan membentuk ikatan antara logam berat dengan suatu protein dalam sel yang disebut metallothionein. Metallothionein merupakan protein pengikat logam (metalbinding protein) yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan atau pengekapan logam di dalam jaringan setiap makhluk hidup. Protein ini mengandung kelompok 'thiol' (-SH) dalam jumlah yang besar. Kelompok ini mengikat logam-logam berat sangat kuat, khususnya merkuri (Hg), cadmium (Cd), perak (Ag), seng (Zn) dan timbal (Pb) (Gadd, 1990).

Mekanisme absorpsi logam oleh bakteri terjadi melalui mekanisme *passive uptake* dan *active uptake*. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan (metabolisme) mikroorganisme dan akumulasi intraseluler ion logam tersebut (Nakajama dan Sakaguchi, 1998; Cossich et al, 2002 dalam Zarkasi, Hafidh. 2008).

Passive uptake dikenal sebagai proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion, dimana ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional grup seperti carbonyl, amino, thiol, hydroxyl, phospat dan hydroxyl-carboxyl, yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak-balik dengan cepat. Proses bolak balik ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari

suatu biomassa. Active uptake dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan/atau akumulasi intraselular ion logam tersebut. Proses ini tergantung dari energi yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter- parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, cahaya dan lainnya. Di sisi lain, mikroorganisme yang tahan terhadap efek racun ion logam akan dihasilkan pada prosedur seleksi yang ketat terhadap pemilihan jenis mikroorganisme yang tahan terhadap kehadiran ion logam berat (Adi dan Dyah, 2010).

Mekanisme biosorpsi logam berat dengan biomassa, secara alami mempunyai dua mekanisme yang terjadi secara simultan dan bolak balik (*reversible*), dimana pertama-tama terjadi pertukaran ion logam (Pb) yang berada di sekitar permukaan sel dengan ion monovalent maupun divalen (misal=Na), dan yang terakhir adalah pembentukan senyawa kompleks antara ion logam (Pb) dengan gugus fungsional yang terdapat dalam sel (misal=gugus carbonyl : -CO , gugus hydroxycarbonyl: -HCO).

Kemampuan bakteri *Enterobacter agglomerans* sebagai penyerap logam berat diperairan didukung oleh hasil penelitian lain, yaitu menurut Yani dan Kurniasari (2008), Isolat bakteri *Enterobacter agglomerans* yang dikombinasikan dengan *Pseudomonas pseudomallei* mampu mengakumulasi logam Pb sebesar 71.32%. Selain itu, *E. Agglomerans* diketahui juga memiliki daya tumbuh yang baik pada konsentrasi logam berat yang tinggi pada perairan.

Pernyataan diatas memperkuat bahwa bakteri *Enterobacter agglomerans* bermanfaat dalam mengabsorbsi logam berat, dengan demikian, *E. agglomerans* dapat digunakan sebagai agen bioremediasi. Berdasarkan hasil penelitian ini, menunjukkan bahwa bakteri *E. agglomerans* dapat menurunkan konsentrasi logam berat pada media yang mengandung timbal 5 ppm. *Enterobacter agglomerans* merupakan bakteri patogen. Menurut Sharma (2012), *Enterobacter agglomerans* merupakan bakteri patogen oportunistik, menyebabkan luka infeksi, bacteremia, dan infeksi saluran kemih. Akan tetapi, selain sifatnya patogen terhadap makhluk hidup, bakteri ini ternyata dapat digunakan sebagai agen bioremediasi yang mampu menurunkan logam berat dalam perairan. Sehingga, dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tidak ada yang sia-sia pada bakteri *E. agglomerans*. Sebagaimana firman Allah dalam surat Al-Baqarah: 26

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٢٦﴾

Artinya: “Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik”(QS. Al-Baqarah: 26).

Ba’udhah dalam tafsir *al-jalalain* diartikan sebagai bentuk tunggal dari *ba’udh*, yaitu kutu yang kecil, binatang yang sangat kecil, menggigit dengan menyakitkan, dan berbau sangat busuk. Kata dalam al-Qur’an itu juga dapat

diartikan sebagai nyamuk (Al-Maraghi, 1993). Allah tidak segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu, yang lebih rendah dari itu bisa berupa mikroba, jamur mikroskopis dan bakteri.

Berdasarkan pernyataan diatas, bahwasanya segala sesuatu yang diciptakan Allah, sekecil apapun itu, seperti halnya bakteri *Enterobacter agglomerans* dalam penelitian ini yang memiliki ukuran lebar 0.6-1 um dan panjang 1.2-3.0 um ini pasti mempunyai manfaat. Hal ini dapat dibuktikan dalam penelitian ini, yang mana bakteri *E. agglomerans* dapat menyerap logam berat sebesar 96 %, Mekanisme penyerapan logam berat pada bakteri *E. agglomerans* ini terjadi melalui mekanisme *passive uptake* dan *active uptake*. Sebagaimana telah ditegaskan dalam firman Allah surat Ali Imron ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya: "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka." (QS. Ali Imran: 190-191).

Berdasarkan pengertian ayat di atas, Allah memerintahkan kepada manusia yang telah diberi kelebihan akal untuk meneliti dan mengkaji segala sesuatu yang ada di langit dan di bumi, karena sesungguhnya setiap sesuatu yang diciptakan oleh Allah terdapat tanda-tanda kekuasaan-Nya bagi mereka yang berakal. Allah menciptakan langit dan bumi bukanlah merupakan suatu hal yang sia-sia. Akan

tetapi, pasti terdapat manfaat dibalik ciptaan Allah. Dengan terungkapnya rahasia-rahasia alam melalui hasil penelitian, maka dapat mempertebal keyakinan akan kebesaran Allah, dan menambah khasanah pengetahuan tentang alam untuk dimanfaatkan bagi kesejahteraan manusia. Dengan demikian, terungkapnya manfaat bakteri *E. agglomerans* yang dapat digunakan sebagai biosorben logam berat Pb, maka digunakan sebagai alternatif baru dalam mengolah limbah cair yang mengandung logam berat.

Seorang muslim harus juga memandang alam beserta isinya baik tumbuhan maupun hewan sebagai nikmat yang dikaruniakan Allah SWT pada mereka. Sebagaimana firman Allah dalam surat Al-Qashash ayat 77.:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۖ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۚ وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۖ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ ۚ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ
الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya: “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.” (Q.S. Al-qashash:77).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah memerintahkan manusia untuk menikmati dan memanfaatkan semua anugerah yang telah diberikan kepada manusia dengan tanpa harus melupakan-Nya dan Allah juga telah memperingatkan manusia untuk berbuat baik kepada orang lain dan melarang manusia berbuat kerusakan di muka bumi ini salah satunya adalah pencemaran

lingkungan, karena sesungguhnya Allah sangat tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan.

