

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pertumbuhan Konsorsium Bakteri Pada Biodekomposer

Berdasarkan dari hasil penelitian viabilitas biodekomposer yang dilakukan selama dua bulan didapatkan 2 data, yang pertama data di peroleh secara berturut-turut selama 6 hari dan yang ke dua dilakukan secara berkala (rentang 1 minggu), mulai dari minggu pertama sampai minggu ke tujuh untuk mengetahui dimana waktu yang terbaik (optimal) suatu produk biodekomposer dapat digunakan dalam proses pengomposan. Kedua data dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

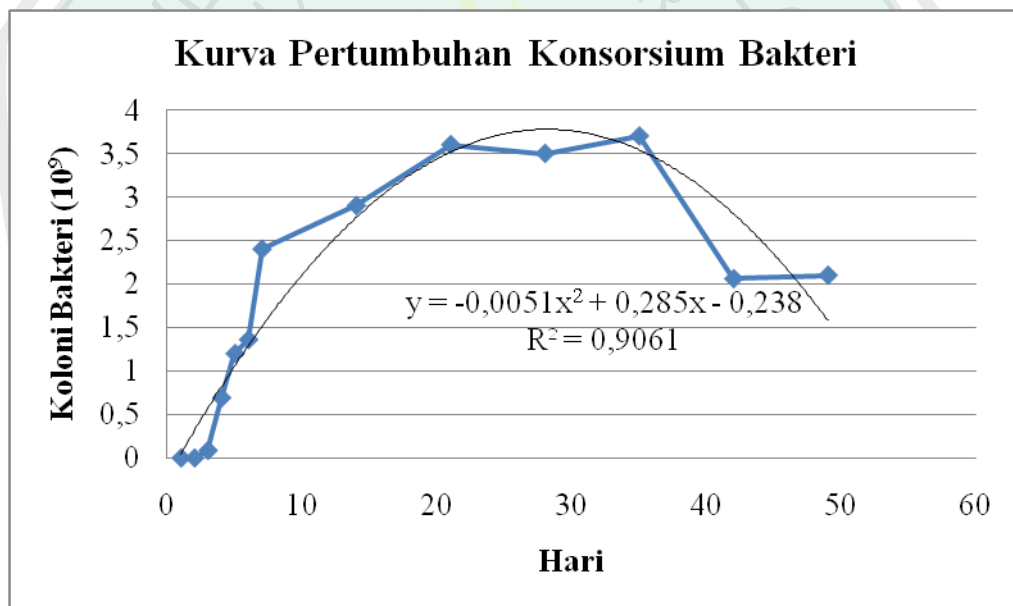
Tabel 4.1 Perubahan viabilitas konsorsium bakteri biodekomposer selama 2 bulan.

Hari ke	Jumlah Sel (cfu/ml)	Rentang Hari ke	Jumlah Sel (cfu/ml)
0	$6,4 \times 10^2$	7	$2,4 \times 10^9$
1	$1,2 \times 10^4$	14	$2,9 \times 10^9$
2	$1,0 \times 10^5$	21	$3,6 \times 10^9$
3	$8,6 \times 10^7$	28	$3,5 \times 10^9$
4	$6,9 \times 10^8$	35	$3,7 \times 10^9$
5	$1,2 \times 10^9$	42	$2,0 \times 10^9$
6	$1,3 \times 10^9$	49	$2,1 \times 10^9$

Pada awal pengujian viabilitas bakteri biodekomposer, mula-mula viabilitasnya terlihat masih rendah, kemudian secara berangsur-angsur mengalami peningkatan pada hari ke 4 sampai dengan hari ke 21, pada masa ini disebut sebagai masa pertumbuhan eksponensial. Viabilitas bakteri mulai terlihat konstan pada hari ke 21 sampai dengan ke 35, pada masa ini disebut dengan masa

pertumbuhan stasioner dimana jumlah antara bakteri yang mati dan bakteri yang membelah hampir sama, sehingga tidak terjadi peningkatan atau penurunan yang besar. Viabilitas konsorsium bakteri mulai menurun pada hari ke 42, atau yang sering disebut dengan masa kematian, dimana bakteri mulai banyak yang mati karena kehabisan nutrisi atau keracunan dari hasil metabolisme bakteri yang lain.

Dari data viabilitas konsorsium bakteri biodekomposer diatas, selanjutnya dibuat kurva perubahan viabilitas bakteri yang disajikan pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik pertumbuhan konsorsium bakteri biodekomposer selama dua bulan

Dari Gambar 4.1 diatas dapat diketahui bahwa pada hari pertama sampai hari ke tiga konsorsium bakteri masih dalam masa adaptasi, terlihat pertumbuhan konsorsium bakteri masih lambat dan belum tidak begitu mengalami peningkatan. Menurut Nugroho (2007) dari hasil penelitiannya mengatakan bahwa di butuhkan waktu 2-3 hari agar bakteri dapat beradaptasi dengan lingkungannya yang baru sebelum dapat menggunakan nutrisi yang ada disekitarnya secara optimal.

Pada fase ini mula-mula bakteri menyesuaikan diri dengan substrat dan kondisi lingkungan di sekitarnya, bakteri juga belum terjadi pembelahan sel karena beberapa enzim mungkin belum disintesis. Jumlah sel pada fase ini mungkin tetap, tetapi kadang-kadang menurun. Lamanya fase ini bervariasi, dapat cepat atau lambat tergantung dari kecepatan penyesuaian dengan lingkungan di sekitarnya (Sumarsih, 2003).

Menurut Waluyo (2004) mengatakan bahwa lamanya fase adaptasi dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu medium dan jumlah inokulum. Medium dan lingkungan yang akan digunakan sebagai tempat pertumbuhan sel bakteri harus sama seperti medium dan lingkungan sebelumnya sehingga mungkin tidak diperlukan waktu adaptasi. Tetapi jika nutrisi yang tersedia dan kondisi lingkungan yang baru sangat berbeda dengan sebelumnya, diperlukan waktu penyesuaian untuk mensintesis enzim-enzim yang dibutuhkan untuk metabolisme.

Faktor yang kedua adalah Jumlah inokulum. Semakin banyak jumlah inokulum semakin cepat pula proses terjadinya fase adaptasi. Fase adaptasi mungkin berjalan lambat karena beberapa sebab, misalnya : (1) kultur dipindahkan dari medium yang kaya nutrisi ke medium yang kandungan nutrisinya terbatas, (2) mutan yang baru terbentuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya, (3) kultur yang dipindahkan dari fase statis ke medium baru dengan komposisi sama seperti sebelumnya (Waluyo, 2004).

Pertumbuhan konsorsium bakteri biodekomposer yang dihitung dengan metode *total plate count* menunjukkan peningkatan pada hari ke 3 sampai hari ke 21 atau yang biasa disebut dengan fase *eksponensial*, terbukti dari hasil

pengamatan viabilitas konsorsium bakteri sebagaimana yang telah tertera pada tabel 4.1.

Pada periode ini konsorsium bakteri telah dapat beradaptasi dengan lingkungannya dan mampu memanfaatkan nutrisi yang ada disekitarnya sehingga pertumbuhan bakteri menjadi sangat cepat. Bakteri akan melakukan pembelahan biner melintang, satu sel membelah diri menjadi dua sel anakan yang identik dan terpisah. Waktu yang digunakan untuk membelah pada setiap bakteri tidak sama, ada yang hanya memerlukan 20 menit bahkan ada yang memerlukan sampai berjam-jam atau berhari-hari (Sumarsih,2003).

Menurut Schlegel (1994), Pertumbuhan konsorsium bakteri pada fase *eksponensial* ini sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti Ph dan kandungan nutrisi, suhu dan kelembapan udara. Pada fase ini sel membutuhkan energi lebih banyak dibandingkan dengan fase lainnya, selain itu sel paling sensitif terhadap keadaan lingkungan.

Fase *eksponensial* merupakan periode pembiakan yang cepat, pada periode ini dapat teramati ciri-ciri sel yang aktif, sel membelah dengan laju yang konstan, massa sel menjadi dua kali lipat dengan laju sama, aktifitas metabolit konstan, keadaan pertumbuhan seimbang. Waktu generasi pada setiap bakteri dapat ditentukan pada fase cepat ini. Pada fase tersebut dapat terlihat beberapa sel mulai membelah, yang lainnya setengah membelah, dan yang lainnya lagi selesai membelah (Iqbalali, 2008).

Pertumbuhan konsorsium bakteri pada hari ke 21, 28, dan 35 terlihat relatif konstan yaitu  $3,6 \times 10^9$  cfu/ml,  $3,5 \times 10^9$  cfu/ml,  $3,7 \times 10^9$  cfu/ml. Fase ini

sering disebut dengan fase *stasioner*, dimana pertumbuhan bakteri mulai mulai tidak meningkat lagi atau apabila dilihat pada gambar terlihat konstan, pada fase ini jumlah sel bakteri yang membelah dengan jumlah yang mati dalam biodekomposer itu sama, sehingga tidak terjadi peningkatan atau penurunan yang besar.

Pada fase *stasioner* laju pembiakan sama dengan laju kematian, maka secara keseluruhan jumlah sel akan tetap konstan. Hal ini dapat disebabkan karena berkurangnya nutrisi ataupun terbentuknya produk metabolisme yang cenderung menumpuk yang dimungkinkan akan menjadi racun bagi bakteri.

Menurut Waluyo (2004), Pada fase ini jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat nutrisi sudah habis. Karena kekurangan zat nutrisi, maka kemungkinan sel tersebut mempunyai komposisi berbeda dengan sel yang tumbuh pada fase eksponensial. Pada fase ini sel-sel menjadi lebih tahan terhadap keadaan ekstrem seperti panas, dingin, radiasi dan bahan kimia.

Pertumbuhan konsorsium bakteri biodekomposer pada hari ke 28 terjadi penurunan jumlah pertumbuhan bakteri menjadi  $3,5 \times 10^9$  cfu/ml namun pada hari ke 35 jumlah pertumbuhan kembali naik melebihi jumlah pertumbuhan pada minggu ke 3 yaitu  $3,7 \times 10^9$  cfu/ml. Hal ini terjadi diduga karena adanya berbagai macam jenis bakteri yang ada pada produk biodekomposer, setiap jenis mikroba mempunyai siklus hidup yang berbeda dan membutuhkan nutrisi yang berbeda pula. Dugaan lain adalah adanya interaksi antara bakteri yang satu dengan bakteri

yang lain, sehingga pada saat pertumbuhan bakteri menurun ada salah satu jenis atau lebih yang pertumbuhannya malah meningkat. Menurut Arfiani (2010) mengatakan bahwa setiap jenis spesies bakteri dalam pertumbuhannya mempunyai rentangan dan kekhasan pada waktu tertentu saja.

Konsorsium bakteri pada hari ke 42 sudah terlihat mulai menurun yang jumlah sebelumnya pada hari ke 35 yaitu  $3,7 \times 10^9$ cfu/ml sekarang menjadi  $2,0 \times 10^9$ cfu/ml. Penurunan ini terjadi karena nutrisi yang ada didalam media biodekomposer sudah berkurang. Biodekomposer merupakan konsorsium bakteri yang didalamnya terdapat berbagai macam biakan bakteri yang sudah disediakan nutrisi didalamnya untuk dipakai dalam kesehariannya, jumlah nutrisi yang ada didalam biodekomposer tentu saja terbatas, sedangkan pertumbuhan bakteri terjadi terus menerus sehingga lama kelamaan seiring dengan berjalannya waktu nutrisi yang ada didalam biodekomposer akan habis. Pertumbuhan konsorsium bakteri kembali kembali meningkat pada minggu ke tujuh bisa terjadi karena didalam produk biodekomposer terdapat berbagai macam jenis bakteri yang antara bakteri satu dengan lainnya memiliki siklus hidup yang berbeda, selain itu antara bakteri yang satu dengan yang lainnya mempunyai kebutuhan nutrisi yang berbeda.

Menurut Filzahazny (2008), Fase kematian merupakan fase dimana proses pembiakan telah berhenti. Sel-selnya sudah mati, yang kemudian akan diikuti dengan proses lisis. Apabila laju kematian melampaui laju pembiakan, maka jumlah sel sebenarnya akan menurun.

Menurut Iqbalali (2008), pada fase kematian ini sebagian populasi jasad renik mulai mengalami kematian yang dikarenakan: (1) nutrien di dalam medium

sudah habis, (2) energi cadangan di dalam sel habis. Jumlah sel yang mati semakin lama akan semakin banyak, dan kecepatan kematian dipengaruhi kondisi nutrisi, lingkungan dan jenis jasad renik.

Pertumbuhan jasad renik yang bersifat heterotrof dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya adalah tersedianya nutrisi, air, suhu, pH, oksigen, dan potensial oksidasi reduksi, adanya zat-zat penghambat, dan adanya jasad renik yang lain (Gamar, 1994).

Bakteri genus *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, dan *Aerococcus* akan menghasilkan berbagai enzim diantaranya protease, lipase dan amilase untuk merombak karbohidrat, protein dan lemak menjadi asam lemak, asam amino dan asam piruvat serta asam laktat. Asam-asam yang dihasilkan selama proses metabolisme tersebut menyebabkan pH menurun menjadi sedikit asam. Pertumbuhan konsorsium bakteri pada hari ke 42 mulai menurun, hal ini terjadi bisa dikarenakan oleh berubahnya nilai pH yang ada didalam media pertumbuhan bakteri (biodekomposer), yang disebabkan oleh berbagai metabolit yang dihasilkan oleh bakteri yang ada didalamnya.

Penurunan pH menjadi asam ini akan mengganggu aktivitas bakteri yang mempunyai pH optimum 6-8 yaitu bakteri *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, dan *Aerococcus* karena penurunan pH ini akan menghasilkan proton dalam jumlah tinggi sehingga mengakibatkan denaturasi enzim. Tetapi beberapa bakteri yang adaptif seperti *Lactobacillus* masih dapat melakukan metabolisme hingga pH 4. Meskipun pH optimum bagi aktifitas bakteri *Lactobacillus* adalah 5,8 – 6,6.

## 4.2 Viabilitas Optimum Bakteri Biodekomposer

Untuk mengetahui waktu optimum viabilitas konsorsium bakteri dalam biodekomposer, dari data yang sudah didapat dibuat persamaan garis regresi. Persamaan yang diperoleh adalah  $Y = -0,0051x^2 + 0,285x - 0,238$  dengan  $R = 0,9061$ . Garis persamaan disajikan pada gambar 4.1.

Dari Gambar 4.1 yaitu persamaan regresi polinomial menunjukkan bahwa waktu yang optimal bagi pertumbuhan konsorsium bakteri biodekomposer terdapat pada hari ke 28, yang diperoleh dari rumus mencari titik puncak  $-b/2a$  dimana nilai dari  $a = -0,0051$  dan  $b = 0,285$  yang hasilnya 27,94. Karena satuan yang digunakan disini adalah hari maka hasil di bulatkan menjadi 28. Pada saat seperti ini konsorsium bakteri bagus diaplikasikan untuk mempercepat proses pengomposan. Menurut Nasahi (2010), populasi mikroba yang baik digunakan sebagai produk inokulan harus tinggi ( $> 10^8$ cfu/ml), selain itu viabilitas mikroba harus tetap tinggi pada saat diaplikasikan.

## 4.3 Bakteri Menurut Pandangan Islam

Dalam proses pengomposan dibutuhkan waktu yang lama agar bahan organik dapat terurai dengan sempurna dan dapat dijadikan sebagai kompos. Untuk mempercepat proses pengomposan telah ditemukan suatu konsorsium bakteri yang mampu mendegradasi bahan organik, sehingga dalam proses pengomposan tidak membutuhkan waktu yang lama.

Dalam penelitian ini konsorsium bakteri dilihat viabilitasnya selama 2 bulan. Yang dilakukan secara berturut-turut selama 1 minggu dan dilakukan



secara berkala dengan rentang waktu 1 minggu. Pada awal pengujian viabilitas bakteri biodekomposer, biakan terlihat viabilitas yang rendah, kemudian secara berangsur-angsur mengalami peningkatan mulai hari ke 4. Viabilitas konsorsium bakteri mulai menurun pada hari ke 42.

Pertumbuhan konsorsium bakteri terlihat tidak begitu konstan pada hari ke 42, yang seharusnya pertumbuhan bakteri menurun menjadi meningkat. Hal ini dikarenakan adanya beberapa jenis bakteri yang berbeda didalam produk biodekomposer, yang masing-masing bakteri mempunyai daur hidup yang berbeda-beda pula. Dalam al-Quran surat al-Furqon ayat 2 yang berbunyi:

.....” وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ فِي الْمَلِكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

*"...dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya" (QS. Al Furqaan (25) : 2)*

Hamka (2011), dalam sebuah tafsir ayat 2 tersebut menjelaskan bagaimana Tuhan melaksanakan kekuasaan-Nya itu, yaitu bahwa segala sesuatu diatur dan dihindarkan dengan ukuran dan peraturan-peraturan yang tertentu dan tetap yang sedikitnya tidak boleh berubah. Dan apabila berubah sedikit saja, kehancuranlah yang akan menimpa. Setiap jenis bakteri mempunyai waktu tertentu dalam melakukan pembelahan diri, dan dengan adanya perbedaan tersebut terdapat suatu manfaat. Antara bakteri yang satu dengan bakteri yang lain terdapat hubungan timbal balik, sehingga dalam melakukan dekomposisi sisa-sisa tanaman menjadi lebih cepat.

Bakteri yang selama ini diketahui oleh manusia sebagai organisme ciptaan Allah yang mempunyai ukuran sangat kecil dan hanya bisa dilihat menggunakan mikroskop ternyata mempunyai manfaat yang sangat besar dalam membantu

proses pengomposan, hal ini telah dijelaskan dalam firman Allah surat Al-Imran ayat 191 yang berbunyi:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ  
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*“(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.Al Imron:191)

Ihsan (2011), menyebutkan bahwa ayat ini menerangkan tentang salah satu ciri khas bagi orang yang berakal yaitu apabila ia memperhatikan sesuatu, selalu memperoleh manfaat dan faedah. Ia selalu menggambarkan kebesaran Allah SWT, mengingat dan mengenang kebijaksanaan, keutamaan dan banyaknya nikmat Allah kepadanya. Ia selalu mengingat Allah di setiap waktu dan keadaan, baik di waktu ia berdiri, duduk atau berbaring. Tidak ada satu waktu dan keadaannya dibiarkan berlalu begitu saja. kecuali diisi dan digunakannya untuk memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi. Memikirkan keajaiban-keajaiban yang terdapat di dalamnya, yang menggambarkan kesempurnaan alam dan kekuasaan Allah SWT Pencipta-Nya. Dengan berulang-ulang direnungkan hal-hal tersebut secara mendalam. sesuai dengan sabda Nabi saw “Pikirkan dan renungkanlah segala sesuatu yang mengenai makhluk Allah jangan sekali-kali kamu memikirkan dan merenungkan tentang zat dan hakikat Penciptanya, karena bagaimanapun juga kamu tidak akan sampai dan tidak akan dapat mencapai hakikat Zat-Nya”.

Akhirnya setiap orang yang berakal akan mengambil kesimpulan dan berkata: "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan makhluk ini semua, yaitu langit dan bumi serta segala isinya dengan sia-sia, tidak mempunyai hikmah yang mendalam dan tujuan yang tertentu yang akan membahagiakan kami di dunia dan di akhirat, sebagaimana disebar luaskan oleh sementara orang-orang yang ingin melihat dan menyaksikan akidah dan tauhid kaum muslimin runtuh dan hancur. Maha Suci Engkau Ya Allah dari segala sangkaan yang bukan bukan yang ditujukan kepada Engkau. Karenanya, maka peliharalah kami dari siksa api neraka yang telah disediakan bagi orang-rang yang tidak beriman (Ihsan, 2011).

Dalam masalah lingkungan bakteri juga mempunyai berperan yang sangat penting, yaitu dalam mendegradasi sampah-sampah organik yang nantinya bisa digunakan oleh tumbuhan lain dalam memperoleh nutrisi.

Dalam Al Qur'an Surat Yaasin ayat 33 dijelaskan :

وَأَيُّهُمُ اللَّأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾

*"Dan sesuatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka bumi yang mati kami hidupkan bumi itu dan kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka dari padanya mereka makan".(QS. Yaasin : 33).*