

**FORMULASI BIOFERTILIZER CAIR MENGGUNAKAN
BAKTERI PELARUT FOSFAT INDIGENUS
ASAL TANAH GAMBUT RIAU**

Suci Novri Yelti, Delita Zul, Bernadeta Leni Fibriarti

**Mahasiswa Program Studi S1 Biologi
Bidang Mikrobiologi Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
*sucinovriyelti@rocketmail.com***

ABSTRACT

Inefficient of P-uptake by plants during the application of chemical phosphorus (P) fertilizer results P-leaching to the aquatic environment. Therefore, the use of phosphate solubilizing bacteria (PSB) to enhance solubilization of P is necessary. The aims of this study were to find the best formulation in producing liquid biofertilizer which contained PSB and to analyze the storage time of liquid biofertilizer which were produced. As many as 4 selected PSB isolates (BB_UB6, BB_K9, BB_K2 and BB_HS13) were used to produce 3 combination starters. Liquid biofertilizers were produced by fermentation using three types of formulation, namely Pikovskaya's medium, coconut water enriched with 2% molasses, and tofu waste water. The quality of liquid biofertilizer was determined by calculating the PSB cells number during 0, 30, and 60 days of storage time and by measuring the liquid biofertilizer acidity. Liquid biofertilizers produced were kept at room and refrigerator temperature. The results showed that the PSB cell numbers of starter I, II and III were higher in liquid biofertilizer that was formulated with coconut water which containing 2% of molasses until 60 days of storage time. The cell numbers of PSB ranged from $7,0 \times 10^{10}$ - $2,82 \times 10^{11}$ CFU/ml. In general, the PSB cell number was relatively stable when liquid biofertilizer was kept at room temperature. Based on this results, it can be concluded that the best formulation to produce liquid biofertilizer was the coconut water enriched with 2% molasses.

Keywords: coconut water, formulation, phosphate solubilizing bacteria (PSB), phosphorus, storage

ABSTRAK

Ketidakefisienan penggunaan pupuk P oleh tanaman selama aplikasi pupuk P kimia mengakibatkan P tercuci ke dalam perairan. Oleh karena itu, perlu penggunaan dengan memanfaatkan bakteri pelarut fosfat (BPF) untuk meningkatkan pelarutan P. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan formula yang tepat dalam membuat biofertilizer cair yang mengandung BPF dan analisis masa simpan biofertilizer cair yang telah di produksi. Sebanyak 4 isolat BPF yang telah dipilih (BB_UB6, BB_K9, BB_K2 dan

BB_HS13 digunakan untuk menghasilkan 3 jenis starter BPF. Biofertilizer cair diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan 3 jenis formula, yaitu medium Pikovskaya cair, air kelapa dan limbah cair tahu dengan penambahan 2% gula merah. Kualitas biofertilizer cair ditentukan dengan menghitung jumlah populasi BPF selama 0, 30 dan 60 hari masa penyimpanan dan mengukur keasaman biofertilizer cair. Biofertilizer cair yang telah diproduksi disimpan pada suhu ruang dan suhu refrigerator. Hasil menunjukkan bahwa populasi BPF pada starter I, starter II dan starter III lebih tinggi pada biofertilizer cair formula air kelapa dengan penambahan 2% gula merah hingga penyimpanan 60 hari. Jumlah BPF berkisar antara $7,0 \times 10^{10}$ - $2,82 \times 10^{11}$ CFU/ml. Umumnya, populasi BPF lebih stabil pada penyimpanan suhu ruang. Berdasarkan hasil, dapat disimpulkan bahwa formula terbaik untuk memproduksi biofertilizer cair yaitu formulasi air kelapa yang diperkaya dengan 2% gula merah.

Kata kunci: air kelapa, bakteri pelarut fosfat (BPF), formulasi, fosfor, masa simpan

PENDAHULUAN

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman. Fosfor di dalam tanah berperan penting bagi tanaman dalam proses metabolisme sel. Namun kandungan P di dalam tanah lebih rendah dibandingkan dengan unsur hara makro lainnya, seperti nitrogen (N), kalium (K) dan kalsium (Ca). Hal ini disebabkan oleh tingginya retensi terhadap unsur P, sehingga konsentrasi P di dalam tanah berkurang (Leiwakabessy *et al.*, 2003).

Kekuranganeffisienan penggunaan pupuk P dapat diatasi dengan memanfaatkan bakteri pelarut fosfat (BPF) sebagai agen pupuk hayati (biofertilizer). Penggunaan BPF sebagai agen biofertilizer merupakan suatu teknologi alternatif. Biofertilizer mengandung mikroorganisme hidup yang dapat memfasilitasi ketersediaan unsur hara di dalam tanah (Hasanuddin, 2004). Koleksi bakteri pelarut fosfat (BPF) Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Riau telah diuji kemampuannya dalam

melarutkan berbagai sumber P seperti Ca_3PO_4 , FePO_4 dan AlPO_4 . Akan tetapi, sejauh ini belum diketahui potensi koleksi isolat tersebut sebagai agen biofertilizer. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian untuk produksi biofertilizer cair menggunakan beberapa formula yang berbeda dengan memanfaatkan koleksi isolat BPF yang telah terseleksi.

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung reaksi (Pyrex), jarum ose, lampu bunsen, *beaker glass* (Pyrex), erlenmeyer (Pyrex), botol sampel ukuran 100 ml, batang pengaduk, *microwave*, shaker (Gallenkamp), autoklaf, *aluminium foil*, *colony counter*, cawan petri, kertas label, kain kasa, benang, kapas, kamera dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades steril, alkohol 70%, air kelapa, gula merah, limbah cair tahu dan medium

Pikovskaya (glukosa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, NaCl, KCl, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ekstrak khamir dan agar).

b. Prosedur Kerja

Persiapan dan Sterilisasi Formula Limbah Cair Tahu dan Air Kelapa

Limbah tahu diperoleh dari Industri Rumah Tangga di Jalan Payung Sekaki dan air kelapa diperoleh dari Pasar Pagi Panam Pekanbaru, Riau. Kedua sampel disaring untuk memperoleh limbah murni. Sebanyak 2,5 liter limbah cair dimasukkan ke dalam 3 erlenmeyer. Limbah cair tahu terlebih dahulu dipasteurisasi dengan cara dipanaskan pada suhu 65°C selama 30 menit (Somaye *et al.*, 2008), sedangkan pada air kelapa tidak dipasteurisasi. Setelah itu, kemudian ditambahkan gula merah sebanyak 2% ke dalam kedua formula. pH pada limbah cair tahu diatur hingga 5 dengan menambahkan 0,1% ekstrak yeast dan 0,1% $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, kemudian kedua formula diautoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C (Asti dan Lela, 2011).

Peremajaan Koleksi Isolat BPF

Isolat BPF dengan kode BB_UB6, BB_K9, BB_K2 dan BB_HS13 dikulturkan kembali pada medium Pikovskaya miring.

Pembuatan Starter BPF

Starter terdiri dari isolat BB_UB6, BB_K9, BB_K2 dan BB_HS13. Starter pertama terdiri dari gabungan 4 isolat yaitu BB_UB6, BB_K9, BB_K2 dan

BB_HS13. Starter kedua terdiri dari gabungan 3 isolat yaitu BB_UB6, BB_K9 dan BB_K2. Starter ketiga terdiri dari gabungan isolat BB_UB6 dan BB_K9.

Pembuatan starter diawali dengan pembuatan inokulum dari ke empat isolat. 1 ose masing-masing isolat bakteri ke dalam 10 ml medium Pikovskaya cair dan dilanjutkan inkubasi pada suhu ruang selama 24 jam dengan agitasi 150 rpm. Untuk membuat starter 1 dan 2, setiap isolat dibuat duplo inokulum, sedangkan untuk starter 3 dibuat tiga ulangan. Setelah masa inkubasi, 15 ml, 20 ml dan 30 ml dari setiap inokulum BPF tersebut diinokulasikan ke dalam erlenmeyer masing-masing berisi 60 ml, 80 ml dan 120 ml medium Pikovskaya cair. Kultur selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang dengan agitasi 150 rpm. Setelah masa inkubasi masing inokulum dicampur jadi, sehingga menghasilkan starter 1, starter 2 dan starter 3 dengan volume 300 ml yang terdiri atas campuran 4 isolat 3 isolat dan 2 isolat dengan rasio 1 : 1 : 1.

Produksi Biofertilizer Cair

Setiap formula yang terdiri atas medium Pikovskaya cair, limbah cair tahu dan air kelapa diperlukan sebanyak 900 ml produk biofertilizer sesuai perlakuan dan tempat penyimpanan. Fermentasi akan dilakukan dalam 3 erlenmeyer dengan volume fermentasi sebanyak 300 ml. Setiap jenis formula dan starter, maka sebanyak 30 ml starter diinokulasikan ke dalam 270 ml formula steril. Kultur selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang dengan diagitasi pada kecepatan 150 rpm

selama 4 hari. Formula tanpa inokulasi sebagai kontrol juga diinkubasi pada suhu ruang dan refrigerator. Setelah masa inkubasi, produk biofertilizer cair langsung dikemas.

Pengemasan Biofertilizer Cair

Sebanyak 50 ml dari masing-masing formula dimasukkan ke dalam botol plastik ukuran 100 ml. Botol plastik sebelumnya dicuci bersih dandibilas dengan alkohol 70%, selanjutnya dibilas sebanyak 3 kali menggunakan aquades steril (Sarjiya dan Dwi, 2011). Biofertilizer cair yang telah dikemas kemudian dilabel sesuai perlakuan dan disimpan pada suhu ruang dan refrigerator selama 0, 30 dan 60 hari.

Analisis Kualitas Biofertilizer Cair

Biofertilizer cair yang telah disimpan sesuai masa simpan, dilakukan uji viabilitas dengan cara menghitung total populasi bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Sebanyak 1 ml biofertilizer dari setiap botol diambil dan dimasukkan ke dalam 9 ml aquades steril untuk membuat serial pengenceran 10^1 - 10^9 . Sebanyak 0,1 ml suspensi dari pengenceran 10^7 , 10^8 dan 10^9 dipipet ke dalam petri yang telah berisi medium Pikovskaya dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Koloni bakteri yang tumbuh diamati dan dihitung total populasinya dengan menggunakan metode cawan agar (*Plate Counting*) (Richard, 2011), dengan rumus:

$$\text{Populasi bakteri (CFU/ml)} = \frac{a}{v} \times \frac{1}{df}$$

Keterangan:

CFU : *Coloni Forming Unit*

a : Rata-rata jumlah koloni/petri

df : Faktor pengenceran

v : Volume suspensi kultur yang disebarkan

Pengukuran pH

Analisis pH biofertilizer cair diukur menggunakan alat pH meter pada setiap masa penyimpanan (0, 30 dan 60 hari).

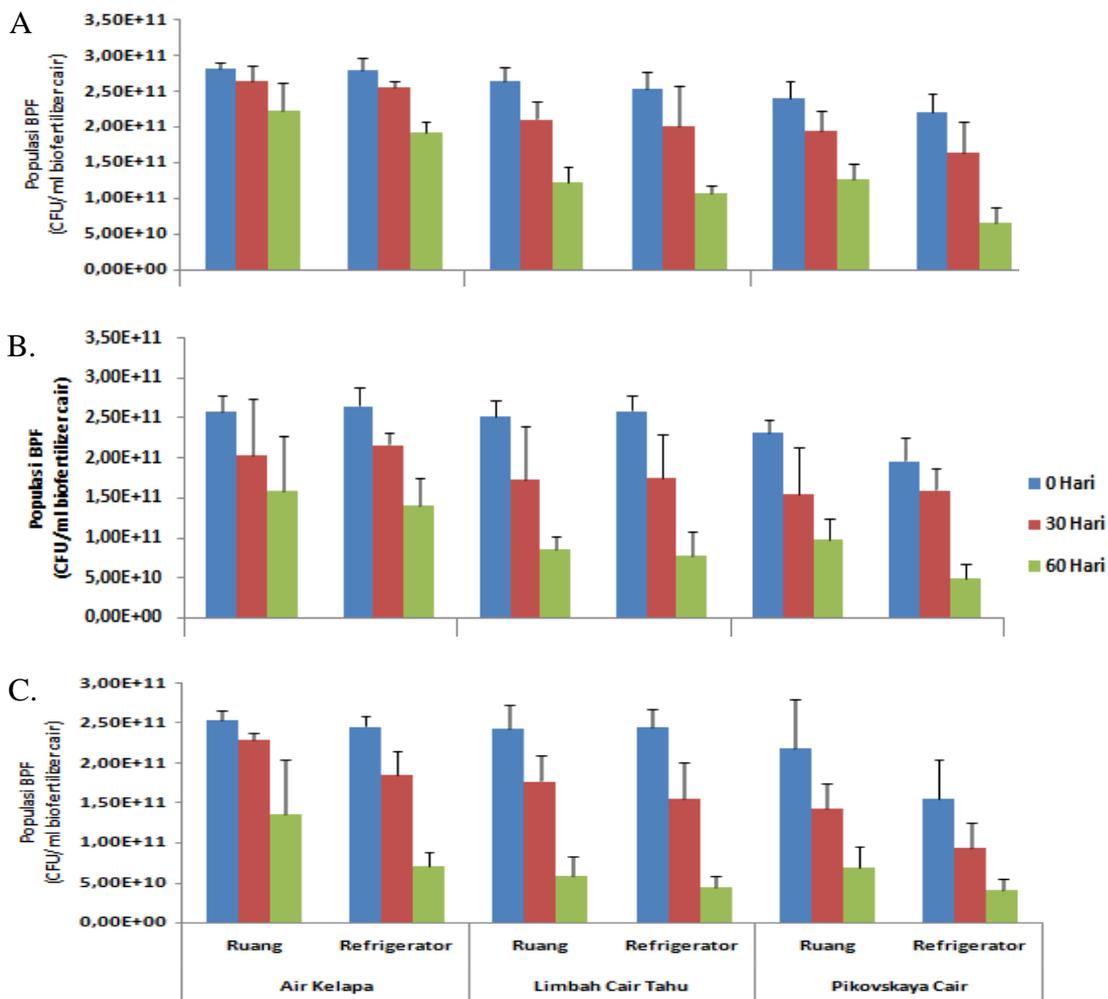
Analisis Data

Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Kualitas biofertilizer cair ditentukan oleh stabilitas total populasi bakteri selama penyimpanan yang disajikan pada Gambar 1. Total populasi bakteri starter 1 berkisar antara $6,53 \times 10^{10}$ - $2,82 \times 10^{11}$ CFU/ml. Total populasi bakteri starter 2 berkisar antara $4,96 \times 10^{10}$ - $2,65 \times 10^{11}$ CFU/ml. Total populasi bakteri starter 3 berkisar antara $4,1 \times 10^{10}$ - $2,54 \times 10^{11}$ CFU/ml. Formula yang tidak diinokulasi BPF sebagai kontrol, diperoleh total populasi bakteri $5,0 \times 10^9$ CFU/ml.



Gambar 1. Total populasi BPF biofertilizer cair dengan formulasi berbeda masa simpan 0-60 hari, (A) starter 1, (B) starter 2 dan (C) starter 3.

Tingginya populasi bakteri pada kontrol, kemungkinan disebabkan terjadinya kontaminasi pada aquades disaat melakukan pengenceran, dimana bakteri tumbuh dengan baik pada medium cair dengan tipe pertumbuhannya menyerupai suspensi larut (Li, 2007). Menurut Nur dan Maya (2012), bahwa dalam keadaan tersuspensi bakteri akan tumbuh merata pada semua bagian medium, baik di permukaan, di kolom bahkan di dasar. Populasi bakteri berdasarkan starter

yang digunakan, dilihat bahwa populasi bakteri mengalami penurunan hingga masa penyimpanan 60 hari.

Populasi bakteri dalam biofertilizer cair yang disimpan selama 60 hari pada masing-masing starter dan formula yang digunakan, lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Mugilan *et al.*, (2011), yaitu memperoleh populasi bakteri 10^9 CFU/ml selama 6 bulan penyimpanan menggunakan formula Pikovskaya cair dengan memanfaatkan bakteri

Pseudomonas striata. Selain itu Velineni (2011), memperoleh populasi bakteri 10^{10} CFU/ml selama 0 hari penyimpanan dengan memanfaatkan bakteri *Bacillus megaterium*.

Berdasarkan suhu penyimpanan, populasi bakteri lebih tinggi pada suhu ruang dibanding suhu refrigerator. Populasi bakteri starter 1 pada suhu ruang berkisar antara $1,26 \times 10^{11}$ - $2,22 \times 10^{11}$ CFU/ml, sedangkan suhu refrigerator populasi bakteri berkisar antara $6,53 \times 10^{10}$ - $1,93 \times 10^{11}$ CFU/ml. Populasi bakteri starter 2 pada suhu ruang berkisar $8,50 \times 10^{10}$ - $1,59 \times 10^{11}$ CFU/ml, sedangkan suhu refrigerator berkisar $4,96 \times 10^{10}$ - $1,40 \times 10^{11}$ CFU/ml. Populasi bakteri starter 3 pada suhu ruang berkisar $5,8 \times 10^{10}$ - $1,36 \times 10^{11}$ CFU/ml, sedangkan suhu refrigerator hanya berkisar $4,1 \times 10^{10}$ - $7,0 \times 10^{10}$ CFU/ml.

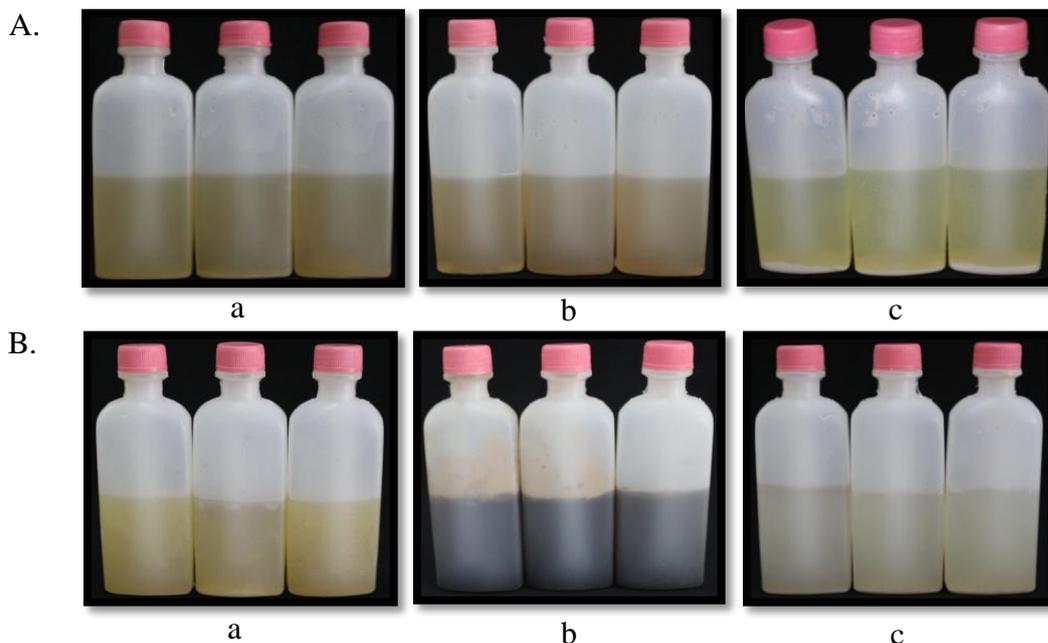
Secara ekonomi, penyimpanan pada suhu ruang lebih murah jika dibandingkan dengan suhu refrigerator, karena tidak memerlukan biaya. Akan tetapi, resiko penyimpanan pada suhu ruang tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi pada formula biofertilizer cair. Perubahan yang terjadi pada biofertilizer cair yaitu bau dan warna. Perubahan tersebut berlangsung setelah 30 dan 60 hari masa penyimpanan. Sementara itu penyimpanan biofertilizer cair pada suhu refrigerator tidak menunjukkan adanya perubahan bau dan warna. Hal ini disebabkan karena pada suhu refrigerator aktifitas pembelahan bakteri menurun, sehingga tidak terjadi perubahan pada biofertilizer cair tersebut.

Bau yang berubah pada biofertilizer cair seperti bau alkohol

yang terjadi pada tape. Perubahan bau tersebut disebabkan oleh lamanya waktu penyimpanan, dimana terjadi perubahan kimia dari fermentasi meliputi pengasaman, dekomposisi pati dan glukosa menjadi alkohol dan karbondioksida, serta terjadinya oksidasi senyawa nitrogen organik (Hidayat *et al.*, 2006; dalam Karlina, 2008). Dalam hal ini, semakin lama proses fermentasi berlangsung maka jumlah karbohidrat yang dirombak menjadi glukosa semakin banyak.

Menurut Setyohadi (2006) dalam Karlina (2008), semakin lama penyimpanan maka akan semakin banyak glukosa yang dirombak menjadi alkohol, sehingga kadar alkohol yang dihasilkan semakin tinggi. Oleh sebab itulah terjadi perubahan bau pada biofertilizer cair hingga pada penyimpanan 60 hari. Sementara itu, perubahan warna yang terjadi pada formula biofertilizer cair diikuti dengan terbentuknya lapisan pada permukaan formula. Hal ini, juga disebabkan oleh aktivitas bakteri selama fermentasi. Dimana karbohidrat menjadi asam dalam keadaan anaerob, maka pH formula akan turun dan akhirnya terjadi perubahan warna serta terbentuk lapisan pada permukaan biofertilizer cair (Harley, 2002).

Berdasarkan hal tersebut menunjukkan bahwa suhu sangat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Meskipun terjadi perubahan, biofertilizer cair masih mampu mempertahankan viabilitas bakteri pelarut fosfat dalam jangka waktu yang lama. Perubahan warna pada biofertilizer cair yang disimpan pada suhu ruang disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Biofertilizer cair yang disimpan pada suhu ruang, (A) masa penyimpanan 0 dan (B) 30 hari, (a) formulasi air kelapa, (b) formulasi limbah cair tahu dan (c) formulasi pikovskaya cair.

Jika ditinjau dari formula yang digunakan, dapat disimpulkan disimpulkan bahwa formula yang tepat dalam memproduksi biofertilizer cair adalah air kelapa. Hal ini, ditandai dengan tingginya pertumbuhan populasi bakteri hingga penyimpanan 60 hari.

Hasil menunjukkan, bahwa populasi bakteri pada starter 1 formula air kelapa berkisar $1,93 - 2,82 \times 10^{11}$ CFU/ml, sedangkan untuk formula limbah cair tahu mencapai $1,07 - 1,23 \times 10^{11}$ CFU/ml dan pada formula pikovskaya cair $6,53 \times 10^{10} - 2,40 \times 10^{11}$ CFU/ml. Populasi bakteri starter 2 dengan formula air kelapa berkisar $1,40 - 2,58 \times 10^{11}$ CFU/ml.

Sementara itu, populasi bakteri pada limbah cair tahu berkisar antara $7,83 \times 10^{10} - 2,52 \times 10^{11}$ CFU/ml dan populasi bakteri formula pikovskaya cair berkisar $4,96 \times 10^{10} - 2,32 \times 10^{11}$

CFU/ml. Populasi bakteri starter 3 formula air kelapa berkisar $7,0 \times 10^{10} - 2,54 \times 10^{11}$ CFU/ml. Populasi bakteri pada formula limbah cair tahu berkisar $4,40 \times 10^{10} - 2,43 \times 10^{11}$ CFU/ml sedangkan populasi bakteri pada formula pikovskaya cair berkisar $4,1 \times 10^{10} - 2,18 \times 10^{11}$ CFU/ml.

Tingginya populasi bakteri pada formula air kelapa disebabkan oleh banyaknya sumber karbon yang terkandung di dalam air kelapa. Sumber karbon tersebut merupakan nutrisi untuk pertumbuhan bakteri selama penyimpanan. Air kelapa mengandung air 91%, protein 0,14%, lemak 1,5%, karbohidrat 4,6% serta abu 1,06%. Selain itu, air kelapa mengandung berbagai nutrisi seperti sukrosa, dekstrosa, fruktosa serta vitamin B kompleks. Nutrisi tersebut

sangat berguna untuk pertumbuhan bakteri pelarut fosfat (Demse, 2008).

Sementara itu, sumber karbon yang terdapat dalam formula limbah cair tahu seperti protein 4,5%, karbohidrat 3,0%, lemak 3,2% dan air 7% (Lisnasari, 1995). Banyaknya sumber karbon yang terdapat dalam formula biofertilizer cair menyebabkan populasi bakteri lebih tinggi hingga 60 hari masa penyimpanan.

Sumber karbon yang terkandung di dalam formulasi, menjadi faktor utama sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri dalam produksi biofertilizer cair, sehingga bakteri mampu bertahan hidup dalam jangka waktu yang lama (Ina, 2008). Perbedaan populasi bakteri pada ketiga formulasi disebabkan oleh kandungan nutrisi yang berbeda-beda pada setiap formulasi. Akan tetapi, selama penyimpanan terjadi penurunan populasi bakteri.

Penurunan populasi tersebut disebabkan oleh adanya kompetisi antar bakteri dalam memperoleh nutrisi untuk pertumbuhannya. Menurut Wahyu (2011), perbedaan jumlah populasi bakteri disebabkan oleh kemampuan tumbuh setiap jenis bakteri. Bakteri memiliki kemampuan untuk tumbuh dan beradaptasi sesuai dengan kondisi pertumbuhannya, serta mampu memanfaatkan sumber karbon sebagai nutrisi BPF yang terkandung dalam formula biofertilizer cair tersebut. Meskipun terjadi penurunan populasi BPF hingga masa simpan ke 60 hari, populasi bakteri pada biofertilizer cair masih berada dalam kisaran baku mutu. Menurut peraturan menteri pertanian No. 28 / Permentan / SR. 103 / 5 / 2009 tentang pupuk organik, biofertilizer dan

pembenah tanah syarat teknis biofertilizer menurut formula yang digunakan yaitu 10^5 CFU/ml.

Berdasarkan formula yang digunakan, bahwa mutu biofertilizer cair sangat bergantung pada keefektifan bakteri dan jumlah sel hidup yang terdapat di dalam biofertilizer cair tersebut (Simanungkalit *et al.*, 2006). Bakteri pelarut fosfat yang terkandung di dalam biofertilizer cair mampu melarutkan sumber P yang terikat ditandai dengan kemampuan BPF dalam menghasilkan zona bening disekitar koloni (Sylvia *et al.*, 2005). Untuk meyakinkan bahwa benar-benar BPF yang berkembang dalam biofertilizer cair yang diproduksi, maka pada setiap penghitungan populasi BPF diamati koloni BPF yang tampak. Gambar 3 menyajikan koloni BPF yang tumbuh dalam biofertilizer cair yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni.



Gambar 3. Koloni BPF yang terdapat dalam biofertilizer cair.

Kemampuan BPF dalam melarutkan unsur P yang terikat dengan unsur lain ditandai dengan adanya reaksi positif pada medium Pikovskaya, yaitu terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri. Pembentukan zona bening menandakan bahwa bakteri mampu menghasilkan enzim

ekstraseluler yaitu fosfatase atau asam organik. Proses pelarutan unsur P sangat bergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, pH dan nutrisi selama pertumbuhan. Selain dipengaruhi oleh suhu, pertumbuhan bakteri juga dipengaruhi oleh derajat keasaman (Ina, 2008).

b. Derajat Keasaman Biofertilizer Cair

Pertumbuhan bakteri juga dipengaruhi oleh pH. Pengukuran pH biofertilizer cair dilakukan setiap masa penyimpanan pada suhu ruang dan refrigerator. Data yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 1. Selain dipengaruhi oleh suhu, pertumbuhan bakteri juga dipengaruhi oleh pH. pH optimum untuk pertumbuhan bakteri adalah 6,5-7,5. Umumnya pH untuk pertumbuhan bakteri adalah 4 dan 9.

Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri berkaitan dengan aktivitas enzim untuk mengkatalisis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Jika pH pertumbuhan bakteri tidak optimum akan mengakibatkan terganggunya pertumbuhan bakteri (Sanita *et al.*, 2013). Hasil menunjukkan bahwa pH biofertilizer cair yang disimpan pada suhu ruang berbeda dengan suhu refrigerator. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi bakteri dipengaruhi oleh suhu dan pH.

Jika dilihat dari suhu penyimpanan, diperoleh bahwa pH biofertilizer cair lebih tinggi pada suhu ruang dan pH rendah pada suhu refrigerator. Berdasarkan pH optimum untuk pertumbuhan bakteri, data menunjukkan bahwa kisaran pH

optimum terdapat pada biofertilizer cair yang disimpan pada suhu ruang dengan formula limbah cair tahu masa simpan 0 hari yang berkisar 6,61-6,79. Akan tetapi, terdapat perbedaan pH biofertilizer cair penyimpanan 0 hari, dimana pH pada suhu refrigerator lebih rendah (4,28-5,47) jika dibandingkan dengan pH suhu ruang (5,01-6,79).

Namun, jika dilihat dari formula dan starter yang digunakan, diperoleh bahwa pH biofertilizer cair pada kedua suhu mengalami penurunan hingga 60 hari masa penyimpanan. Meskipun demikian, pH biofertilizer cair berada pada kisaran pH yang umum untuk pertumbuhan bakteri yaitu berkisar 4-9 dan masih mendukung viabilitas bakteri hingga penyimpanan 60 hari.

Berdasarkan penurunan pH biofertilizer cair, pH stabil diperoleh pada suhu refrigerator formula air kelapa hingga 60 hari penyimpanan. Sementara itu pH sangat rendah diperoleh pada suhu refrigerator formula limbah cair tahu starter 3 pada 60 hari masa penyimpanan yaitu pH 3,84. Rendahnya nilai pH pada biofertilizer cair akan mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Bakteri yang tidak mampu hidup pada pH asam akan mengalami fase kematian dan menyebabkan rendahnya populasi bakteri selama masa penyimpanan. Menurut Sudiana (2002), perubahan pH pada biofertilizer cair disebabkan oleh aktivitas BPF dalam melarutkan sumber P. Dimana terjadi perubahan senyawa karbon menghasilkan beberapa asam organik seperti asam sitrat, malat dan glukonat (Tilaki *et al.*, 2005).

Terbentuknya asam organik inilah yang mungkin menyebabkan terjadinya penurunan pH dan

Tabel 1. pH Biofertilizer suhu ruang dan suhu refrigerator

Suhu	Sampel	Starter	Masa simpan		
			0	30	60
Ruang	Air kelapa	1	5,69±0,05	5,50±0,61	4,91±0,41
		2	5,80±0,41	5,17±0,04	4,67±0,75
		3	5,69±0,07	5,42±0,24	5,29±0,35
	Limbah cair tahu	1	6,61±0,31	6,12±0,76	5,68±0,57
		2	6,29±0,17	5,35±0,68	4,93±0,66
		3	6,79±0,11	6,37±0,20	5,82±0,14
	Pikovskaya cair	1	6,79±0,20	5,05±0,21	4,79±0,05
		2	5,01±0,05	4,75±0,13	4,61±0,10
		3	6,07±0,63	5,58±0,15	5,39±0,23
Refrigerator	Air kelapa	1	4,93±0,13	4,85±0,10	4,80±0,12
		2	5,13±0,32	4,85±0,10	4,73±0,09
		3	4,88±0,18	4,71±0,09	4,50±0,28
	Limbah cair tahu	1	4,48±0,16	4,31±0,05	4,27±0,07
		2	4,34±0,08	4,28±0,08	4,23±0,07
		3	4,28±0,07	4,00±1,13	3,84±0,11
	Pikovskaya cair	1	5,12±0,20	5,03±0,15	4,95±0,16
		2	5,46±0,12	5,25±0,04	4,99±0,26
		3	5,47±0,08	5,12±0,01	5,03±0,06

mempengaruhi aktivitas metabolisme sel bakteri (Arif *et al.*, 2008). Absorpsi glukosa pada formula biofertilizer cair dan kemungkinan biokonversi senyawa menjadi asam-asam organik, menyebabkan terjadinya penurunan pH pada kedua suhu (ruang dan refrigerator), dari pH sekitar 6,79-3,84 hingga penyimpanan 60 hari.

Altomare *et al.*, (1999), menyatakan bahwa penurunan pH merupakan salah satu penyebab terjadinya pelarutan Ca-P menjadi orthofosfat. Mekanisme pelarutan P melibatkan perubahan pH akibat sintesis senyawa organik yang dilepaskan ke dalam formula, reaksi oksidasi reduksi (Arif *et al.*, 2008). Pelarutan P dalam biofertilizer cair kemungkinan melalui penurunan pH, dengan nilai korelasi antara peningkatan pelarutan P dengan

menurunnya nilai pH biofertilizer cair hingga penyimpanan 60 hari. Fankem *et al.*, (2006) menyatakan bahwa pH mempengaruhi aktivitas enzim dengan mengubah kelarutan substrat.

Penurunan pH biofertilizer cair selama penyimpanan 60 hari juga berkorelasi dengan jumlah populasi bakteri. Rendahnya nilai pH disebabkan oleh aktivitas BPF dalam menghasilkan metabolit berupa asam-asam organik dan enzim phosphomonoesterase (PME).

KESIMPULAN

Populasi bakteri yang tinggi terdapat pada formula air kelapa, yaitu starter 1 pada suhu ruang mencapai 2,82 - $2,22 \times 10^{11}$ CFU/ml dan pada suhu refrigerator 2,80 - $1,93 \times 10^{11}$ CFU/ml

dan formula yang baik digunakan untuk produksi biofertilizer cair adalah formula air kelapa karena mampu mempertahankan viabilitas BPF lebih tinggi selama 60 hari penyimpanan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kepala Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau yang telah membantu memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Altomare C, Norvell W A, Bjorkman T, Harman G E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrient by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology* 65 (7): 2926-2933.
- Arif N, Sri W, I Made S. 2008. Aktivitas pelarutan fosfat oleh aktinomisetes yang diisolasi dari waigeo, kepulauan raja ampat, papua barat. Bogor: Bidang Mikrobiologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Asti W, Lela S. 2011. Optimasi waktu pertumbuhan yeast *Saccharomyces cerevisiae* 3005 pada substrat limbah cair tahu; kajian awal potensinya dalam memproduksi protein sel tunggal. (8):1.
- Demse P. 2008. Pembuatan material selulosa bakteri dalam medium kelapa melalui penambahan sukrosa kitosan dan gliserol menggunakan *acetobacter xylinum* [tesis]. Medan: Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Fankem H, Nwaga D, Deubel A, Dieng L, Merbach W, Etoa FX. 2006. Occurrence and functioning of phosphate solubilizing microorganisms from oil palm tree (*Elaeis guineensis*) Rhizosphere in cameroon. *African Journal Of Biotechnology* 5(24): 2450-2460.
- Harley P. 2002. *Laboratory exercises in microbiology*. New York: The Mc Graw Hill Companies: 126, 139.
- Ina NT. 2008. Pemanfaatan kulit pisang sebagai bahan pembawa inokulum bakteri pelarut fosfat [skripsi]. Surakarta: Program Studi Ilmu Tanah, Universitas Sebelas Maret.
- Leiwakabessy. 2003. Kesuburan tanah. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Li C, Fang HHP. 2007. Fermentative hydrogen production from waste water and solid wastes by mixed cultures. *Journal Environment Science Technology*. 37(1): 31-39.
- Lisnasari SF. 1995. Pemanfaatan gulma air (*Aquatic Weeds*) sebagai upaya pengolahan limbah cair

- industri pembuatan tahu. [tesis]. Medan: Program Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Nur D, Maya S. 2012. Adaptasi isolat bakteri aerob penghasil gas hidrogen pada medium limbahorganik. *Jurnal Sains dan Seni ITS* 1: 2301-928X.
- Richard G. 2011. Produksi masal inokulum *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfat dengan menggunakan media alternatif. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sarjiya A, Dwi A. 2011. Effects of biofertilizer containing microbial of N-fixer, P solubilizer and plant growth factor producer on cabbage (*Brassica oleraceae* Var. Capitata) growth and soil enzymatic activities: A green house trial. Cibinong: *Research Center for Biology – Indonesian Institut of Science*.
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Sarawati R, Setyorini dan Hartatik. 2006. *Pupuk organik dan pupuk hayati*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.
- Somaye F, Marizieh MN, Lale N. 2008. Single Cell Protein (SCP) production from UF cheese when by *Kluyveromyces marxianus*. Iran: *18th National Congresson Food Technology*.
- Sudiana IM. 2002. Phosphatase activity of *Bacillus* sp. Isolated from forest soil of gunung halimun national park. *Berita Biologi* 6(1): 49-55.
- Sylvia DM, Fuhrmann JJ, Hartel PG, Zuberer DA. 2005. Principles and applications of soil microbiology. Second Edition. Upper Saddle River. New Jersey.
- Tilaki N, Ranganayaki KK, Pal R, De A, Saxena CS, Nautiyal S, Mittal AK, Tripathi, Johri BN. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science* 89(1): 140.
- Velineni S, Brahmaprakash GP. 2011. Survival and phosphate solubilizing ability of *Bacillus megaterium* in liquid inoculants under high temperature and desiccation stress. *Journal Agronomic Science Technology*:: 795-802.
- Wahyu L, Tetty Marta L, Atria M. 2011. Kemampuan bakteri pelarut fosfat isolat asal sei garo dalam penyediaan fosfat terlarut dan serapannya pada tanaman kedelai. *Biospecies*: 4(2): 1-5