



Kepadatan Bakteri Biofertilizer Cair Air Kelapa Menggunakan Bakteri Pelarut Fosfat (*Bacillus spp.*) Asal Tanah Gambut Kalimantan Barat

Lala Sari, Rahmawati [✉], Siti Khotimah, Mukarlina

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 19 Februari 2024

Disetujui: 18 April 2025

Dipublikasikan: 31 Mei 2025

Keywords:

Bacillus cereus; biofertilizer; phosphate solubilizing bacteria,

Bacillus cereus; biofertilizer; bakteri pelarut fosfat

Abstract

*Biofertilizer is an environmentally friendly fertilizer, has a long release time so it can be absorbed by plants long enough, and has enzymatic activities such as binding nitrogen and dissolving phosphate. Phosphate solubilizing bacteria (BPF) can dissolve phosphate that was previously unavailable to become available. This research aims to further examine the potential of BPF isolates from Kalimantan as a liquid biofertilizer agent using coconut water as a medium. The research was conducted for 3 months, from June to August 2023 at the Microbiology Laboratory, Biology Department, Faculty of Mathematics and Natural Science Tanjungpura University, Pontianak. This research used a Completely Randomized Design (CRD) with 8 treatments and 3 replications using the Total Plate Count method. The results of the study showed that the highest treatment is a treatment of A4 on day 6 with an average density of $9,4 \times 10^8$ CFU/mL. The BPF which has the highest potential as a biofertilizer is found in treatment A4, the combination bacterial isolates of *Bacillus* sp1 and *Bacillus* sp2, supported by the high population treatment of A4 during each storage. Liquid biofertilizers have many advantages compared to solid biofertilizers, including having a higher number of microbial cells, longer shelf life, greater protection against the environment and better effectiveness in the field. This study can provide information on the density of liquid biofertilizer bacteria using environmentally friendly coconut water media for the community by using phosphate-solubilizing bacteria (*Bacillus spp.*) from West Kalimantan peat soil.*

Abstrak

Biofertilizer merupakan pupuk yang ramah lingkungan, memiliki *time release* yang lama sehingga bisa cukup lama diserap oleh tumbuhan, dan memiliki aktivitas enzimatik seperti mengikat nitrogen dan melarutkan fosfat. Bakteri pelarut fosfat (BPF) mampu melarutkan fosfat yang semula tidak tersedia menjadi tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih lanjut potensi fosfor yang dimiliki oleh isolat BPF asal tanah gambut Kalimantan Barat sebagai agen biofertilizer cair menggunakan media air kelapa. Penelitian dilakukan pada bulan Juni hingga Agustus 2023 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan menggunakan metode *Total Plate Count*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan tertinggi yaitu perlakuan A4 pada hari ke-6 dengan rata-rata kepadatannya $9,4 \times 10^8$ CFU/mL. BPF yang memiliki potensi tertinggi sebagai biofertilizer terdapat pada perlakuan A4 yaitu kombinasi isolat bakteri *Bacillus* sp1 dan *Bacillus* sp2, hal ini juga didukung dengan tingginya populasi perlakuan A4 pada masing-masing masa simpan. Biofertilizer cair memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan biofertilizer padat, diantaranya memiliki jumlah sel mikroba yang lebih tinggi, masa simpan lebih lama, perlindungan yang lebih besar terhadap lingkungan dan efektifitas di lapangan lebih baik. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang kepadatan bakteri biofertilizer cair menggunakan media air kelapa yang ramah lingkungan bagi masyarakat dengan menggunakan bakteri pelarut fosfat (*Bacillus spp.*) asal tanah gambut Kalimantan Barat.

© 2025 Universitas Negeri Semarang

Alamat korespondensi:

Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Fakultas MIPA Lama, Pontianak 78124
E-mail: rahmawati@fmipa.untan.ac.id

p-ISSN 2252-6277

e-ISSN 2528-5009

PENDAHULUAN

Bakteri pelarut fosfat (BPF) berpotensi sebagai biofertilizer yang memiliki kemampuan untuk menyediakan sumber P bagi tanaman, BPF termasuk ke dalam golongan mikroorganisme tanah yang mampu memecahkan sumber fosfat yang terkumpul di dalam tanah (Fitriatin *et al.*, 2020). Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh faktor nutrisi dan lingkungan, bakteri memerlukan nutrisi sebagai sumber energi dan membantu dalam proses pertumbuhan. Media tempat tumbuh bakteri harus mengandung unsur sumber energi seperti, karbon (C), nitrogen (N), molekul organik, asam-asam lemak, asam-asam amino, dan vitamin (Fitria & Zualika, 2018).

Biofertilizer memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat, meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan kesuburan dan meningkatkan kesehatan tanah. Formulasi biofertilizer tersusun atas beberapa jenis mikroba dan bahan pembawa. Keunggulan biofertilizer cair lebih banyak jika dibandingkan dengan biofertilizer padat. Menurut penelitian Yelti *et al.* (2014) dari tiga media yang digunakan pada pembuatan biofertilizer menggunakan BPF, yaitu media Pikovskaya, limbah air tahu, dan air kelapa, menunjukkan bahwa air kelapa merupakan media yang paling tepat untuk pertumbuhan bakteri BPF, dengan total kepadatan bakteri biofertilizer yaitu berkisar $1,93 \times 10^{11}$ CFU/mL. Air kelapa sebagai bahan pembawa memiliki keuntungan karena mampu menyimpan kapasitas air yang tinggi, kaya akan bahan organik, dan memiliki konsentrasi H⁺ yang sesuai (Gaind & Gaur, 1991).

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan salah satu kelompok mikroorganisme tanah yang mampu melarutkan sumber fosfat (P) yang terakumulasi di dalam tanah dan membantu menyediakan sumber P bagi tanaman sehingga berpotensi sebagai biofertilizer (Fitriatin *et al.* 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Yulensri, *et al.* (2018) menyatakan bahwa spesies bakteri *Bacillus* sp. memiliki daya tahan lebih bagus dibandingkan dengan bakteri *Azotobacter* sp. yang berpotensi sebagai biofertilizer karena dapat memfiksasi N dari udara dan juga sebagai fosfobakterin karena dapat melarutkan fosfat. Salah satu BPF yang hidup pada rhizosfer yang memiliki kelimpahan nutrisi atau unsur hara adalah *Bacillus cereus*. Bakteri *Bacillus cereus* mempunyai potensi besar yang dapat digunakan sebagai agen pengendali hidup (Salaki, 2011). Berdasarkan hal ini, maka perlu dilakukan penelitian tentang “Kepadatan bakteri biofertilizer cair dengan media air kelapa menggunakan bakteri pelarut fosfat indigenous Asal Tanah Gambut Kalimantan Barat.”

METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Juni hingga Agustus 2023 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Isolat BPF koleksi Laboratorium Mikrobiologi yaitu *Bacillus* sp1, *Bacillus* sp2, dan *Bacillus* sp3 yang telah diisolasi dari lahan gambut di kawasan hutan Desa Teluk Bakung Kecamatan Ambawang Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 8 taraf perlakuan dengan 3 kali

ulangan sehingga diperoleh 24 unit percobaan. Perlakuan yang dilakukan dalam penelitian mengacu pada penelitian Yelti *et al.* (2014) yaitu:

A0: Air kelapa tanpa penambahan bakteri (kontrol)

A1: Air kelapa 270 mL + starter 1 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp1)

A2: Air kelapa 270 mL + starter 2 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp2)

A3: Air kelapa 270 mL + starter 3 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp3)

A4: Air kelapa 270 mL + starter 4 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp1 dan *Bacillus* sp2)

A5: Air kelapa 270 mL + starter 5 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp1 dan *Bacillus* sp3)

A6: Air kelapa 270 mL + starter 6 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp2 dan *Bacillus* sp3)

A7: Air kelapa 270 mL + starter 7 volume 30 mL (isolat *Bacillus* sp1, *Bacillus* sp2, dan *Bacillus* sp3)

Peremajaan Koleksi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat

Tiga isolat diremajakan menggunakan isolat yang ditumbuhkan pada media Pikovskaya agar miring dengan cara menggoreskan isolat dengan jarum ose di permukaan media. Satu jarum ose dari biakan murni diambil dan digoreskan pada agar permukaan miring. Langkah terakhir dalam proses peremajaan adalah menginkubasi isolat selama 24 jam pada suhu 37°C (Wijayati *et al.* 2014).

Pembuatan Starter Bakteri Pelarut Fosfat

Pembuatan starter terdiri dari 3 isolat yang kemudian membentuk 7 starter, perlakuan pembuatan starter 1 yaitu menggunakan 1 isolat *Bacillus* sp1, perbandingan 9 : 1 dengan cara mencampurkan 27 mL media Pikovskaya cair dan 3 mL isolat bakteri yang telah dikulturkan pada media NB, kemudian dinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam di *rotary shaker* 150 rpm, selanjutnya 30 mL dari isolat BPF diinokulasikan ke dalam 270 mL air kelapa. Pembuatan starter 2 dan starter 3 yaitu menggunakan 1 isolat *Bacillus* sp2 untuk starter 2 dan menggunakan 1 isolat *Bacillus* sp3 untuk starter 3. Pembuatan starter 4 dengan menggabungkan dua gabungan isolat yaitu *Bacillus* sp1 dan *Bacillus* sp2, dalam perbandingan 9 : 1 dengan cara mencampurkan 27 mL media Pikovskaya cair dan 1,5 mL masing-masing isolat bakteri (3mL) yang telah dikulturkan pada media NB, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam di *rotary shaker* 150 rpm, selanjutnya 30 mL dari isolat BPF diinokulasikan ke dalam 270 mL air kelapa. Pembuatan starter 5 dan starter 6 yaitu menggabungkan dua gabungan isolat yaitu starter 5 (*Bacillus* sp1 dan *Bacillus* sp3) dan starter 6 (*Bacillus* sp2 dan *Bacillus* sp3). Pembuatan starter 7 dengan menggabungkan 3 isolat yaitu *Bacillus* sp1, *Bacillus* sp2, dan *Bacillus* sp3 dalam perbandingan 9 : 1 dengan cara mencampurkan 27 mL media Pikovskaya cair dan 1 mL masing-masing isolat bakteri (3mL) yang telah dikulturkan pada media NB, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam 150 rpm, selanjutnya 30 mL dari isolat BPF diinokulasikan ke dalam 270 mL air kelapa.

Produksi Biofertilizer Cair

Produk biofertilizer cair air kelapa dan starter digabungkan dengan perbandingan 9 : 1 kemudian difermentasi pada suhu ruangan dengan kecepatan *rotary shaker* 150 rpm selama 4 hari. Formulasi yang tidak diberi inokulasi digunakan sebagai kontrol dan selanjutnya dilakukan inkubasi di suhu kamar. Setelah inkubasi produksi selesai, selanjutnya dikemas menggunakan botol steril (Yelti *et al.* 2014).

Pengemasan Biofertilizer Cair

Pengemasan formulasi menggunakan botol plastik steril yang dicuci dahulu hingga bersih, kemudian dibilas menggunakan alkohol 70%, tahap akhir yaitu dibilas lagi menggunakan akuades steril sebanyak 3 kali (Sarjiya & Dwi, 2011). Masing-masing botol steril yang berukuran 80 mL diisi dengan formulasi sebanyak 50 mL. Botol kemudian dikemas dan diberi label pada masing-masing perlakuan, kemudian disimpan selama 6 hari pada suhu ruang.

Perhitungan Total Populasi BPF dengan Metode TPC

Penyimpanan dilakukan selama 0, 3, dan 6 hari, menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) untuk menentukan kepadatan total bakteri pada hari ke- 0, 3, dan 6. Pengenceran dari 10^{-1} – 10^{-9} dibuat dengan mengambil 1 mL pada tiap biofertilizer kemudian diisi ke dalam 9 mL akuades steril. Cawan petri diisi dengan media Pikovskaya dan setiap suspensi pengenceran 10^7 , 10^8 , dan 10^9 dipipet hingga 1 mL ke dalamnya, dilanjutkan inkubasi 24 - 48 jam pada suhu kamar. Perhitungan nilai bakteri dengan metode TPC mengacu pada Lestari *et al.* (2016), jumlah bakteri direpresentasikan dalam bentuk *colony forming unit's* (CFU) dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

CFU: *colony forming unit's*

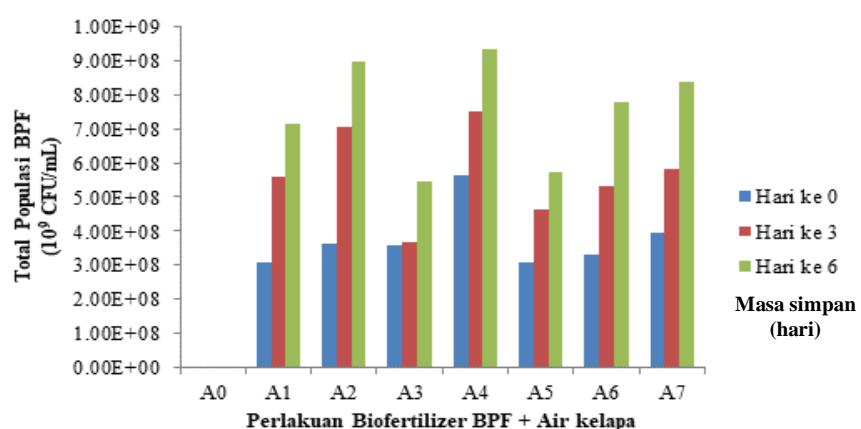
a : Rata-rata jumlah koloni/petri

df : Faktor pengenceran

Hasil data perhitungan total populasi BPF pada biofertilizer cair yang disimpan selama 6 hari dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA One Way SPSS versi 26,0.

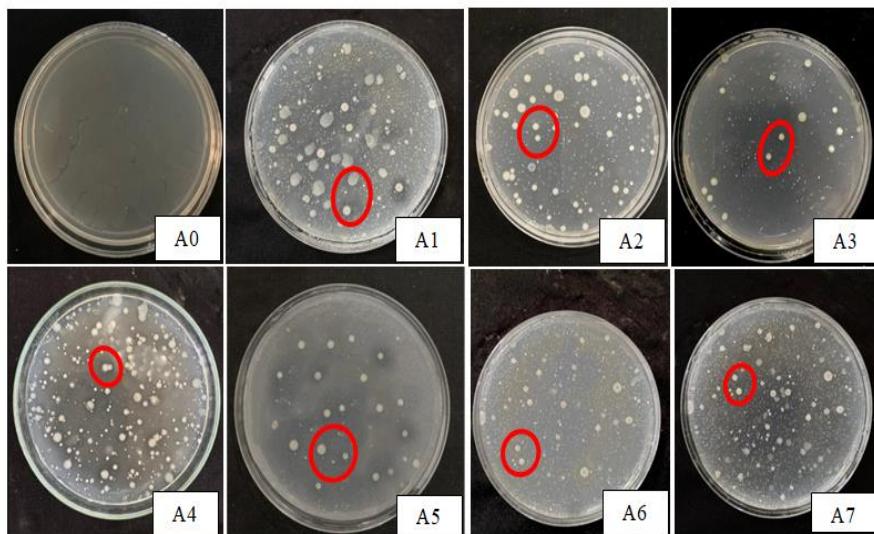
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa total kepadatan biofertilizer menggunakan BPF dengan media air kelapa selama penyimpanan 6 hari dengan 8 perlakuan, berkisar antara $1,0 \times 10^7$ – $9,4 \times 10^8$ CFU/mL. Total populasi bakteri terbesar didapatkan pada hari ke-6 yaitu dengan rata-rata kepadatan $9,4 \times 10^8$ CFU/mL pada perlakuan A4 (Gambar 1).



Gambar 1. Kepadatan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Media Air Kelapa selama Inkubasi 6 hari

Hasil analisis varian (ANOVA) kombinasi biofertilizer menggunakan BPF dengan media air kelapa menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap hasil kepadatan bakteri biofertilizer cair selama hari ke-0, ke-3 dan hari ke-6. Hari ke-0 ($F_{7,16}=18,72$, $p=0,000$; ANOVA), hari ke-3 ($F_{7,16}=4,63$, $p=0,005$; ANOVA) dan hari ke-6 ($F_{7,16}=5,815$, $p=0,002$; ANOVA). Koloni yang tumbuh pada cawan petri dengan media Pikovskaya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Koloni BPF pada medium agar Pikovskaya ditandai dengan adanya zona bening di sekitar koloni (ditandai dengan lingkaran merah). (A0) perlakuan kontrol (hanya air kelapa), (A1) perlakuan air kelapa dengan starter 1, (A2) perlakuan air kelapa dengan starter 2, (A3) perlakuan air kelapa dengan starter 3, (A4) perlakuan air kelapa dengan starter 4, (A5) perlakuan air kelapa dengan starter 5, (A6) perlakuan air kelapa dengan starter 6, (A7) perlakuan air kelapa dengan starter 7

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan isolat BPF dan air kelapa sebagai biofertilizer dengan berbagai jenis perlakuan yang berbeda mendapatkan total populasi yang berbeda pula. Populasi pada perlakuan kontrol tidak menunjukkan adanya pertumbuhan koloni BPF, tetapi untuk perlakuan A1-A7 menunjukkan adanya peningkatan kepadatan bakteri dari hari ke-0 hingga hari ke-6 (Gambar 1). Jumlah sel yang telah mencapai kisaran $1,0 \times 10^7 - 9,4 \times 10^8$ terbukti mampu melakukan granulasi dan formulasi dengan penambahan bahan pembawa, hal ini diduga karena semakin lama fermentasi bakteri di dalam bahan pembawa maka bakteri akan menghasilkan asam-asam organik. Nilai hasil dari tiap perlakuan tidak terlalu berbeda jauh, perlakuan A4 yang menggunakan dua kombinasi bakteri memiliki rerata nilai lebih tinggi dibandingkan perlakuan A7 yang menggunakan kombinasi tiga isolat bakteri. Hal ini dapat disebabkan karena ketiga isolat dapat saling membantu melindungi anggota *strain* dan genus yang lain serta dapat membantu dalam proses degradasi bahan organik (Asri, 2016).

Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 menjelaskan bahwa syarat teknis minimal pupuk hayati untuk bakteri endofitik (misalnya BPF) dengan jenis bahan pembawa berupa formula cair, kepadatan populasinya sebesar $\geq 10^8$ CFU/mL. Nilai dari jumlah ini lebih tinggi jika dibanding dengan populasi BPF yang dilakukan oleh penelitian Stephen *et al.* (2015) yaitu total BPF yang dihasilkan sebesar $8,1 \times 10^6$ CFU/mL pada inkubasi enam hari. Penelitian

lainnya yang dilakukan oleh Neneng *et al.* (2018) mendapatkan total populasi BPF sebesar $2,8 \times 10^7$ CFU/mL pada inkubasi tujuh hari.

Proses inkubasi produk yang diinkubasi selama enam hari menunjukkan adanya perubahan bau. Inkubasi hari keenam memiliki bau yang lebih asam jika dibandingkan dengan inkubasi hari ke-0 dan 3. Menurut Simbolon (2008), lama waktu inkubasi dapat menyebabkan perubahan bau, perubahan kimia yang mengakibatkan fermentasi seperti pengasaman, oksidasi senyawa nitrogen organik, serta terjadinya pendekomposisian pati dan glukosa yang mengubah menjadi alkohol dan karbondioksida. Proses fermentasi yang semakin lama menjadikan karbohidrat yang ada dirombak menjadi asam. Menurut Saeid *et al.* (2018) *Bacillus* sp. banyak memproduksi asam organik berupa glukonat, asetat, suksinat, dan propionate. Asam-asam organik yang dihasilkan dari *Bacillus* sp. berupa pelarut mineral fosfat yang terkumpul dalam tanah (Setiawati *et al.* 2014), penyimpanan yang semakin lama mengakibatkan kadar alkohol semakin meningkat yang disebabkan oleh perombakan glukosa. Perubahan dari bau dan warna pada biofertilizer cair selama penyimpanan 6 hari membentuk lapisan di atas permukaan biofertilizer, dikarenakan saat fermentasi terdapat aktivitas dari bakteri, dalam keadaan anaerob karbohidrat akan menjadi asam yang mengakibatkan terjadinya penurunan pH, perubahan warna serta adanya lapisan yang terbentuk di atas permukaan biofertilizer cair (Harley, 2002).

Populasi tertinggi selama masa simpan terdapat pada hari ke-6 pada perlakuan A4 (Gambar 1). Perlakuan A4 menghasilkan populasi BPF yang sangat tinggi yaitu sebesar $9,4 \times 10^8$ CFU/mL dibandingkan perlakuan lain, pertumbuhan BPF pada media pikovskaya dapat dilihat dari tanda munculnya zona bening disekitar koloni (Gambar 2). Adanya zona bening yang tampak di sekitar koloni menandakan bahwa BPF yang digunakan pada biofertilizer cair dapat melarutkan sumber P yang tersedia (Sylvia *et al.* 2005). Perhitungan populasi BPF setiap cawan petri diamati koloni BPF yang tampak untuk meyakinkan bahwa yang berkembang dalam produksi biofertilizer cair adalah benar-benar BPF.

Menurut Oksana *et al.* (2020) munculnya zona bening menandakan terdapat asam organik yang diekskresikan oleh bakteri yang berikatan dengan ion Ca dari sumber $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada media Pikovskaya dan kemudian membebaskan ion fosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-}) sehingga terbentuk zona bening di sekitar koloni. Zona bening tidak dapat menentukan jumlah fosfat terlarut yang dihasilkan oleh bakteri. Adanya zona bening yang terbentuk hanya dapat mengetahui bahwa bakteri mampu memecah fosfat. Penelitian Selvi *et al.* (2017) menunjukkan bahwa setiap BPF yang telah diuji secara kualitatif dan kuantitatif menunjukkan kemampuan yang berbeda-beda dalam mempertinggi kelarutan fosfat. Chen & Liu (2019) mengatakan bahwa setiap BPF memiliki jumlah dan jenis asam organik yang berbeda.

Perbedaan dari jeni-jenis asam organik pada tiap mikroorganisme dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitasnya dalam melepaskan fosfat. BPF mengolah P yang semula tidak tersedia (baik Pi dan Po) menjadi P yang tersedia melalui perombakan dan penyerapan sehingga memenuhi kebutuhan tanaman. BPF yang tumbuh pada perhitungan TPC memiliki ukuran koloni yang kecil maupun besar. Ukuran dari koloni sejatinya tidak terlalu mempengaruhi pembentukan zona bening, karena tidak semua koloni menghasilkan diameter zona bening yang besar. Wahyu *et al.* (2011) menyatakan bahwa

kapasitas setiap jenis bakteri untuk berkembang biak inilah yang menyebabkan variasi jumlah populasi bakteri. Campuran pupuk hayati cair mengandung nutrisi BPF, yang merupakan sumber karbon sehingga dapat digunakan bakteri untuk berkembang dan beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya. Bahan pembawa sering kali dibutuhkan untuk biofertilizer agar dapat berfungsi sebagai media inokulasi mikroba. Bahan pembawa yang digunakan adalah air kelapa dan gula merah sebanyak 2%, yang berfungsi sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri sehingga bakteri dapat hidup pada rentang waktu yang cukup lama karena sumber karbon yang terdapat dalam formulasi digunakan dalam pembuatan pupuk hayati cair (Yelti *et al.* 2014).

Media pembawa yang digunakan sebagai nutrisi dari BPF ini adalah air kelapa. Senyawa organik, termasuk protein (P), lemak (L), dan karbohidrat (KH), ditemukan dalam air kelapa. Kandungan KH sebesar 4,11%, L sebesar 0,12%, dan P sebesar 0,13% ditemukan pada air kelapa muda, tetapi KH sebesar 7,27%, L sebesar 0,15%, dan P sebesar 0,29% ditemukan pada air kelapa tua. Air kelapa memiliki lemak yang relatif sedikit dan hanya memiliki 17,4% energi per 100 gram, atau 44 kalori per liter. Air kelapa juga mengandung mikronutrien, seperti vitamin dan mineral (Saraswati, 2014). Vitamin B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, dan B9) dan vitamin C adalah vitamin-vitamin yang ditemukan dalam air kelapa (Fadlilah & Saputri, 2018). Karena glukosa dibutuhkan oleh hampir semua makhluk hidup untuk energi dan fungsi metabolisme, keberadaannya dapat membantu dalam peningkatan laju dan pertumbuhan biomassa bakteri (Arora *et al.* 2018). Hal ini didukung dengan pernyataan Elpwati *et al.* (2015), yang menyebutkan bahwa media pertumbuhan mikroorganisme sebagai zat yang terdiri dari campuran nutrisi atau bahan pangan yang dibutuhkan dalam perkembangan bakteri. Nutrisi dalam medium digunakan oleh mikroorganisme sebagai bahan penyusun sel mereka yang tersusun atas molekul-molekul kecil.

Kadar pH pada biofertilizer cair menggunakan BPF dengan media air kelapa pada penelitian ini cenderung bersifat asam karena pada proses fermentasi berlangsung terjadi pelepasan gas amoniak oleh bakteri yang berkembang di dalam pupuk yang mengakibatkan kandungan pupuk organik cair menjadi asam. Asam yang dihasilkan disebabkan oleh perombakan bahan organik menjadi asam organik pada awal fermentasi. Selain itu, proses fermentasi menghasilkan nitrogen dan amonia, yang meningkatkan tingkat pH. Menurut penelitian Sinaga (2010), pH pada awal fermentasi adalah 3,4. Namun, sebagai hasil dari aktivitas jenis mikroorganisme lain, yang mengubah asam organik yang terbentuk menjadi bahan yang sangat asam dan hampir netral, pH meningkat menjadi sekitar 5,3 setelah fermentasi. Nilai pH yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 5, nilai ini sesuai dengan kategori yang ditetapkan Peraturan Menteri Pertanian No. 261 tahun 2019, yang menetapkan pH 4-9 sebagai titik awal yang direkomendasikan untuk pupuk organik cair.

Biofertilizer cair memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan biofertilizer padat, diantaranya memiliki jumlah sel mikroba yang lebih tinggi, masa simpan lebih lama, perlindungan yang lebih besar terhadap lingkungan dan efektifitas di lapangan lebih baik. Biofertilizer berperan penting sebagai agen bioaktif untuk pertumbuhan tanaman. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang kepadatan bakteri biofertilizer cair menggunakan media air kelapa yang ramah lingkungan bagi

masyarakat dengan menggunakan bakteri pelarut fosfat (*Bacillus* spp.) asal tanah gambut di Kalimantan Barat.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa biofertilizer cair yang menghasilkan jumlah populasi tertinggi adalah pada perlakuan A4, yaitu kombinasi dari isolat bakteri *Bacillus* sp1 dan *Bacillus* sp2, serta pada hari ke-6 menggunakan metode TPC dengan kepadatan total $9,4 \times 10^8$ CFU/mL. Hasil ini telah sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Pertanian tahun 2011 yang mensyaratkan batas minimum total kepadatan produk biofertilizer cair adalah $1,0 \times 10^8$ CFU/mL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak atas dukungan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora, P., Shukla, V., & Singh, G. (2018). Exploring the Role of Glucose in Optimizing in-vitro Growth of Bacterial Isolates under Aluminium Stressed Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 3219– 3223. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.376>
- Asri, A. C., & Zulaika, E. (2016). Sinergisme Antar Isolat Azotobacter yang Dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 57-59. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v5i2.20693>
- Chen, Q., & Liu, S. (2019). Identification and Characterization of the Phosphate Solubilizing Bacterium *Pantoea* sp. S32 in Reclamation Soil in Shanxi, China. *Frontiers in Microbiology*, 10(2171). 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02171>
- Elpwati, Dara, S. D., & Dasumati. (2015). Optimalisasi Penggunaan Pupuk Kompos dengan Penambahan Effective Microorganism 10 (EM10) pada Produktivitas Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, 8(2), 77–87. <https://doi.org/10.15408/kauniyah.v8i2.2693>
- Fadlilah, M., & Saputri, F. (2018). Pengaruh Pemberian Air Kelapa Muda Terhadap Tekanan Darah Penderita Hipertensi. *Jurnal Ilmiah Multi Science Kesehatan*, 9(2), 198–206. <http://jurnal.stikes-aisiyah-palembang.ac.id/index.php/Kep/article/view/132>
- Fitria, A. N., & Zulaika, E. (2018). Aklimatisasi pH dan Pola Pertumbuhan *Bacillus cereus* S1 pada Medium MSM Modifikasi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2), 39-41. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36788>
- Fitriatin, B. N., Manurung, D. F., Sofyan, E. T., & Setiawati, M. R. (2020). Compatibility Phosphate Solubility and Phosphatase Activity by Phosphate Solubilizing Bacteria. *Haya Saudi Journal of Life Science*, 5(12), 281-284. <https://doi.org/10.36348/sjls.2020.v05i12.003>
- Gaind, S., & Gaur, A. C. (1991). Thermotolerant Phosphate Solubilizing Microorganism and their Interaction with Mung Bean. *Plant and Soil (Historical Archive)*, 133(1), 141-149. <https://doi.org/10.1007/BF00011908>
- Harley P. (2002). *Laboratory exercises in microbiology*. The Mc Graw Hill Companies
- Simbolon, K. (2008). Pengaruh Persentase Ragi Tape dan Lama Fermentasi Terhadap Mutu Tape Ubi Jalar, [Skripsi Sarjana, Universitas Sumatera Utara]. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/52229>
- Lestari, N. W., Budiharjo, A., dan Pangastuti, A. (2016). Bakteri Heterotrof Aerobic Asal Saluran Pencernaan Ikan Sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) dan Potensinya Sebagai Probiotik. *Jurnal Biotehnologi*, 13(1), 9-17. <https://doi.org/10.13057/biotek/c130102>
- Neneng, L., Jagau, Y., & Gunawan, E. Y. (2018). Pengaruh Komposisi Biofertilizer Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai di Lahan Gambut. *Jurnal Agripeat*, 19(1), 30-36. <https://doi.org/10.36873/agp.v19i01>

- Oksana, Irfan, M., Fianiray, A. R. dan Zam, S.I. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agrotechnology Research*, 4(1), 22-25, <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.36063>.
- Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011. *Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pemberah Tanah*. Lampiran I, Persyaratan Teknik Minimal Pupuk Organik Padat
- Saeid, A., Prochownik, E., & Iwanek, J. D. (2018). Phosphorus Solubilization by *Bacillus* Species. *Molecules*, 23(11), 2897. <https://doi.org/10.3390/molecules23112897>
- Salaki, C.L. (2011). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Indigeneous (*Bacillus cereus* Frank.) sebagai Agen Pengendalian Hayati Terhadap Hama Kubis, *Jurnal Eugenia*. 17 (1), 10-15.
- Sarjiya, A., & Dwi, A. (2011). Effects of Biofertilizer Containing Microbial of N-fixer, P Solubilizer and Plant Growth Factor Producer on Cabbage (*Brassica oleracea* Var. *Capitata*) Growth and Soil Enzymatic Activities: A greenhouse Trial. *Berkala Penelitian Hayati*, 16(2), 149-153 DOI: 10.23869/301 *Cibinong: Research Center for Biology – Indonesian Institut of Science*.
- Saraswati, D. (2014). *Pengaruh Konsentrasi Air Kelapa Muda Terhadap Pertumbuhan Saccharomyces cereviceae*. [Repositori, Universitas Gorontalo].
- Selvi, K. B., Paul, J. J. A., Vijaya, V., & Saraswathi, K. (2017). Analyzing the Efficacy of Phosphate Solubilizing Microorganisms by Enrichment Culture Techniques. *Biochemistry and Molecular Biology Journal*, 3(1):1-7. <https://doi.org/10.21767/2471-8084.100029>
- Setiawati, M. R., Fitriatin, B. N., & Herdiyantoro, D. (2014). Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersedian P pada Media Kultur Cair Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Bionatura*, 16(1),30-34
- Sinaga, D. (2010). *Pembuatan Pupuk Cair dari Sampah Organik dengan Menggunakan Boisca sebagai Starter*. [Skripsi, Universitas Sumatera Utara]. <https://repository.usu.ac.id/handle/123456789/59252>
- Stephen, J., Shabanamol, S., Kallapurakal, R. & Jisha, S. (2015). Growth Enhancement of Rice by Phosphate Solubilizing *Gluconacetobacter* sp. and *Burkholderia* sp. under Greenhouse Conditions. *Biotechnol*, 5:831-83. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0286-5>
- Sylvia, D. M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G, & Zuberer, D.A. (2005). *Principles and applications of soil microbiology*. Second Edition. Upper Saddle River
- 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. *Biospesies*, 4(2): 1-5. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v4i2.708>
- Wijayati, N., Christina, A. & Mulyati, S. (2014). Transformasi α -pinena dengan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 25923. *Biosaintifika*, 6(1), 24-28. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v6i1.2931>
- Yelti, S.N., Zul, D. & Fibriarti, B. N. (2014). Formulasi Biofertilizer Cair Menggunakan Bakteri Pelarut Fosfat Indigenus Asal Tanah Gambut Riau. *JOM FMIPA*, 1(2), 651-662
- Yulensri, Noveri, Arneti. 2018. Pengembangan Bakteri Pelarut Fosfat, Pengikat Nitrogen, Agen Hayati Asal Mikroorganisme Lokal Sebagai Biofertilizer dan Biopestisida untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Padi di Lahan Organik. [Laporan Penelitian. Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh]