

Skrining Bakteri Metanotrof, Pelarut Posfat, dan Nitrobacter, pada Lahan Pertanian Kota Sorong, Papua Barat

Screening of Methanotrophic Bacteria, Solution Phosphate, and Nitrobacter on Agricultural Land in Sorong City, West Papua

Sukmawati*¹, Ponisri², Febrianti Rosalina³, Anif Farida⁴, Budi Satria⁵, Ayu Diah Syafaati⁵, Nuryanto⁵

*) Email koresponden: sukmawati.unamin@um-sorong.ac.id

- ¹) Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jl. Pendidikan No. 27, Kec.Sorong Utara, Kota Sorong, Papua Barat Daya
- ²) Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jl. Pendidikan No. 27, Kec.Sorong Utara, Kota Sorong, Papua Barat Daya
- ³) Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jl. Pendidikan No. 27, Kec.Sorong Utara, Kota Sorong, Papua Barat Daya
- ⁴) Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sorong, Jl. Pendidikan No. 27, Kec.Sorong Utara, Kota Sorong, Papua Barat Daya
- ⁵) Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Kota Sorong, Papua Barat Daya

ABSTRAK

Efek gas rumah kaca pada kehidupan sehari-hari dapat mengganggu keseimbangan ekosistem serta mengancam keberlangsungan makhluk hidup, seperti gagal panen, dan komoditi pangan serta produk ekspor berkurang. Hal ini menyebabkan terjadinya kekurangan pangan, dan dapat menurunkan taraf perekonomian masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah mendeteksi atau menskrining bakteri metanotrof, bakteri pelarut Fosfat, dan bakteri nitrobacter pada lahan pertanian Kota Sorong. Selain itu, untuk melihat potensi bakteri metanotrof yang juga berpotensi sebagai bakteri pelarut fosfat dan berpotensi sebagai bakteri nitrifikasi. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif, yaitu menguraikan hasil skrining bakteri metanotrof, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri nitrobacter. Bakteri metanotrof dikonfirmasi kemampuannya dalam menguraikan fosfat dan menfiksasi nitrogen. Hasil penelitian menunjukkan dari 10 sampel yang diamati, ditemukan 5 (lima) sampel yang terdeteksi bakteri metanotrof yakni isolat MFa, MFb, MFc, MFD, dan MFe. Selanjutnya, untuk bakteri pelarut fosfat dan bakteri nitrobacter ditemukan pada 10 sampel yang diisolasi. Lima isolat bakteri metanotrof memiliki potensi dalam mengurai atau memanfaatkan fosfat sebagai sumber energinya. Sedangkan dari lima isolat tersebut, hanya tiga isolat yang mampu memanfaatkan nitrogen sebagai sumber energinya yakni isolat dengan kode MFa, MFD, dan MFe.

Kata kunci: bakteri metanotrof; bakteri pelarut posfat; nitrobacter.

ABSTRACT

The effects of greenhouse gases on daily life can cause damage to the balance of ecosystems and threaten the survival of living things. One of them is crop failure; food commodities and export products are reduced, causing food shortages and lowering the economic level of the community. The initial objectives of this study were to find or filter methanotrophic, phosphate-solubilizing, and Nitrobacter bacteria on Sorong's agricultural land. The second aim was to determine methanotrophic bacteria's potential, which can also nitrate and solubilize phosphate. The findings of the screening for methanotrophic bacteria, phosphate-solubilizing bacteria, and Nitrobacter bacteria are described in this descriptive study. In addition, isolates of methanotrophic bacteria were confirmed for their ability to decompose phosphate and fix nitrogen. The results of this study were that of the ten samples observed, five samples were detected by methanotrophic bacteria, namely MFa, MFb, MFc, MFD, and MFe samples. Furthermore, phosphate-solubilizing bacteria and Nitrobacter bacteria were found in ten isolated samples. The second conclusion, from five isolates

of methanotrophic bacteria, has the potential to decompose or utilize phosphate as an energy source. Meanwhile, of the five isolates, only three isolates could utilize nitrogen as an energy source, namely isolates with MFa code, MFd isolates, and MFe isolates.

Keywords: *methanotrophic bacteria; phosphate solvent bacteria; nitrobacter.*

I. PENDAHULUAN

Penduduk Kota Sorong pada umumnya adalah petani dan nelayan yang umumnya menanam komoditas hortikultura. Adapun luas wilayah kota Sorong, Provinsi Papua Barat tahun 2019, memiliki luas 1.105 km² (BPS, 2022). Kisaran suhu hingga pada tahun 2018 di kota Sorong tercatat sekitar 32.00-33.80 °C. Luas produksi tanaman hortikultura jenis kangkung pada tahun 2015 nilainya 333 ton, tahun 2016 mengalami peningkatan pesat mencapai 4.874 ton, tahun 2017 menurun dengan nilai produksi 685.10 ton. Produksi kacang panjang pada tahun 2015 11 ton, pada tahun 2016, nilainya 194 ton, dan menurun pada tahun 2017 menjadi 4.10 ton. Produksi cabai merah pada tahun 2015 nilainya 1 ton, meningkat pada tahun 2016 menjadi 25 ton, menurun pada tahun 2017 menjadi 0.4 ton. Sedangkan cabai rawit pada tahun 2015 produksinya mencapai 2 ton, pada tahun 2016, meningkat sebanyak 50 ton, dan pada tahun 2017 menurun dengan besaran 4.2 ton. Bayam pada tahun 2015 nilai produksinya 199 ton, pada tahun 2016, nilainya 2.392 ton, dan menurun pada tahun tahun 2017, dengan nilai 326 ton (BPS Produksi, 2022).

Penurunan produksi tanaman hortikultura ini perlu diperhatikan karena selama pembudidayaan tanaman tersebut, para petani menggunakan pupuk kimia sintetik. Pupuk kimia sintetik diketahui bahwa penggunaannya tidak seluruhnya terserap oleh tanaman (Sharma & Singhvi, 2017). Bahkan menjadi residu dalam tanah yang masa uraiannya dalam jangka waktu puluhan-ratusan tahun. Residu pupuk kimia sintetik tersebut dapat mengakibatkan tanah menjadi gersang (Fan, *et. al.*, 2019). Selain dari residu pupuk kimia sintetik penurunan produksi tanaman hortikultura juga dapat disebabkan oleh kondisi iklim, yakni suhu bumi semakin meningkat akibat dari penipisan lapisan ozon. Kondisi meningkatnya suhu dari tahun ke tahun akibat gas rumah kaca yang terperangkap dalam bumi, diantaranya karbon dioksida (CO₂), dinitrogen oxide (N₂O), methana (CH₄), Ozon (O₃), CFC, dan HFC (Scialabba, *et. al.*, 2010).

Peningkatan suhu di bumi dapat menyebabkan kekeringan, kebakaran hutan, banjir, longsor, kutub utara atau es mencair yang dapat menyebabkan naiknya permukaan air laut. Penyebab terjadinya gas rumah kaca akibat dari aktivitas manusia, seperti proses memperoleh energi listrik, penggunaan batu bara, penumpukan sampah di mana-mana, penebangan hutan, penggunaan bahan bakar fosil (bensin, solar), pembakaran pada kendaraan menghasilkan karbondioksida dan gas lainnya dengan konsentrasi tinggi (Change, 2018; Hong, *et. al.*, 2015).

Beberapa efek gas rumah kaca yang sering dirasakan dalam kehidupan sehari-hari dan menyebabkan kerugian pada keseimbangan ekosistem serta mengancam keberlangsungan makhluk hidup (Verma, 2021). Seperti kerusakan ekosistem laut misalnya terumbu karang sulit beradaptasi akibat dari peningkatan suhu (Doney, *et. al.*, 2012). Perubahan iklim global daerah tropis mengalami peningkatan suhu yang lebih dari sebelumnya pada musim kemarau

(Tidman, *et. al.*, 2021). Permukaan air laut naik disebabkan mencairnya es di kutub utara karena pemanasan global (Shukia, *et. al.*, 2017). Perubahan ekologis tumbuhan dan hewan dalam beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang cukup ekstirm. Tumbuhan dapat mengalami perubahan struktur morfologi maupun fisiologi agar mampu bertahan hidup (Gerand, *et. al.*, 2020). Hewan bermigrasi mencari tempat yang sesuai dengan kebutuhannya (Seebacher & Post, 2015). Mengganggu stabilitas Negara (Pasgaard & Strange, 2013), mislanya gagal panen, komoditi pangan dan produk ekspor berkurang, menyebabkan kekurangan pangan (Medina, *et. al.*, 2107), menurunkan taraf perekonomian masyarakat.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, bahwa penyebab menurunnya komoditas bahan pangan misalnya hasil produksi pertanian, serta penggunaan pupuk kimia sintetis maka tim peneliti telah melakukan penelitian mengenai skrining kandidat bakteri metanotrof, bakteri pelarut posfat, dan bakteri nitrobacter yang berasal dari lahan pertanian kota Sorong. Potensial bakteri-bakteri tersebut kedepannya akan dikembangkan menjadi formulasi pupuk hayati yang kegunaanya sebagai biofertilizer sekaligus mampu mengurangi/ menyerap gas metan (CH_4) bahkan kemungkinan besar mampu mereduksi senyawa dinitrogen oksida (N_2O) sebagai penyebab gas rumah kaca. Diketahui bahwa gas metan (CH_4) mempunyai potensi penyebab pemanasan global 23 kali lebih besar dibandingkan CO_2 , sementara gas N_2O memiliki potensi penyebab pemanasan global 298 kali lebih besar dibandingkan dengan CO_2 (Millar *et.al.* 2010). Tujuan dari penelitian ini ialah pertama, untuk mendeteksi atau menskrining bakteri metanotrof, bakteri pelarut posfat, dan bakteri nitrobacter pada lahan pertanian kota Sorong. Kedua, untuk melihat pontensi bakteri metanotrof yang juga berpotensi sebagai bakteri pelarut posfat dan berpotensi sebagai bakteri nitrifikasi.

II. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada September-Oktober 2022. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Perikanan, Universitas Muhammadiyah Sorong.

2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, gelas beaker, labu Erlenmeyer, pensil, tabung ukur, autoklaf, *hot plate stirrer*, rak tabung, ose, tabung segitiga, dan bunsen. Bahan yang digunakan adalah media NMS (MgSO_4 , KNO_3 , Na_2HPO_4 , KH_2PO_4 , CaCl_2 , NH_4Cl , Bacto agar, methanol 90%, Trace E (Na_2EDTA , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{M}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni} \cdot \text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)). Selain itu juga media pikov'skaya, dan media nitrobacter (NaNO_2 , K_2HPO_4 , NaCl , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3 , Bacto agar).

3. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menguraikan hasil skrining bakteri metanotrof, bakteri pelarut posfat, dan bakteri nitrobacter. Selain itu, isolat bakteri metanotrof dikonfirmasi kemampuannya dalam menguraikan posfat dan dalam menfiksasi nitrogen. Sampel diambil dari lahan pertanian di kota Sorong secara acak, penentuan lokasi

titik pengambilan sampel berdasarkan hasil data citra satelit penggunaan lahan di kota Sorong. Sampel diambil sebanyak sepuluh sampel yang berasal dari tanah dan air rawa. Sampel tanah diberi kode sebagai MFa, MFb, MFc, MFd, dan MFe, dan sampel air rawa diberi kode sampel MFf, MFg, MFh, MFi, dan MFj.

4. Prosedur Kerja

Alat-alat penelitian disterilkan sebelum digunakan dan preparasi sampel masing-masing diambil 1 gram untuk sampel tanah dan 1 mL untuk sampel air. Sampel kemudian diencerkan dari 10^{-1} sampai 10^{-3} . Dilakukan pembuatan media NMS untuk bakteri metanotrof, media pikov'skaya sebagai media pelarut posfat, dan media nitrobacter masing-masing dibuat 1000 mL kemudian disterilisasi dengan menggunakan otoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C . Selanjutnya masing-masing sampel dimasukkan ke dalam cawan petri sebanyak 1 mL melalui metode tuang.

Jika media sudah dingin atau hangat kuku dituangkan ke dalam masing-masing cawan sampel, kemudian digoyang-goyangkan agar sampel dan media homogen. Selanjutnya media ditunggu hingga memadat, dan direkatkan dengan silk. Media kemudian diinkubasi pada suhu ruang $28^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$. Sampel kandidat bakteri pelarut fosfat diinkubasi selama 24 jam, untuk kandidat bakteri nitrifikasi diinkubasi selama 5 hari, dan untuk kandidat bakteri metanotrof diinkubasi selama 21 hari. Selanjutnya diamati ciri-ciri morfologi koloni bakteri dan menghitung jumlah koloni dengan Persamaan 1.

$$\text{Jumlah Koloni} \times \frac{1}{\text{Faktor Pengenceran}} \text{ (cfu/g)} \text{ ----- (1)}$$

Konfirmasi kemampuan bakteri metanotrof sebagai pelarut posfat dan pemfiksasi nitrogen dilakukan dengan cara bakteri metanotrof yang berhasil tumbuh pada media selektif NMS diinokulasikan ke media pikov'skaya dan media nitrobacter. Selanjutnya diinkubasi kemudian diamati. Jika bakteri tersebut mampu tumbuh pada media uji maka bakteri tersebut potensial dalam melarutkan fosfat sumber energinya dan ataupun sebagai bakteri pemfiksasi nitrogen. Selain itu ciri-ciri koloni dan hasil pewarnaan Gram juga diperhatikan kesamaannya. Untuk pewarnaan Gram sel bakteri dilakukan sesuai metode Christian Gram (Beveridge, 2021).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Hasil skrining bakteri metanotrof dari 10 sampel, terdapat lima sampel yang terdeteksi mengandung bakteri metanotrof dengan ciri-ciri morfologi dan ciri-ciri mikroskopik sel pada Tabel 1 dan Gambar 1. Bakteri metanotrof yang berhasil diisolasi yaitu sampel yang berasal dari tanah. Sedangkan sampel air rawa tidak ditemukan bakteri metanotrof.

Hasil skrining bakteri pelarut posfat terdapat dari sepuluh sampel yang diisolasi, adapun ciri-ciri morfologi dan ciri-ciri mikroskopik sel pada Tabel 2. Bakteri pelarut posfat ditemukan baik dari sampel tanah maupun dari sampel asal air rawa. Hasil skrining bakteri nitrifikasi yang diisolasi menunjukkan dari sepuluh sampel terdeteksi mengandung bakteri nitrobacter. Ciri-ciri morfologi koloni bakteri nitrobacter pada Tabel 3.

Tabel 1. Jumlah, ciri-ciri morfologi, dan ciri-ciri mikroskopik sel bakteri metanotrof yang berasal dari tanah lahan pertanian Kota Sorong, Papua Barat.

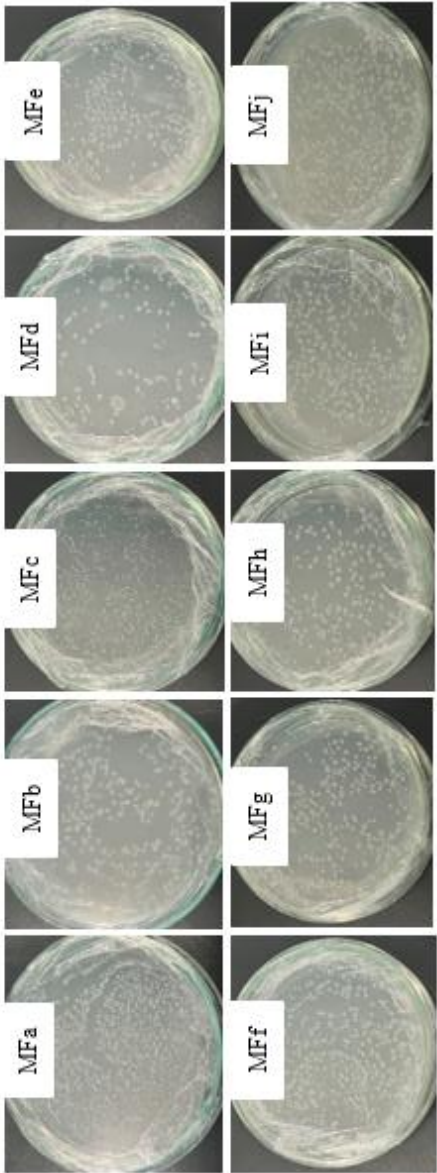
No	Jenis Sampel	Rata-rata					Ciri-ciri Morfologi Koloni Bakteri					Ciri-ciri Mikroskopik Sel		
		Jumlah Koloni (CFU/g)	Shape	Color or pigmentation	Elevation	Margin	Size	Appearance	Optical property	Texture	Shape	Gram		
1	Mfa	1x10 ¹	circular	white	convex	Entire	Small	dull	opaque	butyrous	Long basil, like hypae	Positive		
2	MFb	7x10 ¹	circular	green	convex	Entire	Small	dull	opaque	butyrous	Long basil, like hypae	Positive		
3	MFc	2.2x10 ³	circular	white, green	convex	Entire	Small	dull	opaque	butyrous	Long basil, like hypae	Positive		
4	MFd	4x10 ²	circular	white	convex	Entire	Small	Dull	opaque	butyrous	Long basil, like hypae	Positive		
5	MFe	2x10 ²	circular	white	convex	Entire	Small	dull	opaque	butyrous	Long basil, like hypae	Positive		
6	MFf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
7	MFg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	MFh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9	MFi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
10	MFj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		



Gambar 1. Ciri-ciri morfologi bakteri metanotrof yang berasal dari tanah pada lahan pertanian Kota Sorong, Papua Barat.

Tabel 2. Jumlah, ciri-ciri morfologi, dan ciri-ciri mikroskopik sel bakteri pelarut fosfat dari tanah lahan pertanian dan lahan rawa Kota Sorong, Papua Barat.

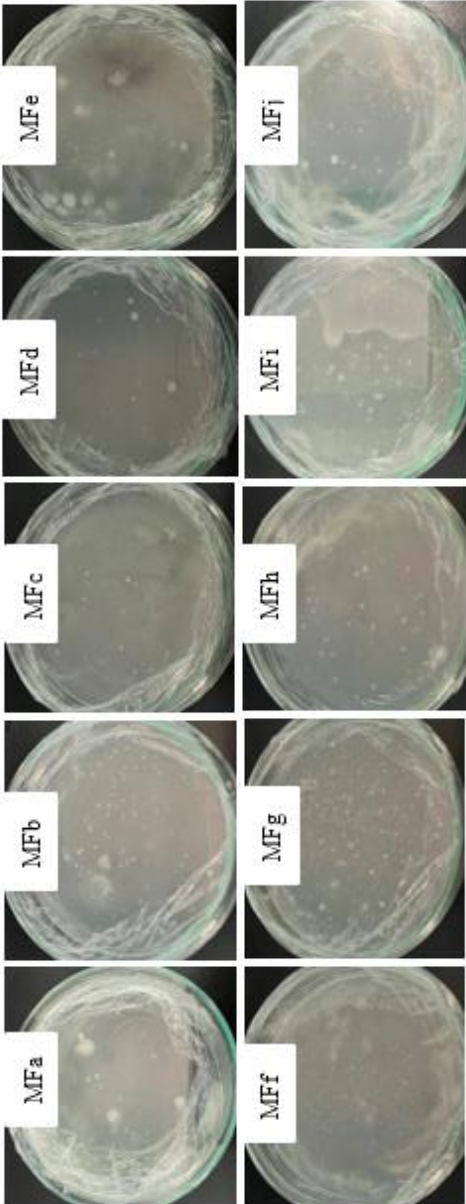
No	Jenis Sampel	Rata-rata		Ciri-ciri Morfologi Koloni Bakteri					Ciri-ciri Mikroskopik Sel			
		Jumlah Koloni (CFU/g)	Shape	Color or pigmentation	Elevation	Margin	Size	Apperance	Optical property	Texture	Shape	Gram
1	Mfa	3.2x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
2	MFb	1.8x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
3	MFc	1.5x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
4	MFd	1.4x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
5	MFe	1.1x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
6	MFf	1.6x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
7	MFg	1.7x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Short basil	Positive
8	MFh	1.6x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
9	MFi	1.1x10 ²	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
10	MFj	7.3x10 ¹	circular	Cream	convex	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive



Gambar 2. Ciri-ciri morfologi, dan ciri-ciri mikroskopik sel bakteri metanotrof yang berasal dari tanah lahan pertanian dan lahan rawa Kota Sorong, Papua Barat.

Tabel 3. Jumlah, ciri-ciri morfologi, dan sel bakteri Nitrobacter dari tanah lahan pertanian dan lahan rawa Kota Sorong, Papua Barat.

No	Jenis Sampel	Rata-rata		----- Ciri-ciri Morfologi Koloni Bakteri -----					Ciri-ciri Mikroskopik Sel			
		Jumlah Koloni (CFU/g)	Shape	Color or pigmentation	elevation	Margin	Size	Apperance	Optical property	Texture	shape	Gram
1	Mfa	1.7x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
2	MFb	0.6x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
3	MFc	1.5x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
4	MFd	0.2x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Negative
5	MFe	0.1x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Positive
6	MFf	2.3x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Negatif
7	MFg	3.4x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Negatif
8	MFh	0.3x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Negatif
9	MFi	0.2x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Negatif
10	MFj	3.1x10 ¹	circular	Cream	Raised	Entire	Moderate	Gilstening	Translucent	smooth	Basil	Negatif



Gambar 3. Ciri-ciri morfologi dan sel bakteri Nitrobacter dari tanah lahan pertanian dan lahan rawa Kota Sorong, Papua Barat.

Hasil uji konfirmasi dari lima sampel sebagai bakteri metanotrof juga mampu menggunakan fosfat sebagai sumber energinya, sedangkan hanya tiga sampel yang mampu menfiksasi nitrogen (Tabel 4).

Tabel 4. Uji kemampuan bakteri metanotrof sebagai bakteri pelarut posfat dan bakteri nitrifikasi asal Kota Sorong, Papua Barat.

No	Jenis Sampel	Jenis Potensial Bakteri		
		Metanotrof	Pelarut Phosfat	Nitrifikasi
1	Mfa	√	√	√
2	MFb	√	√	-
3	MFc	√	√	-
4	MFd	√	√	√
5	MFe	√	√	√

2. Pembahasan

Bakteri metanotrof yang berhasil diisolasi pada lima sampel berasal dari tanah, sedangkan sampel air rawa tidak ditemukan bakteri metanotrof. Jumlah koloni tertinggi dari lima sampel yang dideteksi berturut-turut mulai dari sampel MFc dengan jumlah koloni 2.2×10^3 Cfug, sampel MFd dengan besaran 4×10^2 Cfug, sampel MFe memiliki jumlah koloni 2×10^2 Cfug, sampel MFb dengan nilai 7×10^1 Cfug, dan yang paling rendah sampel MFa dengan jumlah koloni 1×10^1 Cfug (Tabel 1). Terdapat beberapa perbedaan berdasarkan ciri-ciri warna koloni yaitu pada sampel MFb dan MFc masing-masing memiliki koloni yang berwarna hijau. Berdasarkan ciri-ciri morfologi koloni bakteri dan ciri-ciri mikroskopik sel bakteri metanotrof (Tabel 1), sel bakteri tersebut cenderung memiliki ciri-ciri yang sama dengan bakteri *Actinomyces*. Bakteri *Actinomyces* yang telah tumbuh pada media NMS, koloninya tertanam kuat dan kokoh pada media tersebut, berbutir, dan kompak. Selain itu masa inkubasinya mencapai 2-3 minggu dan sel-selnya baru tumbuh dalam jumlah sedikit.

Actinomyces merupakan organisme tanah yang memiliki sifat-sifat seperti bakteri pada umumnya dan jamur namun memiliki ciri khas yang berbeda dari keduanya (Hastuti & Ginting 2007). *Actinomyces* jika ditumbuhkan pada lempeng agar, berbeda dengan bakteri pada umumnya. Bakteri pada umumnya berlendir dan tumbuh dengan cepat, sedangkan koloni *Actinomyces* muncul secara perlahan dan menunjukkan bentuk konsistensi berbubuk serta melekat erat pada permukaan agar. Karakteristik selnya jika diamati di bawah mikroskop yang membentuk spora aseksual untuk perkembangbiakannya (Mast & Stegmann, 2019; Kurniafebi & Roza, 2022).

Menurut hasil penelitian Sulistyani dan Akbar (2014), koloni isolat *Actinomyces* pada umumnya bentuk koloni bulat, timbul dan cembung, tepian rata atau tidak beraturan, serta permukaan yang licin atau kasar ataupun keriput. Permukaan koloni seperti bertepung merupakan kumpulan hifa yang terdiri dari banyak spora (sumber) yang biasanya terjadi pada koloni *Actinomyces* dewasa sedangkan koloni yang masih muda hanya terdiri dari hifa (Rathore, *et. al.*, 2019). Hasil penelitian lainnya juga melaporkan bahwa koloni *Actinomyces* yang masih muda tampak seperti bakteri pada umumnya yaitu permukaan bulat, cembung dan licin serta melekat kuat pada media agar. Kemudian berdasarkan hasil

pewarnaan Gram pada hasil penelitian (Benhadj, *et. al.*, 2019), isolat *Actinomycetes* memiliki morfologi sel batang, dan warna ungu (Gram positif).

Actinomycetes tumbuh dengan membentuk filamen miselium serta membentuk spora. Perbedaan antara fungi dan *Actinomycetes*, yaitu *Actinomycetes* tidak mempunyai membran inti. Oleh sebab itu dikelompokkan sebagai prokariot, bentuk hifa *Actinomycetes* lebih kecil dari hifa jamur (Goriely & Tabor, 2003). *Actinomycetes* termasuk golongan bakteri yang tidak tahan asam, selnya berbentuk batang, bersifat gram positif, bersifat anaerobik ataupun anaerobik fakultatif (Sapkota, *et. al.*, 2020). Tanah yang tergenang dengan air tidak cocok untuk pertumbuhan *Actinomycetes*, sedangkan tanah yang kering atau setengah kering mampu mempertahankan populasinya dengan jumlah yang besar (Kumar & Jadeja, 2016). Pertumbuhan optimum berkisar antara suhu 28 °C – 37°C, namun beberapa *Actinomycetes* masih mampu tumbuh pada suhu 55 °C – 65 °C (Saito, *et. al.*, 2020). *Actinomycetes* tumbuh secara saprofit dan mampu mendekomposisi bahan organik, sehingga berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah. *Actinomycetes* juga mampu mendegradasi selulosa (Bhatti, *et. al.*, 2017). Pada umumnya *Actinomycetes* memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan jamur dan mikroorganisme. *Actinomycetes* juga menghasilkan lebih dari satu zat antibiotik (Genilloud, 2017).

Actinomycetes yang termasuk kedalam genus *Streptomyces*, dan menunjukkan ciri miselium bercabang, tidak memiliki fragmen dan hifa vegetatif (Kurniati, *et. al.*, 2019). Begitu pula dengan hasil temuan Herlinda (2006), dari 20 isolat *Actinomycetes* yang ditemukan menunjukkan morfologi koloni berbentuk bulat dan permukaan bertepung, konsistensi melekat pada lempeng agar. Warna koloni putih dan abu-abu. Namun ada juga isolat bewarna coklat, kuning keruh, merah keputihan, kuning keorenan, dan putih.

Actinomycetes dapat digunakan sebagai agen bioremediasi, penangkal radikal bebas, mampu mendegradasi plastik, dan mampu mengurai logam-logam berat (Devanshi, *et. al.*, 2021). Selain daripada itu *Actinomycetes* mampu menggunakan metan (CH₄) sabagi sumber karbon dalam pertumbuhannya (He, *et. al.*, 2015). Hal tersebut sejalan dengan penelitian ini, yaitu isolat bakteri sampel MFa, MFb, MFc, MFd dan MFe mampu tumbuh pada media NMS dengan penambahan methanol 1%.

Sepuluh sampel yang telah diisolasi menunjukkan semuanya terdeteksi bakteri pelarut posfat, baik dari sampel tanah maupun dari sampel asal air rawa. Jumlah koloni tertinggi terdapat pada sampel MFa dengan jumlah 3.2x10² cfu/g, dan jumlah koloni terendah pada sampel MFj dengan jumlah 7.3x10¹ cfu/g. Ciri-ciri morfologi koloni bakteri dan ciri mikroskopik sel bakteri dari sepuluh sampel menunjukkan ciri yang seragam (Tabel 2).

Ciri-ciri morfologi koloni bakteri pelarut posfat diantaranya bentuk koloni circular, tepian *entire*, elevasi konveks, warna koloni putih atau krem atau bening, bentuk sel basil, dan bersifat Gram positif (Friska, *et. al.*, 2015). Hal tersebut sesuai yang telah diperoleh pada penelitian ini. Kelimpahan bakteri pelarut posfat dalam tanah tergantung kondisi Kadar C-organik dan kadar P-organik. Sebab kedua senyawa tersebut memiliki peranan yang sangat penting bagi pertumbuhan bakteri pelarut fosfat, karena digunakan sebagai sumber energy (Sharma, *et. al.*, 2013).

Fosfat yang berada dalam tanah dapat berbentuk senyawa organik dan senyawa anorganik. Mekanisme pelarutan senyawa fosfat oleh bakteri pelarut fosfat melalui tahap sekresi asam organik seperti oksalat, sitrat, laktat, α -ketoglutarat, suksinat, tartrat, asetat, formiat, propionat, glikolat, glioksilat, malat, fumarat, glutamat (Billah, *et. al.*, 2019). Peningkatan asam-asam organik tersebut mengakibatkan terjadinya penurunan pH yang berperan dalam peningkatan kelarutan fosfat (Atekan, *et. al.*, 2014). Kemudian asam-asam organik akan bereaksi dengan senyawa pengikat fosfat seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} sehingga terbentuk khelat organik stabil yang selanjutnya mampu membebaskan ion fosfat terikat, kemudian mampu terserap oleh tanaman (Billah, *et. al.*, 2019). Beberapa penelitian telah memanfaatkan bakteri pelarut fosfat untuk pertumbuhan tanaman (Gunawan, *et. al.*, 2010; Nursanti, 2017).

Bakteri nitrobacter juga berhasil diisolasi pada sepuluh sampel yang diamati. Sampel MFg menunjukkan jumlah koloni paling tinggi yakni 3.4×10^1 cfu/g, sedangkan sampel MFe memiliki jumlah koloni terendah yaitu 0.1×10^1 cfu/g (Tabel 3). Adapun ciri-ciri morfologi koloni bakteri dan ciri mikroskopik sel bakteri masing-masing menunjukkan ciri-ciri yang seragam (Tabel 3). Menurut hasil temuan Kiding, *et. al.*, (2015), morfologi bakteri nitrobacter memiliki warna koloni krem, bentuk circular, elevasi cembung atau convex, dan tepian agak datar atau *entire*, selnya berbentuk batang, dan Gram negatif. Bakteri nitrobacter merupakan bakteri yang mampu mengikat nitrogen bebas dari udara menjadi nitrit kemudian diubah menjadi nitrat sehingga dapat terserap oleh tanaman (Laffite, *et. al.*, 2020). Beberapa hasil penelitian telah membuktikan potensi nitrobacter sebagai biofertilizer (Ibiene, *et. al.*, 2012; Dungga, *et. al.*, 2018).

Hasil isolat bakteri metanotrof dengan kode MFa, MFb, MFc, MFd, dan MFe yang masing-masing ditumbuhkan pada media fosfat dan media nitrifikasi. Lima isolat bakteri metanotrof memiliki potensi dalam mengurai atau memanfaatkan fosfat sebagai sumber energinya. Sedangkan dari lima isolat hanya tiga isolat yang mampu memanfaatkan nitrogen sebagai sumber energinya yakni isolat dengan kode MFa, MFd, dan MFe. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tiga sampel tersebut memiliki potensi sebagai bakteri yang mampu menggunakan sumber karbonnya dari metan, c-organik, p-organik, dan nitrogen bebas.

IV. KESIMPULAN

Sepuluh sampel yang diamati ditemukan lima sampel yang terdeteksi bakteri metanotrof yakni sampel MFa, MFb, MFc, MFd, dan sampel MFe. Selanjutnya, untuk bakteri pelarut fosfat ditemukan pada sepuluh sampel yang diisolasi. Begitu halnya dengan bakteri nitrobacter sebagai bakteri pemfiksasi nitrogen juga ditemukan dari sepuluh sampel yang diamati. Selain itu, dari lima isolat bakteri metanotrof yang memiliki potensi dalam mengurai atau memanfaatkan fosfat sebagai sumber energinya. Sedangkan dari lima isolat, hanya tiga isolat yang mampu memanfaatkan nitrogen sebagai sumber energinya yakni isolat MFa, MFd, dan isolat MFe.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kerjasama antara Universitas Muhammadiyah Sorong

dengan Stasiun Pemantau Atmosfer Global (GAW) Kota Sorong, melalui pendanaan program Matching-Fund (kedaireka), Gelombang V Tahun Anggaran 2022, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.

VI. REFERENSI

- Atekan, A., Nuraini, Y., Handayanto, E., & Syekhfani, S. (2014). The potential of phosphate solubilizing bacteria isolated from sugarcane wastes for solubilizing phosphate. *Journal of degraded and mining lands management*, 1(4), 175.
- Benhadj, M., Gacemi-Kirane, D., Menasria, T., Guebla, K., & Ahmane, Z. (2019). Screening of rare actinomycetes isolated from natural wetland ecosystem (Fetzara Lake, northeastern Algeria) for hydrolytic enzymes and antimicrobial activities. *Journal of King Saud University-Science*, 31(4), 706-712.
- Beveridge, T. J. (2001). Use of the Gram stain in microbiology. *Biotechnic & Histochemistry*, 76(3), 111-118.
- Bhatti, A. A., Haq, S., & Bhat, R. A. (2017). Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial pathogenesis*, 111, 458-467.
- Billah, M., Khan, M., Bano, A., Hassan, T. U., Munir, A., & Gurmani, A. R. (2019). Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. *Geomicrobiology Journal*, 36(10), 904-916.
- BPS. 2022. Dalam Angka Jumlah Penduduk. <https://sorongkota.bps.go.id/indicator/153/124/1/luas-wilayah.html>
- BPS. 2022. Jumlah Prduksi. <https://sorongkota.bps.go.id/indicator/55/281/1/produksi-.html>
- Change, P. C. (2018). Global warming of 1.5° C. *World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland*.
- Devanshi, S., Shah, K. R., Arora, S., & Saxena, S. (2021). Actinomycetes as An Environmental Scrubber. In *Crude Oil-New Technologies and Recent Approaches*. IntechOpen.
- Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Emmett Duffy, J., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., & Talley, L. D. (2012). Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual review of marine science*, 4, 11-37.
- Dungga, N. E., Syam'un, E., & Amin, A. R. (2018). Towards sustainable agricultural production: Growth and production of three varieties of shallot with some various Nitrobacter bio-fertilizer concentrations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 157, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.
- Fan, F., Yu, B., Wang, B., George, T. S., Yin, H., Xu, D., & Song, A. (2019). Microbial mechanisms of the contrast residue decomposition and priming effect in soils with different organic and chemical fertilization histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 135, 213-221.
- Friska, W., Khotimah, S., & Linda, R. (2015). Karakteristik bakteri pelarut fosfat pada tingkat kematangan gambut di kawasan hutan lindung gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*, 4(1).
- Genilloud, O. (2017). Actinomycetes: still a source of novel antibiotics. *Natural product reports*, 34(10), 1203-1232.

- Gerard, M., Vanderplanck, M., Wood, T., & Michez, D. (2020). Global warming and plant–pollinator mismatches. *Emerging topics in life sciences*, 4(1), 77-86.
- Goriely, A., & Tabor, M. (2003). Biomechanical models of hyphal growth in actinomycetes. *Journal of theoretical biology*, 222(2), 211-218.
- Gunawan, R., Anas, I., & Hazra, F. (2010). Produksi masal inokulum *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfat dengan menggunakan media alternatif. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 12(2), 33-39.
- Hastuti, R. D., & Ginting, R. C. B. (2007). Enumerasi bakteri, cendawan, dan aktinomisetes. *Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor*, 13-22.
- He, R., Wooller, M. J., Pohlman, J. W., Tiedje, J. M., & Leigh, M. B. (2015). Methane-derived carbon flow through microbial communities in arctic lake sediments. *Environmental Microbiology*, 17(9), 3233-3250.
- Herlinda. (2006). Isolasi dan Uji Daya Hambat Actinomycetes Asal Tanah Gambut Desa Langkai Kecamatan Siak Terhadap *Rhizoctonia solani* Kuhn dan *Sclerotium rolfsii* Sacc. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Pekanbaru.
- Hong, J., Shen, G. Q., Feng, Y., Lau, W. S. T., & Mao, C. (2015). Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: A case study in China. *Journal of cleaner production*, 103, 249-259.
- Ibiene, A. A., Agogbua, J. U., Okonko, I. O., & Nwachi, G. N. (2012). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biofertilizer: Effect on growth of *Lycopersicum esculentus*. *J Am Sci*, 8(2), 318-324.
- Kiding, A., Khotimah, S., & Linda, R. (2015). Karakterisasi dan kepadatan bakteri nitrifikasi pada tingkat kematangan tanah gambut yang berbeda di kawasan hutan lindung Gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*, 4(1).
- Kumar, R. R., & Jadeja, V. J. (2016). Isolation of actinomycetes: A complete approach.
- Kurniafebi, F. A., & Roza, R. M. (2022). Eksplorasi dan Karakterisasi Parsial Aktinomisetes dari Tanah Mangrove di Kuala Enok Kecamatan Tanah Merah Indragiri Hilir Riau. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 346-357).
- Kurniati, D. I., Ardiningsih, P., & Nofiani, R. (2019). Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Actinomycetes Berasosiasi dengan Koral. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(2).
- Laffite, A., Florio, A., Andrianarisoa, K. S., Creuze des Chatelliers, C., Schlöter-Hai, B., Ndaw, S. M., & Le Roux, X. (2020). Biological inhibition of soil nitrification by forest tree species affects *Nitrobacter* populations. *Environmental microbiology*, 22(3), 1141-1153.
- Mast, Y., & Stegmann, E. (2019). Actinomycetes: The antibiotics producers. *Antibiotics*, 8(3), 105.
- Medina, A., Gonzalez-Jartin, J. M., & Sainz, M. J. (2017). Impact of global warming on mycotoxins. *Current Opinion in Food Science*, 18, 76-81.
- Millar, N., Robertson, G. P., Grace, P. R., Gehl, R. J., & Hoben, J. P. (2010). Nitrogen fertilizer management for nitrous oxide (N₂O) mitigation in intensive corn (Maize)

- production: an emissions reduction protocol for US Midwest agriculture. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 15(2), 185-204.
- Nursanti, I. (2017). Teknologi produksi dan aplikasi mikroba pelarut hara sebagai pupuk hayati. *Jurnal Media Pertanian*, 2(1), 24-36.
- Pasgaard, M., & Strange, N. (2013). A quantitative analysis of the causes of the global climate change research distribution. *Global environmental change*, 23(6), 1684-1693.
- Rathore, D. S., Sheikh, M., Gohel, S., & Singh, S. P. (2019). Isolation strategies, abundance and characteristics of the marine actinomycetes of Kachhighadi, Gujarat, India. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 61(1), 71-78.
- Saito, S., Kato, W., Ikeda, H., Katsuyama, Y., Ohnishi, Y., & Imoto, M. (2020). Discovery of "heat shock metabolites" produced by thermotolerant actinomycetes in high-temperature culture. *The Journal of antibiotics*, 73(4), 203-210.
- Sapkota, A., Thapa, A., Budhathoki, A., Sainju, M., Shrestha, P., & Aryal, S. (2020). Isolation, characterization, and screening of antimicrobial-producing actinomycetes from soil samples. *International journal of microbiology*, 2020.
- Scialabba, N. E. H., & Müller-Lindenlauf, M. (2010). Organic agriculture and climate change. *Renewable agriculture and food systems*, 25(2), 158-169.
- Seebacher, F., & Post, E. (2015). Climate change impacts on animal migration. *Climate Change Responses*, 2(1), 1-2.
- Sharma, N., & Singhvi, R. (2017). Effects of chemical fertilizers and pesticides on human health and environment: a review. *International journal of agriculture, environment and biotechnology*, 10(6), 675-680.
- Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H., & Gobi, T. A. (2013). Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2(1), 1-14.
- Shukla, J. B., Verma, M., & Misra, A. K. (2017). Effect of global warming on sea level rise: A modeling study. *Ecological Complexity*, 32, 99-110.
- Sulistiyani, N., & Akbar, A. N. (2014). Aktivitas isolat actinomycetes dari rumput laut (*Eucheuma cottonii*) sebagai penghasil antibiotik terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal ilmu kefarmasian Indonesia*, 12(1), 1-9.
- Tidman, R., Abela-Ridder, B., & de Castañeda, R. R. (2021). The impact of climate change on neglected tropical diseases: a systematic review. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 115(2), 147-168.
- Verma, A. K. (2021). Influence of climate change on balanced ecosystem, biodiversity and sustainable development: An overview. *International Journal of Biological Innovations*, 3(2).
- Wahyuningrum, S. A., Bahar, M., & Pramono, A. P. (2021). Uji Daya Hambat Isolat Actinomycetes sebagai Antibakteri terhadap Pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 secara In Vitro. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 10(1), 16-22.