

Identifikasi Bakteri Aerob Dari Sampah Organik Di Tempat Pembuangan Akhir Kecamatan Alak, Kota Kupang

Identification Of Aerobic Bacteria From Organic Waste At The Final Disposal Site Alak Districk, Kupang City

Quirinus A.Y.Aron¹, Yoseph M. Laynurak¹, Yulita Iryani Mamulak^{1*}

Program Studi Biologi Universitas Katolik Widya Mandira

email: mamulakyulita@gmail.com

Abstrak

Tempat pembuangan akhir (TPA) di Kota Kupang terdapat di Kecamatan Alak dengan luasan 9.14 Ha dan telah beroperasi sejak tahun 1998. Sampah yang masuk ke TPA langsung dibuang ke tempat penumpukan sampah sehingga menimbulkan terjadinya penumpukan. Jenis sampah yang paling banyak adalah sampah organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bakteri yang terdapat pada sampah di TPA Alak. Tahapan dalam penelitian ini adalah: Isolasi bakteri, purifikasi dan identifikasi. Hasil penelitian yang diperoleh adalah berasal dari sampel tanah pada Tempat Pembuangan Akhir di Kecamatan Alak, ditemukan tiga isolate yang selanjutnya diidentifikasi hingga tingkat genus. Ketiga isolate tersebut antara lain: isolate BTB1 memiliki kemiripan dengan genus *Azothobacter*, BTB2 memiliki kemiripan dengan genus *Azomonas*, dan BTB3 memiliki kemiripan dengan genus *Xanthobacter*.

Kata kunci: Bakteri Aerob, Sampah Organik, Identifikasi

Abstrak

*The final disposal site (TPA) in Kupang City is located in Alak District with an area of 9.14 Ha and has been operating since 1998. Waste that enters the TPA is directly disposed of to the waste storage area, causing accumulation. The most abundant type of waste is organic waste. The purpose of this study was to determine the bacteria found in the waste at the Alak TPA. The stages in this study are: Bacterial isolation, purification and identification. The results of the study were obtained from soil samples at the Final Disposal Site in Alak District, three isolates were found which were then identified to the genus level. The three isolates include: isolate BTB1 has similarities to the genus *Azothobacter*, BTB2 has similarities to the genus *Azomonas*, and BTB3 has similarities to the genus *Xanthobacter*.*

Keyword: Aerobic Bacteria, Organic Waste, Identification

PENDAHULUAN

Tempat pembuangan akhir (TPA) di Kota Kupang terdapat di Kecamatan Alak dengan luasan 9.14 Ha. Berdasarkan data perhitungan DLHK, jumlah sampah yang dihasilkan setiap harinya sebesar 86 ton sampah yang sebagian besar didominasi oleh sampah rumah tangga. Pengoperasian TPA Alak menggunakan metode *controlled landfill* yang merupakan peningkatan dari *open dumping* dengan tujuan untuk mengurangi potensi gangguan lingkungan yang ditimbulkan. Dalam pelaksanaannya sampah yang masuk ke TPA tidak melalui proses pemilahan dan daur ulang, akan tetapi langsung dibuang ke tempat penumpukan sampah yang kemudian ditutup dengan tanah putih dan ditekan dengan alat berat

(Manulangga, 2022) Berdasarkan observasi lapangan lokasi penampungan TPA Alak berada pada kedalaman kurang lebih 15 meter, dan sampah yang tertimbun berada pada ketinggian 16 meter di atas penampungan. Rembesan lindi mempengaruhi kualitas air tanah dan meningkatkan kemungkinan terjadinya pencemaran bau akibat kondisi pipa drainase lindi yang tertimbun di bawah timbunan sampah sehingga menghambat pembuangan lindi. Sistem pengelolaan sampah yang tidak memadai menyebabkan masalah kesehatan bagi pekerja, pemulung, dan masyarakat luas. H₂S dan NH₃ merupakan dua jenis gas berbahaya yang dihasilkan dari penguraian sampah. Pada konsentrasi rendah, gas-gas ini dapat menyebabkan sakit kepala, pusing,

perasaan lesu di seluruh tubuh, kehilangan nafsu makan, batuk, sakit tenggorokan, hidung, dan dada, serta efek kaustik pada jaringan. Tubuh, khususnya gas ammonia (Singga, 2014). Terdapat sepuluh kategori permasalahan kesehatan yang berbeda-beda di kawasan TPA Alak, baik bagi masyarakat maupun pemulung yang tinggal di sana atau dalam radius 100 meter dari lokasi tersebut. Penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Atas (ISPA) merupakan keluhan penyakit utama yang diterima sekelompok Pemulung TPA Alak.

ISPA menduduki peringkat pertama dalam 10 besar penyakit yang paling banyak diderita warga di wilayah layanan Puskesmas Alak, berdasarkan data yang dihimpun dari fasilitas tersebut. Hal ini menunjukkan betapa memprihatinkannya permasalahan kesehatan masyarakat di sekitar TPA Alak. Lebih dari 95% sampah dunia ditimbun dengan menggunakan metode penimbunan berupa sistem *open dumping* atau penimbunan terbuka yang merupakan akar permasalahan penanganan sampah secara umum (Deng & Englehardt, 2007).

Dengan menggunakan sistem sanitasi yang efektif, pendekatan *Sanitary Landfil* merupakan teknik pengolahan sampah yang diatur. Menurut sistem sanitasi yang ada sampah dikumpulkan dipadatkan dengan mesin dan kemudian dikubur bersama tanah (Sucipto, 2012). Tujuan penggunaan lahan untuk penimbunan sampah adalah untuk memulai proses penguraian sampah guna meminimalkan jumlah sampah. Mikroorganisme tanah bertanggung jawab atas proses penguraian. Menurut (Subandi, 2010) jamur dan bakteri merupakan mikroorganisme utama yang terdapat di dalam tanah. Diketahui bahwa bakteri tanah yang telah diidentifikasi dan dipelajari dapat menguraikan sampah organik dan anorganik (Zahidah, 2013). Meskipun merupakan organisme hidup uniseluler (bersel tunggal), bakteri memiliki berbagai ukuran dan bentuk. Bakteri menghuni berbagai habitat alami, termasuk tanah, kotoran, perairan, dan atmosfer (sampai ± 10 km di atas

permukaan bumi). Mikroorganisme yang bersifat merugikan, saporphytic, parasit, dan hidup bebas pada manusia, hewan, dan tumbuhan (Sumarsih, 2003).

Bahan organik yang mati terurai menjadi unsur yang dilepaskan kembali ke dalam lingkungan (CH_4 atau CO_2) dan tanah (N, P, K, Ca, Mg, dll) sebagai unsur hara yang bisa diserap kembali oleh tanaman, maka organisme memegang peranan penting. Dalam ekosistem Hal ini memungkinkan siklus nutrisi dapat berfungsi dengan baik sehingga proses kehidupan di Bumi dapat terjadi. Bertahannya proses siklus hara di dalam tanah akan saling didukung oleh adanya organisme pengurai bahan organik, seperti bakteri dan mesofauna (Saraswati dkk., 2006). Berdasarkan informasi latar belakang yang telah diuraikan maka peneliti tertarik untuk mengidentifikasi bakteri aerob di tempat pembuangan akhir di kecamatan Alak, Kota Kupang.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Lokasi pengambilan sampel di TPA Alak dan lokasi pengujian sampel di laboratorium Mikrobiologi Universitas Katolik Widya Mandira Penelitian ini telah lakukan pada bulan Desember 2022 – Maret 2023.

Alat dan Bahan

Alat: Gelas beaker, Jarum ose (*inoculating loop*), Timbangan analitik, Mikropipet, Petridish, tabung reaksi, Stirer, autoklaf, Incubator, Vortex, Pipet tetes, Erlenmeyer, Mikroskop, Rak tabung, Spatula.

Bahan: Media: minimal salt medium (MSM), minimal salt agar (MSA), Nutrient Agar (NA), nutrient Broth (NB), sampah organik dari TPA (sebagai sampel isolasi bakteri) Isolat bakteri (hasil isolasi dari sampah organik TPA Alak), cat gram, gula (glukosa, laktosa, fruktosa, galaktosa), H_2O_2 3%, NaCl 5%, 10%, 15%, *Phenol Red*.

Prosedur Kerja

1 Isolasi Bakteri dari lingkungan

Lima gram sampel tanah dimasukkan ke dalam 45 ml

media MSM (K_2HPO_4 : 2,75 gram, KH_2PO_4 : 2,25 gram, $(NH_4)_2SO_4$: 1 gram, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$: 0,1 gram, $FeCl_2 \cdot 6H_2O$: 0,2 gram, $CaCl_2$: 0,002 gram, Glukosa: 5 gram dan aquadest: 1L.), lalu diinkubasi secara aerobik di suhu $37^\circ C$ selama 48 jam. Pada akhir masa inkubasi di buat seri pengenceran hingga 10^{-5} . Kemudian ditumbuhkan dengan metode *pour plate* pada MSA. Koloni bakteri yang tumbuh, di kultur ke media MSA yang baru untuk memperoleh kultur murni. Kultur murni yang tumbuh di kultur dalam media agar miring sebagai stok bakteri untuk pengujian selanjutnya.

2 Karakterisasi Isolat bakteri

Untuk mengidentifikasi isolate bakteri, maka dilakukan karakterisasi isolate bakteri dengan: pengamatan makroskopis, pengamatan mikroskopis, uji sifat biokimiawi, dan uji sifat fisiologis. Menentukan genus bakteri dilakukan dengan membandingkan hasil karakteristik dengan *bergey's manual of determinative bacteria* 9th.

a. Pengamatan makroskopis

Isolat bakteri yang ditumbuhkan dalam medium nutrisi agar yang telah diinkubasi di suhu $37^\circ C$ selama 24 jam dilihat secara makroskopis. Pengamatan seperti bentuk pertumbuhan koloni, warna, elevasi, tepi koloni, dan motilitas.

b. Pengamatan mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mengamati sel bakteri yang di cat menggunakan cat gram untuk

mengetahui reaksi gram dari isolate bakteri.

c. Pengamatan sifat biokimia Fermentasi karbohidrat

Isolat bakteri ditumbuhkan dalam media Nutrient Broth yang telah ditambahkan *Phenol red*, masing-masing mengandung 5 g/kl gula glukosa, fruktosa, galaktosa, laktosa, dan manitol, lalu diinkubasi selama 24 jam. Pengamatan reaksi isolat ditentukan dengan ada atau tidaknya gelembung serta perubahan warna.

Reduksi H_2O_2

Diambil 1 ose Isolat bakteri kemudian digoreskan di kaca preparat lalu ditetesi larutan H_2O_2 3% pengamatan dilakukan terhadap ada tidaknya gelembung gas yang terbentuk.

3. Pengujian sifat fisiologis

a. Pengaruh pH

Isolate bakteri ditumbuhkan dalam media nutrient broth masing-masing telah ditera dengan pH 4 dan 9 lalu diinkubasikan pada suhu $37^\circ C$ selama 48 jam. Selanjutnya melakukan pengamatan kekeruhan yang menandakan ada tidaknya pertumbuhan.

b. Pengaruh suhu

Isolate terpilih ditumbuhkan pada medium nutrisi agar miring lalu diinkubasi masing-masing pada suhu $15^\circ C$, $30^\circ C$ dan $50^\circ C$ selama 48 jam.

c. Pengaruh garam fisiologis

Isolate terpilih ditumbuhkan dalam media nutrient broth yang mengandung NaCl 5%, 10%, 15% selanjutnya diinkubasi di suhu $37^\circ C$ selama 48 jam. Pertumbuhan

diamati pada masa akhir inkubasi.

Analisis Data

Hasil yang didapatkan dianalisis secara deskriptif kualitatif kemudian membandingkan hasil karakterisasi dengan bergey's manual of determinative bacteria 9 th. Lalu dijelaskan secara runut dan runtut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambaran umum TPA Alak

TPA Alak terletak di kelurahan Manulai II, kecamatan Alak, Kota Kupang Secara geografis TPA Alak ini dikelilingi tembok pembatas antara lokasi Tempat Pembuangan Akhir sampah dengan permukiman warga sekitar TPA Alak kota Kupang. Pada bagian utara TPA Alak terdapat bangunan tinggi yang merupakan pabrik PT Semen, pada bagian timur terdapat bangunan rusak yang sudah tidak bisa digunakan lagi, sisi barat terdapat bangunan yang digunakan sebagai tempat persinggahan bagi pra pegawai Dinas Kebersihan Lingkungan Hidup Kota Kupang, sedangkan pada bagian selatan terdapat permukiman warga sekitar TPA.

Selain itu terdapat hewan ternak seperti sapi, dan juga kerbau, kambing, terdapat pula sekelompok pemulung yang berada di TPA kondisi sekitar TPA, terjadi penumpukan sampah yang menyebabkan bak sampah tidak dapat menampung limbah yang dibuang setiap hari. Sifat kimia dan fisik tanah di lokasi pengambilan sampel di TPA Alak, Kota Kupang memiliki sifat fisik berwarna hitam, berbau, tekstur yang kasar dan berbatu, dengan suhu yang mencapai 39°C, dan memiliki sifat kimia dengan pH 6. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Aerob Dari TPA

Isolate bakteri yang ditemukan sebanyak 36 isolat, dari 36 isolat lalu dilakukan purifikasi dan diperoleh tiga isolate yakni: isolat BTB1, BTB2, BTB3. Bakteri yang tumbuh pada media merupakan salah satu indikator bahwa bakteri tersebut mampu mendegradasi bahan organik sebagai sumber karbon untuk aktivitas hidupnya. Bakteri tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungan agar dapat mendegradasi bahan organik. Perombakan senyawa organik berkaitan dengan enzim ekstraseluler yang dimiliki oleh bakteri tersebut.

Table1. Pengamatan Morfologi, fisiologi dan biokimia isolat BTB1, BTB2 dan BTB3.

Karakter yang diamati	Isolat BTB 1	Isolat BTB 2	Isolat BTB 3
Morfologi sel			
Bentuk	Bulat/kokus	Bulat/kokus	Bulat/kokus
reaksi gram	-	-	+
Morfologi koloni			
Warna	Kuning	Kuning	Putih
Elevasi	cembung	Pulvinat	Cembung
Tepi	beralun	menyeluruh	Menyeluruh
bentuk	Bulat/kokus	Bulat/kokus	Bulat/kokus
Karakter biokimia			
kebutuhan O ₂	+	+	+
Motilitas			
Katalase	+	+	+
Fermentasi karbohidrat			
fruktosa/gas	+	+	+
glukosa/gas	+	+	+
laktosa/gas	+	+	+
galaktosa/gas	-	-	-
Karakter fisiologi			
Suhu			
15	+	+	+
30	+	+	+
50	+	+	+

pH			
4	+	+	+
9	+	+	+
NaCl			
5%	+	+	+
10%	-	-	+
15%	+	+	+

Hasil identifikasi iolat terpilih berdasarkan buku Bergey’s Manual of Tabel 2. Hasil Identifikasi Isolate Terpilih

Determinative Bacteria 9th dapat dilihat pada tabel berikut:

No	Isolat	Genus
1	BTB 1	<i>Azothobacter</i>
2	BTB 2	<i>Azomonas</i>
3	BTB 3	<i>Xanthobacter</i>

Pembahasan

Isolasi bakteri dari tanah TPA

Isolat bakteri diperoleh dalam tanah yang bercampur dengan sampah organik di TPA Alak. Sampel diperoleh dengan cara digali dengan kedalaman 10 cm dan diambil dengan berat 10 gram. Di kedalaman 10 cm bahan organik memiliki kandungan terbesar karena merupakan zona perakaran tumbuhan (Rhizophere) (Ardi, 2009). Isolasi bakteri aerob asal tanah di TPA Alak diperoleh 3 isolate bakteri dengan ciri morfologi berbeda-beda, yakni BTB1, BTB2 dan BTB3. Ketiga isolat ini dipilih berdasarkan berbagai ciri fisik yang diperoleh dari pemeriksaan makroskopis. Dari tiga isolate bisa berkembang di media MSA. Karena ketiga isolat bakteri tersebut dapat mengkonsumsi sumber daya berupa sampah organik yang dikultur pada media MSM, maka dapat diduga merupakan bakteri aerob. Selain sifat morfologi makroskopis, juga dicatat sifat mikroskopis (pewarnaan Gram) dan sifat biokimia. Dari ketiga isolat bakteri pada sampah organik memiliki ciri-ciri yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Terdapat variasi morfologi koloni antar isolat berdasarkan ciri makroskopisnya.

Karakteristik Genus Bakteri Terpilih

Berdasarkan Tabel 4.2 isolate BTB1, BTB2, dan BTB3 memiliki karakteristik morfologi, fisiologi dan biokimia sebagai berikut: BTB1 memiliki karakteristik morfologi sel dengan bentuk yang

bulat/kokus, dan memiliki reaksi gram negative. Karakteristik morfologi koloni memiliki warna/pigmentasi koloni kuning, elevasi cembung, tepian koloni beralun dan bentuk koloni yang bulat. Karakteristik biokimia bahwa isolate ini membutuhkan oksigen (O₂) untuk kelangsungan hidupnya, dan dapat mengkatalase Hydrogen Peroksida menjadi air dan oksigen. Pada fermentasi karbohidrat isolate BTB1 memberikan reaksi positif pada tiga macam gula yakni glukosa, laktosa, dan fruktosa tetapi mendapatkan hasil negative pada gula galaktosa yang berarti isolate BTB1 mampu menfermentasi karbohidrat. Karakteristik fisiologi isolate BTB1 pada pengujian suhu 15°, 30°, dan 50° memberikan hasil positif yang menunjukkan bahwa isolate ini mampu tumbuh pada ketiga temperature tersebut. Karakteristik fisiologi pada pengujian pH isolate BTB1 mampu tumbuh pada rentang Ph 4 dan 9 yang ditandai dengan hasil positif. Karakteristik fisiologi pada pengujian NaCl isolate BTB1 mampu tumbuh pada konsentrasi garam 5% tetapi tidak tumbuh pada konsentrasi garam 10% dan juga bisa tumbuh pada konsentrasi garam 15%.

Isolate BTB2 memiliki karakteristik morfologi sel dengan bentuk yang bulat/kokus, dan memiliki reaksi gram negative. Karakteristik morfologi koloni memiliki warna/pigmentasi koloni kuning, elevasi pulvinat, tepian koloni menyeluruh

dan bentuk koloni yang bulat. Karakteristik biokimia bahwa isolate ini membutuhkan oksigen (O_2) untuk kelangsungan hidupnya, dan dapat mengkatalase hydrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Pada fermentasi karbohidrat isolate BTB2 memberikan reaksi positif pada tiga macam gula yakni glukosa, laktosa, dan fruktosa tetapi mendapatkan hasil negative pada gula galaktosa yang berarti isolate BTB2 mampu menfermentasi karbohidrat. Karakteristik fisiologi isolate BTB2 pada pengujian suhu 15° , 30° , dan 50° memberikan hasil positif yang menunjukkan bahwa isolate ini mampu tumbuh pada ketiga temperature tersebut. Karakteristik fisiologi pada pengujian pH isolate BTB1 mampu tumbuh pada rentang Ph 4 dan 9 yang ditandai dengan hasil positif. Karakteristik fisiologi pada pengujian NaCl isolate BTB2 mampu tumbuh pada konsentrasi garam 5% tetapi tidak tumbuh pada konsentrasi garam 10% dan juga bisa tumbuh pada konsentrasi garam 15%.

Isolate BTB3 memiliki karakteristik morfologi sel dengan bentuk yang bulat/kokus, dan memiliki reaksi gram negative. Karakteristik morfologi koloni memiliki warna/pigmentasi koloni putih, elevasi cembung, tepian koloni menyeluruh dan bentuk koloni yang bulat. Karakteristik biokimia bahwa isolate ini membutuhkan oksigen (O_2) untuk kelangsungan hidupnya, dan dapat mengkatalase hydrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Pada fermentasi karbohidrat isolate BTB3 memberikan reaksi positif pada tiga macam gula yakni glukosa, laktosa, dan fruktosa tetapi mendapatkan hasil negative pada gula galaktosa yang berarti isolate BTB3 mampu menfermentasi karbohidrat. Karakteristik fisiologi isolate BTB3 pada pengujian suhu 15° , 30° , dan 50° memberikan hasil positif yang menunjukkan bahwa isolate ini mampu tumbuh pada ketiga temperature tersebut. Karakteristik fisiologi pada pengujian pH isolate BTB1 mampu tumbuh pada rentang Ph 4 dan 9 yang ditandai dengan hasil positif. Karakteristik fisiologi pada pengujian NaCl isolate BTB3 mampu

tumbuh pada konsentrasi garam 5%, 10% dan 15% yang menunjukkan hasil positif.

Dari hasil identifikasi pada isolate terpilih yakni BTB1, BTB2, dan BTB3 dengan karakteristik yang diperoleh dan membandingkan karakteristiknya berdasarkan buku *Bergey's manual of determinative bacteria 9th* bahwa isolate bakteri BTB1 memiliki kemiripan dengan genus *Azothobacter*, isolate BTB2 memiliki kemiripan dengan genus *Azomonas*, dan isolate BTB3 memiliki kemiripan dengan genus *Xanthobacter*.

1. Genus *azotobacter*

Genus *Azomonas* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* (Holt, et al., 1994) Sel bulat telur besar dengan diameter 1,5-2,0 μm . Pleomorfik, mulai dari sel batang hingga sel kokoid. Terjadi sendiri-sendiri, berpasangan, atau rumpun tidak beraturan, dan terkadang dalam rantai dengan panjang yang bervariasi. Tidak menghasilkan endospora, melainkan membentuk kista. Sel menodai Gram negatif. Motilitas terjadi oleh flagela peritrichous, atau sel yang tidak bergerak. Aerobik tetapi juga dapat tumbuh pada tekanan oksigen yang menurun. Pigmen yang larut dalam air dan tidak larut dalam air diproduksi oleh beberapa strain dari semua spesies. Kemoorganotrofik, menggunakan gula, alkohol, dan garam asam organik untuk pertumbuhan. Pemecah nitrogen; umumnya memfiksasi secara nonsimbiotik setidaknya 10 mg N_2 per/g karbohidrat (biasanya glukosa) yang dikonsumsi. Molibdenum diperlukan untuk fiksasi nitrogen tetapi sebagian dapat digantikan oleh vanadium. Nonproteolitik. Memanfaatkan garam nitrat dan amonium (semua kecuali satu spesies) dan asam amino tertentu sebagai sumber nitrogen. Katalase positif. Kisaran pH untuk pertumbuhan dengan adanya gabungan nitrogen adalah 4,8-8,5; pH optimum untuk pertumbuhan dan fiksasi nitrogen adalah 7,0-7,5. Terjadi di tanah dan air; satu spesies muncul berasosiasi dengan akar tanaman.

Genus *Azothobakter* merupakan bakteri gram negatif yang memiliki ciri-ciri:

sel dengan diameter ≥ 2.0 , pleumorfik, berbentuk batang hingga bulat, tunggal, berkoloni tidak beraturan dan kadang-kadang membentuk rantai dengan panjang bervariasi, memiliki kista dengan dinding yang tebal, tidak menghasilkan endospora, motil dengan flagela peritrik atau non motil. Beberapa spesies dari genus *Azotobacter* menghasilkan pigmen sehingga dapat larut dalam air yang tampak berwarna hijau di bawah sinar ultraviolet. *Azotobacter* mampu tumbuh pada bermacam-macam media yang mengandung sumber karbon dari karbohidrat, alkohol atau asam organik. Bersifat aerob tetapi juga mampu tumbuh pada kondisi sedikit oksigen. Suhu optimum pertumbuhannya antara 20°-30° C, kisaran pH untuk pertumbuhannya 5,5 - 8,5 dan pH optimum 7-7,5 (Buchanan & Gibbons, 1974).

Genus *Azotobacter* termasuk dalam subclass *proteobacteria* yang terdiri dari tujuh spesies antara lain: *A. chroococcum*, *A. vinelandii*, *A. beijerinckii*, *A. paspali*, *A. armeniacus*, *A. nigricans* dan *A. salinestri*. *Azotobacter* dapat ditemukan dalam tanah, air dan sedimen (Jimenez et al., 2011). Menurut Cain et al (2013), media selektif merupakan media yang didesain untuk menghambat pertumbuhan satu kelompok bakteri atau lebih tanpa menghambat pertumbuhan bakteri yang diinginkan. Media *Azotobacter* mannitol agar merupakan media bebas nitrogen dengan mannitol sebagai sumber karbon. *Azotobacter* mampu menggunakan berbagai macam gula, alkohol, atau garam dari asam organik sebagai sumber karbon (Holt et al, 1994). Menurut Holt et al (1994), *Azotobacter* memiliki ciri-ciri selnya berbentuk batang dengan ujung membulat, batang pendek hingga bulat, umumnya diameter selnya berukuran $\geq 2 \mu\text{m}$ dengan panjang $4 \mu\text{m}$. Gram, bersifat pleomorfik, selnya dapat individu, berpasangan, atau mengelompok dengan bentuk tidak beraturan dan kadang-kadang membentuk rantai dengan panjang yang bervariasi.

Menurut Lay (1994) pada umumnya bakteri dapat tumbuh dengan baik pada pH 7

(netral) meskipun bakteri dapat tumbuh pada kisaran pH 5 sampai 8. Bakteri *Azotobacter* sp. dapat mengikat N_2 dari udara secara bebas. Bakteri ini sangat sensitif terhadap pH rendah sehingga pada $\text{pH} < 6$ *Azotobacter* sp. Jarang dijumpai. *Azotobacter* sp merupakan bakteri berbentuk batang hingga bulat, tunggal, berkoloni tidak beraturan, dan kadang-kadang membentuk rantai dengan panjang bervariasi. Walaupun bakteri ini bersifat aerobik, namun dapat tumbuh dengan kadar oksigen yang rendah. Setiap spesies menghasilkan pigmen yang dapat larut dalam air sehingga menimbulkan warnayang khas pada lingkungan habitatnya (Holt et al., 1994). Madigan dkk, (1997) menyatakan Karakter kunci utama genus *Azotobacter* adalah sel berbentuk kokus, oksidase negatif, katalase positif dan membentuk kista yang berfungsi untuk melindungi dari keadaan lingkungan yang ekstrim, misalnya kekeringan, sinar ultraviolet dan radiasi ion. *Azotobacter* merupakan bakteri berbentuk kokus yang berukuran 1,5-2,0 μm . tidak membentuk endospora tapi kista. Bergerak dengan flagella, bersifat aerob dan kemoorganotrof, menggunakan gula, alkohol, garam dari bahan organik untuk tumbuh, katalase positif. Derajat Keasaman/pH optimum pada 7-7,5 dan biasa ditemukan di tanah dan air.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wedhastari (2002) dan Isminarni, dkk. (2007), genus *Azotobacter* memiliki karakteristik koloni dengan bentuk bulat, cembung, permukaan halus, karakteristik agak buram, dengan kondisi koloni basah, warna putih, bening sampai keruh dan coklat. Holt, et al. (2000) menambahkan, genus *Azotobacter* memiliki sel berbentuk batang sampai kokoid, kemunculan sel terpisah satu dengan yang lain, berpasangan, atau berumpun tidak beraturan dan terkadang membentuk rantai. Menurut Alexander (1977), *Azotobacter* merupakan bakteri yang menggunakan beberapa komponen nitrogenus seperti nitrogen, ammonium, nitrat, nitrit, urea dan terkadang bahan organik nitrogen yang berisi molekul.

Azotobacter tidak membentuk endospora tetapi membentuk cysta. *Azotobacter* bersifat motil karena memiliki flagella peritrik atau non motil. *Azotobacter* bersifat aerob tetapi masih dapat hidup dengan tekanan oksigen rendah (Holt et al., 1994). Menurut Gomare et al. (2013), *Azotobacter* dapat ditemukan pada tanah netral hingga basa, Gram (-), motil, pleomorfi, aerob, selnya berbentuk batang hingga bulat, memproduksi slime ekopolisakarida (EPS) dalam jumlah besar, memiliki cysta, memiliki tingkat respirasi yang sangat tinggi, bersifat mesofilik dengan temperatur optimum yaitu 30°C. Menurut Sandeep et al. (2011), *Azotobacter chroococcum* mampu memproduksi pigmen berwarna coklat hingga kehitaman dan mampu menggunakan mannitol, glukosa, dan sukrosa sebagai sumber karbon. *Azotobacter* dapat menghasilkan enzim katalase untuk mengkatalisis hidrogen peroksida yang dihasilkan pada proses metabolisme (Holt et al., 1994).

Salah satu bakteri tanah yang melimpah adalah anggota genus *Azotobacter* yang merupakan bakteri nonsimbiotik dan berperan penting dalam bidang agrikultur terkait kemampuannya dalam memfiksasi nitrogen. Genus *Azotobacter* banyak ditemukan di lahan pertanian, taman, lading dan perkebunan, perladangan. *Azotobacter* mampu memproduksi fitohormon yang bermanfaat untuk tanaman dan menunjukkan sifat antagonis terhadap pathogen (Kizilkaya, 2008).

Azotobacter memiliki potensi mendegradasi beberapa senyawa organik. *Azotobacter chroococcum* mampu mendegradasi senyawa organik volatile, seperti, o-xylene (Thakur & Balomajumder, 2012). *Azotobacter* sp. Yang diisolasi dari lahan Eco Urban Farming ITS mampu menggunakan sumber karbon glukosa, manosa, fruktosa, maltosa, xilosa, kasein, dan gelatin (Zulaika et al, 2012), tetapi *Azotobacter* sp. Tersebut belum diteliti kemampuannya dalam mendegradasi senyawa organik, terutama golongan lipid dan protein. Beberapa isolat *Azotobacter*

tersebut juga mampu mendegradasi amilum, selulosa, lipid, kasein, gelatin dan lignin (Firdausi dan Zulaika, 2015). Isolat-isolat *Azotobacter* juga mampu melarutkan fosfat (Islamiati & Zulaika, 2015) menggunakan enzim fosfatase (Elfiati, 2005).

Menurut Rao, (1994) bahwa beberapa spesies dari genus antara lain *Azotobacter chroococcum* mempunyai flagel peritrikha, lender sedang dan memiliki pigmen hitam coklat yang tidak larut. Brock, dkk. (1994), menyatakan mengemukakan bahwa Genus *Azotobacter* dicirikan dengan sel berbentuk batang, gram negatif, bersifat aerobik obligat dan mempunyai ukuran sel yang lebih panjang dari prokariot lainnya dengan diameter sel 2-4 µm atau lebih. Brock, dkk. (1994), menyatakan bakteri ini memiliki struktur khusus yang disebut kista. Kista ini bersifat seperti endospora yakni tubuh berdinding tebal, sangat reaktif dan resisten, tahan terhadap proses pengeringan pemecahan mekanik, ultraviolet dan radiasi ionik. Menurut M.T. Madigan, dkk., (1997) dalam Puspitasari, F.D., (2012), menyatakan kista berfungsi untuk melindungi dari keadaan lingkungan yang ekstrim, misalnya kekeringan, sinar ultraviolet dan radiasi ion. Ciri morfologi bakteri *Azotobacter* berbentuk kokus atau bulat, termasuk spesies *Azospirillum chroococcum*, berbentuk batang, terdapat kista dan berbentuk oval serta termasuk bakteri gram negatif.

Menurut Holt et al. (1994) dan Cowan et al. (1993), anggota genus *Azotobacter* memiliki bentuk sel ovoid, batang maupun kokus, berdiameter 1,5-2,0 µm, terjadi secara tunggal, berpasangan atau gumpalan yang tidak teratur, dan terkadang berantai dengan panjang yang bervariasi. Menurut Norpansyah dan Rifal (2016), anggota genus *Azotobacter* memiliki ciri morfologi koloni berwarna kuning bulat, tepian tidak rata, elevasi konveks, hasil pewarnaan gram negatif dengan bentuk sel ovoid, namun pada penelitian Metasari (2012) bentuk makroskopis dari koloni anggota genus *Azotobacter* berbentuk bulat dengan warna koloni kuning, memiliki tepian tidak rata maupun rata, bentuk elevasi konveks, bentuk

sel dari hasil pewarnaan gram berbentuk vibroid maupun ovoid dan gram negatif. Holt et al. (1994), menyatakan bahwa anggota genus *Azotobacter* mampu tumbuh pada pH berkisar antara 4,8-8,5 dengan pH optimum untuk pertumbuhan dan fiksasi nitrogen yaitu berkisar 7,0- 7,5. Salah satu bakteri yang mampu mendegradasi senyawa organik adalah *Azotobacter*. Beberapa isolat *Azotobacter* telah diteliti dan mampu mendegradasi karbohidrat, glukosa, manosa, fruktosa, maltosa, dan sukrosa (Zulaika et al, 2014). Selain itu, beberapa isolat dari bakteri *Azotobacter* juga mampu mendegradasi protein (kasein) dan lipid (Firdausi & Zulaika, 2015). Salah satu kelompok bakteri yang telah diteliti mampu mendegradasi karbohidrat yaitu amilum & selulosa adalah *Azotobacter*, melalui penelitian yang dilakukan oleh Firdausi dan Zulaika (2015). Selain itu *Azotobacter* juga telah diteliti mampu mendegradasi protein dan lipid (Firdausi & Zulaika, 2015). *Azotobacter* dianggap sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang mampu menghasilkan hormon pertumbuhan serta meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan menghambat pertumbuhan fitopatogenik dengan mengeluarkan inhibitor (Sartaj et al, 2018). Hormon pertumbuhan yang telah diteliti mampu dihasilkan oleh *Azotobacter* adalah IAA (Indole-3-Aceic Acid) (Kholida & Zulaika, 2015). *Azotobacter* juga dikenal sebagai bakteri penambat N yang dikelompokkan sebagai bakteri diazotrof non simbiotik (Islam et al., 2019).

Dalam kondisi tanah dengan keadaan masam dengan rentang pH 4,8-8,5 genus *Azotobacter* pun dapat tumbuh dan melakukan fiksasi nitrogen seperti yang dijelaskan oleh Holt, et al. (2000) dan hal ini menjelaskan keberadaan genus *Azotobacter* pada tanah gambut yang memiliki nilai pH rendah.

Azotobacter dikenal sebagai spesies *rizobakteri* yang berperan sebagai agen biologis pemfiksasi dinitrogen, diazotrof, yang mengubah dinitrogen menjadi amonium melalui reduksi elektron dan

protonasi gas dinitrogen (Hindersah dan Simarmata, 2004 Dalam Isminarni, dkk., 2007). Molekul nitrogen udara diubah menjadi nitrogen sel secara bebas. Nitrogen yang terikat pada struktur tubuhnya dilepas dalam bentuk organik sebagai sekresi atau setelah mikroorganisme itu mati (Andayaningsih, 2000 Dalam Isminarni, 2007). Menurut Subba Rao (1982) Dalam Wedhastri (2002), jumlah nitrogen yang mampu ditambat bervariasi $\pm 2-15$ mg nitrogen/gram sumber karbon yang digunakan, meskipun hasil yang lebih tinggi seringkali dilaporkan.

2. Genus *Azomonas*

Genus *Azomonas* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* (Holt, et al., 1994) mempunyai ciri gram negatif, bentuk coccus, nonspora, motil dan katalase positif. *Azomonas* merupakan bakteri penambat nitrogen (Rachman, 2006). Genus *Azomonas* merupakan bakteri gram negatif, berbentuk bulat. Habitat alami *Azomonas* adalah tanah dan air. *Azomonas* tergolong bakteri aerob (Holt et al., 1994).

Genus *Azomonas* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* (Holt, et al., 1994) Sel berdiameter 2,0 μ m dan panjang bervariasi, mulai dari batang, bulat telur, hingga berbentuk kokoid. Mereka muncul sendiri-sendiri, berpasangan, atau berkelompok. Pleomorfisme umumnya ada. Sel umumnya menodai Gram negatif, terkadang variabel Gram. Mereka tidak menghasilkan endospora atau kista. Motilitas terjadi oleh flagela peritrichous atau polar. Aerobik, tetapi juga dapat tumbuh pada tekanan oksigen yang menurun. Pigmen yang larut dalam air dan pigmen fluoresen diproduksi oleh hampir semua strain. Kemoorganotrofik, menggunakan gula, alkohol, dan garam asam organik untuk pertumbuhan. Pemecah nitrogen; umumnya memfiksasi secara nonsimbiotik setidaknya 10 mg molekul nitrogen/g karbohidrat (biasanya glukosa) yang dikonsumsi. Molibdenum diperlukan untuk fiksasi nitrogen. Nonproteolitik dan dapat

memanfaatkan garam amonium dan asam amino tertentu sebagai sumber nitrogen. Katalase positif. PH optimal untuk fiksasi nitrogen mendekati netral, namun strain tertentu juga dapat mengikat nitrogen pada pH 4,6-4,8. Mereka terjadi di tanah dan air.

3. Genus *xanthobacter*

Genus *Azomonas* menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* (Holt, et al., 1994) Sel berbentuk batang $0,4-1,0 \times 0,8-6,0 \mu\text{m}$. Beberapa spesies membentuk sel pleomorfik pada media yang mengandung suksinat atau sel kokoid pada media yang mengandung alkohol sebagai satu-satunya sumber karbon. Badan refraktil (polifosfat) dan lipid (asam poli- β -hidroksibutirat) terdistribusi secara merata di dalam sel. Tahapan istirahat tidak diketahui. Reaksi Gram bersifat positif atau variabel; namun, ultrastruktur dinding sel tampaknya merupakan tipe Gram negatif, peptidoglikan secara langsung berikatan silang dengan asam meso-diaminopimelat, dan terdapat lipopolisakarida. Sel bersifat nonmotil atau motil (dengan flagela peritrichous). Aerobik, memiliki jenis metabolisme pernafasan yang ketat dengan oksigen sebagai akseptor elektron terminal. Suhu optimal adalah 25-30°C. PH optimal adalah 5,8-9,0. Koloni biasanya buram dan berlendir (meskipun ada spesies bebas lendir) dan berwarna kuning karena pigmen karotenoid yang tidak larut dalam air (zeaxanthin dirhamnoside). Katalase positif. Semua strain dapat tumbuh sebagai kemolithoautotrof pada media mineral pada atmosfer H_2 , O_2 dan CO_2 (7:2:1, v/v) serta secara kemoorganotrofik pada metanol, etanol, n-propanol, n-butanol, dan berbagai asam organik. sebagai satu-satunya sumber karbon. Pemanfaatan karbohidrat terbatas, dan tidak ada asam lemak atau gas yang mudah menguap/ tidak mudah menguap yang dihasilkan dari beberapa karbohidrat. Beberapa strain memerlukan vitamin. Nitrogen di atmosfer difiksasi dalam media yang kekurangan nitrogen, namun oleh sebagian besar strain hanya terjadi pada tekanan oksigen yang menurun; efisiensinya lebih dari 10 mg nitrogen tetap/g sukrosa

yang dikonsumsi, dan biasanya 20 mg/g. Induksi bintil akar pada tanaman sejauh ini belum teramati. Organisme ini hidup bebas di tanah basah yang mengandung bahan organik yang membusuk, dan juga di air.

Menurut (Due, 2023) genus *Xanthobacter* merupakan bakteri gram negatif, aerobik, pleomorfik, dan pengikat nitrogen dari keluarga *xanthobacteraceae*. Berbentuk bulat, bersifat tidak motil, memproduksi katalase, memfermentasi glukosa dan laktosa. Umumnya dapat hidup pada suhu 15-30°C pada suhu 7-9.

Berdasarkan penelitian (Due, 2023), ditemukan 10 genus bakteri yaitu genus *Brucella*, *Acinetobacter*, *Xanthobacter*, *Enterobacter*, *Cutrobacter*, *Neisseria*, *Klebsiella*, *Acidomonas*, *Methylococcus* dan *Staphylococcus* tergolong ke dalam bakteri heterotrofik. Genus-genus bakteri ini memiliki sifat dan peranan yang sama yaitu sebagai salah satu indikator kesuburan suatu perairan karena kemampuannya menguraikan senyawa organik. Bakteri heterotrof dapat memperoleh makanan yang berupa zat organik dari lingkungannya yang kemudian dirombak atau didekomposisi dan diremineralisasi menjadi unsur-unsur hara.

Dalam ekosistem perairan, organisme perombak seperti bakteri heterotrof memanfaatkan sisa organisme yang telah mati untuk diurai menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah dan atmosfer sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman (Aminulloh, 2011).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari Identifikasi Bakteri Aerob Dari Sampah Organik Di Tempat Pembuangan Akhir Kecamatan Alak, Kota Kupang di peroleh Tiga jenis isolate bakteri yang berhasil diidentifikasi yakni BTB1 memiliki kemiripan dengan genus *Azothobakter*, BTB2 memiliki kemiripan dengan genus *Azomonas*, dan BTB3 memiliki kemiripan dengan genus *Xanthobakter*.

Dari hasil yang diperoleh pada isolate bakteri BTB1, BTB2, dan BTB3 memiliki karakteristik morfologi, fisiologi, dan

biokimia sebagai berikut: Isolat bakteri BTB1 mempunyai kemiripan dengan genus *Azothobakter*, bentuk selnya bulat/kokus, gram negatif, warna/pigmentasi kuning, elevasi cembung, tepian koloni beralun dan bentuk bulat/kokus. Membutuhkan O₂ positif, uji katalase positif, bisa fermentasi karbohidrat, tumbuh di suhu 15°, 30°, dan 50°, bisa tumbuh pada rentan pH 4 dan 9, mampu tumbuh pada konsentrasi garam 5%, tidak tumbuh pada konsentrasi garam 10%, dan tumbuh pada konsentrasi garam 15%. Isolate bakteri BTB2 yang memiliki kemiripan dengan genus *Azomonas*, bentuk yang bulat/kokus, gram negatif. warna/pigmentasi koloni kuning, elevasi pulvinat, tepian koloni menyeluruh, bentuk koloni bulat/kokus. Membutuhkan O₂ positif, katalase positif, memfermentasi gula glukosa, laktosa, fruktosa, tumbuh pada suhu 15°, 30°, dan 50°. Pada pengujian pH, tumbuh pada rentan pH 4 dan 9, tumbuh garam 5%, tidak tumbuh garam 10%, dan tumbuh pada garam 15%. Isolate bakteri BTB3 yang memiliki kemiripan dengan genus *Xanthobacter* bentuk yang bulat/kokus, gram negatif. warna/pigmentasi koloni putih, elevasi cembung, tepian koloni menyeluruh bentuk koloni bulat/kokus, membutuhkan O₂, uji katalase positif. fermentasi gula glukosa, laktosa, fruktosa, tumbuh pada suhu 15°, 30°, dan 50, tumbuh pada rentan pH 4 dan 9, tumbuh pada konsentrasi garam 5%, 10%, dan 15%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander. M, 1977, Introduction to Soil Microbiology, John Wiley and Sons. Inc. New York
- Aminulloh, F. (2011). Analisis Bahan Organik Dan Nitrogen Total Pada Sistem Budidaya Ikan Pada Skala Laboratorium. Bogor: Program Keahlian Analisis Kimia IPB.
- Ampou, E. E, I. Triyulianti, dan S. C. Nugroho. 2015. Bakteri asosiasi pada karang *Scleractinia* kaitannya dengan fenomena la-nina di pulau bunaken. Jurnal Kelautan Nasional 10(2): 55-63.
- Ampou, E. E, I. Triyulianti, dan S. C. Nugroho. 2015. Bakteri asosiasi pada karang *Scleractinia* kaitannya dengan fenomena la-nina di pulau bunaken. Jurnal Kelautan Nasional 10(2): 55-63.
- Ardi, R. 2009. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Kelerengan dan Kedalaman Hutan Alam. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Arisman. (2012). *Keracunan Makanan, Buku Ajar Ilmu Gizi*. Jakarta: EGC
- Brock T.D., dkk. 1994. Biology of Microorganism, seventh edition. Prentice – Hall. New Jersey.
- Buchanan RE, Gibbons NE. 1974. Bergey's Manual of Determination Bacteriology 8th ed. Baltimore: The Williams and Wilkins Co.
- Cain, D., Hanks, H., Weis, M., Bottoms, C., and Lawson, J. 2013. Microbiology Laboratory Manual. Collin County Community College
- Cappucino, J. G., and N. Sherman. 2002. Microbiology: A Laboratory Manual. San Francisco: The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc.
- Cowan, ST, Steel, KJ, Barrow, GI, & Feltham, RKA, 1993, Cowan and Steel's Manual for The Identification of Medical Bacteria 3rd Edition, Cambridge University Press, Australia.
- Damayanti, dkk. 2018. Konformitas Dan Kematangan Emosi Dengan Perilaku Agresi Siswa Smk Di Jakarta Timur. Jurnal IKRAITH-humanira. Vol 2 No 3 hal: 74-79.
- Deng, Y., and Englehardt, J. D. 2007. Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment. Waste Management, 27(3), 380-388.
- Fani., F., M. O. Wijayanti, E.S Retnoningtyas, W. Irawati. 2008. Pengaruh pH, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat dan

- Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Asam Laktat dari Kulit Pisang. *Widya Teknik* Vol. 7, No. 1, pp 1-14.
- Ferdaus, F., M. O. Wijayanti, E. S. Retnoningtyas and W. Irawati. 2008 "Pengaruh Ph, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat Dan Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Asam Laktat Dari Kulit Pisang," *Widya Teknik*, vol. 7 (1), pp. 1 - 14.
- Fitri, L., Yasmin, Y. 2011. Isolasi Dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik. *Jurnal Biologi Edukasi*.
- Gomare, K. S., Mese, M., and Shetkar, Y. 2013. Isolation of *Azotobacter* and Cost Effective Production of Biofertilizer. *Indian Journal of Applied Research*. 3 (5): 54-56.
- Hidayat, R., & Alhadi, F. 2012. Identifikasi *Streptococcus equi* dari Kuda yang Diduga Menderita Strangles. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 17(3), 199-203.
- Hindersah, R. & Simarmata T., 2004. Kontribusi rizobakteri *Azotobacter* Dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah Melalui Fiksasi N₂ Dan Produksi Fitohormon Di Rizosfer. *Jurnal Nature Indo*, 6: 127–133
- Holt, J. g. and N. R. Krieg. 2000. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9th Edition Lippincott Williams & Wilkins. Wolters Kluwer Company. Philadelphia. USA.
- Holt, J.G., N.R Krieg, P.H.A Sneath, J.T Staley, and S.T Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia
- Islam, H., Nelvia, N., & Zul, D., 2019. Isolasi Dan Uji Potensi Bakteri Diazotrof Non Simbiotik Asal Tanah Kebun Kelapa Sawit Dengan Aplikasi Tandan Kosong Dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Agroteknologi*, 9(2): 35-40.
- Isminarni F, Wedhastri S, Widada J, Purwanto BH. 2007. Penambahan nitrogen dan penghasilan indol asam asetat oleh isolat-isolat *Azotobacter* pada pH rendah dan aluminium tinggi. *J Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 7: 23-30.
- Jawetz, E., Melnick, J.L., dan Adelberg, E.A. (2008). *Medical Microbiology*. USA: McGraw-Hill Companies.
- Kholida, F. T. dan Zulaika, E. 2015. Potensi *Azotobacter* Sebagai Penghasil Hormon IAA (Indole Acetic Acid). *JURNAL SAINS DAN SENI ITS* Vol. 4, No. 2.
- Kizilkaya, R. 2008. Nitrogen Fixation Capacity of *Azotobacter* sp. Strains Isolated from Soils in Different Ecosystems and Relationship Between Them and The Microbiological Properties of Soils. *Journal of Environmental Biology*. 30: 73-28.
- Lay. 1994. *Analisis Mikroba Di Laboratorium*. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada.
- Lindawati, S.A. dan Suardana W. 2016. Isolasi dan Identifikasi Spesies Bakteri Asam Laktat Penghasil Senyawa Antimikroba Asal Kolonisasi Sapi Bali, *Jurnal Veteriner*, 17 (4): 576-6581.
- Madigan, M.T. 1997 dalam Puspitasari F.D. 2012. Isolasi Karakteristik Bakteri Aerob Proteolitik dan Tangki Septik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Surabaya.
- Manulangga., O.G.L.P. 2022. Estimasi Timbulan Sampah dan Luas Lahan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) di Kota Kupang. : *Jurnal Sains dan Teknologi* Vol. 1(2): 133-138.
- Marselina I.D. 2023. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Heterotrofik* Pada Sumber Mata Air Sonaf Teunbaun. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu

- Pengetahuan Alam. Universitas Katolik Widya Mandira: Kupang
- Metasari, K, 2012, 'Eksplorasi Bakteri Penambat Nitrogen Non Simbiosis Dari Tanah Kawasan Hutan Mangrove Wonorejo Surabaya', Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Jurnal, Surabaya
- Norpansyah & Rifal M, 2016, Eksplorasi Mikroba Fiksasi Nitrogen Non Simbiosis Dari Tanah Kawasan Mangrove Di Desa Srimulyo Kecamatan Air Saleh Kabupaten Banyuasin Serta Sumbangsihnya Pada Materi Bakteri Kelas X Di SMA/MA, Skripsi, UIN Raden Fatah Palembang, Palembang.
- Pepper, I. L. dan Gerba, C.P 2005 *Environmental Microbiology A Laboratory Manual*: 2nd ed: 2004. London: Elsevier Inc.
- Pelczar, M. J. dan E. C. S. Chan. (1986). Penterjemah, Ratna Siri Hadioetomo dkk. *Dasar-dasar Mikrobiologi* 1. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Pratiwi, Sylvia, T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga. Jakarta
- Putri, a. l., & kusdiyantini, e. (2018). isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (inasua) yang diperjualbelikan di maluku-indonesia. *jurnal biologi tropika*, 1(2), 6. <https://doi.org/10.14710/jbt.1.2.6-12>
- Putri, AM., Kurnia, P. 2018. Identifikasi keberadaan bakteri Coliform dan total mikroba dalam es dung-dung di sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Media Gizi Indonesia*, 13(1):41–48.
- Rachman, Walujayati. 2006. Potensi Mikroba Non Simbiotik Di Lahan Padi Sebagai Agensi Penambat Nitrogen. B andung: Institut Teknologi Bandung.
- Radji, M. 2016. Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Rao, N.B., dan Subba. 1994. *Mikroorganisme Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman*. Terjemahan oleh HerawatiSusilo UI- Pres, Jakarta.
- Rifai, M.R., H. Widowati, and A. Sutanto. 2020. "Uji Sinergis Konsorsia Bakteri Indigen Lcn Berkonsorsia Bakteri Tanah Di Kebun Percobaan Universitas Muhammadiyah Metro Untuk Penyusunan Panduan Praktikum Mikrobiologi," *Biolova*, vol. 1, no. 2. <http://scholar.ummetro.ac.id/index.php/biolova/>
- Rostinawati, T. 2008. *Skrining dan Identifikasi Bakteri Penghasil Enzim Kitinase Dari Air Laut di Perairan Pantai Pondok Bali*. Penelitian Mandiri. Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran Jatinangor.
- Sandeep, C., Rashmi, S.N., Sharmila, V., Surekha, R., Tajewini, R., and Suresh, C.K. 2011. Growth Response of *Amaranthus gangeticus* to *Azotobacter chroococcum* Isolated From Different Agroclimatic Zones of Karnataka. *Journal of Phytology* 3 (7): 29-34.
- Saraswati et al. 2006. Organisme perombak bahan organik. 211-230.
- Sardiani, N., M. Litaay., R.G. Budji., D. Priosambodo., Syahribulan dan Z. Dwyana. 2015. Potensi Tunikata *Rhopaleae* sp sebagai Sumber Inokulum Bakteri Endosimbion Penghasil Antibakteri; Karakterisasi Isolat. *Jurnal Alam Lingkungan*. 6 (11): 1- 10.
- Singga, S. (2014). Gangguan Kesehatan Pada Pemulung Di TPA Alak Kota Kupang. *Jurnal MKMI*, Maret 2014, hal 30-35
- Sucipto, Cecep Dani.2012. "Teknologi Pengelolaan Daur Ulang Sampah".

- Yogyakarta: Gosyen Publishing. Hal 10.
- Subandi. 2010. Mikrobiologi Perkembangan, Kajian dan Pengamatan Perspektif Islam. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Sumarsih, S. 2003. Mikrobiologi Dasar. Yogyakarta: UPN Veteran.
- Suriani, S., Soemarno, S., dan Suharjono, S. 2013. Pengaruh Suhu & pH terhadap Laju Pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus *Pseudomonas* yang Diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di Sekitar Kampus Universitas Brawijaya. Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development, 4(1):58-62.
- Susant., Awari, Periadnadi, dan Nurmiati. 2017. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Alami Pencernaan Ikan Patin Siam (*Pangasius Hypophthalmus*) Sebagai Kandidat Probiotik, Jurnal Metamorfosa, 4(2):247-255.
- Thakur, P. B. and C. Balomajumder. 2012. Biodegradation of O-Xylene by *Azotobacter chroococcum*. International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 3: 502-508.
- Wibowo, MS. 2012. *Pertumbuhan dan kontrol Bakteri*. Jurnal Pertumbuhan bakteri.
- Wedhastari, S. (2002). Isolasi dan Seleksi *Azotobacter* spp. Penghasil Faktor tumbuh dan penambat Nitrogen dari Tanah Masam. Jurnal ilmu tanah dan lingkungan. Vol. 3 (1): 45-51
- Yelti, S.C., Delita, Z., Fibriarti, B.L. (2014). Formulasi Biofertilizer Cair Menggunakan Bakteri Pelarut Fosfat Indigenus Asal Tanah Gambut Riau. Jurnal JOM FMIPA, 1(II), 651-662
- Yoni Suryani, Astuti, Bernadeta Oktavia dan Siti Umniyati. (2010). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Limbah Kotoran Ayam sebagai agen Probiotik dan Enzim Kolesterol Reduktase. Prosiding Seminar Nasional Biologi 3 Juli 2010. Biologi FMIPA UNY. Hlm 138-147
- Yousef, A., Carlstrom, C. 2003. Food Microbiology a Laboratory Manual. A John Wiley and Son Inc. New Jersey
- Zahidah, D. and Shovitri, M., 2013. Isolasi, karakterisasi dan potensi bakteri aerob sebagai pendegradasi limbah organik. Jurnal Sains dan Seni ITS, 2(1), pp.E12 E15.
- Zulaika, E. dan Firdausi, W., 2015. Potensi *Azotobacter* Spp. Sebagai Pendegradasi Karbohidrat. JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 4, No. 1.
- Zulaika, E., Shovitri, M., Kuswytasari, N.D. 2014. Numerical Taxonomi for Detecting the Azotobacterial Diversity. The 8th Korean-Asean Join Symposium on Biomass Utilization an Renewable Energy. Korea 19-20 August. Seoul: Korea University.
- Zulaika, E., M. Shovitri and N. D. Kuswytasari. 2012. Characterization and Identification *Azotobacter* From Kalimas Surabaya, Candidate for a Potential Biofertilizer and Mercury Bioreducer. Paper. Chulalongkorn University, Bangkok Thailand.
- Zulfian. A, Saniman, Ishak. 2016. Sistem Penghitung pH Air Pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroler. Jurnal SAINTIKOM, Vol. 15, No. 2, pp 101-108, ISSN: 1978-6603