

Kemelimpahan *Actinomycetes* pada Rhizosfer Tumbuhan di Ekosistem Karst Gorontalo

Abdul Wahid Pakaya¹, Yuliana Retnowati¹, Abubakar Sidik Katili¹

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Prof. Dr. Ir. BJ. Habibie, Tilongkabila, Bone Bolango, Gorontalo. Indonesia. 96554. Telp. (0435) 821125-Fax (0435) 821752.

Corresponding Email : abdul_s1biologi2018@mahasiswa.umg.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

07 December 2024

Received in revised form

12 December 2024

Accepted 04 January 2025

Available online 04

January 2025

Kata Kunci:

Ekosistem, Karst, Rizosfer, Eksudat, *Actinomycetes*.

Keywords:

Ecosystem, Karst, Rhizosphere, Exudate, Actinomycetes.

DOI

<https://doi.org/10.61579/mikhayla.v2i1.353>

ABSTRAK

Ekosistem karst umumnya memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah, Kondisi yang cukup ekstrem ekosistem karst menjadi faktor pembatas pertumbuhan makhluk hidup, didalamnya termasuk tumbuhan dan mikroorganisme karst. Tanah karst mempunyai ciri kandungan kalsium (Ca) yang tinggi, sehingga mempengaruhi ketersediaan unsur esensial tanaman di habitat karst dengan eksudat masing masing tumbuhan yang mempengaruhi kepadatan mikroba di rizosfer. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui distribusi dan kelimpahan actinomycetes dari berbagai tumbuhan di ekosistem karst Gorontalo. Sampling dilakukan di tiga titik lokasi antara lain Desa Bangga Paguyaman Pantai, Desa Olohuta Kabila Bone dan Desa Panipi Kecamatan Batudaa Provinsi Gorontalo menggunakan metode purposive sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor fisikokimia antara lain kelembaban (1,2%-3,24%) dan pH (6,5-7,04) rizosfer cenderung sama sehingga kepadatan populasi actinomycetes pada lima tanah rizosfer tumbuhan juga cenderung seragam. Kelimpahan populasi Actinomycetes pada rizosfer 5 jenis tumbuhan di tiga lokasi pengambilan sampel menunjukkan hasil yang bervariasi dikisaran 40 CFU/g hingga 180 CFU/g.

ABSTRACT

Karst ecosystems generally have low soil fertility. The extreme conditions of karst ecosystems are a limiting factor for the growth of living things, including plants and karst microorganisms. Karst soils are characterized by high calcium (Ca) content, which affects the availability of essential elements to plants in karst habitats, with the exudates of each plant affecting the density of microbes in the rhizosphere. The aim of this study was to determine the distribution and abundance of actinomycetes from different plants in the Gorontalo karst ecosystem. Sampling was carried out in three locations including Bangga Paguyaman Pantai Village, Olohuta Kabila Bone Village and Panipi Village, Batudaa District, Gorontalo Province using purposive sampling method. The results showed that physicochemical factors including moisture (1.2%-3.24%) and pH (6.5-7.04) of the rhizosphere tended to be the same, so the population density of actinomycetes in the five plant rhizosphere soils also tended to be uniform. The abundance of Actinomyces population in the rhizosphere of 5 plant species in three sample collection sites showed different results in the range of 40 CFU/g to 180 CFU/g.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. INTRODUCTION

Ekosistem karst terbentang di seluruh dunia sekitar 15% dari keseluruhan permukaan bumi. Mempunyai ciri yang khas dan menghasilkan berbagai bentuk permukaan bumi yang berasal dari proses pelarutan kelompok batuan karbonat. Ekosistem karst umumnya memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah, baik secara fisik kimia maupun biologi tanah. Kondisi yang cukup ekstrem ekosistem karst menjadi faktor pembatas pertumbuhan makhluk hidup,

didalamnya termasuk tumbuhan dan mikroorganisme karst. Tanah karst mempunyai ciri kandungan kalsium (Ca) yang tinggi, sehingga mempengaruhi ketersediaan unsur esensial tanaman di habitat karst, seperti contoh fosfor (P). Unsur tersebut di wilayah tanah karst diikat oleh (Ca) menjadi bentuk yang kompleks yang sulit diserap oleh akar tanaman (Pan *et al.* 2018). Kondisi ini juga menjadi aspek yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang ada di ekosistem karst. Tanaman tentunya memerlukan fosfor dalam yang tersedia di tanah sekitar, sehingga tanaman yang hidup di ekosistem karst melakukan hubungan simbiosis dengan berbagai macam mikroba rizosfer yang mampu mengurai bentuk hara esensial kompleks yang tidak tersedia menjadi bentuk yang tersedia.

Rizosfer adalah zona perakaran yang menopang distribusi, kelimpahan, diversitas serta perkembangan mikroba dan pertumbuhan tanaman Secara Ekologis komponen yang terdapat pada rizosfer meliputi tanah, tanaman, protozoa, mikroorganisme, serta nematoda dimana secara keseluruhan saling berinteraksi (Nasution, 2018). Sedimen rizosfer adalah habitat yang mendukung pertumbuhan mikroba sebab kondisi aerob yang tersedia oleh sistem perakaran tanaman. Selain dari hal tersebut, produksi eksudat pada sel akar memberikan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba untuk tumbuh (Retnowati., 2017). Masing-masing tanaman mempunyai kadar komposisi eksudat yang spesifik. Hal ini menjadi penentu bentuk asosiasi di lingkungan rizosfer. Ismaeel *et al.* (2012) dan Retnowati *et al.* (2018) menyatakan bahwa setiap eksudat yang dikeluarkan oleh tumbuhan adalah berbeda, yang menyebabkan distribusi, kelimpahan, dan diversitas mikroba yang menghuninya juga berbeda, walaupun pada tumbuhan tertentu ditemukan populasi mikroba yang sama. Penelitian lain terkait eksudat menyatakan bahwa setiap spesies mangrove menghasilkan eksudat akar yang spesifik (Retnowati *et al.* 2018).

Salah satu mikroba yang banyak ditemukan melakukan simbiosis dengan sistem perakaran adalah *actinomyces*. *Actinomyces* di tanah ditemukan secara bebas atau berinteraksi dengan sistem perakaran tanaman membentuk simbiosis mutualisme (Vurukonda *et al.* 2018). Beberapa jenis *actinomyces* pada sistem perakaran berpotensi menghasilkan PGP (Plant Growth Promoting) yang mendukung pertumbuhan tanaman, kemampuan melarutkan fosfat (Hamdali *et al.* 2008) dan menghasilkan siderofor (Karthikeyan *et al.* 2018).

Gorontalo merupakan salah satu wilayah dengan banyak ekosistem karst yang perlu dikaji potensi *Actinomyces* yang berasosiasi dengan sistem perakaran tumbuhan. Penelitian mengenai diversitas *Actinomyces* sebenarnya telah dilakukan, namun dikarenakan kuantitas dan kualitas eksudat akar sangat bergantung pada jenis tanaman, umur tanaman, dan faktor luar seperti faktor biotik dan stres lingkungan (Syahril *et al.*, 2023). Mengingat peran *Actinomyces* yang besar, sehingga memungkinkan untuk mengkaji Distribusi dan Kelimpahan *Actinomyces* Pada Ekosistem Karst di Gorontalo. Dengan danya fakta-fakta tersebut menjadi dasar dilakukan penelitian lanjutan terkait potensi *Actinomyces* yang ada pada rizosfer tumbuhan. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengkaji mengenai distribusi serta kelimpahan *Actinomyces* yang dipengaruhi faktor-faktor fisikokimia lingkungan di rizosfer tumbuhan ekosistem karst Gorontalo.

Kata "Karst" pada mulanya diambil dari bahasa Yugoslavia (Slovenia sekarang). Moore dan Sullivan (1978) menyebut bahwa istilah "karst" terdiri dari dua kata, *kar* yang berarti batuan, *hrast* yang bermakna oak. Karst pertama kali digunakan oleh para pembuat peta Austria sekitar tahun 1774 untuk menunjuk daerah bebatuan gamping hutan oak di arah timur laut Italia

serta arah barat laut Yugoslavia. Kawasan bertipe karst di Indonesia sendiri terbentang hingga mencapai ± 15,4 juta hektar terbentang sepanjang Aceh, Sumatera hingga ke wilayah Papua.

Actinomycetes merupakan kelompok bakteri yang tergolong dalam ordo Actinomycetales. Ordo Actinomycetales sendiri terdiri dari empat family, yaitu Mycobacteriaceae, Actinomycetaceae, Streptomyetaceae, dan Actinoplanaceae. Famili Streptomyetaceae, lebih khususnya genus *Streptomyces* dikenal sebagai penghasil antibiotik (Irianto. 2014). *Streptomyces* mikroba prokariotik berperan dalam siklus nutrisi, fiksasi nitrogen, produksi metabolik sekunder serta berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman (Barreto *et al.* 2008). Populasi *Actinomycetes* di rizosfer lebih banyak dibandingkan di non rizosfer. Retnowati (2017) menyatakan bahwa kepadatan populasi *actinomycetes* yang diisolasi dari sedimen sampel rizosfer tumbuhan mangrove lebih rendah dibandingkan dengan populasi bakteri non-*actinomycetes*. Variasi jumlah *Actinomycetes* juga bergantung pada jenis mangrove (Retnowati *et al.* 2017).

Rizosfer adalah area lingkungan mikro di sekitar perakaran tanaman. Luas rizosfer ditentukan oleh seberapa besar area yang masih terpengaruh oleh aktivitas perakaran tanaman dan mikroorganisme yang berasosiasi dengannya. Dibandingkan dengan bagian tanah di sekitarnya, rizosfer adalah tempat dimana kegiatan metabolik selalu lebih aktif, berubah dengan cepat, dan lebih kompetitif (Sylvia, 2005).

Populasi mikroorganisme di rizosfer umumnya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah non-rizosfer (Niswati dkk. 2008). Komponen-komponen yang terdapat pada rizosfer secara ekologi berkontribusi terhadap berbagai macam sifat dan interaksi di dalamnya. Menurut Walker *et al.* (2003), beberapa mikroorganisme rizosfer berperan dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, memengaruhi aktivitas mikroorganisme, serta sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar. Bakteri merupakan mikroorganisme yang paling melimpah di rizosfer (Nasution. 2018).

Beberapa kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap distribusi dan kepadatan populasi bakteri di rizosfer antara lain tekstur tanah, pH tanah, eksudat yang dikeluarkan oleh suatu tanaman (Katili and Retnowati. 2017) dan bahan- bahan yang diberikan tanaman ke rizosfer yang digolongkan ke dalam lima kategori antara lain eksudat, sekresi, musilages, musigel, and lysates (Sylvia.2005)

2. METHOD

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni s/d Desember 2023. Lokasi penelitian berada di tiga lokasi ekosistem karst yaitu di desa Bangga Kecamatan Paguyaman Pantai. Analisis distribusi dan kemelimpahan dilakukan di Laboratorium Riset I dan Laboratorium Bioteknologi dan Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, selanjutnya identifikasi molekuler dilakukan di Laboratorium Genetika Sains Indonesia

B. Prosedur Penelitian

Sampling Tanah Rizosfer

Sampling tanah rhizosfer dilakukan di tiga lokasi ekosistem karst yaitu di Desa Bangga Kecamatan Paguyaman Pantai, Desa Olohuta Kecamatan Kabila Bone dan desa Panipi Kecamatan Batudaa Provinsi Gorontalo. Penentuan titik sampling menggunakan metode purposive sampling. Analisis vegetasi pada area pengambilan sampel menggunakan metode

kuadran. Metode kuadran dibedakan berdasarkan habitus tumbuhan dengan ukuran petak 1 x 1 m untuk habitus tera dan rumput, ukuran petak 5 x 5 m untuk pancang, dan ukuran petak 10 x 10 m untuk habitus pohon. Jenis tumbuhan yang diambil tanah rizosfernya adalah tumbuhan pancang yang paling banyak tumbuh (dominan) di lokasi pengambilan sampel. Ukuran plot dibuat persegi dengan panjang 20 x 20 m sebanyak 4 plot. Tanah rizosfer diambil menggunakan spatula steril pada 5 titik sampling masing-masing plot pada kedalaman ± 20 cm pada tiap jenis tumbuhan yang ditemukan.

Isolasi dan Purifikasi *Actinomyces*

Isolasi *actinomyces* dilakukan menggunakan metode Surface Plate. Sampel tanah rizosfer sebanyak 5 gram terlebih dahulu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 45 ml aquadest dan dilakukan pretreatment dengan suhu 70°C selama 5 menit pada Waterbath (Retnowati et al. 2017). Selanjutnya dilakukan seri pengenceran dengan mengambil sebanyak 1 ml suspensi dimasukkan pada tabung reaksi pengenceran 10^{-1} kemudian di vortex, selanjutnya diambil 1 ml dari pengenceran 10^{-1} , dimasukkan ke pengenceran 10^{-2} dan pengenceran 10^{-3} , masing-masing setiap pengenceran diambil 100 μ l diinokulasikan ke dalam cawan petri yang sudah berisi media SCA atau RHA dan Nystatin/cyclohexamide dengan konsentrasi 1.25 ppm, terakhir diratakan menggunakan drigalsky dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 14 hari. Setelah pertumbuhan diindikasikan oleh koloni yang berbeda secara morfologi, untuk mendapatkan isolat murni selanjutnya dilakukan purifikasi pada media SCA (Katili et al. 2017).

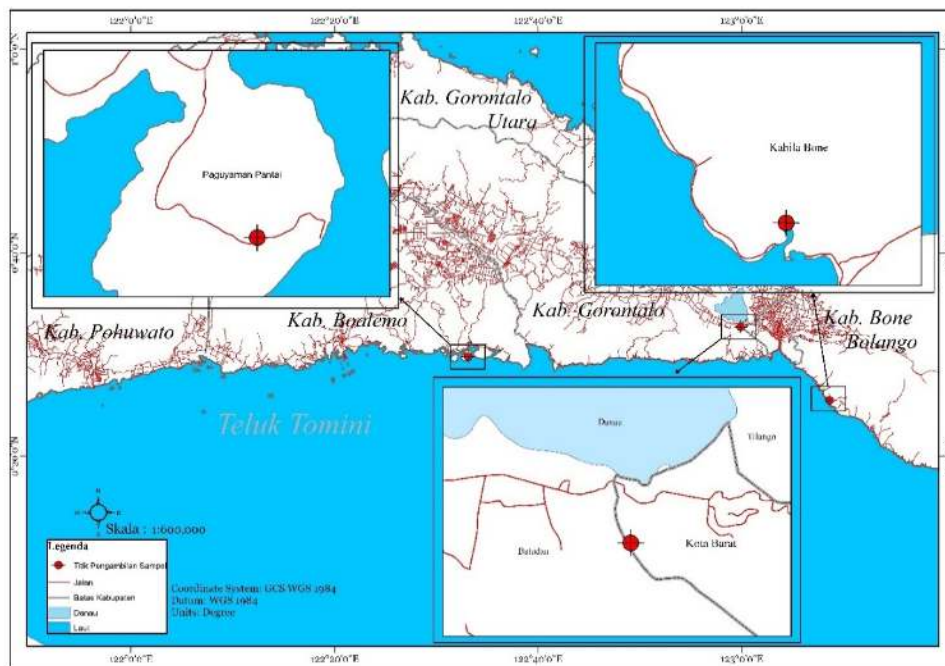
Penentuan Kemelimpahan *Actinomyces*

Kemelimpahan *actinomyces* pada masing-masing rizosfer tanaman dilakukan melalui perhitungan berdasarkan metode cawan hitung (plate count) (Marista et al. 2013). Jumlah koloni dinyatakan dalam Colony Forming Unit (CFU) dan dihitung dengan rumus: $CFU_{gr^{-1}} = \text{jumlah koloni } actinomyces \times 1/\text{faktor pengenceran}$ (Waluyo. 2018).

3. RESULT AND DISCUSSION

Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di tiga lokasi ekosistem karst yaitu di desa Bangga Kecamatan Paguyaman Pantai ($0^{\circ}29'47.55''N;122^{\circ}33'66.17''E$), Desa Olohuta Kecamatan Kabila Bone ($0^{\circ}25'10.05''N;123^{\circ}5'53.44''E$), dan daerah sekitar Panipi Danau Limboto Kecamatan Batudaa ($0^{\circ}32'43.22''N;122^{\circ}59'51.80''E$) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Rizosfer.1 ($0^{\circ}29'47.55''N;122^{\circ}33'66.17''E$); 2 ($0^{\circ}25'10.05''N;123^{\circ}5'53.44''E$) 3($0^{\circ}32'43.22''N;122^{\circ}59'51.80''E$).

Komponen vegetasi pada ekosistem karst di tiga lokasi pengamatan menunjukkan variasi jenis. Jumlah jenis vegetasi yang ada berjumlah 33 jenis. Di kawasan Perbukitan Bangga vegetasi terdiri dari 2 divisi, 9 ordo, 9 famili, 10 marga, dan 12 spesies, di sekitar kawasan Perbukitan Danau Limboto vegetasi terdiri dari 2 divisi, 7 ordo, 10 famili, 11 genera 12 spesies, dan wilayah perbukitan pantai Oluhuta vegetasinya meliputi 3 divisi, 6 ordo, 8 famili, 11 genera, 12 spesies. Sebanyak 6 spesies dominan ditemukan di ketiga lokasi tersebut. Spesies dominan tersebut antara lain *Cychas rumpii*, *Leucaena leucocephala*, *Imperata cylindrica*, *Malastoma malabathrium*, *Chromolaena odorata*, dan *Jatropha curcas*. Vegetasinya lebih banyak didominasi oleh kelompok tumbuhan tingkat rendah dan tumbuhan penghuni pohon.

Tabel 1 Parameter fisikokimia lingkungan

No.	Lokasi	Parameter fisika kimia	
		pH	Kelembapan
1.	Desa Bangga Kecamatan Paguyaman Pantai	6,5	1,2%
2.	Perbukitan sekitar Danau Limboto	5,5	2,5%
3.	Desa Olohuta Kecamatan Kabila Bone	7,04	3,24%

Sumber Data Primer Diolah Tahun 2024

Hasil pengukuran parameter fisikokimia (Tabel 1) ekosistem karst menunjukkan bahwa kondisi fisikokimia yang berada di 3 lokasi penelitian cenderung memiliki pH yang asam hingga netral yaitu berkisar 5,5 hingga 7 sedangkan tingkat kelembaban pada ekosistem karst terbilang sangat rendah dengan kisaran 1,2 hingga 3,24%.

Kemelimpahan *Actinomycetes*

Actinomycetes yang ditemukan tidak berasosiasi seluruhnya pada semua jenis tumbuhan namun hanya ada 8 isolat yang positif tergolong *Actinomycetes* yang terdistribusi pada jenis tumbuhan tertentu (Tabel 2).

Kemelimpahan populasi *Actinomycetes* pada rizosfer 5 jenis tumbuhan di tiga lokasi pengambilan sampel yaitu berkisar antara yang terendah 40 s/d 180 (CFU g) (Tabel 2). Populasi *Actinomycetes* pada 4 jenis tumbuhan menunjukkan variasi morfologi yang mengindikasikan sebagai jenis individu yang berbeda.

Tabel 2 Kemelimpahan *Actinomycetes*

TITIK SAMPLING	NAMA SAMPEL	KEMELIMPAHAN (CFU g)
DESA BANGGA	<i>Leucaena leucocephala</i>	60
	<i>M. Malabatrums</i>	180
DANAU LIMBOTO	<i>Imperata cylindrica</i>	40
OLOHUTA	<i>M. Tanarius</i>	120
	<i>Cycas rumpii</i>	40

Sumber Data Primer Diolah Tahun 2024

Pembahasan

Actinomycetes adalah kelompok bakteri gram positif yang hidup tersebar bebas di tanah, air, serasah serta tempat alami yang lain sekalipun di lingkungan tergolong ekstrim termasuk tanah karst (Hamdali *et al.* 2008). Keanekaragaman *Actinomycetes* cenderung dipengaruhi oleh faktor lingkungannya seperti faktor fisika, kimia dan biologi diantaranya pH tanah, kelembaban, suhu, serta senyawa kimia tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemelimpahan *Actinomycetes* cenderung sama pada rizosfer setiap jenis tumbuhan di ekosistem karst Gorontalo. Kepadatan populasi tertinggi ditemukan pada isolat rizosfer tumbuhan *M. malabatrums* yaitu sebanyak 9×10^3 CFU g, sedangkan populasi terendah adalah pada rizosfer tumbuhan *Cycas rumpii* yaitu sebanyak 2×10^3 CFU g, Penelitian Syahril *et al.* (2023) menyebutkan bahwa pada rizosfer setiap jenis tumbuhan di ekosistem karst Gorontalo, kepadatan populasi tertinggi ditemukan pada isolat

rizosfer tumbuhan *Leucaena leucocephala* yaitu sebanyak 15×10^3 CFU g, sedangkan populasi terendah adalah pada rizosfer tumbuhan *Cycas rumphii* yaitu sebanyak 2×10^3 CFU g. Kemelimpahan *actinomycetes* dipengaruhi oleh faktor fisikokimia lingkungan diantaranya adalah pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH di ekosistem karst Bangga, Danau limboto dan olohuta cenderung sama pada kisaran pH 6,5 s/d 7,04 (netral). Hal ini mendukung untuk pertumbuhan *actinomycetes* yang dapat hidup pada kisaran pH netral hingga cenderung basa. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap aktivitas dan pertumbuhan bakteri. pH dapat mempengaruhi kerja enzim dan permeabilitas sel, yang kemudian akan berdampak pada metabolisme sekaligus terhadap pertumbuhan bakteri. Hal ini sejalan dengan penelitian Niyomvong et al., (2012) yang menyebutkan bahwa pada kondisi pH 6,5 hingga 7,0 indeks kepadatan populasi berada dikisaran $1,5 \times 10^4$ s/d 9×10^4 CFU g. *Actinomycetes* cenderung memiliki rentang hidup di kondisi pH netral-cenderung basa. Rentang derajat keasaman ideal untuk populasi *Actinomycetes* berada di kisaran pH antara 6,5 sampai 8,0. Sariat al. (2012) menyatakan bahwa populasi *Actinomycetes* yang ada di tanah dengan derajat keasaman asam (pH 5.14 - 6.16) masih bisa tumbuh, namun tidak optimal.

Faktor yang juga turut mempengaruhi kepadatan *actinomycetes* yaitu kelembaban. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa kelembaban di ekosistem karst Bangga, Danau limboto dan olohuta untuk masing-masing rizosfer tumbuhan adalah rendah (1,2% - 3,24%). *Actinomycetes* lebih cenderung menyukai tempat dengan tingkat kelembaban yang relatif rendah. Hal ini membuktikan bahwa di Ekosistem Karst Desa Bangga, Danau Limboto dan Olohuta termasuk ideal untuk pertumbuhan *Actinomycetes*

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kemelimpahan populasi *Actinomycetes* pada rizosfer 5 jenis tumbuhan di tiga lokasi pengambilan sampel cenderung sama yaitu dikisaran 40 CFU/g hingga 180 CFU/g.

5. ACKNOWLEDGE

Pertama tama ucapan terima kasih kepada Allah SWT. Karena tanpa izin dan kuasa-Nya penulis tidak akan mendapat kesempatan menyelesaikan karya tulis ini. Tak lupa juga kedua orang tua bapak Warno Pakaya dan ibu Marlin Radjak serta keluarga yang telah mendukung penulis baik secara moril maupun materil, tak luput juga kepada pembimbing tugas akhir penulis ibu Dr. Yuliana Retnowati, S.Si., M.Si. dan bapak Dr. Abubakar Sidik Katili, S.Pd., M.Sc. atas dukungan dan bimbingannya. Terima kasih pula kepada Jurusan Biologi serta dosen dosen. Ucapan terimakasih juga kepada rekan-rekan Biologi 2018 yang senantiasa memberi dukungan. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada JURNAL MIKHAYLA sebagai *publisher* artikel penulis.

6. REFERENCES

- Barreto, T.R., A.C.M. da Silva, A.C. F. Soares and J.T. de Souza. 2008. Population Densities and Genetic Diversity of *Actinomyces* Associated to the Rhizosphere of *Theobroma cacao*. *Brazilian Journal of Microbiology*. 39: 464-470
- Hamdali, H., B. Bouizgarne, M. Haudi, A. Lebrihi, M. Virole and Y. Ouhdouch. 2008. Screening for Rock Phosphate Solubilizing Actinomyces from Moroccan Phosphate Mines. *App. Soil Ecol.* 38: 12-19
- Irianto Koes. 2014. *Bakteriologi Medis, Mikologi Medis dan Virologi Medis*.
- Ismaeel NA, OM Finkel, F Glaser, I Sharon, R Schneider, AF Post, JL Spudich, C. Mering, JA Vorholt, D Iluz, O Beja, S Belkin. 2012. Microbial rhodopsins on leaf surface of terrestrial plants. *Environmental Microbiology* 14 (91): 140-146
- Karthikeyan N, K. Pandiyan, P.K Suhu, N. Srinivasan, and U.B. Singh. 2018. Actinomycetes: A Promising Tool For Plant Growth Promotion and Disease Control. *Internasional Journal Of Current Microbiology And Applied Science*. 7(7):2418-2429
- Katili A.S., And Y. Retnowati 2017. Isolation Of *Actinomyces* From Mangrove Ecosystem In Torosiaje, Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas*. 18(2):826-833
- Nasution Rizki Amelia. 2018. Identifikasi Bakteri Rhizosfer yang Memiliki Kemampuan Penghasil Fitoormon IAA Selama Fase Pertumbuhan Ubi Cilembu. *Grahatani*. 4(2): 622-628
- Nasution Rizki Amelia. 2018. Identifikasi Bakteri Rhizosfer yang Memiliki Kemampuan Penghasil Fitoormon IAA Selama Fase Pertumbuhan Ubi Cilembu. *Grahatani*. 4(2): 622-628
- Pan F., Y. Liang, W. Zhang, J. Zhao, And K. Wang. 2018. Enhanced Nitrogen Availability In Karst Ecosystems By Oxalic Acid Release In The Rhizosphere. *Front Plant Sci*, 7: 687
- Retnowati Y., L. Sembiring, S. Moeljopawiro, T.S. Djohan, S.S. Soetarto. 2017. Diversity of Antibiotic-producing *Actinomyces* in Mangrove Forest of Torosiaje, Gorontalo. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 18(4): 1453-146.
- Retnowati Y., L. Sembiring, S. Moeljopawiro, T.S. Djohan, S.S. Soetarto. 2018. Antimicrobial Activities Of *Actinomyces* Isolates From Rhizospheric Soils In Different Mangrove Forests Of Torosiaje, Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas*. 9(6): 2196-2203
- Syahril, Ledy. M.Y, Wurnangsi D.U, A.S. Katili and Yuliana Retnowati. 2023. Distribution of Rhizoplane *Actinomyces* on Karst Ecosystem of Gorontalo, Indonesia. *Microbiol Indones*. Vol 17, no.1
- Sylvia D, Furr Rahman J, Harlel P, Zubener D. 2005. *Principels and Application of Soil Microbiology*. Pearson Education INS. New Jersey

- Vurukonda Sai Shiva Krishna Prasad, Davide Giovanardi and Stefani Emilio. 2018. Plant Growth Promoting and Biocontrol Activity of *Streptomyces* spp. as Endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*. 19, 952; doi:10.3390
- Waluyo, Lud. 2018. *Mikrobiologi Umum*. Malang: UMM Press