

KERAGAMAN BAKTERI POTENSIAL PADA TANAH SAWAH DENGAN SISTEM PERTANIAN ALAMI DAN SISTEM KOVENSIONAL

DIVERSITY OF POTENTIAL BACTERIA IN PADDY FIELD WITH NATURAL AND CONVENTIONAL FARMING SYSTEMS

Hadija^{1*}, Tutik Kuswinanti², Muhammad Jayadi³, dan Sitti Halimah Larekeng⁴

¹Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Muslim Maros, Maros.

²Departemen Ilmu Hama Dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

³Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar, Makassar.

⁴Departemen Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin Makassar, Makassar.

*Corresponding Author. E-mail address: dhija01@gmail.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 5 September 2024

Direvisi: 9 Oktober 2024

Disetujui: 12 Januari 2024

KEYWORDS:

Chemodiversity, clustering,
functional bacteria, rice fields,
soil quality.

ABSTRACT

*One of the causes of the rising use of chemical inputs is the high index of rice farming in Indonesia. It constitute a few of the factors contributing to Indonesia's declining rice fields' quality. This study aimed to classify and identify the diversity of potential bacteria in the rhizosphere of rice plants. Methods this research used the enumeration method, biochemical test (bacteria characterization), and bacterial clustering. Further analysis of the clustering results is molecular identification to identify potential bacteria to the species level. The second location used a natural farming approach to calculate the amount of bacteria, the largest overall number of bacteria. The lowest number of isolates was obtained at a location with a conventional system. Thirty-two pure isolates were isolated from two rice fields in Sallasee Village, Bulukumba Regency. After clustering potential bacteria, six potential bacterial isolates were obtained in location two with natural farming systems. These bacteria are potential because they can fix nitrogen, dissolve phosphate, IAA, cellulosic enzymes, and catalase enzymes. Results Molecular species identification found three species of *Bacillus Subtilis* (LK.2.5, LK.2.12, and LK.2.1), also found two species of *Brevundimonas* with different species, namely (LK.2.13) isolate and *Brevundimonas diminuta* strain BZC3 isolate LK. 2.8. Meanwhile isolate LK.2.2 was identified as a *Pseudomonas azotoformans* strain S4. The similarity of identified bacterial species is between 97% - 99% with the Gen Bank data at NCBI. The functional ability of each bacterium varies greatly depending on the species and strain of each bacterium.*

ABSTRAK

KATA KUNCI:

Bakteri fungsional,
klasterisasi, keragaman,
kualitas tanah, sawah.

Tingginya indeks pertanian padi di Indonesia merupakan salah satu alasan meningkatnya penggunaan input kimia. Hal ini menjadi salah satu penyebab menurunnya kualitas tanah sawah di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah mengklasifikasikan dan mengidentifikasi keragaman bakteri potensial pada rizosfer tanaman padi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode enumerasi, uji biokimia (karakterisasi bakteri), dan klasterisasi bakteri. Analisis lebih lanjut dari hasil pengelompokan adalah identifikasi molekuler untuk mengidentifikasi bakteri potensial hingga tingkat spesies. Dari hasil perhitungan jumlah bakteri, jumlah total bakteri tertinggi diperoleh pada lokasi yang dilakukan di lokasi dengan sistem pertanian alami. Jumlah isolat terendah diperoleh pada lokasi dengan sistem konvensional. Sebanyak 33 isolat murni berhasil diisolasi dari dua lokasi persawahan di Desa Sallasee, Kabupaten Bulukumba. Setelah dilakukan pengelompokan bakteri potensial, diperoleh enam isolat bakteri potensial pada lokasi dengan sistem pertanian alami. Keenam bakteri tersebut berpotensi karena dapat menambat nitrogen, melarutkan fosfat, IAA, enzim selulosa, dan enzim katalase. Hasil identifikasi spesies secara molekuler ditemukan tiga spesies *Bacillus Subtilis* (LK.2.5, LK.2.12, dan LK.2.1), juga ditemukan dua spesies *Brevundimonas* dengan spesies yang berbeda, yaitu isolat (LK.2.13) dan *Brevundimonas diminuta* strain BZC3 isolat LK. 2.8. Sementara itu isolat LK.2.2 diidentifikasi sebagai *Pseudomonas azotoformans* strain S4. Kemiripan spesies bakteri yang teridentifikasi antara 97% - 99% dengan data Gen Bank di NCBI. Kemampuan fungsional setiap bakteri sangat bervariasi tergantung pada spesies dan strain masing-masing bakteri.

1. PENDAHULUAN

Keanekaragaman mikroba tanah merupakan indikator sensitif kualitas tanah (Wang *et al.*, 2020), selain faktor lain seperti iklim (suhu, curah hujan dan kelembaban), dan ketersediaan unsur hara. Bakteri tanah fungsional berperan penting dalam jaring-jaring makanan (Mahanty *et al.*, 2017). Bakteri tanah juga dapat menjadi komponen integral dari model sistem ekosistem yang berkaitan dengan keanekaragaman mikroba dan fungsi ekosistem (Wood *et al.*, 2015). Sistem pengelolaan lahan pertanian sangat mempengaruhi keragaman mikroba tanah (Kumar *et al.*, 2014). Penggunaan input kimia yang tinggi dan terus menerus merupakan faktor yang signifikan dalam penurunan jumlah dan keragaman mikroba tanah (Setyorini *et al.*, 2010; Pambudi *et al.*, 2017). Dalam beberapa dekade terakhir, banyak negara mulai mengubah sistem pertanian menjadi sistem yang melestarikan tanah secara berkelanjutan (Wang *et al.*, 2017).

Peran mikroorganisme tanah yang paling krusial adalah mengubah proses kimiawi pada suatu lahan, dimana senyawa-senyawa organik menjadi organik atau melalui proses mineralisasi (Delgado-Baquerizo *et al.*, 2018). Bakteri fungsional banyak ditemukan di sekitar rizosfer karena berasosiasi langsung dengan tumbuhan dan memberikan fungsi biokimianya (Kuang *et al.*, 2018). Bakteri rizosfer dapat memberikan pengaruh pada proses metabolisme tanaman yang memberikan dampak pada fase pertumbuhan dan perkembangan sehingga dampaknya dapat dilihat pada hasil produksi (Hadija *et al.*, 2021). Peningkatan pertumbuhan tanaman dapat dicapai dengan langsung menerapkan rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman ke benih atau tanaman (Sudarmini, 2013).

Rizosfer tumbuhan adalah bagian tanah yang menutupi permukaan akar tumbuhan dan merupakan habitat berbagai jenis bakteri (Rhizobakteria) (Vandana *et al.*, 2017). Akar tumbuhan merupakan organisme tanah mengingat hubungan simbiosis dan interaksinya dengan komponen tanah lainnya. Rhizobakteria berperan penting dalam ekosistem tanah diantaranya mengatur dan menyediakan hara untuk tanaman, menjaga stabilitas kesuburan tanah melalui siklus hara, melakukan perlindungan terhadap berbagai penyakit (terutama daerah perakaran), memproduksi berbagai hormone pertumbuhan seperti IAA, melarutkan fosfat dan berbagai unsur hara lainnya, menambat nitrogen. Rhizobakteria dapat dikatakan berperan dalam kualitas dan Kesehatan tanah (Bünemann *et al.*, 2018).

Hubungan timbal balik antara mikroba dan tanaman sangat penting untuk siklus nutrisi (Singh, 2013). Karena siklus nitrogen (N) adalah unsur hara pembatas di tanah, nitrogen dari atmosfer hanya dapat digunakan oleh tanaman setelah difiksasi dalam bentuk amonium dengan bantuan mikroba penambat nitrogen (Hadija; Dalya, 2018). Sementara sebagian besar sistem pertanian saat ini mengandalkan pupuk buatan, ada kebutuhan lingkungan yang sangat besar untuk mengurangi penambahan bahan kimia dan sebaliknya kembali ke pertanian yang lebih mengandalkan komunitas mikroba potensial. Oleh karena itu, mikroba potensial tetap penting untuk sistem yang dikelola dan alami. Mikroorganisme mempromosikan dan meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman dan mengurangi kebutuhan pupuk (Schloter *et al.*, 2018). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui jumlah dan keanekaragaman bakteri potensial dari rizosfer tanaman padi, sehingga keanekaragaman bakteri tanah dapat dijadikan sebagai informasi awal untuk menentukan kualitas tanah dan dapat digunakan secara lebih luas di bidang pertanian.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Sampling Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada daerah *rhisosfer* padi, pada dua lokasi dengan system budidaya berbeda. Penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan (Oktober 2021 – Maret 2022) di Desa Sallassae, kabupaten bulukumba, Propinsi Sulawesi Selatan.

Sampel tanah pada kedua lokasi tersebut diambil di sekitar rizosfer sebanyak 50 g. Sampel tanah diambil dari dua titik yang telah ditentukan dengan menggunakan metode random sampling (Doe, 1962). Sampel tanah yang telah homogen disimpan pada plastik sampel steril. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Bioteknologi, Departemen Ilmu Tanah, Universitas Hasanuddin, Makassar. Analisis Molekuler dari isolate bakteri potensial terpilih dilakukan pada laboratorium Mikrobiologi terapan Syah bandar Alam, Selangor, Malaysia.

2.2 Enumerasi dan Isolasi Bakteri Rhizosper

Metode Enumerasi mikroba tanah menggunakan teknik pengenceran bertingkat (Stolp dan Starr, 1981). Pengenceran dan isolasi sampel bakteri rhizosper yang telah dikomposisikan hingga homogen, kemudian ditimbang 10 g tanah, pada tabung reaksi 100 ml yang telah berisi sampel tanah kemudian dilarutkan dalam 95 mL NaCl 0,85%, selanjutnya ditambahkan satu tetes tween 80 steril. kemudian divortex selama dua menit. Setelah larutan homogen, kemudian dilakukan pengenceran secara bertahap 10^{-4} hingga 10^{-7} . Setelah diencerkan, suspensi tanah tersebut diencerkan secara berseri (10^{-4} dan 10^{-7}) selanjutnya dikulturkan media agar (NA) dengan teknik *pour plating* dalam cawan petri. Inkubasi selanjutnya dilakukan selama kurang lebih tiga hari, pada suhu 25 °C dalam cawan petri terbalik. Koloni yang dapat dihitung dalam kisaran 20 – 300 koloni jika kurang dari itu tidak dapat dilanjutkan untuk menghitung jumlah total (Stolp and Starr, 1981). Koloni dihitung dengan teknik hitung lempeng total menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah Bakteri (CFU) g}^{-1} = \frac{(\text{Total Koloni}) \times (\text{Fp})}{\text{BK tanah}} \quad (1)$$

Keterangan: Fp = Faktor pengenceran dalam cawan petri yang koloninya dihitung, BK = Berat Kering sampel tanah (g).

2.3 Uji Kemampuan Bakteri Menambat Nitrogen

Uji kemampuan bakteri penambat nitrogen dilakukan dengan mengekskresikan amonium pada dua media pertumbuhan yaitu Burks dan Ashby. Isolat bakteri murni pada tabung reaksi disuspensi dengan 5 mL media cair, kemudian diambil 1 mL kemudian diinokulasikan ke dalam erlenmeyer yang berisi 29 mL media cair, kemudian diinkubasi dengan cara sentrifugasi selama 24 jam pada suhu 27 °C. Waktu inkubasi ini adalah ketika sel bakteri diperkirakan berada pada fase pertumbuhan eksponensial dan memasuki fase stasioner. Setelah 24 jam inkubasi, sampel diambil dan disentrifugasi pada 13.000 rpm selama 15 menit. Tiga mL supernatan diambil dan diatur pH 11 dengan penambahan NaOH 1 N, kemudian ditambahkan 0,07 mL EDTA, 0,07 mL sodium potassium tartrate, dan 0,13 mL reagen Nessler kemudian dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu 25 °C (Colin et al., 1989).

2.4 Uji Kemampuan Bakteri Melarutkan Fosfat

Pada tahap pengujian bakteri pelarut fosfat, bakteri yang berhasil ditumbuhkan pada media *phiskoskaya* menggunakan metode streak plate (Bakken, 1985), selanjutnya dilakukan inkubasi kurang lebih 2x24 jam pada suhu 55 °C. Isolat bakteri yang berhasil ditumbuhkan kemudian diukur nilai *Optical Density* (OD), pengukuran OD harus menunjukan nilai absorbansi satu. Nilai OD satu pada isolat-isolat yang diuji akan ditumbuhkan pada berbagai nilai pH (5-9) kemudian akan diuji kemampuan melarutkan fosfat dengan metode uji menggunakan Asam Askorbat (Sylvia et al., 2005). Setiap sampel yang diuji diambil satu ose kemudian diencerkan dalam 10 mL aquades kemudian dihomogenkan. Sebanyak 2 mL supernatant diambil untuk direaksikan dengan 0,5 mL pereaksi asam askorbat. Selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 880 nm. Hasil pengukuran selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan

kurva kalibrasi standar KH_2PO_4 untuk mendapatkan nilai pelarutan Fosfat pada isolat-isolat bakteri yang diuji.

2.5 Uji Kemampuan Indole Acetic Acid (IAA)

Metode spektrofotometer secara invitro yang akan digunakan dalam menguji kemampuan isolate bakteri dalam menghasilkan IAA (Sarwar et al., 1992). Isolat bakteri disuspensikan sebanyak 10 mL dengan standar Mc Farland dengan tingkat kepadatan suspensi bakteri adalah 10^8 CFU mL^{-1} . Sebanyak 3 mL suspensi bakteri kemudian dimasukan pada 17 mL media *Luaria Bertani* (LB) cair dan ditambahkan *L-tryptofan* (Bric et al., 1991). Suspensi tersebut direplikasi dua kali dan diinkubasi pada 28°C , dan selanjutnya disentrifugasi kurang lebih enam hari dalam shaker dengan kecepatan 100 rpm. Selanjutnya dihitung jumlah koloni bakteri dengan menggunakan metode *Standar Plate Count* (SPC). Jumlah bakteri yang telah dihitung selanjutnya akan dianalisis kadar IAA dengan cara mengambil 3 mL cairan kultur kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 5500 rpm selama 10 menit. Hasil supernatant yang didapatkan kemudian dimasukan dalam tabung reaksi steril untuk dilakukan pengujian bakteri dalam menghasilkan IAA. Pengujian IAA ini menggunakan metode kolorimetri yang ditambahkan pereaksi Salkowski dengan perbandingan 4:1 (Supernatan : Salkowski), suspensi selanjutnya diinkubasi selama 20 menit, setelah itu spektrofotometer yang dihasilkan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 535 nm. Analisis konsentrasi IAA dihitung dengan persamaan regresi linier dengan menggunakan kurva standar IAA.

2.6 Uji Enzim Selulase

Isolat bakteri yang berhasil ditumbuhkan pada suhu 37°C selama 48 jam pada media *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) (Soeka et al., 2019). Metode *Congo Red* yang akan digunakan dalam mengukur aktivitas enzim selulolitik. Pengujian aktivitas selulolitik dilakukan dengan menggunakan metode *Congo Red*. Dalam biakan ditambahkan larutan *Congo Red* (0,1% b/v) kemudian disimpan selama 15 menit selanjutnya larutan pada biakan dibuang dan dibilas dengan NaCl 0,2 M diulang tiga kali selama 15 menit. Hal ini bertujuan untuk membersihkan *Congo Red* yang tidak terikat dalam polisakarida. Tahap selanjutnya adalah untuk mendapatkan penyempurnaan zona bening dilakukan inkubasi selama 48 jam pada suhu 40°C . Indeks aktivitas selulosa dapat dilakukan dengan mengukur rasio diameter zona bening dari diameter koloni. Luas zona bening yang terbentuk menunjukkan adanya aktivitas enzim selulosa.

2.7 Uji Enzim Katalase

Uji katalase berguna untuk mengidentifikasi bakteri yang menghasilkan enzim *katalase*. Uji *Katalase* dilakukan dengan cara mengambil 1 ose isolate bakteri murni, kemudian isolat bakteri dicelupkan kedalam tabung reaksi yang berisi reagen hydrogen peroksida (H_2O_2) dengan konsentrasi 3%. Hasil positif dengan terbentuknya gelembung udara dan sebaliknya hasil negatif jika tidak terbentuknya gelembung udara.

2.8 Clusterisasi Bakteri Fungsional

Pengelompokan bakteri potensial dilakukan dengan pengelompokan berdasarkan uji yang dilakukan, antara lain: Bakteri Penambat Nitrogen, Bakteri pelarut Fosfat, IAA, Enzim Selulase, dan Katalase. Analisis Clustering ini menggunakan diagram Venn clustering menggunakan web tool dari Ugent: (http://bioinformatics.psb.ugent.be/cgi-bin/liste/Venn/calculate_venn.html).

2.9 Identifikasi Molekuler dari Isolat Bakteri Terpilih

Identifikasi isolat bakteri terpilih dari isolate bakteri potensial, kemudian dikirim ke Laboratorium Shn Bhd, Syah Alam, Selangor, Malaysia. Identifikasi molekuler isolat bakteri dilakukan untuk mengetahui urutan basa DNA. Akibatnya, sekuen basa DNA dari isolat bakteri kemudian diselaraskan dengan data Gen Bank ([HTTP://www.NCBI.Nlm.nih.gov](http://www.NCBI.Nlm.nih.gov)), menggunakan program BALST-N.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Total Kelimpahan Bakteri Tanah Sawah

Hasil kelimpahan dan keragaman bakteri tanah sawah di dua lokasi dengan sistem pertanian dengan input kimia untuk lahan sawah. Lokasi kedua menggunakan sistem bercocok tanam dengan input bahan organik berupa kompos (padat dan cair). Hasil Penelitian yang diperoleh di lokasi dengan sistem budidaya alami menunjukkan jumlah bakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi dengan teknik konvensional (Tabel 1).

Jumlah total isolat yang ditemukan pada sistem pertanian konvensional adalah 11 isolat murni dengan jumlah bakteri yang tidak terbatas sebanyak 288×10^6 CFU g^{-1} tanah. Pada sistem pertanian alami dengan aplikasi pupuk kompos lengkap, jumlah isolat yang berhasil diisolasi sebanyak 22 isolat murni dengan jumlah total bakteri sebanyak 481×10^6 CFU g^{-1} tanah. Perbedaan sistem pengelolaan pertanian di lokasi penelitian mempengaruhi jumlah total bakteri dan jumlah isolat bakteri.

Tanah sawah dengan tingkat pengelolaan yang intensif sehingga input ke sawah relatif tinggi, baik pupuk maupun pestisida (Saraswati *et al.*, 2004; Arief *et al.*, 2016). Sebagian besar input yang digunakan di sawah masih menggunakan input kimia. Input dengan menggunakan bahan kimia dalam jangka waktu yang lama akan memberikan pengaruh pada kualitas tanah (Padmawati *et al.*, 2017). Studi ini menunjukkan bahwa sistem konvensional memiliki jumlah bakteri yang lebih rendah daripada sistem pertanian alami di lahan sawah. Sistem pengelolaan lahan sangat mempengaruhi jumlah mikroorganisme tanah, termasuk pupuk.

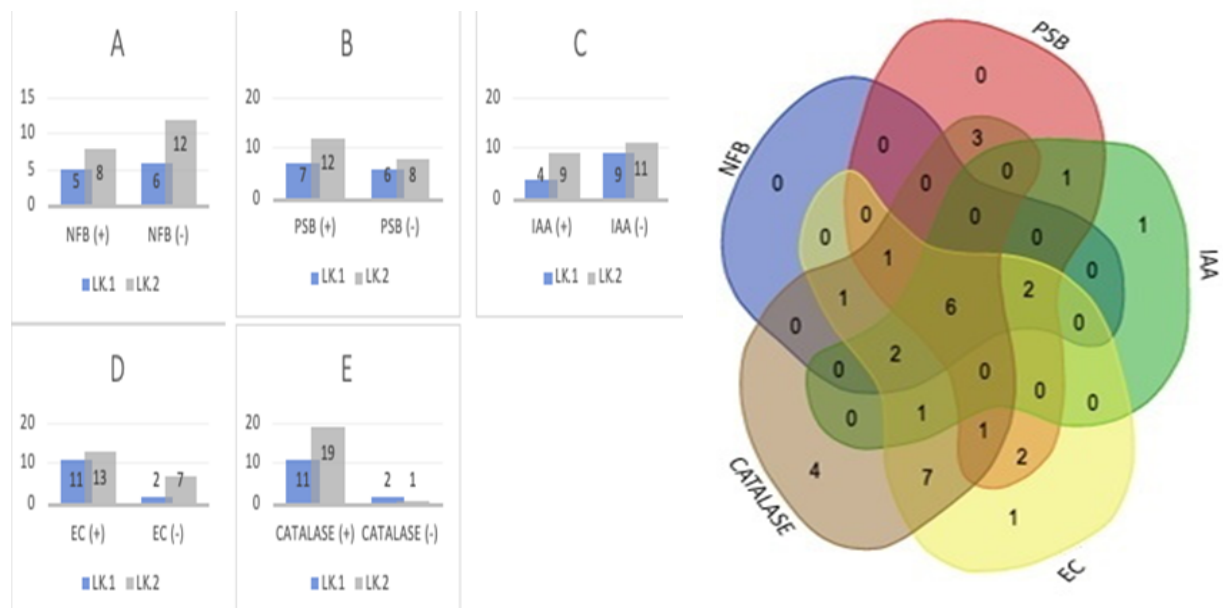
Hasil penelitian dari (Prihastuti, 2011) menunjukkan bahwa sistem budidaya padi dengan aplikasi pupuk organik dapat meningkatkan jumlah bahan organik dan biomassa mikroorganisme tanah, keduanya merupakan indikator penting kualitas tanah (Nannipieri *et al.*, 2003). Studi ini juga melaporkan bahwa sistem alam telah memberikan kondisi yang cukup baik bagi mikroba potensial untuk berada di lokasi tersebut, ini membuktikan bahwa praktik pertanian alami menyediakan kondisi lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan mikroba potensial. Hasil penelitian ini mendukung manfaat penerapan pupuk kompos yang tepat untuk mendukung pengelolaan tanah yang berkelanjutan (Sun *et al.*, 2015).

3.2 Karakterisasi Bakteri Fungsional

Dari dua lokasi pengamatan diperoleh 33 isolat. Isolat-isolat tersebut kemudian diuji kemampuan fungsionalnya dengan uji biokimia, antara lain: Uji Kemampuan Memperbaiki Nitrogen, Uji Kemampuan Melarutkan Fosfat, Uji IAA, Uji Enzim, dan Uji Katalase (Gambar 1).

Tabel 1. Hasil Perhitungan Total Jumlah Bakteri Tanah Sawah pada Lokasi Penelitian

Lokasi sawah	TPC (CFU g^{-1})	Isolasi Murni	pH
Konvensional	288×10^7	11	5.8
Pertanian alami	481×10^7	22	6.5



Gambar 1. Pola Distribusi dan hasil Klasterisasi isolat yang diuji: BNP (A), BPF (B), IAA (C), Enzim Selulotik (D), Enzim Katalase (E).

Karakteristik isolat bakteri menunjukkan sebaran bakteri potensial di lokasi penelitian yang bereaksi positif terhadap pengujian yang dilakukan. Kemungkinan hasil uji bakteri ditemukan di lokasi kedua dengan sistem pertanian alami. Hasil uji pengikat nitrogen (A) delapan isolat bakteri bereaksi positif, untuk bakteri pelarut fosfat (B) 12 isolat bakteri memberikan reaksi positif, bakteri positif memiliki enzim IAA (C) terdapat sembilan isolat bakteri, potensial di lokasi penelitian yang bereaksi positif terhadap pengujian yang dilakukan. Kemungkinan hasil uji bakteri ditemukan di lokasi kedua dengan sistem pertanian alami. Hasil uji pengikat nitrogen (A) delapan isolat bakteri bereaksi positif, untuk bakteri pelarut fosfat (B) 12 isolat bakteri memberikan reaksi positif, bakteri positif memiliki enzim IAA (C) terdapat sembilan isolat bakteri, Kemampuan dan karakter yang diuji kemudian dilanjutkan dengan analisis yang memilih isolat dengan potensi terbaik. Analisis pemilihan isolat tersebut dilakukan dengan menggunakan diagram Venn menggunakan web tool dari Ugent (http://bioinformatics.psb.ugent.be/cgi-bin/liste/Venn/calculate_venn.html).

Isolat yang diperoleh dari hasil analisis klasterisasi dari distribusi uji yang dilakukan diperoleh 33 isolat terpilih pada Gambar 1 (LK2.15, LK2.13, LK2.2, LK2.5, LK2.8, LK2.5, LK2.15), Dari enam isolat terpilih, semua isolat diperoleh dari lokasi kedua yaitu lokasi dengan sistem pertanian alami. Semua input sistem ini menggunakan bahan alami seperti kompos padat atau pupuk cair. Begitu banyak faktor yang mempengaruhi jumlah dan keragaman komunitas mikroba sehingga sulit untuk menentukan masalah yang sebenarnya. Kepadatan populasi mikroba terkait dengan dekomposisi dan sistem pertukaran air dan udara tanah (Wegari dan Amin, 2020). Asumsinya adalah semakin besar kepadatan mikroba tanah, sampai batas tertentu dapat menyebabkan penguraian bahan organik menjadi lebih cepat dibandingkan dengan populasi yang lebih kecil.

Hasil karakterisasi ini menggambarkan bahwa terdapat enam isolat bakteri (Gambar 1; Tabel 2) yang dapat melarutkan fosfat, memfiksasi nitrogen, menghasilkan hormon pertumbuhan (IAA), menghasilkan enzim katalase dan enzim selulosa (Lk2.15, LK2.13, LK2.2, LK2.6, LK2.5, dan LK2.12). Semua bakteri potensial (enam bakteri) ditemukan di lokasi persawahan kedua, yaitu lokasi dengan praktik dengan sistem pertanian alami.

Tabel 2. Deskripsi Karakterisasi Bakteri Tanah Padi

Keterangan	Isolasi Total	Isolasi Kode
PSB, NFB, EC, IAA KATALASE	6	LK.2.15, LK.2.13, LK.2.2, LK.2.8, LK.2.5, LK.2.12
PSB, NFB, EC, IAA	2	LK.2.17, LK.2.1
PSB, NFB, KATALASE	1	LK.1.13
PSB, NFB, IAA, KATALASE	2	LK.1.6, LK.1.11
NFB, EC, KATALASE	1	LK.1. 12
PSB, EC, KATALASE	1	LK.1.1
IAA, EC, KATALASE	1	LK.1.7
IAA, PSB	1	LK.1.3
PSB, EC	2	LK.2.22, LK.1.8
PSB, KATALASE	3	LK.2.3, LK.2.16, LK.1.4
EC, KATALASE	7	LK.1.9, LK.2.7, LK.2.4, LK.1.5, LK.1.2, LK.2.10, LK.2.6
IAA	1	LK.2.21
EC	1	LK.2.20
Katalase	4	LK.1.10, LK.2.9, LK.2.14, LK.2.11

Keterangan: LK= Lokasi; EC= Enzim; PSB= Bakteri Palarut Phosfat; NFB= Bakteri Penambat Nitrogen; IAA=Indole Acetic Acid.

Mikroba tanah potensial yang ditemukan di lokasi penelitian berperan penting dalam siklus nitrogen penyerapan fosfat. Selain itu, secara langsung maupun tidak langsung, beberapa jenis bakteri dapat membantu proses penguraian bahan organik, menghasilkan hormon pertumbuhan, dan sebagai penjaga ekosistem untuk menghasilkan bahan makanan yang berkualitas bagi hewan dan manusia. Saat ini, semua kegiatan pertanian mulai mengarah pada sistem pertanian yang lebih menjanjikan secara ekologis dan mampu menguntungkan secara ekonomi. Siklus mikroba dalam tanah yang berinteraksi dengan tanaman merupakan faktor yang paling menentukan dalam siklus hara, produktivitas tanaman, dan kualitas tanah. Keanekaragaman mikroba tanah juga dapat digunakan sebagai parameter yang paling sensitif dalam menilai kualitas tanah. Ini dapat digunakan sebagai indikator tercepat dan paling awal dalam mengurangi kerusakan lingkungan tanah. Keanekaragaman mikroba tanah juga dapat digunakan sebagai parameter yang paling sensitif dalam menilai kualitas tanah (Hadija *et al.*, 2023). Ini dapat digunakan sebagai indikator tercepat dan paling awal dalam mengurangi kerusakan lingkungan tanah. Keanekaragaman mikroba tanah juga dapat digunakan sebagai parameter yang paling sensitif dalam menilai kualitas tanah.

4. KESIMPULAN

Sistem pertanian alami dan konvensional di lahan sawah mempengaruhi jumlah total dan keragaman bakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah total isolat bakteri tertinggi diperoleh pada lokasi kedua (sistem budidaya alami), dan terendah pada lokasi pertama (sistem konvensional). Jumlah keragaman bakteri potensial terbaik diperoleh pada sistem pertanian alami. Sistem Natural Farming di lokasi penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berpengaruh baik terhadap pertumbuhan mikroba potensial. Indikasi ini diharapkan dapat mempengaruhi indikator biologi untuk memperbaiki kualitas tanah. Selanjutnya akan dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat pengaruh dan hubungan keanekaragaman mikroba tanah dalam menentukan kualitas lahan sawah di lokasi penelitian.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jenderal Sumber Daya Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (752/UN4.22/PT.01.03/2021 dan 761/UN4.22/PT.01.0/2021), Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui program beasiswa Penelitian Disertasi Doktor.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bric, J. M., R. M. Bostock, S. E. Silverstone. 1991. Rapid in situ assay for indoleacetic acid production by bacteria immobilized on a nitrocellulose membrane. *Appl Environ Microbiol.* 57:535–538.
- Bünemann, E. K., G. Bongiorno, Z. Bai, R. E. Creamer, G. D. Deyn, R. D. Goede, L. Fleskens, V. Geissen, T. W. Kuyper, P. Mäder, M. Pulleman, W. Sukkel, J. W. V. Groenigen, L. Brussaard. 2018. Soil quality – a critical review. *Soil Biol Biochem.* 120:105–125.
- Colin, B., D. South, I. Kakas, S. Westland, S. I. Kakas, W. Valley, K. Ridge, N. Zealand, S. Behaviour, T. Kakas. 1989. The determination of nitrogen in agricultural materials by the nessler reagent. *Notornis.* 1530:65–71.
- Doe, J. 1962. Soil map of the world. *Soil Horizons.* 3:20.
- Hadija, Dalya, N. M. J. M. Nadir. 2018. The abundance of soil microorganisms after planting rice with different fertilization systems. *J Biol Agric Healthc.* 8:61–65.
- Hadija, T. Kuswinanti, M. Jayadi, S.T. Larekeng. 2023. Soil function analysis in determining the soil quality index of paddy fields in salassae village, bulukumba regency, South Sulawesi Province, Indonesia. *Agricultural Science Digest - A Research Journal.* 43:40–45.
- Kumar, A., B. R. Maurya, R. Raghuwanshi. 2014. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatal Agric Biotechnol.* 3:121–128.
- Mahanty, T., S. Bhattacharjee, M. Goswami, P. Bhattacharyya, B. Das, A. Ghosh, P. Tribedi. 2017. Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research.*
- Pambudi, A., Susanti., & T. W. Priambodo. 2017. Isolasi dan karakterisasi bakteri tanah sawah di desa. *Al-Kauniyah: Journal of Biology.* 10:105–113.
- Sarwar, M., M. Arshad, D. A. Martens, W. T. Frankenberger. 1992. Tryptophan-dependent biosynthesis of auxins in soil. *Plant Soil.* 147:207–215.
- Schlöter, M., P. Nannipieri, S. J. Sørensen, J. D. V. Elsas. 2018. Microbial indicators for soil quality. *Biol Fertil Soils.* 54.
- Setyorini, D., S. Rochayati, I. Las. 2010. *Pertanian pada Ekosistem Lahan Sawah*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 27–45.
- Singh, R. K. S. 2013. Determination of nitrogen fixing capacity of bacteria isolated from the rhizosphere soil of *Crotalaria pallida* from the valley Districts of Manipur, India. *IOSR J Pharm Biol Sci.*
- Stolp, H., M. P. Starr. 1981. Principles of isolation, cultivation, and conservation of bacteria history of microbiology as related to isolation and cultivation of. *The Prokaryotes.* 135–175.
- Sudarmini, D.P. 2013. Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat penginduksi iaa (indol acetic acid) untuk peningkatan pertumbuhan kedelai (*Glycine max*). *J Chem Inf Model.* 53:1–19.
- Sylvia, D. M., J. J. Fuhrmann, P. G. Hartel, and D. A. Zuberer. 2005. Principles and applications of soil microbiology. second ed. *Pearson, Upper Saddle.* 41–51.
- Vandana, U. K., A. Chopra, S. Bhattacharjee, P. B. Mazumder. 2017. *Microbial Biofertilizer: A Potential Tool for Sustainable Agriculture.*
- Wang, Y., Q. Huang, C. Liu, Y. Ding, L. Liu, Y. Tian, X. Wu, H. Li, M. K. Awasthi, Z. Zhao. 2020. Mulching practices alter soil microbial functional diversity and benefit to soil quality in orchards on the Loess Plateau. *J Environ Manage.* 271:110985.
- Wang, Y., C. Li, C. Tu, G. D. Hoyt, J. L. DeForest, S. Hu. 2017. Long-term no-tillage and organic input management enhanced the diversity and stability of soil microbial community. *Science of the Total Environment.* 609:341–347.