



Karakteristik dan Potensi Bakteri Rhizosfer Penghasil *Indole Acetic Acid* yang Berasosiasi dengan Tanaman Kopi (*Coffea spp.*)

Ervinda Yuliatin^{1,2*}, Mamluatul Faizah³

¹Program Studi Biologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda

²Laboratorium Mikrobiologi dan Genetika Molekuler, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda

³Progam Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medik, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Banyuwangi, Banyuwangi

*Corresponding author: eyuliatin@fmipa.unmul.ac.id

Article History

Received : 20 June 2023

Approved : 16 July 2023

Published : 22 July 2023

Keywords

IAA, density, diversity index, PGPR.

ABSTRACT

Coffee (*Coffea spp.*) consumption increased faster than five years ago. However, coffee production availability declined due to the limited field, soil nutrient deficiency, and chemical fertilizer. The aimed research was to obtain a bacteria-producing IAA hormone isolate and to evaluate its density and diversity in improving soil quality and fertility for coffee growth. The rhizosphere soil samples were collected around the coffee plantation in UBF at Sumberwangi, Malang. The sample was isolated using serial dilution on 0.85% NaCl and spread on a Tryptic soy agar medium. The result revealed that the total number of bacteria-producing IAA was 36 isolates, and two isolates (TAS1.2 and TAS 2.6) had higher IAA hormone production at 60 ppm. The selected bacteria can be optimized for a candidate of bacteria-based fertilizer coffee production.

PENDAHULUAN

Kopi (*Coffea sp.*) dalam sektor perekonomian tergolong dalam tanaman potensial. Setiap tahun permintaan komoditas kopi terus meningkat di Indonesia. Produksi kopi terbanyak ketiga di Jawa Timur berada di Malang. Namun,

faktor curah hujan tinggi, lahan semakin terbatas dan penurunan kesuburan tanah berdampak pada penurunan jumlah produktivitas kopi di Malang pada tahun 2017-2018. Selain itu, pemanfaatan pupuk alami guna pengelolaan ketersediaan

nutrisi dan hasil produksi kopi belum optimal sehingga membutuhkan *booster* alami agar manfaat pupuk organik semakin maksimal (Suharjono & Yuliatin, 2022).

Universitas Brawijaya *Forest* (UBF) sebagai Hutan Pelatihan dan Penelitian Kopi Nasional melakukan inovasi penelitian untuk memperoleh sistem manajemen nutrisi tanah dan optimasi produksi kopi secara organik. Dengan adanya pengelolaan tanah yang sesuai diharapkan dapat mendukung produktivitas kopi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pemanfaatan pupuk organik sebagai pendukung pertumbuhan kopi sudah dilakukan menggunakan kompos. Namun, belum hasil produksi belum menunjukkan hasil yang signifikan.

Evaluasi tingkat kesuburan dan kualitas tanah dapat diukur menggunakan mikroba sebagai bioindikator alami. Mikroba yang memiliki kuantitas tertinggi di tanah yaitu bakteri (Yuliatin *et al.*, 2023), sehingga keberadaan bakteri dapat digunakan sebagai bioindikator kesehatan tanah. Bakteri rhizosfer yang berada di sekitar perakaran tanaman berkontribusi penting untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Pemanfaatan bakteri rhizosfer dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan jumlah koloni bakteri tanah sehingga proses mineralisasi dan dekomposisi bahan organik tanah maksimal dan tanaman dapat

ternutrisi dengan optimal dikenal sebagai PGPR (Moe, 2013).

Asosiasi bakteri PGPR pada tanaman dapat menghasilkan fitohormon dan metabolit sekunder yang diperlukan dalam pertumbuhan dan proteksi tanaman. Fitohormon yang diproduksi yaitu *Indole Acetic Acid* (IAA) oleh bakteri rizosfer terdapat hampir di semua jenis tanaman (Suharjono & Yuliatin, 2022). Estimasi bakteri rhizosfer memproduksi IAA sebesar 80%, hampir 98% berasal dari strain PGPR (Arruda *et al.*, 2013). Keberadaan PGPR pada akar tanaman menyebabkan PGPR hidup berkoloni di dekat maupun pada permukaan akar tanaman (Amutha *et al.*, 2014). Dengan adanya potensi tersebut, bakteri PGPR dapat dikembangkan sebagai solusi mengatasi penurunan produktivitas kopi di UBF.

Penelitian Suharjono & Yuliatin, (2022) terkait eksplorasi bakteri penghasil IAA yang berasosiasi dengan tanaman kopi yang berbeda di UBF menunjukkan karakteristik, densitas, indeks diversitas dan potensi penghasil IAA spesifik. Namun, informasi terkait karakteristik dan potensi bakteri penghasil IAA yang berasosiasi dengan tanaman kopi yang ternaungi dan tidak ternaungi oleh tanaman lainnya di UBF informasinya sangat terbatas. Dengan demikian, kajian ini dilakukan untuk mempelajari tingkat

densitas, diversitas, potensi bakteri penghasil IAA yang berinteraksi dengan tanaman kopi yang ternaungi dan tidak ternaungi tanaman tegakan lainnya menjadi penting untuk pengembangan pupuk organik berbasis bakteri penghasil IAA lokal untuk produktivitas tanaman kopi UBF.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Area dan Pengambilan Sampel

UBF terletak di area Lereng Gunung Arjuno, Desa Sumberwangi, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Lokasi pengambilan sampel pada titik koordinat '0676950 BT dan '9133723 LS/LU dengan ketinggian 1048 m dpl serta kelerengan 60% mengarah ke Tenggara. Jenis tanah di lokasi tergolong Inceptisol yang ditumbuhi oleh pohon pinus, pohon kopi, pohon cengkeh, pohon pisang dan sayur-sayuran. Pengambilan sampel dilakukan pada lokasi A (TA) yaitu tanaman kopi ternaungi langsung oleh pohon pinus sedangkan lokasi B (TB) kondisi tanaman kopi berada di lereng bawah tanpa naungan pohon pinus.

Sampel tanah (50 g) diambil (\pm 5 cm) dari perakaran tanaman kopi dengan kedalaman tanah 10 cm. Setiap lokasi pengambilan sampel terdapat 5 titik dengan tiga kali pengulangan. Jarak antar titik menyesuaikan dengan luas total lahan

pengambilan sampel. Sampel dari setiap pengulangan dikompositkan dalam kantong sampel sehingga total sampel yang dari dua lokasi berjumlah 6 sampel. Sampel tanah diberi label dan disimpan dalam box pendingin pada suhu 4-10°C. Kondisi suhu, kadar air, pH, bahan organik, dan diameter juga diukur sebagai faktor lingkungan di tempat pengambilan sampel.

Isolasi Bakteri Penghasil IAA

Tanah dari setiap sampel sebanyak 25 g dilarutkan dalam 225 mL larutan garam fisiologis NaCl 0,85 % secara serial pengenceran (10^{-1} hingga 10^{-6}). Suspensi tanah (0,1 mL) dari setiap tingkat pengenceran diinokulasikan pada permukaan media *Tryptic Soy Agar* (TSA) + triptofan 200 μ g/mL secara *spread plate* (inkubasi suhu 28 °C, 48 jam). Koloni bakteri yang tumbuh disetiap pengenceran dienumerasi angka lempeng total (TPC) untuk dibandingkan jumlah kelimpahan koloni bakteri dan dipresentasikan isolat yang mendominasi pada setiap lokasi pengambilan sampel. Diversitas komunitas bakteri penghasil IAA diukur menggunakan perhitungan indeks diversitas Simpson, yaitu dengan menghitung jumlah sel isolat dengan rumus (1) (Roswell *et al.*, 2021).

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \left(\frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \right) (1)$$

Keterangan:

D = Indeks Diversitas Simpson

n = Jumlah individu jenis ke-i

N = Jumlah total individu

s = Jumlah total spesies di dalam komunitas

Setiap isolat yang tumbuh dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis yaitu dengan mengamati morfologi koloni (bentuk koloni, tepi koloni, elevasi permukaan koloni, tekstur permukaan koloni, konsistensi permukaan, ciri optik dan warna koloni) sedangkan karakterisasi mikroskopis dilakukan dengan pewarnaan Gram dan pengamatan bentuk sel di bawah mikroskop (Varghese & Joy, 2014).

Potensi Bakteri Penghasil Hormon IAA

1. Uji Kolorimetri dengan Membran *Nitrocellulose*

Setiap satu ose isolat diinokulasikan ke dalam media *Tryptic Soy Broth* (20 mL) yang mengandung triptofan triptofan 100 µg/mL (inkubasi 72 jam, suhu 28 °C). Kemudian, suspensi kultur isolat (0,5 mL) ditumbuhkan pada media TSA yang mengandung 200 µg/mL menggunakan metode *spread plate*. Permukaan media TSA kemudian ditambahkan membran *nitrocellulose* (0,45 µ) (inkubasi 72 jam, suhu 28 °C). Kemudian isolat bakteri yang tumbuh pada permukaan membran *nitrocellulose* dipindahkan ke cawan petri baru untuk diteteskan reagen Salkowski (0,1 mL) lalu larutan diinkubasi gelap (30 menit). Perubahan warna membran

nutriselulosa diamati menggunakan sistem skor warna (**Tabel 1**) (Suharjono & Yuliatin, 2022).

Tabel 1. Sistem skor warna IAA

Warna	Skor
Merah pekat	4
Merah	3
Merah muda gelap	2
Merah muda pudar	1

2. Uji Kolorimetri dengan Reagen Salkowski

Isolat terpilih berdasarkan hasil skor warna IAA yang muncul diuji lebih lanjut secara kuantitatif. Media TSB (20 mL) + triptofan 200 µg/mL digunakan sebagai kultur starter. Satu ose setiap isolat bakteri diinokulasikan ke dalam medium (inkubasi 48 jam, suhu ruang). Kemudian, densitas kultur starter diukur pada panjang gelombang 535 nm. Nilai densitas optik semua isolat disetarakan berdasarkan nilai densitas terkecil kemudian diinkubasi kembali (waktu 24 jam, suhu ruang).

Kultur starter dengan densitas dan usia yang sama dipergunakan sebagai kultur produksi. Suspensi kultur starter (4 mL) diinokulasikan ke dalam media TSB 36 mL dengan penambahan 200 µg/mL dan diinkubasi pada suhu ruang. Setiap kultur produksi dipanen pada jam ke-0, 24, 48, 72, dan 96 jam dengan medium tanpa ditambahkan inokulum bakteri sebagai kontrol.

Setiap suspensi bakteri diambil 1,5 mL dan disentrifugasi (10.000 rpm, 10

menit). Hasil supernatan bakteri yang diperoleh ditambahkan reagen Salkowski 2 mL (inkubasi gelap, 1 jam) kemudian intensitas warna suspensi diukur menggunakan spektrofotometer ($\lambda = 535$ nm). Prosedur ini mengacu pada metode (Suharjono & Yuliatin, 2022).

Konsentrasi produksi IAA setiap isolat ditentukan menggunakan persamaan kurva standar IAA yang diperoleh dari serial konsentrasi IAA sintetik dengan penambahan Reagen Salkowski pada media TSB (Tabel 2). Adapun komponen kombinasi larutan produksi IAA sintetik pada Tabel 2. Berdasarkan persamaan $Y=ax+b$ kurva standar IAA, maka konsentrasi IAA yang diproduksi oleh setiap isolat dapat ditentukan.

Tabel 2. Produksi IAA sintetik sebagai kurva standar

Konsentrasi (ppm)	IAA sintetik (mL)	TSB (mL)
0	0	2
2	0,16	1,84
4	0,32	1,68
6	0,48	1,52
8	0,64	1,36
10	0,8	1,2
12	0,96	1,04
14	1,12	0,88
16	1,28	0,72
18	1,44	0,5
20	1,6	0,4

Analisis Data

Data dari setiap tahapan penelitian dianalisis menggunakan metode yang

beragam. Parameter lingkungan dianalisis menggunakan uji T-Test (SPSS V.20), data karakteristik isolat bakteri dianalisis kelompok dan kemiripan antar isolat melalui *clustering* (PAST3.1), data skor warna dan data produksi hormon IAA dianalisis ragam Two-way ANOVA (SPSS V.20) pada taraf kepercayaan 95% kemudian diuji *Tukey* untuk mengevaluasi perbedaan kemampuan masing-masing isolat bakteri penghasil IAA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Faktor Lingkungan di Agroforestri UB Forest

Sampel tanah dari lokasi A dan B memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda. Parameter lingkungan menunjukkan bahwa pH tanah dikedua lokasi berada pada rentang $4,92 \pm 0,5$ (TA) dan $4,93 \pm 0,4$ (TB) tergolong tanah asam (Balai Penelitian Tanah, 2005) dengan suhu tanah antara $20,4^{\circ}\text{C} \pm 1,0$ sampai $22,2^{\circ}\text{C} \pm 1,9$. Sementara itu, bahan organik dari lokasi A dan B berbeda signifikan sebesar $81,2 \pm 8,6$ dan $14,8 \pm 0,5$ secara berurutan. Kondisi lingkungan di sekitar tanah seperti pohon kopi digunakan untuk pengambilan sampel memiliki rata-rata diameter antara $5,66 \text{ cm} \pm 0,9$ - $7,56 \text{ cm} \pm 0,4$.

Tabel 3. Faktor lingkungan dari tanaman kopi, UB Forest

Parameter Lingkungan	Lokasi	
	A	B
pH	4,92 ± 0,5 ^a	4,93 ± 0,4 ^a
Suhu Tanah (°C)*	20,4 ± 1,0 ^a	22,2 ± 1,9 ^b
Bahan Organik Tanah (%)*	8,2 ± 8,6 ^b	14,8 ± 0,5 ^a
Kadar Air Tanah (%)	79 ± 2,9 ^a	74,8 ± 4 ^a
Diameter Pohon (cm)	5,66 ± 0,9 ^a	7,56 ± 0,4 ^a

Keterangan: Baris huruf yang berbeda pada setiap parameter menunjukkan nilai signifikan ($p > 0,05$) antara dua sampel tanah dari lokasi dan tipe tumbuhan naungan yang berbeda

Faktor fisikokimia tanah seperti pH tanah asam, suhu tanah, dan bahan organik mempengaruhi pertumbuhan bakteri di tanah (Mamangkey *et al.*, 2019). Kandungan pH asam mengindikasikan bahwa asam-asam organik yang terbentuk di tanah disebabkan adanya proses dekomposisi bahan organik tanah. Di lokasi pengambilan sampel, jumlah serasah daun memiliki ketebalan ± 2 cm sehingga kadar organik tanah cukup tinggi (Wicaksono *et al.*, 2015).

Tabel 2 menunjukkan suhu tanah berkisar antara 20°C - 24°C merupakan suhu yang cukup ideal untuk pertumbuhan populasi bakteri di tanah. Sementara itu, kadar air tanah mencapai 74,8%-79% tergolong baik karena ketersediaan air pada tanah akan diserap oleh tanaman sebagai nutrisi pertumbuhan kopi. Hal ini dikarenakan hormon pertumbuhan seperti auksin, sitokinin dan giberelin terstimulasi dengan baik (Zhao *et al.*, 2021). Kadar air sampel di sekitar tanaman kopi ini cukup untuk mencegah adanya *leaching* nutrisi dalam tanah sehingga tidak berdampak

pada defisit nutrisi pada tanaman (Caldwell *et al.*, 2015).

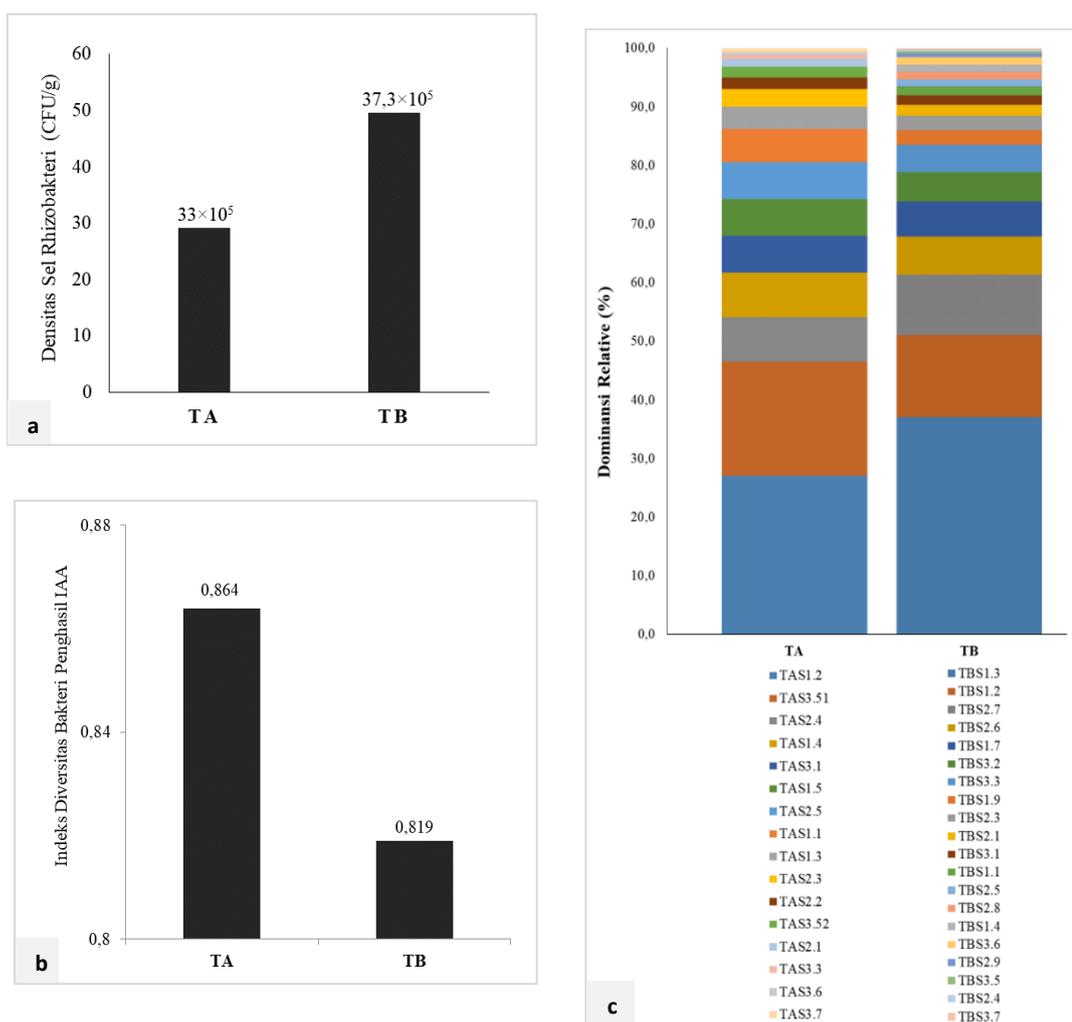
Densitas dan Diversitas Bakteri Rhizosfer penghasil IAA

Densitas dan diversitas bakteri penghasil IAA dari lokasi A dan B tidak signifikan ($p > 0,05$). Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik dan populasi bakteri yang melimpah dari kedua lokasi tersebut hampir sama. Meskipun demikian, densitas bakteri lokasi A (TA) lebih rendah dibandingkan densitas bakteri di lokasi B yaitu 33×10^5 CFU/g dan $37,3 \times 10^5$ CFU/g secara berurutan (**Gambar 1a**). Hal ini berkaitan dengan kandungan bahan organik tanah di lokasi A (8,2%) lebih kecil dibandingkan di lokasi B (14,8%).

Komponen bahan organik yang tinggi berkorelasi positif dengan peningkatan kelimpahan densitas bakteri penghasil IAA yang berkontribusi terhadap suplai hormon pertumbuhan bagi tanaman kopi (Suharjono & Yuliatin, 2022). Sementara itu, indeks diversitas bakteri penghasil IAA dari kedua lokasi

menunjukkan indeks diversitas yang tinggi yaitu antara 0,81-0,86 (**Gambar 1b**). Artinya, semakin indeks diversitas mendekati nilai 1, maka semakin tinggi diversitasnya. Meskipun demikian, lokasi A memiliki indeks diversitas yang tinggi dengan total isolat yang diperoleh yaitu 16

isolat. Berbeda halnya di lokasi B, indeks diversitas sebesar 0,81 dengan jumlah total isolat yang diperoleh yaitu 20 isolat. Hal ini menandakan bahwa pada lokasi B terdapat isolat yang mendominasi mencapai >60% yaitu TBS1.3 (38%) (**Gambar 1c**).



Gambar 1. Profil komunitas sel bakteri penghasil IAA yang berasosiasi dengan tanaman kopi. Nilai densitas bakteri tertinggi TB ($37,3 \times 10^5$ CFU/g) (a), nilai indeks diversitas bakteri tertinggi TA (0,86) (b) dan presentase dominasi relatif tertinggi TB (TBS1.3, 38%) (c)

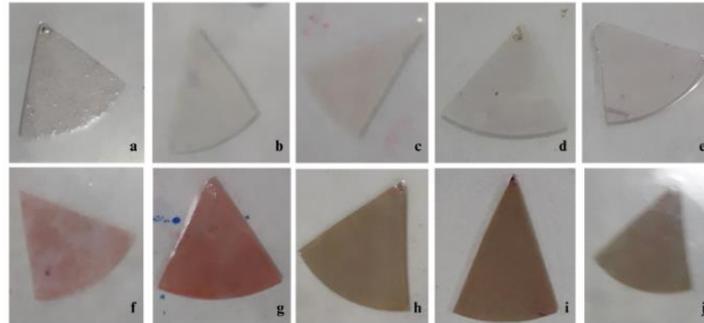
Potensi Bakteri Penghasil IAA dari Rhizosfer Tanaman Kopi

Isolat bakteri penghasil IAA yang diperoleh dari tanaman kopi dari lokasi A

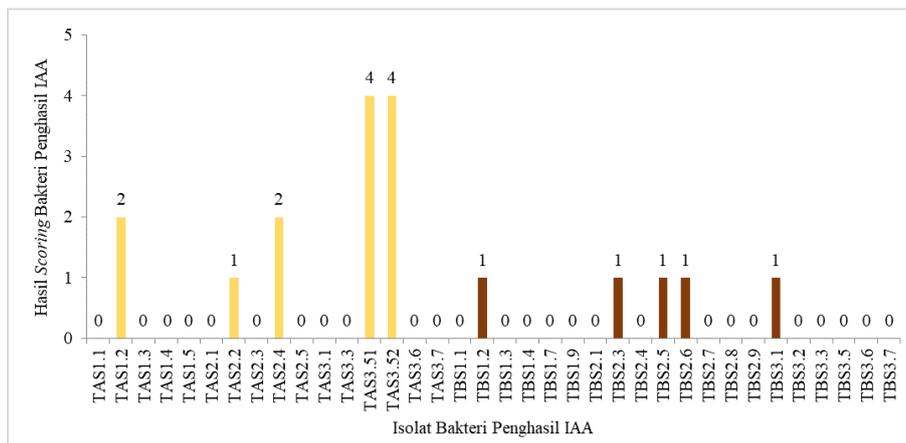
dan B secara berurutan berjumlah 16 isolat dan 20 isolat. Total 36 isolat diuji berdasarkan uji kolorimetri menggunakan membran *nitrocellulose*, terdapat 10 isolat

yang menunjukkan warna sesuai dengan kriteria skor warna yaitu merah muda pucat, merah muda, merah dan merah kecokelatan (**Gambar 2**). Kesepuluh isolat bakteri dengan kemampuan menghasilkan

warna tersebut yaitu 5 isolat dari lokasi A (TAS1.2, TAS2.2, TAS2.4, TAS3.51, dan TAS3.52) dan 5 isolat lainnya dari lokasi B yaitu TBS1.2, TBS2.3, TBS2.5, TBS2.6 dan TBS3.1 (**Gambar 3**).



Gambar 2. Warna membrane nutricellulose yang mengindikasikan isolat positif memproduksi hormon IAA. Skor warna 1 (a-e), skor warna 2 (f-j)



Gambar 3. Isolat bakteri penghasil hormon IAA dari lokasi A (kuning) dan lokasi B (cokelat)

Isolat dengan penampakan warna merah muda, merah maupun merah pekat pada membran *nutriselulose* setelah direkasikan dengan reagen Salkowski, menunjukkan adanya hormon IAA yang diriliskan oleh isolat tersebut. Hal ini dikarenakan adanya interaksi antara IAA dan Fe membentuk senyawa kompleks $[Fe_2(OH)_2(IA)_4]$ dan IA (*indole-3-acetate*) saling berinteraksi dalam suasana asam

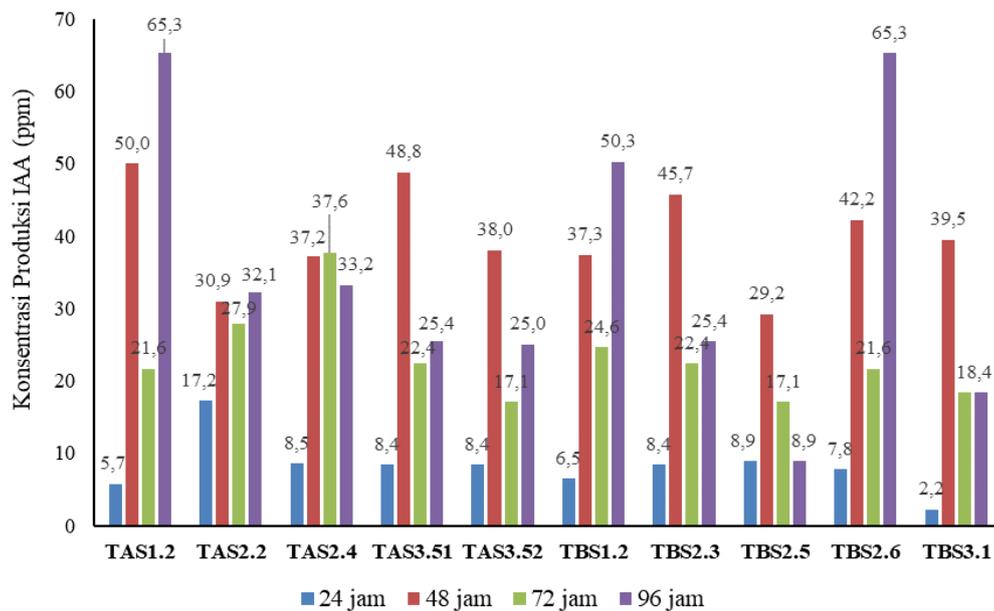
(Bunsangiam *et al.*, 2021). Hasil uji IAA tersebut diperoleh 10 isolat yang berpotensi menghasilkan hormon IAA diantaranya 5 isolat terdapat di tanah atas dan 5 isolat di tanah bawah. Namun, terdapat 2 isolat nilai skor warna tertinggi diperoleh di tanah atas pada isolat TAS3.51 dan TAS 3.52.

Kesepuluh isolat bakteri penghasil IAA kemudian diuji kolorimetri berdasarkan konsentrasi hormon yang

diproduksi yang dilakukan pada jam ke-24, 48, 72 dan 96 (**Gambar 4**). Secara umum, pada rentang waktu antara 24 jam hingga 48 jam merupakan fase produksi IAA terbaik dibandingkan pada waktu lainnya. Hal ini dikarenakan setiap isolat memasuki fase pertumbuhan.

Hasil **Gambar 4** menunjukkan bahwa pada rentang waktu 48 jam hingga 72 jam terjadi penurunan konsentrasi IAA yang dramatis pada semua isolat. Hal ini dimungkinkan karena adanya fase stasioner setiap bakteri. Namun, pada perubahan waktu antara 72 jam dan 96 jam, semua isolat memproduksi hormon IAA kembali meskipun konsentrasinya lebih rendah dibandingkan pada perubahan

produksi hormon di hari ke-1, kecuali pada isolat TAS2.6. Kondisi ini dapat dikarenakan setiap isolat bakteri memaksimalkan produksi metabolit sekundernya (Tallapragada *et al.*, 2015), (Hanh, 2017) sehingga semua bakteri mampu memproduksi IAA meskipun 80% isolat hanya mampu memproduksi rata-rata kurang dari 10 ppm. Namun, 20% isolat lainnya mampu memproduksi IAA lebih tinggi dibandingkan pada fase stationernya yang ditunjukkan pada isolat TAS1.2 dan TAS2.6. Dengan adanya perbedaan produksi konsentrasi IAA menunjukkan bahwa setiap isolat memiliki karakter dan potensi yang berbeda-beda.



Gambar 4. Sepuluh isolat bakteri penghasil hormon IAA dari jam ke-24, 48, 72 dan 96. Isolat TAS2.1 dan TAS2.6 mampu memproduksi hormon IAA > 65 ppm di jam ke-96

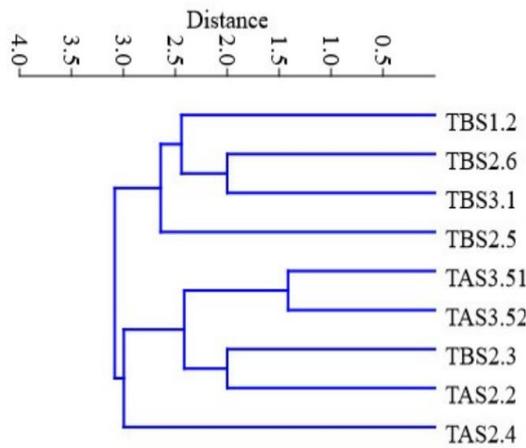
Produksi hormon IAA dari isolat TAS1.2 dan TAS 2.6 lebih tinggi

dibandingkan hasil Muleta *et al.*, (2013) sebesar 57,08 ppm dari isolat yang

berasosiasi dengan tanaman kopi. Meskipun demikian, hasil produksi IAA dari dua isolat di atas masih lebih rendah dibandingkan penelitian (Suharjono & Yuliatin, 2022) karena isolat bakteri yang dikoleksi dari tanaman kopi di UB Forest mampu memproduksi IAA mencapai rata-rata 96,3 ppm. Berdasarkan informasi ini, maka dapat diketahui bahwa meskipun lokasi pengambilan sampel dari lokasi dan jenis tanaman yang sama, namun karakteristik lingkungan dan waktu

pengambilan sampel yang berbeda akan mempengaruhi karakteristik bakteri yang berbeda.

Hasil produksi IAA dari 10 isolat potensial tersebut kemudian diobservasi secara makroskopis dan mikroskopis untuk mengetahui tingkat kesamaan antar isolat. Adapaun karakter morfologi dan sel isolat ditunjukkan pada **Tabel 3**. Setiap karakter isolat tersebut kemudian dianalisis kemiripannya sehingga akan diperoleh isolat yang memiliki karakter yang sama.



Gambar 5. Pengelompokan (*Clustering*) karakteristik isolat bakteri penghasil IAA

Klasterisasi karakteristik morfologi dan sel kesepuluh isolat bakteri penghasil IAA menunjukkan bahwa pada jarak 0,5 terdapat 6 kelompok. Namun kelompok yang paling dekat kemiripannya yaitu TAS3.51 dan TAS3.52 dengan presentase kemiripan 85%. Meskipun kedua isolat tersebut memiliki kemiripan yang dekat, namun letak perbedaannya pada karakter

tepi koloni, tekstur permukaan, konsistensi permukaan dan warna koloni. Sementara itu, pada tingkat kemiripan 80% terdapat 2 kelompok yaitu antara TBS2.6 dan TBS3.1 serta TBS 2.3 dan TAS2.2. Klasterisasi ini dapat digunakan sebagai identifikasi awal untuk menentukan pola umum karakter fenotip yang muncul pada isolat sebelum dilakukan identifikasi spesifik berbasis sekuen DNA.

Tabel 3. Karakteristik Pertumbuhan Koloni Rhizobakteria Penghasil Hormon IAA

Parameter	Isolat Bakteri Penghasil IAA Terpilih										
	TAS1.2	TAS2.2	TAS2.4	TAS3.51	TAS3.52	TAS2.2	TBS1.2	TBS2.3	TBS2.5	TBS2.6	TBS3.1
Bentuk koloni											
Bulat		-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
Bulat bertepi karang	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bulat bertepi timbul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Berbenang	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Tak beraturan	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Tepi Koloni											
Licin	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+
Berombak	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Berlekuk	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tak beraturan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seperti benang	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Elevasi permukaan											
Datar	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
Timbul	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+
Cembung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tekstur permukaan											
Kasar	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Berkontur	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Berbatasan (radial)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Konsistensi permukaan											
Kering dan rapuh	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-
Tipis bermembran	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Lekit	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+
Ciri optik											
Opalens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Iridesens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pudar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Berkilat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Warna Koloni											
Merah	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuning	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Krim	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-
Putih	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
Orange	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pewarnaan Gram											
Gram positif	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Gram negatif	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Bentuk sel											
Basil	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Coccus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-

SIMPULAN

Parameter lingkungan berpengaruh pada keberadaan bakteri penghasil hormon IAA. Sementara itu, isolasi bakteri penghasil IAA di UBF memiliki tingkat

densitas 33×10^5 CFU/g (lokasi A) dan $37,3 \times 10^5$ CFU/g (lokasi B) sedangkan indeks diversitas secara berurutan yaitu 0,86 dan 0,81. Total isolat bakteri penghasil IAA yang

diperoleh yaitu 36 isolat dari kedua lokasi. Hasil uji kolorimetri dengan membran *nitrocellulose* diperoleh 10 isolat yang terdeteksi sebagai bakteri penghasil IAA. Sementara itu, hasil uji kolorimetri dengan reagen Salkowski, diperoleh 2 isolat potensial yang mampu menghasilkan IAA tertinggi yaitu TAS1.2 dan TAS2.6 sebanyak 60 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Amutha, R., Karunakaran, S., Dhanasekaran, S., Hemalatha, Monika, R., Shanmugapriya, P., & Sornalatha, T. (2014). Isolation and mass production of biofertilizer (Azotobacter and Phosphobacter). *International Journal of Latest Research in Science and Technology ISSN*, 3(1), 79–81. <http://www.mnkjournals.com/ijlrst.htm>
- Arruda, L., Beneduzi, A., Martins, A., Lisboa, B., Lopes, C., Bertolo, F., Passaglia, L. M. P., & Vargas, L. K. (2013). Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. *Applied Soil Ecology*, 63, 15–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.09.001>
- Bunsangiam, S., Thongpae, N., Limtong, S., & Srisuk, N. (2021). Large scale production of indole-3-acetic acid and evaluation of the inhibitory effect of indole-3-acetic acid on weed growth. *Scientific Reports*, 11(1), 13094. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92305-w>
- Caldwell, A. C., Silva, L. C. F., da Silva, C. C., & Ouverney, C. C. (2015). Prokaryotic diversity in the rhizosphere of organic, intensive, and transitional coffee farms in Brazil. *PLOS ONE*, 10(6), e0106355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106355>
- Hanh TTH, M. W. (2017). Correlation of growth and IAA production of *Lysinibacillus Fusiformis* UD 270. *Journal of Applied and Physical Sciences*, 3(3).
- Mamangkey, J., Suryanto, D., Munir, E., Lutfia, A., Hartanto, A., Huda, M.K. (2019). First Report of Plant Growth Promoting Endophytic Bacteria from Medicinal Invasive Plants (*Chromolaena odorata*). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 305: 012091
- Moe, L. A. (2013). Amino acids in the rhizosphere: from plants to microbes. *American Journal of Botany*, 100(9), 1692–1705. <https://doi.org/10.3732/ajb.1300033>
- Muleta, D., Assefa, F., Börjesson, E., & Granhall, U. (2013). Phosphate-solubilising rhizobacteria associated with *Coffea arabica* L. in natural coffee forests of southwestern Ethiopia. *Journal of the Saudi*

- Society of Agricultural Sciences*, 12(1), 73–84.
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2012.07.002>
- Roswell, M., Dushoff, J., & Winfree, R. (2021). A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos*, 130(3), 321–338.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/oik.07202>
- Suharjono, & Yuliatin, E. (2022). Bacteria communities of coffee plant rhizosphere and their potency as plant growth promoting. *Biodiversitas*, 23(11), 5822–5834.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d231136>
- Tallapragada, P., Dikshit, R., & Seshagiri, S. (2015). Isolation and optimization of IAA producing *Burkholderia seminalis* and its effect on seedlings of tomato. In *Songklanakar J. Sci. Technol* (Vol. 37, Issue 5). <http://www.sjst.psu.ac.th>
- Varghese, N., & Joy, P. P. (2014). *Microbiology Laboratory Manual*. Kerala Agricultural University.
- Wicaksono, T, Saeri Sagiman, I. U. (2015). Kajian aktivitas mikroorganisme tanah pada beberapa cara penggunaan lahan di desa PAL IX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 13(3), 1576–1580.
- Yuliatin, E., Rosadi, I., Hariani, N., Oktavianingsih, L., & Fadhlillah, L. (2023). The Ecological Significance of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Tropical Soil Kalimantan: A Narrative Review. *Journal of Tropical Life Science*, 13(2), 407–420.
<https://doi.org/10.11594/jtls.13.02.20.E>
- Zhao, X., Stein, K. R., Chen, V., Griffin, M. E., & Hang, H. C. (2021). Chemoproteomics of microbiota metabolites reveals small-molecule agonists for orphan receptor GPRC5A. *BioRxiv*, 1–40.