

Pertumbuhan Koloni Bakteri dan Karakteristik Morfologi Bakteri Akar Tebu dalam Cairan Terfermentasi

Muhammad Anugerah Zakaria

Politeknik Negeri Jember, Jember, Indonesia

Penulis Korespondensi: zakaaku12@gmail.com

ARTIKEL INFO Dikirim: 16 Februari 2024 Diterima: 19 Februari 2024 Diterbitkan: 20 Februari 2024

ABSTRAK

Pendahuluan. Permasalahan utama dalam industri gula adalah produksi gula kristal putih (GKP) yang belum dapat memenuhi kebutuhan nasional. Untuk meningkatkan kualitas dan produksi tebu, teknik budidaya tebu perlu diperhatikan, terutama pada kesuburan tanah. Kesuburan tanah dapat ditingkatkan dengan menggunakan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan koloni bakteri, morfologi bakteri dan hasil identifikasi bakteri akar tebu pada cairan fermentasi.

Metode Pengumpulan Data. Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode observasi dan analisis data secara deskriptif yaitu dengan mengambil hasil data dari laboratorium yang kemudian akan di jelaskan secara deskriptif.

Hasil dan Diskusi. Hasil penelitian pertumbuhan bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi didapatkan data jumlah koloni minggu ke 1 adalah $7,7 \times 10^7$ CFU/ml dan jumlah koloni tertinggi pada minggu ke 2 yakni $28,8 \times 10^7$ CFU/ml serta jumlah koloni terendah pada minggu ke 3 yakni $5,8 \times 10^7$ CFU/ml.

Simpulan. Karakteristik koloni bakteri akar tebu meliputi warna koloni kuning, pink, biru, putih susu, pink, kuning, dan biru di tengah; karakteristik ukuran koloni yaitu besar, titik dan sedang; karakteristk bentuk koloni yaitu circular dan iregular; karakteristk elevasi koloni yaitu convex dan flat; karakteristk permukaan koloni yaitu mucoid dan smooth; karakteristk tepian koloni yaitu regular dan iregular; karakteristk bentuk sel keseluruhan yaitu basil dan pewarnaan gram +. Identifikasi bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi didapatkan jenis bakteri yakni

Kata kunci:

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR); Bakteri; Tebu; Morfologi Bakteri

Pseudomonas spp., *Azotobacter* spp., *Rhizobium* spp., dan *Lactobacillus* spp.

ABSTRACT

Introduction. The main problem in the sugar industry is the production of white crystal sugar (GKP) which has not been able to meet national needs. To improve the quality and production of sugarcane, sugarcane cultivation techniques need to be considered, especially on soil fertility. Soil fertility can be improved by using Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). This study aims to determine the growth of bacterial colonies, bacterial morphology and identification results of sugarcane root bacteria in fermentation liquid.

Data Collection Method. The method used in this study is an observation method and descriptive data analysis, namely by taking data results from the laboratory which will then be explained descriptively.

Results and Discussion. The results of research on the growth of sugarcane root bacteria in fermented liquid obtained data on the number of colonies in week 1 was 7.7×10^7 CFU / ml and the highest number of colonies in week 2 was 28.8×10^7 CFU / ml and the lowest number of colonies in week 3 was 5.8×10^7 CFU / ml.

Conclusion. The characteristics of sugarcane root bacteria colonies include yellow, pink, blue, milky white, pink, yellow, and blue colony colors in the middle; colony size characteristics are large, point and medium; colony shape characteristics are circular and irregular; colony elevation characteristics are convex and flat; colony surface characteristics are mucoid and smooth; colony edge characteristics are regular and irregular; overall cell shape characteristics are bacilli and gram + staining, *Azotobacter* spp., *Rhizobium* spp., and *Lactobacillus* spp.

Keywords:

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR); Bacteria; Sugarcane; Bacterial Morphology

PENDAHULUAN

Tebu adalah salah satu tanaman perkebunan yang menjadi sektor penting karena hasil olahan tebu adalah gula kristal putih (GKP). Menurut Respati, (2022) diketahui bahwa produksi Gula Kristal Putih tahun 2022 sebanyak 2.405.907 ton yang didapatkan dari luas lahan 488.982 ha, hasil produksi ini naik 2,34% dibandingkan produksi GKP tahun 2021. Peningkatan produksi GKP ini belum dapat memenuhi kebutuhan GKP nasional sebesar 3,21 juta ton, produksi tebu dapat ditingkatkan yakni dengan meningkatkan kualitas tebu dan efisiensi pabrik. Kualitas tebu dan efisiensi pabrik memiliki kontribusi terhadap rendemen sebesar 87,7% dan 12,3% (Sunantyo & Santoso, 2000). Penurunan kualitas tebu ini dapat disebabkan oleh hal-hal mendasar dari budidaya tanaman tebu. Budidaya tanaman tebu ini pada dasarnya mempertimbangkan faktor-faktor yang meliputi sifat fisik tanah, sifat kimia tanah, curah hujan, suhu, sinar matahari, angin, pengendalian hama serta pemupukan untuk memberikan nutrisi yang cukup terhadap tanaman (Rai, 2018).

Dalam peningkatan kualitas produksi tanaman tebu, hal yang perlu diperhatikan adalah teknik budidaya dan kesuburan tanah. Kesuburan tanah sangat penting diperhatikan karena tanah adalah tempat tanaman untuk mencari nutrisi. Selain menyediakan pupuk kimia untuk memenuhi kebutuhan hara, menyuburkan tanah menggunakan pupuk organik juga sama pentingnya. Pupuk organik dapat memperbaiki kualitas tanah dan menambah mikroorganisme penyubur tanah. Salah satu mikroorganisme penyubur tanah adalah bakteri sekitar akar yang memiliki peran penting dalam penyerapan nutrisi melalui akar. Bakteri yang memiliki fungsi untuk pemacu pertumbuhan akar tanaman di dalam area rhizosfer disebut juga *plant growth promoting rhizobacteria* atau PGPR (Mcmillan, 2007).

PGPR adalah koloni bakteri yang hidup dan berkoloni di daerah rizosfer atau perakaran tanaman yang memiliki fungsi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan nutrisi yang berasal dari eksudat akar (Vejan et al., 2016). PGPR ini dapat di ambil dari sekitar perakaran tanaman dan di perbanyak agar nantinya dapat diaplikasikan kembali ke tanaman. PGPR dari akar mengandung berbagai macam bakteri seperti *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Azotobacter sp.*, *Rhizobium spp.*, dan *Lactobacillus spp.*

Dari latar belakang diatas, dilakukan pengamatan laju pertumbuhan koloni, isolasi serta identifikasi bakteri akar tebu yang terdapat pada cairan terfermentasi. Uji yang dilakukan adalah uji bentuk dan warna koloni, sifat gram, pertumbuhan koloni dan bentuk sel.

TINJAUAN PUSTAKA

Bakteri adalah salah satu mikroorganisme yang tidak dapat dilihat kasat mata secara langsung. Bakteri bisa dikatakan adalah mikroorganisme yang tersebar luas di seluruh dunia dan organisme yang berjumlah paling banyak didunia. Jutaan spesies bakteri dapat hidup di darat, laut dan diudara serta daerah ektrim. Menurut (Postlethwait & Hopson, 2009), bakteri mempunyai ciri khusus yang membedakannya dengan organisme lainnya, di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. Uniseluler (memiliki sel berjumlah satu)
- b. Prokariotik (sel bakteri tidak memiliki membran inti)
- c. Memiliki ukuran tubuh berkisar 0,12 mikron – ratusan mikron
- d. Memiliki bentuk tubuh yang berbeda: basil, kokus, spirillum, kokus, vibrio.
- e. Ada yang hidup bebas dan parasit.
- f. Bakteri dapat hidup di lingkungan ektrim seperti kawah gunung, sumber air panas, dll.
- g. Memiliki dinding sel yang tersusun oleh mukopolisakarida dan peptidoglikan.
- h. Bakteri mempunyai endospora yang berfungsi sebagai mekanisme perlindungan di kondisi tidak menguntungkan.
- i. Bakteri ada yang memiliki flagela dan ada yang tanpa flagela.

Pertumbuhan sendiri didefinisikan sebagai bertambahnya ukuran atau masa suatu zat organisme yang bersifat irreversible. Pada bakteri pertumbuhan disebut juga pertumbuhan koloni yaitu penambahan ukuran, massa dan jumlah koloni. Koloni sendiri disebut sebagai kumpulan dari bakteri yang memiliki sifat yang sama atau satu spesies (Wicaksono et al., 2019).

Pertumbuhan bakteri memiliki beberapa fase: fase lag, fase logaritmik, fase stasioner, dan fase kematian.

- a. Fase lag

Fase lag adalah fase dimana fase baru dipindahkan di lingkungan baru dan bakteri harus beradaptasi di lingkungan baru tersebut. Fase lag adalah fase kritis karena bakteri

harus beradaptasi sebelum memperbanyak diri. Kemampuan adaptasi bakteri ini dapat dipengaruhi oleh berbagai macam hal seperti pH, suhu, aerasi, komposisi nutrisi media dan jumlah bakteri yang di kembangkan (Risna et al., 2022).

b. Fase logaritmik (eksponensial)

Fase logaritmik atau eksponensial merupakan fase pertumbuhan kedua yang ditandai dengan pertumbuhan bakteri yang sangat cepat. Sel-sel bakteri membelah secara teratur dan dengan kecepatan yang konstan. Faktor-faktor yang mempengaruhi fase logaritmik adalah nutrisi, suhu, pH, dan karakteristik genetik mikroba (Saraswati, 2020).

c. Fase Stasioner

Fase stasioner adalah fase dimana laju pertumbuhan sama dengan laju kematian bakteri, yang mengakibatkan jumlah bakteri yang berada pada media tetap konstan. Keseimbangan tersebut terjadi karena nutrisi yang berada pada medium berkurang yang menyebabkan turunnya laju pembelahan sel. Selain itu, akumulasi zat kimia yang dihasilkan oleh bakteri mengganggu pembelahan yang dilakukan bakteri (Bruslind, 2022).

d. Fase kematian

Fase kematian adalah fase dimana laju kematian lebih tinggi daripada laju pertumbuhan. Pada fase ini, grafik menunjukkan penurunan yang curam, penurunan ini disebabkan oleh penipisan nutrisi dan lingkungan bakteri tidak mendukung produksi sel karena banyaknya jumlah sel yang mati (Risna et al., 2022).

Pertumbuhan bakteri dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, perubahan faktor lingkungan menyebabkan pengaruh pada morfologi dan fisiologi bakteri. Menurut Rini dan Rochmah, (2020) terdapat faktor biotik dan abiotik yang mempengaruhi bakteri. Faktor biotik adalah faktor lingkungan yang mempengaruhi bakteri seperti kemampuan adaptasi, bentuk, sifat bakteri, respon bakteri, dll. Faktor abiotik yang mempengaruhi bakteri adalah media kultur, suhu, pH, kelembaban, cahaya, senyawa bersifat toksik, dan radiasi.

Jumlah koloni bakteri dapat tumbuh dengan cepat di media kultur dan beradaptasi dengan kondisi lingkungan. Pertumbuhan bakteri pada media kultur selalu memberikan tampilan yang berbeda di berbagai jenis bakteri. Beberapa koloni terkadang memiliki warna, bentuk yang berbeda-beda sehingga perlu dilakukan yang namanya pengamatan morfologi. Morfologi koloni adalah pengamatan secara dasar dengan mengamati secara makroskopis untuk identifikasi bakteri (Suryani & A'yun, 2022).

A. Ukuran:

- Bentuk titik
- Ukuran sedang
- Besar

B. Warna koloni (pigmentasi)

- Putih
- Merah
- Biru
- Ungu
- dll

A. Bentuk koloni

- Bulat
- Tidak beraturan
- Rhizoid

B. Tepi (margin)

- Padat: tepi rata

- Lobed: tepi berlekuk-lekuk
 - Bergelombang: tepi bergelombang
 - Bergerigi: tepi bergerigi
 - Berserabut: tepi seperti benang
- C. Tinggi
- Datar: tidak ada tonjolan yang kentara, nyaris rata pada seluruh permukaan.
 - Timbul: tonjolan yang kentara, tetapi di seluruh permukaan rata
 - Convex: seperti tetesan air dan bentuknya cembung
 - Umbonate: seperti convex tapi menonjol dibagian tengah.

Pewarnaan gram adalah salah satu metode penting untuk mengidentifikasi bakteri, metode ini adalah metode pewarnaan yang sering dilakukan dalam identifikasi bakteri. Pewarnaan bakteri dilakukan dengan meneteskan larutan pewarna kristal violet dan jika berwarna ungu maka bakteri dikatakan gram positif. Jika dilarutkan dengan alkohol dan warna berubah maka dilakukan uji warna safranin (merah) untuk mengetahui apakah bakteri tersebut bakteri gram negatif. Perbedaan warna bakteri gram positif dan negatif ini dikarenakan perbedaan struktur kimia pada dinding sel bakteri (Brock et al., 2003).

METODE

Penelitian dilakukan selama 2 bulan di PG Prajekon, Laboratorium FKIP Universitas Negeri Jember, dan Laboratorium CDAST Universitas Negeri Jember. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi dan analisis data secara deskriptif, yaitu dengan mengambil hasil data di laboratorium yang kemudian akan dijelaskan secara deskriptif.

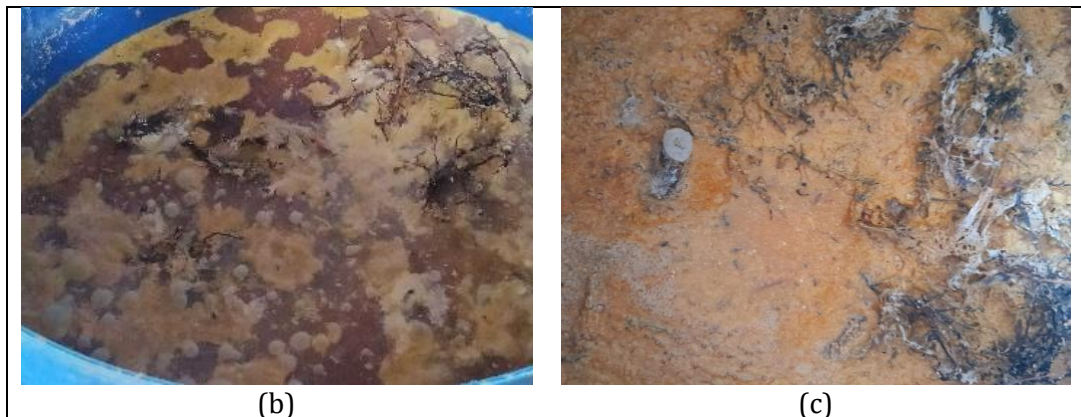
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampakan Visual Bakteri Akar Tebu

Berdasarkan pengamatan secara visual didapatkan hasil perubahan warna pada bakteri akar tebu dengan interval waktu yang berbeda yaitu 7 hari, 14 hari, dan 21 hari pengamatan. Perubahan warna tersebut dapat dilihat pada gambar 1

Gambar 1 Penampakan Visual Cairan Terfermentasi





Keterangan:

- (a) Penampakan visual minggu 1
- (b) Penampakan visual minggu 2
- (c) Penampakan visual minggu 3

Berdasarkan gambar 1 pada pengamatan 1 (7 hari) bakteri akar tebu berwarna coklat, muncul lapisan putih dan bergelembung serta berbau tape. Pada pengamatan 2 (14 hari) bakteri akar tebu berwarna coklat, lapisan putih lebih banyak daripada pengamatan 1, bergelembung serta berbau tape. Pada pengamatan 3 (21 hari) bakteri akar tebu berwarna coklat, lapisan putih menutupi permukaan cairan, banyak gelembung atau buih serta berbau tape khas fermentasi. Penampakan visual tersebut mengindikasikan bahwa fermentasi bakteri akar tebu berhasil dilakukan sesuai pernyataan Hamdayanty dkk., (2022) yaitu keberhasilan fermentasi bakteri akar tebu ditandai aroma hasil fermentasi yang khas (bau tape) dan munculnya buih atau gelembung. Selain itu lapisan berwarna putih mengindikasikan tumbuhnya bakteri rhizosfer yang semakin banyak terutama pada jenis bakteri yang memiliki warna putih (Lestari et al., 2020).

Gambar 1 Penampakan visual pada bakteri akar tebu tidak berbanding lurus dengan peningkatan jumlah koloni bakteri. Pada penampakan visual terdapat lapisan putih yang mengindikasikan semakin banyak tumbuhnya bakteri rhizosfer paling banyak berada pada pengamatan 3. Hasil hitung jumlah koloni pada tabel 4.1 bakteri *Bacillus* spp. paling banyak yaitu pada pengamatan 2. Hal ini dikarenakan pada bakteri *Bacillus* spp. yang di fermentasi dapat tumbuh dengan baik pada hari ke 14 tanpa ada persaingan nutrisi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rawat dan Mushtaq, (2015) yaitu zona perakaran memiliki pengaruh pada populasi bakteri 10-100 kali lipat untuk persaingan nutrisi dan keragaman spesies yang memberikan keragaman fungsi pada tanaman.

Pertumbuhan Koloni Bakteri

Tabel 1 Pertumbuhan Koloni Bakteri

Pertumbuhan Koloni Bakteri	
Pengamatan	TPC (CFU/ml)
Minggu 1	$7,7 \times 10^7$
Minggu 2	$28,8 \times 10^7$
Minggu 3	$5,8 \times 10^7$

Gambar 2 Pertumbuhan Koloni Bakteri



Berdasarkan hasil Laboratorium FKIP UNEJ di Tabel 1 dan Gambar 1 Pengamatan sampel minggu ke 1 di peroleh jumlah koloni sebanyak $7,7 \times 10^7$ CFU/ml. Pada pertumbuhan koloni di minggu ke 1 merupakan fase pertumbuhan yakni fase lag/ fase awal dan juga fase log. Fase lag adalah fase adaptasi bakteri untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru. Fase lag biasa disebut fase awal atau fase penyesuaian aktivitas mikroorganisme pada lingkungan baru. Kemampuan adaptasi bakteri pada fase ini dipengaruhi oleh komposisi media, jumlah sel pada inokulum awal, pH, suhu, aerasi, dan sifat fisiologis bakteri (Risna et al., 2022). Fase logaritma adalah fase dimana pertumbuhan bakteri meningkat dengan pesat. Sel-sel bakteri melakukan pembelahan secara teratur dan dengan laju yang konstan. Faktor yang mempengaruhi fase log adalah nutrisi, suhu, pH, dan sifat genetik mikroba (Saraswati, 2020).

Pengamatan sampel minggu ke 2 di peroleh jumlah koloni sebanyak $28,8 \times 10^7$ CFU/ml. Pertumbuhan bakteri pada minggu ke 2 adalah pertumbuhan tertinggi dapat dilihat pada grafik, fase ini disebut juga fase log atau eksponensial dan fase stasioner. Fase eksponensial berlangsung hingga jumlah koloni mencapai jumlah maksimum. Fase stasioner adalah fase yang terjadi saat laju kematian sama dengan laju pertumbuhan bakteri yang menyebabkan jumlah keseluruhan bakteri akan tetap. Keseimbangan terjadi karena adanya penurunan derajat pembelahan sel yang disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang. (Bruslind, 2022).

Pengamatan sampel minggu ke 3 di peroleh jumlah koloni sebanyak $5,8 \times 10^7$ CFU/ml. Jumlah koloni pada sampel minggu ke 3 mengalami penurunan bahkan dibawah sampel minggu ke 1 oleh karena itu fase pertumbuhan pada minggu ke 3 adalah fase kematian. Fase kematian adalah fase yang ditunjukkan dengan laju kematian yang meningkat dibandingkan laju pertumbuhan. Pada fase ini grafik akan menunjukkan penurunan tajam dapat dilihat pada grafik, hal ini terjadi karena adanya penurunan derajat pembelahan sel yang disebabkan oleh kadar nutrisi yang habis atau berkurang dan lingkungan hidup bakteri tidak mendukung pembentukan sel karena banyaknya sel yang mati serta akumulasi produk toksik juga mengganggu pembelahan sel bakteri (Risna et al., 2022).

Pertumbuhan bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi didapatkan data jumlah koloni minggu ke 1 adalah $7,7 \times 10^7$ CFU/ml dan jumlah koloni tertinggi pada minggu ke 2 yakni $28,8 \times 10^7$ CFU/ml serta jumlah koloni terendah pada minggu ke 3 yakni $5,8 \times 10^7$ CFU/ml. Menurut Octaprama dkk., (2020) standar tanah subur adalah 10 juta mikroorganisme per gram tanah atau 10^6 oleh karena itu PGPR bakteri akar tebu

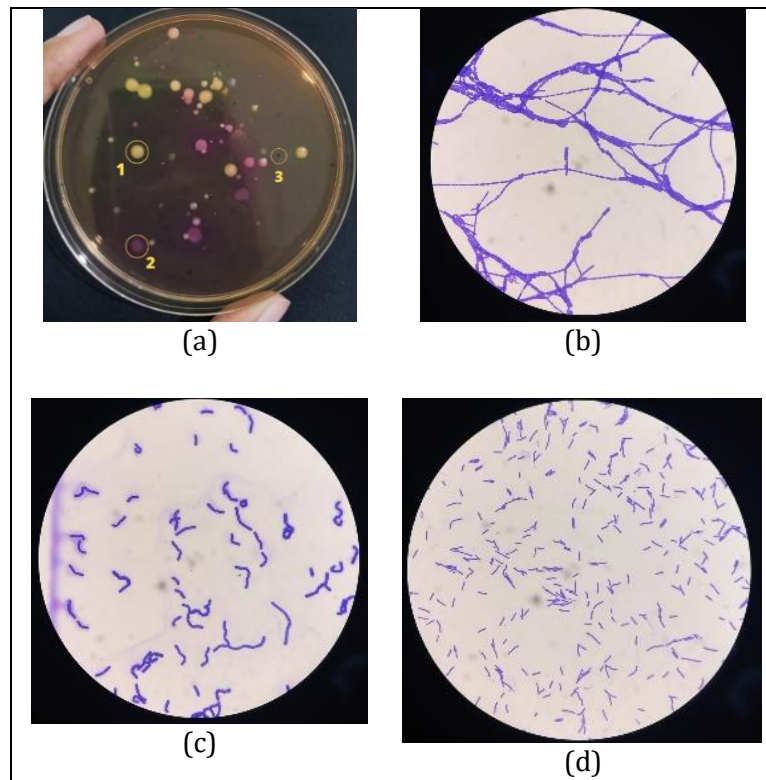
pada minggu ke 1, 2, dan 3 sudah cukup untuk menyuburkan tanah. Mengacu data pertumbuhan koloni bakteri maka pengaplikasian PGPR bakteri akar tebu dapat dilakukan di minggu 1, 2, dan 3 akan tetapi lebih di rekomendasikan pada bahwa pengaplikasian PGPR bakteri akar tebu pada tanaman tebu sebaiknya dilakukan pada minggu ke 2 karena pertumbuhan bakteri tertinggi terjadi pada minggu ke 2.

Identifikasi Morfologi Bakteri

Menurut Bonnet dkk., (2020) identifikasi morfologi bakteri dilakukan dengan pengenceran cairan terfermentasi pada media inokulasi. Media inokulasi akan mempercepat pertumbuhan bakteri dan memudahkan idetifikasi. Berdasarkan hasil Laboratorium FKIP UNEJ pengamatan diperoleh 10 isolat pada keseluruhan sampel pada (tabel 2, 3, 4 dan gambar 3, 4, 5). Hasil pengamatan diperoleh karakteristik warna koloni kuning, pink, biru, putih susu, pink, kuning, dan biru di tengah; karaktesistik ukuran koloni yaitu besar, titik dan sedang; karakteristik bentuk koloni yaitu circular dan iregular; karakteristik elevasi koloni diperoleh 2 yaitu convex dan flat; karakteristik permukaan koloni yaitu mucoid dan smooth; karakteristik tepian koloni yaitu regular dan iregular; karakteristik bentuk sel keseluruhan yaitu basil dan pewarnaan gram +.

Koloni bakteri yang dikarakteristikan tersebut diperoleh dari masing-masing sampel cairan terfermentasi yang dilakukan di laboratorium. Sampel fermentasi dilakukan pengenceran dan ditumbuhkan pada media selektif *Bacillus agar* dengan metode *Spread Plate* (agar tabur ulas) yaitu teknik menanam dengan menyebarkan suspensi bakteri agar diperoleh kultur murni (Damayanti et al., 2020). Masing-masing cawan petri akan terlihat koloni-koloni bakteri yang tumbuh dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda mulai dari warna, ukuran, bentuk koloni, elevasi, permukaan, tepi, dan bentuk sel.

Gambar 3 Isolat Bakteri Pengamatan Minggu 1



Keterangan:

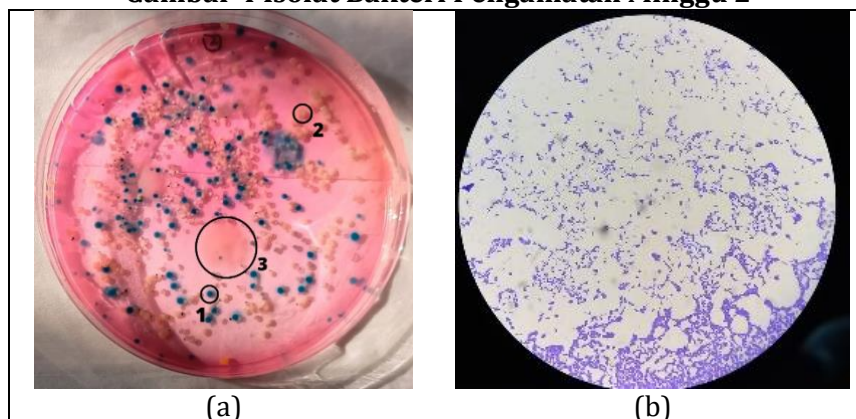
- (a) Koloni bakteri akar tebu pengamatan minggu 1
- (b) Morfologi bakteri isolat 1
- (c) Morfologi bakteri isolat 2
- (d) Morfologi bakteri isolat 3

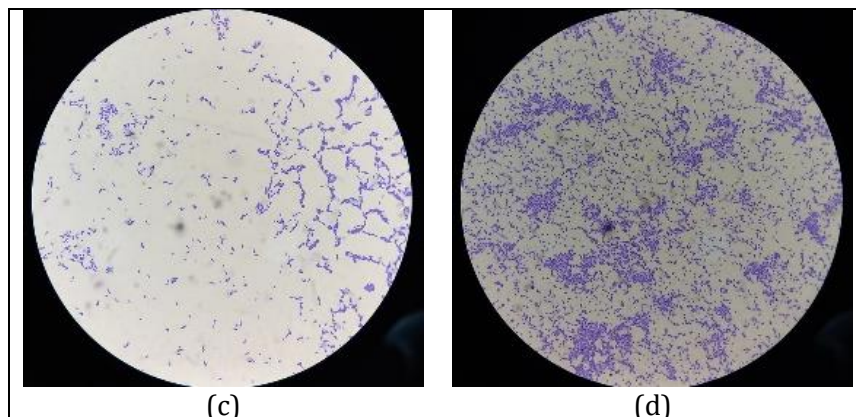
Tabel 2 Hasil Morfologi Makroskopis Bakteri Pengamatan Minggu 1

	Minggu 1		
Kode Isolat	1	2	3
Warna Koloni	Kuning	Pink	Biru
Ukuran	Besar	Besar	Pint/titik
Bentuk Koloni	Circular	Iregular	Circular
Elevasi	Convex	Flat	Convex
Permukaan	Mucoid	Smooth	Smooth
Tepi	Regular	Iregular	Regular
Bentuk Sel	Basil	Basil	Basil
Gram	+	+	+

Gambar 2 dan Tabel 2 Koloni bakteri pada minggu 1 ditemukan 3 isolat dengan kode 1,2 dan 3, dimana koloni kode isolat 1 memiliki bentuk circular; koloni berwarna kuning; ukuran koloni besar; elevasi koloni convex; permukaan koloni mucoid; tepian koloni regular; bentuk sel basil dan warna gram +. Koloni kode isolat 2 memiliki bentuk iregular; koloni berwarna pink; ukuran koloni besar; elevasi koloni flat; permukaan koloni smooth; tepi koloni iregular; bentuk sel basil dan warna gram +. Koloni kode isolat 3 memiliki bentuk circular; koloni berwarna biru; ukuran koloni titik; elevasi koloni convex; permukaan koloni smooth; tepi koloni regular; bentuk sel basil dan warna gram +.

Gambar 4 Isolat Bakteri Pengamatan Minggu 2





Keterangan:

(a) Koloni bakteri akar tebu pengamatan minggu 2

(b) Morfologi bakteri isolat 1

(c) Morfologi bakteri isolat 2

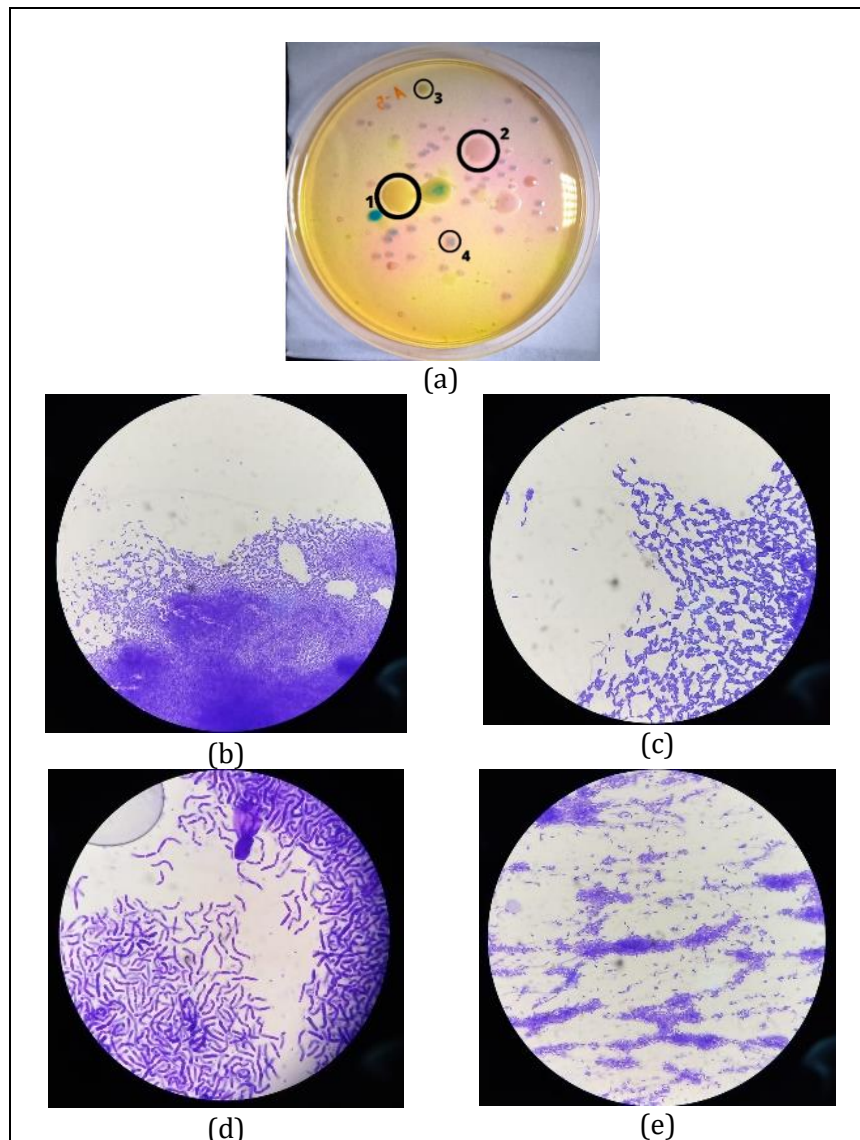
(d) Morfologi bakteri isolat 3

Tabel 3 Hasil Morfologi Makroskopis Bakteri Pengamatan Minggu 2

	Minggu 2		
Kode Isolat	1	2	3
Warna Koloni	Biru	Putih Susu	Pink
Ukuran	Sedang	Sedang	Besar
Bentuk Koloni	Circular	Circular	Circular
Elevasi	Convex	Convex	Flat
Permukaan	Smooth	Mucoid	Mucoid
Tepi	Regular	regular	Iregular
Bentuk Sel	Basil	Basil	Basil
Gram	+	+	+

Gambar 3 dan Tabel 3 Koloni bakteri pada minggu ke 2 ditemukan 3 isolat dengan kode 1,2 dan 3, dimana koloni kode isolat 1 memiliki bentuk circular; koloni berwarna biru; ukuran koloni sedang; elevasi koloni convex; permukaan koloni smooth; tepi koloni regular; bentuk sel basil dan warna gram +. Koloni kode isolat 2 memiliki bentuk circular; koloni berwarna putih susu; ukuran koloni sedang; elevasi koloni convex; permukaan koloni mucoid; tepi koloni regular; bentuk sel basil; warna gram +. Koloni kode isolat 3 memiliki bentuk circular; koloni berwarna pink; ukuran koloni besar; elevasi koloni flat; permukaan koloni mucoid; tepi koloni iregular; bentuk sel basil; warna gram +.

Gambar 5 Isolat Bakteri Pengamatan Minggu 3



Keterangan

(a) Koloni bakteri akar tebu pengamatan minggu 3

(b) Morfologi bakteri isolat 1

(c) Morfologi bakteri isolat 2

(d) Morfologi bakteri isolat 3

Tabel 4 Hasil Morfologi Makroskopis Bakteri Pengamatan Minggu 3

	Minggu 3			
Kode Isolat	1	2	3	4
Warna Koloni	Kuning	Pink	Kuning	Biru di center
Ukuran	Large	Large	Sedang	Sedang
Bentuk Koloni	Iregular	Iregular	Iregular	Iregular
Elevasi	Flat	Flat	Flat	Convex
Permukaan	Mucoid	Smooth	Smooth	Smooth

Tepi	Regular	Reegular	Regular	Iregular
Bentuk Sel	Basil	Basil	Basil	Basil
Gram	+	+	+	+

Gambar 4 dan Tabel 4 Koloni bakteri pada minggu ke 3 memiliki 4 isolat dengan kode 1,2,3 dan 4, dimana bentuk koloni kode isolat 1 memiliki bentuk koloni iregular; koloni berwarna kuning; ukuran koloni large; elevasi koloni flat; permukaan koloni mucoid; tepi koloni regular; bentuk sel basil; warna gram +. Koloni kode isolat 2 memiliki bentuk iregular; koloni berwarna pink; ukuran koloni large; elevasi koloni flat; permukaan koloni smooth; tepi koloni regular; bentuk sel basil; warna gram +. Koloni kode isolat 3 memiliki bentuk iregular; koloni berwarna kuning; ukuran koloni sedang; elevasi koloni flat; permukaan koloni smooth; tepi koloni regular; bentuk sel basil; warna gram +. Koloni kode isolat 4 memiliki bentuk iregular; koloni berwarna biru di center; ukuran koloni sedang; elevasi koloni convex; permukaan koloni smooth; tepi koloni iregular; bentuk sel basil; warna gram +.

Hasil karakteristik morfologi PGPR bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi didapatkan total 10 isolat bakteri. Isolat bakteri ditemukan sebanyak 3 di minggu pertama, 3 di minggu kedua dan 4 isolat pada minggu ketiga. Isolat bakteri ini mengindikasikan banyaknya spesies bakteri yang berada pada cairan terfermentasi. Menurut Bhat dkk., (2023) keragaman spesies pada PGPR menimbulkan berbagai macam mekanisme meliputi produksi biofilm untuk meningkatkan pengikatan tanah pada akar dan pengaturan kadar air relatif, memicu respon osmotik melalui produksi dan akumulasi osmolit, peningkatan serapan hara, pemeliharaan homeostasis ion, peningkatan produksi zat pengatur tumbuh, peningkatan pertahanan antioksidan, peningkatan kadar klorofil, peningkatan karbon, peningkatan nitrogen, produksi HCN dan siderofor, serta mengatur ekspresi gen dan protein penghilang stres.

Identifikasi Jenis Bakteri

Cairan terfermentasi yang terbuat dari akar tebu mengandung beberapa jenis mikroba karena mikroba yang hidup di daerah perakaran terdapat dalam bentuk populasi campuran. Isolasi bakteri dilakukan untuk memisahkan dan membiakkan bakteri yang terdapat dalam cairan dengan menggunakan media selektif sehingga diperoleh isolat bakteri dari satu jenis bakteri saja (Ristiati, 2015). Pada penelitian kali ini media selektif yang digunakan adalah *Pseudomonas Agar*, *Azotobacter Agar*, *Rhizobium Agar*, *Lactobacillus Agar*.

Tabel 5 Hasil Identifikasi Bakteri dan Kerapatan Bakteri

Identifikasi Bakteri	
Jenis Media	Kerapatan bakteri (CFU/ml)
Pseudomonas Agar (<i>Pseudomonas</i> spp.)	2,50 x 10 ⁴
Azotobacter Agar (<i>Azotobacter</i> spp.)	3,00 x 10 ⁴
Rhizobium Agar (<i>Rhizobium</i> spp.)	1,40 x 10 ⁵
Lactobacillus Agar (<i>Lactobacillus</i> spp.)	7,35 x 10 ⁵

Berdasarkan hasil analisis Laboratorium CDAST UNEJ yang tertera pada tabel 5 menunjukkan adanya pertumbuhan bakteri pada tiap media selektif hal ini mengindikasikan adanya pertumbuhan bakteri *Pseudomonas* spp., *Azotobacter* spp., *Rhizobium* spp., dan *Lactobacillus* spp. Pada media *Pseudomonas Agar* diperoleh hasil rata-rata jumlah koloni bakteri *Pseudomonas* spp. yaitu $2,50 \times 10^4$ CFU/ml. Pada media *Azotobacter agar* diperoleh hasil rata-rata jumlah koloni bakteri *Azotobacter* spp. yaitu $3,00 \times 10^4$ CFU/ml. Pada media *Rhizobium agar* diperoleh hasil rata-rata jumlah koloni bakteri *Rhizobium* spp. yaitu $1,40 \times 10^5$ CFU/ml. Pada media *Lactobacillus agar* diperoleh hasil rata-rata jumlah koloni bakteri *Lactobacillus* spp. yaitu $7,35 \times 10^5$ CFU/ml.

Tabel 5 dapat dilihat bahwa bakteri *Lactobacillus* spp. jumlah koloni bakteri paling tinggi dibandingkan bakteri *Rhizobium* spp., *Azotobacter* spp., dan *Pseudomonas* spp. Hal ini menunjukkan bakteri *Lactobacillus* spp. lebih dapat beradaptasi pada cairan terfermentasi. Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pH, suhu, kelembaban, dan nutrisi (Rini & Rochmah, 2020). Faktor-faktor pertumbuhan akan memberikan kondisi hidup yang pasti berbeda di setiap bakteri sehingga proses fermentasi akan terpengaruh (Yuliana, 2008).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pertumbuhan koloni bakteri dan karakteristik morfologi bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi, diambil simpulan sebagai berikut. Pertumbuhan bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi didapatkan data jumlah koloni minggu ke 1 adalah $7,7 \times 10^7$ CFU/ml dan jumlah koloni tertinggi pada minggu ke 2 yakni $28,8 \times 10^8$ CFU/ml serta jumlah koloni terendah pada minggu ke 3 yakni $5,8 \times 10^7$ CFU/ml. Karakteristik koloni bakteri akar tebu meliputi warna koloni kuning, pink, biru, putih susu, pink, kuning, dan biru di tengah; karakteristik ukuran koloni yaitu besar, titik dan sedang; karakteristik bentuk koloni yaitu circular dan iregular; karakteristik elevasi koloni yaitu convex dan flat; karakteristik permukaan koloni yaitu mucoid dan smooth; karakteristik tepian koloni yaitu regular dan iregular; karakteristik bentuk sel keseluruhan yaitu basil dan pewarnaan gram +. Identifikasi bakteri akar tebu dalam cairan terfermentasi didapatkan jenis bakteri yakni *Pseudomonas* spp., *Azotobacter* spp., *Rhizobium* spp., dan *Lactobacillus* spp.

DAFTAR PUSTAKA

Bhat, M. A., Mishra, A. K., Jan, S., Bhat, M. A., Kamal, M. A., Rahman, S., Shah, A. A., & Jan, A. T. (2023). Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Plant Health: A Perspective Study of the Underground Interaction. *Plants*, 12(3), 1–21. <https://doi.org/10.3390/plants12030629>

- Bonnet, M., Lagier, J. C., Raoult, D., & Khelaifia, S. (2020). Bacterial culture through selective and non-selective conditions: the evolution of culture media in clinical microbiology. *New Microbes and New Infections*, 34, 100622. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2019.100622>
- Brock, T. D., Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (2003). *Brock Biology of Microorganism* (10th ed.). Upper Saddle River (N.J.) : Prentice-Hall, 2003.
- Bruslind, L. (2022). *Microbiology*. Libretexts. <https://bio.libretexts.org/@go/page/10760>
- Damayanti, N. W. E., Abadi, M. F., & Bintari, N. W. D. (2020). Perbedaan Jumlah Bakteriuri Pada Wanita Lanjut Usia Berdasarkan Kultur Mikrobiologi Menggunakan Teknik Cawan Tuang Dan Cawan Sebar. *Meditory : The Journal of Medical Laboratory*, 8(1), 1–4. <https://doi.org/10.33992/m.v8i1.969>
- Hamdayanty, Asman, Sari, K. W., & Attahira, S. S. (2022). Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgpr) Asal Akar Tanaman Bambu Terhadap Pertumbuhan Kecambah Padi. *Jurnal Ecosolum*, 11(1), 29–37. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.V11i1.21144>
- Lestari, W., Sitanggang, K. D., & Munthe, B. S. (2020). Karakterisasi Bakteri Tanah Pertanian Organik dan Tanah Pertanian Anorganik dan Uji Antagonis Terhadap Jamur Akar Putih. *Jurnal Agroplasma*, 7(1), 1–11.
- Mcmillan, S. (2007). Promoting Growth With PGPR. *The Canadian Organic Grower*, 32–34.
- Octaprama, L., Susilowati, L. E., & Suwardji. (2020). Kajian Populasi Dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah Di Daerah Perakaran Tanaman Porang Pada Berbagai Umur Yang Berbeda. *Journal Of Soil Quality And Management*, 7(1), 1–9.
- Postlethwait, J. H., & Hopson, J. L. (2009). Modern Biologi. In *The global ramifications of the French Revolution*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511572883.013>
- Rai, I. N. (2018). Dasar-dasar Argonomi. In *Percetakan Pelawa Sari*. PELAWASARI.
- Rawat, S., & Mushtaq, A. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobacteria, A Formula For Sustainable Agriculture: A Review. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(4), 43–46.
- Respati, E. (2022). Outlook Komoditas Perkebunan Tebu. In A. A. Susanti & R. K. Putra (Eds.), *Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekertariat Jenderal - Kementerian Pertanian*. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Rini, C. S., & Rochmah, J. (2020). *Bakteriologi Dasar* (M. Mushlih (ed.); 1st ed.). UMSIDA Press.
- Risna, Y. K., Sri-Harimurti, S.-H., Wihandoyo, W., & Widodo, W. (2022). Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Asam Laktat dari Saluran Pencernaan Itik Lokal Asal Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 24(1), 1.

<https://doi.org/10.25077/jpi.24.1.1-7.2022>

Ristiati, N. . (2015). *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Udayana University Press.

Saraswati, H. (2020). Modul Sesi Ke-3 Kinetika Pertumbuhan Bakteri. In *Modul Bioindustri* (Issue Ibl 610). Universitas Esa Unggul. <http://esaunggul.ac.id/15>

Sunantyo, B., & Santoso. (2000). Komponen Rendemen, Kontribusinya Terhadap Rendemen Pada Dua Dasawarsa Masa Giling Terakhir. *Prosiding Seminar Nasional Statistik V, ITS*.

Suryani, S., & A'yun, Q. (2022). Isolasi Bakteri Endofit Dari Mangrove Sonneratia Alba Asal Pondok 2 Pantai Harapan Jaya Muara Gembong, Bekasi. *BIO-SAINS : Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(2), 12–18. <https://uia.e-journal.id/biosains/article/view/1831>

Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., & Nasrulhaq Boyce, A. (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-A review. *Molecules*, 21(5), 1–17. <https://doi.org/10.3390/molecules21050573>

Wicaksono, E., Hardianto, & Muliawan, A. (2019). Rancang Bangun Penghitung Jumlah Koloni Bakteri Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik*, 13(2), 123–128.

Yuliana, N. (2008). Kinwtika Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Isolat T5 Yang Berasal Dari Tempoyak. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 13(2), 108–116.