

RESPON KANDUNGAN KLOROFIL JAGUNG MOMALA (*Zea mays* L.) TERHADAP BERBAGAI DOSIS INOKULUM ACTINOMYCETES

Salma Puasa^a, Novri Youla Kandowangko^{a*}, Muhammad Isra^b, Jusna Ahmad^a, Yuliana Retnowati^a
Aisyah Ahmad^c, Hayatiningsih Gubali^b

^aProgram Studi Biologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. Bj. Ing. Habibie, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo- Indonesia

^bFakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. Bj. Ing. Habibie, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo- Indonesia

^cBalai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP) Gorontalo- Indonesia

*Corresponding author : novrikandowangko@ung.ac.id

ABSTRAK

Jagung Momala (*Zea mays* L.) merupakan varietas jagung lokal Gorontalo yang memiliki nilai penting sebagai sumber pangan dan plasma nutfah daerah. Pemanfaatan Actinomycetes sebagai biostimulan mikroba berpotensi mendukung aktivitas fisiologis tanaman melalui peningkatan ketersediaan dan penyerapan unsur hara. Penelitian ini bertujuan menganalisis respons kandungan klorofil jagung Momala terhadap pemberian berbagai dosis inokulum Actinomycetes. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan, yaitu MA0 (tanpa Actinomycetes), MA1 (5 g inokulum), dan MA2 (10 g inokulum), masing-masing dengan tiga ulangan. Kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total dianalisis pada umur 49 dan 56 hari setelah tanam (HST) menggunakan metode spektrofotometri. Data dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Secara deskriptif, perlakuan MA2 menunjukkan kandungan klorofil b dan klorofil total tertinggi pada umur 49 dan 56 HST, sedangkan kandungan klorofil a tertinggi ditemukan pada MA0 pada umur 49 HST dan MA1 pada umur 56 HST. Namun, hasil ANOVA menunjukkan bahwa pemberian Actinomycetes tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan klorofil a, klorofil b, maupun klorofil total pada kedua waktu pengamatan ($P > 0,05$). Dengan demikian, pemberian inokulum Actinomycetes pada dosis 5 dan 10 g per polybag belum menunjukkan perubahan kandungan klorofil jagung Momala yang signifikan secara statistik.

Kata kunci: Actinomycetes; biostimulan mikroba; jagung Momala; kandungan klorofil; *Streptomyces*

ABSTRACT

Momala maize (*Zea mays* L.) is a local maize variety from Gorontalo, Indonesia, with important value as both a food resource and regional germplasm. Actinomycetes have potential as microbial biostimulants that may support plant physiological processes by improving nutrient availability and uptake. This study aimed to evaluate the response of chlorophyll content in Momala maize to different doses of Actinomycetes inoculum. The experiment was conducted using a randomized block design with three treatments: MA0 (without Actinomycetes), MA1 (5 g inoculum), and MA2 (10 g inoculum), each with three replications. Chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll contents were determined at 49 and 56 days after planting (DAP) using a spectrophotometric method. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 5% significance level. Descriptively, MA2 showed the highest chlorophyll b and total chlorophyll contents at both 49 and 56 DAP, whereas the highest chlorophyll a content was observed in MA0 at 49 DAP and MA1 at 56 DAP. However, ANOVA showed no significant effect of Actinomycetes application on chlorophyll a, chlorophyll b, or total chlorophyll content at either observation time ($P > 0.05$). Therefore, under the conditions of this study, application of Actinomycetes inoculum at 5 and 10 g per polybag did not result in statistically significant changes in the chlorophyll content of Momala maize

Keywords: Actinomycetes, chlorophyll content, microbial biostimulant, Momala maize, *Streptomyces*

Citation format:

Puasa, S. *et al.* 2026. Respon Kandungan Klorofil Jagung Momala (*Zea mays* L.) Terhadap Berbagai Dosis Inokulum Actinomycetes. Jambura Edu Biosfer Journal., vol. 8, no.1. pp 46-55, <https://doi:10.34312/jebj.v8i1.39533>

Handling editor: Zuliyanto Zakaria

1. Pendahuluan

Jagung Momala (*Zea mays* L.) merupakan salah satu varietas jagung lokal khas Gorontalo yang memiliki nilai penting sebagai sumber pangan tradisional sekaligus plasma nutfah daerah. Varietas ini memiliki karakter adaptif terhadap kondisi agroekologi lokal dan menjadi bagian dari sistem pangan masyarakat Gorontalo. Namun, keberadaan jagung lokal menghadapi tantangan akibat meningkatnya penggunaan varietas jagung unggul modern yang memiliki produktivitas lebih tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan perlunya strategi pengembangan budidaya yang mampu meningkatkan potensi produksi jagung Momala tanpa mengurangi nilai genetik dan karakter lokal yang dimilikinya (Kandowanko dkk., 2020). Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah penerapan teknologi budidaya berbasis mikroorganisme yang mampu mendukung proses fisiologis tanaman secara berkelanjutan.

Produktivitas tanaman sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanaman dalam menjalankan proses fisiologis, terutama fotosintesis. Salah satu indikator penting yang menggambarkan kapasitas fotosintetik tanaman adalah kandungan klorofil. Klorofil berperan dalam menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia yang digunakan dalam proses fotosintesis. Perubahan kandungan klorofil dapat mencerminkan kondisi fisiologis tanaman, termasuk respons terhadap ketersediaan unsur hara, cekaman lingkungan, maupun perlakuan budidaya tertentu (Yong *et al.*, 2024; Gao *et al.*, 2024). Oleh karena itu, analisis kandungan klorofil dapat digunakan sebagai pendekatan awal untuk mengevaluasi respons fisiologis tanaman terhadap aplikasi bahan pemacu pertumbuhan.

Pembentukan klorofil sangat berkaitan dengan ketersediaan unsur hara yang mendukung metabolisme tanaman. Unsur seperti nitrogen, magnesium, dan besi memiliki peran penting dalam biosintesis klorofil serta mempertahankan aktivitas fotosintesis. Namun, efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman sering menjadi kendala pada tanah dengan karakteristik tertentu, termasuk tanah Ultisol yang umumnya memiliki pH masam, kandungan bahan organik rendah, serta keterbatasan ketersediaan beberapa unsur hara akibat interaksi dengan mineral tanah (Bhat *et al.*, 2024; Gerke, 2024). Kondisi tersebut dapat membatasi pertumbuhan tanaman dan memengaruhi pembentukan pigmen fotosintetik.

Pemanfaatan mikroorganisme menguntungkan sebagai biostimulan tanaman menjadi salah satu pendekatan yang berkembang dalam sistem pertanian berkelanjutan. Actinomycetes, terutama dari genus *Streptomyces*, diketahui memiliki berbagai karakter fungsional yang berpotensi mendukung pertumbuhan tanaman, seperti kemampuan melarutkan fosfat, menghasilkan senyawa pemacu pertumbuhan, serta berinteraksi dengan komunitas mikroba di daerah rizosfer (Chouyia *et al.*, 2022; Elhaissoufi *et al.*, 2022). Aktivitas tersebut dapat berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pemanfaatan hara dan mendukung proses fisiologis tanaman. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Streptomyces* sebagai inokulan mikroba mampu memberikan respons positif terhadap pertumbuhan tanaman, meskipun efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh jenis mikroba, dosis aplikasi, tanaman inang, dan kondisi lingkungan (Silva dkk., 2022; Nonthakaew *et al.*, 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan potensi Actinomycetes sebagai biostimulan tanaman, informasi mengenai respons fisiologis jagung lokal terhadap aplikasi Actinomycetes masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak mengevaluasi parameter pertumbuhan, biomassa, atau hasil tanaman, sedangkan kajian mengenai perubahan kandungan klorofil sebagai indikator respons fisiologis masih belum banyak dilaporkan, khususnya pada varietas lokal seperti jagung Momala. Selain itu, penggunaan isolat Actinomycetes lokal yang berasal dari ekosistem Gorontalo memberikan peluang untuk mengevaluasi potensi mikroorganisme indigenous dalam mendukung budidaya tanaman lokal.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi respons kandungan klorofil jagung Momala terhadap pemberian berbagai dosis inokulum Actinomycetes. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan isolat Actinomycetes lokal Gorontalo sebagai biostimulan serta evaluasi respons fisiologis tanaman melalui analisis kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai kemampuan Actinomycetes dalam memengaruhi karakter fisiologis jagung Momala serta menjadi dasar bagi pengembangan penelitian lanjutan terkait interaksi mikroba-tanaman pada varietas lokal.

2. Metodologi

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama enam bulan, yaitu pada Juli–Desember 2025. Persiapan, pemurnian, dan perbanyakan isolat Actinomycetes dilakukan di Laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo. Percobaan tanaman dilaksanakan pada kondisi lahan terbuka di kebun percobaan yang berlokasi di Desa Wumialo, Kecamatan Kota Tengah, Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo, Indonesia. Tanaman dipelihara pada kondisi lingkungan alami dengan paparan sinar matahari langsung. Media tanam yang digunakan berupa tanah kebun dari lokasi penelitian. Data hasil analisis laboratorium mengenai sifat kimia tanah, termasuk pH, kandungan fosfor (P), kalium (K), dan C-organik, tidak tersedia untuk dilaporkan secara terverifikasi. Oleh karena itu, nilai dan kategori sifat kimia tanah tidak digunakan sebagai dasar interpretasi dalam penelitian ini.

2.2 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan meliputi benih jagung Momala (*Zea mays* L.), isolat Actinomycetes RzPK-05, media Starch Casein Agar (SCA), beras sebagai media perbanyakan sekaligus bahan pembawa inokulum, tanah sebagai media tanam, akuades, aseton 100% untuk pembuatan aseton 80%, aluminium foil, serta bahan sterilisasi laboratorium. Peralatan yang digunakan meliputi autoklaf, laminar air flow cabinet, inkubator, oven, timbangan analitik, cawan Petri, mikropipet, jarum ose, tabung reaksi, mortar dan pestle, sentrifus, spektrofotometer, kuvet dengan panjang lintasan optik 1 cm, dan peralatan laboratorium pendukung lainnya.

2.3 Persiapan Bahan Tanaman dan Media Tanah

Bahan tanaman yang digunakan adalah benih jagung lokal Gorontalo varietas Momala (*Zea mays* L.). Media tanam yang digunakan berupa tanah kebun. Sebelum pelaksanaan percobaan, sampel tanah komposit dianalisis di Laboratorium Badan Penelitian dan Modernisasi Pertanian (BRMP) Gorontalo untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik kimia tanah awal.

Berdasarkan hasil analisis yang diberikan oleh Laboratorium BRMP Gorontalo, kandungan fosfor (P) tercatat sebesar 100 kg ha^{-1} dan dikategorikan tinggi, sedangkan kandungan kalium (K) sebesar 100 kg ha^{-1} dan dikategorikan rendah. Tanah memiliki pH 5–6 yang menunjukkan kondisi agak masam serta kandungan karbon organik (C-organik) $\leq 2\%$ yang dikategorikan rendah. Informasi mengenai metode ekstraksi dan metode analisis yang digunakan untuk penetapan P, K, pH, dan C-organik tidak dicantumkan dalam laporan hasil yang diterima dari laboratorium sehingga tidak dapat dilaporkan dalam penelitian ini.

2.4 Persiapan dan Perbanyakan Isolat

Isolat Actinomycetes yang digunakan adalah isolat RzPK-05 dari genus *Streptomyces*. Isolat tersebut sebelumnya telah dikarakterisasi berkaitan dengan kemampuan menghasilkan *indole-3-acetic acid* (IAA), aktivitas antagonistik, ketahanan terhadap fungisida, dan kemampuan melarutkan fosfat sebagaimana dilaporkan oleh Matalauni dkk. (2025).

Isolat dimurnikan pada media Starch Casein Agar (SCA) dan diinkubasi pada suhu $28\text{--}30^\circ\text{C}$ selama 7–14 hari hingga diperoleh pertumbuhan koloni yang optimum. Isolat selanjutnya diperbanyak menggunakan beras sebagai media perbanyakan sekaligus bahan pembawa. Beras dipersiapkan dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah

media mencapai suhu ruang, isolat diinokulasikan secara aseptik dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 10–14 hari hingga pertumbuhan miselium merata.

Kultur Actinomycetes pada media beras selanjutnya digunakan sebagai inokulum dengan dosis 5 dan 10 g per polybag. Kepadatan inokulum dalam bentuk CFU g⁻¹ maupun jumlah spora g⁻¹ tidak ditentukan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, dosis yang digunakan merepresentasikan massa kultur Actinomycetes pada media beras dan bukan jumlah sel atau spora absolut.

2.5 Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor perlakuan, yaitu dosis inokulum Actinomycetes. Perlakuan terdiri atas tiga taraf, yaitu MA0 = tanpa inokulum Actinomycetes, MA1 = 5 g inokulum per polybag, dan MA2 = 10 g inokulum per polybag. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Pengelompokan dilakukan berdasarkan posisi polybag di lokasi percobaan, dengan setiap blok mencakup seluruh taraf perlakuan. Penempatan perlakuan dalam setiap blok dilakukan untuk mengurangi pengaruh heterogenitas lingkungan di lokasi penelitian.

Pengamatan kandungan klorofil dilakukan pada umur 49 dan 56 hari setelah tanam (HST). Tanaman yang digunakan pada pengamatan 49 HST dan 56 HST berasal dari polybag yang berbeda. Dengan demikian, setiap umur pengamatan menggunakan sembilan unit percobaan independen yang terdiri atas tiga perlakuan dan tiga ulangan. Secara keseluruhan, sebanyak 18 unit percobaan independen digunakan untuk analisis kandungan klorofil pada kedua umur pengamatan. Penggunaan polybag yang berbeda pada masing-masing umur dilakukan karena pengambilan jaringan daun untuk analisis klorofil diperlakukan sebagai pengambilan sampel destruktif.

2.6 Pengambilan Sampel dan Analisis Kandungan Klorofil

Analisis kandungan klorofil dilakukan pada tanaman umur 49 dan 56 HST. Sampel jaringan daun diambil dari daun ke-3 dan ke-4 tanaman pada setiap unit percobaan. Tanaman yang digunakan pada umur 49 HST berbeda dengan tanaman yang digunakan pada umur 56 HST sehingga pengambilan sampel pada kedua umur tersebut bersifat independen. Sebanyak 2 g jaringan daun segar ditimbang dan dihomogenisasi menggunakan mortar dan pestle dengan 20 mL aseton 80% yang dibuat melalui pengenceran aseton 100%. Selama proses preparasi, ekstrak dilindungi dari paparan cahaya langsung untuk meminimalkan degradasi pigmen.

Ekstrak kemudian disentrifugasi hingga diperoleh larutan jernih. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 663 dan 645 nm dengan kuvet yang memiliki panjang lintasan optik 1 cm. Aseton 80% digunakan sebagai blanko. Kandungan klorofil dihitung berdasarkan persamaan Arnon (1949):

- Klorofil a = $(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})$
- Klorofil b = $(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})$
- Klorofil total = $(20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})$

dengan A663 dan A645 masing-masing merupakan nilai absorbansi ekstrak pada panjang gelombang 663 dan 645 nm. Hasil kandungan klorofil dinyatakan dalam mg L⁻¹ ekstrak.

2.7 Analisis Data

Data kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics version 30 pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Karena tanaman yang dianalisis pada umur 49 dan 56 HST berasal dari polybag yang berbeda, data pada masing-masing umur merupakan pengamatan independen. Pengaruh dosis Actinomycetes terhadap setiap parameter kandungan klorofil dianalisis secara terpisah pada umur 49 dan 56 HST menggunakan analisis varians berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Model matematis yang digunakan adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

dengan Y_{ij} merupakan nilai pengamatan pada perlakuan ke- i dan blok ke- j , μ merupakan rata-rata umum, τ_i merupakan pengaruh dosis Actinomycetes, β_j merupakan pengaruh blok, dan ϵ_{ij} merupakan galat percobaan. Normalitas residual diperiksa menggunakan uji Shapiro–Wilk, sedangkan homogenitas ragam diperiksa menggunakan uji Levene. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh perlakuan yang signifikan ($P < 0,05$), perbandingan rata-rata perlakuan dilanjutkan menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%. Karena setiap perlakuan hanya terdiri atas tiga ulangan, interpretasi hasil juga mempertimbangkan ukuran variasi data dan tidak hanya didasarkan pada nilai P .

3. Hasil dan Pembahasan

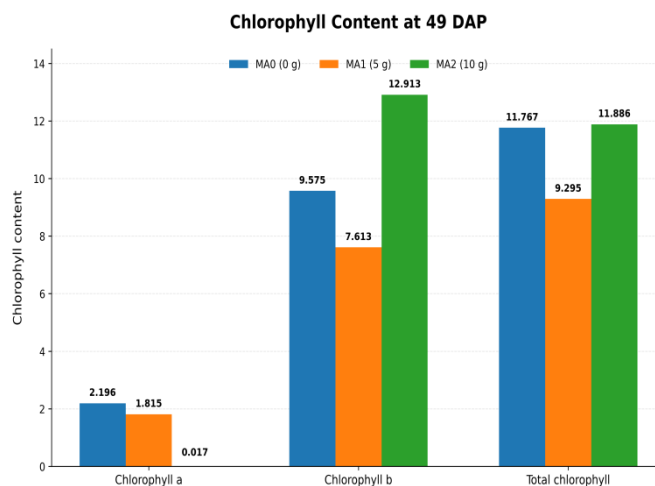
3.1 Hasil

3.1.1 Respons Kandungan Klorofil pada 49 HST

Pada umur 49 HST (Tabel 1), kandungan klorofil jagung Momala menunjukkan variasi nilai secara deskriptif di antara perlakuan dosis Actinomycetes. Kandungan klorofil a secara numerik tertinggi terdapat pada perlakuan MA0 (0 g) sebesar $2,196 \text{ mg L}^{-1}$, diikuti MA1 (5 g) sebesar $1,815 \text{ mg L}^{-1}$ dan MA2 (10 g) sebesar $0,017 \text{ mg L}^{-1}$. Sementara itu, kandungan klorofil b secara numerik tertinggi terdapat pada perlakuan MA2 sebesar $12,913 \text{ mg L}^{-1}$, diikuti MA0 sebesar $9,575 \text{ mg L}^{-1}$ dan MA1 sebesar $7,613 \text{ mg L}^{-1}$.

Nilai klorofil total pada umur 49 HST perlu diverifikasi kembali berdasarkan data absorbansi pada panjang gelombang 645 dan 663 nm karena terdapat ketidaksesuaian antara nilai klorofil a, klorofil b, dan klorofil total yang tercantum dalam data hasil sebelumnya. Oleh karena itu, interpretasi terhadap klorofil total pada umur 49 HST dilakukan setelah perhitungan ulang berdasarkan data absorbansi asli.

Secara keseluruhan, pola numerik pada umur 49 HST menunjukkan bahwa peningkatan dosis Actinomycetes tidak diikuti oleh peningkatan yang konsisten pada seluruh komponen klorofil. Namun, pola tersebut bersifat deskriptif dan tidak menunjukkan perbedaan statistik antarperlakuan.

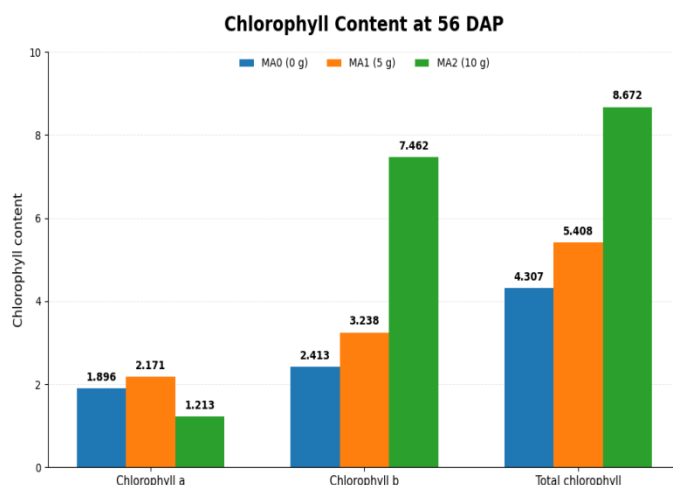


Gambar 1. Kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total jagung Momala pada umur 49 HST pada tiga dosis Actinomycetes. Data disajikan sebagai rata-rata, $n = 3$.

3.1.2 Respons Kandungan Klorofil pada 56 HST

Pada umur 56 HST (Tabel 1), kandungan klorofil jagung Momala juga menunjukkan variasi numerik antarperlakuan. Kandungan klorofil a secara numerik tertinggi terdapat pada perlakuan MA1 (5 g), yaitu sebesar $2,171 \text{ mg L}^{-1}$, sedangkan MA0 dan MA2 masing-masing menunjukkan nilai sebesar $1,896$ dan $1,213 \text{ mg L}^{-1}$. Kandungan klorofil b secara numerik tertinggi terdapat pada perlakuan MA2 (10 g) sebesar $7,462 \text{ mg L}^{-1}$, diikuti MA1 sebesar $3,238 \text{ mg L}^{-1}$ dan MA0 sebesar $2,413 \text{ mg L}^{-1}$. Pola serupa secara numerik ditemukan pada klorofil total, yaitu sebesar $8,672 \text{ mg L}^{-1}$ pada MA2, $5,408 \text{ mg L}^{-1}$ pada MA1, dan $4,307 \text{ mg L}^{-1}$ pada MA0. Meskipun nilai rata-rata klorofil b dan klorofil total secara numerik lebih tinggi pada MA2, hasil tersebut tidak dapat

langsung diinterpretasikan sebagai peningkatan akibat pemberian *Actinomycetes* karena perbedaan antarperlakuan perlu didasarkan pada hasil analisis statistik.



Gambar 2. Kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total jagung Momala pada umur 56 HST pada tiga dosis *Actinomycetes*. Data disajikan sebagai rata-rata, $n = 3$.

Tabel 1. Profil klorofil jagung Momala pada 49 dan 56 HST di bawah tiga dosis *Actinomycetes*

Interval Pengamatan	Metrik	M0 (0 g)	M1 (5 g)	M2 (10 g)	Pola Utama
49 HST	Klorofil a	2.196	1.815	0.017	M0 Paling Tinggi
49 HST	Klorofil b	9.575	7.613	12.913	M2 Paling Tinggi
49 HST	Total Klorofil	11.767	9.295	11.886	M2 Paling Tinggi
56 HST	Klorofil a	1.896	2.171	1.213	M1 Paling Tinggi
56 HST	Klorofil b	2.413	3.238	7.462	M2 Paling Tinggi
56 HST	Total Klorofil	4.307	5.408	8.672	M2 Paling Tinggi

Pada umur 49 HST, kandungan klorofil menunjukkan variasi numerik antarperlakuan. Kandungan klorofil a tertinggi secara deskriptif terdapat pada MA0, sedangkan klorofil b dan klorofil total menunjukkan nilai numerik tertinggi pada MA2. Meskipun demikian, variasi tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik berdasarkan hasil ANOVA ($P > 0,05$). Oleh karena itu, nilai yang lebih tinggi pada suatu perlakuan hanya dipandang sebagai kecenderungan deskriptif dan tidak digunakan sebagai dasar untuk menyatakan efektivitas dosis tertentu.

Pada umur 56 HST, pola yang serupa juga ditemukan. Kandungan klorofil a menunjukkan nilai numerik tertinggi pada MA1, sedangkan klorofil b dan klorofil total secara deskriptif tertinggi pada MA2. Namun, hasil ANOVA menunjukkan $P > 0,05$ sehingga variasi tersebut belum dapat dikaitkan secara statistik dengan pengaruh dosis *Actinomycetes*.

3.1.3 Pengaruh Dosis *Actinomycetes* terhadap Kandungan Klorofil

Pengaruh dosis *Actinomycetes* terhadap kandungan klorofil dianalisis secara terpisah pada umur 49 dan 56 HST menggunakan analisis varians berdasarkan Rancangan Acak Kelompok. Dalam analisis tersebut, dosis *Actinomycetes* digunakan sebagai faktor perlakuan dan kelompok atau blok dimasukkan ke dalam model sebagai sumber keragaman. Pada masing-masing umur pengamatan, hasil analisis (Tabel 2) dilaporkan dengan mencantumkan sumber keragaman perlakuan, blok, galat, dan total beserta derajat bebas (df), jumlah kuadrat (*sum of squares*), kuadrat tengah (*mean square*), nilai F , dan nilai P . Karena setiap perlakuan hanya terdiri atas tiga ulangan, hasil inferensial juga disajikan bersama ukuran variasi dan interval kepercayaan untuk menghindari interpretasi yang hanya didasarkan pada nilai P .

Tabel 2. Hasil Analisis ANOVA Kandungan Klorofil a, kandungan klorofil b, klorofil total

Waktu pengamatan	Variabel	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
49 HST	Klorofil a	2.415	2	1.208	0.124	0.885
	Klorofil b	38.676	2	19.338	0.211	0.816
	Klorofil total	14.968	2	7.484	0.097	0.909
56 HST	Klorofil a	1.459	2	0.730	0.222	0.807
	Klorofil b	44.011	2	22.005	0.485	0.638
	Klorofil total	30.914	2	15.457	0.452	0.656

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa pemberian *Actinomyces* tidak menghasilkan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan klorofil a, klorofil b, maupun klorofil total pada umur 49 dan 56 HST ($P > 0,05$). Dengan demikian, perbedaan nilai yang terlihat pada Tabel 1 diperlakukan sebagai variasi deskriptif antarperlakuan.

3.2 Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian ini tidak terdeteksi pengaruh yang signifikan dari aplikasi *Actinomyces* terhadap kandungan klorofil a, klorofil b, maupun klorofil total jagung Momala pada umur 49 dan 56 HST ($P > 0,05$). Meskipun terdapat variasi nilai secara numerik antarperlakuan, variasi tersebut belum dapat dinyatakan sebagai perbedaan yang disebabkan oleh dosis *Actinomyces* secara statistik. Oleh karena itu, nilai yang lebih tinggi pada perlakuan tertentu dalam penelitian ini diperlakukan sebagai kecenderungan deskriptif dan bukan sebagai bukti efektivitas dosis tertentu.

Pada umur 49 HST, klorofil a secara deskriptif menunjukkan nilai tertinggi pada perlakuan MA0, sedangkan klorofil b menunjukkan nilai numerik tertinggi pada MA2. Pada umur 56 HST, klorofil a menunjukkan nilai numerik tertinggi pada MA1, sedangkan klorofil b dan klorofil total cenderung lebih tinggi pada MA2. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis *Actinomyces* dari 0 menjadi 5 dan 10 g per polybag tidak diikuti oleh respons yang konsisten pada seluruh komponen klorofil dan kedua umur pengamatan. Dengan demikian, perubahan nilai klorofil yang terlihat belum dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai respons dosis (dose-response) terhadap aplikasi *Actinomyces*.

Kandungan klorofil merupakan salah satu indikator fisiologis yang berhubungan dengan kemampuan tanaman menangkap energi cahaya untuk fotosintesis. Pembentukan dan stabilitas klorofil dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk status unsur hara, tahap perkembangan tanaman, serta kondisi lingkungan. Nitrogen, magnesium, dan besi berperan penting dalam pembentukan maupun fungsi pigmen fotosintetik, sementara faktor lingkungan dapat memengaruhi biosintesis dan degradasi klorofil selama perkembangan tanaman (Therby-Vale *et al.* 2022; Yong *et al.* 2024; Gao *et al.* 2024). Oleh karena itu, variasi kandungan klorofil pada jagung Momala dalam penelitian ini diduga tidak hanya berkaitan dengan perlakuan inokulum, tetapi juga dengan kondisi fisiologis tanaman dan lingkungan tumbuh.

Secara biologis, *Actinomyces*, terutama kelompok *Streptomyces*, memiliki potensi sebagai mikroorganisme pemacu pertumbuhan tanaman. Beberapa mekanisme yang telah dilaporkan meliputi pelarutan fosfat, produksi senyawa pemacu pertumbuhan seperti *indole-3-acetic acid* (IAA), serta peningkatan ketersediaan unsur hara di daerah perakaran (Chouyia *et al.* 2022; Elhaisoufi *et al.* 2022; Silva *et al.* 2022; Nonthakaew *et al.* 2022). Isolat RzPK-05 yang digunakan dalam penelitian ini juga sebelumnya telah dikarakterisasi memiliki beberapa sifat yang berkaitan dengan potensi pemacu pertumbuhan tanaman. Meskipun demikian, keberadaan karakter pemacu pertumbuhan tersebut tidak selalu secara langsung menghasilkan peningkatan kandungan klorofil, karena respons tanaman juga ditentukan oleh keberhasilan mikroorganisme dalam bertahan, beraktivitas, dan berinteraksi dengan tanaman pada kondisi lingkungan aktual.

Hasil analisis tanah awal perlu dipertimbangkan secara hati-hati dalam menjelaskan respons tanaman. Analisis yang dilakukan oleh Laboratorium BRMP Gorontalo menunjukkan bahwa fosfor (P) tanah termasuk kategori tinggi, sedangkan kalium (K) termasuk kategori rendah, pH berada pada kisaran 5–6, dan kandungan C-organik tergolong rendah. Dengan demikian,

keterbatasan ketersediaan fosfor tidak dapat digunakan sebagai penjelasan utama terhadap tidak signifikannya respons kandungan klorofil dalam penelitian ini. Meskipun isolat *Actinomyces* yang digunakan memiliki potensi dalam pelarutan fosfat, kondisi P awal yang telah dikategorikan tinggi diduga dapat memberi manfaat tambahan yang berkaitan dengan peningkatan ketersediaan P tidak menjadi faktor dominan pada kondisi penelitian ini.

Karakteristik tanah lainnya, seperti K yang rendah, pH agak masam, dan C-organik yang rendah, menunjukkan bahwa lingkungan tumbuh memiliki beberapa faktor yang berpotensi memengaruhi respons fisiologis tanaman. Akan tetapi, penelitian ini tidak mengukur perubahan kandungan hara tanah selama percobaan, serapan unsur hara tanaman, maupun hubungan langsung antara status hara dan kandungan klorofil. Oleh karena itu, faktor-faktor tersebut tidak dapat ditetapkan sebagai penyebab langsung variasi kandungan klorofil yang diamati. Pengukuran serapan hara dan karakteristik kimia tanah setelah perlakuan diperlukan pada penelitian selanjutnya untuk menjelaskan mekanisme respons tanaman secara lebih meyakinkan.

Perbedaan pola numerik antara umur 49 dan 56 HST juga menunjukkan adanya dinamika kandungan klorofil selama perkembangan tanaman. Metabolisme klorofil dapat berubah sesuai dengan umur dan tahap perkembangan daun serta dipengaruhi oleh keseimbangan antara proses biosintesis dan degradasi pigmen (Yong *et al.* 2024; Li *et al.* 2024). Selain itu, karena penelitian dilaksanakan pada kondisi lahan terbuka, variasi intensitas cahaya, suhu, kelembapan, dan ketersediaan air berpotensi turut memengaruhi kondisi fisiologis tanaman (Ferroni & Zivčák 2023).

Interpretasi terhadap hasil statistik juga perlu mempertimbangkan jumlah ulangan yang relatif terbatas. Setiap perlakuan dalam penelitian ini hanya terdiri atas tiga ulangan, sehingga kemampuan analisis statistik untuk mendeteksi efek dengan ukuran kecil hingga sedang kemungkinan terbatas. Dengan kondisi tersebut, nilai $P > 0,05$ tidak dapat diinterpretasikan sebagai bukti bahwa *Actinomyces* sama sekali tidak memberikan efek, tetapi menunjukkan bahwa pada kondisi penelitian, jumlah ulangan, dan dosis yang diuji, tidak terdeteksi perbedaan yang cukup kuat secara statistik. Variasi numerik antarperlakuan tidak digunakan untuk menyatakan bahwa perlakuan dengan nilai rata-rata tertinggi merupakan perlakuan yang paling efektif.

Selain keterbatasan jumlah ulangan, dosis inokulum dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan massa kultur *Actinomyces* pada media beras, yaitu 5 dan 10 g per polybag. Kepadatan biologis inokulum dalam bentuk CFU g^{-1} atau jumlah spora g^{-1} tidak diukur. Penelitian selanjutnya perlu melakukan standarisasi inokulum berdasarkan kepadatan sel atau spora dan viabilitas inokulum agar hubungan dosis dan respons tanaman dapat dievaluasi dengan lebih akurat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya variasi deskriptif kandungan klorofil jagung Momala pada berbagai dosis *Actinomyces*, tetapi tidak terdeteksi pengaruh yang signifikan terhadap klorofil a, klorofil b, maupun klorofil total pada umur 49 dan 56 HST. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi percobaan ini respons kandungan klorofil belum dapat dikaitkan secara meyakinkan dengan dosis 5 dan 10 g per polybag. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan jumlah ulangan yang lebih besar, inokulum yang terstandarisasi, rentang dosis yang lebih luas, serta pengukuran parameter pendukung seperti kolonisasi mikroba, kandungan dan serapan unsur hara, biomassa tanaman, luas daun, dan aktivitas fotosintesis untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai respons fisiologis jagung Momala terhadap aplikasi *Actinomyces*.

4. Kesimpulan

Aplikasi *Actinomyces* pada dosis 5 dan 10 g per polybag tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan klorofil a, klorofil b, maupun klorofil total jagung Momala pada umur 49 dan 56 HST ($P > 0,05$). Variasi nilai yang ditemukan antarperlakuan bersifat deskriptif dan tidak menunjukkan pola respons dosis yang konsisten. Oleh karena itu, nilai yang lebih tinggi pada perlakuan tertentu tidak dapat digunakan sebagai bukti bahwa dosis tersebut lebih efektif dalam meningkatkan kandungan klorofil. Mengingat penelitian menggunakan tiga ulangan pada

setiap perlakuan, hasil $P > 0,05$ diinterpretasikan sebagai tidak terdeteksinya pengaruh yang signifikan pada kondisi dan dosis yang diuji, bukan sebagai bukti tidak adanya pengaruh biologis Actinomycetes. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan jumlah ulangan yang lebih besar dan inokulum yang terstandarisasi untuk memperoleh estimasi pengaruh yang lebih kuat dan akurat.

5. Referensi

- Arnon DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24(1): 1–15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Bhat MA, Mishra AK, Shah SN, Bhat MA, Jan S, Rahman S, Baek KH, Jan AT. 2024. Soil and mineral nutrients in plant health: A prospective study of iron and phosphorus in the growth and development of plants. *Current Issues in Molecular Biology* 46(6): 5194–5222. <https://doi.org/10.3390/cimb46060312>
- Chouyia FE, Ventorino V, Pepe O. 2022. Diversity, mechanisms and beneficial features of phosphate-solubilizing *Streptomyces* in sustainable agriculture: A review. *Frontiers in Plant Science* 13: 1035358. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1035358>
- Elhaisoufi W, Ghoulam C, Barakat A, Zeroual Y, Bargaz A. 2022. Phosphate bacterial solubilization: A key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. *Journal of Advanced Research* 38: 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.08.014>
- Ferroni L, Zivčák M. 2023. Photosynthesis under environmental fluctuations: A challenge for plants, a challenge for researchers. *Plants* 12(24): 4146. <https://doi.org/10.3390/plants12244146>
- Gao F, Guo J, Shen Y. 2024. Advances from chlorophyll biosynthesis to photosynthetic adaptation, evolution and signaling. *Plant Stress* 12: 100470. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100470>
- Gerke J. 2024. Improving phosphate acquisition from soil via higher plants while approaching peak phosphorus worldwide: A critical review of current concepts and misconceptions. *Plants* 13(24): 3478. <https://doi.org/10.3390/plants13243478>
- Husain A, Nurdin, Purnomo SH. 2022. Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung lokal varietas Motorokiki pada beberapa kelas lereng dan dosis pupuk NPK di Payu, Gorontalo. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 9(2): 223–230. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.3>
- Kandowanko NY, Solang M, Retnawaty E. 2020. Traditional agro-management practices, utilization and nutritional composition of Momala: A local maize variety of Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas* 21(3): 853–859. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210301>
- Latif KP, Kandowanko NY, Ahmad J, Sija P. 2023. Respon pertumbuhan jagung lokal Pulut dan Siropu Gorontalo terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Biologi Papua* 15(1): 11–18. <https://doi.org/10.31957/jbp.2373>
- Li X, Zhang W, Niu D, Liu X. 2024. Effects of abiotic stress on chlorophyll metabolism. *Plant Science* 342: 112030. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2024.112030>
- Matalauni CL, Retnowati Y, Katili AS, Hasan AM, Kandowanko NY. 2025. Isolation and characterization of Actinomycetes from plant rhizosphere in Gorontalo karst area. *MIKHAYLA: Journal of Advanced Research* 2(1): 11–18. <https://doi.org/10.61579/mikhayla.v2i1.286>

- Nonthakaew N, Panbangred W, Songnuan W, Intra B. 2022. Plant growth-promoting properties of *Streptomyces* spp. isolates and their impact on mung bean plantlets' rhizosphere microbiome. *Frontiers in Microbiology* 13: 967415. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.967415>
- Silva GC, Kitano IT, Ribeiro IAF, Lacava PT. 2022. The potential use of Actinomycetes as microbial inoculants and biopesticides in agriculture. *Frontiers in Soil Science* 2: 833181. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2022.833181>
- Therby-Vale R, Lacombe B, Rhee SY, Nussaume L, Rouached H. 2022. Mineral nutrient signaling controls photosynthesis: Focus on iron deficiency-induced chlorosis. *Trends in Plant Science* 27(5): 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.11.005>
- Yong S, Chen Q, Xu F, Fu H, Liang G, Guo Q. 2024. Exploring the interplay between angiosperm chlorophyll metabolism and environmental factors. *Planta* 260: 25. <https://doi.org/10.1007/s00425-024-04437-8>