

Trichoderma and Chicken Manure Effects on Red Spinach Growth and Yield

Vicky Ayu Sianipar*, M. Idris, Irda Nila Selvia

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia;

Article History

Received : August 11th, 2026

Revised : September 11th, 2026

Accepted : September 22th, 2026

*Corresponding Author: **Vicky Ayu Sianipar**, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia;
Email: vickyayu112237@gmail.com

Abstract: This study evaluated the individual and interactive effects of *Trichoderma* sp. and chicken-manure fertilizer on the growth and yield of red spinach (*Amaranthus tricolor* L.). A 4 × 4 factorial randomized complete block design with three blocks was used, comprising *Trichoderma* doses of 0, 2.5, 5.0, and 7.5 g/polybag and chicken-manure doses of 0, 200, 400, and 600 g/polybag. Plant height and leaf number were measured at 7, 14, 21, and 28 days after planting, and fresh weight was measured at 28 days. *Trichoderma* significantly affected plant height at all observation times and leaf number at 14 and 21 days. Chicken manure and the interaction significantly affected plant height and leaf number across observation times. None of the treatments significantly affected fresh weight. T2 (5 g/polybag) and P2 (400 g/polybag) generally produced the highest vegetative-growth means, whereas T2P2 produced high plant height and the highest leaf number at 28 days. These findings indicate that treatment responses depended on the growth parameter and observation time.

Keywords: *Amaranthus tricolor* L.; Chicken manure; *Trichoderma* sp.; Plant growth promoter; Vegetative growth.

Pendahuluan

Sayuran, yang menjadi salah satu komoditas hortikultura yang menyimpan banyak potensi untuk terus dikembangkan, baik dari segi nilai ekonominya, kandungan nutrisi yang tergolong tinggi, maupun perannya dalam membuka lapangan kerja bagi banyak orang (Kusparwanti et al., 2022). Sayuran menjadi sumber makanan yang sangat penting untuk dikonsumsi secara rutin oleh masyarakat, karena kandungan protein, vitamin, mineral, dan serat di dalamnya bermanfaat bagi kesehatan manusia (Sianipar et al., 2025).

Pada awalnya, bayam dikenal sebagai tanaman hias, namun seiring berjalannya waktu, bayam mulai dikembangkan sebagai bahan pangan yang kaya akan protein, vitamin, serta zat lainnya. Terdapat beberapa jenis bayam, salah satunya adalah bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.).

Tanaman yang dikenal sebagai bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) adalah jenis sayuran yang biasa dimakan. Tanaman ini berasal dari Amerika Tropis dan kini telah tersebar ke banyak belahan dunia (Rachmania & Ashari, 2019a). Minat masyarakat terhadap bayam merah sebagai sayuran semakin meningkat karena kandungan gizinya, yang mencakup 41 kalori, 2,2 g protein, 0,8 g lemak, 6,3 g karbohidrat, 2,2 g serat, vitamin C 62 mg, kalsium 520 mg, fosfor 80 mg, zat besi 7 mg, natrium 20 mg, dan kalium 60 mg per 100 g bahan (Pertanian, 2024). Selain itu, kandungan zat besinya yang tinggi menjadikan bayam merah bermanfaat dalam membantu mengatasi anemia (Ningsih et al., 2022)

(Rachmania & Ashari, 2019a) dalam penelitiannya mengenai seleksi tanaman bayam merah lokal Malang, mengungkapkan bahwa nilai jual bayam merah di pasaran dapat mencapai 10 kali lebih tinggi dibandingkan bayam hijau, sehingga upaya promosi dan

pengembangan budi daya bayam merah berpotensi menjadi peluang untuk meningkatkan pendapatan petani.

Perkembangan budidaya bayam merah di Provinsi Sumatera Utara masih tergolong terbatas, sebab komoditas ini umumnya hanya ditanam sebagai tanaman sampingan akibat tingkat serangan hama dan penyakit yang cukup tinggi, misalnya ulat dan kutu daun. Berdasarkan data Statistik Pertanian Hortikultura, jumlah produksi bayam di provinsi ini menunjukkan kecenderungan fluktuatif sekaligus penurunan sepanjang periode 2021–2023. Tercatat produksi mencapai 17.980 ton pada tahun 2021, kemudian menurun menjadi 16.797 ton pada tahun 2022, dan sedikit meningkat menjadi 16.895 ton pada tahun 2023. Serangan hama dan penyakit merupakan salah satu penyebab utama gagal panen sehingga menjadi tantangan tersendiri dalam menjaga stabilitas hasil produksi. Karena itu, langkah pencegahan maupun pengendalian terhadap hama dan penyakit pada tanaman bayam merah perlu terus diupayakan agar risiko gagal panen dapat diminimalkan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan yaitu penggunaan *Trichoderma* sp (Agustina et al., 2026).

Trichoderma sp. tergolong sebagai jamur saprofit mengingat fungsinya dalam menyuplai bahan organik secara bebas, khususnya pada proses pembuatan kompos. Keberadaan jamur ini menjadi salah satu alternatif untuk mempercepat proses penguraian bahan organik, sebab *Trichoderma* sp. mampu menguraikan senyawa karbohidrat, khususnya selulosa, dengan dukungan enzim selulase seperti *selubiosa* dan enzim *kitinase*. Selulosa turut berperan dalam penguraian bahan organik karena enzim tersebut sesungguhnya merupakan gabungan dari beberapa enzim, yaitu *selobiohidrolase*, *endoglukanase*, dan *glukosidase*. Dengan demikian, penerapan *Trichoderma* sp. tidak hanya menyediakan unsur hara tambahan dan senyawa pemacu pertumbuhan bagi tanaman, tetapi juga berkontribusi dalam meningkatkan kesuburan tanah dari sisi biologis (Tri Hapsari et al., n.d.).

Di samping fungsinya sebagai agens hayati, *Trichoderma* sp. juga banyak digunakan sebagai perangsang pertumbuhan

tanaman. Berdasarkan hasil penelitian, pemberian *Trichoderma* sp. pada perkecambahan padi sawah memberikan respons yang cukup baik terhadap rerata tinggi kecambah. Kondisi ini terjadi karena *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan menghasilkan zat pengatur tumbuh (ZPT), yang disintesis untuk mendorong pembentukan fitohormon pada tanaman (Gustiana et al., 2022). Adapun metabolit sekundernya, seperti arzanolid, berfungsi dalam mengatur pertumbuhan tanaman sekaligus respons pertahanannya.

Selain itu, penelitian (Syamsiyah et al., 2024) menjelaskan bahwa penggunaan *Trichoderma* sp. memungkinkan proses pembuatan kompos berlangsung lebih cepat, yakni hanya dalam waktu satu bulan. Kemampuan ini didukung oleh sifat *Trichoderma* sp. yang dapat menguraikan bahan organik, khususnya senyawa karbohidrat seperti selulosa, dengan bantuan enzim selulase. *Tricho*-kompos sendiri merupakan pupuk berbahan dasar organik yang di dalamnya terkandung cendawan antagonis *Trichoderma* sp.

Hasil penelitian (Afriditya et al., 2025) mengungkapkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. sebanyak 15 gram per tanaman (perlakuan T1) menghasilkan dampak paling baik pada berbagai parameter pertumbuhan tanaman terung ungu (*Solanum melongena* L.) varietas hibrid, meliputi tinggi tanaman, jumlah bunga, jumlah buah, berat buah, panjang buah, dan berat kering tanaman.

Selain langkah-langkah untuk mengendalikan hama dan penyakit, pemupukan juga merupakan faktor penting dalam meningkatkan keberhasilan budidaya tanaman bayam merah. Para peneliti (Sinha et al., 2024) menemukan bahwa tanaman umumnya tidak dapat menyerap seluruh pupuk anorganik yang diberikan, sehingga selalu ada sisa dari pupuk tersebut. Sisa-sisa pupuk anorganik yang tertinggal di dalam tanah dapat bereaksi dengan air saat hujan, yang mengakibatkan pengikatan partikel tanah dan terbentuknya sedimen. Ketika kering, tanah menjadi keras dan asam, sehingga air sulit meresap. Hal ini berdampak buruk bagi kehidupan organisme tanah, yang dapat mengakibatkan kematian bagi mereka dan

mengurangi jenis serta jumlah organisme yang ada. Selain itu, peningkatan hasil tanaman yang terlalu bergantung pada bahan kimia berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia akibat residu kimia yang tertinggal. Oleh sebab itu, pemanfaatan pupuk organik menjadi sangat penting untuk diterapkan.

Aplikasi pupuk organik yang berasal dari kotoran ayam mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah serta mengoptimalkan proses penyerapannya oleh akar tanaman (Widiyanti *et al.*, 2022). Dibandingkan dengan kotoran hewan lainnya, kotoran ayam memiliki kandungan nitrogen yang jauh lebih tinggi, yakni mencapai tiga kali lipat, sehingga penggunaannya dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman, sekaligus membantu menekan tingkat serangan hama dan penyakit. Pupuk ini tergolong sebagai pupuk lengkap karena hampir seluruh unsur hara yang dibutuhkan tanaman terkandung di dalamnya. Adapun komposisi nutrisinya meliputi 57% H₂O, 29% bahan organik, 1,5% N, 1,3% P₂O₃, 0,8% K₂O, dan 4% CaO, dengan rasio C/N berkisar antara 9 hingga 11. Pemberian pupuk kotoran ayam turut memengaruhi perubahan sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah, sekaligus menyumbang unsur hara makro dan mikro yang membuat ketersediaan hara bagi tanaman semakin meningkat. Tidak hanya unggul dari segi kelengkapan unsur hara, Pupuk ini turut memberikan manfaat dalam memperbaiki struktur tanah, menambah kadar bahan organik di dalamnya, meningkatkan daya simpan air pada tanah, serta menambah jumlah kation sehingga akar dapat tumbuh dengan lebih baik dan pada akhirnya turut menunjang pertumbuhan tanaman secara menyeluruh.

Dosis pupuk organik kotoran ayam yang diaplikasikan dalam penelitian ini mengacu pada temuan (Fariz & Ritonga, 2026), yang memperlihatkan bahwa aplikasi pupuk kotoran ayam memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan maupun hasil tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*), dengan dosis paling optimal dalam penelitian tersebut yaitu sebesar 112,5 gram/polybag. Berdasarkan kondisi media tanam pada penelitian ini, dosis diadaptasi menjadi 400 gram/polybag.

Beberapa penelitian terdahulu umumnya

membahas aplikasi *Trichoderma* sp. atau pupuk organik kotoran ayam secara terpisah pada berbagai komoditas seperti terung dan tomat, sementara kombinasi keduanya secara faktorial pada tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) belum banyak diteliti, padahal interaksi antara agens hayati tersebut dengan sumber hara organik berpotensi memberikan efek sinergis terhadap ketersediaan hara dan perbaikan struktur tanah yang belum banyak diungkap pada komoditas ini. Kebaruan (*novelty*) Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengujian pengaruh kombinasi *Trichoderma* sp. dan pupuk organik kotoran ayam yang diaplikasikan secara bersamaan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah.

Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juni–Agustus 2025. Tempat penelitian ini dilakukan di Desa Sukarame Kampung Baru Barat, Kecamatan Kualuh Hulu, Kabupaten Labuhanbatu Utara.

Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi polybag berukuran 35 x 40 cm, alat ukur, ember, kertas label, cangkul, alat tulis, timbangan digital, pH meter, kamera, serta peralatan pendukung lainnya yang dibutuhkan. Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan terdiri atas tanah topsoil, pupuk kotoran ayam yang telah difermentasi, benih bayam merah, air, dan pupuk jamur *Trichoderma* sp.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan dua faktor, yaitu dosis *Trichoderma* sp. (T) dan pupuk organik kotoran ayam (P), yang masing-masing terdiri atas 4 taraf dengan 3 kali ulangan, sehingga diperoleh 16 kombinasi perlakuan × 3 ulangan = 48 unit percobaan (polybag). Ketiga ulangan berfungsi sebagai blok, yang disusun dalam tiga baris/deret sejajar berdampingan di lokasi penelitian. Pengelompokan ini dimaksudkan untuk mengendalikan keragaman kondisi lingkungan mikro antar baris (seperti intensitas cahaya matahari dan kelembaban

tanah) yang berpotensi memengaruhi hasil, sehingga variasi tersebut dapat dipisahkan dari pengaruh perlakuan. Pada setiap blok (baris), ke-16 kombinasi perlakuan (T0P0 hingga T3P3) ditempatkan secara acak menggunakan undian manual, sehingga posisi kombinasi perlakuan berbeda antar satu blok dengan blok lainnya.

Faktor 1: Dosis *Trichoderma* sp (T) yang terdiri dari 4 taraf yaitu:

T₀ = Tanpa perlakuan *Trichoderma* sp 0 gram/polybag (kontrol)

T₁ = 2,5 gram/polybag.

T₂ = 5 gram/polybag.

T₃ = 7,5 gram/polybag.

Faktor 2: Dosis pupuk organik kotoran ayam terdiri dari 4 taraf yaitu:

P₀ = Tanpa perlakuan pupuk organik kotoran ayam 0 gram/polybag (kontrol)

P₁ = 200 gram/polybag

P₂ = 400 gram/polybag

P₃ = 600 gram/polybag

Tabel 1. Kombinasi dua faktor yaitu *Trichoderma* sp (T) dan pupuk organik dari kotoran ayam (P) dengan 3 kali pengulangan

	T ₀ P ₀	T ₁ P ₀	T ₂ P ₀	T ₃ P ₀
T ₀ P ₁	T ₀ P ₀	T ₁ P ₀	T ₂ P ₀	T ₃ P ₀
T ₀ P ₂	T ₀ P ₁	T ₁ P ₁	T ₂ P ₁	T ₃ P ₁
T ₀ P ₃	T ₀ P ₂	T ₁ P ₂	T ₂ P ₂	T ₃ P ₂
Jumlah Kombinasi	: 16 kombinasi			
Jumlah Ulangan	: 3 ulangan			
Jumlah Polybag Percobaan (satuan/unit percobaan)	: 48 polybag			
Jumlah Tanaman per Polybag (subsampel)	: 3 tanaman			
Jumlah Tanaman Seluruhnya	: 144 tanaman			

Satuan percobaan (*experimental unit*) dalam penelitian ini adalah polybag, dengan total 48 polybag yang merupakan hasil dari 16 kombinasi perlakuan × 3 ulangan. Tiga tanaman di dalam setiap polybag berfungsi sebagai subsampel (pseudoreplikasi tingkat tanaman) yang digunakan untuk memperoleh nilai rata-rata per polybag, bukan sebagai ulangan independen. Oleh karena itu, data pengamatan dari ketiga tanaman pada setiap polybag dirata-ratakan terlebih dahulu sebelum dianalisis, sehingga analisis ragam (ANOVA) dilakukan berdasarkan 48 nilai rata-rata per polybag (n = 48), bukan 144 nilai tanaman individu. Pendekatan ini dilakukan untuk menghindari pseudoreplikasi yang dapat

menyebabkan penggelembungan derajat bebas galat serta bias dalam pengujian signifikansi statistik.

Prosedur Penelitian

Persiapan Lahan dan Pengisian polybag

Sebelum kegiatan penelitian dimulai, lokasi penelitian terlebih dahulu dibersihkan dari sampah maupun rerumputan yang ada. Media tanam yang digunakan berupa tanah topsoil, yang sebelumnya juga telah dibersihkan dari kotoran, sampah, rumput, serta bahan-bahan lain yang tidak diperlukan. Pada setiap polybag, benih ditanam sebanyak 3–4 butir dengan kedalaman tanam sekitar 5 cm. Adapun penataan polybag diatur dengan jarak antar polybag maupun antar satuan percobaan sebesar 20 cm.

Persiapan Bahan Penelitian

Trichoderma sp

Trichoderma sp yang digunakan dalam penelitian dibeli di toko terdekat.

Pupuk kotoran ayam

Tahapan fermentasi pupuk organik dari kotoran ayam dilaksanakan melalui beberapa langkah sebagai berikut: 1) menyiapkan bahan baku berupa campuran kotoran ayam dan sekam padi; 2) menyiram bahan baku tersebut karena kondisinya yang relatif kering sehingga perlu dilembapkan lebih dahulu sebelum diproses lebih lanjut; 3) menambahkan larutan yang terdiri dari EM4, molase (dapat digantikan dengan larutan gula jenuh), dan air ke dalam bahan baku sebanyak 10% dari total volume bahan, dengan komposisi EM4 sebesar 10% dan molase sebesar 5% dari larutan yang digunakan; 4) mencampurkan seluruh bahan hingga merata, kemudian membiarkannya berfermentasi selama 3–4 minggu; dan 5) melakukan pengujian terhadap pupuk hasil fermentasi untuk mengetahui kandungan N, P, K, serta kadar airnya, yang dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, dan Air, Balai Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Sumatera Utara.

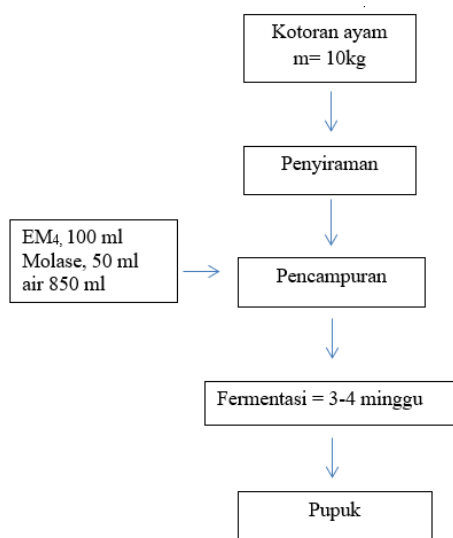
Hasil uji menunjukkan kadar N-total sebesar 1,56% (metode Kjeldahl), P₂O₅ sebesar 0,79% (metode spektrofotometri), K₂O sebesar 1,77% (metode AAS), dan kadar air sebesar 1,31% (metode *drying oven*) (Tabel 3).

Tabel 2. Hasil analisis pupuk organik kotoran ayam hasil fermentasi (BSIP Sumatera Utara, 2025).

Parameter	Nilai (%)	Metode Uji
N-total	1,56	Kjeldahl (IK 0.3.14.0)
P ₂ O ₅	0,79	Spektrofotometri (IK 0.3.15.0)
K ₂ O	1,77	AAS (IK 0.3.16.0)
Kadar air	1,31	Drying oven (IK 0.3.11.0)

Tabel 3. Hasil analisis awal topsoil (BSIP Sumatera Utara, 2025)

Parameter	Nilai	Metode Uji
N-total (%)	0,17	Kjeldahl (IK 0.1.6.0)
P-Bray I (ppm P)	37,54	Spektrofotometri (IK 0.1.7.0)
K-dd (me/100g)	1,23	AAS (IK 0.1.8.0)



Gambar 1. Diagram alir pembuatan pupuk

Pengujian kandungan unsur hara pada tanah (topsoil) dan pupuk organik kotoran ayam dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, dan Air, Balai Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Sumatera Utara. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal unsur hara pada media tanam serta kandungan hara pupuk organik kotoran ayam yang digunakan sebagai perlakuan. Hasil analisis topsoil menunjukkan kadar N-total sebesar 0,17% (metode Kjeldahl), P-tersedia (P-Bray I) sebesar 37,54 ppm (metode spektrofotometri), dan K-dapat ditukar (K-dd) sebesar 1,23 me/100g (metode AAS) (Tabel 2). Adapun hasil analisis pupuk organik kotoran ayam menunjukkan kadar N-total sebesar 1,56% (metode Kjeldahl), P₂O₅ sebesar 0,79% (metode spektrofotometri), K₂O sebesar 1,77% (metode AAS), dan kadar air sebesar 1,31% (metode drying oven).

Pelabelan

Pelabelan dilakukan menggunakan kertas yang dibungkus plastik gula agar memudahkan penulis dalam menerapkan perlakuan sekaligus melakukan pengamatan. Kegiatan pelabelan ini dilaksanakan sebelum perlakuan mulai diberikan.

Pemberian Perlakuan

Trichoderma sp

Pemberian *Trichoderma* sp dilakukan sebanyak satu kali sepanjang penelitian, yaitu pada satu minggu sebelum kegiatan penanaman dilaksanakan. Aplikasinya dilakukan dengan mencampurkan *Trichoderma* sp bersama tanah sesuai konsentrasi masing-masing perlakuan, yaitu T0 sebagai kontrol tanpa pemberian *Trichoderma* sp (0 gram/polybag), T1 sebanyak 2,5 gram/polybag, T2 sebanyak 5 gram/polybag, dan T3 sebanyak 7,5 gram/polybag.

Pupuk Organik Kotoran Ayam

Pemberian perlakuan pupuk organik kotoran ayam diaplikasikan sebanyak sekali selama penelitian yaitu seminggu sebelum penanaman. Pemberian dilakukan dengan cara mencampurkan pupuk organik kotoran ayam dan tanah dengan konsentari P₀ = Tanpa perlakuan pupuk organik kotoran ayam 0 gram/polybag (kontrol), P₁ = 200 gram/polybag, P₂ = 400 gram/polybag, P₃ = 600 gram/polybag.

Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman uji dilakukan dengan menyiram menggunakan air setiap pagi dan sore hari, kecuali pada hari-hari yang diguyur hujan sehingga penyiraman tidak perlu dilakukan. Sementara itu, penyiangan gulma dilaksanakan setiap hari dengan mencabuti gulma yang tumbuh di sekitar tanaman bayam sekaligus membasmi hama yang ditemukan hinggap pada tanaman.

Panen

Pemanenan bayam merah dilaksanakan secara serentak untuk seluruh unit percobaan pada saat tanaman berusia 28 hari setelah tanam (HST), sesuai dengan jadwal pengamatan variabel bobot segar tanaman. Tanaman yang siap dipanen dicirikan dengan tinggi berkisar 15–20 cm dan belum memasuki fase generatif atau berbunga. Adapun proses pemanenan dilakukan pada pagi maupun sore hari, saat kondisi suhu udara tidak terlalu tinggi, untuk meminimalkan penguapan air pada jaringan tanaman. Seluruh tanaman pada setiap polybag dipanen dengan cara dicabut secara keseluruhan tanpa seleksi berdasarkan performa pertumbuhan, guna menghindari bias pemilihan (selection bias) dan memastikan data yang diperoleh mencerminkan respons aktual dari setiap unit percobaan.

Parameter yang di Amati

Tinggi Tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 setelah tanam, yaitu dengan mengukur jarak dari permukaan tanah hingga ke bagian ujung daun atau batang yang paling muda.

Jumlah Daun (helai)

Perhitungan jumlah daun dilakukan pada setiap tanaman dengan menghitung daun yang telah membuka secara sempurna. Pengamatan ini dilaksanakan pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 setelah tanam.

Berat Segar Tanaman (g)

Pengukuran berat segar dilakukan dengan cara menimbang menggunakan timbangan digital. Tanaman bayam merah dicabut terlebih dahulu, dibersihkan menggunakan air, kemudian ditiriskan. Pengamatan dilakukan pada hari terakhir pengamatan (28 HST).

Kadar Klorofil Daun

Pengukuran kadar klorofil daun dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, FMIPA USU, dengan mengacu pada rumus Arnon (1949) berikut ini.

$$\text{Klorofil a (mg/g)} = [12,7 (A663) - 2,69 (A645)] \times V/(1000 \times W)$$

$$\text{Klorofil b (mg/g)} = [22,9 (A645) - 4,68 (A663)] \times V/(1000 \times W)$$

$$\text{Klorofil total (mg/g)} = [20,2 (A645) + 8,02 (A663)] \times V/(1000 \times W)$$

Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan SPSS versi 25. Setiap variabel respons dianalisis menggunakan model Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial, dengan efek *Trichoderma* sp. (T), pupuk organik kotoran ayam (P), interaksi T×P, dan blok (ulangan) sebagai sumber keragaman dalam analisis ragam (ANOVA). Untuk variabel yang diamati secara berulang pada unit percobaan yang sama (tinggi tanaman dan jumlah daun, pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST), analisis ragam dilakukan secara terpisah pada setiap waktu pengamatan, mengingat pola pertumbuhan antarwaktu bersifat kumulatif dan tidak saling bebas. Sebelum dilakukan ANOVA, asumsi homogenitas ragam diuji menggunakan *Levene's Test*. Apabila efek utama (T atau P) atau interaksi (T×P) menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$), dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% (atau uji Tukey untuk data klorofil). Hasil analisis ragam dilaporkan secara lengkap meliputi nilai F hitung, derajat bebas (df), dan nilai p exact untuk setiap variabel.

Hasil dan Pembahasan

Tinggi Tanaman Bayam Merah (cm)

Data hasil pengamatan beserta hasil uji ANOVA terhadap tinggi tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST dengan berbagai perlakuan dosis *Trichoderma* sp. dan pupuk organik kotoran ayam ditampilkan pada lampiran 5-9. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa baik faktor *Trichoderma* sp., pupuk organik kotoran ayam, maupun interaksi keduanya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman bayam merah pada seluruh umur pengamatan tersebut. Adapun nilai rata-rata tinggi tanaman bayam merah disajikan pada tabel 2.

Tabel 4. Rataan tinggi tanaman bayam merah umur 7-28 HST terhadap aplikasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam

Perlakuan	Waktu Pengamatan			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
<i>Trichoderma</i> sp				
T ₀	5,6 ^b	9,3 ^d	17,1 ^c	22,1 ^d
T ₁	5,6 ^b	9,6 ^c	17,9 ^b	23,6 ^c
T ₂	6,2 ^a	10,4 ^a	19,2 ^a	24,6 ^a
T ₃	5,3 ^c	9,7 ^b	18,3 ^b	24,0 ^b
Kotoran Ayam				
P ₀	5,5 ^{bc}	9,6 ^c	17,7 ^b	23,1 ^c
P ₁	5,6 ^b	9,7 ^b	17,9 ^b	23,5 ^b
P ₂	6,1 ^a	10,7 ^a	19,2 ^a	25,2 ^a
P ₃	5,4 ^c	9,1 ^d	17,6 ^b	22,5 ^d
<i>Trichoderma</i> sp & Kotoran Ayam				
T ₀ P ₀	5,2 ^{fgh}	8,6 ⁱ	15,7 ^e	20,1 ^l
T ₀ P ₁	5,5 ^{efg}	8,9 ⁱ	16,5 ^{de}	21,3 ^k
T ₀ P ₂	5,6 ^{ef}	9,4 ^f	16,9 ^{de}	21,7 ^j
T ₀ P ₃	6,0 ^{cd}	10,4 ^{cd}	19,2 ^{abc}	25,0 ^c
T ₁ P ₀	5,3 ^{fgh}	9,3 ^{fg}	17,7 ^{cd}	23,6 ^f
T ₁ P ₁	5,4 ^{efgh}	9,2 ^{gh}	16,7 ^{de}	22,4 ⁱ
T ₁ P ₂	6,4 ^{abc}	11,0 ^b	20,2 ^{ab}	27,2 ^a
T ₁ P ₃	5,3 ^{fgh}	9,0 ^{hi}	16,9 ^{de}	21,4 ^k
T ₂ P ₀	6,5 ^{ab}	11,0 ^b	19,7 ^{ab}	25,9 ^b
T ₂ P ₁	6,2 ^{bcd}	10,5 ^{cd}	19,6 ^{ab}	25,8 ^b
T ₂ P ₂	6,7 ^a	12,0 ^a	20,6 ^a	27,0 ^a
T ₂ P ₃	5,3 ^{fgh}	8,0 ^k	16,9 ^{de}	20,0 ^l
T ₃ P ₀	5,0 ^h	9,3 ^{fg}	17,7 ^{bc}	23,0 ^h
T ₃ P ₁	5,6 ^{ef}	10,1 ^c	18,9 ^{bc}	24,7 ^e
T ₃ P ₂	5,8 ^{de}	10,3 ^d	19,2 ^{abc}	25,0 ^d
T ₃ P ₃	5,0 ^{gh}	9,2 ^{gh}	17,3 ^{de}	23,3 ^g

Keterangan: Angka yang diikuti notasi yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT $\alpha = 5\%$.

Berdasarkan Tabel 2, perlakuan *Trichoderma* sp. dengan dosis 5 g/polybag (T₂) menghasilkan tinggi tanaman bayam merah tertinggi pada rentang umur 7–28 HST (6,2 cm; 10,4 cm; 19,2 cm; dan 24,6 cm), yang berbeda nyata dibandingkan dosis lainnya. Kondisi ini diduga terjadi karena *Trichoderma* sp. mampu memperbaiki sifat biologis maupun fisik tanah serta menyediakan unsur hara makro (N, P, K) yang mendukung proses pertumbuhan vegetatif tanaman. Selain itu, *Trichoderma* sp. juga menghasilkan senyawa aktif seperti hormon auksin yang berperan dalam merangsang pembentukan akar lateral, sehingga penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih optimal dan pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan tinggi tanaman.

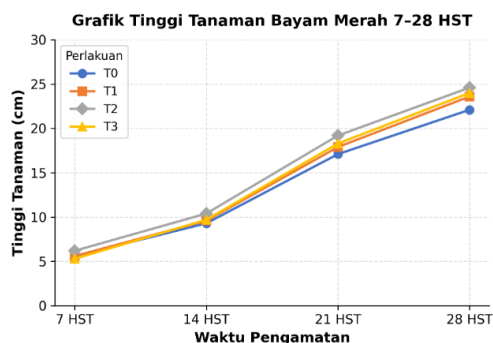
Pada perlakuan pupuk organik kotoran ayam, dosis P₂ (400 g/polybag) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi (6,1 cm; 10,7 cm; 19,2

cm; dan 25,2 cm) yang berbeda nyata dengan dosis lainnya. Berdasarkan hasil analisis BSIP Sumatera Utara, pupuk organik kotoran ayam yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan N-total 1,56%, P₂O₅ 0,79%, K₂O 1,77%, dan kadar air 1,31% (Tabel 4), sementara topsoil yang digunakan sebagai media tanam tergolong rendah kandungan N-totalnya (0,17%) meskipun P-tersedia (P-Bray I) tergolong tinggi (37,54 ppm) dan K-dd tergolong sedang (1,23 me/100g) (Tabel 3). Kondisi ini memperlihatkan bahwa penambahan pupuk organik kotoran ayam memiliki peran penting dalam menyediakan unsur N yang jumlahnya terbatas pada media tanam, sehingga semakin tinggi dosis pupuk yang diberikan (sampai dengan P₂), semakin besar pula ketersediaan unsur hara makro bagi tanaman guna mendukung pertumbuhan vegetatif, termasuk dalam hal pemanjangan batang. Hasil ini sejalan dengan Nababan &

Rahmadina (2025) yang menyatakan bahwa pupuk organik yang terdekomposisi sempurna meningkatkan ketersediaan hara dan mempercepat pertumbuhan tanaman.

Kombinasi *Trichoderma* sp. dan pupuk kotoran ayam menunjukkan pola pertumbuhan yang dinamis pada tiap fase umur. Pada 7 HST, kombinasi T1P2, T2P0, dan T2P2 berbeda nyata dengan kombinasi lainnya, sedangkan pada 14 HST kombinasi T2P2 (12,0 cm) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi, berbeda nyata dengan T2P3 (8,0 cm) yang bahkan lebih rendah dari kontrol (T0P0). Hal ini diduga karena pada fase awal, bibit kontrol masih mengandalkan cadangan energi biji, sementara unsur hara pada kombinasi dosis tinggi membutuhkan waktu untuk termineralisasi. Pada umur 21 HST, sejumlah kombinasi (T0P3, T1P2, T2P0, T2P1, T2P2, T3P2) menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, mengindikasikan bahwa pertumbuhan vegetatif telah mencapai titik optimal setelah kebutuhan hara makro. Pada umur 28 HST, tinggi tanaman tertinggi dicapai oleh T1P2 (27,2 cm), tidak berbeda nyata dengan T2P2 (27,0 cm), yang diduga dipengaruhi faktor lingkungan seperti kondisi tanah, cahaya, kelembapan, dan interaksi mikroba tanah.

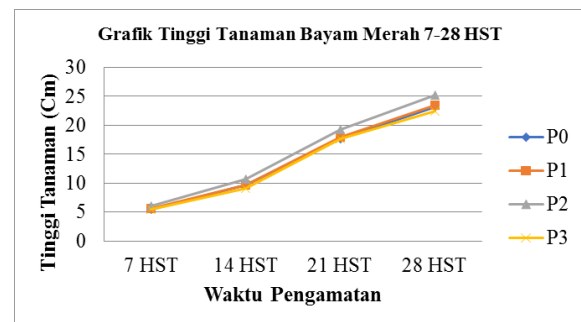
Secara keseluruhan, kombinasi T2P2 (*Trichoderma* sp. 5 g/polybag + pupuk kotoran ayam 400 g/polybag) konsisten menunjukkan performa pertumbuhan tinggi tanaman terbaik di sebagian besar fase pengamatan, karena kombinasi ini mempercepat ketersediaan hara sekaligus memperbaiki struktur tanah, sejalan dengan temuan.



Gambar 2. Grafik tinggi tanaman bayam merah terhadap aplikasi *Trichoderma* sp pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST

Gambar 2 memperlihatkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp memberikan pengaruh yang

nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Pada awal pengamatan di hari ke-7 HST, tinggi tanaman masih tergolong rendah, berkisar 5–7 cm, dengan laju pertumbuhan yang masih berjalan lambat karena tanaman masih berada pada fase adaptasi terhadap lingkungan. Memasuki 14-21 HST grafik menunjukkan peningkatan tinggi tanaman pada fase ini perbedaan tinggi antar perlakuan mulai terlihat. Pada 21-28 HST laju peningkatan tinggi tanaman masih terjadi, tetapi grafik menunjukkan kecenderungan melandai. Secara keseluruhan, kurva pertumbuhan tinggi tanaman bayam merah ini menyerupai kurva sigmoid yaitu lambat di awal, meningkat cepat pada pertengahan, lalu cenderung melambat di akhir fase vegetatif awal.



Gambar 3. Grafik tinggi tanaman bayam merah terhadap aplikasi pupuk organik kotoran ayam pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa aplikasi pupuk organik kotoran ayam memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman bayam merah, dengan pola pertumbuhan yang membentuk kurva sigmoid (*S-shaped curve*) selama periode 7–28 HST, yang tersusun atas tiga fase fisiologis. Fase lag (7–14 HST) ditandai dengan pertumbuhan tinggi tanaman yang masih relatif landai pada seluruh perlakuan (P0, P1, P2, P3). Fase eksponensial (14–21 HST) menunjukkan kemiringan grafik yang lebih tajam, menandakan tanaman memasuki fase pertumbuhan cepat. Memasuki fase stasioner (21–28 HST), pertambahan tinggi tanaman mulai melandai karena sebagian energi tanaman beralih untuk pembentukan organ generatif dan penebalan jaringan.

Secara umum, seluruh perlakuan menunjukkan pola kurva sigmoid yang serupa, namun P2 (400 g/polybag) cenderung menghasilkan tinggi tanaman terbaik hingga 28

HST, diikuti oleh P1 dan P3, sedangkan P0 (kontrol) menunjukkan hasil yang relatif lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa dosis P2 paling mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman bayam merah.

Jumlah Daun Tanaman Bayam Merah (helai)

Data hasil pengamatan serta hasil uji ANOVA terhadap jumlah daun tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor L.*) pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST dengan berbagai dosis *Trichoderma sp.* dan pupuk organik kotoran

ayam ditampilkan pada Lampiran 10–14. Hasil uji ANOVA memperlihatkan bahwa faktor *Trichoderma sp.* tidak memberikan pengaruh signifikan pada umur 7 dan 28 HST, namun berpengaruh signifikan pada umur 14 dan 21 HST. Sementara itu, pupuk organik kotoran ayam maupun interaksi antara kedua faktor tersebut terbukti berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun bayam merah pada keempat waktu pengamatan (7, 14, 21, dan 28 HST). Nilai rata-rata jumlah daun bayam merah selengkapnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rataan jumlah daun bayam merah umur 7-28 HST terhadap aplikasi *Trichoderma sp* dan Pupuk organik kotoran ayam

Perlakuan	Waktu Pengamatan			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
<i>Trichoderma sp</i>				
T ₀	2,2	4,9 ^b	6,5 ^c	8,2
T ₁	2,1	5,5 ^a	7,2 ^a	8,5
T ₂	2,3	5,1 ^{ab}	6,9 ^b	8,6
T ₃	2,0	5,5 ^a	6,2 ^c	8,5
Kotoran Ayam				
P ₀	2,1 ^b	5,1 ^b	6,6 ^b	8,5 ^b
P ₁	2,0 ^b	4,7 ^c	6,5 ^{bc}	8,1 ^c
P ₂	2,6 ^a	6,1 ^a	7,5 ^a	9,2 ^a
P ₃	2,0 ^b	5,0 ^{bc}	6,2 ^c	7,7 ^d
<i>Trichoderma sp</i> dan Kotoran Ayam				
T ₀ P ₀	2,0 ^b	4,3 ^{de}	6,3 ^d	8,3 ^{cde}
T ₀ P ₁	2,0 ^b	4,0 ^c	5,6 ^d	7,3 ^{fg}
T ₀ P ₂	3,0 ^a	6,0 ^{ab}	8,0 ^b	9,6 ^b
T ₀ P ₃	2,0 ^b	5,3 ^{bc}	6,0 ^d	7,6 ^{efg}
T ₁ P ₀	2,3 ^b	5,3 ^{bc}	7,3 ^c	9,0 ^{bc}
T ₁ P ₁	2,0 ^b	5,6 ^{bc}	7,3 ^c	8,3 ^{cde}
T ₁ P ₂	2,3 ^b	6,0 ^{ab}	7,3 ^c	8,6 ^{cd}
T ₁ P ₃	2,0 ^b	5,0 ^{cd}	7,0 ^c	8,3 ^{cde}
T ₂ P ₀	2,3 ^b	6,0 ^{ab}	7,0 ^c	8,0 ^{def}
T ₂ P ₁	2,0 ^b	4,0 ^c	6,0 ^d	8,0 ^{def}
T ₂ P ₂	3,0 ^a	6,6 ^a	8,6 ^a	10,6 ^a
T ₂ P ₃	2,0 ^b	4,0 ^c	6,0 ^d	8,0 ^{def}
T ₃ P ₀	2,0 ^b	5,0 ^{cd}	6,0 ^d	9,0 ^{bc}
T ₃ P ₁	2,0 ^b	5,3 ^{bc}	7,0 ^c	9,0 ^{bc}
T ₃ P ₂	2,3 ^b	6,0 ^{ab}	6,0 ^d	8,0 ^{def}
T ₃ P ₃	2,0 ^b	5,6 ^{bc}	6,0 ^d	7,0 ^g

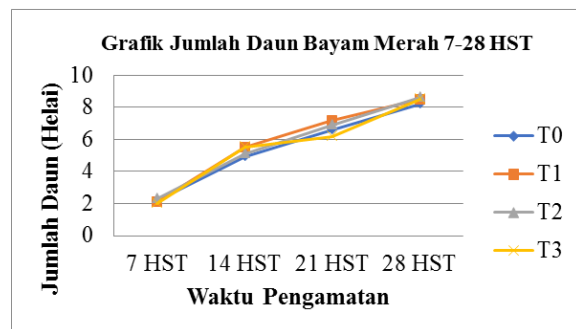
Keterangan : Angka yang diikuti notasi yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT $\alpha = 5\%$.

Berdasarkan Tabel 5, perlakuan *Trichoderma sp.* berpengaruh nyata terhadap jumlah daun bayam merah pada umur 14 dan 21 HST. Pada 14 HST, jumlah daun tertinggi dicapai oleh T3 (5,5 helai), berbeda nyata dengan T0 namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan

lainnya, menunjukkan bahwa *Trichoderma sp.* berperan sebagai *biofertilizer* dan biostimulan yang meningkatkan ketersediaan N, P, dan K melalui pelarutan dan sekresi. Sementara pada 21 HST, jumlah daun tertinggi justru diperoleh pada dosis rendah T1 (7,2 helai), diduga karena dosis

tinggi memicu kompetisi antar mikroba di rizosfer sehingga menurunkan efektivitasnya, sedangkan dosis rendah menjaga keseimbangan mikroflora tanah.

Pada perlakuan pupuk organik kotoran ayam, dosis P2 (400 g/polybag) menghasilkan jumlah daun tertinggi secara konsisten pada seluruh fase pengamatan (2,6; 6,1; 7,5; dan 9,2 helai pada 7–28 HST). Berdasarkan hasil analisis BSIP, pupuk organik kotoran ayam yang digunakan mengandung N-total 1,56%, P_2O_5 0,79%, dan K_2O 1,77% (Tabel 2), yang diduga turut berkontribusi terhadap ketersediaan hara makro bagi tanaman, sejalan dengan Haring et al. (2019) yang menyatakan bahwa kandungan N, P, dan K pada pupuk kotoran ayam dapat mendukung proses pertumbuhan vegetatif. Sebaliknya, dosis tertinggi P3 (600 g/polybag) menunjukkan penurunan jumlah daun dibandingkan P2. Kemungkinan penurunan ini berkaitan dengan kelebihan dosis hara, khususnya nitrogen, yang berpotensi mengganggu keseimbangan pertumbuhan tanaman; namun demikian, indikasi ini bersifat dugaan awal karena penelitian ini tidak mengukur kadar N jaringan tanaman, daya hantar listrik (EC) media tanam, maupun gejala visual seperti etiolasi secara langsung, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengonfirmasi mekanisme tersebut.

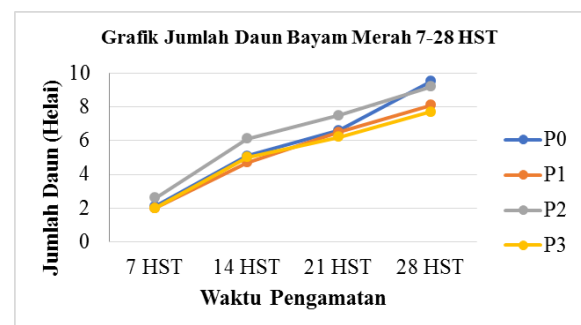


Gambar 4. Grafik jumlah daun tanaman bayam merah terhadap aplikasi *Trichoderma sp* pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST

Interaksi kombinasi *Trichoderma sp.* dan pupuk kotoran ayam berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada seluruh umur pengamatan (7–28 HST), dengan hasil tertinggi pada T2P2 (10,6 helai), diikuti T0P2 (9,6 helai), serta T3P0 dan T3P1 (masing-masing 9 helai), sedangkan kombinasi lainnya tidak berbeda nyata. Dengan

demikian, T2P2 merupakan kombinasi terbaik untuk meningkatkan jumlah daun bayam merah, karena *Trichoderma sp.* mempercepat dekomposisi pupuk organik sehingga hara lebih cepat tersedia. Selain faktor hara, faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari turut memengaruhi jumlah daun melalui perannya dalam proses fotosintesis dan pembentukan karbohidrat.

Gambar 4 di atas memperlihatkan bahwa perlakuan tunggal *Trichoderma sp.* menghasilkan variasi jumlah daun pada umur pengamatan 7, 14, 21, dan 28 HST. Pada perlakuan tersebut, tampak adanya peningkatan jumlah daun seiring bertambahnya waktu pengamatan, yang mengindikasikan bahwa pemberian *Trichoderma sp.* memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama dalam pembentukan daun pada umur 14 dan 21 HST.



Gambar 5. Grafik jumlah daun tanaman bayam merah terhadap aplikasi pupuk organik kotoran ayam pada umur 7, 14, 21, dan 28 HST

Gambar 5 memperlihatkan bahwa jumlah daun pada perlakuan pupuk kotoran ayam mengalami peningkatan secara konsisten seiring berjalannya waktu, yang menandakan adanya pengaruh nyata pupuk tersebut terhadap pertumbuhan vegetatif, khususnya dalam pembentukan daun. Tingginya kandungan nitrogen pada pupuk kotoran ayam turut mendorong proses pembelahan dan pembesaran sel daun secara lebih aktif, sehingga jumlah daun yang terbentuk menjadi lebih banyak. Kondisi ini sejalan dengan pernyataan (Putra et al., 2017) bahwa pupuk organik kotoran ayam tidak hanya berkontribusi dalam meningkatkan jumlah daun, tetapi juga memperbaiki kualitas fisiologis daun sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung lebih efisien.

Bobot Segar Tanaman Bayam Merah (g)

Data hasil pengamatan serta uji ANOVA terhadap bobot segar bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) pada umur 28 HST dengan berbagai dosis *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam disajikan pada lampiran 15–16. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa baik *Trichoderma* sp, pupuk organik kotoran ayam, serta interaksi antara keduanya juga tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap bobot segar bayam merah pada umur 28 HST. Nilai rata-rata bobot segar bayam merah tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rataan bobot segar tanaman bayam merah umur 28 HST terhadap aplikasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam

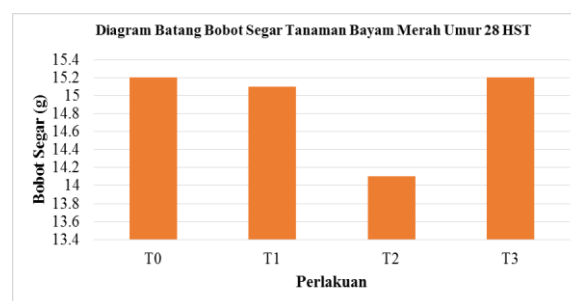
Perlakuan	Waktu Pengamatan 28 HST
<i>Trichoderma</i> sp	
T ₀	15,2
T ₁	15,1
T ₂	14,1
T ₃	15,2
Kotoran Ayam	
P ₀	14,7
P ₁	14,3
P ₂	15,7
P ₃	14,9
<i>Trichoderma</i> & Kotoran Ayam	
T ₀ P ₀	17,0
T ₀ P ₁	14,9
T ₀ P ₂	13,2
T ₀ P ₃	15,7
T ₁ P ₀	13,5
T ₁ P ₁	14,9
T ₁ P ₂	18,0
T ₁ P ₃	13,9
T ₂ P ₀	14,4
T ₂ P ₁	13,8
T ₂ P ₂	13,6
T ₂ P ₃	14,4
T ₃ P ₀	13,8
T ₃ P ₁	13,6
T ₃ P ₂	17,9
T ₃ P ₃	15,5

Berdasarkan Tabel 4, perlakuan *Trichoderma* sp. pada berbagai dosis (T₀–T₃) menunjukkan hasil berbeda tidak nyata terhadap bobot segar bayam merah umur 28 HST, dengan

nilai berkisar 14,1–15,2 g, tertinggi pada T₀ dan T₃, terendah pada T₂. Hal ini mengindikasikan bahwa *Trichoderma* sp. belum memberikan pengaruh nyata terhadap bobot segar tanaman, karena manfaatnya lebih terlihat jika dipadukan dengan pupuk organik atau pada kondisi tanah miskin hara, serta membutuhkan waktu bertahap untuk memperbaiki struktur tanah dan menstimulasi akar.

Pada perlakuan pupuk organik kotoran ayam (P₀–P₃), bobot segar tertinggi diperoleh pada P₂ (15,7 g) dan terendah pada P₁ (14,3 g), namun perbedaan antar dosis juga tidak nyata. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan hara dalam media tanam sudah mencukupi, sehingga penambahan pupuk organik kotoran ayam tidak lagi memberikan perbedaan signifikan terhadap bobot segar bayam merah.

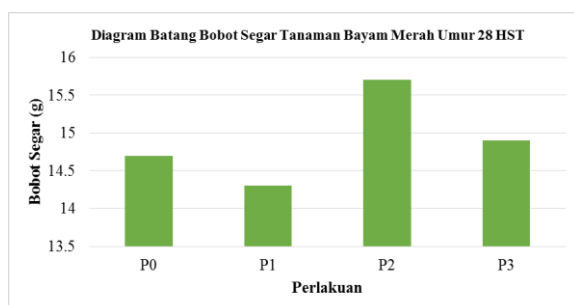
Kombinasi *Trichoderma* sp. dan pupuk organik kotoran ayam menghasilkan bobot segar yang bervariasi (13,2–18,0 g), dengan nilai tertinggi pada T₁P₂ (18,0 g) dan T₃P₂ (17,9 g), serta terendah pada T₀P₂ (13,2 g). Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas *Trichoderma* sp. sangat dipengaruhi oleh dosis pupuk organik yang digunakan serta waktu yang dibutuhkan untuk proses penyerapan hara.



Gambar 6. Diagram batang bobot segar tanaman bayam merah terhadap aplikasi *Trichoderma* sp pada umur 28 HST

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada umur 28 HST, bobot segar bayam merah bervariasi antar perlakuan *Trichoderma* sp., dengan nilai tertinggi pada T₀ dan T₃ (±15,2 g), diikuti T₁ (15,1 g), dan terendah pada T₂ (14,1 g). Hal ini diduga karena *Trichoderma* sp. lebih berpengaruh pada fase pertumbuhan vegetatif awal, seperti pembentukan akar, tinggi tanaman, dan jumlah daun, dibandingkan akumulasi biomassa segar. *Trichoderma* sp. bekerja melalui enzim pelarut hara dan fitohormon (*auksin*,

sitokinin, giberelin) yang merangsang pembentukan akar lateral dan daun baru, sehingga efeknya lebih terlihat pada jumlah organ vegetatif daripada berat total tanaman. Hal ini sejalan dengan (Rachmania & Ashari, 2019b) yang menyatakan bahwa aplikasi *Trichoderma* dapat meningkatkan jumlah daun dan tinggi tanaman secara signifikan, tetapi belum tentu memberikan pengaruh nyata terhadap bobot segar apabila periode pengamatan yang dilakukan masih tergolong singkat.



Gambar 7. Diagram batang bobot segar tanaman bayam merah terhadap aplikasi pupuk kotoran ayam pada umur 28 HST

Gambar 7 memperlihatkan bahwa bobot segar bayam merah pada umur 28 HST tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 ($\pm 15,7$ g), disusul oleh P3 (14,9 g), P0/kontrol (14,7 g), dan

terendah pada perlakuan P1 (14,3 g). Meskipun pupuk kotoran ayam diketahui kaya akan unsur hara N, P, dan K, aplikasinya belum memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan biomassa segar bayam merah. Kondisi ini diduga disebabkan oleh umur panen 28 HST yang masih tergolong tahap awal akumulasi biomassa tanaman, sehingga respons terhadap pemberian pupuk organik belum berlangsung secara optimal. Hal ini sejalan dengan pendapat (Arifiansyah et al., 2020) yang menyatakan bahwa perbedaan bobot segar pada sayuran daun umumnya baru tampak signifikan apabila tanaman dipanen pada fase vegetatif penuh atau mendekati umur panen yang optimal

Kadar Klorofil Daun Bayam Merah

Perhitungan kadar klorofil daun tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dilakukan menggunakan rumus Arnon, dengan proses pengukuran dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Kultur Jaringan Tumbuhan, USU. Adapun hasil perhitungan kadar klorofil bayam merah pada masing-masing perlakuan kombinasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam dapat dilihat pada lampiran 17–21.

Tabel 7. Hasil analisis klorofil daun bayam merah umur 28 HST terhadap aplikasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam

Perlakuan		Klorofil A (mg/g)	Klorofil B (mg/g)	Klorofil Total (mg/g)
Kelompok 1	T0P0	0,515	0,500	1,015
	T0P1	0,503	0,490	0,993
	T0P2	0,495	0,482	0,977
	T0P3	0,494	0,87	0,981
Kelompok 2	T1P0	0,522	0,501	1,022
	T1P1	0,502	0,468	0,971
	T1P2	0,518	0,504	1,022
	T1P3	0,496	0,488	0,984
Kelompok 3	T2P0	0,493	0,460	0,953
	T2P1	0,501	0,488	0,989
	T2P2	0,495	0,502	0,998
	T2P3	0,496	0,504	1,001
Kelompok 4	T3P0	0,481	0,457	0,938
	T3P1	0,481	0,454	0,934
	T3P2	0,480	0,452	0,932
	T3P3	0,481	0,458	0,940

Berdasarkan Tabel 7, kandungan klorofil A, klorofil B, dan klorofil total pada bayam merah menunjukkan variasi antar perlakuan

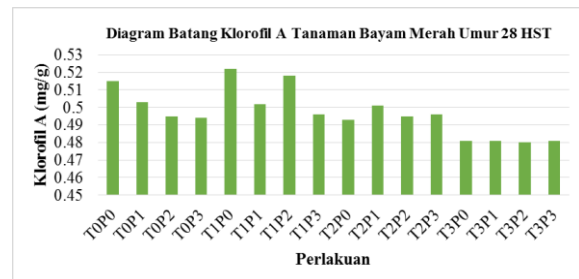
meskipun perbedaannya relatif kecil. Uji homogenitas varians (Levene's Test) pada klorofil A menunjukkan data tidak homogen

(Sig. 0,002–0,024 < 0,05). Pelanggaran asumsi homogenitas varians ini berpotensi memengaruhi validitas uji F dan uji lanjut Tukey, meskipun desain penelitian menggunakan jumlah sampel yang seimbang antar kelompok, karena desain seimbang tidak sepenuhnya menghilangkan risiko bias pada kondisi heteroskedastisitas, khususnya pada uji lanjut. Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan nyata kadar klorofil A antar kelompok ($F = 9,035$; $p = 0,002$). Uji lanjut Tukey menunjukkan kelompok 4 berbeda nyata dengan kelompok 1 dan 2, dengan kadar klorofil A tertinggi pada kelompok 2 (0,50950) dan terendah pada kelompok 4 (0,48075), sedangkan kelompok 3 berada di posisi menengah. Hasil ini perlu diinterpretasikan dengan kehati-hatian mengingat pelanggaran asumsi tersebut; penelitian lanjutan disarankan menggunakan pendekatan yang lebih robust terhadap heteroskedastisitas, seperti Welch's ANOVA dengan uji lanjut Games-Howell, transformasi data, atau uji non-parametrik (Kruskal-Wallis), untuk mengonfirmasi kekuatan temuan ini. Perbedaan kadar klorofil A antar kelompok diduga terkait ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium hasil interaksi *Trichoderma* sp. dan pupuk organik kotoran ayam yang memengaruhi biosintesis klorofil, meskipun mekanisme ini memerlukan pengujian lebih lanjut.

Pada klorofil B, uji Levene's Test juga menunjukkan data tidak homogen (Sig. 0,004), namun ANOVA tetap dilanjutkan dan menunjukkan hasil tidak nyata ($p > 0,05$) untuk pengaruh *Trichoderma* sp. dan pupuk kotoran ayam. Variasi kadar klorofil B yang tetap muncul diduga akibat ketidakseimbangan ekosistem mikroba di rhizosfer serta pelepasan senyawa amonia dari pupuk organik yang belum terdekomposisi sempurna, yang bersifat toksik terhadap akar dan menghambat penyerapan hara.

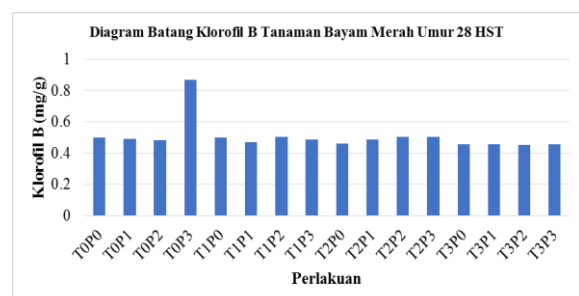
Pada klorofil total, uji Levene's Test menunjukkan data homogen (Sig. 0,427 > 0,05), sehingga hasil ANOVA dapat diinterpretasikan secara valid. ANOVA menunjukkan perbedaan nyata antar kelompok ($F = 8,898$; $p = 0,002$). Uji lanjut Tukey menunjukkan kelompok 4 berbeda nyata dengan kelompok lainnya, dengan kadar klorofil total terendah, sedangkan kelompok 1 dan 2 relatif sama tinggi. Rendahnya klorofil total pada kelompok 4 mengindikasikan sintesis klorofil yang kurang optimal akibat kekurangan nutrisi atau ketidakseimbangan hara, sejalan

dengan (Panjaitan & Nur Liayana Iskandar, 2025) yang menyatakan bahwa akumulasi hara berlebih dapat menurunkan efisiensi penyerapan unsur N, P, dan K yang berperan dalam sintesis klorofil.



Gambar 8. Diagram batang kadar klorofil A mg/g kombinasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam pada umur 28 HST

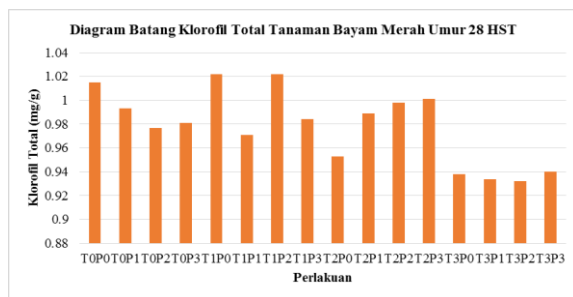
Gambar 8 menunjukkan kadar klorofil A bayam merah pada umur 28 HST tertinggi pada kombinasi T1P0 (0,52 mg/g) dan T1P1 (0,51 mg/g), sedangkan terendah pada T3P0, T3P2, dan T3P3 (masing-masing 0,47 mg/g). Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi perlakuan memengaruhi kemampuan tanaman dalam membentuk pigmen klorofil A, yang berperan sebagai pigmen utama fotosintesis dalam menyerap cahaya biru dan merah untuk menghasilkan energi kimia. Semakin tinggi kandungan klorofil A, semakin besar potensi tanaman menghasilkan asimilat yang ditranslokasikan menjadi biomassa. Hal ini sejalan dengan (Muadun Hasan & Wanti Mindari, 2026) yang menyatakan bahwa kandungan klorofil tinggi mencerminkan efisiensi fotosintesis yang baik serta mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman.



Gambar 9. Diagram batang kadar klorofil B mg/g kombinasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam pada umur 28 HST

Gambar 9 menunjukkan variasi numerik

kadar klorofil B antar kombinasi perlakuan pada 28 HST, dengan nilai tertinggi tampak pada kombinasi T0P3 dan terendah pada T3P2. Namun, berdasarkan hasil ANOVA yang telah disampaikan sebelumnya, pengaruh *Trichoderma* sp. dan pupuk organik kotoran ayam terhadap klorofil B menunjukkan hasil tidak nyata ($p > 0,05$), dan penelitian ini tidak melaporkan hasil uji interaksi $T \times P$ secara terpisah untuk klorofil B. Oleh karena itu, variasi numerik yang tampak pada Gambar 9 tidak dapat diinterpretasikan sebagai pengaruh perlakuan yang signifikan secara statistik, melainkan sekadar gambaran deskriptif dari sebaran data. Nilai klorofil B pada kombinasi T0P3 perlu diverifikasi kembali, mengingat terdapat ketidaksesuaian antara nilai tersebut dengan nilai klorofil total pada kombinasi yang sama (Tabel 57, yang mengindikasikan kemungkinan kesalahan pencatatan data.



Gambar 10. Diagram batang kadar klorofil total mg/g kombinasi *Trichoderma* sp dan pupuk organik kotoran ayam pada umur 28 HST

Berdasarkan Tabel 7, kadar klorofil total tertinggi terdapat pada perlakuan T1P0 dan T1P2 (masing-masing 1,022 mg/g), sedangkan kadar klorofil total terendah terdapat pada perlakuan T3P2 (0,932 mg/g), diikuti oleh T3P1 (0,934 mg/g). Interpretasi biologis atas perbedaan ini didasarkan pada hasil analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut yang telah diverifikasi sebagaimana dilaporkan sebelumnya, bukan semata-mata berdasarkan perbandingan numerik antar kombinasi perlakuan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, pemberian *Trichoderma* sp. memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bayam merah pada seluruh periode pengamatan (7–28

HST), sementara untuk jumlah daun, pengaruh nyata hanya terlihat pada umur 14 dan 21 HST, sedangkan pada umur 7 dan 28 HST pengaruhnya tidak signifikan. Sementara itu, pupuk organik kotoran ayam maupun interaksi antara *Trichoderma* sp. dan pupuk organik kotoran ayam ($T \times P$) sama-sama memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada seluruh periode pengamatan (7–28 HST). Adapun untuk bobot segar tanaman pada umur 28 HST, tidak ditemukan perbedaan yang nyata, baik pada perlakuan tunggal *Trichoderma* sp., pupuk organik kotoran ayam, maupun kombinasi keduanya.

Dosis *Trichoderma* sp. 5 g/polybag (T2) dan pupuk organik kotoran ayam 400 g/polybag (P2) secara umum menghasilkan rata-rata pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman dan jumlah daun) yang lebih tinggi dibandingkan dosis lainnya, dengan kombinasi T2P2 menunjukkan jumlah daun dan tinggi tanaman tertinggi pada sebagian besar waktu pengamatan. Namun, keunggulan ini tidak berlaku pada bobot segar, sehingga klaim dosis atau kombinasi perlakuan "terbaik" dalam penelitian ini dibatasi hanya pada parameter yang menunjukkan perbedaan nyata secara statistik, yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun. Kesimpulan mengenai kadar klorofil belum dapat ditetapkan pada tahap ini, mengingat data Tabel 7 dan hasil analisis faktorialnya masih memerlukan verifikasi ulang terhadap indikasi ketidaksesuaian angka yang ditemukan pada beberapa kombinasi perlakuan..

Referensi

- Agustina, R., Ariffin, A., Aini, N., Koestiono, D., Yamika, W. S. D., & Khumairoh, U. (2026). The use of manure and *Trichoderma*-*Beauveria* biofertilizer to improve soil chemical properties and crop yield in the rainfed "surjan" intercropping system. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 13(3), 10609–10624. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2026.133.10609>
- Arifiansyah, S., Nurjasmi, R., & Ruswadi, D. (2020). Pengaruh Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil Wheatgrass (*Triticum Aestivum* L.). In *Jurnal Ilmiah Respati* (Vol. 11, Number Desember).

- <http://ejournal.urindo.ac.id/index.php/pertanian>
- David, M., Utomo, A., & Dawam Maghfoer, M. (2018). The Effect Chicken Manure in Reducing Nitrogen Inorganik Usage on Lettuce Plants (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(9), 2209–2217.
- Dewi, M., Sarido, L., & Rudi, R. (2022). Pengaruh Berbagai Macam Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma Cacao*. L). *Jurnal Pertanian Terpadu*, 10(2), 153–160. <https://doi.org/10.36084/jpt.v10i2.381>
- Fitriani, M. L., Wiyono, S., & Sinaga, M. S. (2020). Potensi Kolonisasi Mikoriza Arbuskular dan Cendawan Endofit untuk Pengendalian Layu Fusarium pada Bawang Merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 15(6), 228–238. <https://doi.org/10.14692/jfi.15.6.228-238>
- Gustiana, C., Jamil, M., AS, A. P., Baihaqi, B., & Fadilah, F. (2022). Peningkatan Produktifitas Cabai Melalui Teknologi Pemupukan Trichoderma Harzianum Pada Kelompok Tani Kota Langsa. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 6(3), 1878. <https://doi.org/10.31764/jmm.v6i3.7879>
- Haring, F., Rostia, Syam'Un, E., & Ginting, N. M. (2019). Effect of Trichoderma sp. and Streptomyces sp. on the growth and production of True Seed Shallots (TSS). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012020>
- Hapsari, A. T., Darmanti, S., & Hastuti, E. D. (2018). Pertumbuhan batang, akar dan daun gulma katumpangan (*Pilea microphylla* (L.) liebm.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 3(1), 79-84.
- Hayati, A., Hs, G., Taufik, M., Ode, L., Bande, S., & Asis, A. (2017). Efektivitas Beberapa Media Untuk Perbanyak J. *HPT Trop*, 17, 70-76.
- Kusparwanti, T. R., Elityatiningsih, Rohman, H. F., Indriani, R., & Murty, F. K. (2022). RESPON PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN JAGUNG MANIS DENGAN PEMBERIAN PUPUK ORGANIK YANG DIPERKAYA TRICHODERMA SP. *CEMARA*, 19(2), 89–97.
- Muadun Hasan, F., & Wanti Mindari, dan. (2026). THE EFFECT OF ADMINISTERING MANURE AND ZA (Zwavelzure Ammonium) ON NUTRIENT AVAILABILITY AND GROWTH OF CORN IN ALFISOL GRESIK. *Jurnal Agrotropika*, 25(1), 44–58. <https://doi.org/10.23960/ja.v25i1.8415>
- Nababan, N., & Rahmadina. (2025). Pengaruh Aplikasi Trichoderma sp. dan Pupuk Organik Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Bawang Merah (*Allium Ascolonicum* L). *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(4), 2967–2979. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i4.18268>
- Panjaitan, I., & Nur Liayana Iskandar, dan. (2025). EFEKTIVITAS APLIKASI BERBAGAI Trichoderma sp. PADA FASE VEGETATIF TANAMAN CABAI (*Capsicum annum* L.). In *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* (Vol. 19, Number 1).
- Putra, R. Y. A., Sarno, Wiharso, D., & Niswati, A. (2017). Pengaruh Pengolahan Tanah Dan Aplikasi Herbisida Terhadap Kandungan Asam Humat Pada Tanah Ultisol Gedung Meneng Bandar Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5(1), 51–56.
- Rachmania, N., & Ashari, S. (2019). Seleksi Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Lokal Malang Selection of Red Spinach (*Amaranthus tricolor* L.) of Local Malang. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(4), 720–727.
- Rida Iswati, Abdul Latief Abadi, Aini, L. Q., Soemarno, S., Asnawi, A., Pulogu, S. I., & Rudin, S. S. (2024). Potensi Trichoderma sp. Indigenus Gorontalo sebagai Dekomposer Limbah Tanaman Jagung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(2), 163–168. <https://doi.org/10.18343/jipi.29.2.163>
- Romadona, D. N., & Islami, T. (2023). Aplikasi Dosis dan Waktu Pemupukan NPK Majemuk Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Produksi Tanaman*, 011(09), 672–683. <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2023.011.09.02>

- Sianipar, M., Nugroho, B., & Astriani, D. (2025). Efektivitas *Trichoderma* sp. dan pupuk kompos babadotan untuk pengendalian penyakit moler dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah. *SEMINAR NASIONAL KEDAULATAN PERTANIAN*, 2(1), 68–77.
- Sinha, B., Haldhar, S., Sarangi, P. K., Chakrapani, K., Mishra, L., Poorva Sandhya, R., Tampakleima, W., Konjengbam, R., & Ralte, Z. (2024). *Trichoderma* role as an essential plant growth promotion-a review 4.0 (CC BY-NC-SA). *JAE* 2024, 19. <https://doi.org/10.58628/JAE>
- Syamsiyah, J., Hartati, S., Herdiansyah, G., Maro'ah, S., & Nurrahma, R. A. (2024). The Effect of *Trichoderma* on N, P, K Soil and Corn Plants. *JOURNAL OF TROPICAL SOILS*, 29(3), 159–166. <https://doi.org/10.5400/jts.2024.v29i3.159-166>
- Widiyanti, S. E., Ridhawati, Damayanti, J. D., Pusptasari, Ulfa, M., & Fajriati, S. (2022). PEMANFAATAN KOTORAN AYAM SEBAGAI BAHAN BAKU PUPUK ORGANIK. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 447–451.