



Terbit online pada laman web jurnal: <https://edubio.ftk.uinjambi.ac.id>

EDU-BIO Jurnal Pendidikan Biologi

ISSN: E-ISSN: 2598-4284

Evaluasi Penggunaan Asam Humat Pada Media Cocopeat untuk Meningkatkan Pertumbuhan Awal Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Kultivar Ori 202

**Evan Vria Andesmora^{1*}, Riko Aprianto², Ani Sulistiyani³, Arin Ulfiana Mubarakah⁴,
Steffanie Nurliana⁵, Eben Ezer Simanungkalit⁶, Khonita Rahma Diani⁷**

^{1,3,4,5,6,7} Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Jl. W.R Supratman, Kandang Limun, Bangkulu, Indonesia

² Program Studi Tadris Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Jl. Jambi Ma. Bulian KM. 16 Sei, Duren Kabupaten Muaro Jambi, 36363, Indonesia

Diterima: 13 Mei 2026, Disetujui: 18 Juni 2026, Dipublikasikan: 31 Juli 2026

Korespondensi: evria.andesmora@unib.ac.id

ABSTRAK

Cocopeat banyak digunakan sebagai media tanam organik dalam budidaya hortikultura karena memiliki kapasitas menahan air yang tinggi dan aerasi yang baik; namun demikian, ketersediaan haranya yang relatif rendah sering kali membatasi pertumbuhan tanaman secara optimal. Asam humat telah dikenal sebagai biostimulan tanaman yang mampu meningkatkan ketersediaan hara serta merangsang proses fisiologis tanaman. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons dosis asam humat terhadap pertumbuhan vegetatif cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) kultivar Ori 202 yang dibudidayakan pada media cocopeat. Percobaan dilakukan menggunakan empat konsentrasi asam humat, yaitu 0, 2,5, 5,0, dan 7,5 mL L⁻¹. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang akar, biomassa segar, dan biomassa kering, yang diukur pada fase awal pertumbuhan vegetatif. Hasil penelitian menunjukkan waktu pengamatan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan diameter batang, mengindikasikan adanya dinamika pertumbuhan vegetatif yang aktif pada fase pertumbuhan awal. Aplikasi asam humat berpengaruh nyata terhadap beberapa parameter pertumbuhan, khususnya akumulasi biomassa. Performa pertumbuhan vegetatif tertinggi diperoleh pada perlakuan asam humat 7,5 mL L⁻¹, yang menghasilkan tinggi tanaman tertinggi serta biomassa segar dan kering terbesar. Sebaliknya, perlakuan 5,0 mL L⁻¹ menunjukkan pertumbuhan yang relatif lebih rendah, yang mengindikasikan pola respons dosis yang tidak linier. Efek peningkatan pertumbuhan akibat aplikasi asam humat diduga berkaitan dengan stimulasi perkembangan akar, peningkatan efisiensi penyerapan hara, serta peningkatan produksi biomassa. Temuan ini menunjukkan asam humat berpotensi digunakan sebagai biostimulan yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan *C. frutescens* yang dibudidayakan pada media berbasis cocopeat, serta dapat menjadi strategi alternatif meningkatkan produktivitas dalam sistem hortikultura tanpa tanah.

Kata Kunci: Asam humat, Cocopeat, Pertumbuhan tanaman, Tahap vegetatif

ABSTRACT

Cocopeat is widely used as an organic growing medium in horticultural cultivation due to its high water-holding capacity and favorable aeration; however, its relatively low nutrient availability often limits optimal plant growth. Humic acid has been recognized as a plant biostimulant that improves nutrient availability and stimulates plant physiological processes. This study aimed to evaluate the dose–response effect of humic acid on the vegetative growth of bird’s eye chili (*Capsicum frutescens* L.) cv. Ori 202 grown in cocopeat medium. The experiment was conducted using four concentrations of humic acid (0, 2.5, 5.0, and 7.5 mL L⁻¹). Growth parameters, including plant height, number of leaves, stem diameter, root length, fresh biomass, and dry biomass, were measured during the early vegetative stage. The results showed that observation time significantly affected plant height and stem diameter, indicating active vegetative growth dynamics during the early growth phase. Humic acid application significantly influenced several growth parameters, particularly biomass accumulation. The highest vegetative performance was observed at 7.5 mL L⁻¹, which produced the greatest plant height as well as the highest fresh and dry biomass. In contrast, the 5.0 mL L⁻¹ treatment showed comparatively lower growth performance, suggesting a non-linear dose–response pattern. The growth-promoting effects of humic acid are likely associated with stimulation of root development, enhanced nutrient uptake efficiency, and improved biomass production. These findings demonstrate that humic acid can serve as an effective biostimulant to improve the growth of *C. frutescens* cultivated in cocopeat-based substrates and provide a potential strategy to enhance productivity in soilless horticultural systems.

Keywords: Cocopeat, Humic Acid, Plant Growth, Vegetative Stage

1. PENDAHULUAN

Capsicum frutescens (cabai rawit) merupakan komoditas hortikultura strategis di Indonesia, namun produksinya masih berfluktuasi akibat berbagai kendala budidaya, kualitas media tanam, dan tekanan lingkungan. Selain memiliki nilai kuliner dan ekonomi, *C. frutescens* juga terintegrasi kuat dalam pemanfaatan lokal serta keragaman genetik di Pulau Jawa dan wilayah kepulauan lainnya, yang menegaskan pentingnya komoditas ini dari sudut pandang agronomi (Amisnaipa *et al.*, 2024; Yamamoto *et al.*, 2022).

Pada sistem budidaya intensif dan semi-tanpa tanah, cocopeat banyak digunakan karena kapasitas menahan air (*water-holding capacity*, WHC) yang tinggi dan porositas yang baik sehingga menyediakan lingkungan fisik yang mendukung pertumbuhan akar. Namun, karakteristik kimianya sering menjadi faktor pembatas, antara lain konduktivitas listrik awal (*electrical conductivity*, EC) yang bervariasi, dominasi kalium dan natrium pada kompleks pertukaran kation, serta kompetisi dengan Ca²⁺/Mg²⁺ yang dapat menekan penyerapan hara esensial. Percobaan di rumah kaca menunjukkan bahwa pencucian efektif dalam menstabilkan EC–pH, dan meningkatkan kesesuaian cocopeat sebagai media tanam (Gbolle *et al.*, 2021). Catatan teknis media tanam juga menekankan pentingnya penyanggaan kalsium untuk mencegah penguncian hara dan defisiensi Ca (Eco Agro, 2026). Sebaliknya, tanpa suplementasi atau ameliorasi yang memadai, bibit cabai yang ditanam hanya pada media cocopeat dapat menunjukkan kinerja lebih rendah dibandingkan dengan media tanah atau campuran cocopeat–tanah (Kaledzi *et al.*, 2020).

Asam humat (*humic acid*, HA) merupakan fraksi utama dari bahan humat yang dikenal sebagai biostimulan karena kemampuannya memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis media tanam serta memodulasi fisiologi tanaman. Kajian terkini menunjukkan bahwa HA dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, retensi air, aktivitas enzim, ketersediaan unsur hara N–P–K, serta efisiensi penggunaan hara (NUE), dengan sebagian efeknya menyerupai kerja hormon seperti auksin dan

sitokinin pada jaringan tanaman (Ampong *et al.*, 2022; Maffia *et al.*, 2025). Secara mekanistik, HA mengaktivasi H⁺-ATPase akar, mengatur sinyal redoks dan ROS, merangsang pembentukan rambut akar, serta memengaruhi fotobiologi daun, sehingga meningkatkan kemampuan eksplorasi akar dan akumulasi karbon bersih tanaman (Zandonadi *et al.*, 2025; Ampong *et al.*, 2022). Bukti molekuler juga menunjukkan bahwa HA menginduksi jalur biosintesis auksin dan sitokinin yang konsisten dengan peningkatan pertumbuhan akar dan tajuk (Rathor *et al.*, 2024). Selain itu, HA berkontribusi dalam mitigasi cekaman abiotik melalui aktivasi pensinyalan, sistem antioksidan, homeostasis ion, dan penyesuaian hormonal (Canellas *et al.*, 2024; Nardi *et al.*, 2024).

Biostimulan berbasis humat pada *Capsicum* spp. telah berulang kali dilaporkan meningkatkan hasil dan kualitas. Evaluasi dua tahun pada *C. chinense* dan *C. annuum* menunjukkan peningkatan hasil total dan senyawa bioaktif di bawah kondisi iklim yang bervariasi (Mezeyova *et al.*, 2024). Pada paprika manis, aplikasi HA meningkatkan retensi air pascapanen, ketebalan perikarp, dan fenol total, yang berkontribusi terhadap daya simpan buah (Zamljen *et al.*, 2025). Pada cabai rawit (*Capsicum frutescens*), aplikasi HA secara foliar (~0,5%) pada fase vegetatif meningkatkan pertumbuhan dan hasil, sementara pada fase ontogeni awal HA meningkatkan indeks perkecambahan dan pertumbuhan bibit tanpa menurunkan viabilitas benih (Rathod *et al.*, 2023; Vieira *et al.*, 2018).

Respons tanaman terhadap asam humat (HA) bersifat bergantung dosis dan umumnya mengikuti pola optimal atau hormetik, di mana dosis rendah hingga sedang cenderung meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi penggunaan hara, sedangkan dosis berlebihan dapat bersifat antagonistik, misalnya menyebabkan ketidakseimbangan ion atau aktivasi sinyal stres yang berlebihan (Ampong *et al.*, 2022; Nisar *et al.*, 2025). Selain itu, sumber, fraksi, ukuran molekul, dan komposisi fungsional HA turut menentukan tingkat bioaktivitasnya, sebagaimana disoroti dalam beberapa tinjauan dan editorial terbaru (Yang *et al.*, 2021; Nardi *et al.*, 2024). Sinergi antara cocopeat secara ekofisiologis yang mendukung lingkungan perakaran dan asam humat yang memodulasi fungsi akar dan alokasi asimilat bersifat rasional secara biologis, tetapi efektivitasnya sangat ditentukan oleh dosis dan kondisi media tanam (Zandonadi *et al.*, 2025; Ampong *et al.*, 2022).

Asam humat sebagai biostimulan tanaman terus berkembang. Data kuantitatif respons dosis HA pada sistem berbasis cocopeat untuk *Capsicum frutescens*, khususnya kultivar unggulan seperti Ori 202, masih terbatas dan belum terstandar. Kesenjangan utama meliputi kurangnya pengendalian kualitas media serta penggunaan parameter yang konsisten, seperti tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, dan komponen biomassa, sehingga membatasi penerapan rekomendasi praktis untuk kondisi rumah kaca atau persemaian (Mezeyova *et al.*, 2024; Gbollie *et al.*, 2021). Selain itu, hingga saat ini belum terdapat kisaran dosis HA optimum yang dapat memaksimalkan pertumbuhan vegetatif awal tanpa menimbulkan efek antagonistik pada cocopeat, meskipun mekanisme kerja HA melalui H⁺-ATPase, sinyal redoks, serta auksin–sitokinin diketahui sensitif terhadap dosis dan konteks lingkungan (Rathor *et al.*, 2024; Zandonadi *et al.*, 2025; Ampong *et al.*, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi berbagai konsentrasi asam humat (HA) pada media cocopeat untuk menentukan pengaruhnya terhadap pertumbuhan awal vegetatif *Capsicum frutescens* cv. Ori 202 sekaligus menetapkan dosis optimum yang secara konsisten meningkatkan pertumbuhan.

2. METODE

2.1. Tempat dan Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca selama 4 minggu setelah pindah tanam, dengan fokus pada fase pertumbuhan vegetatif awal tanaman.

2.2. Bahan Tanaman dan Rancangan Percobaan

Benih cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) kultivar Ori 202 disemaikan dan dibesarkan di persemaian hingga diperoleh bibit yang seragam. Bibit sehat dengan tinggi dan jumlah daun yang relatif sama kemudian dipindahkan ke dalam pot plastik berkapasitas ± 3 L. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu konsentrasi asam humat, yang terdiri atas empat taraf perlakuan: $H_0 = 0 \text{ mL L}^{-1}$ (kontrol), $H_1 = 2,5 \text{ mL L}^{-1}$, $H_2 = 5,0 \text{ mL L}^{-1}$, dan $H_3 = 7,5 \text{ mL L}^{-1}$.

2.3. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah cocopeat (merek Infarm) dengan *Electrical Conductivity* (EC): 0.5 ms/cm dan pH: 5.2-6.8. Cocoprat dicuci dengan air bersih untuk mengurangi kandungan garam berlebih. Cocopeat kemudian dikeringanginkan dan digunakan sebagai media tanam. Setiap pot diisi dengan jumlah cocopeat yang sama untuk memastikan volume perakaran dan kapasitas menahan air yang seragam antarperlakuan.

Pada awal percobaan (saat pindah tanam), seluruh tanaman menerima pemupukan dasar berupa pupuk NPK sebesar 20 g per pot yang diaplikasikan secara merata pada media tanam. Pemupukan ini bertujuan untuk menyediakan unsur hara makro esensial dan memastikan bahwa pertumbuhan tanaman tidak dibatasi oleh defisiensi hara utama selama percobaan.

Asam humat diaplikasikan dalam bentuk larutan sesuai dengan konsentrasi perlakuan yang telah ditetapkan. Aplikasi pertama dilakukan 7 hari setelah tanam (HST). Selanjutnya, aplikasi asam humat dilakukan dengan interval 7 hari selama 4 minggu berturut-turut, sehingga total aplikasi sebanyak empat kali per tanaman. Aplikasi dilakukan dengan cara penyiraman ke media tanam (*soil drenching*), dengan volume larutan yang sama pada setiap tanaman untuk menjamin distribusi yang seragam di zona perakaran. Tanaman kontrol (H_0) menerima volume air yang sama tanpa penambahan asam humat.

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman rutin untuk menjaga kelembapan optimal media cocopeat. Gulma disiangi secara manual, dan serangan hama atau penyakit dikendalikan secara mekanis apabila ditemukan. Selama periode percobaan tidak diberikan tambahan pupuk maupun zat pengatur tumbuh lainnya.

2.4. Parameter Pertumbuhan dan Biomassa

Pengamatan parameter pertumbuhan dan biomassa dilakukan pada akhir periode percobaan, yaitu empat minggu setelah pindah tanam. Parameter yang diamati meliputi parameter pertumbuhan vegetatif dan biomassa segar serta kering.

Parameter pertumbuhan vegetatif awal diukur setiap minggu hingga akhir pengamatan yang meliputi: tinggi tanaman (cm), diukur dari pangkal batang pada permukaan media tanam hingga titik tumbuh apikal menggunakan penggaris; jumlah daun (helai tanaman⁻¹), dihitung sebagai jumlah total

daun yang telah berkembang sempurna; diameter batang (mm), diukur pada bagian pangkal batang menggunakan jangka sorong digital; serta panjang akar (cm), diukur dari pangkal batang hingga ujung akar terpanjang setelah sistem perakaran dikeluarkan dan dicuci secara hati-hati.

Parameter biomassa segar,

Tanaman cabe dipisahkan menjadi bagian akar dan tajuk. Masing-masing bagian ditimbang segera menggunakan neraca analitik untuk memperoleh bobot segar akar (g), bobot segar tajuk (g), dan bobot segar total (g), yang dihitung sebagai jumlah bobot segar akar dan tajuk.

Parameter Biomassa Kering

Sampel akar dan tajuk dikeringkan dalam oven pada suhu 70 °C hingga mencapai bobot konstan ($\pm 48-72$ jam). Biomassa kering dicatat sebagai bobot kering akar (g), bobot kering tajuk (g), dan bobot kering total (g), yang merupakan jumlah dari bobot kering akar dan tajuk. Rasio akar–tajuk dihitung berdasarkan biomassa kering sebagai indikator pola alokasi biomassa dan respons adaptif tanaman terhadap aplikasi asam humat.

2.5. Analisis Data

Seluruh data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Uji lanjut dilakukan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Dinamika Pertumbuhan Tanaman Selama Periode Pengamatan

Parameter pertumbuhan vegetatif tanaman cabai menunjukkan variasi yang nyata selama periode pengamatan. Tinggi tanaman meningkat secara bertahap sejak awal pengamatan hingga minggu ketiga, sementara diameter batang juga menunjukkan peningkatan yang konsisten pada periode yang sama. Sebaliknya, jumlah daun relatif stabil selama seluruh waktu pengamatan. Peningkatan tinggi tanaman menunjukkan bahwa fase vegetatif awal tanaman cabai didominasi oleh pemanjangan batang. Pada minggu ketiga, tinggi tanaman mencapai nilai tertinggi dibandingkan dengan waktu pengamatan sebelumnya. Pola serupa juga terlihat pada diameter batang yang meningkat secara progresif selama periode pertumbuhan. Namun demikian, jumlah daun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antarwaktu pengamatan. Hal ini mengindikasikan bahwa pada fase vegetatif awal, pertumbuhan tanaman lebih banyak berlangsung melalui ekspansi batang dibandingkan dengan penambahan jumlah organ daun.

Tabel 1. Jumlah Daun, Tinggi Tanaman, Diameter Batang pada Pengamatan yang Berbeda

Waktu Pengamatan (minggu)	Jumlah Daun	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (mm)
0	8,17 ^a	12,15 ^c	2,18 ^c
1	7,92 ^a	13,50 ^c	2,62 ^b
2	9,17 ^a	18,53 ^b	3,10 ^a
3	9,67 ^a	22,42 ^a	3,50 ^a

Catatan: Data yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan pada $P \leq 0,05$ menurut uji rentang berganda Duncan.

Pengaruh Konsentrasi Asam Humat terhadap Pertumbuhan Vegetatif

Pemberian asam humat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tanaman cabai. Konsentrasi asam humat berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dan tinggi tanaman, namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang. Tanaman yang diberi asam humat dengan konsentrasi 7,5 mL L⁻¹ menunjukkan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Selain itu, perlakuan 2,5 mL L⁻¹ dan 7,5 mL L⁻¹ menghasilkan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Sebaliknya, perlakuan asam humat 5,0 mL L⁻¹ menunjukkan nilai pertumbuhan yang relatif lebih rendah pada beberapa parameter vegetatif dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Tabel 2. Jumlah Daun, Tinggi Tanaman, Diameter Batang pada Konsentrasi yang Berbeda

Konsentrasi Asam Humat (mL/L)	Jumlah Daun	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (mm)
0,0	7,83 ^b	15,14 ^b	2,79 ^a
2,5	9,75 ^a	17,29 ^{ab}	2,80 ^a
5,0	7,42 ^b	14,67 ^b	2,69 ^a
7,5	9,92 ^a	19,55 ^a	3,10 ^a

Catatan: Data yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan pada $P \leq 0,05$ menurut uji rentang berganda Duncan.

Pertumbuhan Akar dan Produksi Biomassa Segar

Aplikasi asam humat menghasilkan respons yang beragam terhadap parameter pertumbuhan akar dan biomassa segar tanaman cabai. Panjang akar tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan. Namun demikian, terdapat kecenderungan peningkatan panjang akar pada perlakuan asam humat 2,5 mL L⁻¹. Bobot segar tajuk dan bobot segar total tanaman berbeda nyata antarperlakuan. Perlakuan asam humat 7,5 mL L⁻¹ menghasilkan bobot segar tajuk dan bobot segar total tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi asam humat pada konsentrasi tertentu mampu meningkatkan akumulasi biomassa tanaman cabai yang ditanam pada media cocopeat.

Tabel 3. Bobot Segar Tanaman Cabai pada Perlakuan Konsentrasi Asam Humat yang Berbeda

Konsentrasi Asam Humat (mL/L)	Panjang Akar (cm)	Bobot Segar Akar (g)	Bobot Segar Tajuk (g)	Bobot Segar Total (g)
0,0	8,70 ^a	0,86 ^a	4,82 ^{ab}	5,68 ^{ab}
2,5	12,43 ^a	2,11 ^a	7,55 ^{ab}	9,66 ^{ab}
5,0	9,13 ^a	0,87 ^a	3,43 ^b	4,30 ^b
7,5	9,17 ^a	3,38 ^a	11,10 ^a	14,48 ^a

Catatan: Data yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan pada $P \leq 0,05$ menurut uji rentang berganda Duncan.

Akumulasi Biomassa Kering dan Alokasi Biomassa

Produksi biomassa kering tanaman cabai menunjukkan respons yang jelas terhadap perlakuan asam humat. Bobot kering tajuk dan bobot kering total tertinggi diperoleh pada perlakuan asam humat

7,5 mL L⁻¹. Sebaliknya, perlakuan 5,0 mL L⁻¹ menghasilkan bobot kering tajuk dan bobot kering total terendah di antara seluruh perlakuan. Rasio akar–tajuk tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi biomassa antara organ akar dan tajuk relatif stabil pada seluruh perlakuan asam humat.

Tabel 4. Bobot Kering Tanaman Cabai pada Perlakuan Konsentrasi Asam Humat yang Berbeda

Konsentrasi Asam Humat (mL/L)	Bobot Kering Akar (g)	Bobot Kering Tajuk (g)	Bobot Kering Total (g)	Rasio Akar/ Tajuk
0,0	0,09 ^a	0,71 ^{ab}	0,80 ^{ab}	0,17 ^a
2,5	0,24 ^a	1,01 ^{ab}	1,24 ^{ab}	0,23 ^a
5,0	0,11 ^a	0,40 ^b	0,52 ^b	0,46 ^a
7,5	0,28 ^a	1,57 ^a	1,84 ^a	0,17 ^a

Catatan: Data yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan pada $P \leq 0,05$ menurut uji rentang berganda Duncan.

3.2. Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi asam humat (HA) pada media cocopeat menghasilkan peningkatan fase vegetatif awal *Capsicum frutescens* cv. Ori 202 yang bergantung pada dosis. Secara spesifik, produksi daun meningkat pada perlakuan 2,5 dan 7,5 mL L⁻¹, sedangkan tinggi tanaman mencapai nilai maksimum pada konsentrasi 7,5 mL L⁻¹ (Tabel 2). Biomassa tajuk dan biomassa total, baik segar maupun kering, juga menunjukkan nilai tertinggi pada perlakuan 7,5 mL L⁻¹ (Tabel 3–4). Sebaliknya, rasio akar–tajuk (berdasarkan biomassa kering) tertinggi diperoleh pada perlakuan 5,0 mL L⁻¹ (Tabel 4), yang mengindikasikan adanya pergeseran sementara alokasi biomassa ke bagian bawah tanah pada dosis menengah. Pengaruh ini juga dilaporkan oleh Andesmora *et al.*, (2026) bahwa terdapat respon positif pada pemberian asam humat pada tanaman cabai. Respons pada tingkat organ ini selaras dengan fungsi biostimulan HA yang telah diketahui, yaitu meningkatkan efisiensi penggunaan hara, hubungan air tanaman, serta pengaturan perkembangan melalui aktivasi H⁺-ATPase membran plasma, modulasi sinyal redoks/ROS, dan sinyal menyerupai auksin serta sitokinin. Mekanisme tersebut secara kolektif mendorong proliferasi rambut akar, pembentukan akar lateral, dan transpor ion, sehingga memungkinkan peningkatan pertumbuhan tajuk setelah kapasitas sistem perakaran terbentuk secara memadai (Ampong *et al.*, 2022; Zandonadi *et al.*, 2025; Rathor *et al.*, 2024).

Biomassa maksimum pada dosis 7,5 mL L⁻¹ (Tabel 3–4) sesuai dengan dosis optimum pada bahan humat, di mana input rendah hingga sedang memicu respons eustres yang menguntungkan, sementara dosis yang lebih tinggi berpotensi menurunkan manfaat akibat gangguan homeostasis redoks dan hormonal (Ampong *et al.*, 2022; Zandonadi *et al.*, 2025). Studi mekanistik menunjukkan bahwa HA mampu memodulasi transpor elektron tilakoid dan fotobiologi daun, meningkatkan aktivitas enzim antioksidan, serta menstimulasi fluks ion yang bergantung pada H⁺-ATPase. Jalur ini memberikan penjelasan yang masuk akal dari tingkat molekuler hingga peningkatan biomassa tajuk dan total yang diamati pada dosis tertinggi dalam penelitian ini (Zandonadi *et al.*, 2025; Ampong *et al.*, 2022). Pada sistem *Capsicum*, biostimulan berbasis humat telah dikaitkan dengan peningkatan hasil dan kualitas, termasuk peningkatan hasil total dan kapsaisinoid pada kondisi iklim yang beragam, serta perbaikan retensi air pascapanen, ketebalan perikarp, dan kandungan fenolik pada

paprika manis. Temuan-temuan tersebut sejalan dengan peningkatan biomassa tajuk dan total yang diperoleh dalam penelitian ini (Mezeyová *et al.*, 2024; Zamljen *et al.*, 2025).

Rasio akar–tajuk pada perlakuan 5,0 mL L⁻¹ (Tabel 4) mengindikasikan adanya fase alokasi biomassa yang berpihak pada akar sebelum tercapainya akumulasi tajuk maksimum. Bukti molekuler menunjukkan bahwa asam humat (HA) mampu meningkatkan ekspresi gen biosintesis auksin dan sitokinin, sehingga memperkuat perkembangan sistem perakaran dan kapasitas eksplorasi hara. Setelah kapasitas bawah tanah tersebut tercapai, alokasi asimilat cenderung beralih ke ekspansi tajuk dan peningkatan biomassa total, sebagaimana tercermin pada perlakuan 7,5 mL L⁻¹ (Rathor *et al.*, 2024). Urutan respons ini secara ekofisiologis bersifat masuk akal pada media cocopeat, yang memiliki kapasitas menahan air dan aerasi tinggi sehingga mendukung perkembangan akar, selama kendala ionik dapat dikelola dengan baik (Gbollie *et al.*, 2021; Eco Agro, 2026). Mengingat cocopeat mentah umumnya didominasi oleh ion K⁺/Na⁺ dan memiliki konduktivitas listrik yang bervariasi, pencucian serta penyanggaan menggunakan Ca(NO₃)₂ direkomendasikan untuk menggantikan K⁺/Na⁺ yang terperap dan menstabilkan EC–pH. Kondisi media yang telah disangga tersebut mengurangi antagonisme hara, sehingga sinyal biostimulan HA dapat termanifestasi secara lebih jelas—suatu pertimbangan penting dalam mengekstrapolasi hasil penelitian ini (lihat Metode dan konsistensi respons biomassa pada Tabel 3–4) (Gbollie *et al.*, 2021; Eco Agro, 2026).

Beberapa variabel tidak menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik pada $\alpha = 0,05$ (diameter batang dan bobot kering akar; Tabel 2 dan 4), arah respons antarparameter tetap konsisten, yaitu meningkatnya vigor vegetatif (jumlah daun dan tinggi tanaman) serta biomassa segar dan kering seiring aplikasi HA, terutama pada konsentrasi 7,5 mL L⁻¹ (Tabel 2–4). Selain itu, heterogenitas produk humat—seperti proporsi HA/FA, gugus fungsional, dan ukuran molekul—dapat memodulasi tingkat bioaktivitas. Oleh karena itu, karakterisasi produk yang jelas (sertifikat analisis/CoA) serta penentuan dosis yang tepat tetap diperlukan ketika merekomendasikan aplikasi HA pada media dan kultivar yang berbeda (Nardi *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2021; Maffia *et al.*, 2025). Budidaya cabai rawit berbasis cocopeat pada fase awal pertumbuhan terdapat dua dosis yang relevan, yaitu: (i) konsentrasi 2,5–5,0 mL L⁻¹ untuk memprioritaskan penguatan sistem perakaran (respons rasio akar–tajuk; Tabel 4), dan (ii) konsentrasi 7,5 mL L⁻¹ untuk mendorong pembentukan tajuk secara cepat dan peningkatan biomassa total (Tabel 3–4). Kedua strategi tersebut diterapkan melalui aplikasi penyiraman (*soil drench*) mingguan mulai 7 hari setelah tanam selama 4 minggu, pada media cocopeat yang disertai pemupukan dasar NPK. Rekomendasi ini sejalan dengan pola respons dosis biostimulan humat serta konsisten terkait adaptasi cekaman, modulasi arsitektur akar, dan agronomi regeneratif (Canellas *et al.*, 2024; Maffia *et al.*, 2025). Penelitian hanya mengevaluasi fase vegetatif awal, sehingga belum dapat menggambarkan pengaruh terhadap hasil panen.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi asam humat pada media cocopeat memberikan respons yang berbeda terhadap pertumbuhan awal vegetatif *Capsicum frutescens* L. cv. Ori 202. Konsentrasi asam humat berpengaruh terhadap beberapa parameter pertumbuhan, di mana perlakuan 7,5 mL L⁻¹ menghasilkan performa pertumbuhan terbaik, yang ditunjukkan oleh peningkatan tinggi tanaman, bobot segar tajuk, bobot segar total, serta bobot kering tajuk dan bobot kering total. Sebaliknya, perlakuan dengan konsentrasi 5,0 mL L⁻¹ menunjukkan respons pertumbuhan yang lebih

rendah, yang mengindikasikan pola respons dosis yang tidak linier terhadap aplikasi asam humat. Peningkatan pertumbuhan tanaman pada konsentrasi optimum diduga berkaitan dengan peran asam humat sebagai biostimulan dalam meningkatkan penyerapan hara, pengembangan sistem perakaran, serta akumulasi biomassa tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Amisnaipa, R., R., Hamdani, K. K., Rawung, J. M., S., A., ... Sopha, G. A. (2024). *The production technology of chili pepper (Capsicum annuum) in Indonesia*. Springer.
- Ampong, K. A. K., Thilakarathna, M. S., & Gorim, L. Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Frontiers in Agronomy*, 4, 848621. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>
- Andesmora, E. V., Aprianto, R., Syahmi, W., Putra, R. J., & Amaliya, D. (2026). Early Growth Response of *Capsicum frutescens* L.(Ori 202 Variety) under Humic Acid Application in Cocopeat-Based Growing Media. *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research*, 7(1), 206–219.
- Canellas, L. P., da Silva, R. M., Busato, J. G., & Olivares, F. L. (2024). Humic substances and plant abiotic stress adaptation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11, 66. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00575-z>
- Eco Agro. (2026). *Cocopeat as a growing media* (Technical note). <https://ecoagro.co.nz/cocopeat-as-a-growing-media/>
- Gbolle, S. N., Mwonga, S. M., & Kibe, A. M. (2021). Effects of calcium nitrate levels and soaking durations on cocopeat nutrient content. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 10, 372–388. <https://doi.org/10.4236/jacen.2021.103024>
- Kaledzi, P. D., Tandoh, P. K., & Asana, S. (2020). Effect of Different Media on Germination and Seedlings Performance of Chili Pepper (*Capsicum annum*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 32(8), 67-75. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2020/v32i830319>
- Maffia, A., Oliva, M., Marra, F., Mallamaci, C., Nardi, S., & Muscolo, A. (2025). Humic substances: Bridging ecology and agriculture for a greener future. *Agronomy*, 15(2), 410. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020410>
- Mezeyová, I., Kollárová, I., Golian, M., Árvay, J., Mezey, J., ... Horečná, T. (2024). The effect of humic-based biostimulants on yield and quality parameters of chili peppers. *Horticulturae*, 10(9), 998. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090998>
- Nardi, S., Schiavon, M., Muscolo, A., Pizzeghello, D., Ertani, A., Canellas, L. P., & Garcia-Mina, J. M. (2024). Editorial: Molecular characterization of humic substances and regulatory processes activated in plants (Vol. II). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1413829. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1413829>
- Nisar, R., Waseem, K., Zubair, M., Khan, M. I., Shereen, R., ... Khan, N. U. (2025). Effect of humic acid on seed germination, plantlet and seedling growth of summer vegetables. *Advanced Research in Agronomy*, 2(4), 43–50.
- Rathod, N. B., Elabed, N., Punia, S., Ozogul, F., Kim, S. K., & Rocha, J. M. (2023). Recent developments in polyphenol applications on human health: A review with current knowledge. *Plants*, 12(6), 1217.
- Rathor, P., Upadhyay, P., Ullah, A., Gorim, L. Y., & Thilakarathna, M. S. (2024). Humic acid improves

- wheat growth by modulating auxin and cytokinin biosynthesis pathways. *AoB Plants*, 16(2), plae018. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plae018>
- Vieira, J. H., dos Santos Silva, L. K., de Oliveira, L. C., do Carmo, J. B., Rosa, L. M. T., & Botero, W. G. (2018). Evaluation of germination of chilli pepper using humic substances and humic acids. *IOSR-JESTFT*, 12(2), 33–39.
- Yamamoto, S., Djarwaningsih, T., & Wiriadinata, H. (2022). Use of *Capsicum* peppers in the Karimunjawa Islands, Central Java, Indonesia. *South Pacific Studies*, 42(1–2), 19–29.
- Yang, F., Tang, C., & Antonietti, M. (2021). Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms. *Chemical Society Reviews*, 50, 6221–6239. <https://doi.org/10.1039/D0CS01363C>
- Zamljen, T., Veberič, R., & Slatnar, A. (2025). Fertilization with humic acids in production changes the quality of fresh and stored sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 44, 3965–3973. <https://doi.org/10.1007/s00344-025-11675-x>
- Zandonadi, D. B., Monda, H., Galian, J., James, A., Lamar, R. T., & Santos, M. P. (2025). Humic acids as drivers of plant growth: Regulating root development and photobiology through redox modulation. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 12, 71. <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00789-9>