

Asam Humat sebagai Pembenh Tanah Unggul dalam Peningkatan Ketahanan Kekeringan dan Pertumbuhan Vegetatif Kacang Hijau pada Tanah Pasir

Humic Acid as a Superior Soil Amendment for Enhancing Drought Resilience and Vegetative Growth of Mung Bean in Sandy Soil

Endang Saptiningsih*, Deni Saputra, Sri Widodo Agung Suedy, Sri Darmanti

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang 50275

*Email: saptiningsihe@gmail.com

Diterima 25 Agustus 2025 / Disetujui 2 Juni 2026

ABSTRAK

Tanah pasir memiliki kemampuan menahan air dan hara yang rendah sehingga membatasi pertumbuhan kacang hijau pada kondisi cekaman kekeringan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kompos dan asam humat terhadap pertumbuhan vegetatif kacang hijau pada tanah pasir dengan dua tingkat kapasitas lapang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu aplikasi jenis pembenh tanah pada media pasir, yaitu: pasir, pasir-kompos, dan pasir-asam humat, serta tingkat cekaman kekeringan 80% dan 50% kapasitas lapang, masing-masing dengan lima ulangan. Parameter yang diamati meliputi kadar air media, kadar air relatif daun, panjang akar, jumlah bintil akar, pertumbuhan tajuk, kandungan pigmen fotosintesis, dan biomassa kering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompos meningkatkan kadar air media, tetapi tidak selalu diikuti peningkatan status air dan pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, asam humat meningkatkan kadar air relatif daun, panjang akar, jumlah bintil akar, kandungan klorofil dan karotenoid, serta biomassa tanaman. Perlakuan asam humat pada 80% kapasitas lapang secara umum menghasilkan pertumbuhan vegetatif terbaik. Dengan demikian, asam humat lebih efektif dibandingkan kompos sebagai pembenh tanah untuk mendukung pertumbuhan kacang hijau pada tanah pasir di bawah cekaman kekeringan.

Kata kunci: asam humat, cekaman kekeringan, kacang hijau, kompos, tanah pasir

ABSTRACT

Sandy soil has low water- and nutrient-holding capacity, thereby limiting mung bean growth under drought stress. This study aimed to analyze the effects of compost and humic acid on the vegetative growth of mung bean grown in sandy soil under two field capacity levels. The experiment used a factorial Completely Randomized Design with two factors: the application of different soil amendments to sandy media, namely sand, sand-compost, and sand-humic acid, and drought stress levels of 80% and 50% field capacity, each with five replications. The observed parameters included soil water content, leaf relative water content, root length, number of root nodules, shoot growth, photosynthetic pigment content, and dry biomass. The results showed that compost increased soil water content, but this was not always followed by improved plant water status and growth. In contrast, humic acid increased leaf relative water content, root length, number of root nodules, chlorophyll and carotenoid contents, and plant biomass. Humic acid treatment at 80% field capacity generally produced the best vegetative growth. Therefore, humic acid was more effective than compost as a soil amendment to support mung bean growth in sandy soil under drought stress.

Keywords: compost, drought stress, humic acid, mung bean, sandy soil

PENDAHULUAN

Tanah pasir merupakan media tumbuh yang memiliki keterbatasan signifikan untuk budidaya tanaman akibat sifat fisik dan kimianya yang kurang mendukung. Dominasi fraksi pasir menyebabkan aerasi dan drainase berlangsung sangat cepat, namun kemampuan menahan air dan unsur hara sangat rendah (Herawati et al., 2021). Rendahnya kapasitas tukar kation dan kandungan bahan organik menyebabkan tanah miskin nutrisi serta tidak mampu menyediakan hara secara stabil. Kondisi ini memperparah risiko defisit air, terutama pada periode curah hujan rendah, dan semakin diperburuk oleh perubahan iklim yang meningkatkan intensitas dan frekuensi kekeringan (Wu et al., 2024).

Cekaman kekeringan terjadi ketika ketersediaan air tidak mencukupi kebutuhan fisiologis tanaman, yang berdampak pada terhambatnya pembelahan dan pemanjangan sel, penurunan tekanan turgor, serta gangguan proses fotosintesis (Wijayanto dkk., 2014; Moonmoon et al., 2017). Tanaman merespons kondisi ini melalui berbagai mekanisme adaptasi, seperti modifikasi sistem perakaran, pengaturan stomata, dan peningkatan aktivitas antioksidan (Ansari et al., 2019; Seleiman et al., 2021). Namun, pada tanah pasir dengan kapasitas simpan air rendah, mekanisme adaptasi tersebut sering kali tidak cukup untuk mempertahankan pertumbuhan optimal.

Penggunaan pembenah tanah organik menjadi salah satu pendekatan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Kompos diketahui mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan retensi air, serta mendukung aktivitas mikroorganisme (Noor et al., 2023; Hastuti dkk., 2017). Sementara itu, asam humat sebagai fraksi aktif bahan organik memiliki gugus hidrofilik yang efektif mengikat air dan hara, serta berperan sebagai biostimulan yang meningkatkan permeabilitas membran, pertumbuhan akar, dan efisiensi serapan hara (Kandil et al., 2016; Duany, 2020).

Sejumlah penelitian melaporkan bahwa kompos dan asam humat mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi cekaman kekeringan. Kompos dilaporkan meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung serta kanola melalui

peningkatan ketersediaan air dan unsur hara (Silalahi dan Karyawati, 2020; Rashtbari et al., 2020). Sementara itu, asam humat terbukti meningkatkan pertumbuhan kangkung, bunga matahari, dan tebu pada kondisi kekeringan melalui perbaikan respons fisiologis tanaman (Rasyid dkk., 2020; Hatami, 2017; Amanah dan Putra, 2018). Namun, sebagian besar studi tersebut dilakukan pada tanaman yang membutuhkan banyak air atau pada jenis tanah selain pasir. Penelitian yang secara khusus membandingkan efektivitas kompos dan asam humat pada tanaman toleran kekeringan di tanah pasir masih terbatas.

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) merupakan tanaman legum penting di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi dan gizi tinggi, serta relatif toleran terhadap cekaman kekeringan (Purwanto dkk., 2019; Elisabeth dkk., 2021). Meskipun demikian, cekaman kekeringan berkepanjangan tetap dapat menurunkan pertumbuhan vegetatif dan produktivitasnya. Kacang hijau memang memiliki mekanisme adaptasi, seperti peningkatan panjang akar dan pengaturan stomata, tetapi respons tersebut belum tentu cukup untuk mempertahankan pertumbuhan pada tanah pasir yang miskin air (Aslam et al., 2013; Toscano et al., 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat kesenjangan pengetahuan mengenai interaksi antara jenis pembenah tanah dan tingkat cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan vegetatif kacang hijau pada tanah pasir. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh aplikasi kompos dan asam humat pada tanah pasir terhadap pertumbuhan vegetatif kacang hijau pada dua tingkat cekaman kekeringan. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan lahan pasir yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk mendukung peningkatan produktivitas kacang hijau pada kondisi keterbatasan air.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di greenhouse yang berlokasi di Kelurahan Beji, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Analisis parameter pendukung dilakukan di Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan, Program

Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro. Penelitian berlangsung selama empat bulan, yaitu dari Februari hingga Mei 2025.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih kacang hijau (*Vigna radiata* L. var. Vima 4) (Unit Pengelolaan Benih Sumber Aneka Kacang, Banyuwangi), media tanah pasir, kompos sebagai pembenah tanah organik, serta asam humat sebagai pembenah tanah berbasis bahan organik terlarut. Selain itu, digunakan air untuk pengaturan cekaman kekeringan berdasarkan kapasitas lapang.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri atas dua faktor dengan lima ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi pembenah tanah yang terdiri dari tiga taraf, yaitu tanah pasir (kontrol), campuran tanah pasir-kompos, dan campuran tanah pasir-asam humat. Faktor kedua adalah tingkat cekaman kekeringan yang terdiri dari dua taraf, yaitu 80% kapasitas lapang (KL) dan 50% kapasitas lapang (KL). Dengan demikian, diperoleh enam kombinasi perlakuan, yaitu: pasir 80% KL (80P), pasir 50% KL (50P), pasir-kompos 80% KL (80K), pasir-kompos 50% KL (50K), pasir-asam humat 80% KL (80H), dan pasir-asam humat 50% KL (50H). Masing-masing perlakuan dengan 5 ulangan sehingga terdapat 30 unit penelitian.

Prosedur Penelitian

Media tanam disiapkan sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan yaitu media pasir murni, campuran pasir-kompos 2:1 (v:v), campuran pasir-asam humat (1,5 g/L asam humat per pot perlakuan), kemudian dimasukkan ke dalam pot (D = 19 cm, T = 14 cm). Benih kacang hijau ditanam dan dipelihara dalam kondisi greenhouse, selanjutnya pada 17 HST (hari setelah tanam) dipindah ke pot perlakuan.

Pengaturan cekaman kekeringan dilakukan dengan mempertahankan kadar air media tanam pada tingkat 80% dan 50% kapasitas lapang. Penentuan kadar air kapasitas lapang media tanam

dilakukan menggunakan rumus berikut (Tabrizian dkk., 2022).

$$\text{Kapasitas Lapang (\%)} = \frac{BKL - BK}{BK} \times 100\%$$

BKL= berat kapasitas lapang, BK= berat kering

Selanjutnya penyiraman dilakukan secara terkontrol untuk menjaga kondisi kadar air media tanam sesuai perlakuan. Tanaman dipelihara hingga fase vegetatif akhir (34 HST). Pengukuran parameter penelitian dilakukan pada fase vegetatif akhir (34 HST) meliputi kadar air tanah, panjang akar, jumlah bintil akar, peningkatan tinggi tanaman, luas daun (Luas daun = panjang daun x lebar daun x konstanta 0,54) (Yu et al., 2020), persentase penutupan stomata diukur menggunakan preparat semi permanen (metode replika) dengan rumus:

$$= \frac{\text{jumlah stomata menutup}}{\text{jumlah stomata total}} \times 100\%,$$

Kandungan klorofil total dan karotenoid menggunakan metode spektrofotometri (Hitachi Double Beam Spectrophotometer UH5300, Jepang), kadar air relatif daun (*Relative Water Content/RWC*), serta berat kering akar, batang, dan daun. Pengukuran berat kering dilakukan dengan mengoven sampel tanaman pada suhu 65 °C selama 72 jam hingga mencapai berat konstan, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital.

Analisis Data

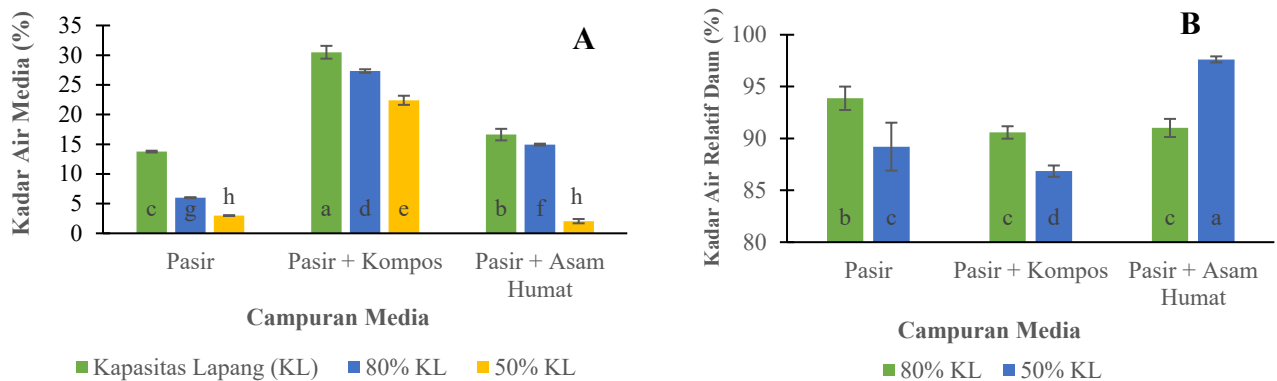
Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji analisis varians dua arah (Two-Way ANOVA) untuk mengetahui pengaruh faktor perlakuan dan interaksinya. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Least Significant Difference (LSD) pada taraf signifikansi 5%. Jika tidak terdapat interaksi antar faktor, maka dilakukan uji t untuk membandingkan antarpelakuan. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS dan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air Tanah dan Status Air Tanaman

Parameter kadar air media memperlihatkan bahwa perlakuan kompos mampu mempertahankan air dibandingkan dengan kontrol, terutama pada kondisi kandungan air media 80% kapasitas lapang (Gambar 1). Sementara itu, persentase penutupan stomata menunjukkan nilai yang sama pada semua

perlakuan, yang mengindikasikan bahwa selama cekaman kekeringan tidak ditemukan penutupan stomata (Tabel 1). Namun demikian, pada status air tanaman, perlakuan kompos tidak memberikan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1). Sebaliknya, aplikasi asam humat memberikan pengaruh positif terhadap status air tanaman melalui peningkatan kadar air relatif daun (RWC) (Gambar 1).



Gambar 1. Kadar air media (A) dan air relatif daun (RWC) pada fase vegetatif akhir tanaman kacang hijau setelah perlakuan pembenah tanah dan cekaman kekeringan (B). Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara rerata data. Data adalah mean $\pm$ SE (n = 5).

Tabel 1. Persentase penutupan stomata fase vegetatif akhir kacang hijau setelah perlakuan aplikasi pembenah tanah dan cekaman kekeringan.

Perlakuan	Persentase Penutupan Stomata
Pasir 80% KL	0 $\pm$ 0
Pasir 50% KL	0 $\pm$ 0
Pasir + Kompos 80% KL	0 $\pm$ 0
Pasir + Kompos 50% KL	0 $\pm$ 0
Pasir + Asam humat 80% KL	0 $\pm$ 0
Pasir + Asam humat 50% KL	0 $\pm$ 0

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan pembenah tanah tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menahan air di media, tetapi juga oleh kemampuan menjaga air tetap tersedia bagi akar dan dapat ditranslokasikan secara efisien ke jaringan daun. Kompos meningkatkan kadar air tanah karena menambah fraksi organik, memperbaiki agregasi, dan meningkatkan pori penyimpanan air. Pada tanah bertekstur pasir, bahan organik cenderung meningkatkan kelembapan tanah dan karbon organik tanah. Namun, efeknya sangat bergantung pada dosis, jenis bahan, dan

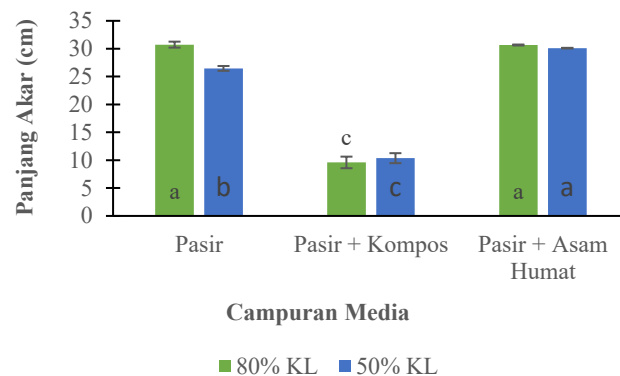
keseimbangan antara retensi air dan aerasi. Pada tanah berpasir, pembenah organik secara umum meningkatkan kadar air tanah dan biomassa, tetapi responsnya bervariasi antar teknologi dan kondisi budidaya (Musei et al., 2024).

Pada penelitian ini, peningkatan kadar air tanah oleh kompos tampaknya belum berbanding lurus dengan peningkatan status air tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian air lebih banyak tertahan pada media daripada dimanfaatkan oleh tanaman, dan kelembapan tinggi justru menurunkan aerasi di zona akar (Glab

et al., 2025; Zhang et al., 2025). Sebaliknya, asam humat bekerja lebih efisien pada daerah rizosfer. Humic substances diketahui berperan sebagai biostimulan yang dapat meningkatkan efisiensi serapan air dan hara, memodulasi adaptasi tanaman terhadap stres abiotik, serta memperbaiki fungsi fisiologis tanaman di bawah cekaman kekeringan (Nardi et al., 2021).

Pertumbuhan Akar dan Bintil Akar

Pengamatan terhadap panjang akar dan jumlah bintil akar menunjukkan bahwa aplikasi asam humat mampu meningkatkan perkembangan sistem perakaran tanaman kacang hijau. Hal ini terlihat dari peningkatan panjang akar serta jumlah bintil akar dibandingkan perlakuan kontrol dan kompos (Gambar 2; Tabel 2). Sebaliknya, perlakuan kompos pada kondisi cekaman kekeringan menunjukkan hasil yang relatif lebih rendah dibandingkan kontrol.



Gambar 2. Panjang akar pada fase vegetatif akhir kacang hijau setelah perlakuan aplikasi pembenah tanah dan cekaman kekeringan. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara rerata data. Data adalah mean $\pm$ SE (n = 5).

Tabel 2. Jumlah bintil akar pada fase vegetatif akhir kacang hijau (34 HST) setelah perlakuan aplikasi pembenah tanah dan cekaman kekeringan. Nilai yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara rerata data. Data adalah mean $\pm$ SE (n = 5).

Perlakuan	Jumlah Bintil
Pasir 80% KL	5,66 $\pm$ 0,33 ^c
Pasir 50% KL	4,66 $\pm$ 0,66 ^d
Pasir + Kompos 80% KL	0,00 $\pm$ 0,00 ^e
Pasir + Kompos 50% KL	0,00 $\pm$ 0,00 ^e
Pasir + Asam humat 80% KL	16,00 $\pm$ 0,57 ^a
Pasir + Asam humat 50% KL	11,00 $\pm$ 0,57 ^b

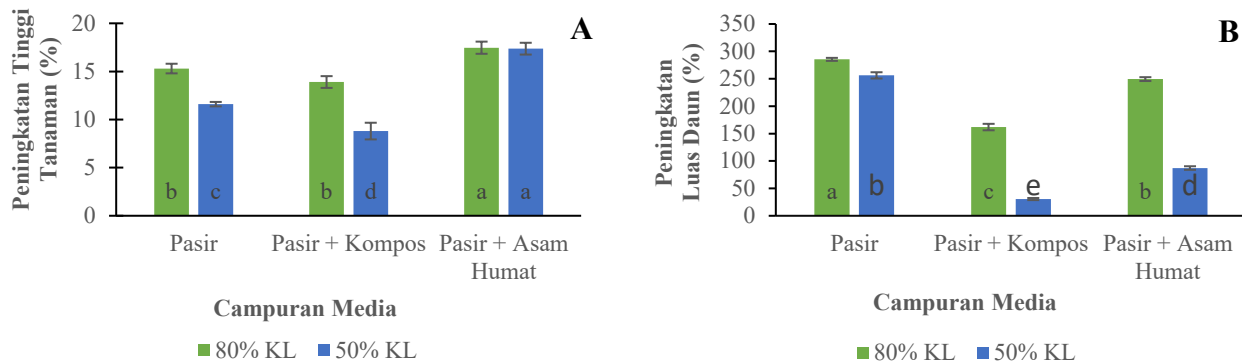
Hasil penelitian mengindikasikan bahwa efektivitas pembenah tanah tidak hanya ditentukan oleh kemampuannya memperbaiki sifat fisik tanah, tetapi juga oleh kemampuannya memodulasi respon fisiologis tanaman dan interaksi biologis di rizosfer, khususnya pada kondisi cekaman kekeringan di tanah berpasir. Aplikasi asam humat meningkatkan pertumbuhan akar melalui perannya sebagai biostimulan yang memiliki aktivitas menyerupai auksin, sehingga merangsang pembelahan dan

pemanjangan sel serta pembentukan akar lateral (Canellas & Olivares, 2014; Nardi et al., 2021). Mekanisme ini menjadi penting pada kondisi kekeringan karena mendukung eksplorasi air oleh sistem perakaran.

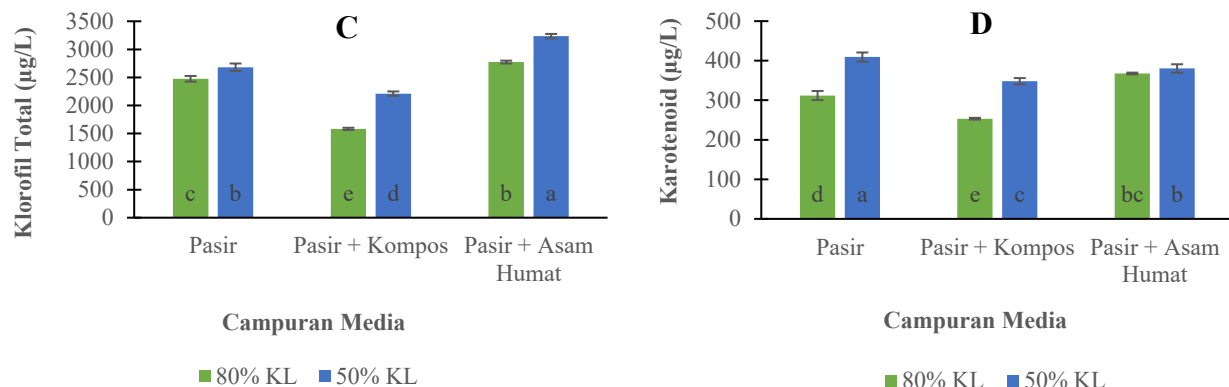
Peningkatan jumlah bintil akar menunjukkan bahwa asam humat juga menstimulasi simbiosis dengan *Rhizobium* melalui perbaikan kondisi rizosfer dan aktivitas mikroba. Hal ini mendukung proses fiksasi nitrogen (Maji et al., 2017).

Sebaliknya, perlakuan kompos menunjukkan respons lebih rendah, yang diduga akibat kelembapan berlebih yang menurunkan aerasi tanah dan menyebabkan hipoksia akar, sehingga

menghambat respirasi dan aktivitas mikroba (Jie et al., 2016). Selain itu, diduga tingginya nitrogen dalam kompos dapat menekan pembentukan bintil akar (Abd-Alla et al., 2023).



Gambar 3. Peningkatan tinggi (A) dan luas daun (B) pada fase vegetatif akhir kacang hijau setelah perlakuan aplikasi pembenah tanah dan cekaman kekeringan. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara rerata data. Data adalah mean $\pm$ SE (n = 5).



Gambar 4. Kandungan klorofil total (C) dan karotenoid (D) pada fase vegetatif akhir kacang hijau setelah perlakuan aplikasi pembenah tanah dan cekaman kekeringan. Huruf yang berbeda pada histogram menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara rerata data. Data adalah mean $\pm$ SE (n = 5).

Pertumbuhan Tajuk dan Kandungan Pigmen Fotosintesis

Pada parameter pertumbuhan tajuk, seperti tinggi tanaman, perlakuan asam humat menunjukkan peningkatan yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 3). Meskipun demikian, persentase peningkatan luas daun tidak menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan kontrol (Gambar 3). Peningkatan luas daun terendah terdapat pada

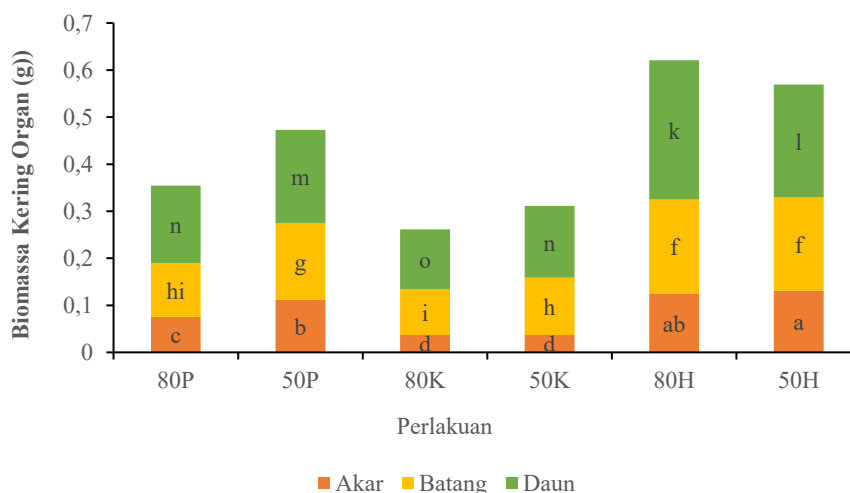
perlakuan kompos. Kandungan klorofil total dan karotenoid juga mengalami peningkatan pada perlakuan asam humat (Gambar 4). Sementara itu, pada beberapa perlakuan 50% KL, kandungan klorofil dan karotenoid meningkat, menunjukkan adanya respons fisiologis adaptif terhadap defisit air. Perlakuan kompos cenderung menghasilkan nilai yang lebih rendah pada sebagian besar parameter tersebut dibandingkan kontrol.

Humic substances diketahui dapat meningkatkan efisiensi penggunaan hara,

kestabilan membran, dan kapasitas fotosintetik tanaman di bawah cekaman sehingga mendukung pertumbuhan tajuk. Pada tanaman Hibiscus sabdarifa dilaporkan bahwa aplikasi asam humat dapat meningkatkan kandungan klorofil dan karotenoid daun (El-Kinany et al., 2020). Pada kondisi cekaman, efek ini penting karena tanaman harus mempertahankan sintesis pigmen, integritas kloroplas, dan fungsi stomata agar fotosintesis tidak turun terlalu tajam (Canellas et al., 2024). Hal ini juga ditunjukkan oleh peningkatan kandungan pigmen fotosintesis pada perlakuan 50% KL.

Selain itu, kekeringan pada mung bean mengubah jalur biosintesis karotenoid,

metabolisme klorofil, dan pensinyalan hormon. Peningkatan karotenoid pada cekaman dapat diartikan sebagai respons protektif terhadap stres oksidatif, karena karotenoid berfungsi dalam fotoproteksi dan peredaman *reactive oxygen species*. Temuan transkriptomik pada mung bean juga menegaskan bahwa respons kekeringan terkait erat dengan biosintesis karotenoid dan metabolisme klorofil (Guo et al., 2023). Pada penelitian ini, perlakuan kompos tidak mampu mengonversi keunggulan kadar air tanah menjadi peningkatan tajuk. Hambatan pertumbuhan akar membatasi suplai air dan hara ke daun sehingga menurunkan performa tajuk.



Gambar 5. Biomassa kering organ akar, batang dan daun pada fase vegetatif akhir kacang hijau setelah perlakuan aplikasi pembenah tanah dan cekaman kekeringan. Huruf berbeda pada histogram dengan warna yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara rerata data. Data adalah mean $\pm$ SE (n = 5).

Biomassa Tanaman

Hasil pengukuran biomassa tanaman, yang meliputi berat kering akar, batang, dan daun, menunjukkan bahwa aplikasi asam humat memberikan peningkatan yang signifikan dibandingkan kontrol (Gambar 5). Berat kering total tertinggi pada pasir - asam humat 80% KL. Peningkatan biomassa ini mencerminkan pertumbuhan tanaman yang lebih optimal pada perlakuan tersebut. Sebaliknya, perlakuan kompos pada kondisi cekaman kekeringan menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan kontrol pada

sebagian besar parameter biomassa, khususnya 80% KL, menghasilkan biomassa terendah.

Akumulasi biomassa merupakan hasil akhir dari integrasi penyerapan air, serapan hara, kapasitas fotosintesis, dan efisiensi translokasi asimilat. Ketika asam humat memperbaiki fungsi akar, nodulasi, dan kandungan klorofil, pembentukan biomassa juga meningkat. Bukti dari tanaman jagung dan sorgum menunjukkan bahwa humic acid dapat mereduksi dampak kekeringan pada pertumbuhan dan hasil melalui perbaikan sifat morfofisiologis serta efisiensi penggunaan air (Abu-Ria et al., 2024)

Sebaliknya, rendahnya biomassa pada kompos 80% KL memperlihatkan adanya ketidakseimbangan antara kelembapan media dan aerasi. Dalam kondisi demikian, pembelahan sel, respirasi akar, dan suplai fotosintat ke organ vegetatif dapat terganggu. Biomassa rendah pada perlakuan kompos bukan berarti kompos selalu tidak efektif, melainkan pada sistem tanah pasir–kacang hijau–cekaman air yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan respons kompos tidak seoptimal asam humat. Untuk tujuan peningkatan biomassa vegetatif kacang hijau di tanah pasir, strategi pembenahan sebaiknya diarahkan pada bahan yang tidak hanya memperbaiki sifat fisik tanah, tetapi juga berfungsi sebagai biostimulan fisiologis.

Interaksi Perlakuan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara aplikasi asam humat dan cekaman kekeringan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya pada hampir semua parameter yaitu: status air tanaman (RWC), jumlah bintil akar, kandungan pigmen fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif. Sebaliknya, interaksi antara aplikasi kompos dan cekaman kekeringan menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan kontrol dan asam humat pada hampir semua parameter, kecuali pada kadar air tanah.

Interaksi antara jenis pembenah tanah dan tingkat cekaman kekeringan menunjukkan bahwa asam humat memberikan hasil terbaik pada sebagian besar parameter, sedangkan kompos menunjukkan respons yang kurang konsisten meskipun meningkatkan kadar air tanah. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan pembenah tanah sangat bergantung pada interaksi antara sifat bahan, kondisi tanah, dan respons fisiologis tanaman.

Asam humat lebih unggul karena mampu bekerja pada dua level sekaligus, yaitu memperbaiki sifat tanah dan meningkatkan respon fisiologis tanaman terhadap cekaman kekeringan (Nabi et al., 2025). Hasil ini mendukung penggunaan asam humat sebagai opsi lebih prospektif untuk budidaya kacang hijau di tanah pasir dengan ketersediaan air terbatas, sementara

kompos perlu dioptimalkan lagi dosis, bentuk aplikasi, atau kombinasinya agar tidak menimbulkan hambatan aerasi.

KESIMPULAN

Aplikasi pembenah tanah menunjukkan pengaruh berbeda terhadap pertumbuhan vegetatif kacang hijau pada tanah pasir di bawah cekaman kekeringan. Asam humat lebih efektif dibandingkan kompos dalam meningkatkan panjang akar, jumlah bintil akar, pertumbuhan tajuk, kandungan klorofil, dan biomassa tanaman. Tingkat cekaman kekeringan juga mempengaruhi respon tanaman, di mana kondisi 80% kapasitas lapang memberikan pertumbuhan lebih optimal dibandingkan 50%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas dukungan dana dari Sumber Dana selain APBN Fakultas Sains dan Matematika UNDIP Tahun Anggaran 2019, Nomor: 4890/UN7.5.8/PP/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Alla, M. H., Al-Amri, S. M., & El-Enany, A. W. E. (2023). Enhancing rhizobium–legume symbiosis and reducing nitrogen fertilizer use are potential options for mitigating climate change. *Agriculture*, 13(11), 2092. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112092>
- Abu-Ria, M. E., Elghareeb, E. M., Shukry, W. M., Abo-Hamed, S. A., & Ibraheem, F. (2024). Mitigation of drought stress in maize and sorghum by humic acid: differential growth and physiological responses. *BMC Plant Biology*, 24(1), 514. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05184-4>
- Amanah, DM, & Putra, SM (2018). Pengaruh biostimulan terhadap toleransi kekeringan dan pertumbuhan tanaman tebu varietas Kidang Kencana di rumah kaca. *Menara Hortikultura*, 86 (1), 46-55.
- Ansari, W. A., Atri, N., Pandey, M., Singh, A. K., Singh, B., & Pandey, S. (2019). Influence of drought stress on morphological, physiological and biochemical attributes of plants: A review. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 16(4): 697-709.

- Aslam, M. U. H. A. M. M. A. D., Maqbool, M. A., Zaman, Q. U., Latif, M. Z., & Ahmad, R. M. (2013). Responses of mungbean genotypes to drought stress at early growth stages. *Int. J. Basic Appl. Sci*, 13(5): 22-27.
- Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1(1), 3.
- 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(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40538-024-00575-z>
- Duary, S. (2020). Humic acid-a critical review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(10), 2236-2241.
- Elisabeth, D. A. A., Sutrisno, S., Riyanto, S. A., Kuntastyuti, H., & Rozi, F. (2021). Kemampuan Daya Saing Kacang Hijau di Tingkat Usahatani pada Lahan Salin (Studi Kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban). *Buletin Palawija*, 19(2): 93-102.
- El-Kinany, R., Salama, Y., Rozan, M., Bayom, H., & Nassar, A. (2020). Impacts of Humic Acid, Indole Butyric Acid (IBA) and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus mosseae*) as Growth Promoters on Yield and Phytochemical Characteristics of Hibiscus Sabdariffa (Roselle). *Alexandria Science Exchange Journal*, 41(1), 29-41. <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2020.73036>
- Głab, T., Gondek, K., & Mierzwa-Hersztek, M. (2025). Enhancing Soil Physical Quality with Compost Amendments: Effects of Particle Size and Additives. *Agronomy*, 15(2), 458. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020458>
- Guo, Y., Zhang, S., Ai, J., Zhang, P., Yao, H., Liu, Y., & Zhang, X. (2023). Transcriptomic and biochemical analyses of drought response mechanism in mung bean (*Vignaradiata* (L.) Wilczek) leaves. *Plos one*, 18(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285400>
- Hastuti, P. B., Rahayu, E., & Pratama, M. A. (2017). Pemanfaatan kompos sampah kota pada pertumbuhan dan hasil tanaman sawi sendok di tanah regosol. *AGROISTA: Jurnal Agroteknologi*, 1(2).
- Hatami, H. (2017). The effect of zinc and humic acid applications on yield and yield components of sunflower in drought stress. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 4.
- Herawati, A., Mujiyo, Syamsiyah, J., Baldan, S. K., & Arifin, I. (2021, April). Application of soil amendments as a strategy for water holding capacity in sandy soils. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 724, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
- Jie Z. Y., Yue, Y., Ping, F. X., Jie, Y., Yan, Z. S., Shan, X., Zheng T., Fang, L.Z. & Bao, L. S. (2016). Responses of soil microbial respiration to plantations depend on soil properties in subtropical China. *Journal of Integrative Agriculture*, 2016, 15(6), 1376–1384. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(15\)61222-9](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(15)61222-9)
- Kandil, A. A., Sharief, A. E. M., Seadh, S. E., & Altai, D. S. K. (2016). Role of humic acid and amino acids in limiting loss of nitrogen fertilizer and increasing productivity of some wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci*, 3(4), 123-136.
- Maji, D., Misra, P., Singh, S., & Kalra, A. (2017). Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. *Applied soil ecology*, 110, 97–108.
- Moonmoon, S., Fakir, M., & Islam, M. (2017). Effect of drought stress on grain dry weight, photosynthesis, and chlorophyll in six rice genotypes. *Sch. J. Agric. Vet. Sci*, 4(1), 13-17.
- Musei, S. K., Kuyah, S., Nyawira, S., Ng'ang'a, S. K., Karugu, W. N., Smucker, A., & Nkurunziza, L. (2024). Sandy soil reclamation technologies to improve crop productivity and soil health: a review. *Frontiers in soil science*, 4, 1345895. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2024.1345895>
- Nabi, F., Sarfaraz, A., Kama, R., Kanwal, R., & Li, H. (2025). Structure-based function of humic acid in abiotic stress alleviation in plants: a review. *Plants*, 14(13), 1916.
- Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, 26(8), 2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
- Noor, R. S., Hussain, F., Abbas, I., Umair, M., & Sun, Y. (2023). Effect of compost and chemical fertilizer application on soil

- physical properties and productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.
- Purwanto, P., Wijonarko, B. R., & Tarjoko, T. (2019). Perubahan karakter biokimia dan fisiologi tanaman kacang hijau pada berbagai kondisi cekaman kekeringan. *Kultivasi*, 18(1): 827-836.
- Rashtbari, M., Hossein Ali, A., & Ghorchiani, M. (2020). Effect of vermicompost and municipal solid waste compost on growth and yield of canola under drought stress conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(17): 2215-2222.
- Rasyid, R., Siswoyo, S., & Azhar, A. (2020). Penggunaan Asam Humat untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kangkung Darat di Kecamatan Ciamis. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(3): 171-186.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., ... & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, 10(2): 259.
- Silalahi, Y. H., & Karyawati, A. S. (2020). Pengaruh pemberian pupuk urea dan pupuk kompos organik pada pertumbuhan dan hasil jagung manis (*Zea mays saccharata* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(3): 345-352.
- Tabrizian, S. T., Hajilou, J., Bolandnazar, S., & Dehghan, G. (2022). Silicon Improves Strawberry Ability to Cope with Water Deficit Stress. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 9(2): 213-226.
- Toscano, S., Ferrante, A., & Romano, D. (2019). Response of Mediterranean ornamental plants to drought stress. *Horticulturae*, 5(1): 6.
- Wijayanto, T., Ginting, C., Boer, D., & Afu, W. O. (2014). Ketahanan Sumberdaya Genetik Jagung Sulawesi Tenggara Terhadap Cekaman Kekeringan Pada Berbagai Fase Vegetatif. *Jurnal Agroteknos*, 4(2): 101-106.
- Wu, H., Lei, X., Chen, X., Shen, J., Wang, X., & Ma, T. (2024). Study on Effect of Particle Size Distribution on Water-Retention Capacity of Coral Sand from Macro and Micro Perspective. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(2): 341.
- Yu, X., Shi, P., Schrader, J., & Niklas, K. J. (2020). Nondestructive Estimation of Leaf Area for 15 Species of Vines with Different Leaf Shapes. *American Journal of Botany*, 107(11): 1481-1490.
- Zhang Y., Chen X., Geng S., & Zhang X. (2025). A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive strategies. *Front. Plant Sci.* 16:1545912. doi: 10.3389/fpls.2025.1545912