

RESPON BAWANG MERAH (*ALLIUM CEPA* L.) VARIETAS TAJUK TERHADAP PEMBERIAN SUPLEMEN PUPUK ORGANIK CAIR BERTEKNOLOGI NANO DAN KASCING

Nina Dwi Lestari^{1*}, Tri Agung Setiawan¹, Ieke Wulan Ayu², Yulia Nuraini¹

¹Departemen Tanah, Fakultas Bio-Industri Pertanian dan Kehutanan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Samawa, Sumbawa Besar, NTB, Indonesia

Penulis Korespondensi: nd.lestari@ub.ac.id

Article Info	Abstrak
Article History <i>Received: 18 Juni 2026</i> <i>Revised: 22 Juni 2026</i> <i>Published: 30 Juni 2026</i>	Salah satu kendala dalam produksi bawang merah varietas tajuk pada penelitian ini yakni ketidaksesuaian sifat alami tekstur tanah yang sedikit kandungan liatnya, dan masalah pada ketersediaan dan serapan hara oleh tanaman khususnya Nitrogen. Penambahan Kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpotensi meningkatkan produksi tanaman sekaligus mendukung aktivitas mikroorganisme penambat Nitrogen dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah varietas Tajuk. Penelitian dilakukan pada Oktober 2025 - Maret 2026 di Desa Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan enam perlakuan dan empat ulangan. Dosis pupuk yang diberikan terdiri dari 10 t ha ⁻¹ kascing, 4000 L ha ⁻¹ pupuk organik cair berteknologi Nano, 200 kg ha ⁻¹ SP-36, 250 kg ha ⁻¹ urea, 250 kg ha ⁻¹ ZA, dan 160 kg ha ⁻¹ KCl. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, <i>length root volume</i> , <i>dry root volume</i> , jumlah umbi, berat kering umbi, dan serapan nitrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kascing, pupuk organik cair berteknologi nano, dan pupuk anorganik sesuai dosis (P5) memberikan hasil terbaik terhadap peningkatan rerata tinggi tanaman hingga 30,8 cm; rerata jumlah daun 29,8 helai; <i>length root volume</i> 0,855 cm cm ⁻³ ; <i>dry root volume</i> 0,001 g cm ⁻³ ; jumlah umbi 1245 buah m ⁻² , berat kering umbi 3.11 kg m ⁻² ; dan rerata serapan nitrogen 0,95 g tanaman ⁻¹ . Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi kascing, pupuk organik cair berteknologi nano sebagai suplemen penggunaan pupuk anorganik dapat menjadi strategi pemupukan yang efektif pada upaya peningkatan produksi bawang merah Varietas Tajuk di Inceptisol- berlempung, Batu-Malang.
Keywords <i>Bawang Merah;</i> <i>Kascing;</i> <i>Produksi;</i> <i>Pupuk Organik Cair</i> <i>Teknologi Nano;</i> <i>Inceptisol Berlempung;</i>	

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi tanaman secara berkelanjutan menjadi tantangan utama dalam sistem pertanian modern. Salah satu faktor yang memengaruhi produksi tanaman yaitu pemupukan. Pemupukan merupakan aspek penting dalam budidaya tanaman, karena membantu memenuhi kebutuhan hara yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman secara optimal. Pupuk anorganik masih menjadi pilihan utama para petani karena sifatnya yang praktis dan kandungan hara spesifik, namun penggunaan secara terus-menerus tanpa mengikuti prinsip pemupukan yang seimbang dapat menyebabkan penurunan kualitas lahan dari aspek fisik, kimia, dan biologis (Purbosari *et al.*, 2021). Penurunan kesuburan tanah ini menjadi tantangan serius terhadap keberlanjutan pertanian, sehingga diperlukan pendekatan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Kascing dari hasil vermikultur *African Night Crawler* (tipe cacing penggali tanah dari grup fungsional Anesik) oleh petani organik lokal, menjadi salah satu alternatif materi pengkaya pupuk yang mampu memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan populasi mikroorganisme tanah khususnya bakteri penambat Nitrogen. Selain mengandung unsur hara makro dan mikro, kascing juga membawa hormon pertumbuhan seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang mendukung pertumbuhan tanaman (Lidar *et al.*, 2021). Sumber bahan organik dan mikroorganisme dalam kascing memberikan lingkungan yang kondusif bagi aktivitas bakteri penambat Nitrogen, yang berperan penting dalam membantu penyediaan Nitrogen bagi tanaman.

Selain pupuk padat seperti kascing, pupuk organik cair menjadi pilihan praktis yang semakin populer di kalangan petani. Keunggulan pupuk organik cair meliputi kemudahan aplikasi, kecepatan penyerapan, serta kandungan unsur hara dan mikroorganisme aktif (Zuhra dan Pratiwi, 2024). Seiring kemajuan teknologi, pemanfaatan nanoteknologi dalam formulasi pupuk organik cair menjadi inovasi potensial. Partikel berukuran nano memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga mempercepat penyerapan nutrisi oleh tanaman dan meningkatkan efisiensi pemupukan (Rusly dan Rahman, 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pupuk nano mampu menyediakan hara dalam jumlah kecil namun sangat efektif dalam peningkatan serapan hara, mempercepat pertumbuhan pada fase vegetatif, dan meningkatkan kualitas hasil tanaman.

Salah satu unsur hara esensial yang sangat dibutuhkan tanaman adalah Nitrogen. Nitrogen memiliki peran esensial yang tidak dapat digantikan dalam sistem metabolisme tanaman karena berkontribusi dalam sintesis klorofil, protein, serta berbagai senyawa penting lainnya (Yudita *et al.*, 2020). Ketersediaan Nitrogen pada Bawang Merah sangat menentukan pertumbuhan daun dan perkembangan umbi. Efisiensi pemanfaatan Nitrogen dari pupuk anorganik tergolong rendah, disebabkan oleh tingginya potensi kehilangan melalui proses pencucian dan fiksasi di dalam tanah. Kondisi tersebut menuntut adanya pendekatan alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam pengelolaan serapan Nitrogen oleh Bawang Merah.

Bawang merah merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang terus mengalami peningkatan permintaan seiring pertumbuhan penduduk dan konsumsi rumah tangga. Produksi bawang merah mengalami penurunan dari 2.004.590 ton/ha pada tahun 2021 menjadi 1.985.233 ton/ha pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistika, 2024). Penurunan ini disebabkan oleh penurunan kesuburan tanah akibat pemupukan yang tidak berimbang. Oleh karena itu, pengkayaan pemupukan melalui pemberian suplemen pupuk kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano diharapkan mampu mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi bawang merah secara berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas pemberian suplemen pupuk organik cair berteknologi nano dan kascing terhadap produksi bawang merah varietas Tajuk, sebagai bentuk inovasi pemupukan yang lebih ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 hingga Maret 2026 di lahan pertanian Desa Junrejo, Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Alat yang digunakan meliputi peralatan lapangan (cangkul, sekop, ember, timbangan digital, meteran), alat sonikasi (chamber sonikator, botol kaca, *Particle Size Analyzer*), serta alat laboratorium seperti pH meter, timbangan analitik, labu Kjeldahl, destilator, autoklaf, dan LAF. Bahan yang digunakan terdiri dari benih bawang merah varietas Tajuk, kascing, pupuk organik cair (POC) Bio7, serta pupuk anorganik (SP-36, urea, ZA, dan KCl). Analisis laboratorium menggunakan bahan kimia seperti $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , H_3PO_4 , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, NaOH, dan H_3BO_3 . Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) sederhana dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan (Tabel 1).

Tabel 1. Skenario Rancangan Penelitian

Kode	Perlakuan	Dosis Aplikasi	Waktu Aplikasi (MST=Minggu setelah Tanam)
P0	Tanpa pupuk	-	-
P1	Kascing	10 ton ha ⁻¹	7 hari sebelum tanam
P2	POC nano	4000 L ha ⁻¹	1-5 MST
P3	SP-36, Urea, ZA, dan KCl	SP-36 200 kg ha ⁻¹ , Urea 250 kg ha ⁻¹ , ZA 250 kg ha ⁻¹ , dan KCl 160 kg ha ⁻¹	3 hari sebelum tanam, 2 dan 5 MST
P4	Kascing + POC nano	Kascing 10 ton ha ⁻¹ , POC nano 4000 L ha ⁻¹	7 hari sebelum tanam dan 1-5 MST
P5	Kascing + POC nano + SP-36, Urea, ZA, dan KCl	Kascing 10 ton ha ⁻¹ , POC nano 4000 L ha ⁻¹ , SP-36 200 kg ha ⁻¹ , Urea 250 kg ha ⁻¹ , ZA 250 kg ha ⁻¹ , dan KCl 160 kg ha ⁻¹	7 hari sebelum tanam, 1-5 MST, 3 hari sebelum tanam, 2 dan 5 MST

Prosedur penelitian meliputi sampel tanah diambil secara komposit menggunakan metode diagonal pada kedalaman 0–20 cm. Sampel yang diperoleh kemudian dikeringanginkan, diayak menggunakan saringan berukuran 2 mm, dan dianalisis untuk menentukan status hara awal di laboratorium. Ukuran partikel zat terlarut dalam pupuk organik cair berteknologi nano dianalisis menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) guna memastikan bahwa partikel berada dalam skala nano. Pengolahan tanah dilakukan dengan pencangkulan dan pembentukan bedengan sesuai standar budidaya hortikultura. Penanaman benih bawang merah dengan jarak tanam 10 cm × 10 cm. Pemupukan diaplikasikan berdasarkan perlakuan yang telah ditentukan, dengan waktu dan metode aplikasi sesuai rancangan percobaan. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman rutin, penyiangan gulma, dan pengendalian hama secara mekanis tanpa pestisida. Pengamatan terhadap parameter pertumbuhan dan produksi dilakukan sejak minggu ke-2 hingga minggu ke-8 setelah tanam. Tanaman sampel akhir di ambil saat umur 8 MST untuk keperluan analisis laboratorium.

Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, *length root volume*, *dry root volume*, jumlah umbi, berat kering umbi, dan serapan nitrogen. Data hasil pengamatan dianalisis ragam (ANOVA) taraf 5%. Uji lanjut menggunakan Duncan' s Multiple Range Test (DMRT), dan dilanjutkan uji korelasi- regresi. Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan R-Studio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman menjadi variabel penting untuk mengevaluasi respon awal tanaman terhadap ketersediaan unsur hara selama fase vegetatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman mulai dari 2-8 MST. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 2. Rata-rata Pertumbuhan Bawang Merah umur 2-8 MST

Kode	Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (cm)	Rerata Jumlah Daun (helai)
P0	Tanpa pupuk	19,38 a	22,33 c
P1	Kascing	26,36 ab	24,56 bc
P2	POC berteknologi	26,33 bc	27,16 ab
P3	SP-36, Urea, ZA, dan KCl	22,63 ab	26,10 ab
P4	Kascing + POC berteknologi nano	26,81 ab	28,07 ab
P5	Kascing + POC berteknologi nano + SP-36, Urea, ZA, dan KCl	30,8 a	29,8 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji lanjut DMRT taraf 5%

Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara pupuk organik dan anorganik mampu menyediakan unsur hara secara lebih seimbang dan berkelanjutan, terutama nitrogen, yang memiliki peran penting dalam merangsang pertumbuhan organ vegetatif seperti daun, batang, dan akar (Nuraeni *et al.*, 2019). Kascing yang digunakan mengandung nitrogen sebesar 1,08% serta C-organik 9,53%. Kandungan nitrogen mendukung pembentukan sel baru dan pertumbuhan awal tanaman, sedangkan C-organik berperan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang mendukung dinamika hara (Cholisoh *et al.*, 2023). Pupuk organik cair berteknologi nano juga mengandung *Azospirillum sp.*, yaitu bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik yang dapat mengubah nitrogen bebas (N_2) menjadi amonium (NH_4^+) melalui enzim nitrogenase serta menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, sitokinin, dan giberelin (Wahyuni dan Parmila, 2019). Keberadaan bakteri ini meningkatkan ketersediaan nitrogen dalam tanah serta merangsang pertumbuhan tanaman secara fisiologis. Peningkatan tinggi tanaman juga didukung oleh aplikasi pupuk anorganik yang menyediakan nitrogen dalam bentuk yang cepat tersedia.

Saptorini *et al.* (2019), menyatakan bahwa Nitrogen dari pupuk anorganik mampu mempercepat pertumbuhan vegetatif tanaman karena unsur hara dapat tersedia dengan cepat.

Jumlah Daun

Jumlah daun berperan penting dalam pertumbuhan tanaman karena berpengaruh dalam fotosintesis. Semakin banyak daun, fotosintesis berlangsung lebih optimal sehingga mendukung pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap jumlah daun mulai dari 2-8 MST. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan jumlah daun yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Peningkatan jumlah daun pada perlakuan tersebut berkaitan dengan ketersediaan nitrogen dan senyawa biologis aktif yang berasal dari kascing serta efisiensi penyerapan hara dari POC berukuran nano. Kascing mengandung unsur hara makro seperti nitrogen serta senyawa bioaktif yang dapat merangsang aktivitas mikroorganisme tanah secara alami. Nitrogen dalam kascing berperan dalam pembentukan klorofil yang mendukung proses fotosintesis, sehingga secara langsung mendorong pembentukan dan perkembangan daun (Sitorus, 2021). Ukuran partikel nano memungkinkan penyerapan nutrisi oleh tanaman menjadi lebih efisien karena luas permukaan kontak yang lebih besar (Hayati *et al.*, 2021). Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi serapan hara, tetapi juga mempercepat pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman selama fase vegetatif.

Selain mengandung nitrogen sebesar 3,5%, POC yang digunakan juga mengandung mikroorganisme fungsional seperti *Azospirillum* sp. Bakteri ini memiliki kemampuan menambat nitrogen dari udara dan mengubahnya menjadi bentuk tersedia bagi tanaman. Selain itu, *Azospirillum* sp. juga mampu menghasilkan senyawa pengatur tumbuh seperti auksin, IAA (*Indole Acetic Acid*), dan giberelin yang mendukung perkembangan akar lateral serta meningkatkan panjang dan kepadatan rambut akar. Kondisi tersebut mendorong peningkatan efisiensi penyerapan hara, sehingga mendukung pertumbuhan daun (Firmansyah *et al.*, 2015). Pupuk anorganik seperti urea dan ZA yang digunakan dalam perlakuan P5 juga berkontribusi terhadap peningkatan jumlah daun karena kandungan nitrogen yang mudah diserap, sehingga mempercepat pembentukan klorofil, pembelahan sel, dan pertumbuhan daun (Saptorini *et al.*, 2019).

Karakter panjang akar Bawang Merah: *Lenght Root Volume (LRV)*

Pengukuran LRV (*length root volume*) bertujuan untuk mengidentifikasi panjang per satuan volume tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap *length root volume*. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan *length root volume* yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 3. Rata-rata *Lenght Root Volume* dan *Dry Root Volume* Tanaman Bawang Merah

Kode	Perlakuan	LRV (cm cm ⁻³)	DRV (g cm ⁻³)
------	-----------	----------------------------	---------------------------

		³⁾	³⁾
P0	Tanpa pupuk	0,533 d	0,00040 b
P1	Kascing	0,540 cd	0,00041 b
P2	POC berteknologi nano	0,690 bc	0,00047ab
P3	SP-36, Urea, ZA, dan KCl	0,624 bcd	0,00071 ab
P4	Kascing + POC berteknologi nano	0,702 b	0,00073 ab
P5	Kascing + POC berteknologi nano + SP-36, Urea, ZA, dan KCl	0,855 a	0,00111 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata, pada uji lanjut DMRT taraf 5%

Tingginya nilai *length root volume* (LRV) pada perlakuan P5 menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik dan anorganik mampu meningkatkan pertumbuhan sistem perakaran tanaman bawang merah secara sinergis. Kascing berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan ketersediaan nutrisi secara bertahap, sehingga menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangan akar. Penambahan kascing mampu memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan porositas, dan mempertahankan kelembapan, yang secara langsung berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan akar (Lidar *et al.*, 2021). Masukan unsur hara dari pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik juga berperan penting dalam perkembangan akar. Pupuk organik cair berteknologi nano berkontribusi dalam mempercepat penyerapan unsur hara, karena partikel berukuran nano memiliki luas permukaan lebih besar dan dapat menembus jaringan tanaman dengan lebih efisien. Ariningsih (2016) menyatakan bahwa pupuk berteknologi nano dapat meningkatkan efisiensi penyerapan hara serta mengurangi risiko toksisitas akibat pemberian pupuk yang berlebihan.

Pupuk organik cair berteknologi nano yang digunakan juga mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta mikroorganisme fungsional seperti *Azospirillum* sp. dan *Bacillus* sp. Amaliya (2023), menyatakan bahwa kedua bakteri ini berperan dalam fiksasi Nitrogen dan pelarutan Fosfat, sehingga meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Ketersediaan Nitrogen dan Fosfat sangat penting dalam merangsang pembentukan bulu akar dan perluasan sistem perakaran. Hasibuan dan Ansuruddin (2018) menyatakan bahwa nitrogen dan fosfat secara sinergis meningkatkan pembentukan akar lateral serta efisiensi penyerapan air dan hara. Dengan demikian, peningkatan LRV pada perlakuan kascing, pupuk organik cair dan anorganik (P5) menunjukkan efektivitas penggunaan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano dalam mendukung pertumbuhan sistem perakaran dan meningkatkan kapasitas serapan tanaman terhadap hara esensial.

Karakter Perakaran Bawang Merah: *Dry Root Volume* (DRV)

Pengukuran *dry root volume* bertujuan untuk menentukan berat kering akar tanaman per satuan volume tanah setelah dilakukan pemisahan dan pengeringan akar. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap *dry root volume*. Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan *dry root volume* yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Peningkatan nilai *dry root volume* menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan memberikan dampak positif dalam mendukung perkembangan sistem perakaran.

Pemberian kascing diketahui mampu memperbaiki sifat fisik tanah, seperti meningkatkan agregasi, porositas, serta menurunkan kepadatan tanah. Kondisi ini mendukung penetrasi dan ekspansi akar yang lebih optimal (Sulistiowati *et al.*, 2020). Tanah dengan porositas tinggi memungkinkan akar tumbuh lebih dalam dan bercabang lebih luas, sehingga memperluas area eksplorasi nutrisi dan meningkatkan biomassa akar (Hudek *et al.*, 2022). Selain itu, kandungan bahan organik dalam kascing juga meningkatkan retensi air dan menjaga kelembaban tanah di sekitar zona perakaran, yang turut mendukung pertumbuhan akar. Pupuk organik cair berteknologi nano berperan dalam meningkatkan ketersediaan hara melalui partikel berukuran mikro yang mudah diserap oleh tanaman. Peningkatan berat kering akar berkaitan dengan efisiensi fotosintesis dan distribusi karbohidrat ke jaringan akar (Sopiana dan Hermanto, 2023).

Pupuk organik cair yang digunakan dalam penelitian ini mengandung nitrogen sebesar 3,5% dan bakteri *Azospirillum* sp., yang diketahui menghasilkan auksin. Hormon ini berperan dalam merangsang pertumbuhan akar lateral dan rambut akar, sehingga memperluas daya jangkau sistem perakaran dalam menyerap hara dan air (Fauza, 2018). Kontribusi pupuk anorganik dalam perlakuan P5 juga tidak terlepas dari perannya sebagai sumber hara esensial yang tersedia dalam bentuk langsung diserap oleh tanaman. Kandungan fosfor dalam pupuk SP-36 merupakan unsur penting dalam pembelahan dan pemanjangan sel akar serta pembentukan sistem perakaran yang kuat dan bercabang (Suwardi *et al.*, 2021). Sistem akar yang berkembang dengan baik akan meningkatkan efisiensi penyerapan air dan hara, serta mendukung peningkatan biomassa akar (Edy dan Ibrahim, 2022).

Jumlah Umbi

Jumlah umbi merupakan salah satu indikator keberhasilan dalam budidaya bawang merah. Semakin banyak umbi yang terbentuk, semakin tinggi hasil panen yang didapatkan, sehingga meningkatkan penghasilan para petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi. Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan jumlah umbi yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 4. Rata-rata Produksi Umbi Bawang Merah

Kode	Perlakuan	Jumlah Umbi (buah m ⁻²)	Berat Kering Umbi (g m ⁻²)
P0	Tanpa pupuk	860 c	1591,25 b
P1	Kascing	982,5 bc	1956,25 ab

P2	POC berteknologi nano	1155 ab	2657,25 ab
P3	SP-36, Urea, ZA, dan KCl	1077,5 ab	2535,75 ab
P4	Kascing + POC berteknologi nano	1160 ab	2764,00 ab
P5	Kascing + POC berteknologi nano + SP-36, Urea, ZA, dan KCl	1245 a	3110,75 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji lanjut DMRT taraf 5%

Peningkatan jumlah umbi pada perlakuan P5 berkaitan dengan kontribusi kascing sebagai sumber bahan organik yang mengandung unsur hara makro dan mikro, serta hormon pertumbuhan seperti auksin dan giberelin. Kascing mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen dalam tanah, yang selanjutnya meningkatkan kadar klorofil daun. Kenaikan kadar klorofil berpengaruh terhadap peningkatan laju fotosintesis dan produksi fotosintat. Fotosintat yang melimpah akan ditranslokasikan menuju organ penyimpanan, seperti umbi, sehingga mendukung pembentukan umbi (Ansyar *et al.*, 2017). Pemberian pupuk organik cair berteknologi nano juga mendukung penyerapan unsur hara.

Ukuran partikel nano memungkinkan penetrasi hara ke dalam jaringan tanaman berlangsung lebih efisien, sehingga merangsang proses fisiologis tanaman seperti pembelahan sel dan pembentukan organ penyimpanan (Madzokere *et al.*, 2021). Selain itu, pupuk organik cair berteknologi nano yang digunakan mengandung bakteri fungsional seperti *Azospirillum* sp. dan *Bacillus* sp. yang berperan dalam peningkatan ketersediaan nitrogen dan fosfor. *Azospirillum* sp. mampu memfiksasi nitrogen bebas (N_2) menjadi amonium (NH_4^+) melalui enzim nitrogenase, sedangkan *Bacillus* sp. menghasilkan enzim fosfatase yang melarutkan fosfat terikat, sehingga lebih tersedia bagi tanaman (Marlina *et al.*, 2018). Fosfor yang tersedia dalam jumlah memadai sangat penting untuk mendukung pembentukan umbi bawang merah (Firmansyah *et al.*, 2015). Pupuk anorganik juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan jumlah umbi karena mengandung unsur hara dalam bentuk yang mudah larut dan cepat tersedia bagi tanaman, terutama nitrogen. Anggraeni *et al.* (2018), menyatakan bahwa nitrogen berperan penting dalam pembentukan asam amino dan protein yang diperlukan dalam pertumbuhan jaringan dan pengembangan organ penyimpanan.

Hasil panen atau Produksi Bawang Merah: Berat Kering Umbi

Berat kering menunjukkan jumlah umbi yang tersisa setelah kehilangan kandungan air, dan menjadi indikator penting dalam menilai kualitas hasil panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap berat kering umbi. Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan berat kering umbi yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Tingginya berat kering umbi pada perlakuan P5 berkaitan dengan optimalnya ketersediaan hara yang menunjang pertumbuhan vegetatif dan perkembangan sistem perakaran.

Pemberian kascing dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kandungan bahan organik serta populasi mikroorganisme yang berperan dalam mineralisasi nitrogen. Nitrogen hasil dekomposisi ini penting dalam sintesis protein dan pembentukan biomassa tanaman (Bachtiar *et al.*, 2020). Penelitian oleh Ansyar *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik dapat meningkatkan berat kering tanaman melalui stimulasi pertumbuhan akar yang mempercepat penyerapan unsur hara. Pupuk organik cair berteknologi nano yang digunakan mengandung unsur nitrogen, fosfor, dan kalium yang berperan penting dalam pertumbuhan dan pembentukan umbi.

Ukuran partikel nano mempercepat serapan unsur hara ke dalam jaringan tanaman, sehingga meningkatkan aktivitas fisiologis seperti pembelahan sel, pembentukan jaringan, serta sintesis senyawa metabolit penting. Kandungan nitrogen berfungsi dalam pembentukan jaringan daun dan batang pada fase vegetatif, sementara fosfor dan kalium diperlukan saat fase generatif untuk mendukung pembelahan sel dan akumulasi karbohidrat dalam umbi (Amir *et al.*, 2021). Pupuk anorganik yang diaplikasikan (urea, SP-36, ZA, dan KCl) juga menyediakan nitrogen dan kalium dalam bentuk yang mudah diserap, yang mendukung pertumbuhan organ vegetatif serta pembentukan umbi. Maranggi *et al.* (2020), menyatakan bahwa bobot kering tanaman meningkat seiring dengan meningkatnya ketersediaan nitrogen di dalam tanah, karena nitrogen merangsang pembentukan klorofil, protein, dan jaringan vegetatif lainnya.

Serapan Nitrogen Bawang Merah

Analisis serapan bertujuan untuk mengetahui kandungan nitrogen yang diserap oleh tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap serapan nitrogen. Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4 dan P5) menghasilkan serapan nitrogen yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 5. Rata-rata Serapan Nitrogen

Kode	Perlakuan	Serapan Nitrogen (g tanaman ⁻¹)
P0	Tanpa pupuk	0,3945 b
P1	Kascing	0,5713 ab
P2	POC berteknologi nano	0,7147 ab
P3	SP-36, Urea, ZA, dan KCl	0,6985 ab
P4	Kascing + POC berteknologi nano	0,9571 a
P5	Kascing + POC berteknologi nano + SP-36, Urea, ZA, dan KCl	0,9526 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata menurut uji lanjut lanjut DMRT taraf 5%

Peningkatan serapan nitrogen pada perlakuan P4 dipengaruhi oleh pengaplikasian kascing dan pupuk organik cair yang mendukung aktivitas perakaran dan penyerapan hara. Kascing

mengandung C-organik sebesar 9,53% dan nitrogen 1,08%, serta berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui pembentukan agregat yang stabil (Hartatik *et al.*, 2015). Tanah menjadi lebih gembur, sehingga pertumbuhan akar dan penyerapan hara berlangsung lebih optimal. Ansyar *et al.* (2017), menyatakan bahwa kascing berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah, termasuk bakteri penambat nitrogen, yang mendukung fiksasi nitrogen secara hayati.

Pupuk organik cair berteknologi nano yang digunakan mengandung nitrogen sebesar 3,5% dan bakteri penambat nitrogen, seperti *Azospirillum* sp., sebesar $7,6 \times 10^7$ CFU ml⁻¹. Bakteri ini berperan dalam mengubah nitrogen atmosfer (N₂) menjadi bentuk anorganik yang dapat diserap tanaman. Ukuran partikel nano dalam pupuk memungkinkan peningkatan luas permukaan kontak antara pupuk dan sistem perakaran, serta mempercepat penetrasi hara ke jaringan tanaman, sehingga efisiensi penyerapan nutrisi meningkat (Madzokere *et al.*, 2021). Selain meningkatkan penyerapan hara, aplikasi pupuk organik cair berteknologi nano juga dapat memengaruhi pH tanah. Kandungan bahan organik dalam pupuk bertindak sebagai penyangga terhadap fluktuasi pH dan mampu menetralkan ion H⁺ bebas yang menyebabkan keasaman tanah. Senyawa humat dan fulvat dalam pupuk berperan dalam mengikat ion toksik seperti Al³⁺ dan Fe³⁺, sehingga memperbaiki kondisi kimia tanah dan meningkatkan ketersediaan nitrogen (Kaya *et al.*, 2022). Adnan *et al.* (2015) menambahkan, serapan nitrogen tertinggi umumnya terjadi pada fase vegetatif tanaman, khususnya saat pertumbuhan tunas dan pemanjangan batang, sebelum tanaman memasuki fase generatif yang lebih fokus pada akumulasi karbohidrat di organ penyimpanan.

KESIMPULAN

Kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4) berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi dan berat kering biomassa bawang merah. Namun, pemberian kascing, pupuk organik cair berteknologi nano, dan pupuk anorganik (P5) menunjukkan perlakuan terbaik pada jumlah umbi sebesar 7,33% dibandingkan perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano dan 44,77% lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol (tanpa pupuk). Pemberian kascing, pupuk organik cair berteknologi nano, dan pupuk anorganik (P5) menunjukkan perlakuan terbaik pada berat kering biomassa sebesar 20,61% dibandingkan perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano dan 116,17% lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol (tanpa pupuk).

Kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4) berpengaruh nyata terhadap serapan nitrogen. Pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano menunjukkan perlakuan terbaik pada serapan nitrogen sebesar 141,47% dibandingkan perlakuan kontrol (tanpa pupuk). Kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4) berpengaruh nyata terhadap ammonium tanah dan nitrat tanah. Namun, pemberian kascing, pupuk organik cair berteknologi nano, dan pupuk anorganik (P5) menunjukkan perlakuan terbaik pada ammonium tanah sebesar 10% dibandingkan perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano dan 72,55% lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol (tanpa pupuk). Pemberian kascing, pupuk organik cair

berteknologi nano, dan pupuk anorganik (P5) menunjukkan perlakuan terbaik pada kandungan Nitrat tanah sebesar 6,24% lebih besar dibandingkan perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano dan 85,47% lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol (tanpa pupuk). Kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4) berpengaruh nyata terhadap populasi bakteri penambat Nitrogen. Namun, pemberian kascing, pupuk organik cair berteknologi nano, dan pupuk anorganik (P5) menunjukkan perlakuan terbaik pada populasi bakteri penambat Nitrogen sebesar 3,35% dibandingkan perlakuan kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano dan 133,84% lebih baik dibandingkan perlakuan kontrol (tanpa pupuk).

Pemberian kascing dan pupuk organik cair berteknologi nano (P4) memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah varietas Tajuk serta serapan Nitrogen. Perlakuan kascing, pupuk organik cair berteknologi nano dan anorganik (P5) merupakan perlakuan terbaik. Pemberian Kascing dan Pupuk Organik Cair berteknologi nano sebagai suplemen pupuk anorganik sesuai rekomendasi (tepat dosis), mampu mengoptimalkan unsur hara, meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang merah. Pupuk organik menyediakan unsur hara dalam jangka panjang, sedangkan pupuk anorganik menyediakan hara secara cepat dan langsung tersedia bagi tanaman. Kombinasi tersebut menghasilkan peningkatan ketersediaan hara sehingga mampu mendukung pertumbuhan dan produksi Bawang Merah varietas Tajuk di Inceptisol berlempung Batu- Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliya, N. 2023. Karakterisasi Bakteri Pengikat Nitrogen dari Limbah Tahu dan Aplikasinya terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabe Merah (*Capsicum annum* L.) Disertasi. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Amir, N., I. Paridawati., Subandrio, & Mulya, A. 2021. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan Pemberian Pupuk Organik Cair dan Pupuk Kalium. *Jurnal Klorofil*, 16(1), 6-11.
- Anggraeni, M., Hastuti, D., & Rohmawati, I. 2019. Pengaruh Bobot Umbi dan Dosis Kombinasi Pupuk Anorganik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian Tirtayasa*, 1(1), 37-47. <https://dx.doi.org/10.33512/jipt.v1i1.6853>.
- Ansyar, I. A., Silvina, F., & Murniati, M. 2017. Pengaruh Pupuk Kascing dan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *JOM Faperta*, 4 (1), 1-13.
- Ariningsih, E. 2016. Prospek Penerapan Teknologi Nano dalam Pertanian dan Pengolahan Pangan Di Indonesia. *In Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(1), 1-20. <https://doi.org/10.21082/fae.v34n1.2016.1-20>
- Bachtiar, T., Robifahmi, N., Flatian, A. N., Slamet, S., & Citraresmini, A. 2020. Pengaruh dan Kontribusi Pupuk Kandang Terhadap N Total, Serapan N (15N), dan Hasil Padi Sawah (*Oryzae sativa* L.) Varietas Mira-1. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 21(1), 35-48. <https://doi.org/10.17146/jstni.2020.21.1.5779>

- Badan Pusat Statistik. 2024. Produksi Tanaman Sayuran, 2021-2023. <https://www.bps.go.id/id/statisticstable/2/NjEjMg==/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses pada 9 Oktober 2024 pada 15.16 WIB.
- Cholisoh, S. N., Ibrahim, A. M., Sari, P., & Yulianti, N. 2023. Sintesis dan Karakterisasi Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Produksi Tahu di Kota Cilegon dengan Penambahan Abu Sabut Kelapa, serta Aplikasinya pada Tanaman. *Jurnal Beta Kimia*, 3(2), 44-56.
- Edi., & Ibrahim, B. 2022. Efisiensi Penggunaan Pupuk Fosfor pada Tanaman Jagung dengan Aplikasi Ekstrak Pelarut Fosfat. *Jurnal Agrotek*, 6(1), 90-98. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v6i1.179>.
- Fauza, S. 2018. Pertumbuhan Tunas Tanaman Tin (*Ficus carica* L.) Akibat Perbedaan Media Tanam dan Aplikasi Bakteri Penambat N Non Simbiotik. *In Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2 (1), 285-287.
- Firmansyah, I., Lukman, L., Khaririyatun, N., & Yufdy, M. P. 2015. Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah dengan Aplikasi Pupuk Organik dan Pupuk Hayati pada Tanah Alluvial. *Jurnal Hortikultura*, 25(2), 133-141.
- Hartatik W., Husnain, dan Ladiyani R. Widowati. 2015. Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9 (2), 107-120. <https://doi.org/10.2018/jsdl.v9i2.6600>.
- Hasibuan, R. D. S., & Ansoruddin, N. S. 2018. Pengaruh Pemberian Berbagai Media Tanam dan Pupuk Pelengkap Cair (PPC) Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Polybag. *Agricultural Research Journal*, 14(3), 110-117.
- Hayati, M. D. N., Rosanti, A. D., & Utomo, P. S. 2021. Pengaruh Dosis Pupuk Nanosilika Sekam Padi pada Pertumbuhan dan Produksi Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt L.) Varietas Talenta. *Jurnal Pertanian Cemara*, 18(2) , 46-54. <https://doi.org/10.24929/fp.v18i2.1633>.
- Hudek, C., Putinica, C., Otten, W., & De Baets, S. 2022. Functional Root Trait-Based Classification of Cover Crops to Improve Soil Physical Properties. *European Journal of Soil Science*, 73(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/ejss.13147>.
- Kaya, E., Silahoy, C., & Risambessy, Y. 2017. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair dan Mikroorganisme Terhadap Keasaman dan P-Tersedia pada Tanah Ultisol. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 1(2), 91-99. <http://doi.org/10.46638/jmi.v1i2.23>.
- Lidar, S., Purnama, I., & Indah Sari, V. 2021. Aplikasi Kascing Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. rubrum). *Jurnal agrotela*, 1(1), 25-32.
- Madzokere, T. C., Murombo, L. T., & Chiririwa, H. J. M. T. P. 2021. Nano-Based Slow Releasing Fertilizers for Enhanced Agricultural Productivity. *Materials Today: Proceedings*. 45, 3709-3715. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.674>.
- Maranggi, H. L., E. T. Sofyan., R. Sudirja., B. Joy., A. Yuniarti., Kusumiyati, B. N. & Fitriatin. 2020. Yield of Shallot as Affected by Nitrogen on Water Hyacinth Compost and Inorganic Fertilizer at Fluventic Eutrudepts. *International Journal of Natural Resource Ecology and Management*, 5(4), 139-144. <https://doi.org/10.26418/jspe.v13i3.81170>.
- Marlina, N., Amir, N., & Palmasari, B. 2018. Pemanfaatan Berbagai Jenis Pupuk Organik Hayati terhadap Produksi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Tanah Pasang Surut Tipe Luapan C Asal Banyuurip. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 7(1), 74-79. <https://doi.org/10.33230/JLSO.7.1.2018.345>.

- Nuraeni, A., Khairani, L., & Susilawati, I. 2019. Pengaruh Tingkat Pemberian Pupuk Nitrogen Terhadap Kandungan Air dan Serat Kasar *Corchorus aestuans*. *Jurnal Pastura*, 9(1), 32-35.
- Purbosari, P. P., Sasongko, H., Salamah, Z., & Utami, N. P. 2021. Peningkatan Kesadaran Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat Desa Somongari Melalui Edukasi Dampak Pupuk dan Pestisida Anorganik. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(2), 131-137.
- Rusly, M., dan Rahman, D. Y. 2023. Perkembangan Penerapan Nanoteknologi pada Bidang Pertanian. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*. 4(2) : 10-14. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v4i2.10726>
- Saptorini, S., Supandji, S., & Taufik, T. 2019. Pengujian Pemberian Pupuk ZA terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah Varietas Bauji. *Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis*, 3(2), 134-148. <http://dx.doi.org/10.30737/agrinika.v3i2.731>.
- Sitorus, H. W. 2021. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dalam Pemberian Kascing dan Pupuk TSP. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI]*, 1(4), 1-8.
- Sopiana, S., & Hermanto, S. R. 2023. Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Daun Lamtoro Terhadap Pertumbuhan Bibit Karet Klon Pb 260 Asal Stum Mata Tidur. *Journal of Agro Plantation (JAP)*, 2(2), 169-176.
- Sulistiowati, R., Walida, H., Rizal, K., & Mustamu, N. E. 2022. Analisis Karakteristik Sifat Fisika Tanah Gambut Setelah diinkubasi dengan Kascing dari Campuran Kotoran Ayam, Bonggol Pisang dan Ampas Tahu. *Jurnal Pertanian Agros*, 24(2), 859-864. <http://dx.doi.org/10.31602/zmip.v47i2.6734>.
- Suwardi., Efendi, R., & Suriani. 2021. Aplikasi Pupuk Fosfor terhadap Pertumbuhan, Hasil Biji, dan Gula Brix Tanaman Sorgum. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(1), 8-17. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v5i1.372>.
- Wahyuni, P. S., & Parmila, P. 2019. Peran Bioteknologi dalam Pembuatan Pupuk Hayati. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 2(1), 46-57. <https://doi.org/10.37637/ab.v2i1.408>.
- Yudita, M., Muhandi, M., & Sarro, D. 2020. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*. Mill) terhadap Pemberian Kombinasi Dosis Pupuk Kandang Sapi dan Pupuk NPK. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*, 8(2), 339-345.
- Zuhra, N. H., & Pratiwi, H. 2024. Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing, POC dan Interaksi Keduanya terhadap Pertumbuhan Bawang Merah. *Jurnal Agrifarm*, 13(1), 15-19. <https://doi.org/10.24903/ajip.v13i1.2917>.