

RESPON TANAMAN TOMAT (*Solanum lycopersicum* L.) PADA PERLAKUAN DOSIS PUPUK ORGANIK CAIR BERTEKNOLOGI NANO

Nina Dwi Lestari^{1*}, Danu Dwi Putra¹, Ieke Wulan Ayu², Yulia Nuraini¹, Nisfi Fariatul Ifadah¹

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:</i> 24 Mei 2026 <i>Revised:</i> 14 Juni 2026 <i>Published:</i> 30 Juni 2026 | Inceptisol merupakan salah satu jenis tanah pertanian yang banyak dimanfaatkan di Indonesia. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan dapat menurunkan kualitas tanah, termasuk ketersediaan fosfor dan aktivitas mikroba. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pupuk organik cair (POC) berteknologi nano yang diperkaya dengan mikroba terhadap sifat kimia tanah, populasi bakteri pelarut fosfat, serapan fosfor, dan pertumbuhan tanaman tomat (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) pada Inceptisol. Penelitian dilaksanakan di greenhouse Venus Orchid, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, pada Januari–Maret 2026 menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan, yaitu P0 (kontrol), P1 (pupuk anorganik), P2 (POC 6 ml/10 kg tanah), P3 (POC 20 ml/10 kg tanah), dan P4 (POC 30 ml/10 kg tanah). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian POC berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap pH tanah, P tersedia, populasi bakteri pelarut fosfat, serapan P, serta pertumbuhan tanaman tomat. Perlakuan P3 (20 ml/10 kg tanah) memberikan hasil terbaik dengan populasi bakteri pelarut fosfat sebesar $8,91 \times 10^5$ cfu g ⁻¹ dan serapan P sebesar 18,54 g tanaman ⁻¹ . Populasi bakteri pelarut fosfat berkorelasi positif dengan serapan P tanaman ($r = 0,80$; $R^2 = 73,98\%$). Dengan demikian, aplikasi POC berteknologi nano dosis 20 ml/10 kg tanah berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan fosfor serta mendukung pertumbuhan tanaman tomat pada Inceptisol. |
| Keywords POC; Fosfat; Mikroba; Tomat; Inceptisol; | |

PENDAHULUAN

Jenis tanah yang memiliki sebaran cukup luas dan merupakan tanah pertanian utama di Indonesia adalah Inceptisol dengan luas sekitar 70,52 juta ha atau sebesar 37,5% dari luas daratan Indonesia (Anni *et al.*, 2019). Inceptisol yang ada di Indonesia pada tanah pertanian memiliki intensitas pengelolaan yang tinggi, seperti penggunaan pupuk anorganik dalam jumlah yang berlebihan, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kualitas tanah. Inceptisol merupakan tanah yang mempunyai ketersediaan hara fosfat yang cenderung rendah dengan pH tanah masam hingga agak masam. Menurut Damanik *et al.* (2010), Inceptisol memiliki tingkat kesuburan yang rendah karena memiliki kandungan bahan organik dan pH yang rendah serta kandungan P potensial yang terbilang rendah.

Salah satu tanaman yang membutuhkan unsur fosfat (P) tinggi adalah tanaman tomat. Tanaman tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan memiliki potensi yang sangat besar untuk diekspor (Suzanna *et al.*, 2010). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan produksi tomat yaitu dengan cara meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah, yaitu dengan cara meningkatkan aktivitas mikroba dalam tanah, khususnya bakteri

pelarut fosfat. Kemampuan mikroba pelarut fosfat untuk melarutkan fosfat berbeda-beda, tergantung pada macam dan jumlah asam organik yang dihasilkan serta sumber fosfat yang digunakan.

Pengoptimalan peran bakteri pelarut fosfat dapat dilakukan melalui bantuan nanoteknologi pada pupuk organik cair. Pupuk organik cair berteknologi nano merupakan material yang dihasilkan dengan menggunakan metode nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan teknologi yang dapat memecah partikel menjadi ukuran yang lebih kecil, antara 0,1 dan 100 nanometer. Menurut Duncan (2011), nanoteknologi adalah sebuah perangkat atau bahan yang memiliki setidaknya satu dimensi yang kira-kira panjangnya 1–100 nm. Menurut Aryanto (2012), penggunaan pupuk nano yang berukuran sangat kecil (1 nm = 10⁻⁹ m) memiliki keunggulan lebih reaktif, cepat mencapai sasaran atau target karena ukurannya yang halus, serta jumlah yang dibutuhkan lebih sedikit. Hal ini selaras dengan pendapat Durga (2022), pupuk yang menggunakan teknologi nano bermanfaat untuk meningkatkan penyerapan hara, meningkatkan aktivitas mikroba yang lebih tinggi, serta meningkatkan hasil produktivitas tanaman dengan efisiensi dan penggunaan pupuk.

Sampai saat ini penelitian tentang pengaruh penggunaan pupuk organik cair berteknologi nano yang diperkaya mikroba di Indonesia cukup terbatas, sehingga dari uraian di atas dilakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan pupuk organik cair berteknologi nano yang diperkaya mikroba terhadap populasi bakteri pelarut fosfat dan pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada Inceptisol. Hal ini diharapkan mampu menjadi sebuah solusi dalam mengatasi penggunaan pupuk anorganik dan menjadi terobosan baru dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di greenhouse Venus Orchid, Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Analisis tanah meliputi kimia tanah dan isolasi bakteri pelarut fosfat dilakukan di Laboratorium Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur.

Rancangan percobaan

Penelitian ini menggunakan tanaman tomat dengan varietas SL 975, dengan pupuk organik cair Ann Bio Plush dari Farmino Ann Chemical. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 4 kali ulangan. Perlakuan penelitian antara lain: P0 (Kontrol); P1 (Pupuk Anorganik); P2 (POC 6 ml/10 kg tanah); P3 (POC 20 ml/10 kg tanah); P4 (POC 30 ml/10 kg tanah). Pupuk anorganik yang diberikan yaitu NPK 5 g/10 kg tanah. Analisis data menggunakan analisis sidik ragam taraf 5%, uji DMRT 5%, uji korelasi, dan uji regresi. Parameter yang diamati: pH (H₂O), C-organik (%), P-Tersedia (ppm), populasi bakteri pelarut P (cfu g⁻¹), tinggi tanaman (cm), jumlah daun (Helai), diameter batang (cm), jumlah bunga, serapan P (g/tanaman).

Pelaksanaan

1. Pembuatan pupuk nano

Pembuatan pupuk nano menggunakan pupuk organik cair Ann Bio Plush dibuat sebanyak 100 ml, kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca dan diberikan Tween 80 sebanyak 1 ml/100 ml POC. Alat chamber sonikator diisi dengan aquades setinggi setengah botol kaca yang bertujuan untuk meredam suara yang dihasilkan oleh alat. Sonikasi dilakukan selama 120 menit dengan frekuensi 40 kHz pada suhu 30-35°C

2. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Ngabab, Pujon, Malang, Jawa Timur, pada lahan pertanian seluas 1 ha, dengan pengambilan sampel tanah secara komposit pada kedalaman 0–20 cm menggunakan bor tanah dan cangkul. Sampel tanah yang sudah diambil selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik ukuran 1 kg dan disimpan pada cool box dengan suhu sekitar 2–4 °C untuk analisis populasi bakteri pelarut fosfat.

3. Persiapan media tanam

Media tanam yang digunakan adalah tanah yang berasal dari Desa Ngabab, Pujon, Malang, Jawa Timur. Lapisan tanah yang diambil untuk media tanam memiliki kedalaman 0-20 cm dari permukaan tanah. Tanah tersebut dipindahkan ke greenhouse Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan diayak menggunakan saringan 2 mm. Tanah yang lolos ayakan ditimbang sebanyak 10 kg dan dimasukkan ke dalam polybag dengan ukuran 40 cm x 20 cm dicampur dengan perbandingan tanah 1:3 kompos, kemudian setiap polybag diberi label tanda setiap perlakuan dan ulangan

4. Penyemaian benih dan pindah tanam

Penyemaian benih dilakukan dengan cara merendam benih dengan air agar mempercepat dormansi. Siapkan tray yang berisi tanah, dan kompos, dengan perbandingan tanah 2:1 dengan kompos, kemudian dipindah tanam setelah umur 2 MST pada polybag penelitian yang telah diberi label. Bibit dimasukkan ke dalam lubang tanam sedalam 5-10 cm dengan masing-masing 1 bibit per lubang tanam

5. Penyulaman

Kegiatan penyulaman dilakukan apabila ada tanaman yang tidak tumbuh dengan baik atau mati karena serangan hama, penyakit, atau pertumbuhan tidak sempurna. Penyulaman dilakukan setelah tanaman berumur 1 MST setelah pindah tanam dengan cara mengganti tanaman yang telah mati dengan bibit sisa persemaian. Hal ini dilakukan agar sampel tanaman masih terjaga dan tidak terdapat perbedaan yang terlalu jauh dengan tanaman yang lain.

6. Pemupukan

Pemupukan dilakukan sesuai dengan dosis rancangan penelitian. Pemberian pupuk dilakukan secara langsung menggunakan alat bantu yaitu suntikan medis dengan jarak 5 cm dari batang tanaman dengan jangka waktu pemberian pupuk 7 hari selama 42 hari, sedangkan pada pemupukan anorganik dilakukan 15 HST pada tanaman tomat sesuai rancangan penelitian.

7. Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan berupa pengendalian gulma, dan penyiraman. Penyiraman dilakukan secara teratur pada pagi dan sore hari, sedangkan pengendalian gulma dilakukan secara manual yaitu dengan mencabut dan membuang gulma yang tumbuh di sekitar tanaman menggunakan tangan. Pemeliharaan dilakukan pada minggu pertama setelah tanam, yang bertujuan untuk menunjang tingkat pertumbuhan tanaman dan untuk menghindari adanya gangguan dari Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.

8. Pengamatan pertumbuhan tanaman

Pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman dan menghitung jumlah daun pada 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 MST. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada sampel tanaman dengan mengukur tanaman dari permukaan tanah hingga titik tumbuh, serta dinyatakan dalam satuan cm. Pengamatan jumlah daun dilakukan pada sampel yang sama dan waktu yang sama dengan menghitung jumlah seluruh helai daun. Pengamatan diameter batang dilakukan pada sampel yang sama dan waktu yang sama menggunakan jangka 18 sorong. Pengamatan jumlah bunga dilakukan pada 4, dan 5 MST dengan menghitung jumlah seluruh bunga pada sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Dasar

Hasil analisis tanah dasar yang berasal dari Desa Ngabab, Pujon, Kabupaten Malang, Jawa Timur termasuk ke dalam jenis Inceptisol. Hal ini sesuai dengan penelitian Singgih *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa berdasarkan analisis tanah dari Desa Ngabab, Pujon, Kabupaten Malang memiliki klasifikasi tanah pada kategori ordo Inceptisol. Tanah tersebut kemudian diinkubasi selama 2 bulan di greenhouse Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Parameter analisis dasar yang dilakukan meliputi pH, C-organik, P tersedia, dan populasi bakteri pelarut fosfat (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis Tanah Dasar Sebelum Percobaan

| No | Parameter | Nilai | Kriteria* |
|----|--|------------------------|---------------|
| 1. | pH H ₂ O | 6,3 | Agak Masam |
| 2. | C-Organik (%) | 4,61 | Tinggi |
| 3. | P Tersedia (ppm) | 209 | Sangat Tinggi |
| 4. | Populasi bakteri pelarut fosfat (cfu.g ⁻¹) | 5,26 × 10 ⁵ | Rendah |

Keterangan: *= Balai Besar Penelitian Tanah (2009).

Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik memberikan respons yang berbeda terhadap beberapa sifat kimia

tanah pada akhir pengamatan 6 MST. Parameter yang diamati meliputi pH H₂O, C-organik, dan P tersedia. Nilai rerata masing-masing parameter pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap sifat kimia tanah pada akhir pengamatan 6 MST

| Perlakuan | pH H ₂ O | C-Organik (%) | P tersedia (ppm) |
|----------------------------|---------------------|---------------|------------------|
| P0 (Kontrol tanpa Pupuk) | 5,81 b | 2,51 | 25,34 c |
| P1 (Anorganik) | 5,96 ab | 2,71 | 35,94 ab |
| P2 (POC 6 ml/10 kg Tanah) | 5,97 ab | 2,57 | 32,55 b |
| P3 (POC 20 ml/10 kg Tanah) | 6,15 a | 2,75 | 39,93 a |
| P4 (POC 30 ml/10 kg Tanah) | 5,98 ab | 2,65 | 32,60 b |

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antar perlakuan menurut uji DMRT taraf 5 %

Berdasarkan Tabel 2, pemberian pupuk organik cair berteknologi nano berpengaruh nyata terhadap pH dan P tersedia tanah, namun tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik. Perlakuan P3 (POC 20 ml/10 kg tanah) menghasilkan pH tertinggi sebesar 6,15 dan P tersedia tertinggi sebesar 39,93 ppm. Meskipun tidak berbeda nyata, kandungan C-organik pada perlakuan P3 juga cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu sebesar 2,75%. Penggunaan dosis pupuk yang sesuai rekomendasi diduga mampu menciptakan kondisi tanah yang lebih mendukung aktivitas mikroba dan ketersediaan hara (Roidah, 2013). Dibandingkan dengan kondisi awal sebelum tanam, nilai pH, C-organik, dan P tersedia pada akhir pengamatan mengalami penurunan. Kondisi tersebut diduga terjadi akibat penyerapan unsur hara oleh tanaman selama pertumbuhan, pemanfaatan bahan organik oleh mikroorganisme untuk proses metabolisme, serta dekomposisi bahan organik di dalam tanah (Wahyu, 2020). Ketersediaan fosfor yang lebih tinggi pada perlakuan P3 juga diduga berkaitan dengan kondisi pH tanah yang lebih mendekati netral. Pada kondisi tersebut, unsur hara makro, termasuk fosfor, lebih mudah tersedia bagi tanaman dibandingkan dengan tanah yang lebih masam (Syahputra et al., 2014). Oleh karena itu, perbaikan sifat kimia tanah melalui pemberian pupuk organik cair berteknologi nano berpotensi mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih optimal.

Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Serapan Fosfor Tanaman

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap populasi bakteri pelarut fosfat (BPF) serta serapan fosfor tanaman pada akhir pengamatan 6 MST. Nilai rerata populasi BPF dan serapan P pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh pemberian pupuk organik cair berteknologi nano terhadap populasi bakteri pelarut fosfat dan serapan P tanaman pada akhir pengamatan 6 MST

| Perlakuan | Populasi BPF ($\times 10^5$ cfu.g ⁻¹) | Serapan P (g tanaman ⁻¹) |
|----------------------------|--|--------------------------------------|
| P0 (Kontrol) | 6,16 d | 9,13 b |
| P1 (Anorganik) | 7,56 b | 13,39 b |
| P2 (POC 6 ml/10 kg tanah) | 7,08 c | 11,76 b |
| P3 (POC 20 ml/10 kg tanah) | 8,91 a | 18,54 a |

| | | |
|----------------------------|--------|---------|
| P4 (POC 30 ml/10 kg tanah) | 6,24 d | 13,38 b |
|----------------------------|--------|---------|

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 3, perlakuan P3 menghasilkan populasi BPF dan serapan P tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Populasi BPF pada perlakuan tersebut mencapai $8,91 \times 10^5$ cfu.g⁻¹, sedangkan serapan P mencapai 18,54 g.tanaman⁻¹. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian POC berteknologi nano pada dosis yang sesuai mampu menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan bakteri pelarut fosfat sekaligus meningkatkan pemanfaatan fosfor oleh tanaman. Populasi BPF sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tanah, terutama pH dan ketersediaan sumber karbon. Pada kondisi tanah yang lebih sesuai, aktivitas bakteri dalam melarutkan fosfat menjadi lebih optimal sehingga meningkatkan jumlah fosfor yang tersedia untuk diserap tanaman (Ratna *et al.*, 2021). Peningkatan serapan P pada perlakuan P3 juga diduga berkaitan dengan membaiknya kondisi tanah akibat pemberian POC, sehingga unsur hara lebih mudah tersedia dan diserap oleh tanaman (Febrianna *et al.*, 2018). Dengan demikian, peningkatan populasi bakteri pelarut fosfat melalui aplikasi pupuk organik cair berteknologi nano berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan fosfor yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman tomat.

Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik pada 1 MST memberikan pengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman. Pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik 2 MST sampai 6 MST menunjukkan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman tomat, dengan hasil akhir menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan P3 (87 cm) dibandingkan dengan perlakuan P2 anorganik (85,5), dengan selisih persentase peningkatan 2% terhadap kontrol.

Tabel 4. Pengaruh Penggunaan pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik terhadap Tinggi Tanaman

| No | Perlakuan | Tinggi Tanaman (cm) | | | | | | Peningkatan terhadap kontrol (%) |
|----|----------------------------|---------------------|---------|-------|--------|--------|--------|----------------------------------|
| | | 1 MST | 2 MST | 3 MST | 4 MST | 5 MST | 6 MST | |
| 1. | P0 (Kontrol tanpa Pupuk) | 6,75 | 16,7 c | 32 b | 52,7 b | 68,5 c | 75,7 b | 0 |
| 2. | P1 (Anorganik) | 6,87 | 19 bc | 39 a | 61,5 a | 77 ab | 85,5 a | 12,87 |
| 3. | P2 (POC 6 ml/10 kg Tanah) | 7,12 | 20 ab | 38 a | 61,8 a | 76 ab | 86,5 a | 14,9 |
| 4. | P3 (POC 20 ml/10 kg Tanah) | 8 | 19,5 ab | 40 a | 63,6 a | 79 a | 87 a | 15,8 |
| 5. | P4 (POC 30 ml/10 kg Tanah) | 7,25 | 22 a | 39 a | 60,8 a | 71 bc | 80 b | 4,95 |

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antarpelakuan menurut uji DMRT taraf 5 %.

Pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik pada 1 MST tidak berpengaruh nyata. Hal ini diduga karena pada fase vegetatif awal unsur hara P sebagian masih terikat dengan unsur aluminium (Al) dan besi (Fe), sehingga kondisi ini mengakibatkan unsur hara P belum tersedia pada tanah. Meskipun demikian, rerata tertinggi hampir didapatkan pada perlakuan P3 terkecuali pada 2 MST. Hal ini karena pupuk organik cair yang diberikan mengandung mikroorganisme penambat N yang dapat meningkatkan efisiensi tanaman dalam menyerap nitrogen dalam tanah, sehingga tanaman akan tumbuh dengan baik.

Jumlah Daun

Hasil analisis sidik ragam yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik pada 1 MST tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Hasil uji lanjut pada taraf 5% dapat dilihat pada Tabel 5 menunjukkan jumlah daun terendah pada 1 MST terdapat pada perlakuan P0 (25,25 helai) dan jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan P4 (28 helai) dengan persentase peningkatan perlakuan P4 10,89% terhadap kontrol. Pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik 2 MST sampai 6 MST menunjukkan pengaruh nyata terhadap jumlah daun tomat. Rerata hasil akhir terendah terdapat pada perlakuan P0 (133,5 helai) dan rerata tertinggi terdapat pada perlakuan P3 (190 helai). Maka, perlakuan terbaik pada jumlah daun terdapat pada perlakuan P3 dibandingkan dengan perlakuan pemberian pupuk anorganik (P1) dengan selisih peningkatan sebesar 8,6% terhadap kontrol.

Tabel 5. Pengaruh Penggunaan pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik terhadap Jumlah Daun

| No | Perlakuan | Jumlah Daun (Helai) | | | | | | Peningkatan terhadap kontrol (%) |
|----|----------------------------|---------------------|-------|--------|---------|---------|---------|----------------------------------|
| | | 1 MST | 2 MST | 3 MST | 4 MST | 5 MST | 6 MST | |
| 1. | P0 (Kontrol tanpa Pupuk) | 25,25 | 34 b | 58,5 c | 99,25 b | 128,8 b | 133,5 b | 0 |
| 2. | P1 (Anorganik) | 26 | 38 b | 72 ab | 119 ab | 151 a | 178 a | 33,33 |
| 3. | P2 (POC 6 ml/10 kg Tanah) | 26 | 40 b | 68 b | 134 a | 153 a | 182 a | 36 |
| 4. | P3 (POC 20 ml/10 kg Tanah) | 27 | 50 a | 84 a | 141 a | 173 a | 190 a | 41,9 |
| 5. | P4 (POC 30 ml/10 kg Tanah) | 28 | 43 ab | 77 bc | 123 ab | 136 ab | 155 ab | 16,29 |

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antarpelakuan menurut uji DMRT taraf 5 %.

Parameter jumlah daun tertinggi hampir dijumpai diseluruh perlakuan P3 di setiap MST. Perlakuan P3 menunjukkan perbedaan peningkatan sebesar 41,9% terhadap kontrol. Hal ini diduga karena dosis P3 (P3 20 ml/tanaman) merupakan dosis yang dianjurkan dari POC Ann Bio

Plush untuk tanaman sayuran sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman, salah satunya adalah jumlah daun. Unsur hara yang terkandung dalam POC Ann Bio Plush sangat lengkap dan kompleks, salah satunya adalah nitrogen. Peranan nitrogen sangat penting dalam proses pertumbuhan vegetatif tanaman, yaitu berperan dalam pembentukan daun, akar, dan batang, terutama berperan dalam pembentukan klorofil untuk fotosintesis daun (Patti, 2013).

Diameter Batang

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam pada pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik terhadap diameter batang 1 MST menunjukkan tidak berpengaruh nyata. Disajikan pada Tabel 6, rerata terendah terdapat pada beberapa perlakuan seperti P0, P1, P2 (0,26 cm), dan untuk rerata tertinggi terdapat pada perlakuan P3 dan P4 sebesar (0,28 cm). Perlakuan 2 MST sampai 6 MST pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik menunjukkan pengaruh nyata terhadap diameter batang. Hasil akhir rerata lebih tinggi terdapat pada perlakuan P3 (0,96 cm) dengan persentase kenaikan P3 sebesar 7,3% terhadap kontrol. Pada Tabel 12. Terlihat bahwa hasil akhir perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan P3 dengan selisih kenaikan antara POC berteknologi (P3) dan anorganik (P1) sebesar 3,9% terhadap kontrol.

Tabel 6. Pengaruh Penggunaan pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik terhadap Diamter Batang

| No | Perlakuan | Diameter Batang (cm) | | | | | | Peningkatan terhadap kontrol (%) |
|----|----------------------------|----------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------------------------|
| | | 1 MST | 2 MST | 3 MST | 4 MST | 5 MST | 6 MST | |
| 1. | P0 (Kontrol tanpa Pupuk) | 0,26 | 0,41 b | 0,59 a | 0,72 b | 0,83 b | 0,89 b | 0 |
| 2. | P1 (Anorganik) | 0,26 | 0,41 b | 0,65 b | 0,80 a | 0,88 a | 0,92 ab | 3,37 |
| 3. | P2 (POC 6 ml/10 kg Tanah) | 0,26 | 0,41 b | 0,75 c | 0,83 a | 0,89 a | 0,94 a | 5,3 |
| 4. | P3 (POC 20 ml/10 kg Tanah) | 0,28 | 0,44 ab | 0,77 a | 0,83 a | 0,90 a | 0,96 a | 7,3 |
| 5. | P4 (POC 30 ml/10 kg Tanah) | 0,28 | 0,47 a | 0,74 a | 0,83 a | 0,89 a | 0,95 a | 7,02 |

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antarpelakuan menurut uji DMRT taraf 5 %.

Perkembangan diameter batang tanaman tomat selaras dengan pertumbuhan tinggi tanaman. Hal ini dikarenakan dalam proses translokasi unsur hara dari tanah menuju bagian daun melalui batang yang dikirim oleh jaringan xylem dan floem, sehingga diameter batang akan terus meningkat untuk memperlancar proses pengangkutan fotosintat dan unsur hara. Hal ini didukung oleh Raj *et al.* (2018), bahwa translokasi unsur hara dapat mempengaruhi diameter batang tanaman karena translokasi meningkatkan, tingkat distribusi unsur hara yang tersedia ikut

meningkat untuk tanaman, sehingga membantu meningkatkan produktivitas dan kontribusi terhadap perkembangan batang tanaman

Jumlah Bunga

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik berpengaruh nyata terhadap jumlah bunga. Hasil uji lanjut DMRT pada taraf 5 % pada Tabel 7. Menunjukkan bahwa perlakuan terbaik antara POC berteknologi dan anorganik terdapat pada P3 (24 bunga) dengan selisih kenaikan antara perlakuan P3 dan P1 (anorganik) sebesar 22,5% terhadap kontrol.

Tabel 7. Pengaruh Penggunaan pupuk organik cair berteknologi nano dan pupuk anorganik terhadap Jumlah Bunga

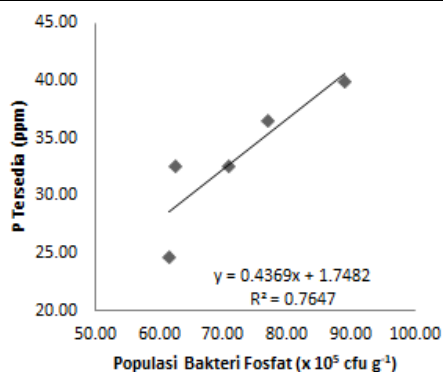
| No | Perlakuan | Jumlah Bunga | | Peningkatan terhadap kontrol (%) |
|----|----------------------------|--------------|---------|----------------------------------|
| | | 4 MST | 5 MST | |
| 1. | P0 (Kontrol tanpa Pupuk) | 3,25 b | 17,75 c | 0 |
| 2. | P1 (Anorganik) | 4,75 ab | 20 bc | 14,08 |
| 3. | P2 (POC 6 ml/10 kg Tanah) | 5 ab | 22 ab | 22,5 |
| 4. | P3 (POC 20 ml/10 kg Tanah) | 5,25 a | 24 a | 36,6 |
| 5. | P4 (POC 30 ml/10 kg Tanah) | 6,25 a | 19 bc | 8,45 5 |

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat beda nyata antarpelakuan menurut uji DMRT taraf 5 %.

Berdasarkan Tabel 10. Munculnya bunga terjadi pada 4 MST, tetapi umumnya bunga pada tanaman tomat muncul pada 5-7 MST. Hal ini didukung oleh pernyataan Demsarina (2009) bahwa munculnya bunga pada tanaman tomat berkisar pada umur 45–60 HST. Hal ini diduga menjadi penyebab munculnya bunga lebih awal, yang disebabkan oleh kandungan hara fosfor pada POC Ann Bio Plush yang dapat merangsang pertumbuhan bunga, pembentukan buah, serta meningkatkan kualitas biji. Pengaruh nanoteknologi pada pupuk juga menyebabkan pupuk memiliki ukuran kecil dengan luas permukaan nanomaterial yang besar, memungkinkan interaksi yang lebih baik dalam penyerapan nutrisi bagi tanaman. Perubahan pada molekul unsur dalam pupuk memiliki dampak pada penyerapan optimum oleh tanaman sehingga tanaman tidak kekurangan unsur hara (Prishastanti *et al.*, 2016). Hal lain yang memengaruhi munculnya bunga lebih awal adalah varietas dari tanaman tomat tersebut. Menurut Mansyur *et al.* (2017), varietas tanaman tomat dapat mempengaruhi munculnya bunga pada tanaman tomat, karena varietas yang berbeda dapat mempengaruhi respons biologis tanaman, termasuk pembentukan bunga itu sendiri

Pengaruh Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan P Tersedia

Hasil analisis korelasi dan regresi antara populasi bakteri pelarut fosfat dan P tersedia menunjukkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat berpengaruh positif terhadap P tersedia. Nilai korelasi antara populasi bakteri pelarut fosfat dengan P tersedia adalah $r = 0,88$, sehingga dapat diasumsikan bahwa semakin tinggi populasi bakteri pelarut fosfat, maka akan meningkatkan P tersedia dalam tanah.

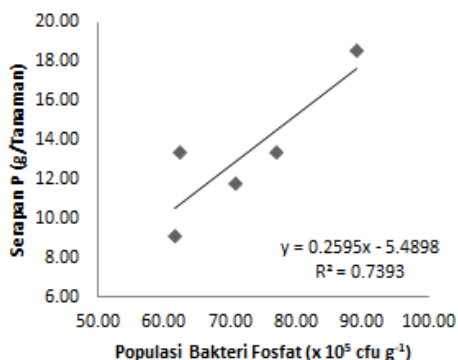


Gambar 1. Pengaruh Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan P tersedia

Nilai koefisien determinasi (R^2) didapatkan hasil sebesar 0,7647 yang dapat disimpulkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat dapat mempengaruhi P tersedia sebesar 76,47%. Populasi bakteri pelarut fosfat memiliki hubungan yang sangat erat dengan jumlah P yang tersedia dalam tanah. Hal ini karena pada populasi bakteri pelarut fosfat yang tinggi, bakteri tersebut dapat memecah lebih banyak senyawa fosfat dalam tanah, sehingga akan meningkatkan jumlah P yang tersedia dari dalam tanah. Hal ini didukung oleh pernyataan Ainin (2008) bahwa jumlah bakteri pelarut fosfat dalam tanah berkorelasi positif terhadap ketersediaan P dalam tanah, karena perbedaan populasi bakteri pelarut fosfat akan menyebabkan perbedaan P tersedia dalam tanah. Perbedaan tersebut akan memengaruhi jumlah asam-asam organik yang dihasilkan oleh bakteri pelarut fosfat untuk melarutkan hara P yang tidak tersedia menjadi tersedia.

Pengaruh Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Serapan P

Hasil analisis korelasi dan regresi antara populasi bakteri pelarut fosfat dengan serapan P menunjukkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat berpengaruh positif terhadap serapan P. Nilai korelasi antara populasi bakteri pelarut fosfat dengan serapan fosfor $r = 0,8$ sehingga dapat diasumsikan semakin tinggi populasi bakteri fosfat maka akan meningkatkan serapan P pada tanaman.



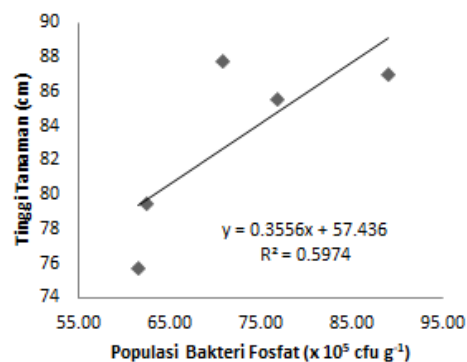
Gambar 2. Pengaruh Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Serapan P

Gambar 2. Didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7398 yang dapat diartikan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat dapat memengaruhi serapan P sebesar 73,98%. Hal ini didukung oleh pernyataan Miftah (2016) bahwa dengan adanya mikroba pelarut fosfat, serapan hara dapat ditingkatkan karena mikroba pelarut fosfat dengan asam-asam organiknya mampu

melarutkan hara P yang tidak tersedia menjadi tersedia di dalam tanah. Pemanfaatan mikroba pelarut fosfat juga dapat mengatasi masalah P pada tanah, sehingga dengan adanya bakteri pelarut fosfat dapat membantu dalam mempersiapkan nutrisi seperti P untuk diserap oleh tanaman. Bakteri pelarut fosfat dalam aktivitasnya akan mengeluarkan asam-asam organik seperti (asam sitrat, asam gulamat, asam suksinat dan asam laktat), asam tersebut akan membentuk senyawa kompleks dengan ion Fe dan Al sehingga unsur P akan menjadi P tersedia dan dapat diserap oleh tanaman.

Pengaruh Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Tinggi Tanaman

Hasil analisis korelasi populasi bakteri pelarut fosfat dengan tinggi tanaman menunjukkan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat berpengaruh positif terhadap tinggi tanaman. Nilai korelasi antara populasi bakteri pelarut fosfat dengan tinggi tanaman yaitu $(r) = 0,78$, sehingga dapat diasumsikan bahwa semakin tinggi populasi bakteri pelarut fosfat akan memengaruhi tinggi tanaman.

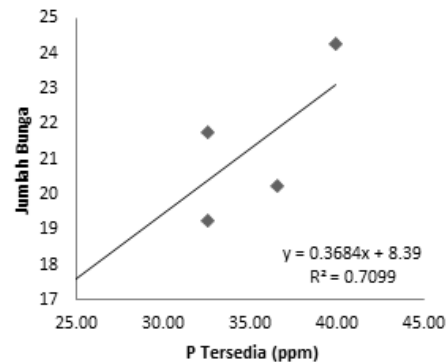


Gambar 3. Pengaruh Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Tinggi Tanaman

Nilai koefisien determinasi (R^2) didapatkan sebesar 0,5974 sehingga dapat diartikan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat dapat memengaruhi tinggi tanaman sebesar 59,74%. Tidak hanya unsur hara nitrogen saja yang dapat membantu dalam pertumbuhan tanaman, tetapi unsur hara seperti fosfat juga sangat dibutuhkan. Unsur hara fosfat dibutuhkan oleh tanaman untuk membentuk sel baru pada jaringan yang sedang tumbuh dan juga memperkuat batang tanaman. Menurut Thamrin *et al.* (2013), fosfat dibutuhkan oleh tanaman dalam pembentukan sel pada jaringan akar dan tunas yang akan tumbuh. Maka dari itu, untuk meningkatkan fosfat tersedia dalam tanah dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat yang hidup bebas di dalam tanah memiliki kemampuan melarutkan fosfat yang terikat menjadi tersedia, sehingga tanaman mampu menyerap P untuk mencukupi kebutuhannya sehingga mempengaruhi tinggi tanaman tomat

Pengaruh P Tersedia dengan Jumlah Bunga

Hasil analisis korelasi P tersedia dengan jumlah bunga menunjukkan bahwa P tersedia berpengaruh positif terhadap jumlah bunga. Nilai korelasi antara P tersedia dengan jumlah bunga yaitu $(r) = 0,82$, sehingga dapat diasumsikan bahwa semakin tinggi P tersedia dalam tanah akan memengaruhi jumlah bunga.



Gambar 4. Pengaruh P Tersedia dengan Jumlah Bunga

Nilai koefisien determinasi (R^2) didapatkan sebesar 0,7099 sehingga dapat diartikan bahwa populasi bakteri pelarut fosfat dapat memengaruhi jumlah bunga sebesar 70,9%. Fase generatif ditandai dengan munculnya bunga. Dalam fase ini, peranan unsur hara P sangat diperlukan. Karena unsur hara P dapat merangsang munculnya bunga, pembentukan buah, dan meningkatkan kualitas biji. Hal ini didukung oleh pernyataan Leovini (2012) bahwa fosfor berperan dalam mendukung pertumbuhan generatif seperti bunga dan buah. Di samping itu, fosfor juga dapat mengurangi terjadinya pengguran bunga dan bakal buah. Maka dari itu pemenuhan fosfor sangat penting bagi tanaman untuk menghindari terhambatnya pembentukan bunga.

KESIMPULAN

Pemberian pupuk organik cair berteknologi nano yang diperkaya mikroba dapat memberikan pengaruh nyata terhadap populasi bakteri pelarut fosfat. Perlakuan P3 (20 ml/tanaman) menunjukkan hasil tertinggi sebesar 8.91×10^5 CFU/g atau dapat meningkatkan hingga 44,7 % terhadap kontrol. Perlakuan P3 juga merupakan perlakuan terbaik dibandingkan dengan perlakuan P1 (anorganik) dengan selisih persentase peningkatan terhadap kontrol sebesar 21,8%. Populasi bakteri pelarut fosfat berpengaruh positif terhadap serapan P tanaman dengan nilai korelasi $r = 0,87$ dan nilai koefisien determinasi $R^2 = 73,98\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainin Niswati, Sri Yusnaini, Mas Achmad Syamsul Arif. 2008. Populasi Mikroba Pelarut Fosfat dan P-tersedia pada Rizosfir beberapa Umur dan Jarak dari Pusat Perakaran Jagung (*Zea mays* L.). Jurnal Tanah Trop. 13(2).
- Damanik, M. M. B., B. Effendi, Fauzi, Sarifuddin, H. Hanum. 2010. Kesuburan Tanah dan Pemupukan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara Press. Medan.
- Duncan. 2011. Applications Of Nanotechnology In Food Packaging And Food Safety: Barrier Materials, Antimicrobials And Sensors. Journal Colloid Interface Sci. 363(1):1-24.
- Durga Madhab Mahapatra, Kanhu Charan Satapathy, Bhabatarini Panda. 2022. Biofertilizers And Nanofertilizers For Sustainable Agriculture: Phycoprosects And Challenges. Science Of The Total Environment. Vol 803.

- Febrianna, M., S. Prijono dan N. Kusumarini. 2018. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Serapan Nitrogen Serta Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(2): 1009-1018.
- Leovini, H. 2012. Pemanfaatan pupuk organik cair pada budidaya tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Makalah Seminar Umum Universitas Gadjah Mada.
- Mansyur, M., Sastroutomo, S. S., & Arif, M. (2017). Pengaruh Varietas Tomat terhadap Pertumbuhan dan Hasil. *Jurnal Singaraja*, 1(2), 1–8.
- Miftah Dieni Sukmasar, Budi Waluyo, dan Agung Karuniawan. 2016. Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Efisiensi Pemupukan P, Serapan P dan Hasil Ubi Jalar. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*.
- Patti. P. S, E. Kaya. Ch. Silahooy. 2013. Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya Dengan Serapan N Oleh Tanaman Padi Sawah Di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agrologia*, 2(1).
- Raj, A.K., Kumar, A., Bhatt, R., Trivedi, S., Jha, A.K., Rai, U.N., 2018. Influence of Nutrient Translocation on Stem Diameter and Growth of Selected Plant Species. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1).
- Ratna Dewi Hartati. Maman Suryaman. Adam Saepudin. 2021. Pengaruh Pemberian Bakteri Pelarut Fosfat Pada Berbagai Phtanah Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr). *Jurnal Agroteknologi*. Vol 1, No 1.
- Roidah, I. S. 2013. Manfaat Penggunaan Pupuk Organik untuk Kesuburan Tanah. *Jurnal Universitas Tulungagung BONOROWO*. 1 (1) : 30-42
- Singgih Waskita Putra, A. Mukri Prabowo, M. Lutfi Rayes. 2014. Studi tingkat perkembangan tanah pada toposekuen Gunung Anjasmoro, Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(1)..
- Suzanna, Chamzurni, T., Pratama, A. 2010. Dosis dan Frekuensi Kascing Untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Tomat. *Jurnal Floratek* 5 (2): 152-163.
- Thamrin, M., S. Susanto, A.D. Susila, dan A. Sutandi. 2013. Hubungan Konsentrasi Hara Nitrogen, Fosfor dan Kalium Daun dengan Produksi Buah Sebelumnya pada Tanaman Jeruk Pamelos. *Jurnal Hortikultura*. 23(3): 225-234.
- Wahyu Purbalisa, Ina Zulaehah, Dolty Melyga W. Papatrini, Sri Wahyuni. 2020. Dinamika Karbon dan Mikroba dalam Tanah pada Perlakuan Biochar Kompos Plus. *Jurnal Presipitasi*, 17(2): 138-143.