Analisis Kandungan Unsur Hara Limbah Pt. Indolakto Sebagai Pupuk Padat Untuk Tanaman Cabai (*Capsicum frutescens L.*)

Nisfatul Laela*[1], Rachmaniyah[2], Setiawan[3]
Prodi Sanitasi Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya[1,2,3]
*e-mail: nisfatullaela2@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair dari industri pengolahan susu menghasilkan lumpur (sludge) pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Sludge tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk organic karena mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh prmberian sludge IPAL PT. Indolakto Pandaan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai rawit (Capsicum frutescens L.). Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dosis sludge dan tiga kali pengulangan. Parameter yang diamati meliputi waktu tumbuh tanaman dan hasil kualitas cabai.

Hasil penelitian Kandungan N belum memenuhi syarat SNI 19-7030-2004. P memenuhi standar minimum SNI 19-7030-2004. K memenuhi dan melebihi standar SNI pada semua tahap. Perlakuan yang diberikan pada P1 dan P2 dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman. Perlakuan P_1 dan P_2 menunjukkan peningkatan kualitas cabai dibandingkan dengan perlakuan K_0. Hasil uji *Anova* yang memperoleh nilai signifikasi < 0,05 yang berarti ada perbedaan signifikan waktu tumbuh cabai dengan berbagai perlakuan.

Pupuk dari limbah padat PT. Indolakto berpotensi baik terhadap tanaman cabai namun perlu menambahkan sumber N. Untuk mencapai standar yang diperlukan dan mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal, disarankan untuk menambahkan kotoran kelelawar atau guano tambahan ke dalam pupuk ini.

Kata kunci : Sludge, PT. Indolakto, Tanaman Cabai

ABSTRACT

Liquid waste from dairy processing generates sludge in wastewater treatment plants (WWTP), which may serve as a potential organic fertilizer due to its nutrient content. This study evaluated the application of WWTP sludge from PT. Indolakto Pandaan on the growth and yield of cayenne pepper (Capsicum frutescens L.). The experiment employed a Completely Randomized Design (CRD) with three sludge dosage treatments and three replications. Growth period and fruit quality were measured as main parameters.

Results indicated that nitrogen (N) levels did not comply with SNI 19-7030- 2004 standards, whereas phosphorus (P) met the minimum requirement and potassium (K) exceeded the standard at all stages. Treatments P_1 and P_2 significantly accelerated growth and enhanced fruit quality compared to the control (K_0). ANOVA results ($p < 0.05$) confirmed significant differences among treatments in growth duration.

In conclusion, PT. Indolakto sludge shows potential as an organic fertilizer for chili cultivation, although supplementation with additional nitrogen sources, such as bat manure or guano, is recommended to optimize nutrient balance and plant performance.

Keywords **:** *Sludge, PT. Indolakto, Chili Plants*

PENDAHULUAN

PT Indolakto Pandaan ialah sebuah perusahaan yang beroperasi di bidang pengolahan susu, yang awal mulanya berasal dari pembentukan Gabungan Koperasi Susu Indonesia (GKSI) di Pandaan pada tahun 1983, yang didasarkan pada SK Dirjen Koperasi No. 08/Kop/VII/1983. PT Indolakto Factory Pandaan

memproduksi 1 jenis olahan susu, yakni susu UHT dengan teknologi terkini dan selalu di perbaharuai, pemasaran produk ini sampai ke seluruh Indonesia

Seiring pesatnya perkembangan pada industri turut andil dalam pencemaran lingkungan yang meningkat secara tajam. Pada pulau jawa, industri memberi dampak secara signifikan pada pencemaran utamanya daerah perkotaan. Banyak aspek kehidupan masyarakat yang meningkat pesat berkat operasi industri. Di antara sekian banyak hasil bermanfaat yang dapat dicapai melalui pembangunan industri adalah sebagai berikut: (1) lebih banyak lapangan kerja yang dapat diisi oleh penduduk setempat, (2) lebih banyak barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, (3) pendapatan yang lebih tinggi yang meningkatkan kesejahteraan masyarakat,

(4) berkurangnya impor berarti lebih banyak devisa yang dihemat, (5) pola pikir yang lebih progresif di antara anggota masyarakat, (6) perluasan usaha di luar industri inti, dan (7) perubahan gaya hidup masyarakat yang mengarah pada usia pernikahan yang lebih tua (Eva, 2018). Namun demikian, selain dampak positif, kegiatan industri juga menimbulkan sejumlah konsekuensi negatif. Dampak negatif tersebut meliputi: (1) terjadinya pencemaran lingkungan akibat limbah industri, (2) meningkatnya perilaku konsumtif atau konsumerisme, (3) melemahnya identitas dan kepribadian masyarakat akibat penetrasi budaya industri, (4) pergeseran atau alih fungsi mata pencaharian tradisional, serta (5) meningkatnya arus urbanisasi ke wilayah perkotaan yang dapat menimbulkan berbagai permasalahan sosial.

Lumpur susu menumpuk di kolam penampungan sebagai limbah dari pengolahan limbah PT. Indolakto. Karena kandungan lemaknya yang tinggi dan konsentrasi padatan kering yang rendah, lumpur susu ini dapat menjadi tempat berkembang biaknya bakteri. Dengan penggunaan deterjen asam dan surfaktan dalam sanitasi peralatan produksi, beban BOD dapat meningkat sekitar 1 kg untuk setiap 453 ton susu yang dikonsumsi. Gula terlarut, protein, lipid, dan sisa aditif membentuk limbah susu. Dengan menerapkan konversi ini, kita dapat menentukan beban pencemaran setiap komponen susu: Terdapat tiga kilogram COD untuk setiap kilogram lemak susu, satu kilogram laktosa, dan satu kilogram protein (Tahiyyah, 2017).

Susu yang belum diolah dan hasil samping produksi lainnya di Pabrik PT. Indolakto Pandaan menimbulkan risiko pencemaran dan tidak bernilai ekonomi (Diantoro, 2015). Maka, PT. Indolakto Factory Pandaan melakukan pengelolaan limbah tidak hanya untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi produk yang bernilai ekonomis. *Sludge*, sering dikenal sebagai limbah padat, merupakan produk sampingan dari industri pengolahan limbah. Peningkatan kapasitas produksi perusahaan berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah *sludge*, sementara kemampuan pengelolaan limbah tidak mengalami peningkatan yang sepadan, sehingga diperlukan solusi yang tepat untuk penanganannya (Samosir, 2007).

Sludge, atau limbah lumpur padat, kaya akan nutrisi dan humus, menjadikannya bahan kompos yang ideal. Karena komposisinya, *sludge* dapat secara tidak langsung meningkatkan kesuburan tanah ketika digunakan (Pandapotan, 2017). Pengaruhnya terhadap perkembangan tanaman dan hasil panen dari berbagai jumlah produk sampingan susu sapi sangat signifikan. Berdasarkan hasil analisis univariat, konsentrasi limbah susu sapi secara signifikan memengaruhi variabel respons terkait hasil panen (Sulistiyawan, 2015). Lumpur dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dapat dimanfaatkan sebagai pengurai, dan limbah susu bubuk dapat dimanfaatkan sebagai unsur pengayaan dalam pembuatan kompos. Kompos akhir memiliki banyak manfaat, antara lain: (1) kandungan C organik total, N total, P_2O_5, dan K_2O yang lebih tinggi sehingga kualitas kompos lebih baik; (2) memenuhi standar kualitas terkait keberadaan mikroba patogen dan logam berat; (3) menghasilkan daun yang lebih besar dan bobot panen kotor yang lebih tinggi pada percobaan tanaman pakcoy; dan (4) mampu meningkatkan kesuburan tanah setelah panen (Suselo Harjoa, 2014).

Terdapat dua jenis nutrisi tanaman: makro dan mikro. Pupuk merupakan sumber umum nutrisi makro (N, P, dan K) yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan, meskipun udara dan air juga menyediakan C, H, dan O. Sementara itu, unsur hara mikro walaupun hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil, tetap memiliki

fungsi yang penting pada periode fisiologis tertentu, misalnya saat proses respirasi maupun pembentukan buah. Unsur mikro tersebut antara lain Fe, Mn, Cu, dan Zn (Yazid, 2005).

Fisiologi tanaman sangat dipengaruhi oleh unsur hara makro NPK. Produksi buah yang optimal, pertumbuhan vegetatif yang lebih baik, dan pembentukan protein semuanya membutuhkan nitrogen. Fosfor membantu tanaman dalam beberapa cara, termasuk membuatnya lebih tahan terhadap hama dan penyakit, meningkatkan kuantitas dan kualitas buah, serta mendorong pembungaan. Di sisi lain, kalium mencegah bunga dan buah rontok dan membantu sintesis protein dan karbohidrat (Yazid, 2005).

Famili *Solanaceae* mencakup tanaman perdu *Capsicum sp*., yang penting secara budaya dan ekonomi karena cabai rawitnya. Peru, di Amerika Selatan, adalah tempat pertama kali tanaman ini ditemukan dan titik awal ekspansi globalnya selanjutnya. Cabai rawit diangkut ke Asia, Eropa, dan Amerika melalui jalur perdagangan dan interaksi internasional. Cabai rawit sangat dihargai di Asia Tenggara, khususnya Indonesia. Ekspansi ini menunjukkan bagaimana cabai rawit telah menjadi bagian dari sistem pertanian lokal dan tradisi kuliner, sekaligus membuktikan toleransi tanaman ini terhadap berbagai iklim. Jadi, cabai rawit lebih dari sekadar tanaman kebun; cabai rawit mewakili proses akulturasi budaya pangan global yang berkelanjutan (Setiadi, 2008).

Berasal dari Amerika, tanaman Capsicum frutescens L., yang umumnya dikenal sebagai cabai rawit, lebih menyukai iklim kering dan ketinggian antara 500 dan 1.250 meter di atas permukaan laut. Cabai merupakan bahan yang hampir selalu digunakan dalam masakan sehari-hari bagi masyarakat Indonesia. Seratus gram cabai rawit mengandung 103 kalori, 4,7 gram protein, 2,4 gram lemak, 19,9 gram karbohidrat, 45 miligram kalsium, 8 miligram fosfor, 11 miligram vitamin A, dan 70 miligram vitamin C. Kapsaisin, kapsantin, karotenoid, alkaloid, resin, minyak atsiri, vitamin A dan C, serta zat bermanfaat lainnya juga ditemukan dalam cabai rawit. Kapsaisin, zat kimia yang bertanggung jawab atas rasa pedas khas cabai, memiliki banyak kegunaan: meningkatkan aliran darah, meredakan nyeri di area tersebut, dan melancarkan sirkulasi. Berbagai steroid, termasuk solanin, solamidin, solamargarin, solasodin, dan solasomin, ditemukan dalam biji cabai rawit (Rahman, 2010).

Warga sekitar PT. Indolakto biasa menanam tanaman seperti cabai, cabai dan terong. Limbah yang digunakan sebagai pupuk biasa diambil oleh warga sekitar dan digunakan untuk tanaman cabai oleh warga sekitar dan hasilnya sangat subur untuk tanaman cabai. PT. Indolakto sendiri belum mengetahui kandungan unsur pada limbah padat mereka yang membuat tanaman cabai tumbuh subur dengan pupuk sludge miliknya. Sehingga penulis tertarik untuk meneliti "Analisis Kandungan Limbah PT. Indolakto Sebagai Pupuk Padat Untuk Tanaman Cabai (*Capsicum frutecens L.*)" agar dapat memaksimalkan penggunaanya untuk tanaman cabai serta meningkatkan nilai ekonomis limbah padat tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk mengevaluasi kandungan unsur hara makro Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) pada limbah padat (sludge) PT. Indolakto serta dampaknya terhadap pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman cabai (Capsicum annuum L.). Penelitian dilakukan melalui kombinasi pengamatan langsung di lapangan, analisis laboratorium, dan pengamatan pertumbuhan tanaman cabai yang dipupuk dengan sludge, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Data yang dikumpulkan merupakan data primer yang meliputi hasil analisis kandungan unsur hara NPK, waktu tumbuh tanaman dari biji hingga panen, serta kualitas fisik hasil cabai.

Penelitian ini dilaksanakan di tiga lokasi berbeda. Lokasi pertama, yaitu PT. Indolakto Pandaan yang beralamat di Jl. Raya Lebaksari, RT.06/RW.13, Karang Kepuh, Karang Jati, Kecamatan Pandaan, Kabupaten Pasuruan, merupakan tempat pengambilan sampel sludge. Lokasi kedua adalah Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya di Jl. Jagir Wonokromo No. 360, Panjang Jiwo, Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Surabaya, yang digunakan sebagai tempat analisis laboratorium. Sementara itu, kegiatan budidaya tanaman cabai dilakukan di Desa Hula'an RT.18 RW.07 Kecamatan Menganti, Kabupaten Gresik. Penelitian berlangsung selama ±3 bulan, dimulai pada bulan Februari hingga Mei 2024.

Dalam penelitian ini digunakan lima variabel utama, yaitu kandungan unsur hara makro Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), waktu tumbuh tanaman (mulai dari biji, batang, daun, bunga hingga panen), dan kualitas hasil cabai. Definisi operasional masing-masing variabel dijabarkan sebagai berikut: (1) Unsur hara N, P, dan K didefinisikan sebagai persentase kandungan masing-masing unsur dalam sludge yang dianalisis di laboratorium dengan skala rasio; (2) Waktu tumbuh tanaman diukur berdasarkan lamanya waktu dari proses penanaman biji hingga panen menggunakan metode observasi lapangan dan berskala rasio; dan (3) Kualitas cabai yang dipanen diukur melalui pengamatan fisik di lapangan menggunakan skala ordinal.

Objek dari penelitian ini adalah tanaman cabai yang diberi perlakuan berbeda dalam pemberian pupuk sludge. Penelitian ini menerapkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali. Perlakuan pertama adalah K0 (kontrol) dengan perbandingan tanah dan sekam 4:1 (4 kg tanah dan 1 kg sekam). Perlakuan kedua adalah P1 dengan komposisi tanah, pupuk sludge, dan sekam 1:1:1 (masing-masing 1,66 kg). Perlakuan ketiga adalah P2 dengan perbandingan 1:2:1 (1,25 kg tanah, 2,5 kg sludge, dan 1,25 kg sekam).

Tahapan penelitian dimulai dari persiapan alat dan bahan. Alat yang digunakan meliputi karung, timbangan, polybag ukuran 25x30 cm, dan cetok. Bahan yang digunakan meliputi sludge hasil press dari PT. Indolakto, tanah gembur, biji cabai, dan sekam. Prosedur penelitian terdiri dari lima tahapan utama, yakni: (1) Persiapan bahan yang dilakukan dengan observasi di PT. Indolakto dan pengambilan sampel sludge sebanyak 17 kg. (2) Pengiriman sampel ke laboratorium, di mana sampel disiapkan dalam plastik klip sebanyak 500 gram. (3) Aklimatisasi benih cabai dilakukan dengan media aklimatisasi (tanah:sekam:sludge = 1:1:1) dalam wadah berlubang yang dijaga kelembapannya sampai benih berkecambah dan memiliki 3-5 helai daun. (4) Persiapan media tanam dilakukan dengan mencampurkan bahan sesuai perlakuan (K0, P1, dan P2) lalu dimasukkan ke dalam polybag hingga 80% volume. (5) Penanaman dan panen, di mana benih yang sudah berkecambah ditanam dan cabai dipanen pada umur 70–75 hari setelah tanam.

Jenis data yang dikumpulkan terdiri dari data primer, yaitu hasil analisis laboratorium kandungan NPK sludge, waktu pertumbuhan tanaman, dan kualitas fisik cabai. Sedangkan data sekunder berupa data deskriptif mengenai sludge dari PT. Indolakto Pandaan. Instrumen utama yang digunakan adalah alat pengukur waktu tumbuh dan lembar observasi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan untuk pertumbuhan tanaman dan analisis laboratorium untuk mengukur kandungan unsur hara.

Data yang telah terkumpul diolah melalui beberapa tahapan, yaitu editing, untuk memperbaiki atau menyempurnakan data yang tidak akurat; coding, yakni mengubah data non-numerik menjadi data numerik; dan tabulasi, yaitu menyusun data dalam bentuk tabel agar mudah dianalisis. Analisis data dilakukan menggunakan uji statistik ANOVA dengan tingkat signifikansi < 0,05. Kriteria pengujian yang digunakan yaitu: H_0 menyatakan "tidak ada perbedaan signifikan waktu tumbuh cabai antar perlakuan", dan H_1 menyatakan "ada perbedaan signifikan waktu tumbuh cabai antar perlakuan". Perbandingan hasil kadar NPK sludge juga dilakukan terhadap standar baku SNI 19-7030-2004.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Pupuk limbah padat PT. Indolakto merupakan hasil samping dari proses industry pengolahan susu. Pemanfaatan limbah ini sebagai pupuk dapat memberikan nilai tambah dan mengurangi dampak lingkungan. Analisis kandungan unsur hara makro NPK penting untuk menentukan efektivitasnya sebagai pupuk dan potensinya dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini bertujuan “untuk menganalisis kandungan unsur hara makro NPK dalam pupuk limbah padat dari PT. Indolakto.” Hasil analisis ini akan digunakan untuk menilai kelayakan limbah tersebut sebagai pupuk dan memberikan rekomendasi terkait penggunaannya.

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Sampel limbah padat diambil dari PT. Indolakto dan dianalisis di laboratorium untuk menentukan konsentrasi unsur hara makro NPK.

Temuan studi ini diproyeksikan bisa memberikan data yang berharga tentang komposisi nutrisi pupuk limbah padat. Selain itu, penelitian ini juga dapat berkontribusi pada upaya peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan limbah sektor industri.

Penelitian ini juga diproyeksikan bisa berkontribusi positif pada pengembangan produk pupuk berbasis limbah yang ramah lingkungan dan ekonomis, serta mendukung praktik pertanian berkelanjutan.

3.1.2 Hasil Uji Kadar NPK Pupuk

Pupuk Sludge yang digunakan untuk menanam cabai dilakukan pengujian skala laboratorium kandungan N sesuai SNI 19-7030-2004. Pengujian yang telah dilangsungkan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya mendapatkan hasil :

Tabel 1. Hasil Uji N Pupuk

Parameter Penelitian	Waktu Pemeriksaan Sampel	Kadar (%)	Persyaratan SNI 19-7030-2004
	Sebelum Penanaman (pupuk sludge murni)	0,12%	
N	Penanaman Berlangsung (K0)	0,16%	**Min 0,40%**
	Penanaman Berlangsung (P1)	0,18%	
	Penanaman Berlangsung (P2)	0,23%	

Sumber : Data Hasil Uji Laboratorium

Pupuk Sludge yang digunakan untuk menanam cabai dilakukan pengujian skala laboratorium kandungan P sesuai SNI 19-7030-2004. Pengujian yang telah dilangsungkan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya mendapatkan hasil :

Tabel 2. Hasil Uji P Pupuk

Parameter Penelitian	Waktu Pemeriksaan Sampel	Kadar (%)	Persyaratan SNI 19-7030-2004
	Sebelum Penanaman (pupuk sludge murni)	0,14%	
P	Penanaman Berlangsung (K0)	0,09%	**Min 0,10%**
	Penanaman Berlangsung (P1)	0,12%	
	Penanaman Berlangsung (P2)	0,13%	

Sumber : Data Hasil Uji Laboratorium

Pupuk Sludge yang digunakan untuk menanam cabai dilakukan pengujian skala laboratorium kandungan K sesuai SNI 19-7030-2004. Pengujian yang telah dilangsungkan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya mendapatkan hasil :

Tabel 3. Hasil Uji K Pupuk

Parameter Penelitian	Waktu Pemeriksaan Sampel	Kadar (%)	Persyaratan SNI 19-7030-2004
K	Sebelum Penanaman (pupuk sludge murni)	0,93%	**Min 0,20%**
	Penanaman Berlangsung (K0)	0,37%	
	Penanaman Berlangsung (P1)	1,08%	
	Penanaman Berlangsung (P2)	1,34%	

Sumber : Data Hasil Uji Laboratorium

3.1.3 Hasil Pengukuran Waktu Pertumbuhan Tanaman

Pengukuran waktu pertumbuhan tanaman cabai dimulai di bulan Februari hingga Mei 2024 di Desa Hulaan Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik. Adapun hasil pengukuran rentang waktu pertumbuhan tanaman cabai dalam tabel dibawah ini sebagai berikut :

Tabel 4. Waktu Tumbuh Tanaman

Perlakuan	Waktu Tumbuh Batang	Waktu Tumbuh Daun	Waktu Tumbuh Bunga	Waktu Panen
K_0	8 Hari	12 Hari	60 Hari	82 Hari
P_1	6 Hari	10 Hari	58 Hari	80 Hari
P_2	6 Hari	10 Hari	56 Hari	80 Hari

3.1.4 Hasil Kualitas Cabai

Pengamatan hasil kualitas cabai dilakukan pada bulan Mei 2024 di Desa Hulaan Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik. Adapun hasil kualitas cabai dalam tabel dibawah ini sebagai berikut :

Tabel 5. Kualitas Hasil Cabai

Perlakuan	Gambar Cabai	Baik	Sedang	Buruk

K_0			Cabai cenderung pendek serta kurus
P_1		Cabai cenderung pendek serta kurus namun lebih baik daripada perlakuan K_0	
P_2		Cabai cenderung pendek serta kurus namun lebih baik daripada perlakuan K_0	

3.1.5 Hasil Analisis Perbedaan Waktu Tumbuh Cabai

Hasil pemeriksaan laboratorium kandungan NPK pada pupuk sludge PT. Indolakto selanjutnya dilakukan uji statistik *ANOVA* yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas pupuk sludge terhadap waktu pertumbuhan tanaman cabai, hasil uji statistic *Anova* yang telah diperoleh sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Statistik Dengan *Anova*

Perlakuan	**Nilai Signifikasi**
K_0	0,00
P_1	0,00
P_2	0,00

Sumber : Data Primer

Tabel di atas menunjukkan hasil analisis *ANOVA* untuk menguji perbedaan waktu yang telah dilakukan mendapatkan hasil nilai signifikasi < 0,05 .

3.2 Pembahasan

3.2.1 Uji Kadar Npk Pada Pupuk Sludge

Agar tetap hidup, tanaman cabai membutuhkan nutrisi. Tanaman dapat memperoleh semua nutrisi yang dibutuhkannya dari tanah yang sehat. Tiga unsur terpenting untuk pertumbuhan tanaman adalah kalium (K), fosfor (P), dan nitrogen (N). Karena kemampuannya mempercepat laju proses biologis tertentu, nitrogen merupakan nutrisi pertumbuhan yang krusial. Peningkatan perkembangan tanaman, kadar protein tanah yang lebih tinggi, lebih banyak tanaman berdaun (sayuran, rumput, dll.), proliferasi mikroba yang

lebih tinggi di dalam tanah, dan peran nitrogen dalam sintesis protein dan asam amino merupakan fungsi nitrogen pada tanaman. Warna daun tanaman berhubungan langsung dengan jumlah nitrogen di dalam tanah. Gejala kekurangan nitrogen meliputi daun menguning, pertumbuhan terhambat, dan perkembangan akar yang tidak optimal (Handayanto, 1998).

Fosfor, yang merupakan penyusun protein, lipid, dan biji-bijian, sangat penting bagi perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Fosfor tanah, baik organik maupun anorganik, berperan dalam proses pelepasan dan penyimpanan energi metabolisme sekunder. Tanah mengandung lebih sedikit fosfor (P), suatu unsur hara makro yang penting bagi pertumbuhan tanaman, dibandingkan kalium (K) dan nitrogen (N). Pelapukan bahan- bahan biologis menyediakan fosfor yang tersisa, sedangkan pelapukan batuan mineral alami menyediakan sebagian besar fosfor. Mikroba tanah membutuhkan sebagian besar fosfor terlarut untuk pertumbuhan, dan kemudian mengubahnya menjadi humus (Novizan, 2002).

Tumbuhan dan semua bentuk kehidupan lainnya bergantung pada kalium sebagai mineral vital. Kalium, bersama nitrogen dan fosfor, merupakan salah satu dari tiga makronutrien utama dan satu-satunya unsur yang diandalkan tumbuhan untuk tujuan tertentu. Salah satu cara kalium berkontribusi terhadap perkembangan tumbuhan adalah dengan memengaruhi efisiensi tumbuhan dalam menggunakan air. Tegangan yang melintasi saluran kalium dalam sel-sel yang mengelilingi stomata tumbuhan mengatur waktu pembukaan dan penutupan pori-pori daun (Winarso, 2005). Muatan N pada saat sebelum penanaman (pupuk sludge murni) tercatat sebesar 0,12%. Nilai ini berada di bawah persyaratan SNI 19-7030- 2004, yang menetapkan minimum kandungan nitrogen sebesar 0,40%. Kandungan N setelah penanaman pada K_0 meningkat menjadi 0,17%, meski terjadi peningkatan nilai ini masih di bawah standar minimum SNI. Kandungan N setelah penanaman pada P_1 sedikit meningkat menjadi 0,18%, tetap di bawah standar minimum SNI. Terjadi peningkatan kandungan N setelah penanaman pada P_2 menjadi 0,22%, namun masih belum mencapai persyaratan minimum SNI 0,40%.

Kandungan P tercatat sebesar 0,14% pada sebelum penanaman (pupuk sludge murni), yang sudah memenuhi dan sedikit di atas persyaratan minimum SNI 0,10%. Kandungan P 0,08% setelah penanaman pada K_0, di bawah standar minimum SNI. Kandungan P menjadi 0,10% setelah penanaman pada P_1 tepat pada batas minimum SNI. Kandungan P meningkat sedikit menjadi 0,11% setelah penanaman pada P_2, melebihi standar minimum SNI.

Kandungan K tercatat sebesar 0,93% sebelum penanaman (pupuk sludge murni), jauh melebihi persyaratan minimum SNI 0,20%. Kandungan K menjadi 0,37% setelah penanaman pada K_0, namun tetap di atas standar minimum SNI. Kandungan K meningkat signifikan menjadi 1,08% setelah penanaman pada P_1, jauh di atas standar minimum SNI. Kandungan K terus meningkat menjadi 1,34% setelah penanaman pada P_2, masih di atas standar minimum SNI.

Menurut penelitian (Agustin, 2006) Kadar N pada pupuk sludge bias rendah karena kodisi pH yang tinggi dapat melarutkan N dan melepaskannya sebagai ammoniak. Salah satu cara untuk menambah kadar N pada pupuk sludge adalah dengan menambahkan kotoran kelelawar sebab kotoran kelelawar mengandung N sebesar 7-17% (Diba, 2013).

Dari hasil pada tabel, terlihat bahwa N tidak memenuhi standar minimum SNI di semua tahap. P umumnya memenuhi standar minimum SNI. K memenuhi dan melebihi standar SNI pada semua tahap. Peningkatan signifikan terutama pada tahap P_1 dan P_2.

3.2.2 Waktu Pertumbuhan Tanaman

Jika kondisinya tepat, tanaman cabai dapat tumbuh subur. Baik di dataran rendah maupun tinggi, baik di musim kemarau maupun musim hujan, cabai dapat ditanam di sawah maupun tegalan (Setiadi, 2006). Baik dataran rendah maupun tinggi, hingga ketinggian 1.400 m di atas permukaan laut, cocok untuk menanam cabai (Susilawati, 2012).

Tanaman cabai membutuhkan setidaknya 10 hingga 12 jam sinar matahari per hari untuk tumbuh optimal, yang meliputi fotosintesis, pembungaan, pembuahan, dan pematangan buah. Tanaman cabai akan membutuhkan waktu lebih lama untuk dipanen, memiliki batang yang lemas, tumbuh tinggi, dan lebih

rentan terhadap penyakit, terutama bakteri dan jamur, jika tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau terlindung dari sinar matahari yang dibutuhkan (Wijoyo, 2009).

1. Perlakuan K0

   Waktu tumbuh batang membutuhkan 8 hari untuk menunjukkan pertumbuhannya, waktu tumbuh daun membutuhkan 12 hari, waktu tumbuh bunga mulai muncul setelah 60 hari dan tanaman dapat dipanen pada hari ke 82.

   Perlakuan K0 berfungsi sebagai kontrol, menunjukkan bagaimana tanaman tumbuh tanpa perlakuan tambahan apapun. Hasilnya menunjukkan waktu tumbuh dan panen yang lebih lama dibandingkan dengan perlakuan lainnya.
2. Perlakuan P1

   Batang tumbuh dalam 6 hari yang mana lebih cepat 2 hari dibandingkan dengan K0. Daun tumbuh dalam waktu 10 hari, lebih cepat 2 hari dibandingkan dengan K0. Bunga muncul setelah 58 hari, lebih cepat 2 hari dibandingkan dengan K0. Cabai dapat dipanen pada hari ke 80, lebih cepat 2 hari daripada K0.

   P1 menunjukkan ada percepatan dalam semua fase pertumbuhan tanaman. Ini bisa menunjukkan efek positif dari perlakuan yang diberikan yakni penambahan pupuk sebanyak 1,66 kg.
3. Perlakuan P2

   Pertumbuhan batang terjadi dalam 6 hari, sama dengan P1. Munculnya daun pada hari ke 10, sama dengan P1. Bunga muncul setelah 56 hari, 4 hari lebih cepat dari K0 dan 2 hari lebih cepat dari P1. Tanaman dapat dipanen pada hari ke 80.

   P2 menunjukkan hasil yang mirip dengan P1 dalam hal waktu tumbuh. Namun P2 memperlihatkan waktu tumbuh bunga yang lebih cepat dibandingkan dengan P1 dan K0, meskipun waktu panen tetap sama dengan P1.

Menurut (Supriansyah, 2021) Perlakuan penggunaan endapan limbah cair industry berpengaruh nyata terhadap saat munculnya bunga pada tanaman cabai, limbah cair industri dengan dosis yang tepat menghasilkan saat kemunculan bunga lebih cepat dan berbeda dengan perlakuan tanpa pemberian limbah cair industri.

Dari data diatas, perlakuan P1 dan P2 memberikan efek yang mempercepat waktu tumbuh dan waktu panen tanaman dibandingkan dengan kontrol (K0). Temuan tersebut menjabarkan perlakuan yang diberikan pada P1 dan P2 berupa tambahan pupuk sludge PT. Indolakto dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman.

3.2.3 Hasil Kualitas Cabai

Saat menanam cabai rawit di dalam polibag, sangat penting untuk menggunakan media tanam dengan komposisi dan komponen yang tepat. Terutama di daerah kering dengan air yang langka, tanah yang lembap sangat ideal untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan unsur hara makro, seperti N, P, dan K, dalam media tanam ditentukan oleh kadar airnya. Hasil panen dipengaruhi oleh kadar air di udara karena kadar air tersebut mengendalikan respons tanaman terhadap pertumbuhan (Sofiarani, 2020).

Perlakuan K_0 menghasilkan cabai dengan kualitas fisik yang kurang baik, di mana cabai cenderung pendek dan kurus. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan ini kurang optimal untuk menghasilkan buah cabai yang berkualitas baik.

Perlakuan P_1 menunjukkan perbaikan dalam kualitas cabai dibandingkan dengan perlakuan K_0. Meskipun cabai masih cenderung pendek dan kurus, kualitasnya lebih baik dari pada hasil perlakuan K_0. Ini mungkin menunjukkan adanya peningkatan nutrisi yang lebih baik dibandingkan dengan K_0.

Perlakuan P_2 menghasilkan cabai dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan K_0 dan P_1. Cabai yang dihasilkan masih memiliki kecenderungan pendek dan kurus, tetapi perbaikan yang terlihat menunjukkan bahwa perlakuan P_2 lebih efektif dalam meningkatkan kualitas fisik cabai dibandingkan dengan perlakuan sebelumnya.

Menurut Penelitian (Jamil, 2006) pupuk sludge dapat berpengaruh terhadap kualitas panen cabai karena memuat unsur hara makro dan mikro yang bisa menumbuhkan kualitas tanah yang bermanfaat untuk tanaman.

Dari tabel yang disajikan menunjukkan bahwa perlakuan P_1 dan P_2 menunjukkan peningkatan kualitas cabai dibandingkan dengan perlakuan K_0. Meskipun masih ada kelemahan seperti cabai yang cenderung pendek dan kurus, namun ada peningkatan yang signifikan dari segi kualitas fisik cabai. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan P_1 dan P_2 bisa berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan perkembangan buah cabai.

3.2.4 Analisis Perbedaan Waktu Tumbuh Cabai

Dalam penelitian yang telah dilakukan, pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui perbedaan waktu tumbuh tanaman cabai dilakukan dengan uji statistik yaitu *Anova*. Dalam uji *Anova* terdapat persyaratan yang harus dilakukan yaitu data berdistribusi normal (uji normalitas dengan nilai signifikasi > 0,05), data bersifat homogen (uji homogenitas dengan nilai signifikasi > 0,05. Apabila tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji alternativ dari *Anova* menggunakan non parametrik yaitu *Kruskall Walis*. Berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan hasil analisa efektivitas pupuk sludge terhadap waktu pertumbuhan cabai memperoleh nilai signifikasi < 0,05. Analisa perbedaan waktu tumbuh cabai menggunakan uji *Anova* yang memperoleh nilai signifikasi < 0,05 yang berarti ada perbedaan signifikan waktu tumbuh cabai dengan berbagai perlakuan.

SIMPULAN

1. Kandungan N pada pupuk sludge PT. Indolakto belum memenuhi syarat SNI 19-7030-2004. P memenuhi standar minimum SNI 19-7030-2004. K memenuhi dan melebihi standar SNI pada semua tahap.
2. Perlakuan yang diberikan pada P1 dan P2 berupa tambahan pupuk sludge PT. Indolakto dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman.
3. Perlakuan P_1 dan P_2 berupa tambahan pupuk PT. Indolakto menunjukkan peningkatan kualitas cabai dibandingkan dengan perlakuan K_0
4. Analisa perbedaan waktu tumbuh cabai menggunakan uji *Anova* yang memperoleh nilai signifikasi < 0,05 yang berarti ada perbedaan signifikan waktu tumbuh cabai dengan berbagai perlakuan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustin, D. (2006). *Pemanfaatan Lumpur Dari Sludge Drying Bed Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Sewon Bantul, Serbuk Jerami Dan Kotoran Sapi Untuk Proses Pengomposan*.

Chrisman Daniel Pandapotan, M. P. (2017). Pemanfaatan Limbah Lumpur Padat (Sludge) Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Penyediaan Unsur Hara Di Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, *5*(2), 271–276.

Diantoro, A. (2015). *Proses Pengolahan Limbah Cair Menjadi Limbah Padat Di PT Indolakto Factory Pandaan*.

Diba, P. F. (2013). Peningkatan Kadar N,P Dan K Pada Pupuk Organik Cair Dengan Pemanfaatan Bat Guano. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 56–60.

Eva, B. (2018). *Geografi Indonesia*. Penerbit Ombak.

Handayanto. (1998). *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian.

Jamil, M. (2006). Utilization of Sewage Sludge as Organic Fertilizser in Sustainable Agriculture. *Journal of Applied Science*, 531–535.

Novizan. (2002). *Membuat dan Memanfaatkan Pestisida Ramah Lingkungan*. Agro Media Pustaka.

Setiadi. (2008). *Bertanam Cabai Rawit*. Penerba Swadaya.

Sofiarani, F. N. (2020). Pertumbuhan dan Hasil cabai Rawit (Capsicum Frutescens L.) pada Berbagai Media Tanam Dalam Skala Pot. *Vegetalika*, 292–304.

Sulistiyawan, E. (2015). Analisis Pengaruh Limbah Susu Sapi Cair MT.GKSI Boyolali Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanam Tanaman Bawang Merah (Allium cepa var.ascallonicum). *Statistika*.

Suselo Harjoa, A. A. (2014). Potensi dan Pemanfaatan Limbah Susu Bubuk Untuk Fortifikasi Kompos Pada Pertanian Sayur Organik. *Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 103–110.

Susilawati. (2012). Karakter Agronomi dan Toleransi Varietas Cabai Merah Akibat Genangan pada Fase Generatif. *Jurnal Lahan Suboptimal*.

Tahiyyah, G. N. (2017). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Indolakto Pandaan, Pasuruan, Jawa Timur*.

Wijoyo. (2009). *Taktik Jitu Menanam Cabai di Musim Hujan*. Bee Media Jakarta.

Winarso. (2005). *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava Media.

Yazid, M. K. M. (2005). Kajian Pemanfaatan Sludge IPAL Kota Jogjakarta Sebagai Pupuk Organik Yang Ramah Lingkungan. *Ganendra*, *VII*(1).