

APLIKASI PUPUK CAIR BERBASIS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT PADA TANAMAN SORGUM

Firda Dimawarnita, Yora Faramitha, dan Winda Dwi Aulia¹

Abstrak - Saat ini, pemanfaatan TKKS banyak digunakan sebagai material terbarukan, bahan bakar, dan pupuk padat. Namun, sebagian besar pemanfaatan limbah padat TKKS masih banyak difokuskan pada produk padat, sementara sangat sedikit yang tertarik pada produk samping cair, seperti pupuk organik cair. Keunggulan pupuk organik cair adalah memberikan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selain itu pengaplikasiannya bisa lebih merata dan konsentrasinya bisa diatur sesuai kebutuhan tanaman. Bahan organik kini sedang banyak dipromosikan oleh pemerintah untuk mendukung penerapannya pada pertanian organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pupuk cair dari TKKS untuk diaplikasikan pada tanaman sorgum. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian yaitu Rancangan Acak Lengkap dengan 4 (empat) perlakuan dan 5 (lima) ulangan. Delignifikasi pada TKKS memberikan pengaruh pada ketersediaan hara pupuk organik cair yang dibuat. Perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik didominasi oleh pupuk dari TKKS yang tidak dilakukan delignifikasi namun diberikan penambahan urine sapi. Perlakuan tersebut memberikan kondisi terbaik pada kualitas pupuk cair yang meliputi kadar nitrogen, kalium, sulfur, pH, serta karakter agronomis yang meliputi tinggi dan jumlah daun pada sorgum.

Kata kunci: lignoselulosa; organik; sorgum; urine sapi

PENDAHULUAN

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan produk samping dari industri kelapa sawit Indonesia, yang merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia. Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) di Indonesia tahun 2022 yaitu sebesar 46,729 ton (GAPKI, 2023). Produk samping kelapa sawit berupa TKKS sebesar 21-24% dari Tandan Buah Segar (TBS), sehingga produk samping ini berlimpah jumlahnya dari proses produksi minyak sawit. Produk samping ini kurang dimanfaatkan dan menyebabkan banyak masalah terkait dengan praktik pembuangan TKKS yang tidak tepat, seperti tempat pembuangan yang tidak memadai, gas metana yang berbahaya pada proses penguraian (Derman et al., 2018; Junsittiwate et al., 2022). Saat ini, pemanfaatan TKKS banyak digunakan sebagai material terbarukan (Nikmatin et al., 2017),

bahan bakar (Novianti et al., 2016), dan pupuk padat (Lim et al., 2015). Namun, sebagian besar studi tersebut masih difokuskan pada produk padat, sementara sangat sedikit yang tertarik pada produk sampingan cair, seperti pupuk organik cair.

Berdasarkan bentuknya, pupuk organik dibedakan menjadi dua: yaitu pupuk organik cair dan padat. Pupuk organik cair adalah larutan larut yang mengandung satu atau lebih pembawa unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Keunggulan pupuk organik cair adalah memberikan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selain itu aplikasi lebih merata dengan konsentrasi yang dapat diatur sesuai kebutuhan tanaman (Karmanah et al., 2022). Pupuk organik cair mengandung unsur hara yang lebih bervariasi yaitu unsur hara makro dan mikro. Pupuk cair lebih mudah diserap tanaman karena senyawa di dalamnya sudah terurai, sehingga bekerja lebih cepat dibandingkan pupuk padat karena sifatnya yang terlarut (Solihin et al., 2019). Pupuk organik cair juga mempunyai bahan pengikat, sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman.

Bahan organik kini dipromosikan oleh petani untuk mendukung penerapan pertanian organik. Jumlah

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Firda Dimawarnita(✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158, Indonesia
Email: firda.dimawarnita@gmail.com

¹Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, IPB University, Jl. Raya Dramaga Bogor 16680, Indonesia

populasi mikroorganisme pada tanah digunakan sebagai indikator tanah degradasi (Obalum et al., 2017). Pertanian organik tidak diperbolehkan menggunakan bahan kimia buatan sekalipun pestisida dalam pengendalian hama dan penyakit (Emiria & Purwandari, 2014). Pestisida alami terbukti lebih baik dan lebih menguntungkan dibandingkan kimia, pengendalian hama secara biologis akan menghindari kontaminasi ekologi dengan pestisida kimia, dan menjadi lebih baik kompatibel dengan metode pengendalian hama lainnya (Khursheed et al., 2022).

Di sisi lain, selama ini pemanfaatan TKKS banyak diaplikasikan pada fermentasi padat dan langsung dikembalikan ke kebun (Triyono et al., 2019; Lim et al., 2015). TKKS kaya akan kandungan kalium, salah satu makronutrien penting yang akan memberikan manfaat besar untuk nutrisi ke dalam tanah. Pengolahan TKKS menjadi pupuk organik cair dipilih karena pupuk organik cair dapat diformulasi sesuai kebutuhan dan diserap lebih mudah oleh tanaman (Febriyanti et al. 2023). Selain itu, pupuk organik cair juga mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Sifat kimia tanah yang dapat diperbaiki antara lain kapasitas tukar kation (KTK), daya sangga tanah, penekanan racun, dan efisiensi pemupukan yang meningkatkan.

Selain itu, sifat biologi tanah juga dapat meningkat yaitu mampu menjadi sumber energi mikroorganisme (Firmansyah 2010). Keberadaan lignin dalam TKKS selama ini cukup mengganggu karena lignin memiliki struktur yang keras seperti kayu, oleh sebab itu lignin dalam TKKS harus delignifikasi terlebih dahulu. Delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin pada TKKS yang dapat dilakukan secara kimiawi maupun biologis. Proses delignifikasi yang cepat dapat menggunakan beberapa bahan kimia seperti NaOH dan H₂O₂ (Palamae et al., 2014). Melihat manfaat pada TKKS serta kemungkinan perlakuan delignifikasi (Dimawarnita et al., 2023) untuk merombak bahan organik lebih cepat, maka penelitian ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas pupuk cair dari proses delignifikasi TKKS untuk diaplikasikan pada tanaman sorgum.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pupuk cair berbasis TKKS, tanah, urea, SP36,

KCl, benih sorgum.

Metode Pembuatan Pupuk Cair Berbasis TKKS

Pupuk cair TKKS dibuat dengan pencampuran EM4 1,3% (v/v), molases 1,3% (v/v), urine sapi 8% (v/v), serabut TKKS 6,67% (b/v), dan air hingga mencapai 100%. Larutan pupuk cair dicampur menjadi satu dan ditambahkan serabut TKKS yang sudah didelignifikasi sebanyak 6,67% (b/v) kemudian dimasukkan ke dalam drum untuk dilakukan fermentasi selama 23 hari.

Metode Aplikasi Pupuk

Aplikasi pupuk cair yang telah dibuat dilakukan pada tanaman sorgum dengan varietas Samurai 2. Tahap ini terdiri dari persiapan media, penanaman, pemeliharaan, serta pengukuran parameter.

- Persiapan media dilakukan dengan melakukan pengambilan tanah yang diperoleh dari wilayah sekitar Laboratorium Lapangan Agrostologi IPB. Tanah yang terkumpul selanjutnya diayak pada ukuran 1x1 cm untuk kemudian dilakukan penjemuran hingga tanah kering dan tidak saling menggumpal.
- Penanaman diawali dengan pencampuran sebanyak 5 kg tanah yang telah kering dengan pupuk dasar yang terdiri dari Urea, SP36, dan KCl dengan dosis berurutan yaitu sebanyak 200 kg, 100 kg dan 50 kg per hektar ke dalam setiap *polybag*. Selanjutnya sebanyak delapan benih sorgum yang telah direndam 24 jam sebelumnya di tanam pada masing-masing *polybag* yang sudah dibuat empat lubang tanam dengan kedalaman 3 cm.
- Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, pengendalian gulma, penjarangan dan pemberian pupuk. Penjarangan dilakukan pada 2 minggu setelah tanam (MST) dengan mempertahankan dua tanaman pada tiap *polybag*. Tanaman yang dipertahankan sebanyak 2 tanaman adalah tanaman dengan jumlah daun dan tinggi yang seragam dengan seluruh *polybag*. Setelah penjarangan tersebut, maka langkah berikutnya adalah pemberian pupuk cair sebanyak 100 ml pada setiap *polybag*. Total *polybag* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 50 *polybag* dengan rincian: 10 *polybag* untuk

perlakuan kontrol (tanpa pemberian pupuk cair) dan 2 *polybag* untuk masing-masing ulangan pada seluruh perlakuan dengan pemberian pupuk cair.

- d) Parameter yang diamati pada tanaman sorgum antara lain tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar. Tinggi tanaman dan jumlah daun diukur setiap minggu sejak 4 MST dengan bantuan mistar. Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi. Jumlah daun yang dihitung merupakan daun yang sudah terbuka. Panjang akar dilakukan pada 8 MST dengan mencabut seluruh tanaman dari *polybag*.

Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian yaitu Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan dan 5 (lima) ulangan. Perlakuan yang diberikan pada tanaman sorgum terdiri dari pemberian pupuk organik cair (POC) yang bersumber dari substrat TKKS yang diberikan perlakuan berbeda. Perlakuan tersebut sebagai berikut:

P0: Kontrol

P1: Serabut TKKS

P2: Serabut TKKS + urine sapi

P3: Serabut TKKS delignifikasi

P4: Serabut TKKS delignifikasi + urine sapi

Program aplikasi yang digunakan dalam menganalisis data yaitu *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) 25. Data penelitian yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan uji lanjut dengan uji *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Agronomis Tinggi Tanaman

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian POC tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi sorgum pada minggu ke-4, 5, dan 8 setelah tanam. Tidak signifikannya nilai pada minggu ke-4 dan ke-5 diduga karena POC belum terserap secara optimal oleh tanaman, sedangkan pada minggu ke-8 diduga karena unsur hara pada POC telah semakin berkurang. Hal ini sesuai dengan Sukiman et al., (2023) yang menyebutkan bahwa kandungan hara pupuk dapat berkurang karena adanya pencucian dan penguapan yang terjadi sehingga pemanfaatan unsur hara oleh tanaman menjadi tidak maksimal.

Tabel 1. Pengaruh pemberian pupuk cair terhadap tinggi tanaman sorgum

| Perlakuan | Tinggi Tanaman (cm) | | | | |
|-----------|---------------------|-------|--------------------|---------------------|-------|
| | 4 MST | 5 MST | 6 MST | 7 MST | 8 MST |
| P0 | 11,63 | 12,23 | 12,43 ^b | 13,10 ^b | 14,44 |
| P1 | 12,23 | 12,64 | 13,26 ^b | 14,41 ^b | 15,10 |
| P2 | 12,59 | 13,01 | 15,71 ^a | 18,16 ^a | 20,90 |
| P3 | 11,93 | 11,73 | 12,78 ^b | 14,75 ^{ab} | 16,98 |
| P4 | 12,24 | 12,65 | 13,15 ^b | 14,47 ^b | 15,74 |

Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata hasil uji DMRT ($P < 0,05$). P0: tanpa pupuk cair; P1: POC serabut TKKS; P2: POC serabut TKKS + urine sapi; P3: POC serabut TKKS terdelignifikasi; P4: POC serabut TKKS terdelignifikasi + urine sapi

Tinggi tanaman sorgum menunjukkan perbedaan yang signifikan pada minggu ke-6 dan 7 setelah tanam. Hal ini mengindikasikan bahwa hara yang

terdapat pada POC telah terserap secara optimal oleh tanaman sorgum. Berdasarkan hasil tersebut, pemberian POC menghasilkan sorgum yang lebih

tinggi dibandingkan dengan kontrol. Sorgum tertinggi ditemukan pada P2 disusul dengan P3. Tinggi terbaik pada sorgum P2 ini terjadi karena di dalam POC P2 terkandung hara N yang lebih tinggi dibandingkan dengan POC lainnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa di dalam POC P2 terkandung N-total sebanyak

0,36%. Nitrogen merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman dan menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan tanaman. Irsyad dan Kastono (2019), menyebutkan bahwa kandungan nitrogen sangat berpengaruh terhadap tanaman dalam fase vegetatif.

Tabel 2. Pengaruh pemberian pupuk cair terhadap jumlah daun tanaman sorgum

| Perlakuan | Jumlah Daun (Helai) | | | | |
|-----------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | 4 MST | 5 MST | 6 MST | 7 MST | 8 MST |
| P0 | 3,85 ^{bc} | 4,45 ^b | 4,80 | 5,15 ^b | 5,45 |
| P1 | 3,80 ^{bc} | 4,92 ^a | 4,92 | 5,33 ^{ab} | 5,67 |
| P2 | 4,15 ^a | 5,05 ^a | 5,10 | 5,67 ^a | 5,95 |
| P3 | 3,68 ^c | 4,48 ^b | 4,80 | 5,32 ^{ab} | 5,73 |
| P4 | 3,95 ^{ab} | 4,70 ^{ab} | 5,05 | 5,45 ^{ab} | 5,65 |

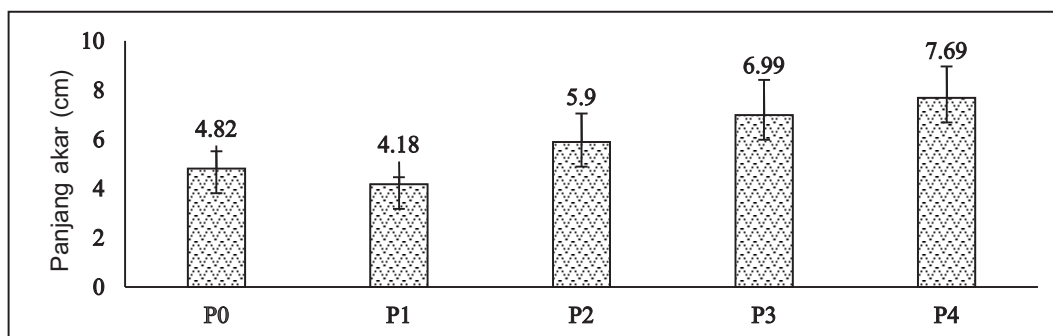
Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata hasil uji DMRT ($P < 0,05$). P0: tanpa pupuk cair; P1: POCTKKS; P2: POCTKKS + urine sapi; P3: POC TKKS terdelignifikasi; P4: POC serabut TKKS terdelignifikasi + urine sapi.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada minggu ke-4 setelah tanam, jumlah daun pada sorgum kontrol memiliki nilai yang lebih baik daripada sorgum perlakuan P1 dan P3. Namun demikian, jumlah daun sorgum yang diberikan POC (P1, P2, P3, P4) minggu ke-5 hingga ke-8 tercatat lebih banyak dibandingkan dengan kontrol. Analisis statistik menunjukkan bahwa P2 memberikan hasil yang berbeda secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada hampir seluruh periode pengukuran. Hingga pengukuran terakhir dilakukan, jumlah daun terbanyak ditemukan pada P2 disusul dengan P3, P1, P4 dan kontrol.

Jumlah daun pada tanaman dipengaruhi oleh keberadaan unsur hara seperti nitrogen, magnesium, dan besi (Su'ud & Lestari, 2018). Selain faktor hara tersebut, tinggi tanaman juga turut mempengaruhi jumlah daun yang terbentuk. Hal ini karena semakin tinggi suatu tanaman, maka semakin banyak sinar matahari yang diperoleh sehingga proses fotosintesis pun semakin meningkat. Fotosintesis yang meningkat pada tanaman menyebabkan terjadinya peningkatan produksi asimilat sehingga jumlah dan luas daun pun akan semakin bertambah (Savitri et al., 2017).

Karakteristik Agronomis Panjang Akar

Gambar 1 menunjukkan tanaman sorgum P4 memiliki panjang akar yang lebih baik dibandingkan pada perlakuan lainnya. Hal ini karena pada P4 terkandung unsur makro kalsium yang cukup tinggi disertai dengan kandungan sulfur yang seimbang dibandingkan dengan P3. Berdasarkan uji laboratorium, di dalam POC P4 dan P3 terdapat kalsium masing-masing sebanyak 226,37 dan 240,72 ppm, sedangkan kandungan sulfur pada P4 dan P3 berturut-turut sebanyak 114,61 dan 20,19 ppm. Kalsium berperan dalam merangsang tanaman untuk melakukan pembentukan bulu-bulu akar. Namun, jika kalsium tersebut tidak diimbangi dengan gugus sulfat, maka ion Ca dalam tanah akan langsung bereaksi dengan gugusan fosfat dari pupuk P dan terbentuk kalsium fosfat yang daya larutnya lebih rendah sehingga lebih sulit dimanfaatkan oleh tanaman (Ispandi & Munip, 2004). Oleh karena itu, kandungan sulfur yang lebih rendah pada perlakuan P3 menghasilkan panjang akar yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P4.



Gambar 1 Panjang akar (cm) pada tanaman sorgum. P0: tanpa pupuk cair; P1: POC serabut TKKS; P2: POC serabut TKKS + urine sapi; P3: POC serabut TKKS terdelignifikasi; P4: POC serabut TKKS terdelignifikasi + urine sapi

Panjang akar pada Gambar 1 menunjukkan perlakuan P4 memiliki panjang akar tertinggi yaitu 7,69 cm pada POC serabut TKKS terdelignifikasi dan penambahan urine sapi. TKKS yang telah terdelignifikasi, mengalami pemutusan ikatan C-C pada rantai lignin dan selulosa, sehingga memudahkan tanaman menyerap unsur hara dari TKKS (Muna et al., 2019). Perlakuan delignifikasi terhadap TKKS membuat pupuk cair yang dihasilkan lebih tinggi kandungan kalsium dan magnesium dibandingkan dengan TKKS tanpa delignifikasi. Kalsium dan magnesium merupakan penyusun struktural dinding sel. Delignifikasi pada TKKS menyebabkan dinding sel tanaman turut rusak akibat panas dan alkali (Shi et al., 2018, White dan Broadley 2003). Rusaknya dinding sel tersebut diduga menjadikan kalsium dan magnesium menjadi lebih tersedia pada POC yang dihasilkan. Kalsium dan magnesium merupakan unsur hara yang juga penting bagi tanaman selain unsur NPK. Hal ini karena kalsium berperan dalam pembentukan akar, biji, pengerasan batang, dan juga pertahanan tanaman dalam melawan penyakit seperti hawar daun bakteri (Supriyadi 2009).

Selain faktor delignifikasi, pemberian urine pada saat pembuatan pupuk P4 juga turut memperkaya hara dari POC yang dihasilkan. Kandungan sulfur yang menurun karena proses delignifikasi dapat ditingkatkan karena pemberian urine sapi. Berdasarkan uji laboratorium, urine sapi yang digunakan pada penelitian ini mengandung sulfur sebanyak 0,11%. Pupuk organik cair berbasis urine kebanyakan diaplikasikan melalui daun atau disebut sebagai pupuk cair *foliar* yang mengandung hara makro dan mikro esensial (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Mo,

Cu, Fe, Mn dan bahan organik) (Mappanganro et al., 2018). Pupuk organik cair selain dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, juga membantu meningkatkan produksi dan kualitas tanaman, sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik (Phibunwatthanawong & Riddech, 2019).

KESIMPULAN

Pemberian pupuk cair berbasis serabut TKKS memberikan pengaruh yang positif terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar tanaman sorgum. Pupuk cair berbasis TKKS yang tidak dilakukan delignifikasi namun ditambahkan urine sapi memiliki kandungan nitrogen yang lebih tinggi dan memberikan pengaruh yang terbaik pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun. Pupuk cair berbasis TKKS yang dilakukan delignifikasi terbukti meningkatkan ketersediaan kalsium dan magnesium pada pupuk cair dan memberikan pengaruh terbaik terhadap panjang akar sorgum dibandingkan dengan pupuk cair yang dihasilkan dari TKKS tanpa delignifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Derman, E., Abdulla, R., Marbawi, H., & Sabullah, M. K. (2018). Oil palm empty fruit bunches as a promising feedstock for bioethanol production in Malaysia. *Renewable energy*, 129, 285-298.
- Dimawarnita, F., Faramitha, Y., Prakoso, H. T., Puspitasari, I., Kalbuadi, D. N., & Prasetyo, D.

- (2023). Characterization of cellulose from oil palm empty fruit bunches by fast delignification process with different solvents. *Menara Perkebunan*, 91(2), 96-105.
- Emiria, F., & Purwandari, H. (2014). Pengembangan pertanian organik di kelompok tani madya, desa kebonagung, kabupaten bantul, daerah istimewa yogyakarta. *Jurnal Penyuluhan*, 10(2), 113-122.
- Febriyanti, P. R., Masnang, A., & Karmanah, K. (2023). Efektivitas Pemberian Pupuk Organik Cair Cangkang Telur dan Kulit Bawang Merah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat Sayur (*Lycopersicum Esculentum* Mill.). *Jurnal Ilmiah Respati*, 14(1), 107-121.
- Firmansyah, A. M. (2010). Teknik Pembuatan Kompos. Kalimantan Tengah: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- GAPKI. 2023. Kinerja Industri Minyak Sawit 2022 : www.gapki.id (diakses : 26 September 2023).
- Irsyad, YMM., Kastono, D., (2019). Pengaruh macam pupuk organik cair dan dosis pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung (*Zea mays* L.). *Vegetalika*, 8(4), 263-275.
- Ispandi A, Munip A. 2004. Efektivitas pupuk PK dan frekuensi pemberian pupuk K dalam meningkatkan serapan hara dan produksi kacang tanah di lahan kering alfisol. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 11(2): 11 – 24.
- Junsittiwate, R., Srinophakun, T. R., & Sukpancharoen, S. (2022). Techno-economic, environmental, and heat integration of palm empty fruit bunch upgrading for power generation. *Energy for Sustainable Development*, 66, 140-150.
- Karmanah, Amrudin, Suanda, I. W., Hengga, K. U., Ashar, J. R., Killa, Y. M., Sutiharni, Martanto, E. A., & Jawang, U. P. (2022). *Pertanian Organik*. Padang: PT Global Eksekutif Teknologi.
- Khursheed, A., Rather, M. A., Jain, V., Rasool, S., Nazir, R., Malik, N. A., & Majid, S. A. (2022). Plant based natural products as potential ecofriendly and safer biopesticides: A comprehensive overview of their advantages over conventional pesticides, limitations and regulatory aspects. *Microbial Pathogenesis*, 105854.
- Lim, P. N., Wu, T. Y., Clarke, C., & Nik Daud, N. N. (2015). A potential bioconversion of empty fruit bunches into organic fertilizer using *Eudrilus eugeniae*. *International journal of environmental science and technology*, 12, 2533-2544.
- Lim, P. N., Wu, T. Y., Clarke, C., & Nik Daud, N. N. (2015). A potential bioconversion of empty fruit bunches into organic fertilizer using *Eudrilus eugeniae*. *International journal of environmental science and technology*, 12, 2533-2544.
- Lucini, L., Roupheal, Y., Cardarelli, M., Canaguier, R., Kumar, P., & Colla, G. (2015). The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, 182, 124-133.
- Mappanganro, R., Kiramang, K., & Kurniawan, M. D. (2018). Pemberian Pupuk Organik Cair (Urin Sapi) terhadap Tinggi Pennisetum purpureum cv. Mott. *Jurnal Ilmu dan Industri Peternakan*, 4(1), 23-31.
- Marpaung, A. E., Hanum, H., & Sembiring, M. (2021). The effect of liquid organic fertilizer and phosphate solubilising bacteria *Bacillus* sp on potato growth (*Solanum tuberosum*) in andisol soil. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 807, No. 4, p. 042079). IOP Publishing.
- Muktamar, Z., Sudjatmiko, S., Fahrurrozi, F., Setyowati, N., & Chozin, M. (2017). Soil chemical improvement under application of liquid organic fertilizer in closed agriculture system. *International Journal of Agricultural Technology*, 13(7.2), 1715-1727.
- Muna, N., Fauzi, A. A. N., Setyaningsih, D., & Yuliani, S. (2019). Isolation of microfibrilated cellulose from oil palm Empty Fruit Bunches (EFB) through peracetic acid delignification and enzyme hydrolysis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 309, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Nikmatin, S., Saepulloh, D. R., & Syafiuddin, A. (2017). Mechanical and molecular studies of biocomposites filled with oil palm empty fruit bunches microfibers. In *IOP Conference Series:*

- Materials Science and Engineering* (Vol. 196, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
- Novianti, S., Nurdiawati, A., Zaini, I. N., Sumida, H., & Yoshikawa, K. (2016). Hydrothermal treatment of palm oil empty fruit bunches: an investigation of the solid fuel and liquid organic fertilizer applications. *Biofuels*, 7(6), 627-636.
- Obalum, S. E., Chibuikwe, G. U., Peth, S., & Ouyang, Y. (2017). Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. *Environmental monitoring and assessment*, 189, 1-19.
- Palamae, S., Palachum, W., Chisti, Y., & Choorit, W. (2014). Retention of hemicellulose during delignification of oil palm empty fruit bunch (EFB) fiber with peracetic acid and alkaline peroxide. *biomass and bioenergy*, 66, 240-248.
- Pangaribuan, D. H., & Kurniawan, C. (2017). Pengaruh pupuk cair urine sapi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays* L.). *Jurnal Metamorfosa*, 4(2), 202-209.
- Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 369-380.
- Savitri, NU., Fajriani, S., Santoso, M., (2017). Pengaruh umur persemaian dan pupuk kandang kambing pada pertumbuhan dan hasil tanaman mentimun (*Curcumis sativus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(5), 756-764.
- Shi J, Lu Y, Zhang Y, Cai L, Shi SQ. 2018. Effect of thermal treatment with water, H₂SO₄ and NaOH aqueous solution on color, cell wall and chemical structure of poplar wood. *Scientific Reports*. 8(1): 1 – 9.
- Solihin, E., Yuniarti, A., Damayani, M., & Rosniawaty, D. S. (2019, December). Application of liquid organic fertilizer and N, P, K to the properties of soil chemicals and growth of rice plant. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 393, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Sukiman, F., Budiman, Rinduwati. (2023). Pengaruh frekuensi pemberian pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan produksi rumput pakchong (*Pennisetum purpureum* cv. Thailand). *Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak*, 17(1), 62-73.
- Supriyadi S. 2009. Status unsur-unsur basa (Ca²⁺ , Mg²⁺, K⁺ , dan Na⁺) di lahan kering Madura. *AGRIVOR*. 2(1): 35 – 40.
- Triyono, S., Zulkarnain, I., Haryanto, A., Ridwan, R., & Lumbanraja, J. (2019). The effects of empty fruit bunch treatments for straw mushroom substrate on physicochemical properties of a biofertilizer. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 8(2), 120-129.
- Zechmeister-Boltenstern, S., Keiblinger, K. M., Mooshammer, M., Peñuelas, J., Richter, A., Sardans, J., & Wanek, W. (2015). The application of ecological stoichiometry to plant–microbial–soil organic matter transformations. *Ecological Monographs*, 85(2), 133-155.

