



## Pengaruh Bioaktivator Selulolitik untuk Mempercepat Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

### Influence of Cellulolytic Bioactivator to Accelerate Composting of Oil Palm Empty Bunches (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Diah Nurul Aini<sup>1</sup>, Hanifa<sup>1</sup>, Dessy Sari Mulfa<sup>2</sup>, Tetty Marta Linda<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau  
Kampus Bina Widayakm, Jl. HR Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau  
Kampus Bina Widayakm, Jl. HR Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia

Email: [tetty.martalinda@gmail.com](mailto:tetty.martalinda@gmail.com)

\*Penulis korespondensi

#### Abstract

Oil palm plantations in Indonesia are very extensive and it produced solid palm oil waste in the form of empty oil palm bunches (OPEFB), shells, and fibers. Generally, OPEFB is processed into compost. The decomposition process takes a long time, namely six months. One solution to accelerate the composting process is the provision of bioactivators. This study aims to determine the best formula from variations in the number of consortiums of cellulolytic bacteria as bioactivators used in composting of OPEFB. The treatments carried out were the addition of cellulolytic bacteria as much as 0 ml (P1), 50 ml (P2), 75 ml (P3) and 100 ml (P4). Composting is done on a laboratory scale with an incubation process for 45 days. The best results were shown in P4 treatment with compost quality: N-total 2.13; C-organic 35.45 and C / N ratio 16.68 which have complied with SNI standards. This cellulolytic consortium bacteria bioactivators can be developed for the production of OPEFB compost on a larger scale.

**Keywords:** Bioaktivator, C/N, Consortium Bacteria, Composting, Cellulolytic, Oil Palm Empty Bunches

#### Abstrak

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia sangat luas dan perkebunan ini menghasilkan limbah padat kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, dan serabut. Umumnya, TKKS diolah menjadi kompos. Proses dekomposisi memerlukan waktu yang lama yaitu enam bulan. Salah satu solusi untuk mempercepat proses pengomposan yaitu pemberian bioaktivator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formula terbaik dari variasi jumlah konsortium bakteri selulolitik sebagai bioaktivator yang digunakan dalam pengomposan TKKS. Perlakuan yang dilakukan yaitu penambahan bakteri selulolitik sebanyak 0 ml (P1), 50 ml (P2), 75 ml (P3), dan 100 ml (P4). Pengomposan dilakukan pada skala laboratorium dengan proses inkubasi selama 45 hari. Hasil kompos terbaik ditunjukkan pada perlakuan P4 dengan kualitas kompos: N-total 2,13; C-organik 35,45 dan rasio C/N 16,68 yang telah sesuai standar SNI. Bioaktivator bakteri konsortium selulolitik ini dapat dikembangkan untuk produksi kompos TKKS pada skala lebih besar.

**Kata kunci:** Bioaktivator, C/N, Bakteri Konsortium, Pengomposan, Selulolitik, Tandan Kosong Kelapa Sawit

Diterima: 1 Juni 2020, disetujui: 20 Januari 2021

#### Pendahuluan

Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencakup lebih dari 12.3 juta hektare (Ha). Sementara itu, luas perkebunan

kelapa sawit di Riau mencapai 2,4 juta Ha (Ditjenbun, 2016). Luasnya perkebunan kelapa sawit tersebut menghasilkan limbah kelapa sawit yang cukup banyak (Haryanti *et al.*, 2014). Satu ton kelapa sawit dapat menghasilkan limbah padat tandan kosong

sebanyak 23%, limbah cangkang sawit sebanyak 6.5%, limbah serabut sebanyak 13%, serta menghasilkan limbah cair sebanyak 50%. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) memiliki kandungan selulosa 45.95%, hemiselulosa 16.49%, dan lignin 22.84% (Murdani, 2017).

TKKS merupakan sumber bahan organik yang banyak mengandung unsur hara N sebanyak (0.74-0.98%), P (0.06-0.07%), K (2.10-2.18%), Ca (0.16-0.40%), Mg (0.13-0.15%), yang berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman setelah mengalami proses pengomposan. Sejauh ini banyak petani yang lebih memilih menggunakan pupuk sintetis untuk tanaman, padahal penggunaan pupuk sintetis dapat mengganggu kesuburan tanah. Petani sawit pun masih jarang memanfaatkan TKKS ini dan umumnya hanya membiarkan tumpukan TKKS sebagai limbah atau hanya membakarnya. Penumpukan dan pembakaran limbah TKKS dapat mencemari lingkungan. Penumpukan dapat menyebabkan bau busuk dan pembakaran dapat menyebabkan polusi udara serta menurunkan kualitas tanah (Rahman et al., 2016). Salah satu alternatif agar TKKS bernilai ekonomi dan ramah lingkungan adalah dengan mengolahnya menjadi kompos sebagai pupuk (Adam et al., 2018).

Secara konvensional pembuatan kompos TKKS memerlukan waktu yang cukup lama yaitu  $\pm$  6 bulan. Banyak faktor yang memengaruhi proses dekomposisi, diantaranya suhu, pH, serta jenis dan jumlah mikroba yang digunakan (Jumirah et al., 2018). Menurut Daryono dan Alkas (2017), untuk mempercepat pembuatan kompos dapat menggunakan bioaktivator. Keunggulannya, kompos yang dihasilkan mengandung sumber nutrisi untuk tanaman, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan bahan organik, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Rahman et al., 2016).

Ramli & Marlinda (2017) melaporkan bahwa pengomposan TKKS yang ditambahkan bioaktivator EM-4 dengan variasi gula aren, menghasilkan kompos dengan kadar unsur hara nitrogen total 1,14%, fosfor 0,714%, dan kalium 1,32% dengan inkubasi selama 30 hari. Selanjutnya Mustika et al. (2019), melakukan pengomposan 5 kg TKKS menggunakan aktivator EM-4 sebanyak 20 ml dan 1,5 kg feses kerbau yang menghasilkan kompos

dengan kandungan C-organik 38,63, N-total 2,15 dan rasio C/N 18,00 dengan lama inkubasi 15 minggu. Razali et al. (2012) menyatakan bahwa pengomposan TKKS menggunakan wadah (*in-vessel composter*) diikuti dengan pengomposan *windrow* menghasilkan kompos dengan nilai rasio C/N 13,85 dengan lama inkubasi 40 hari. Penelitian Linda et al. (2017) menggunakan bakteri konsortium selulolitik dalam pengomposan jerami padi diperoleh rasio C/N 26,50 dengan lama inkubasi 6 minggu. Bioaktivator selulolitik tersebut memiliki enzim seperti CMCase, xylanase dan  $\beta$ -glukosidase, sehingga dapat mendegradasi selulosa dan hemiselulosa. Lama pengomposan TKKS secara konvensional perlu ditingkatkan salah satunya dengan melakukan penambahan bioaktivator selulolitik pada proses pengomposan yang dilaksanakan dalam penelitian ini, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi terbaik dari variasi penambahan jumlah konsortium bakteri selulolitik sebagai bioaktivator yang digunakan dalam pengomposan TKKS.

## Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah erlenmeyer, *shaker incubator*, timbangan, termometer, pH meter, dan *soil tester*. Bahan utama dalam penelitian ini berupa tandan kosong kelapa sawit, isolat bakteri bioaktivator selulolitik yaitu *Bacillus cereus* strain IARI-MB-6, *Bacillus cereus* strain TS11, *Bacillus* sp. S43, *Bacillus* sp. 13847, *Bacillus cereus* strain Y22, *Alcaligenes faecalis* strain ZJUTBX11, *Alcaligenes faecalis* strain KH-48 dan *Stenotrophomonas* sp. S169-III-5 (Linda et al., 2017) (Aini & Linda, 2020), *nutrient agar* (NA), *nutrient broth* (NB), kotoran ayam yang sudah dikering anginkan, kantong plastik hitam, aquades dan terpal.

### Prosedur Kerja

Penelitian diawali dengan persiapan TKKS yang dicacah dengan mesin pencacah hingga ukuran berkisar 5-10 cm. Selanjutnya persiapan yang dilakukan adalah peremajaan masing-masing isolat bakteri bioaktivator

selulolitik yang dilakukan dengan cara diinokulasikan secara *streak kuadran* pada medium *nutrient agar* (NA), lalu diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Setiap isolat bakteri bioaktivator selulolitik selanjutnya diinokulasikan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 ml medium *nutrient broth* (NB) cair kemudian diinkubasi pada *shaker incubator* dengan kecepatan 150 rpm selama 18/19 jam pada suhu 27 °C hingga didapatkan populasi bakteri berjumlah 10<sup>8</sup> cfu/ml. Lalu semua inokulum bioaktivator dikonsorsiumkan dengan rasio 1:1 (Kavitha et al., 2013).

Pengomposan dilakukan dengan mencampurkan semua bahan berupa 1 kg TKKS + 450 gr kotoran ayam (Aini & Linda, 2020) dan inokulum bakteri konsortium sebagai bioaktivator selulolitik dengan perbedaan penambahan pada masing-masing perlakuan, yaitu P1 (kontrol) tanpa inokulum; P2= 50 ml; P3= 75 ml dan P4 = 100 ml.

Pengomposan dilakukan selama 45 hari di tempat yang teduh dan dilakukan pembalikan masing-masing perlakuan sekali seminggu serta dijaga kelembabannya berkisar 55-75%.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis / mengukur tiga parameter, yaitu : 1) parameter kimia seperti pengukuran kandungan karbon organik dengan metode *loss on on ignition*, nitrogen total dengan metode Kjeldahl, rasio C/N; 2) Parameter fisika berupa pengukuran kandungan air, pengamatan warna, bau; 3) parameter biologi berupa analisis toksisitas yaitu pengecekan bakteri patogen *coliform* dengan metode *pour plate* menggunakan media agar spesifik yaitu endoagar dan uji perkecambahan biji. Biji yang digunakan adalah biji kacang hijau (*Vigna radiata*). Keberhasilan perkecambahan biji dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Perkecambahan biji (G\%)} = \frac{\text{Jumlah biji yang berkecambah pada sampel} \times 100\%}{\text{Jumlah biji yang berkecambah pada kontrol}}$$

$$\text{Panjang akar relatif (I \%)} = \frac{\text{Rata-rata panjang akar tanaman pada sampel} \times 100\%}{\text{Rata-rata panjang akar tanaman pada kontrol}}$$

$$\text{Indeks perkecambahan (GI\%)} = \frac{(G) \times (I)}{100}$$

## Hasil dan Pembahasan

### Parameter Kimia Kompos

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kimia kompos terhadap pengomposan TKKS dengan bioaktivator selulolitik inkubasi selama 45 hari diketahui bahwa terjadinya penurunan C-organik, peningkatan N-total dan penurunan rasio C/N seperti pada Tabel 1.

Rata-rata semua perlakuan mengalami penurunan C-organik, kenaikan N-total dan penurunan rasio C/N. Pada P4 mengalami penurunan C-organik yang lebih tinggi dari perlakuan lainnya yaitu dari 52,9 menjadi 35,45. Penurunan nilai C-organik bisa disebabkan karena adanya penggunaan karbon sebagai sumber energi oleh mikroba pengurai untuk aktivitas metabolismenya (Harahap et al., 2015).

**Tabel 1.** Hasil pengukuran parameter kimia kompos inkubasi 45 hari

Kompos	C-organik		N-total		Rasio C/N	
	0 hari	45 hari	0 hari	45 hari	0 hari	45 hari
P1	54,55 ± 0,07	47,5 ± 1,41	1,5 ± 0,02	1,7 ± 0,06	36,37 ± 0,63	28,03 ± 0,21
P2	53,45 ± 0,35	38,9 ± 3,39	1,58 ± 0,02	1,99 ± 0,11	33,84 ± 0,82	19,63 ± 2,82
P3	52,9 ± 1,13	35,3 ± 4,52	1,54 ± 0,07	2,04 ± 0,09	34,37 ± 0,84	17,27 ± 1,38
P4	52,9 ± 0,03	35,45 ± 2,05	1,67 ± 0,04	2,13 ± 0,02	31,69 ± 0,80	16,68 ± 0,79

Proses penguraian kandungan organik yang terdapat dalam TKKS pada penelitian ini dapat dipercepat dengan bantuan bioaktivator

selulolitik yang digunakan. Hal ini disebabkan karena bioaktivator selulolitik tersebut telah diketahui memiliki aktivitas enzim CMCCase,

xylanase dan  $\beta$ -glukosidase yang berfungsi sebagai katalis dalam penguraian selulosa dan hemiselulosa (Linda et al. 2017). Ghazali & Makhtar (2018) melaporkan dalam menguraikan selulosa pada TKKS, mereka memanfaatkan bantuan bioaktivator *Trichoderma reesei* yang diketahui memiliki aktivitas enzim selulase.

Penurunan C-organik juga dapat dipengaruhi karena ukuran dari TKKS yang digunakan. Semakin kecil ukuran TKKS, maka permukaan TKKS yang kontak dengan mikroorganisme pendegradasi akan lebih luas dan memudahkan aktivitas mikroorganisme, sehingga karbon akan lebih mudah terdegradasi (Okalia et al., 2018). Ukuran cacahan TKKS dalam penelitian ini berkisar  $\pm 5$ -10 cm. Penelitian Trisakti et al., (2018) menggunakan TKKS yang telah dicacah dengan ukuran 4-7 cm dengan penambahan pupuk organik cair aktif inkubasi 40 hari diperoleh kompos dengan nilai C-organik 29,68 dan untuk TKKS yang berukuran 1-3 cm. nilai C-organik lebih rendah yaitu 23,82.

Kandungan N-total tertinggi setelah inkubasi 45 hari dalam penelitian ini terdapat pada perlakuan P4 yaitu 2,13. Perlakuan P4 diketahui dapat meningkatkan kandungan N-total kompos TKKS lebih baik daripada perlakuan lainnya, diduga karena jumlah bioaktivator bakteri konsortium yang ditambahkan lebih banyak dibanding perlakuan lainnya. Menurut Widiastuti et al., (2015), peningkatan kadar N-total bisa disebabkan karena proses dekomposisi TKKS oleh mikroorganisme mengubah ammonia menjadi nitrit serta dapat disebabkan karena penambahan kotoran ayam yang juga mengandung amoniak yang tinggi. Kadar N-total pada penelitian ini lebih rendah dari penelitian Desrihastuti et al., (2019), yang melaporkan bahwa kandungan N-total yang didapat dalam mengomposkan TKKS dengan *biosludge* dari bubur kertas dengan inkubasi 90 hari yaitu sebesar 2,71. Berbeda waktu inkubasi yang digunakan di dalam proses pengomposan TKKS juga akan mempengaruhi jumlah N-total yang dihasilkan.

Rasio C/N kompos TKKS pada semua perlakuan di penelitian ini mengalami penurunan. Penurunan rasio C/N terendah

terdapat pada perlakuan P4 yaitu dari 31,69 menjadi 16,68.. Hal yang dapat menyebabkan rasio C/N kompos turun adalah karena adanya proses dekomposisi. Pengomposan ditandai dengan terjadinya penurunan C-organik dan peningkatan N-total karena aktivitas mikroorganisme pengurai. Dalam hal ini, enzim pendegradasi selulosa dan hemiselulosa seperti enzim CMCase, xylanase dan  $\beta$ -glukosidase dapat membantu percepatan pengomposan TKKS yang menyebabkan rasio C/N menurun dari kondisi awal pengomposan. Nilai rasio C/N pada penelitian ini lebih baik dibanding penelitian Sapareng et al., (2018), yang melaporkan bahwa pengomposan TKKS menggunakan bioaktivator *Trichoderma* sp. dan *Pleurotus* sp. Dengan inkubasi delapan minggu mendapatkan nilai rasio C/N 22,09. Proses dekomposisi juga dipengaruhi oleh waktu inkubasi dan jumlah penambahan bioaktivator.

#### Parameter Fisika Kompos

Pengamatan parameter fisika pada pengomposan TKKS yang diinkubasi selama 45 hari ini dilakukan dengan melakukan pengukuran kadar air pada setiap perlakuan dengan hasil yaitu: P1= 51,50%, P2= 49,65%, P3= 49,30% dan P4= 47,25%. Berdasarkan hasil dari pengukuran kadar air tersebut diketahui bahwa pada kompos P2, P3 dan P4 yang ditambahkan dengan bioaktivator selulolitik telah memenuhi standar SNI (max. 50%), sedangkan P1 tanpa penambahan bioaktivator selulolitik (kontrol) belum memenuhi standar SNI. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan bioaktivator selulolitik pada pengomposan TKKS dapat menghasilkan kompos dengan kadar air sesuai standar SNI dibanding tanpa penambahan bioaktivator selulolitik.

Parameter bau kompos untuk inkubasi 45 hari diperoleh hasil bahwa semua perlakuan yaitu P1, P2, P3 dan P4, kompos telah berbau tanah. Selain itu, warna kompos berubah menjadi kehitaman seperti pada Gambar 1. Hal ini yang menandakan kompos telah matang. Menurut Rahman et al., (2016), kompos yang matang ditandai dengan perubahan menjadi berwarna kehitaman dan berbau tanah.



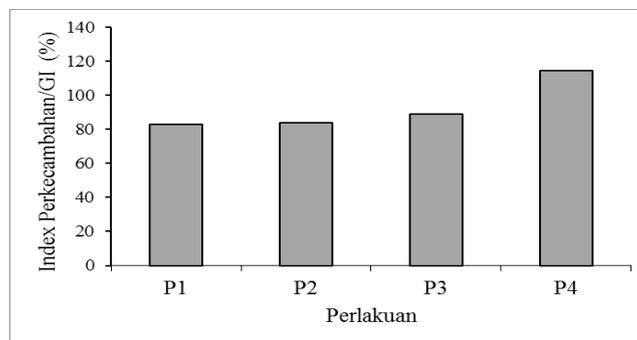
**Gambar 1.** Perbandingan hasil pengomposan kompos TKKS dengan penambahan bioaktivator dan tanpa penambahan aktivator: A) Kontrol; B) Perlakuan P4

### Parameter Biologi Kompos

Analisis parameter biologi kompos berupa uji bakteri patogen (*coliform*) dan uji perkecambahan untuk mengetahui apakah kompos yang dihasilkan bersifat toksik terhadap manusia dan tanaman. Uji bakteri patogen yang dilakukan menggunakan metode *pour plate* pada medium spesifik endoagar didapatkan hasil negatif (-) atau tidak dijumpai ada bakteri *coliform*. Hasil positif ditandai

dengan adanya koloni bakteri berwarna hijau metalik pada medium endoagar. Tidak adanya bakteri *coliform* pada kompos TKKS dalam penelitian ini menandakan kompos aman digunakan oleh manusia.

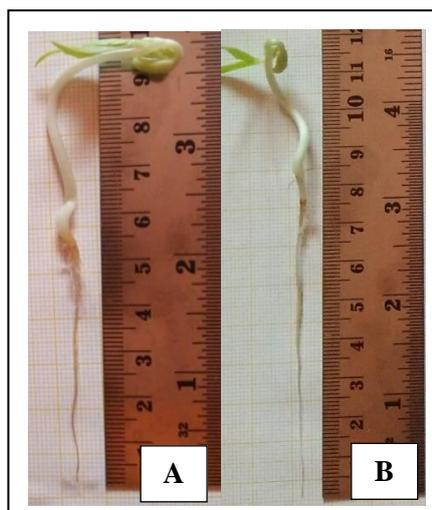
Hasil dari uji perkecambahan kacang hijau terhadap air ekstrak sampel masing-masing kompos TKKS didapatkan perbedaan nilai indeks perkecambahan (GI%) seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Indeks perkecambahan (GI%) kacang hijau terhadap air ekstrak kompos pada setiap perlakuan

Nilai GI% P1 = 82,85%, P2 = 83,74%, P3 = 88,88%, P4 = 114,5%, dan kontrol = 100%. Nilai GI%  $\geq 80\%$  menunjukkan bahwa fitotoksitas kompos telah hilang dan kompos telah matang (Selim *et al.*, 2012). Selain itu pada uji perkecambahan didapatkan bahwa kompos pada penelitian ini dapat merangsang pertumbuhan akar kacang hijau dimana panjang akar dari kecambah kacang hijau yang dikecambahkan menggunakan air dari ekstrak kompos (7,5 cm) lebih panjang dibanding

panjang akar kecambah yang dikecambahkan dengan akuades (5 cm) sebagai kontrol (Gambar 3). Kompos yang dapat merangsang pertumbuhan akar, dikategorikan kaya akan fitonutrien yang berguna bagi tanaman (Kheong *et al.*, 2010). Berdasarkan hasil uji perkecambahan, diketahui bahwa semua kompos dalam penelitian ini telah matang dan tidak bersifat toksik serta mengandung fitonutrien.



Gambar 3. Perbandingan panjang akar kecambah kacang hijau: A) aquades steril (kontrol); B) ekstrak kompos.

## Simpulan

Penambahan bioaktivator selulolitik sebanyak 100 ml pada proses pengomposan TKKS dengan lama inkubasi 45 hari memberikan produk kompos terbaik yaitu dengan kandungan N-total 2,13; C-organik 35,45 dan rasio C/N 16,68 Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengkaji pengaplikasian kompos TKKS pada beberapa jenis tanaman pertanian.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kemenristekdikti yang telah memberikan bantuan dana penelitian melalui Program Kreativitas Mahasiswa tahun 2019.

## Daftar Pustaka

- Adam, S., Ahmad, S. S. N. S., Hamzah, N. M., & Darus, N. A. (2016). Composting of Empty Fruit Bunch Treated with Palm Oil Mill Effluent and Decanter Cake. *Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences (RCSTSS 2016)*, DOI 10.1007/978-981-10-0534-3\_43 437, 437–445. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0074-5>
- Aini, D. N., & Linda, T. M. (2020). Efficacy of Cellulolytic Bacteria Consortium for Composting Oil Palm Empty Bunches Containing Phytonutrients Potensi Konsorsium Bakteri Selulolitik Untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit Yang Mengandung Fitonutrien. 18(April), 12–19.
- Daryono, & Alkas, T. R. (2017). Pemanfaatan Limbah Pelepeh dan Daun Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Sebagai Pupuk Kompos. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(3), 188–195. <https://doi.org/10.20527/jht.v5i3.4785>
- Desrihastuti, Muhamad, I. I., Rahman, R. A., Sahyoga, G., & Gafur, A. (2019). The effect of particle size of empty fruit bunch and ratio of biosludge of pulp and paper on biochemical changes in composting process. *Jurnal Teknologi*, 81(2), 81–90. <https://doi.org/10.11113/jt.v81i2.13071>
- Ditjenbun. (2016). Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017. In *Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian*. Sekretariat Jenderal Perkebunan.
- Ghazali, N. F., & Makhtar, N. A. (2018). Enzymatic hydrolysis of oil palm empty fruit bunch and its kinetics. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 22(4), 715–722. <https://doi.org/10.17576/mjas-2018-2204-18>
- Harahap, R. T., Sabrina, T., & Marbun, P. (2015). Penggunaan Beberapa Sumber dan Dosis Aktivator Organik Untuk Meningkatkan Laju dekomposisi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Online Agroekoteknologi. ISSN No. 2337-6597*, 3(2337), 581–589.
- Haryanti, A., Norsamsi, Sholiha, P. S. F., & Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Konversi*, 3(2), 20–29. <https://doi.org/10.20527/k.v3i2.161>
- Jumirah, Jati, A. W. N., & Yulianti, L. I. M. (2018). Kualitas Pupuk Cair Organik dengan Kombinasi Limbah Ampas Jamu dan Limbah Ikan. *Biota*, 3(2), 53–61.
- Kavitha, B., Jothimani, P., & Rajannan, G. (2013). Empty Fruit Bunch- a Potential Organic Manure for Agriculture. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2(5), 930–937.
- Kheong, L. V., Rahman, Z. A., Musa, M. H., & Hussein, A. (2010). Empty fruit bunch application and oil palm root proliferation. *Journal of Oil Palm Research*, 22, 750–757.
- Linda, T. M., Mutalib, S. A., & Surif, S. (2016). Degradation of Cellulose and Hemicellulose in Rice Straw by Consortium Bacteria Cellulolytic.

- Applied Science and Technology*, 1(1), 531–536.
- Linda, T. M., Mutalib, S. A., & Surif, S. (2017). *Degradation of Cellulose and Hemicellulose in Rice Straw by Consortium Bacteria Cellulolytic*. 3–7.
- Murdani, F. C. (2017). Pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Alternatif Material Tekstil. *e-Proceeding of Art & Design*, 4(3), 1187–1206.
- Mustika, A. M., Suryani, P., & Aulawi, T. (2019). Analisis Mutu Kimia Dan Organoleptik Pupuk Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Dosis Em-4 Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 9(2), 13–20. <https://doi.org/10.24014/ja.v9i2.4548>
- Okalia, D., Nopsagiarti, T., & Ezward, C. (2018). Pengaruh Ukuran Cacahan Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Fisik Kompos Tritankos (Triko Tandan Kosong). *Jurnal Agroqua*, 16(2), 132–142.
- Rahman, M. A. A., Nour El-Din, M., Refaat, B. M., Abdel-Shakour, E. H., Ewais, E. E. D., & Alrefaey, H. M. A. (2016). Biotechnological Application of Thermotolerant Cellulose-Decomposing Bacteria in Composting of Rice Straw. *Annals of Agricultural Sciences*, 135–143.
- Ramli, & Marlinda. (2017). Pengaruh Massa Palm Sugar Pada Pembuatan Kompos Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Metode Fermentasi Anaerobik Menggunakan EM-4. *Konversi*, 6(2), 9–13.
- Razali, W. A. W., Baharuddin, A. S., TarmezeTalib, A., Sulaiman, A., Naim, M. N., Hassan, M. A., & Shirai, Y. (2012). Degradation of oil palm empty fruit bunches (OPEFB) fibre during composting process using in-vessel composter. *BioResources*, 7(4), 4786–4805. <https://doi.org/10.15376/biores.7.4.4786-4805>
- Sapareng, S., Ala, A., Kuswinanti, T., & Rasyid, B. (2018). The Ability of *Trichoderma* Sp and *Pleurotus* Sp for The Decomposition of Oil Palm Empty Bunches. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 15(2), 543–548.
- Selim, S. M., Zayed, M. S., & Atta, H. M. (2012). Evaluation of Phytotoxicity of Compost During Composting Process. *Nature and Science of Sleep*, 10(2), 469–475.
- Trisakti, B., Mhardela, P., Husaini, T., Irvan, & Daimon, H. (2018). Effect of pieces size of Empty Fruit Bunches (EFB) on composting of EFB mixed with activated liquid organic fertilizer. *Talenta-Cest, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012093>
- Widiastuti, H., Prakoso, H. T., Suharyanto, & Siswanto. (2015). Optimasi pengomposan tandan kosong kelapa sawit menggunakan dekomposer bakteri lignoselulolitik skala komersial. *Menara Perkebunan*, 83(2), 60–69.