

UJI ISOLAT BAKTERI SELULOLITIK SEBAGAI DEKOMPOSER PADA DEKOMPOSISI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

The Effectiveness Of Various Cellulolytic Bacteria Isolates As Decomposers In Composting Oil Palm Empty Fruit Bunches

Clara Aprilya Kurniawan*¹, Gusmawartati²

¹Mahasiswa Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293

²Dosen Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293)

*Email: ¹claraaprilya98@gmail.com. ²gusmawartati@yahoo.com

ABSTRACT

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) is one of the largest types of solid waste produced by palm oil mills (POM). Each processing of 1 ton of fresh fruit bunches (FFB) produces 220–230 kg of empty fruit bunches (EFB). One of the attempts to overcome the accumulation of EFB is by composting. The main obstacle in composting OPEFB is the process of overhauling, it takes 6-12 months because OPEFB contains 33.02% cellulose, 22.05% hemicellulose and 35.08% lignin. One of the efforts to speed up the composting is using biological treatment by adding microorganisms such as cellulolytic bacteria which are capable in producing cellulase enzymes. The reseach was carried out experimentally using a non-factorial completely randomized design (CRD) consisting of eight treatments, namely B0 (control), B (Bacillus tequilensis Strain RA 1402), B2 (Bacillus subtilis Strain C17), B3 (Bacillus subtilis Strain SKUASIS), B4 (Bacillus subtilis Strain DSM 10), B5 (Bacillus subtilis Strain K43), B6 (Pseudomonas aeruginosa Strain KUJM) and B7 (Combined Isolates). The parameters observed were physical properties of compost, weight loss of compost and total of compost microb population. The resultof the research showed that cellulolytic bacteria isolates had a significant effect on weight loss of compost, pH. The combined isolates (B7) is the best treatment in increasing compost material weight, pH. The treatment B7 has the best ability in producing high quality compost which is under the SNI Compost Quality Standard: 19–7030–2004.

Keywords; Oil palm empty bunches; cellulolytic bacteria; composting

PENDAHULUAN

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit (PKS) dalam jumlah yang cukup besar (Rahmadanti et al., 2019). Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar (TBS) menghasilkan 22–23% TKKS setara dengan 220–230 kg TKKS. Jika PKS berkapasitas 100 ton per jam dengan waktu operasi selama enam jam per hari, maka akan dihasilkan sebanyak 132–138 ton TKKS per hari (Aryafatta, 2008). Menurut Rivani et al. (2013) tumpukan besar TKKS yang merupakan bahan organik dengan kandungan selulosa yang tinggi, jika terdekomposisi secara anerobik akan menghasilkan gas-gas

CH₄, H₂S dan NH₃ yang mencemari atmosfer, serta efek rumah kaca dan pemanasan global.

Pemanfaatan TKKS selama ini adalah dengan langsung disebar di kebun sebagai mulsa (Nuryanto et al., 2013). Menurut Goenadi dan Away (1995) pemanfaatan TKKS sebagai mulsa pada area yang tanahnya berpasir dapat menyebabkan meledaknya hama kumbang. Salah satu upaya mengatasi penumpukan TKKS adalah pengomposan. Pengomposan dapat mengurangi volume serta meningkatkan nutrisi dari TKKS tersebut. Kompos sebagai produk akhir dari dekomposisi bahan organik mempunyai peran penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia

dan biologi tanah.

Kendala utama selama ini dalam pengomposan TKKS adalah proses perombakannya yang secara alami lambat sekali yaitu memerlukan waktu 6–12 bulan. Hal ini disebabkan TKKS mengandung selulosa 33,02%, hemiselulosa 22,05% dan lignin 35,08% dalam keadaan berat kering (Saputra et al., 2018). Ketiga komponen ini merupakan polimer glukosa dan polimer polifenol yang sulit untuk didekomposisi. Ada beberapa cara untuk mempercepat proses pengomposan baik secara fisik, kimia dan biologi. Perlakuan biologi yang biasa diberikan adalah dengan cara menambahkan inokulan mikroorganisme yang berkemampuan tinggi dalam merombak bahan yang dikomposkan seperti bakteri, jamur dan aktinomisetes.

Salah satu inokulan yang dapat digunakan adalah bakteri selulolitik yang mampu menghasilkan enzim selulase. Enzim selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis selulosa dengan memutus ikatan glikosidik β -1,4 dalam selulosa, selodektrin, selobiosa dan turunan selulosa lainnya menjadi glukosa. Sistem pemecahan selulosa menjadi glukosa terdiri atas tiga jenis enzim selulase yaitu endo β -1,4-glukanase, ekso- β -1,4-glukanase dan β -glukosidase (Dasilva et al., 2005).

Penggunaan bakteri selulolitik pada pengomposan telah dilakukan oleh Hapsoh et al. (2015) terhadap kecepatan pengomposan, berbagai kombinasi sampah organik yang menghasilkan nisbah C/N sebesar 19,50 pada kompos jerami padi dan sampah pasar sedangkan nisbah C/N yang tertinggi pada kompos TKKS dan sampah rumah tangga sebesar 32,90 selama delapan minggu pengomposan. Hasil penelitian Linda et al. (2016) yang menggunakan gabungan bakteri selulolitik untuk mendekomposisi jerami padi, menunjukkan bahwa penggunaan bakteri ini menghasilkan nisbah C/N 26,50 sedangkan kontrol 37,36 selama enam minggu

pengomposan, sedangkan Zainal et al. (2018) melaporkan bahwa pengomposan TKKS menggunakan bioaktivator *Bacillus subtilis* menghasilkan nisbah C/N 17 dan *Bacillus cereus* 18,8 setelah inkubasi 25 hari. Selain itu, hasil penelitian Aini dan Linda (2020) mengenai pengomposan pada limbah padi dengan menggunakan bakteri selulolitik, menghasilkan nisbah C/N sebesar 25,56 pada masa pengomposan 30 hari, sedangkan tanpa penggunaan bakteri selulolitik menghasilkan nisbah C/N sebesar 58,93.

Berdasarkan hasil penelitian Gusmawartati et al. (2017) yang diperoleh enam isolat bakteri selulolitik yang berpotensi dalam dekomposisi TKKS diantaranya bakteri *Bacillus tequilensis* Strain RA 1402, bakteri *Bacillus subtilis* Strain C17, bakteri *Bacillus subtilis* Strain SKUASIS, bakteri *Bacillus subtilis* Strain DSM 10, bakteri *Bacillus subtilis* Strain K43, bakteri *Pseudomonas aeruginosa* Strain KUJM. Bakteri-bakteri tersebut dari hasil skriningnya mempunyai potensi kuat dalam mendekomposisi TKKS baik berdasarkan uji zona bening, uji gula reduksi, maupun uji hasil ekstrak kasar enzim selulase. Pemanfaatan TKKS sebagai kompos menggunakan bakteri selulolitik tersebut diharapkan menjadi solusi dan teknologi tepat guna sebagai upaya untuk menyelesaikan lamanya pengomposan TKKS

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat : Penelitian dilaksanakan selama empat bulan dari bulan November 2019 hingga Maret 2020. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12,5 Pekanbaru. Peremajaan Sumber Isolat Bakteri Selulolitik

Pelaksanaan penelitian

Peremajaan isolat bakteri selulolitik : dilakukan dengan menginokulasikan satu ose isolat bakteri selulolitik ke dalam media CMC padat dengan menggunakan metode gores

(Streak Plate). Selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang (37 oC) selama 1 × 24 jam.

Pembuatan Starter Bakteri Selulolitik : Satu ose isolat bakteri selulolitik hasil peremajaan diinokulasikan pada 3 ml media CMC cair, lalu diinkubasi selama 1 × 24 jam, setelah itu hasil isolat tersebut diinokulasikan pada 50 ml media CMC cair dan diinkubasi selama 3 × 24 jam menggunakan shaker dengan kecepatan 120 rpm (starter), selanjutnya 50 ml tersebut ditambahkan akuades 300 ml kemudian dituang ke dalam botol semprot dan diaplikasikan ke bahan kompos (Gusmawartati, 1999).

Pengomposan: TKKS segar (kadar air = 51,92 %) yang telah dicacah dengan ukuran ±5 cm secara manual menggunakan parang, ditimbang seberat 5 kg. Kemudian dimasukkan ke dalam box container lalu ditambah pupuk kandang ayam ras 500 g (10%) (W/W), abu arang kayu 50 g (1%) (W/W) dan starter isolat bakteri selulolitik 50 ml (1%) (V/W). Semua bahan tersebut diaduk secara merata. Kemudian setiap box container ditutup dan diamati selama 8 minggu (Gusmawartati, 1999).

Pemeliharaan

Aerasi: Pengaturan sirkulasi udara dilakukan dengan pembalikan bahan kompos yang dilakukan setiap 5 hari sekali, hingga minggu ke-8.

Penyiraman: Kadar air kompos dipertahankan 60–70%, jika kurang dilakukan penyiraman dengan aquades yang waktunya bersamaan dengan pembalikan.

Pengamatan: Pengambilan sampel kompos dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan yang telah memakai sarung tangan. Sampel kompos diambil di 3 titik (kanan, tengah dan kiri) dalam box container untuk dianalisis di laboratorium.

Sifat fisik kompos: meliputi karakteristik warna dan bau. Pengamatan warna kompos dilakukan menggunakan acuan buku Munsell Soil Colour Chart, membandingkan warna kompos dengan warna yang ada pada buku Munsell Soil Colour Chart dan pengamatan bau kompos dilakukan secara organoleptik pada panelis tidak terlatih sebanyak 5 orang. Pupuk kompos yang sudah matang berwarna hitam (coklat kehitaman) dan berbau tanah standar kualitas kompos SNI : 19–7030–2004.

Penyusutan berat bahan kompos (%) : dilakukan dengan menimbang berat bahan awal kompos dan berat bahan akhir kompos setelah minggu ke-8 dengan menggunakan timbangan. Selisih berat awal dan berat akhir kompos setelah minggu ke-8 pengomposan merupakan penyusutan berat kompos. Penyusutan berat bahan kompos dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:
Penyusutan berat bahan kompos = ((Berat awal-Berat akhir)/(Berat awal)) x 100%

Pengukuran pH : dilakukan untuk setiap sampel percobaan dengan menggunakan pH meter. Pengukuran pH dilakukan dengan cara memasukkan 5 g sampel kompos ke dalam botol kocok dan ditambah 25 ml air bebas ion. Kemudian dihomogenkan dengan mesin shaker selama 60 menit. Suspensi tanah diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer pH 4,0 dan pH 7,0, pengukuran dilakukan pada minggu ke-8.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data :

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yang terdiri dari delapan perlakuan yaitu B0 (Tanpa pemberian isolat), B1 (Bacillus tequilensis Strain RA 1402), B2 (Bacillus subtilis Strain C17), B3 (Bacillus subtilis Strain SKUASIS), B4 (Bacillus subtilis Strain DSM 10), B5 (Bacillus subtilis Strain K43), B6 (Pseudomonas aeruginosa Strain KUJM), B7 (Gabungan Isolat).

Data-data hasil pengamatan yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis secara statistik menggunakan Analysis Of Variance (ANOVA), apabila berpengaruh nyata maka

dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5% yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan dari tiap-tiap perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Kompos

Tabel 1. Hasil pengamatan warna dan bau kompos dengan pemberian isolat bakteri selulolitik

Isolat bakteri selulolitik	Warna	Bau
Tanpa pemberian isolate	Coklat kehitaman	Berbau Tanah
<i>Bacillus tequilensis</i> Strain RA 1402	Coklat kehitaman	Berbau Tanah
<i>Bacillus subtilis</i> Strain C17	Hitam	Berbau Tanah
<i>Bacillus subtilis</i> Strain SKUASIS	Hitam	Berbau Tanah
<i>Bacillus subtilis</i> Strain DSM 10	Hitam	Berbau Tanah
<i>Bacillus subtilis</i> Strain K43	Coklat kehitaman	Berbau Tanah
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Strain KUJM	Hitam	Berbau Tanah
Gabungan isolat	Hitam	Berbau Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan warna kompos dengan pemberian bakteri selulolitik pada minggu ke-8 yang disajikan pada Tabel 1, terlihat bahwa hasil pengamatan warna kompos dengan pemberian isolat bakteri selulolitik telah menghasilkan kompos berwarna coklat kehitaman hingga hitam, sesuai dengan Standar Kualitas Kompos SNI : 19-7030-2004 (Lampiran 1). Bakteri *Bacillus subtilis* Strain C17, *Bacillus subtilis* Strain DSM 10, *Bacillus subtilis* Strain SKUASIS, *Pseudomonas aeruginosa* Strain KUJM dan gabungan isolat menghasilkan kompos berwarna hitam, sedangkan pada tanpa pemberian isolat, *Bacillus tequilensis* Strain RA 1402 dan *Bacillus subtilis* Strain K43 menghasilkan warna coklat kehitaman. Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian Hapsoh *et al.* (2015), pemberian bakteri selulolitik pada berbagai jenis bahan kompos (TKKS, jerami padi, kulit singkong, kulit pisang, sampah pasar, limbah rumah tangga dan sampah restoran) menghasilkan kompos yang telah matang dengan ciri warna coklat kehitaman hingga hitam. Warna kompos menjadi hitam atau gelap disebabkan asam humat yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan asam fulvat. Menurut hasil penelitian Agustian *et al.* (2004),

kandungan asam humat meningkat dengan semakin lamanya waktu pengomposan, dimana pada akhir pengomposan (60 hari) menghasilkan asam humat tertinggi yaitu $60,37 \text{ mg.g}^{-1}$, berbeda nyata dengan yang tanpa EM4 yaitu menghasilkan $20,82 \text{ mg.g}^{-1}$. Menurut Kusmiyarti (2013), pengomposan setelah 45 hari menunjukkan tingkat kematangan kompos yang cukup dengan ciri warna bahan kompos coklat kehitaman sampai hitam.

Berdasarkan hasil pengamatan bau kompos dengan pemberian bakteri selulolitik pada minggu ke-8 yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan berbau seperti tanah (tidak berbau busuk). Keadaan ini telah sesuai dengan kriteria Standar Kualitas Kompos SNI : 19-7030-2004. Hasil penelitian Rahmadanti *et al.* (2019) bahwa pengomposan TKKS dengan penambahan kotoran sapi menggunakan mikroorganisme selulolitik menghasilkan kompos matang pada akhir pengomposan, dengan ciri berbau tanah. Kompos berbau busuk menunjukkan bahwa proses dekomposisi belum selesai dan proses penguraian masih berlangsung dari hasil penelitian tersebut terlihat pada awal pengomposan minggu ke-2, 4 dan 6 kompos

berbau khas TKKS sedangkan pada minggu ke-8 dan 10 kompos sudah berbau tanah.

Penyusutan Berat Bahan Kompos (%)

Tabel 2. Rata-rata penyusutan berat bahan kompos (%) dengan pemberian isolat bakteri selulolitik pada 8 minggu pengomposan

Isolat bakteri selulolitik	Penyusutan berat bahan kompos (%)
Gabungan isolat	49,40 a
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Strain KUJM	43,99 ab
<i>Bacillus subtilis</i> Strain K43	43,85 ab
<i>Bacillus subtilis</i> SRAIN DSM 10	40,56 ab
<i>Bacillus tequilensis</i> Strain RA 1402	40,46 ab
<i>Bacillus subtilis</i> Strain SKUASIS	36,48 ab
<i>Bacillus subtilis</i> Strain C17	35,85 ab
Tanpa pemberian isolat	34,46 b

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama adalah berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%.

Tabel 2. menunjukkan bahwa penyusutan berat bahan kompos tanpa pemberian isolat berbeda nyata dengan pemberian isolat gabungan, dengan penyusutan berat bahan kompos tertinggi yaitu 49,40% pada gabungan isolat bakteri selulolitik. Penyusutan berat bahan kompos terendah terjadi pada tanpa pemberian isolat yaitu sebesar 34,46%. Data tersebut menunjukkan bahwa formula gabungan isolat mempunyai sinergisme yang baik dalam pengomposan, karena pada pemberian isolat bakteri, dekomposisi bahan organik terjadi lebih cepat dibandingkan dengan tanpa pemberian isolat bakteri.

Penyusutan berat bahan kompos terjadi karena adanya mikroorganisme di dalam bahan kompos yang mengalami penguapan yang cukup besar sehingga dapat menyebabkan penyusutan bahan kompos meningkat. Menurut hasil penelitian Nur *et al.* (2009), penyusutan bahan kompos dapat disebabkan oleh terjadinya perombakan bahan oleh mikroba sehingga kadar air bahan berkurang dan panas yang ditimbulkan selama pengomposan menyebabkan terjadinya penguapan, dimana pada pemberian isolat bakteri selulolitik dan xilanolitik menghasilkan penyusutan bahan

kompos tertinggi yaitu 51,51%, berbeda nyata dengan kontrol yaitu menghasilkan penyusutan bobot sebesar 15,55%. Hasil penelitian Kusmiyarti (2013), menunjukkan penyusutan berat material kompos yang hanya tinggal 60–82% dari berat awal bahan kompos pada hari ke-45. Penurunan berat bahan kompos ini terjadi oleh adanya penurunan kadar air dan proses penghancuran bahan kompos akibat dari dekomposisi bahan selama proses pengomposan.

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri selulolitik rata-rata mampu menurunkan berat bahan kompos sebesar 35,85–49,40%. Berdasarkan hasil penelitian Krismawati dan Hadini (2014), pada kajian beberapa dekomposer terhadap kecepatan dekomposisi sampah rumah tangga, bahwa dengan pemberian dekomposer mampu menurunkan berat bahan kompos 80,8–88,4%.

pH

Rata-rata pH kompos pemberian isolat bakteri selulolitik pada 8 minggu pengomposan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata pH kompos dengan pemberian isolat bakteri selulolitik pada 8 minggu pengomposan

Isolat bakteri selulolitik	pH
Gabungan isolat	8,06 a
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> Strain KUJM	7,47 b
<i>Bacillus subtilis</i> Strain SKUASIS	7,45 bc
<i>Bacillus subtilis</i> SRAIN DSM 10	7,44 bc
<i>Bacillus tequilensis</i> Strain RA 1402	7,40 bc
<i>Bacillus subtilis</i> Strain K43	7,34 bc
<i>Bacillus subtilis</i> Strain C17	7,32 c
Tanpa pemberian isolat	7,06 d

Keterangan: Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji BNJ pada taraf 5%

Berdasarkan hasil pengamatan pH kompos dengan pemberian bakteri selulolitik pada minggu ke-8 yang disajikan pada Tabel 3. menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri selulolitik dapat meningkatkan pH tanah, dengan pH kompos tertinggi yaitu 8,06 pada gabungan isolat bakteri selulolitik, pH kompos terendah terjadi pada tanpa pemberian isolat yaitu 7,06. Berdasarkan data tersebut menunjukkan pada gabungan isolat bakteri selulolitik berbeda nyata dalam meningkatkan pH kompos pada kompos TKKS dibanding dengan perlakuan lainnya, dengan hasil data pengamatan pH yaitu 7,06 hingga 8,06, secara umum kompos yang dihasilkan dalam penelitian ini sesuai dengan Standar Kualitas Kompos SNI : 19-7030-2004 kecuali pada perlakuan gabungan isolat. Menurut hasil penelitian Rahmadanti *et al.* (2019) menyatakan bahwa kompos yang matang menghasilkan kompos sesuai dengan Standar Kualitas Kompos SNI : 19-7030-2004, dari hasil penelitian tersebut terlihat bahwa pada minggu ke-10 kompos menghasilkan pH 6,56 hingga 7,16.

Hasil pengamatan pH kompos dengan pemberian isolat bakteri selulolitik menunjukkan peningkatan pH, dibandingkan dengan tanpa pemberian isolat karena adanya aktivitas mikroorganisme yang mengubah senyawa organik nitrogen menjadi amonia, kation-kation akan mengikat asam-asam terbentuk dalam proses pengomposan, misalnya membentuk KNO_3 yang akhirnya menyebabkan pH meningkat. Menurut hasil

penelitian Nur *et al.* (2009), pemanfaatan dekomposer bakteri selulolitik serta bakteri xilanolitik untuk dekomposisi jerami padi pada minggu ke-6 menunjukkan nilai pH 8,45-8,74, yang disebabkan selama pengomposan terjadi mineralisasi nitrogen organik menjadi nitrogen amonia yang menyebabkan nilai pH meningkat, sedangkan penurunan pH disebabkan oleh produksi asam-asam organik yang meningkat atau proses nitrifikasi. Hasil penelitian Rahmadanti *et al.* (2019) terlihat bahwa pada akhir pengomposan TKKS minggu ke-10 menghasilkan pH terendah yakni 6,56 pada perlakuan kontrol, disebabkan oleh TKKS yang melepaskan asam-asam organik yang menyebabkan keasaman dalam dekomposisinya sehingga pH kompos yang dihasilkan menjadi rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian isolat bakteri selulolitik meningkatkan penyusutan berat bahan kompos, pH kompos dan kandungan hara N, P dan K serta menurunkan nisbah C/N kompos
2. Pemberian isolat bakteri selulolitik gabungan mampu menghasilkan kompos berkualitas tinggi (Nisbah C/N 17,28; Kandungan N-total 1,76%; Kandungan P-total 0,32% dan K-total 2,63%) dimana telah sesuai dengan Standar Kualitas Kompos SNI : 19-7030-2004

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, P., Susila dan Gusnidar. 2004. Pembentukan asam humat dan fulvat selama pembuatan kompos jerami padi., *Jurnal Solum*, 1(1): 9-11
- Aini, D. N dan T. M. Linda. 2020. Potensi konsorsium bakteri selulolitik untuk pengomposan tandan kosong kelapa sawit yang mengandung fitonutrien, *Jurnal Natur Indonesia*, 18(1): 12-19.
- Aryafatta. 2008. Mengolah Limbah Sawit jadi Bioetanol. *Dalam* Fuadi A. M dan H. Pranoto (peny). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2004. Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. SNI 19-7030-2004. Jakarta.
- Dasilva, R., E. S. Lago, C. W. Merheb, M. M. Machione, Y. K. Park and Gomes, E. 2005. Production of xylanase and CMCase on solid state fermentation in different residues by *Thermoascus auranticus* Miehe, *Brazilian Journal Microbiology*, 36: 235-241.
- Goenadi dan Away. 1995. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Mulsa, Agro Media. Jakarta
- Gusmawartati. 1999. Pengaruh Pemberian Mikroorganisme Selulolitik dan Kotoran Ayam terhadap Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit. Tesis Program Pasca Sarjana (Tidak dipublikasikan), Medan. Universitas Sumatra Utara.
- Gusmawartati, Agustian, Herviyanti dan Jamsari 2017. Isolation of cellulolytic bacteria from peat soils as decomposer of oil palm empty fruit bunch, *Journal of Tropical Soils*, 22(1): 47-53.
- Hapsoh, Gusmawartati dan M. Yusuf. 2015. Effect various combination of organic waste on compost quality, *Journal of Tropika Soils*, 20(1): 59-65.
- Krismawati, A dan D. Hardini. 2014. Kajian beberapa dekomposer terhadap kecepatan dekomposisi sampah rumah tangga, *Buana Sains*, 14(2): 79-89.
- Kusmiyarti, T. B. 2013. Kualitas kompos dari berbagai kombinasi bahan baku limbah organik, *Agrotrop*, 3(1): 83-92.
- Linda, T. M., S. A. Mutalib dan S. Surif. 2016. Degradation of Cellulose and Hemicellulose in Rice Straw by Consortium Bacteria Cellulolytic, *Appl. Sci. Technol*, 1: 531-536.
- Nur, H. S., A. Meryandini dan Hamim. 2009. Pemanfaatan bakteri selulolitik dan xilanolitik yang potensial untuk dekomposisi jerami padi. *J. Tanah Trop*. 14(1): 71-80.
- Nuryanto, E., B. Wirjosentono, T. Herawan dan H. Agusnar. 2013. Ekstraksi dan karakterisasi selulosa dari tandan kosong kelapa sawit serta pemanfaatannya untuk produksi selulosa asetat, *J.pen. Kelapa Sawit*, 21(1): 40-48.
- Rahmadanti, M. S., D. Okalia, A. Pramana dan Wahyudi. 2019. Uji karakteristik kompos (pH, tekstur, bau) pada berbagai kombinasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan kotoran sapi menggunakan mikroorganisme selulolitik (MOS), *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 5(2): 105-112.
- Rivani, M., T. Herawan, Nasrullah dan H. Buntaran. 2013. Kinetika reaksi hidrolisis selulosa tandan kosong kelapa sawit menggunakan sulfat encer, *J. pen. Kelapa Sawit*, 21(3):155-123.
- Saputra, D. R, Suwandi dan E. Agustian. 2018. Pengaruh perlakuan awal ultrasonik tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku produksi bioetanol dengan penambahan NaOH: *e-Proceeding of Engineering*. LIPI Kawasan PUSPIPTEK. Serpong. 5793-5800.

Zainal, N. H., A. A. Aziz, N. F. Jalani dan R. Mamat. 2018. *Rapid Composting Of Empty Fruit Bunch Using Effective*

Microbes. Malaysian Palm Oil Board. Kementerian Industri dan Komoditas Perkebunan Malaysia. Malaysia.