

# STUDI LITERATUR: UJI KEMAMPUAN KONSORSIUM ISOLAT BAKTERI SELULOLITIK DALAM MEMPERCEPAT DEKOMPOSISI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

## *Literature Study: Ability Test of The Consortium of Cellulolytic Bacterial Isolates in Accelerating The Decomposition of Empty Palm Oil Signs*

Clara Aprilya Kurniawan<sup>1</sup>, Meri Afriani<sup>1</sup>, Ashri Maulana<sup>1</sup>, Gusmawartati<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

### ABSTRACT

*One alternative way of managing EFB is composting, beside being able to reduce the volume of waste, composting can increase the nutritional value of EFB. There are several ways to speed up composting process. Biological treatment by growing develop proven microbes (high ability in breaking down materials) which is composted. Bacteria are the most dominant group in the ground. Its small size, prokaryotic and single-celled give advantages in reshuffling organic matter over fungi and groups actinomycetes. The microbes that capable of hydrolyzing cellulose is called cellulolytic microorganisms that have the ability to grow on cellulose and can decompose these cellulose materials. Solving system cellulose into glucose consists of three types of cellulase enzymes, namely endo- $\beta$ -1.4-glucanase, exo- $\beta$ -1.4-glucanase, and  $\beta$ -glucosidase. In general, bacteria cellulolytics can not produce these three enzymes, so they need their consortium to make EFB reform more effective and efficient.*

*Keywords: Bacteria, EFB, enzyme, cellulase*

### ABSTRAK

Salah satu cara alternatif dalam mengelola TKKS adalah pengomposan, disamping dapat mengurangi volume limbah, pengomposan dapat meningkatkan nilai nutrisi dari TKKS. Ada beberapa cara untuk mempercepat proses pengomposan. Perlakuan secara biologi dengan cara menumbuhkan kembangkan mikroba yang teruji (berkemampuan tinggi dalam merombak bahan) yang dikomposkan. Bakteri merupakan kelompok yang paling dominan di dalam tanah. Ukurannya yang kecil, prokariotik dan bersel tunggal memberikan keuntungan dalam perombakan bahan organik dibandingkan kelompok jamur dan aktinomisetes. Mikroba yang mampu menghidrolisis selulosa dinamakan mikroorganisme selulolitik yang mempunyai kemampuan tumbuh pada selulosa dan dapat mendekomposisi bahan-bahan selulosa tersebut. Sistem pemecahan selulosa menjadi glukosa terdiri atas tiga jenis enzim selulase yaitu endo- $\beta$ -1.4-glukanase, ekso- $\beta$ -1.4-glukanase, dan  $\beta$ -glukosidase. Pada umumnya bakteri selulolitik tidak mampu menghasilkan ketiga enzim tersebut, sehingga diperlukan bentuk konsorsiumnya agar perombakan TKKS efektif dan efisiensi.

Kata kunci: Bakteri, TKKS, enzim, selulase

### PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) bukanlah tanaman asli Indonesia. Pada tahun 1848 tanaman ini didatangkan ke Indonesia sebagai tanaman koleksi di Kebun Raya Bogor, tetapi saat ini sudah merupakan komoditas primadona sektor perkebunan. Pada tahun 1859-1864 kelapa sawit di Sumatera Utara tercatat baru ditanam seluas 17 ha sebagai percobaan, kemudian berkembang menjadi 6.500 ha sebagai tanaman perkebunan tahun 1911 dan pada tahun 1939 telah mencapai 100 ribu ha (Badrun, 2010). Mulai akhir tahun 1970-an melalui pola PIR pembangunan perkebunan kelapa sawit Indonesia berkembang sangat pesat. Perkembangan selama 20 tahun (1985-2005) pertambahan kebun kelapa sawit meningkat sebesar 837%. Sejak tahun 2006 Indonesia telah menjadi negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan jumlah produksi *Crude Palm Oil* (CPO) mencapai sekitar 20.4 juta ton/tahun (Ditjen Perkebunan, 2007).

Kelapa sawit disamping menghasilkan minyak sawit sebagai produk utamanya juga menghasilkan berbagai

produk sampingan seperti tandan kosong, serat dan cangkang biji. Bahan-bahan sisa ini masih bernilai ekonomis apabila dikelola dengan baik. Tandan Kosong Sawit (TKKS) adalah limbah padat yang dihasilkan dari pabrik minyak kelapa sawit atau CPO berupa tandan yang telah diambil buahnya. TKKS adalah limbah utama dari industri minyak sawit, yang besarnya berkisar antara 20 - 27% dari Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah (Sivalingan, 1983; Darnoko, 1992; Aryafatta, 2008; Hastuti, 2009). Volume TKS yang besar dan berkesinambungan ini, bila tidak dikelola dengan baik akan tersisa-siakan dan menjadi sumber polusi bagi lingkungan. Dalam jangka waktu yang lama akan menutupi permukaan tanah, menjadi sumber hama di perkebunan dan akhirnya akan menurunkan kualitas lingkungan.

Pengelolaan limbah yang efektif haruslah dimulai dari sumber limbah sampai ke pembuangan akhir. Strategi yang perlu ditempuh dalam pengelolaan limbah perkebunan kelapa sawit adalah mengurangi volume limbah, menurunkan daya cemar limbah dan mendapatkan nilai tambah limbah (Pamin *et al.*, 1995).

Sejalan dengan penerapan program pelestarian lingkungan, maka pengelolaan TKKS yang tepat menjadi perhatian dan isu utama dalam produksi sawit. Salah satu alternatif dalam mengelola TKKS adalah melalui pengomposan, karena disamping dapat mengurangi volume limbah, pengomposan juga dapat meningkatkan nilai nutrisi dari TKKS.

Secara alami pengomposan berlangsung selama ± 4-6 bulan. Ada beberapa cara untuk mempercepat proses pengomposan yaitu secara fisik (pencacahan), kimia (penambahan senyawa-senyawa kimia seperti *sludge*) maupun secara biologi. Perlakuan secara biologi adalah dengan cara menumbuh kembangkan mikroba yang teruji (berkemampuan tinggi dalam merombak bahan) yang dikomposkan. Secara biologi, proses pengomposan dapat dipercepat dengan cara penambahan aktivator (Okalia *et al.* 2018).

Selama ini kendala utama dalam pengomposan TKKS adalah proses perombakannya yang secara alami lambat sekali yaitu memerlukan waktu degradasi 6-12 bulan. Salah satu penyebabnya adalah karena TKKS merupakan limbah lignoselulosa dengan kandungan selulosa 40 – 60% (Sivalingan, 1983; Darwis *et al.*, 1988; Gusmawartati, 1999; Saputra *et al.*, 2018).

#### **BAKTERI SELULOLITIK DAN POTENSI PENGGUNAANNYA DALAM PEMBUATAN KOMPOS**

Mikroba yang mampu menghidrolisis selulosa dinamakan mikroorganisme selulolitik (MOS) yang mempunyai kemampuan tumbuh pada selulosa dan dapat mendekomposisi bahan-bahan selulosa tersebut. Sebagai respon terhadap adanya selulosa dalam lingkungan tempat hidupnya, mikroorganisme selulolitik ini mampu menghasilkan enzim selulase, sehingga dapat menghidrolisis selulosa menjadi gula terlarut yang selanjutnya digunakan sebagai sumber karbon dan nutrisi bagi pertumbuhannya dan organisme heterotrof lainnya. Hasil penelitian Gusmawartati *et al.*, (2017) diperoleh enam isolat bakteri selulolitik yang berpotensi dalam dekomposisi TKKS. Bakteri-bakteri tersebut dari hasil skriningnya, mempunyai potensi kuat dalam mendekomposisi TKKS baik berdasarkan uji zona bening, gula reduksi, maupun hasil ekstrak kasar enzim selulase.

Pengomposan merupakan alternatif dalam manajemen limbah pertanian. Semua material organik seperti limbah pertanian dapat dijadikan bahan baku kompos. Menurut Alexander (1977) bahwa penyusun jaringan tumbuhan dibagi ke dalam 6 kategori antara lain yaitu: selulosa 15-60%, hemiselulosa 10-30% dan lignin 5-30%. Darnoko (1992) menyatakan bahwa limbah lignoselulosa TKKS terdiri dari: selulosa 45.95%, hemiselulosa 22.94%, lignin 16.49% dan abu 1.23%. Selulosa merupakan polimer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1.4-D-glukosidik.

Limbah pertanian yang mengandung serat tinggi memerlukan waktu yang lama untuk didegradasi sehingga perlu melibatkan peran mikroorganisme selulolitik dalam proses pengomposan. Mikroorganisme selulolitik mampu menghasilkan enzim selulase sebagai respon terhadap adanya selulosa dalam lingkungan tempat hidupnya.

Enzim selulase merupakan agen perombak yang mempunyai sifat spesifik untuk menghidrolisis ikatan  $\beta$ -1.4-glikosidik dari rantai selulosa dan derivatnya. Deng and Tabatabai (1994) menyatakan bahwa kompleks enzim selulase umumnya terdiri dari tiga unit enzim utama yaitu endo- $\beta$ -1.4-glukanase (Cx) yang berperan terutama pada bagian amorf rantai selulosa, ekso- $\beta$ -1.4-glukanase (C1) atau selobiohidrolase yang berperan pada pemecahan bagian kristalin rantai selulosa dan  $\beta$ -glukosidase merupakan unit enzim yang penting dalam menghasilkan glukosa dari pemecahan selobiosa. Menurut Da silva *et al.* (2005) bahwa enzim selulase atau enzim yang dikenal dengan nama sistematik  $\beta$ -1.4 glukan-4-glukanohidrolase adalah enzim yang dapat menghidrolisis selulosa dengan memutus ikatan glikosidik  $\beta$ -1.4 dalam selulosa, selodektrin, selobiosa, dan turunan selulosa lainnya menjadi gula sederhana atau glukosa. Sistem pemecahan selulosa menjadi glukosa terdiri atas tiga jenis enzim selulase yaitu endo- $\beta$ -1.4-glukanase, ekso- $\beta$ -1.4-glukanase, dan  $\beta$ -glukosidase. Endo- $\beta$ -1.4-glukanase menyerang bagian tengah rantai secara random, ekso- $\beta$ -1.4-glukanase (selobiohidrolase) memecah unit-unit disakarida (selobiosa) dari ujung rantai, dan  $\beta$ -glukosidase memecah selobiosa menjadi glukosa.

Mikroorganisme selulolitik dapat tumbuh secara alami atau sengaja diberikan untuk mempercepat pengomposan dan meningkatkan mutu kompos. Hasil penelitian Hapsah *et al.* (2015), mengenai pemberian bakteri selulolitik pada berbagai jenis bahan kompos (Tandan kosong kelapa sawit, jerami padi, kulit singkong, kulit pisang, sampah pasar, limbah rumah tangga dan sampah restoran) menghasilkan kompos yang telah matang dengan ciri warna coklat kehitaman sampai hitam. Warna kompos menjadi hitam atau gelap disebabkan asam humat yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan asam fulvat. Hasil penelitian Agustian *et al.* (2004), yang berjudul pembentukan asam humat dan fulvat selama pembuatan kompos jerami padi, menunjukkan bahwa kandungan asam humat meningkat dengan semakin lamanya waktu pengomposan, dimana pada akhir pengomposan (60 hari) menghasilkan asam humat tertinggi yaitu 60.37 mg g<sup>-1</sup>, berbeda dengan hasil yang tanpa EM4 yaitu menghasilkan 20.82 mg g<sup>-1</sup>. Kusmiyarti (2013) dalam artikelnya yang berjudul kualitas kompos dari berbagai kombinasi bahan baku limbah organik, memperlihatkan bahwa pengomposan setelah 45 hari menunjukkan tingkat kematangan kompos yang cukup dengan ciri warna bahan kompos coklat kehitaman sampai hitam. Hasil penelitian Rahmadanti *et al.* (2019), menunjukkan bahwa pengomposan tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan kotoran sapi menggunakan mikroorganisme selulolitik menghasilkan kompos matang pada akhir pengomposan dengan ciri berbau tanah. Jika kompos berbau busuk menunjukkan bahwa dekomposisi belum selesai dan proses penguraian masih berlangsung, dari hasil penelitian tersebut terlihat bahwa pada awal pengomposan minggu ke-2, 4 dan 6 kompos berbau khas TKKS sedangkan pada minggu ke-8 dan 10 kompos sudah berbau tanah.

## BEBERAPA INDIKATOR YANG DAPAT DIGUNAKAN SEBAGAI PENCIRI AKTIVITAS DEKOMPOSER

### Suhu atau temperatur (°C)

Hasil penelitian Rahmadanti *et al.* (2019) dengan judul uji karakteristik kompos (pH, tekstur, bau) pada berbagai kombinasi tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan kotoran sapi menggunakan mikroorganisme selulolitik (MOS), menunjukkan bahwa suhu terbaik pada pemberian mikroorganisme selulolitik dan kotoran sapi dalam pengomposan TKKS yaitu 27.13 °C. Menurut Hapsoh *et al.* (2015) dalam artikelnya yang berjudul *effect various combination of organic waste on compost quality*, menunjukkan bahwa suhu terbaik dihasilkan pada minggu 4 dan 8 yaitu suhu berkisar antara 27 °C hampir mencapai suhu tanah. Hasil tersebut sesuai menurut SNI 19-7030-2004 mengenai spesifikasi suhu dalam pengomposan yaitu  $\pm 30$  °C untuk suhu kompos matang.

Perbedaan rata-rata suhu bahan kompos disebabkan oleh partikel bahan penyusun kompos, dimana partikel dari kompos tandan kosong kelapa sawit dan jerami padi lebih besar dari pada yang lain, sehingga melancarkan sirkulasi udara, dan menghasilkan lebih banyak panas sehingga suhu menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan panas dihasilkan dari aktifitas mikroba ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Ketersediaan oksigen mempengaruhi aktivitas mikrobiologi, semakin tinggi laju penyerapan oksigen semakin tinggi suhunya. Semakin rendah penyerapan oksigen maka akan semakin rendah juga suhu yang dihasilkan. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30-60 °C akan membunuh mikroba. Timbunan bahan yang mengalami dekomposisi akan meningkat suhunya hingga 65-70 °C akibat terjadinya aktivitas biologi oleh mikroba perombak bahan organik. Jika berkurangnya aktivitas mikroorganisme, tetapi pada suhu ini aktivitas mikroorganisme termofilik bersifat optimum. Pada suhu pengomposan di bawah 20 °C mengakibatkan aktivitas dekomposisi mikroba yang rendah, bahkan proses dekomposisi terhenti.

### Penyusutan berat bahan kompos (%)

Linda *et al.* (2017) dalam artikelnya yang berjudul *degradation of cellulose and hemicellulose in rice straw by consortium bacteria cellulolytic*, selama 6 minggu pengomposan menghasilkan penyusutan berat bahan kompos yaitu mencapai 63.71%. Hasil penelitian Krismawati dan Hadini (2014) yang berjudul tentang kajian beberapa dekomposer terhadap kecepatan dekomposisi sampah rumah tangga mampu menurunkan berat bahan kompos mencapai antara 88.4%. Hasil penelitian Nur *et al.* (2008) yang berjudul pemanfaatan bakteri selulolitik dan xilanolitik yang potensial untuk dekomposisi jerami padi, menunjukan bahwa persentase penyusutan berat bahan kompos yaitu mencapai 84.45%.

Penyusutan berat bahan kompos diakibatkan oleh perombakan bahan yang disebabkan mikroba sehingga menyebabkan kadar air dalam bahan berkurang dan terjadinya penguapan dapat disebabkan oleh timbulnya panas selama pengomposan. dalam perombakan bahan

organik mikroba membutuhkan air dan oksigen dari udara dan hara dari bahan organik sebagai sumber energi. Selanjutnya akan melepaskan CO<sub>2</sub>, air, dan energi panas sehingga menyebabkan bobot bahan semakin berkurang.

### Perubahan Kandungan hara kompos

Aini dan Linda (2020) melakukan penelitian dengan judul potensi konsorsium bakteri selulolitik untuk pengomposan tandan kosong kelapa sawit yang mengandung fitonutrien menghasilkan peningkatan nilai N-total tertinggi yaitu mencapai N 1.35%. Hal itu disebabkan karena terjadi proses dekomposisi TKKS oleh mikroorganisme yang mengubah ammonia menjadi nitrit. Penyebab lainnya diduga karena pemberian perlakuan tersebut juga menggunakan kotoran ayam yang kaya akan sumber nitrogen. Nilai N-total yang dihasilkan dari penelitian tersebut lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Harahap *et al.* (2015) yang berjudul penggunaan beberapa sumber dan dosis aktivator organik untuk meningkatkan laju dekomposisi kompos tandan kosong kelapa sawit, memperlihatkan bahwa pemberian perlakuan yang diinkubasi selama 5 minggu menghasilkan nilai N-total 2.07%. Mikrob yang berperan dalam dekomposisi akan mengikat nitrogen, tetapi tergantung pada ketersediaan karbon. Jika ketersediaan karbon terbatas (rasio C/N rendah) tidak cukup senyawa karbon sebagai sumber energi yang dimanfaatkan mikroba untuk mengikat seluruh nitrogen bebas. Dalam hal ini jumlah nitrogen bebas dilepaskan dalam bentuk gas NH<sub>3</sub>. Dan bila ketersediaan karbon berlebih (rasio C/N tinggi) jumlah nitrogen sangat terbatas, sehingga merupakan faktor pembatas pertumbuhan mikroba.

Menurut Widarti *et al.* (2015) dalam judul penelitiannya mengenai pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang, menghasilkan nilai P tertinggi yaitu 1.82%. Hal tersebut terjadi karena mikrob sangat memiliki peran penting dalam menghasilkan Fosfor. Senyawa P organik diubah dan dimeneralisasi menjadi senyawa organik, dan memiliki peranan yang sangat penting dalam kesuburan tanah dimana asupan nutrisi dari bahan organik sangat membantu menaikkan kadar unsur hara tanah dalam mencapai kesuburan. Trivana dan Pradhana (2017) dalam artikelnya yang berjudul optimalisasi waktu pengomposan dan kualitas pupuk kandang dari kotoran kambing dan debu sabut kelapa dengan bioaktivator promi dan orgadec, menunjukkan bahwa semakin lama pengomposan maka akan terjadi peningkatan P didalam kompos dengan penggunaan bioaktivator yaitu menghasilkan kandungan P mencapai 1.07%. Hasil penelitian Samah dan Mildawati (2019) mengenai kemampuan bakteri selulolitik degradasi (BSD) merombak sampah organik menjadi kompos, menghasilkan kandungan P tertinggi yaitu 0.48% pada pengomposan sampah organik dibandingkan dengan kontrol.

Menurut Widarti *et al.* (2015) dalam artikelnya yang berjudul pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang, menghasilkan nilai K 6.59%. Peningkatan kandungan Kalium akibat adanya aktivitas dekomposisi oleh mikroorganisme sehingga bahan kompos yang merupakan bahan organik segar mengandung kalium dalam bentuk organik kompleks dapat di ubah menjadi organik sederhana

yang akhirnya menghasilkan unsur kalium yang dapat diserap tanaman. Unsur-unsur hara makro-mikro yang meningkat disebabkan oleh terlepasnya unsur yang sebelumnya terikat dalam komponen-komponen sel, contohnya nitrogen dalam protein dan magnesium dalam klorofil.

#### Nisbah C/N

Menurut hasil penelitian Zainal *et al.* (2018) dengan judul *rapid composting of empty fruit bunch using effective microbes*, menunjukkan bahwa pengomposan TKKS dapat dipercepat dalam kondisi aerobik menggunakan bioaktivator *Bacillus subtilis* dan *Bacillus cereus* dengan menghasilkan rasio C/N 17 setelah diinkubasi selama 25 hari. Penelitian dari Trisakti *et al.* (2018) yang berjudul *production of oil palm empty fruit bunch compost for ornamental plant cultivation*, menunjukkan bahwa pengomposan TKKS yang dilakukan selama 40 hari menghasilkan nilai rasio C/N yaitu 12.15. Hasil penelitian Linda *et al.* (2017), yang berjudul *degradation of cellulose and hemicellulose in rice straw by consortium bacteria cellulolytic*, menunjukkan bahwa pengomposan jerami padi menggunakan konsorsium bakteri bioaktivator selulolitik yang diinkubasi selama 6 minggu mengalami penurunan C-organik sebanyak 67.71.

Selama proses dekomposisi bahan organik, terjadi immobilisasi dan mobilisasi (mineralisasi) unsur hara. Immobilisasi adalah perubahan unsur hara dari bentuk anorganik menjadi bentuk organik yaitu terinkorporasi dalam biomassa organisme dekomposer, sedangkan mineralisasi terjadi sebaliknya. Kedua kegiatan ini tergantung Immobilisasi nitrogen secara netto terjadi bila nisbah antara C dan N bahan organik lebih dari 30, sedangkan mineralisasi netto terjadi bila nisbahnya kurang dari 20. Jika nisbahnya antara 20 hingga 30 maka terjadi kesetimbangan antara mineralisasi dan immobilisasi. Immobilisasi dan mineralisasi tidak hanya terjadi pada unsur nitrogen, tapi juga terjadi pada unsur lain. Pada saat terjadi immobilisasi tanaman akan sulit menyerap hara karena terjadi persaingan dengan dekomposer. Oleh karena itu, pemberian bahan organik perlu memperhitungkan kandungan hara dalam bahan organik tersebut. Bahan organik yang memiliki nisbah C dan N rendah, lebih cepat menyediakan hara bagi tanaman, sedangkan bila bahan organik memiliki nisbah C dan N yang tinggi akan mengimmobilisasi hara sehingga perlu dikomposkan terlebih dahulu.

Hasil penelitian Aini dan Linda (2020), yang berjudul *potensi konsorsium bakteri selulolitik untuk Pengomposan tandan kosong kelapa sawit yang mengandung fitonutrien*, menghasilkan bahwa C-organik kompos untuk semua perlakuan mengalami penurunan yaitu hingga 34.5% setelah diinkubasi 30 hari. Hal ini diduga disebabkan dilakukan penambahan aktivator yang lebih banyak dari perlakuan lainnya yaitu gabungan inokulum bioaktivator konsorsium selulolitik dan kotoran ayam, akibatnya lebih banyak mikroorganisme pengurai yang menggunakan karbon sebagai sumber energi untuk aktivitas metabolismenya, sehingga C-Organik menjadi turun. Alfadlli *et al.* (2018), dalam artikelnya yang berjudul *the effect of various decomposers on quality of cattle dung compost*, menunjukkan bahwa kandungan C-Organik dalam penelitian ini adalah 43.86%. Standar kualitas kompos dari

parameter C-Organik menurut SNI 19-7030-2004 yaitu minimum 27% dan maksimum 58%. Hasil penelitian Kavitha *et al.* (2013), yang berjudul *empty fruit bunch-a potential organic manure for agriculture*, menunjukkan bahwa dalam pengomposan yang dilakukan selama 90 hari menghasilkan nilai C-Organik 23.8%.

Kandungan C-Organik yang diperoleh dalam penelitian ini masih sesuai dengan standar yang ditetapkan SNI kompos 19-7030-2004. Penurunan kandungan C-organik merupakan indikator yang menandakan bahwa dekomposisi berlangsung. Selama pengomposan bahan organik terjadi perubahan total kandungan C-organik. Perubahan C-organik disebabkan oleh hilangnya karbon sebagai karbon dioksida. Dekomposisi senyawa karbon pada pengomposan bergantung pada aktivitas mikroba yang berperan. Karbon dioksida yang dibebaskan melalui oksidasi dalam pengomposan menggambarkan tingkat aktivitas mikroba.

#### SIMPULAN

Limbah organik perlu didaur ulang dan dikembalikan ke dalam tanah untuk mempertahankan produktivitas tanah. Sebagian dari limbah organik dapat dengan mudah mengalami perombakan sehingga secara langsung dapat dikembalikan ke dalam tanah, tetapi sebagian lagi sulit mengalami perombakan (TKKS) sehingga perlu dikomposkan terlebih dahulu sebelum dikembalikan ke dalam tanah. Pemanfaatan mikroba sebagai agen biokimia akan menjadi alternatif yang akan terus dikembangkan karena produksi mikroba memiliki banyak keuntungan. Melalui penerapan konsep “Zero Emissions” proses industri akan menghemat sumber daya alam, memperbanyak jenis produk, menciptakan lebih banyak lapangan kerja baru serta mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Direktur Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah menyediakan dana melalui penyelenggaraan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2020 melalui Skim PKM-RE.

#### 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.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sonc. Inc. New York.
- Alfadlli, N.S., S. Noor, B.S. Hertanto dan M. Cahyadi. 2018. The effect of various decomposers on quality

- of cattle dung compost. *Buletin Peternakan*, 42 (3): 250-255.
- Aryafatta. 2008. *Mengolah Limbah Sawit Jadi Bioetanol*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Badrun, M. 2010. Lintasan 30 Tahun Pengembangan Kelapa Sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta. 77 hal. Da Silva, R, Lago, E. S., Merheb, C.W., Machione, M. M., Park, Y. K., dan Gomes, E. 2005. Production of xylanase and CMCase on solid state fermentation in different residues by *Thermoascus auranticus* Miede. *Brazilian Journal Microbiology*, 36: 235-241.
- Darnoko. 1992. Potensi pemanfaatan limbah lignoselulosa kelapa sawit melalui biokonversi. *Warta PPKS*, 2 (2): 85-97.
- Da Silva, R., E.S. Lago, C.W. Merheb, M.M. Machione, Y.K. Park and E. Gomes. 2005. Production of xylanase and CMCase on solid state fermentation in different residues by *Thermoascus auranticus* miede. *Braz J Microbiol.*, 36:235-241.
- Darwis, A.A., T. Bunasor, L. Hartono dan M. Alisyahbana. 1988. *Studi Potensi Limbah Lignoselulolitik di Indonesia*. PAU Bioteknologi. IPB. Bogor.
- Deng SP and MA Tabatabai. 1994. Sellulase activity of soil: effect of trace element. *Soil Biol Biochem.*, 27(7): 977-979.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2007. *Statistika Kelapa Sawit 2006*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Gusmawartati. 2001. Pengaruh pemberian mikroorganisme selulolitik dan kotoran ayam terhadap dekomposisi tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Penelitian*, X (2): 97 – 105.
- Gusmawartati, Agustian, Herviyanti dan Jamsari. 2017. Isolation of cellulolytic bacteria from peat soils as decomposer of oil palm empty fruit bunch. *Journal of Tropical Soil*, 7: 1-7.
- Hapsoh, Gusmawartati dan M. Yusuf. 2015. Pengaruh berbagai kombinasi sampah organik terhadap kualitas kompos. *J.Tropika Soils*, 20 (1): 59-65.
- Harahap, R.T., T. Sabrina dan P. Marbun. 2015. Penggunaan beberapa sumber dan dosis aktivator organik untuk meningkatkan laju dekomposisi kompos tandan kosong kelapa sawit. *J. Online Agroekoteknologi*, 3:581–589.
- Kavitha, B., P. Jothimani and G. Rajannan. 2013. Empty fruit bunch-a potential organic manure for agriculture. *J Sci Environ Technol.*, 2:930-937.
- 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 J Agric Sci.*, 3: 83-92.
- Linda, T.M., S.A. Mutalib dan S. Surif. 2017. 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. 2008. Pemanfaatan bakteri selulolitik dan xilanolitik yang potensial untuk dekomposisi jerami padi. *J. Tanah Trop.*, 14 (1): 71-80
- Okalia, D., T. Nopsagiarti dan C. Ezward. 2018. Pengaruh ukuran cacahan tandan kosong kelapa sawit terhadap karakteristik fisik kompos Tritankos (Triko Tandan Kosong). *J. Agroqua.*, 16: 132-142.
- Rahmadanti, M.S., O. Deno, P. Angga 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.
- Samah, E. dan Misdawati. 2019. Kemampuan bakteri selulolitik degradasi (BSD) merombak sampah organik menjadi kompos. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6 (3): 490-499.
- 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.
- Sivalingan, P.M. 1983. Problems in Palm Oil Waste Treatment. Regional Symposium on Plantation Enviroments. Medan.
- Trisakti, B., P. Mhardela, T. Husaini, Irvan and H. Daimon. 2018. Production of oil palm empty fruit bunch compost for ornamental plant cultivation. *IOP Conf Ser Mater Sci.*, 309: 1-8.
- Trivana, L. dan A.Y. Pradhana. 2017. Optimalisasi waktu pengomposan dan kualitas pupuk kandang dari kotoran kambing dan debu sabut kelapa dengan bioaktivator promi dan orgadec. *Jurnal Sais Veteriner*, 35(1): 136-44.
- Widarti, B.N., W.K. Wardhini dan E. Sarwono. 2015. Pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2): 75-80
- Zainal, N.H., A.A. Aziz and N.O.R.F. Jalani. 2018. Rapid composting of empty fruit bunch using effective microbes. *MPOB Inf Ser.*