

PENGOMPOSAN SAMPAH ORGANIK DAN ISOLASI BAKTERI TERMOFIL DARI KOMPOS

[COMPOSTING ORGANIC WASTE AND ISOLATING OF THERMOPHIL BACTERIA FROM COMPOST]

Tjie Jan Tan^{1#}, Juan Daniel^{2#}, Hans Victor³, Marcelia Sugata^{4*}
^{1,2,3,4}Program Studi Biologi, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia
*Korespondensi penulis: marcelia.sugata@uph.edu
#Status kontribusi yang sama

ABSTRACT

*Composting is one of the methods to sustainably minimize the accumulation of waste in the environment. Compost is made through the decomposition process of organic waste with the help of microorganisms. The process of making compost goes through several phases, one of the most important phases is the thermophilic phase. In this research, an evaluation was carried out on the effect of temperature, humidity, pH and aeration on the success of composting from leaves and twigs and braches of trembesi tree (*Albizia saman*). In addition, isolation and identification of thermophilic bacteria which play an important role in the composting process were carried out. Isolation of thermophilic bacteria is carried out when the compost making process is in the thermophilic phase. To support the growth of thermophilic bacteria, incubation during the isolation and purification process was carried out at a temperature of as high as 55-60 °C. Subsequently, thermophilic bacterial isolates were identified based on morphology and biochemical activity tests. The characterization results based on Bergey's Manual Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three the Firmicutes indicated that the isolates obtained belonged to the genus *Bacillus*.*

Keywords: *Bacillus*; trembesi tree; leaves; twigs/branches

ABSTRAK

Pembuatan kompos merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi penumpukan sampah di lingkungan secara berkelanjutan. Kompos dibuat melalui proses dekomposisi sampah organik dengan bantuan mikroorganisme. Proses pembuatan kompos melalui beberapa fase, salah satu fase terpenting adalah fase termofilik. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi pengaruh suhu, kelembapan, pH dan aerasi terhadap keberhasilan pembuatan kompos dari daun dan ranting serta dahan pohon trembesi (*Albizia saman*) Selain itu, dilakukan isolasi dan identifikasi bakteri termofilik yang berperan penting dalam proses pengomposan. Isolasi bakteri termofilik dilakukan saat proses pembuatan kompos berada pada fase termofilik. Untuk mendukung pertumbuhan bakteri termofil, inkubasi selama proses isolasi dan purifikasi dilakukan pada suhu 55-60 °C. Selanjutnya, isolat bakteri termofil diidentifikasi berdasarkan morfologi dan uji aktivitas biokimia. Hasil karakterisasi yang dicocokkan dengan *Bergey's Manual Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three the Firmicutes* mengindikasikan bahwa isolat yang diperoleh berasal dari genus *Bacillus*.

Kata kunci: *Bacillus*; daun; pohon trembesi; ranting

PENDAHULUAN

Penumpukan sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang cukup serius. Menurut Agung *et al.* (2021), kuantitas sampah yang menumpuk berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Penumpukan sampah umumnya terjadi akibat pengelolaan yang kurang baik dari sampah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2020) melaporkan bahwa penumpukan sampah dari 270 juta penduduk di Indonesia mencapai 67,8 juta ton pada tahun 2020. Sebanyak 57% sampah tersebut merupakan sampah organik yang berasal dari sisa makanan, kayu, daun, dan ranting.

Penumpukan sampah yang dibiarkan terus menerus akan mengakibatkan gangguan pada kesehatan manusia dan penurunan kualitas hidup manusia. Selain itu, produksi gas metana dan bau busuk dari sampah dapat menyebabkan polusi udara dan merusak lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk mengelola sampah, khususnya sampah organik, sehingga penumpukan sampah dapat dikurangi dan kondisi lingkungan dapat diperbaiki (Setiawan, 2021).

Salah satu cara mengeloa sampah organik adalah dengan melakukan

komposting (Azim *et al.*, 2017). Kompos merupakan pupuk hasil pembusukan sampah organik dengan kandungan karbon dan nitrogen yang tinggi. Sampah organik mengalami pembusukan dan penguraian yang dibantu oleh mikroorganisme dalam tanah seperti jamur, bakteri, ragi, dan lainnya. Mikroorganisme tersebut dapat menghasilkan enzim-enzim yang dibutuhkan dalam proses penguraian sampah organik hingga diperoleh kompos yang dapat digunakan kembali sebagai pupuk (Rebollido *et al.*, 2008).

Penguraian sampah organik oleh mikroorganisme dapat berlangsung jika kebutuhan nutrisi dan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembuatan kompos antara lain jenis mikroorganisme yang terlibat, rasio C/N, suhu, pH, kelembapan, dan kadar oksigen (Palaniveloo *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan kompos menggunakan sampah organik berupa daun dan ranting dari pohon trembesi. Selama proses pengomposan, dilakukan pemantauan secara berkala terhadap beberapa parameter, seperti suhu, pH, kelembapan dan aerasi. Selain itu, dilakukan pula isolasi mikroorganisme yang berperan dalam proses pengomposan saat kompos berada pada fase termofil.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sekop, garukan, timbangan gantung, ayakan, batu bata hebel, batu bata merah, *three-way* soil meter, termometer, papan kayu, sendok semen, inkubator, Erlenmeyer, cawan Petri kaca, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, lampu Spiritus, *spreader*, spatula, jarum ose, gelas ukur, vial, aluminium *foil*, *plastic wrap*, *laminar air flow*, *microtube*, *disposable syringe*, *filter syringe*, autoklaf, mikroskop cahaya, kaca preparat, mikropipet dan tips, alu, mortar, korek api, vortex, dan *sprayer*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah semen hebel (Mortar Utama, Indonesia), pasir, *Nutrient Agar* (Merck, Jerman), *Nutrient Broth* (Merck, Jerman), *Phosphate Buffered Saline* (PBS) pH 7,4, *Nitrate Broth* (Himedia, India), Pati (Merck, Jerman), agar (Himedia, India), *Simmons Citrate agar* (Himedia, India), *Sulfide Indole Motility* agar (Himedia, India), MR-VP broth (Himedia, India), akuades (Amidis, Indonesia), kristal violet (Merck, Jerman), lugol (Merck, Jerman), dekoloran (Merck, Jerman), safranin (Merck, Jerman), malakit hijau (Merck, Jerman), pepton (Himedia, India), Natrium klorida (Merck,

Jerman), *beef extract* (Himedia, India), fenol merah (Himedia, India), glukosa (Merck, Jerman), manitol (Merck, Jerman), alkohol 70%, hidrogen peroksida, metanol, dan kertas saring.

Sampel yang digunakan pada adalah daun dan ranting trembesi.

Metode Penelitian

Persiapan pengomposan

Daun dan ranting dikumpulkan dari lingkungan UPH dan dibersihkan dari partikel-partikel seperti batu, pasir, dan lainnya (Gambar 2). Jika daun dan ranting masih berukuran terlalu besar, dapat dilakukan pemotongan menjadi ukuran yang lebih sedang atau kecil agar proses pengomposan dapat berjalan dengan lebih cepat. Pengomposan dilakukan pada skala 100 kg.



Gambar 2. Sampel daun (A) dan ranting (B)

Pengomposan dilakukan dalam ruang yang dibuat dari 22 buah batu bata hebel yang disusun dengan ukuran 0,8 x 0,6 x 1,2 m (p x l x t) dengan volume sebesar 0,576 m³. Pada sisi kiri dan kanan disusun 3 batu bata hebel dan 12 batu bata merah yang diberikan jarak sebesar 5 cm untuk aerasi/ventilasi udara. Untuk sisi depan dan belakang disusun batu bata

hebel tanpa adanya jarak untuk aerasi/ventilasi udara. Pada bagian sisi depan, susunan batu bata hebel dapat digeser untuk keluar masuk sampah, pengadukan dan penyiraman (Gambar 3).

Pemantauan Parameter Pengomposan

Selama proses pengomposan, dilakukan pemantauan beberapa parameter seperti suhu, pH, kelembapan. Selain itu, dilakukan juga pengadukan secara berkala. Suhu dicek dengan termometer yang ditancapkan pada tumpukan kompos hingga mencapai kedalaman 30-40 cm. pH dan kelembapan pada tumpukan kompos dicek dengan alat *three-way soil meter*. Setelah alat dinyalakan, ujung sensor pada alat ukur ditancapkan pada tumpukan kompos hingga mencapai kedalaman 15 cm, lalu nilai yang tertera dicatat.



Gambar 3. Tempat pengomposan dari sisi atas (A), sisi depan (B), sisi kiri (C) dan sisi kanan (D)

Pengadukan dilakukan dengan mengeluarkan tumpukan kompos dari tempat pengomposan. Setelah itu, dilakukan pengadukan dengan sekop atau

garukan secara merata. Selama diaduk, dapat dilakukan pemberian air agar kelembapan tumpukan kompos dapat terjaga. Setelah diaduk dan disiram, kompos dimasukkan kembali dalam tempat pengomposan. Pengadukan dapat dilakukan 2-3 kali dalam seminggu.

Isolasi Bakteri Termofilik dari Kompos

Sampel kompos pada fase termofil diambil sebanyak 10 gram kemudian dihaluskan menggunakan alu dan mortar. Sampel dicampur dengan medium 100 ml *Nutrient Broth* secara aseptik. Setelah bercampur, sampel disaring, lalu filtrat diencerkan secara bertingkat menggunakan PBS steril. Hasil dilusi diinokulasikan dengan metode sebar pada medium *Nutrient Agar*, lalu diinkubasi pada suhu 55°C selama 24 jam. Koloni yang tumbuh selanjutnya dimurnikan dengan metode *streaking* 4 kuadran hingga diperoleh isolat murni.

Identifikasi Bakteri Termofilik

Identifikasi isolat murni yang diperoleh dilakukan berdasarkan morfologi koloni (bentuk, elevasi, margin, warna, dan ukuran) pada medium NA dan morfologi sel (pewarnaan Gram, pewarnaan endospora) di bawah mikroskop. Selain itu, dilakukan pula uji biokimia dan uji lainnya seperti uji motilitas, uji katalase, uji Voges Proskauer, uji sitrat, uji reduksi nitrat, uji

fermentasi karbohidrat (glukosa dan manitol), uji hidrolisis pati dan uji hidrolisis selulosa.

Uji Pertumbuhan Bakteri Termofil

Uji pertumbuhan isolat bakteri termofil dilakukan pada berbagai konsentrasi NaCl (2%, 5%, 7%) dan pH (6, 7, 8). Pengujian dilakukan secara kualitatif dengan mengamati pertumbuhan isolat bakteri termofil pada medium NB yang telah ditambahkan berbagai konsentrasi NaCl dan diatur pH-nya.

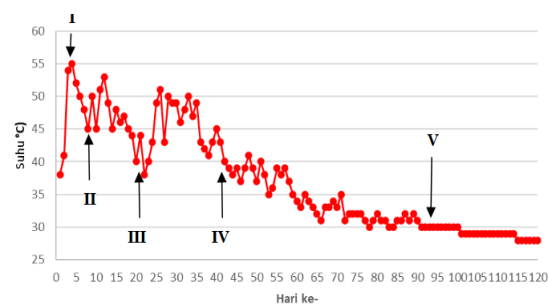
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Kompos

Kandungan rasio C/N dari sampel daun dan ranting dicek terlebih dahulu. Berdasarkan hasil analisis dari Laboratorium Sucofindo, rasio C/N dari daun dan ranting masing-masing sebesar 17/1 dan 15/1. Oleh karena itu, pengomposan pada skala 100 kg menggunakan 85 kg daun dan 15 kg ranting (rasio C/N akhir sebesar 16/1). Pengomposan dilakukan selama 4 bulan dengan pengecekan berkala untuk berbagai parameter.

Berdasarkan Gambar 4, tumpukan sampah organik mencapai suhu di atas 50°C (I) pada hari ke-3. Kemudian hari ke-5 suhu mulai menurun menjadi suhu 45°C (II) hari ke-8. Kemudian suhu berfluktuasi hingga mencapai suhu awal, yaitu 30-40

°C (III) pada hari ke-20. Pada hari ke-39 hingga hari ke-60, suhu cenderung menurun hingga mencapai suhu di bawah 40°C (IV). Setelah 90 hari, suhu kompos stabil di sekitar 30°C (V).



Gambar 4. Perubahan suhu selama pengomposan

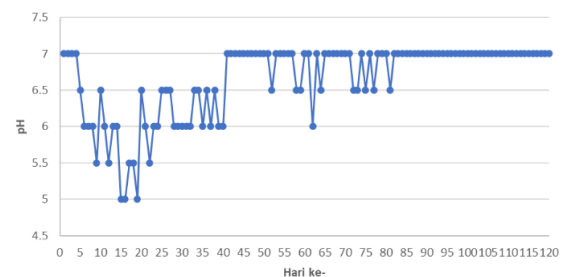
Peningkatan suhu pada tahap I dan II terjadi karena aktivitas mikroorganisme seperti bakteri termofilik yang mulai aktif bekerja untuk mengurai sampah organik. Saat mikroorganisme termofilik bekerja, terjadi aktivitas metabolisme yang menghasilkan panas dari hasil penggunaan oksigen dan dapat membunuh mikroorganisme lain dalam tumpukan kompos (Sayara *et al.*, 2020). Fase ini dapat disebut sebagai fase sterilisasi. Suhu pada tahap III cenderung menurun, tetapi masih terdapat aktivitas bakteri termofil yang menandakan degradasi sampah organik masih berlangsung. Menurut Backhus (2011), aktivitas bakteri termofil pada fase I-III cenderung membutuhkan waktu lama. Setelah fase termofilik selesai, suhu pada tumpukan kompos secara perlahan menurun hingga mencapai fase mesofilik sampai pada fase pematangan (Antunes *et al.*, 2016)

Mikroorganismen termofilik pada sampah organik bekerja optimal pada kondisi netral hingga asam, dengan pH berkisar antara 5,5 hingga 8. Selama tahap awal pengomposan, sampah organik akan terurai dan menghasilkan asam organik. Kondisi asam sangat baik untuk pertumbuhan jamur serta proses pemecahan lignin dan selulosa. Saat pengomposan berlangsung, asam organik menjadi netral dan aktivitas penguraian bahan organik mulai menurun. Kompos yang sudah matang umumnya memiliki pH antara 6 sampai 8. Pengukuran pH pada kompos skala dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa sampah organik awalnya memiliki pH netral (pH 7). Pada hari ke-5 hingga hari ke-16 terjadi penurunan pH hingga pH menjadi asam (pH 5). Pada hari ke-17 hingga hari ke-40 terjadi fluktuasi pH (5,5-6,0). Pada hari ke-41 hingga hari ke-80, fluktuasi pH masih terjadi di sekitar angka 6,5. Pada hari ke-81 hingga seterusnya, pH meningkat hingga mendekati pH awal pengomposan, yaitu netral, dan tetap stabil sampai memasuki fase maturasi. Menurut Backus (2011), pH sampah organik selama proses pengomposan menyesuaikan dengan aktivitas mikroorganismen di dalamnya.

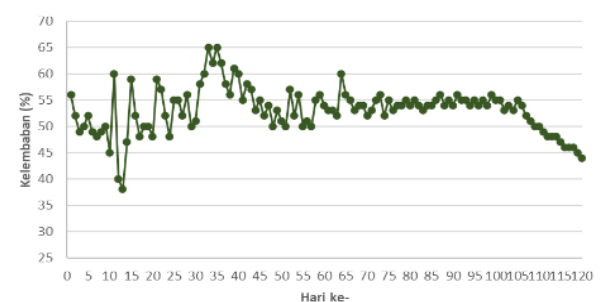
Kandungan air yang mendukung proses penguraian sampah organik oleh

mikroorganismen berkisar antara 40-60%. Jika kelembapan terlalu tinggi, air akan menutup ruang ventilasi udara dalam tumpukan kompos sehingga menciptakan kondisi anaerobik dan menghasilkan aroma tidak sedap. Jika kelembapan terlalu rendah, mikroorganismen tidak dapat bekerja optimal.



Gambar 5. Perubahan pH selama pengomposan

Gambar 6 menunjukkan perubahan kelembapan selama pengomposan. Pada awalnya kelembapan sampah organik adalah 56%. Pada hari ke-2 hingga hari ke-7 terjadi penurunan tingkat kelembapan, pada hari ke-8 hingga hari ke-40 terjadi fluktuasi kelembapan, dan kelembapan sampah organik menjadi stabil (50-55%) setelah hari ke-40 (Richard *et al.*, 2002). Menurut Backus (2011), kelembapan dapat dikontrol dengan penambahan air dengan jumlah tertentu pada saat pengadukan.



Gambar 6. Perubahan kelembapan selama pengomposan

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofil dari Kompos

Mikroorganisme, khususnya bakteri, memainkan peran penting selama pengomposan sehingga pengetahuan mengenai bakteri yang berperan dalam proses pengomposan akan memberikan wawasan baru mengenai pengembangan pengomposan yang memiliki banyak manfaat (Kong *et al.*, 2020). Dari hasil isolasi dan pemurnian, didapatkan 5 isolat bakteri termofil. Kelima isolat

diidentifikasi berdasarkan pengamatan morfologi koloni dan sel, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, kelima isolat bakteri termofil memiliki morfologi koloni yang sama pada medium *Nutrient Agar*, yaitu berbentuk circular, elevasi flat, margin entire, berwarna putih dan berukuran kecil. Selain itu, kelima isolat juga menunjukkan morfologi sel yang sama yaitu berbentuk batang, Gram negatif dan menghasilkan endospora.

Tabel 1. Hasil pengamatan morfologi koloni dan sel pada isolat bakteri dari kompos

		JD102	JD103	JD104	JD501	JD503
Morfologi koloni	Bentuk	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
	Elevasi	Flat	Flat	Flat	Flat	Flat
	Margin	Entire	Entire	Entire	Entire	Entire
	Warna	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih
	Ukuran	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil	Kecil
Morfologi sel	Bentuk	Batang	Batang	Batang	Batang	Batang
	Gram	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif
	Endospora	+	+	+	+	+

Keterangan: tanda (+) menandakan adanya endospora

Tabel 2. Hasil uji biokimia dan uji lainnya terhadap isolat bakteri dari kompos

Uji		JD102	JD103	JD104	JD501	JD503
Motilitas		+	+	+	+	+
Katalase		+	+	+	+	+
<i>Voges Proskauer</i>		-	-	-	-	-
Metabolisme sitrat		-	-	-	-	-
Reduksi nitrat		+	-	-	-	+
Fermentasi karbohidrat (asam/gas)	Glukosa	+/-	-/-	+/-	-/-	-/-
	Manitol	-/-	-/-	+/-	-/-	-/-
Hidrolisis pati		+	+	+	-	-
Hidrolisis selulosa		-	-	-	+	-

Keterangan: tanda (+) menunjukkan hasil positif, tanda (-) menunjukkan hasil negatif. Hasil uji fermentasi karbohidrat berupa pengamatan produksi asam dan gas.

Meskipun memiliki morfologi koloni dan sel yang sama, terdapat perbedaan aktivitas biokimia dari kelima isolat. (Tabel 2). Selanjutnya, dilakukan uji pertumbuhan secara kualitatif pada berbagai konsentrasi NaCl (2%, 5%, 7%) dan pH (6, 7, 8). Kelima isolat tidak dapat tumbuh dengan keberadaan NaCl, namun dapat tumbuh pada pH 6, 7 dan 8 (data tidak ditampilkan). Berdasarkan *Bergey's Manual Systematic Bacteriology Second Edition Volume Three the Firmicutes*, kelima isolat diduga berasal dari genus *Bacillus*. Menurut López *et al.* (2021), bakteri termofilik yang biasa diisolasi dari tanah dan kompos antara lain *Bacillus schlegelii*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus circulans*, dan *Bacillus sphaericus* (2021). Menurut Bhattacharya & Pletschke (2014), mikroorganisme yang paling sering ditemukan pada fase termofilik berasal dari genus *Bacillus*, yaitu bakteri Gram positif berbentuk batang, serta dapat menghasilkan endospora.

KESIMPULAN

Pembuatan kompos dari 100 kg sampah organik telah berhasil dilakukan dalam waktu 4 bulan dengan suhu, pH dan kelembapan yang terpantau dengan baik. Dari proses isolasi bakteri termofilik pada kompos diperoleh lima isolat yang diduga berasal dari genus *Bacillus*.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan identifikasi isolat bakteri termofil secara molekuler dengan analisis 16s rRNA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Dasar (B203) dan Lanjutan (B407), Program Studi Biologi, Universitas Pelita Harapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, K., Juita, E., & Zuriyani, E. (2021). Analisis pengelolaan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Desa Sido Makmur Kecamatan Sipora Utara. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 6(2), 115-124. <https://doi.org/10.21067/jpig.v6i2.5936>
- Antunes, L. P., Martins, L. F., Pereira, R. V., Thomas, A. M., Barbosa, D., Lemos, L. N., Silva, G. M. M., Moura, L. M. S., Epamino, G. W. C., Digiampietri, L. A., Lombardi, K. C., Ramos, P. L., Quaggio, R. B., de Oliveira, J. C. F., Pascon, R. C., da Cruz, J. B., da Silva, A. M., Setubal, J. C. (2016). Microbial community structure and dynamics in thermophilic composting viewed through metagenomics and metatranscriptomics. *Scientific Reports*, 6(1), 38915. <https://doi.org/10.1038/srep38915>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S. Perissol, C. Roussos, S., & Alami, I. T. (2017). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8, 141–158.

- <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Bhattacharya, A., & Pletschke, B. I. (2014). Thermophilic *Bacilli* and their enzymes in composting. In: Maheshwari, D. (eds) *Composting for Sustainable Agriculture. Sustainable Development and Biodiversity* (pp 103–124), vol 3. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08004-8_6
- Backhus. (2011). *Buku pedoman untuk professional pengomposan*. Edwecht: Tim Backhus GmbH Eco Engineers.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2020) *Indonesia memasuki era baru pengelolaan sampah*. Retrieved July 20, 2021 from http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/2329
- Kong, Z., Wang, X., Wang, M., Chai, L., Wang, X., Liu, D., & Shen, Q. (2020). Bacterial ecosystem functioning in organic matter biodegradation of different composting at the thermophilic phase. *Bioresource Technology*, 317, 123990. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123990>
- Lopez, M. J., Jurado, M. M., López-González, J. A., Estrella-González, M. J., Martínez-Gallardo, M. R., Toribio, A., & Suárez-Estrella, F. (2021). Characterization of thermophilic lignocellulolytic microorganisms in composting. *Frontiers in Microbiology*, 12, 697480. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.697480>
- Palaniveloo, K., Amran, M. A., Norhashim, N. A., Mohamad-Fauzi, N., Fang, Peng-Hui, F., Hui-Wen, L., Kai-Lin, Y., Jiale, L., Chian-Yee, M. G., Jing-Yi, L., Gunasekaran, B., & Razak, S. A. (2020). Food waste composting and microbial community structure profiling. *Processes*, 8(6), 723. <https://doi.org/10.3390/pr8060723>
- Rebollido, R., Martinez, J., Aguilera, Y., Melchor, K., Koerner, I., & Stegmann, R. (2008). Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6(3), 61-67. https://doi.org/10.15666/aer/0603_061067
- Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., & Silva, T. (2002). Moisture relationships in composting processes, compost science & utilization, 10(4), 286-302. <http://dx.doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702093>
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sanchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10, 1838. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10111838>
- Setiawan, A. (2021). *Membenahi tata kelola sampah nasional*. Retrieved May 21, 2022 from <https://indonesia.go.id/kategori/indonesia-dalam-angka/2533/membenahi-tata-kelola-sampah-nasional>