

Penyuluhan Cara Mengubah Sampah Organik Menjadi Produk Bernilai Tambah di RW 02 Dusun Tapen, Kabupaten Magelang

Training on How to Convert Organic Waste into Value-Added Products in RW 02, Dusun Tapen, Magelang Regency

**Whinarko Juliprijanto, Fauziah Eka Permadani, Syifaour Rahmah,
Ghiyats Furqan Dewantara*, Rakha Arsa Pratama, Salman Rizqul Mubarak**

Universitas Tidar
Magelang, Jawa Tengah, Indonesia
*Email: ghiyatsdewantara@untidar.ac.id
(Diterima 12-12-2025; Disetujui 26-02-2026)

ABSTRAK

Pengelolaan sampah rumah tangga di RW 02 Dusun Tapen masih didominasi metode konvensional seperti pembakaran dan penimbunan, yang berpotensi mencemari lingkungan. Meskipun sebagian warga telah menjual sampah anorganik, pengolahan sampah organik belum optimal. Untuk memberikan alternatif yang lebih berkelanjutan, tim Pengabdian kepada Masyarakat Fakultas Ekonomi Universitas Tidar menyelenggarakan penyuluhan dan praktik pemanfaatan larva lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly Larvae*/BSFL) sebagai metode biokonversi sampah organik. Kegiatan dilaksanakan pada 30 Juli 2025 dengan peserta 39 ibu-ibu dasa wisma, menggunakan metode ceramah interaktif, diskusi, tanya jawab, dan praktik langsung. Materi mencakup jenis sampah, dampak lingkungan, nilai ekonomi BSFL, serta langkah teknis budidaya maggot menggunakan peralatan sederhana. Hasil kegiatan menunjukkan antusiasme peserta yang tinggi, namun upaya replikasi budidaya oleh sebagian warga belum berhasil karena kurangnya pengalaman, kondisi kelembapan dan suhu yang tidak stabil, serta teknik pemotongan sampah organik yang belum tepat. Temuan ini menunjukkan perlunya pendampingan berkelanjutan, edukasi lanjutan, serta penyesuaian SOP budidaya agar masyarakat dapat menerapkan teknologi ini secara efektif. Kegiatan ini diharapkan menjadi langkah awal peningkatan kapasitas warga dalam mengelola sampah organik sekaligus membuka peluang manfaat ekonomi dari budidaya maggot di RW 02 Dusun Tapen.

Kata kunci: *Black Soldier Fly Larvae*, BSFL, pengelolaan sampah, biokonversi sampah organik

ABSTRACT

Household waste management in RW 02, Dusun Tapen remains largely conventional, dominated by incineration and landfilling practices that pose environmental risks. Although some residents sell inorganic waste, the management of organic waste has not been optimized. As a sustainable alternative, tim Pengabdian kepada Masyarakat from Fakultas Ekonomi, Universitas Tidar, conducted training and hands-on practice on the use of Black Soldier Fly Larvae (BSFL) for organic waste bioconversion. The activity, held on 30 July 2025, involved 39 local women and utilized interactive lectures, group discussions, Q&A sessions, and practical demonstrations. The program introduced waste classification, environmental impacts, the economic potential of BSFL, and technical guidelines for maggot cultivation using simple household equipment. Participants showed strong engagement; however, several faced difficulties in replicating the cultivation process due to limited experience, unstable environmental conditions, and insufficient waste preparation. These findings underline the need for continuous mentoring, strengthened technical support, and refinement of standard operating procedures to ensure wider community adoption. Overall, this activity represents an initial step toward empowering residents in sustainable organic waste management while opening new economic opportunities through BSFL cultivation.

Keywords: Black Soldier Fly Larvae, BSFL, waste management, organic waste bioconversion

PENDAHULUAN

Tempat pengelolaan sampah biasanya merupakan langkah awal ketika hendak mengelola sampah. Sampah perlu dipilah sebelum diolah. Oleh karena itu, penting adanya tempat pengelolaan sampah (TPS) 3R (Reuse, Recycle, Reduce) di setiap desa. Desa Pagersari telah memiliki TPS 3R yang berada di Dusun Karanggawang dan beberapa dusun di dalamnya sudah memiliki bank sampah. Dusun Tapen belum memiliki bank sampah tetapi beberapa masyarakatnya sudah sadar akan pentingnya bank sampah, bahkan beberapa telah menyetorkan sampahnya ke dusun terdekat seperti di Dusun

Pongangan. Dusun Tapen di RW 02 memiliki jumlah penduduk yang berusia di atas 17 tahun sebanyak 309 jiwa. Profesi penduduknya juga beragam. Ada yang bekerja sebagai petani, peternak, pegawai negeri sipil, pegawai swasta, wirausahawan, dan lain-lain. Penduduk Dusun Tapen, tepatnya RW 02, biasa mengelola sampahnya sendiri karena tidak semua masyarakat berlangganan jasa angkut sampah.

Penduduk RW 02 Dusun Tapen biasanya mengumpulkan sebagian besar sampah anorganik untuk dijual ke pengepul, sebagian yang tidak bisa dijual akan dibakar. Abunya akan dijadikan tambahan pupuk. Begitu pula dengan sampah organik, sebagian ada yang dijadikan pupuk dan sebagian lagi dijadikan pakan ternak. Beberapa cara pengelolaan tersebut ada yang sudah baik, tetapi ada juga yang perlu dievaluasi sebab dapat mencemari lingkungan atau menyebarkan bakteri. Metode konvensional seperti penimbunan dan pembakaran terbuka dinilai tidak berkelanjutan karena mahal, membutuhkan lahan yang luas, menimbulkan bau, dan mencemari tanah serta air melalui lindi (Čičková, Newton, Lacy, & Kozánek, 2015; Raksasat et al., 2020). Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengolah sampah organik misalnya dengan entomoremediasi, yakni pemanfaatan serangga, khususnya larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) atau *Black Soldier Fly Larvae* (BSFL) untuk menguraikan limbah organik (Amrul et al., 2022; Rehman et al., 2023). BSFL memiliki kemampuan unik untuk menguraikan berbagai jenis limbah organik, mulai dari sisa makanan rumah tangga, limbah pasar, kotoran ternak, limbah pertanian, hingga residu industri pengolahan makanan (Ahmad et al., 2023; Surendra et al., 2020).

Produk utama dari proses biokonversi ini adalah biomassa larva yang kaya protein (414–450 g/kg) dan lemak (300–350 g/kg), menjadikannya alternatif potensial pengganti tepung ikan dan kedelai dalam pakan ternak (Lu et al., 2022; Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, 2014). Kandungan asam amino esensialnya sebanding dengan tepung ikan, sedangkan kandungan asam lemak dalam lemaknya memiliki sifat antimikroba yang meningkatkan kesehatan usus ternak (Lu et al., 2022). Penelitian pada unggas, babi, dan ikan menunjukkan bahwa pakan berbasis BSFL tidak menurunkan performa pertumbuhan atau kualitas daging, bahkan dapat meningkatkan efisiensi konversi pakan (Makkar et al., 2014). Selain itu, frass atau residu hasil penguraian merupakan pupuk organik berkualitas tinggi yang dapat meningkatkan kesuburan tanah (Čičková et al., 2015; Surendra et al., 2020).

Dari perspektif sosial-ekonomi, pemanfaatan BSFL memiliki potensi besar di tingkat rumah tangga maupun komunitas. Sistem pengomposan berbasis BSFL, seperti BSF bin systems, dapat dioperasikan dengan biaya rendah dan menghasilkan larva yang dapat dijual sebagai pakan unggas dan ikan (Ahmad et al., 2023). Meskipun demikian, terdapat sejumlah tantangan yang harus diatasi agar penerapan teknologi ini berkelanjutan. Faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, dan pasokan pakan harus dikelola dengan baik agar larva dapat tumbuh optimal (Siddiqui et al., 2022). Implementasi skala besar memerlukan mekanisasi, personel terlatih, serta regulasi yang memastikan keamanan biomassa dan mencegah bioakumulasi logam berat (Čičková et al., 2015; Surendra et al., 2020). Oleh karena itu, keberhasilan program pemanfaatan BSFL memerlukan pendekatan terintegrasi yang mencakup edukasi masyarakat, inovasi desain wadah, monitoring kualitas hasil, dan kolaborasi dengan pemangku kepentingan.

Dengan demikian, tim pengabdian dari Fakultas Ekonomi Untidar melakukan penyuluhan tentang alternatif lain dalam mengelola sampah organik dengan melibatkan ibu rumah tangga. Harapannya, program penyuluhan ini dapat mentransfer pengetahuan dari narasumber kepada ibu-ibu warga RW 02 Dusun Tapen dan menjadi langkah awal untuk mengatasi permasalahan pengelolaan sampah di RW 02 Dusun Tapen.




BAHAN DAN METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) mengenai penyuluhan pengelolaan sampah dilaksanakan dalam satu hari penuh pada tanggal 30 Juli 2025, mulai pukul 08.00 hingga 11.30 WIB, bertempat di RW 02 Dusun Tapen, Kabupaten Magelang. Sasaran utama kegiatan ini adalah ibu-ibu dasa wisma dengan jumlah peserta sebanyak 39 orang. Pemilihan kelompok ini dirasa tepat karena ibu rumah tangga memiliki peran penting dalam aktivitas sehari-hari yang berkaitan langsung dengan produksi sekaligus pengelolaan sampah rumah tangga. Penyuluhan ini menggunakan metode ceramah interaktif, diskusi kelompok, sesi tanya jawab, serta praktik langsung. Ceramah disampaikan secara informatif dengan bahasa sederhana sehingga mudah dipahami, mencakup penjelasan mengenai jenis-jenis sampah, perbedaan sampah organik dan anorganik, hingga dampak negatif jika sampah tidak dikelola dengan baik. Selanjutnya, forum diskusi dan tanya jawab

memberikan kesempatan bagi peserta untuk menyampaikan permasalahan sehari-hari terkait sampah.

Selain penyampaian teori, kegiatan ini juga dilengkapi dengan praktik langsung, di mana peserta diajak mencoba cara sederhana dalam memilah sampah organik dan anorganik, serta memanfaatkan sampah organik sebagai bahan makanan Maggot yang memiliki nilai jual. Praktik tersebut bertujuan agar pengetahuan yang diperoleh tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga dapat dipraktikkan secara nyata di lingkungan rumah masing-masing. Seluruh rangkaian acara disusun secara sistematis, dimulai dari pengenalan masalah, pemahaman dampak lingkungan, hingga solusi praktis yang bisa langsung diterapkan. Kegiatan berlangsung lancar dan peserta menunjukkan antusiasme tinggi dengan aktif bertanya, berdiskusi, dan berpartisipasi dalam praktik. Kehadiran 39 orang ibu-ibu dasa wisma menjadi bukti adanya kepedulian masyarakat terhadap isu lingkungan.

Alat dan bahan dalam pelaksanaan pengabdian kepada Masyarakat menggunakan bahan-bahan yang mudah ditemukan disekitar kita, rincian alat dan bahan terangkum dalam tabel berikut:

Alat dan bahan	Keterangan
	<p>Menggunakan <i>maggot black army</i>, larva dan pupa</p>
	
	<p>Menggunakan 7 galon bekas dan 7 nampan sebagai media budidaya Maggot.</p>



Sampah yang digunakan merupakan sampah organik

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini memiliki 2 tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan

Pada tahap persiapan, tim pengabdian berkoordinasi pelaksanaan program mengenai sistematika, waktu dan tempat kegiatan. Hasil dari kegiatan koordinasi berupa penetapan sasaran kegiatan, lokasi dan waktu serta pengisi acara kegiatan. Tim pengabdian melakukan survei tempat dan berkoordinasi dengan pemangku kepentingan di daerah setempat guna kelancaran kegiatan.

2. Tahap implementasi

Tahap implementasi kegiatan dibagi menjadi dua sesi, yaitu:

Sesi satu pemaparan materi mengenai jenis-jenis sampah dan pengelolaannya yang kemudian dilanjutkan dengan sesi dua berupa praktik langsung pengelolaan sampah organik dengan menggunakan maggot.

Baik sesi satu maupun sesi dua disisipi dengan materi yang berkaitan dengan produk nilai tambah dari pengelolaan sampah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengabdian masyarakat ini dilakukan dalam bentuk penyuluhan cara mengubah sampah organik menjadi produk bernilai tambah. Penyuluhan dilakukan dengan berkoordinasi bersama berbagai pihak seperti ketua RT 01 dan RT 02 dari RW 02, Kepala Dusun Tapen, serta Kepala Desa Pagersari Kecamatan Mungkid Kabupaten Magelang. Berdasarkan hasil koordinasi, maka peserta pada kegiatan ini adalah ibu-ibu Dasa Wisma di RT setempat dengan pertimbangan bahwa mereka ketika melakukan pekerjaannya sehari-hari di rumah, misalnya memasak, dapat langsung memilah sampah dari berbagai bahan makanan dan sisa makanan sehingga proses pemilihan sampah organik dan anorganik menjadi lebih efisien. Lokasi pengabdian dilakukan di teras Masjid Nurrachim Dusun Tapen yang lokasinya berdekatan dengan rumah warga untuk memudahkan mobilisasi peserta sekaligus menjaga keamanan peserta sebab tidak perlu menyebrang ke jalan raya.

Pelaksanaan pengabdian masyarakat dilakukan pada tanggal 30 Juli 2025. Penyuluhan terdiri dari dua sesi, sesi pertama dilakukan untuk memotivasi masyarakat dalam mengelola sampah dan sesi kedua diisi dengan praktik langsung cara mengelola sampah organik agar menghasilkan nilai tambah. Kedua sesi ini diharapkan mampu meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya mengelola sampah dan memberikan pemahaman bahwa kepedulian terhadap alam juga mampu memberikan manfaat bagi diri sendiri. Pemateri sesi pertama dalam penyuluhan ini yaitu dosen Program Studi Ekonomi Pembangunan Untidar, Dr. Rochmat Aldy Purnomo, S.E., M.Si. Sesi kedua, tim pengabdian mendatangkan narasumber dari Dusun II Desa Pasir Kulon Kabupaten Banyumas yang telah berhasil membudidayakan maggot dari pengolahan sampah organik, Imam Buchori, S.Si.

Pada materi sesi pertama, Pak Aldy menjelaskan bahwa cara mengubah sampah jadi rupiah dimulai dari mengidentifikasi jenis sampah. Sampah yang ada di lingkungan sekitar dapat berupa sampah gelas, sampah kertas, sampah elektronik, sampah logam, sampah plastik dan sampah organik.

Masyarakat RW 02 Dusun Tapen lebih memilih untuk mengolah sampah anorganik karena cukup dipilah kemudian dijual kepada pengepul. Aroma dari sampah anorganik juga tidak terlalu menyengat jika dibandingkan dengan sampah organik. Aroma sampah organik yang semakin menyengat serta perubahan teksturnya selama proses pembusukan membuat sebagian masyarakat enggan untuk mengolahnya.

Dalam sesi ini, Pak Aldy juga memotivasi masyarakat agar tertarik mengolah sampah organik melalui budidaya maggot mengingat harga pakan ternak yang berangsur-angsur mengalami kenaikan. Budidaya maggot sebagai bentuk dari pengolahan sampah organik tidak hanya memiliki nilai positif bagi lingkungan, tetapi juga memiliki nilai ekonomi. Maggot merupakan salah satu sumber protein bagi ternak seperti ikan lele, ayam, dan burung lalu residu media maggot juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman.



Gambar 1. Sosialisasi Materi Ubah Sampah Jadi Rupiah

Pak Aldy juga menambahkan bahwa agar tingkat keberhasilan budidaya maggot berhasil, maka Masyarakat dihimbau untuk memperhatikan beberapa hal sebagai berikut. Pertama, masyarakat sebaiknya menggunakan sampah yang tidak berminyak dan tidak berbau. Kedua, hindari penumpukan makanan berlebihan di sarang maggot. Ketiga, jauhkan sarang maggot dari tempat yang rawan terkena air hujan. Keempat, jangan lupa untuk menjaga kelembapan media tempat maggot hidup. Kelima, gunakan abu sekam atau serbuk kayu untuk menetralkan bau.

Setelah masyarakat mengetahui cara mengubah sampah jadi rupiah, pengabdian dilanjutkan dengan sesi kedua yaitu praktik langsung budidaya maggot yang dilakukan bersama Pak Imam. Praktik budidaya maggot tidak memerlukan peralatan yang mahal, sebab dengan alat-alat yang ada di sekitar sudah mampu mendukung budidaya maggot. Alat dan bahan yang dapat digunakan untuk budidaya maggot diantaranya yaitu galon air bekas untuk tempat pembesaran larva, tampah atau nampan bekas untuk tempat inkubasi telur maggot, sampah organik untuk menyediakan makanan bagi maggot, dan kain bekas sebagai penutup sarang.

Langkah-langkah budidaya maggot yaitu:

1. Mempersiapkan Larva

Siapkan larva yang siap untuk dipindahkan ke media pembesaran larva. Ketika pengabdian ini berlangsung, Pak Imam selaku narasumber membantu tim pengabdian untuk membawakan larva yang sudah siap dibudidayakan.

2. Pemeliharaan Larva

Potong galon menjadi dua bagian, usahakan bagian bawah galon dipotong lebih panjang dari pada bagian atas galon karena bagian atasnya akan digunakan sebagai penutup wadah. Setelah galon dipotong, maka masukkan sampah organik ke dalam galon. Larva yang telah disiapkan kemudian

dipindahkan ke galon yang sudah berisi sampah organik. Pada tahap pemeliharaan larva, usahakan untuk memberi makan maggot setiap dua hari sekali. Setelah maggot masuk ke dalam galon, tutup bagian atasnya dengan kain terlebih dahulu, baru ditutup dengan bagian atas potongan galon. Usahakan tutup galon dilepas agar larva tetap bisa bernafas.

3. Persiapan panen

Larva sudah bisa dipanen setelah 12 hingga 15 hari. Maggot yang sudah siap dipanen bisa langsung digunakan untuk pakan ternak atau dikeringkan. Lalu residu yang tersisa di tempat pemeliharaan larva maggot bisa digunakan sebagai pupuk untuk tanaman.



Gambar 2. Praktik Budidaya Maggot

Namun, setelah tim pengabdian melakukan evaluasi, ternyata banyak masyarakat RW 02 Dusun Tapen yang belum berhasil membudidayakan maggot. Setelah 15 hari, larva maggot ditemukan tidak bergerak atau mati di dalam galon. Hal ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, masyarakat banyak yang baru pertama kali mencoba membudidayakan maggot sehingga banyak yang belum tahu kelembapan dan suhu seperti apa yang nyaman bagi larva maggot. Kedua, sampah organik yang tidak dicacah dapat membuat larva berkembang secara kurang optimal. Ketiga, tim pengabdian hendaknya secara rutin melakukan pendampingan setiap dua hari sekali untuk memperkecil risiko kegagalan budidaya maggot.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di RW 02 Dusun Tapen berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peserta mengenai pengelolaan sampah organik melalui pemanfaatan larva lalat tentara hitam (*Black Soldier Fly Larvae/BSFL*). Penyuluhan dan praktik langsung mampu memperkenalkan teknologi biokonversi sampah organik sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan

dibandingkan metode konvensional. Antusiasme peserta cukup tinggi, namun proses replikasi budidaya masih menghadapi kendala, seperti ketidakstabilan lingkungan, teknik persiapan sampah yang belum tepat, dan minimnya pengalaman. Temuan ini menegaskan perlunya pendampingan berkelanjutan agar tujuan pengabdian, yaitu peningkatan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sampah organik, dapat tercapai secara optimal.

Berdasarkan hasil kegiatan, disarankan adanya pendampingan rutin dan monitoring berkala untuk memastikan keberhasilan budidaya BSFL di tingkat rumah tangga; penyusunan dan penyempurnaan SOP budidaya yang lebih aplikatif bagi masyarakat; serta pengembangan program lanjutan berupa pelatihan pengolahan produk turunan BSFL serta penguatan kelembagaan lokal agar teknologi ini dapat diterapkan secara berkelanjutan dan memberikan nilai ekonomi bagi warga RW 02 Dusun Tapen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Tidar atas dukungan pendanaan yang memungkinkan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. K., Peng, N. T., Amrul, N. F., Basri, N. E. A., Jalil, N. A. A., & Azman, N. A. (2023). Potential Application of Black Soldier Fly Larva Bins in Treating Food Waste. *Insects*, *14*(5). <https://doi.org/10.3390/insects14050434>
- Amrul, N. F., Ahmad, I. K., Basri, N. E. A., Suja, F., Jalil, N. A. A., & Azman, N. A. (2022). A Review of Organic Waste Treatment Using Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability (Switzerland)*, *14*(8). <https://doi.org/10.3390/su14084565>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. In *Waste Management* (Vol. 35, pp. 68–80). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., Purba, R. A. P., & Paengkoum, P. (2022). Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review. *Insects*, *13*(9). <https://doi.org/10.3390/insects13090831>
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. In *Animal Feed Science and Technology* (Vol. 197, pp. 1–33). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Raksasat, R., Lim, J. W., Kiatkittipong, W., Kiatkittipong, K., Ho, Y. C., Lam, M. K., Font-Palma, C., Mohd Zaid, H. F., & Cheng, C. K. (2020). A review of organic waste enrichment for inducing palatability of black soldier fly larvae: Wastes to valuable resources. In *Environmental Pollution* (Vol. 267). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115488>
- Rehman, K. ur, Hollah, C., Wiesotzki, K., Rehman, R. ur, Rehman, A. U., Zhang, J., Zheng, L., Nienaber, T., Heinz, V., & Aganovic, K. (2023). Black soldier fly, *Hermetia illucens* as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. In *Waste Management and Research* (Vol. 41, Issue 1, pp. 81–97). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/0734242X221105441>
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Widya Yuwono, N., Nisa', K., Mategoko, B., Smetana, S., Saki, M., Nawaz, A., & Nagdalian, A. (2022). Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. In *Waste Management* (Vol. 140, pp. 1–13). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.044>
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. H. L., & Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). In *Waste Management* (Vol. 117, pp. 58–80). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>