

HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:
**PERENCANAAN PENGOLAHAN SAMPAH MENGGUNAKAN METODE
MATERIAL FLOW ANALYSIS (MFA) DAN LIFE CYCLE ASSESMENT
(LCA) DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) BERAHAN KULON
KABUPATEN DEMAK**

Disusun oleh:

Nama: Ayu Putri Cahyati

NIM: 21080120120033

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari: *Jumat*

Tanggal: *22 Desember 2023*

Menyetujui:

Ketua Penguji

Dr. Ling. Ir. Sri Sumiyati, S.T., M.Si.
IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197103301998022001

Anggota Penguji

Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T.,
IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

Pembimbing I

Prof. Ir. Mochamad Arief Budihardjo,
S.T., M.Eng.Sc, Env.Eng, Ph.D., IPM.,
ASEAN Eng.
NIP. 197409302001121002

Pembimbing II

Dr. Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.
NIP. 197103011998031001

Ketua Departemen ~~Mengetahui~~ Teknik Lingkungan



HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:
**PERENCANAAN PENGOLAHAN SAMPAH MENGGUNAKAN METODE
MATERIAL FLOW ANALYSIS (MFA) DAN LIFE CYCLE ASSESMENT
(LCA) DI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) BERAHAN KULON
KABUPATEN DEMAK**

Disusun oleh:

Nama: Jenny Dwi Cahyani Hutagaol

NIM: 21080120130062

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari: Jumat

Tanggal: 22 Desember 2023

Menyetujui:

Ketua Penguji

Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T.,
IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

Anggota Penguji

Dr. Ling. Ir. Sri Sumiyati, S.T., M.Si.
IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197103301998022001

Pembimbing I

Prof. Ir. Mochamad Arief Budihardjo,
S.T., M.Eng.Sc, Env.Eng, Ph.D., IPM.,
ASEAN Eng.
NIP. 197409302001121002

Pembimbing II

Dr. Ika Bagus Priyambada, S.T., M.Eng.
NIP. 19710301998031001

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Dinkungan



ABSTRAK

Bedasarkan data SIPSN, Kabupaten Demak menghasilkan sampah sebanyak 722 ton/hari atau 263.666 ton/tahun pada tahun 2022. Kondisi ini diiringi dengan rendahnya capaian persentase target pengurangan dan penanganan sampah di Kabupaten Demak. Oleh karena itu, dua TPA di Kabupaten Demak ditutup karena overload. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, Pemerintah Demak membangun TPA baru yaitu TPA Berahan Kulon. TPA ini direncanakan menggunakan metode *sanitary landfill* akan tetapi sampai saat ini masih menggunakan metode *open dumping* yang semakin menunjukkan belum optimalnya pengelolaan sampah di TPA Berahan Kulon. Dengan berbagai permasalahan di TPA Berahan Kulon, perencanaan solusi permasalahan sampah di TPA Berahan Kulon dibutuhkan saat ini. Perlu adanya tambahan alternatif pengolahan sampah selain metode *landfilling* untuk mengurangi timbulan sampah dan memperpanjang masa pakai TPA. Dengan kondisi sampah yang masuk ke TPA Berahan Kulon, terdapat tiga metode pengolahan yang bisa diterapkan untuk mereduksi timbulan sampah yaitu *windrow composting*, *Black Soldier Fly* (BSF), dan *Refused Derived Fuel*. Dari tiga alternatif metode pengolahan sampah yang dapat diterapkan, dipilih satu metode yang paling sesuai untuk dimanfaatkan. Metode pengolahan terpilih harus dapat mereduksi sampah secara optimal dan tidak menimbulkan potensi pencemaran yang besar. Oleh karena itu, analisis menggunakan kombinasi metode *Material Flow Analysis* (MFA) dan *Life Cycle Assessment* (LCA). Hasil analisis *Material Flow Analysis* dan *Life Cycle Assessment* menunjukkan bahwa BSF menjadi alternatif pengolahan terpilih sebab memiliki nilai *landfill rate* terkecil yaitu sebesar 33,48% dan *recycling rate* terbesar sebesar 66,53% diikuti nilai dampak lingkungan terkecil untuk 2 dampak lingkungan *global warming potential* dan *acidification*. Biaya pengadaan teknologi pengolahan BSF sebesar Rp50.470.000.000,00.

Kata Kunci: *Life Cycle Assessment, Material Flow Analysis, Global Warming Potential, Acidification*, kabupaten Demak, TPA Berahan Kulon

ABSTRACT

According to SIPSN, Demak Regency produces 722 tons of waste/day or 263,666 tons/year in 2022. This condition is accompanied by a low percentage of waste reduction and handling targets achieved in Demak Regency. Therefore, two landfills in Demak Regency were closed due to overload. To overcome this problem, the Demak Government built a new landfill, namely the Berahan Kulon TPA. This landfill was planned to use the sanitary landfill method, but until now it is still using the open dumping method, which increasingly shows that waste management at the Berahan Kulon landfill is not yet optimal. With the various problems at the Berahan Kulon TPA, planning a solution to the waste problem at the Berahan Kulon TPA is needed now. There is a need for additional waste processing alternatives other than the landfilling method to reduce waste generation and extend the service life of landfills. Given the condition of waste entering the Berahan Kulon landfill, there are three processing methods that can be applied to reduce waste generation, namely windrow composting, Black Soldier Fly (BSF), and Refused Derived Fuel. Of the three alternative waste processing methods that can be applied, the most suitable method is chosen to be used. The selected processing method must be able to reduce waste optimally and not cause large potential pollution. Therefore, the analysis uses a combination of Material Flow Analysis (MFA) and Life Cycle Assessment (LCA) methods. The results of the Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment analysis show that BSF is the chosen processing alternative because it has the smallest landfill rate value of 33.48% and the largest recycling rate of 66.53% followed by the smallest environmental impact value for the 2 environmental impacts of global warming potential and acidification. The cost of procuring BSF processing technology is IDR 50.470.000.000,00.

Keyword: Life Cycle Assessment, Material Flow Analysis, Global Warming Potential, Acidification, Demak Regency, Berahan Kulon landfill

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menempati populasi terbesar ke-4 di dunia dengan total populasi sebanyak 276 juta jiwa saat sensus tahun 2021. Besarnya populasi tersebut tentunya sejalan dengan besarnya timbunan sampah yang dihasilkan di Indonesia. Pada tahun 2022 total timbunan sampah Indonesia menyentuh angka 35.925.892,60 ton/tahun. Infrastruktur pengelolaan sampah yang masih belum seimbang dengan banyaknya timbunan sampah tersebut, membuat sekitar 69% sampah yang dihasilkan masyarakat berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), 7% sampah yang diolah dengan daur ulang, dan 24% sisanya hanya dibuang tanpa diolah (Safitri dan Sari, 2021). Penitikberatan pengelolaan sampah di TPA dengan model 3P (pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan) masih menjadi gaya hidup mayoritas masyarakat Indonesia. Akibatnya, beban TPA melebihi kapasitasnya sehingga memicu banyaknya permasalahan seperti singkatnya umur TPA dan kebakaran area penimbunan sampah (Tanujaya, 2020). Jika model pengelolaan sampah ini terus diterapkan, maka dalam 5-10 tahun ke depan, pengelolaan sampah di banyak kota di Indonesia akan bermasalah ketika masa pakai TPA semakin singkat. Sementara itu, mencari pengganti TPA semakin sulit dikarenakan terbatasnya ketersediaan lahan dan meningkatnya resistensi masyarakat terhadap keberadaan TPA, terutama di wilayah yang berada di sekitar atau dekat pemukiman penduduk (Prihatin, 2020).

Kabupaten Demak merupakan salah satu kabupaten yang mengalami permasalahan TPA. Menurut SIPSN, Kabupaten Demak menghasilkan sampah sebanyak 722 ton/hari atau 263.666 ton/tahun pada tahun 2022. Angka ini meningkat 4% dari tahun 2019 yang hanya 695 ton/hari atau 253.771 ton/tahun diikuti juga peningkatan pada tahun-tahun sebelumnya. Kondisi ini diiringi dengan rendahnya capaian persentase target pengurangan dan penanganan sampah di Kabupaten Demak. Pada tahun 2022 Kabupaten Demak baru mencapai 0,68% dari target pengurangan

sebesar 26% dan 12,46% dari target penanganan sebesar 73%. Oleh karena itu, dua TPA di Kabupaten Demak ditutup karena *overload*. Dua TPA tersebut yaitu TPA Kalikondang yang berada di Desa Kalikondang, Kecamatan Demak dan TPA Candisari yang berada di Desa Candisari, Kecamatan Mranggen. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut, Pemerintah Demak membangun TPA baru yaitu TPA Barahan Kulon yang berada di Berahan Wetan, Kecamatan Wedung. TPA ini berjarak 29,1 km dari TPA Candisari dan berjarak 15,9 km dari TPA Kalikondang. TPA ini direncanakan menggunakan metode *sanitary landfill* akan tetapi sampai saat ini masih menggunakan metode *open dumping* yang semakin menunjukkan belum optimalnya pengelolaan sampah di TPA Berahan Kulon.

Dengan berbagai permasalahan di TPA Berahan Kulon, perencanaan solusi permasalahan sampah di TPA Berahan Kulon dibutuhkan saat ini. Perlu adanya tambahan alternatif pengolahan sampah selain metode *landfilling* untuk mengurangi timbulan sampah dan memperpanjang masa pakai TPA. Perencanaan pengolahan sampah di TPA perlu disesuaikan dengan karakteristik sampah dan kondisi TPA. Berdasarkan data SIPSN, komposisi sampah di Kabupaten Demak didominasi oleh sampah organik dengan persentase sampah hampir mencapai 50% dan sisanya adalah sampah anorganik yang sulit untuk terurai. Dengan komposisi sampah yang ada di TPA, terdapat banyak metode pengolahan yang dapat dimanfaatkan yang sudah berhasil diterapkan di Indonesia. Beberapa metode pengolahan tersebut adalah *recycling*, *landfilling*, *composting*, *Refused Derived Fuel (RDF)*, thermal seperti insinerator, dan biogas seperti *anaerobic digester* (Atmika dan Suryawan, 2022). Dengan kondisi sampah yang masuk ke TPA Berahan Kulon, terdapat tiga metode pengolahan yang bisa diterapkan untuk mereduksi timbulan sampah. Metode tersebut adalah *windrow composting*, *Black Soldier Fly (BSF)*, dan *Refuse Derived Fuel*.

Black Soldier Fly (BSF), atau lalat tentara hitam, adalah spesies lalat yang memiliki peran penting dalam pengelolaan limbah organik. Siklus hidup BSF terdiri dari empat tahap utama yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa. Larva BSF memiliki

kemampuan menguraikan materi organik dengan efisiensi tinggi (Kusumawati dkk., 2020). Metode pembiakan BSF efektif dalam mengurangi sampah karena larva BSF dapat mengonsumsi berbagai jenis limbah organik termasuk sisa makanan, limbah pertanian, dan kotoran hewan. Dengan memanfaatkan BSF, limbah organik dapat diubah menjadi pupa BSF yang kaya nutrisi untuk pakan hewan atau pupuk organik (Dewantoro dkk., 2018).

Windrow composting adalah metode pengomposan yang melibatkan penumpukan material organik dalam bentuk tumpukan panjang dan teratur yang disebut *windrow*. Proses ini melibatkan pengaturan lapisan material organik, seperti sisa makanan, dedaunan, dan bahan hijau lainnya, dalam bentuk tumpukan yang memiliki ventilasi alami. Proses pengomposan terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang menguraikan materi organik menjadi humus yang kaya nutrisi. *Windrow composting* efektif dalam mengurangi sampah karena memungkinkan material organik untuk terurai secara alami, menghasilkan pupuk organik yang dapat digunakan untuk pertanian dan kebun (Purnomo, 2021).

Refused Derived Fuel (RDF) adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari pengolahan limbah padat non-organik, seperti plastik, kertas, dan tekstil, yang tidak dapat didaur ulang secara ekonomis. Proses pembuatannya melibatkan penghancuran, pengeringan, dan pemadatan material limbah untuk menghasilkan blok atau pelet RDF. Proses ini biasanya memakan waktu relatif singkat, sekitar beberapa hari hingga minggu tergantung pada kapasitas dan teknologi fasilitas pengolahan (AS'ADUL, 2015). RDF membantu mengurangi sampah dengan memanfaatkan bahan-bahan yang sulit didaur ulang dan akan akhirnya berakhir di tempat pembuangan sampah. Dengan mengubahnya menjadi bahan bakar padat, RDF dapat digunakan dalam pembangkit listrik atau proses industri lainnya, menggantikan sebagian penggunaan bahan bakar fosil (Puspa, 2017). Di Indonesia, penerapan RDF masih tergolong baru dan sedang dalam tahap pengembangan. Beberapa pabrik dan

fasilitas pengolahan limbah di Indonesia telah mulai mengadopsi teknologi ini untuk mengatasi masalah pengelolaan limbah non-organik.

Dari tiga alternatif metode pengolahan sampah yang dapat diterapkan, dipilih satu metode yang paling sesuai untuk dimanfaatkan. Metode pengolahan terpilih harus dapat mereduksi sampah secara optimal dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama sehingga metode terpilih diharapkan tidak menimbulkan potensi pencemaran yang besar. Oleh karena itu, analisis menggunakan kombinasi metode *Material Flow Analysis* (MFA) dan *Life Cycle Assessment* (LCA) diperlukan. Aliran sampah dapat digunakan untuk mengukur kinerja sistem pengelolaan sampah dan metode MFA dapat menggambarkan jalur sampah secara rinci yang memungkinkan evaluasi untuk penanganan sampah. Hukum pertama termodinamika yaitu kekekalan materi dan energi diperlukan dalam analisis ini (Wang dkk., 2022). Selain MFA, LCA diperlukan untuk memperhitungkan dampak lingkungan emisi dari aliran limbah dengan komposisi yang bervariasi (García-Guaita dkk., 2018).

Haqq dan Warmadewanthi (2018) menggunakan analisis aliran material pada skala kota untuk memeriksa sistem yang diberikan dengan menghitung semua input materialnya, akumulasi material dan hasilnya dalam batas sistem. Menggunakan metode MFA, akan didapatkan diagram alir sampah sehingga dapat ditentukan besar reduksi sampah perkotaan yang terjadi. Dampak lingkungan dari sebuah produk dapat dihitung dengan *Life Cycle Assessment* (LCA). *Life Cycle Assessment* merupakan teknik menilai aspek lingkungan dan dampak potensial suatu produk dengan cara menginventarisasi *input* dan *output*-nya, mengevaluasi dampak lingkungannya, dan menginterpretasi hasil dari fase analisis inventory dan penilaian dampak (Ula dkk., 2021). Menurut standar ISO saat ini (ISO 14040:2006), LCA terdiri dari empat komponen yang saling terkait yaitu *goal and scope*, *Life Cycle Inventory*, *Life Cycle Impact Assessment*, serta interpretasi dan kesimpulan LCA (Wang dkk., 2022). Dengan mengombinasikan metode MFA dan LCA diharapkan

pemilihan metode pengolahan sampah terpilih dapat optimal sehingga permasalahan di TPA Berahan Kulon dapat teratasi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat ditentukan identifikasi masalah dari tugas akhir sebagai berikut.

1. Sebanyak 722 ton sampah/hari dihasilkan di Kabupaten Demak tetapi hanya rata-rata 216 ton sampah/hari yang dikelola di TPA Berahan Kulon pada tahun 2022.
2. Pengelolaan sampah di Kabupaten Demak masih belum baik terlihat dari belum tercapainya target pengurangan dan penanganan sampah Kabupaten Demak pada tahun 2022 dimana target pengurangan sampah Kabupaten Demak yang tercapai hanya sebesar 0,68% dari target sebesar 26% dan penanganan sampah Kabupaten Demak sebesar 12,46% dari target penanganan sebesar 73%.
3. Dari tiga TPA yang ada di Kabupaten Demak, hanya satu TPA yang beroperasi yaitu kawasan Tempat Pemrosesan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah diakibatkan kapasitas TPA lainnya sudah penuh.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada tugas akhir ini dilakukan agar perencanaan yang dibahas bisa berfokus pada bahasan tertentu sehingga tidak keluar dari ranah bahasan. Adapun pembatasan masalah pada perencanaan ini dibagi ke dalam tiga ruang lingkup sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah pada perencanaan ini adalah kawasan Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

2. Ruang Lingkup Kajian

Perencanaan bangunan pengolahan sampah domestik di kawasan Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah memiliki fokus kajian berikut:

- a. Kajian kondisi wilayah perencanaan berupa kondisi umum wilayah, analisis timbulan dan komposisi sampah, dan kondisi eksisting tempat pengolahan akhir dan metode pengolahan sampah yang dilakukan.
- b. Sistem pengolahan yang akan digunakan sesuai dengan karakteristik sampah yang masuk ke TPA Berahan Kulon dan metode MFA serta LCA.
- c. Rancangan bangunan pengolahan sampah berdasarkan sistem pengolahan yang terpilih.
- d. Rencana Anggaran Biaya (RAB) bangunan pengolahan sampah domestik kawasan Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

3. Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup kegiatan dalam perencanaan bangunan pengolahan sampah kawasan Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data primer dengan metode observasi, wawancara, dan sampling serta data sekunder dari lembaga terkait dan studi literatur terkait dengan kondisi eksisting persampahan di Kabupaten Demak dan kawasan TPA Berahan Kulon.
- b. Menentukan sistem pengolahan yang tepat sesuai dengan komposisi sampah dan analisis metode MFA dan LCA.
- c. Membuat rancangan bangunan pengolahan sampah berdasarkan sistem pengolahan terpilih.

- d. Membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) bangunan pengolahan sampah kawasan Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

1.4 Perumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat

1.4.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang sudah dijelaskan di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi eksisting Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah?
2. Bagaimana hasil analisis efisiensi dan dampak lingkungan 3 alternatif pengolahan sampah yang diusulkan di TPA Berahan Kulon menggunakan metode *Material Flow Analysis* dan *Life Cycle Assesment*?
3. Bagaimana penentuan alternatif pengolahan sampah terpilih dan perencanaan untuk diterapkan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah?
4. Bagaimana perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB) alternatif pengolahan sampah terpilih di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah?

1.4.2 Perumusan Tujuan

Berdasarkan identifikasi masalah yang sudah dijelaskan di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kondisi eksisting Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

2. Menganalisis efisiensi dan dampak lingkungan 3 alternatif pengolahan sampah yang diusulkan di TPA Berahan Kulon menggunakan metode *Material Flow Analysis* dan *Life Cycle Assesment*.
3. Menentukan alternatif pengolahan sampah terpilih dan perencanaan untuk diterapkan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.
4. Melakukan perhitungan rancangan anggaran biaya (RAB) alternatif pengolahan sampah terpilih di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

1.4.3 Perumusan Manfaat

Adapun manfaat dari perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Kawasan Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon

Terbentuk kerjasama antara Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dengan Lembaga terkait yang menaungi Tempat Pemrosesan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

2. Bagi Pemerintah

Hasil perencanaan dapat digunakan oleh pemerintah atau Lembaga terkait sebagai bahan pertimbangan untuk membangun bangunan pengolahan sampah di Tempat Pengolahan Akhir Berahan Kulon, Desa Berahan Wetan, Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah.

3. Bagi Penulis

- a. Memenuhi syarat mata kuliah tugas akhir pada kurikulum Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dan syarat kelulusan Program Studi Teknik Lingkungan;

- b. Sarana untuk mengaplikasikan ilmu dan teori-teori yang didapatkan selama mengikuti pendidikan pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro; dan
- c. Mengembangkan pengetahuan, sikap, keterampilan, dan kemampuan profesi melalui penerapan ilmu, latihan dan pengamatan secara langsung di lapangan.

4. Bagi Masyarakat

- a. Mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sampah
- b. Memberikan informasi atau gambaran mengenai penanganan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ababil, R. H., Mayangsari, N. E., & Shopia, A. V. (2022). *Life Cycle Assessment (LCA) pada Proses Pengolahan Sampah di TPA Karangdiyeng Kabupaten Mojokerto*. Paper presented at the Conference Proceeding on Waste Treatment Technology.
- Abushammala, M. F., Basri, N. E. A., Basri, H., Kadhun, A. A. H., & El-Shafie, A. H. (2012). Methane and carbon dioxide emissions from Sungai Sedu open dumping during wet season in Malaysia. *Ecological Engineering*, 49, 254-263.
- Adi, A. F. (2019). Analisis Pengukuran Kinerja Untuk Meningkatkan Produktivitas menggunakan Metode Time Study Danwork Sampling (Studi Kasus Pada PT Kebon Agung Malang). *Sinteks: Jurnal Teknik*, 8(1), 30-35.
- Al-Rumaihi, A., McKay, G., Mackey, H. R., & Al-Ansari, T. (2020). Environmental impact assessment of food waste management using two composting techniques. *Sustainability*, 12(4), 1595. doi:<https://doi.org/10.3390/su12041595>
- Al Mahmudi, A., & Yusrianti, Y. (2022). Technical Planning of Waste Treatment Plant (Reduce Reuse Recycle) Sedati District, Sidoarjo. *Konversi*, 11(1).
- Anasstasia, T., Lestianingrum, E., Cahyono, R., & Azis, M. (2020). *Life Cycle Assessment of Refuse Derived Fuel (RDF) for Municipal Solid Waste (MSW) Management: Case Study Area Around Cement Industry, Cirebon, Indonesia*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Annisa, B. (2017). Asesmen Aliran Kritis Sistem Pengelolaan Sampah Perkotaan di TPA Sampah. *SPECTA Journal of Technology*, 1(2), 41-53.
- Armus, R., Mukrim, M. I., Makbul, R., Bachtiar, E., Tangio, J. S., Sitorus, E., . . . Fatma, F. (2022). Pengelolaan Sampah Padat. *Medan, Indonesia: Kita Menulis*.
- AS'ADUL, K. W. (2015). Pengelolaan sampah organik rumah pemotongan hewan, industri tahu, peternakan, dan pasar di Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo.
- Atmika, I. G. N. A., & Suryawan, G. P. (2022). PENGELOLAAN LIMBAH BANTEN SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN DENGAN TEKNOLOGI RDF BERKUALITAS TINGGI. *Jurnal Bakti Saraswati (JBS): Media Publikasi Penelitian dan Penerapan Ipteks*, 11(2), 97-106.
- Bouwman, A., Nugroho, J. E., Wongso, D., van Schelt, J., Pannebakker, B., Zwaan, B., & Ellen, E. (2022). *A full sib design is a practically feasible way to estimate genetic parameters in Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*. Paper presented at the Insects to feed the world 2022.
- Deshpande, P. C., Philis, G., Brattebø, H., & Fet, A. M. (2020). Using Material Flow Analysis (MFA) to generate the evidence on plastic waste management from commercial fishing gears in Norway. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 5, 100024.
- Dewantoro, K., Pi, S., & Mahmud Efendi, S. (2018). *Beternak Maggot Black Soldier Fly*: AgroMedia.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrügg, C. (2017). Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF). *Eawag-Swiss Federal Institute Eof Aquatic Scine and Technology. Departemen of Sanitation, Water and Solid Water for Development (Sandec). Switzerland*.

- Dos Muchangos, L. S., Tokai, A., & Hanashima, A. (2017). Application of material flow analysis to municipal solid waste in Maputo City, Mozambique. *Waste Management & Research*, 35(3), 253-266.
- Dwirani, F., & Ariesmayana, A. (2020). *Municipal solid waste composition in final disposal area of Serang City Banten Province*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Gaol, M. L. (2017). *Life Cycle Assessment (LCA) Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus: Tpa Jabon, Kabupaten Sidoarjo)*. Thesis. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi
- García-Guaita, F., González-García, S., Villanueva-Rey, P., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2018). Integrating Urban Metabolism, Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment in the environmental evaluation of Santiago de Compostela. *Sustainable Cities and Society*, 40, 569-580. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.04.027>
- Ginga, C. P., Ongpeng, J. M. C., & Daly, M. K. M. (2020). Circular economy on construction and demolition waste: A literature review on material recovery and production. *Materials*, 13(13), 2970.
- Guo, H., Jiang, C., Zhang, Z., Lu, W., & Wang, H. (2021). Material flow analysis and life cycle assessment of food waste bioconversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.). *Science of the Total Environment*, 750, 141656.
- Han, M., Niu, X., Tang, M., Zhang, B.-T., Wang, G., Yue, W., . . . Zhu, J. (2020). Distribution of microplastics in surface water of the lower Yellow River near estuary. *Science of the Total Environment*, 707, 135601. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135601>
- Haqq, M., & Warmadewanthi, I. (2018). Strategi pengembangan bank sampah sebagai upaya peningkatan reduksi sampah di wilayah Surabaya Selatan. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Harli, M. S. A. (2021). *Perencanaan Fasilitas Black Soldier Fly (BSF) Untuk Mengolah Sampah Organik di Tempat Pengolahan Sampah (TPS) Cijambe, Kota Bandung*. ITB, Bandung.
- Haro, K., Ouarma, I., Nana, B., Bere, A., Tubreoumya, G. C., Kam, S. Z., . . . Koulidiati, J. (2019). Assessment of CH₄ and CO₂ surface emissions from Polesgo's landfill (Ouagadougou, Burkina Faso) based on static chamber method. *Advances in Climate Change Research*, 10(3), 181-191.
- Hasib, A., Ouigmane, A., Boudouch, O., Elkacmi, R., Bouzaid, M., & Berkani, M. (2020). Sustainable solid waste management in Morocco: Co-incineration of RDF as an alternative fuel in cement kilns. *Strategies of Sustainable Solid Waste Management*.
- Herrmann, I. T., & Moltesen, A. (2015). Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose?—a comparative assessment of SimaPro and GaBi. *Journal of Cleaner Production*, 86, 163-169.
- Huang, T., Tang, Y., Sun, Y., Zhang, C., & Ma, X. (2022). Life cycle environmental and economic comparison of thermal utilization of refuse derived fuel manufactured from landfilled waste or fresh waste. *Journal of environmental management*, 304, 114156.
- Iqbal, A., Liu, X., & Chen, G.-H. (2020). Municipal solid waste: Review of best practices in application of life cycle assessment and sustainable management techniques. *Science of*

the Total Environment, 729, 138622.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138622>

- Ismail, H., & Hanafiah, M. M. (2021). Evaluation of e-waste management systems in Malaysia using life cycle assessment and material flow analysis. *Journal of Cleaner Production*, 308, 127358.
- Istrate, I.-R., Iribarren, D., Gálvez-Martos, J.-L., & Dufour, J. (2020). Review of life-cycle environmental consequences of waste-to-energy solutions on the municipal solid waste management system. *Resources, Conservation and Recycling*, 157, 104778.
- Iswara, A., Farahdiba, A., Nadhifatin, E., Pirade, F., Andhikaputra, G., Mufliah, I., & Boedisantoso, R. (2020). *A comparative study of life cycle impact assessment using different software programs*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Karakuş, C. B., Demiroğlu, D., Çoban, A., & Ulutaş, A. (2020). Evaluation of GIS-based multi-criteria decision-making methods for sanitary landfill site selection: the case of Sivas city, Turkey. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 1-19.
- Keng, Z. X., Chong, S., Ng, C. G., Ridzuan, N. I., Hanson, S., Pan, G.-T., . . . Chin, C. F. (2020). Community-scale composting for food waste: A life-cycle assessment-supported case study. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121220.
- Kusumawati, P. E., Dewi, Y. S., & Sunaryanto, R. (2020). Pemanfaatan larva lalat black soldier fly (*Hermetia illucens*) untuk pembuatan pupuk kompos padat dan pupuk kompos cair. *Jurnal TechLINK Vol*, 4(1).
- Li, Y., Manandhar, A., Li, G., & Shah, A. (2018). Life cycle assessment of integrated solid state anaerobic digestion and composting for on-farm organic residues treatment. *Waste Management*, 76, 294-305. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.025>
- Longo, S., Cellura, M., & Girardi, P. (2020). Life Cycle Assessment of electricity production from refuse derived fuel: A case study in Italy. *Science of the Total Environment*, 738, 139719.
- Maskur, M. Z. (2022). *Analisa Produktivitas Penggunaan Alat Berat Excavator dalam Perataan Sampah di TPA Bandengan Jepara*. UNISNU JEPARA.
- Mazza, L., Xiao, X., ur Rehman, K., Cai, M., Zhang, D., Fasulo, S., . . . Yu, Z. (2020). Management of chicken manure using black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae assisted by companion bacteria. *Waste Management*, 102, 312-318.
- Mertenat, A., Diener, S., & Zurbrügg, C. (2019). Black Soldier Fly biowaste treatment—Assessment of global warming potential. *Waste management*, 84, 173-181.
- Nafiah, C. F., Fadilah, K., & Lukita, C. W. (2023). Perencanaan Detail Engineering Design (DED) Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Regional Banjarbakula Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(1), 37-46.
- Nyakeri, E., Ogola, H., Ayieko, M., & Amimo, F. (2017). Valorisation of organic waste material: growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 193-202.
- O’Leary, P. R., & Tchobanoglous, G. (2002). Landfilling. *Handbook of solid waste management*, 14.11-14.93.

- Ouedraogo, A. S., Frazier, R. S., & Kumar, A. (2021). Comparative Life Cycle Assessment of Gasification and Landfilling for Disposal of Municipal Solid Wastes. *Energies*, 14(21), 7032. doi:<https://doi.org/10.3390/en14217032>
- Permen-PUPR-No.3, P. M. P. R. N. T. (2013). Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan
- PERMENPU/21/PRT/M/2006, P. M. P. U. N. P. M. (2006). Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengelolaan Persampahan.
- Picuno, C., Alassali, A., Chong, Z. K., & Kuchta, K. (2021). Flows of post-consumer plastic packaging in Germany: An MFA-aided case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105515.
- Prabowo, S., Pranoto, P., & Budiastuti, S. (2019). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Tempat Pemrosesan akhir (TPA) di Jawa Tengah. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 5(1), 21-33.
- Purnamasari, L., Sucipto, I., Muhlison, W., & Pratiwi, N. (2020). *Komposisi nutrisi larva Black Soldier Fly (Hermetia illucent) dengan media tumbuh, suhu dan waktu pengeringan yang berbeda*. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.
- Purnomo, C. W. (2021). *Solusi pengelolaan sampah Kota*: UGM PRESS.
- Puspa, B. B. (2017). *Kajian Konsep Pengelolaan Sampah yang Terintegrasi untuk Mendukung Pengelolaan Sampah yang Berkelanjutan di Kota Pekanbaru*. Fakultas Teknik Unpas.
- Randhawa, P., Marshall, F., Kushwaha, P. K., & Desai, P. (2020). Pathways for sustainable urban waste management and reduced environmental health risks in India: winners, losers, and alternatives to waste to energy in Delhi. *Frontiers in Sustainable Cities*, 2, 14.
- Recycled Organics Unit, T. U. o. N. S. W. (2006). *Life Cycle Inventory and Life Cycle Assessment for Windrow Composting Systems*. Sydney South: Department of Environment and Conservation NSW.
- Ridho, H. (2022). *MEBIDANGRO: Kerja Sama dalam Pengolahan Sampah Perkotaan*: Jejak Pustaka.
- Roberts, M., Allen, S., & Coley, D. (2020). Life cycle assessment in the building design process—A systematic literature review. *Building and Environment*, 185, 107274.
- Safitri, H. F. D., & Sari, Y. P. (2021). *Studi Komparasi Metode 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pengolahan Sampah Di Indonesia*. Paper presented at the Prosiding University Research Colloquium.
- Sauve, G., & Van Acker, K. (2020). The environmental impacts of municipal solid waste landfills in Europe: A life cycle assessment of proper reference cases to support decision making. *Journal of environmental management*, 261, 110216.
- Silva, V., Contreras, F., & Bortoleto, A. P. (2021). Life-cycle assessment of municipal solid waste management options: A case study of refuse derived fuel production in the city of Brasilia, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123696.
- SNI-19-2454-2002, S. N. I. N.-.-. (2002). Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan.

- SNI-8632:2018, S. N. I. N. (2018). Tata cara perencanaan teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan.
- Su, D., Ren, Z., & Wu, Y. (2020). Guidelines for selection of life cycle impact assessment software tools. *Sustainable Product Development: Tools, Methods and Examples*, 57-70.
- Talang, R. P. N., & Sirivithayapakorn, S. (2021). Environmental and financial assessments of open burning, open dumping and integrated municipal solid waste disposal schemes among different income groups. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127761.
- Tanjaya, E. P. (2020). Fasilitas Pengelolaan dan Pengolahan Sampah di Tarakan. *eDimensi Arsitektur Petra*, 8(1), 1089-1096.
- Ula, R. A., Prasetya, A., & Haryanto, I. (2021). Life Cycle Assessment (LCA) Pengelolaan Sampah di TPA Gunung Panggung Kabupaten Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 147-161. doi:<https://doi.org/10.29122/jtl.v22i2.4690>
- UURI-18, U.-U. R. I. N. T. (2008). Pengolahan Sampah.
- van Haaren, R., Themelis, N. J., & Barlaz, M. (2010). LCA comparison of windrow composting of yard wastes with use as alternative daily cover (ADC). *Waste Management*, 30(12), 2649-2656.
- Villalba, L. (2020). Material Flow Analysis (MFA) and waste characterizations for formal and informal performance indicators in Tandil, Argentina: Decision-making implications. *Journal of environmental management*, 264, 110453.
- Wahyono, S. (2016). Analisis Efektivitas Konsep Pengelolaan Sampah Organik Melalui Teknologi Komposting (Studi Kasus di Kota Probolinggo, Jawa Timur). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(1), 37-44.
- Walker, S., & Rothman, R. (2020). Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121158.
- Wang, D., Tang, Y.-T., Sun, Y., & He, J. (2022). Assessing the transition of municipal solid waste management by combining material flow analysis and life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105966. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105966>
- Withanage, S. V., & Habib, K. (2021). Life cycle assessment and material flow analysis: two under-utilized tools for informing E-waste management. *Sustainability*, 13(14), 7939.
- Xu, Z., Zhao, B., Wang, Y., Xiao, J., & Wang, X. (2020). Composting process and odor emission varied in windrow and trough composting system under different air humidity conditions. *Bioresour Technol*, 297, 122482.