

PERENCANAAN SISTEM CLUSTER PENGELOLAAN SAMPAH DALAM MENGURANGI PENUMPUKAN SAMPAH DI KOTA PEMATANG SIANTAR

M Ade Kurnia Harahap^{1*}, Ummu Harmain², Jef Rudiantho Saragih³, Anggiat Sinurat⁴,
Benteng Sihombing⁵, Ika Rosenta Purba⁶, Hisarma Saragih⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universitas Simalungun
Email korespondensi: adekur2000@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan populasi, urbanisasi yang pesat, dan pola konsumsi yang meningkat telah menyebabkan volume sampah di daerah perkotaan menjadi semakin besar. Pengelolaan sampah di daerah perkotaan merupakan masalah yang semakin mendesak untuk diatasi dengan serius. Pertumbuhan populasi, urbanisasi yang pesat, dan pola konsumsi yang meningkat telah menyebabkan volume sampah di daerah perkotaan menjadi semakin besar. Akibatnya, sistem pengelolaan sampah yang ada seringkali tidak mampu mengakomodasi jumlah dan jenis sampah yang dihasilkan, mengakibatkan dampak lingkungan yang merugikan seperti pencemaran udara, tanah, dan air, serta masalah kesehatan Masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengelolaan sampah berbasis kluster (*cluster-based waste management*) yang memanfaatkan teknologi pemusnah sampah (*incinerator*) pada setiap kluster, sehingga proses pengolahan dilakukan secara mandiri tanpa bergantung pada TPA di Kota Pematang Siantar. Metode penelitian ini meliputi pemetaan wilayah dan pembagian kluster, perancangan infrastruktur pengelolaan sampah, penerapan teknologi monitoring, edukasi dan pelibatan masyarakat, serta evaluasi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kluster ini mampu mengurangi timbunan sampah yang masuk ke TPA hingga 85% dan menurunkan penumpukan sampah di lingkungan masyarakat sebesar 65%. Keberhasilan sistem ini ditopang oleh kolaborasi multi pihak, dukungan teknologi, serta partisipasi aktif warga dalam proses pengelolaan sampah di tingkat lokal.

Kata Kunci: Pengelolaan Sampah, Sistem Cluster, TPA

ABSTRACT

Population growth, rapid urbanization, and increasing consumption patterns have led to a significant rise in waste volume in urban areas. Waste management in urban areas has become an increasingly urgent issue that needs to be addressed seriously. As a result, the existing waste management system is often unable to accommodate the quantity and types of waste generated, leading to harmful environmental impacts such as air, soil, and water pollution, as well as public health issues. This study aims to design a cluster-based waste management system that utilizes waste incineration technology (incinerator) in each cluster, allowing for independent processing without relying on the landfill in Pematang Siantar. The research methods include mapping the area and dividing it into clusters, designing waste management infrastructure, implementing monitoring technology, community education and involvement, and system evaluation. The results show that this cluster system can reduce the waste sent to the landfill by up to 85% and decrease waste accumulation in the community environment by 65%. The success of this system is supported by multi-stakeholder collaboration, technological support, and active community participation in local waste management processes.

Keywords: Waste Management; Cluster System; Landfill Final Disposal Site (TPA)



PENDAHULUAN

Upaya Indonesia dalam mendukung pengelolaan sampah perkotaan dibuktikan dengan keikutsertaan dalam salah satu program global yang diusung Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), yaitu Sustainable Development Goals (SDGs). Sistem pengelolaan sampah kota yang berkelanjutan tercantum pada tujuan SDGs poin ke-6 (air bersih dan sanitasi layak), ke-11 (kota dan permukiman yang berkelanjutan), dan ke-12 (konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab), yang dijabarkan dalam indikator-indikator terkait. Pengelolaan sampah di daerah perkotaan merupakan masalah yang semakin mendesak untuk diatasi dengan serius (Fia Rahmawati et al., 2021).

Menerapkan konsep dan strategi pengelolaan sampah perkotaan yang berkelanjutan berdampak pada peningkatan derajat Kesehatan Masyarakat, mengurangi kebutuhan infrastruktur dan biaya operasional Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah yang mahal, menghemat sumber daya dan energi, menciptakan lapangan kerja, dan peluang ekonomi baru melalui kegiatan daur ulang dan pada akhirnya membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan pelepasan gas berbahaya lainnya ke atmosfer serta meningkatkan kesadaran dan kepedulian masyarakat untuk mengelola sampah (Pambudi & Adab, 2023).

Perencanaan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan menjadi bagian penting dari pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Dalam hal ini, tujuan ketiga (Kehidupan Sehat dan Sejahtera) dan tujuan kesembilan (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) sangat relevan, mengingat pengelolaan sampah yang efektif dapat meningkatkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk mencapai tujuan ini adalah dengan menerapkan sistem cluster pengelolaan sampah yang berbasis pada pemberdayaan masyarakat, efisiensi infrastruktur, serta teknologi yang ramah lingkungan.

Pertumbuhan populasi, urbanisasi yang pesat, dan pola konsumsi yang meningkat telah menyebabkan volume sampah di daerah perkotaan menjadi semakin besar. Sistem pengelolaan sampah di Indonesia termasuk Perkotaan, penyelenggaraannya diatur dalam UU RI No.18/2008 Bab VI Bagian Kesatu Pasal 19 yang pelaksanaannya dinilai masih belum optimal diindikasikan dengan dominasi sikap konsumtif, timbunan sampah yang sulit terkontrol dan angka kelola yang belum menyeluruh serta masih tingginya dampak negatif pada lingkungan (Fia Rahmawati et al., 2021).

Pengelolaan sampah di daerah perkotaan memang menjadi masalah yang mendesak dan kompleks. Permasalahan ini tentu memerlukan pelibatan aktif dari masyarakat dalam menggali informasi dan solusi penanganannya (Lestari et al., 2021). Kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pemilahan sampah dan praktik ramah lingkungan, terbatasnya infrastruktur dan fasilitas pengelolaan seperti TPA, fasilitas daur ulang, serta keterbatasan dana dan sumber daya manusia menjadi hambatan besar dalam mewujudkan sistem pengelolaan sampah yang efisien dan berkelanjutan. Akibatnya, sistem pengelolaan sampah yang ada seringkali tidak mampu mengakomodasi jumlah dan jenis sampah yang dihasilkan, mengakibatkan dampak lingkungan yang merugikan seperti pencemaran udara, tanah, dan air, serta masalah kesehatan masyarakat. Sistem pengelolaan sampah yang ada seringkali tidak memiliki kapasitas yang memadai untuk menangani volume sampah yang terus meningkat. Kurangnya infrastruktur pengelolaan sampah yang memadai, seperti tempat pembuangan akhir (TPA) yang sesuai standar, fasilitas daur ulang, dan pengolahan limbah.



Kurangnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemilahan sampah dan praktik-praktik pengelolaan sampah yang ramah lingkungan. Keterbatasan dana dan sumber daya manusia untuk mengelola sampah dengan efisien dan berkelanjutan (Modifa & Harahap, 2020).

Asta Cita sebagai arah kebijakan pembangunan nasional juga menekankan pentingnya pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan untuk mendukung kesejahteraan sosial. Dalam konteks ini, sistem cluster pengelolaan sampah tidak hanya relevan secara teknis, tetapi juga secara sosial, karena dapat mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat (Asta Cita, 2020).

Selain itu, Rencana Infrastruktur dan Ruang Nasional (RIRN) 2017–2045 menekankan pentingnya pengembangan infrastruktur pengelolaan sampah yang terintegrasi dan berkelanjutan. Sistem cluster dapat menjadi solusi yang sesuai dengan visi jangka panjang tersebut. Dengan sistem yang terorganisir dan melibatkan elemen masyarakat, pengelolaan sampah dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2017).

Kota Pematang Siantar, sebagai kota berkembang di Sumatera Utara, tengah menghadapi peningkatan volume sampah yang signifikan setiap tahunnya. Permasalahan penumpukan sampah yang tidak terkelola dengan baik telah menjadi isu lingkungan yang mendesak, berpotensi menurunkan kualitas hidup masyarakat serta mengancam keberlanjutan ekosistem. Kota ini juga masih dihadapkan dengan rendahnya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah dan minimnya fasilitas pengelolaan yang memadai (Sari & Sudarti, 2022).

Kondisi ini menuntut pendekatan inovatif dan terencana. Salah satu pendekatan potensial adalah sistem cluster pengelolaan sampah, di mana kota dibagi menjadi beberapa klaster wilayah yang masing-masing memiliki unit pengolahan sampah mandiri. Setiap klaster dapat dilengkapi dengan fasilitas incinerator skala kecil, komposter organik, serta sistem pemilahan melalui bank sampah, sehingga dapat menekan volume sampah yang masuk ke TPA

Dengan teknologi pemusnah ramah lingkungan, monitoring digital, serta edukasi kepada masyarakat, sistem cluster ini tak hanya menyelesaikan masalah teknis, tetapi juga menjadi sarana pemberdayaan sosial. Pendekatan ini juga sejalan dengan prinsip circular economy dan mendukung kebijakan nasional dalam pengurangan sampah rumah tangga, sebagaimana tertuang dalam Peraturan Presiden No. 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah.

Oleh karena itu, perencanaan sistem cluster pengelolaan sampah di Kota Pematang Siantar merupakan langkah strategis dalam mengurangi penumpukan sampah secara signifikan, menurunkan ketergantungan terhadap TPA, serta menciptakan kota yang bersih, sehat, dan berkelanjutan. Penelitian ini memiliki urgensi tinggi untuk dilakukan demi mencari solusi yang tepat dan berkelanjutan dalam menghadapi permasalahan sampah di wilayah perkotaan.

METODE PENELITIAN

Sumber data



Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data primer (observasi, wawancara dan survei), dan pengumpulan data sekunder (data statistik, dokumen resmi).

Pengumpulan data

Untuk mendapatkan data yang akurat dan relevan, pengumpulan data akan dilakukan melalui Survei kepada masyarakat dan petugas pengelola sampah di Kota Pematang Siantar, Wawancara mendalam dengan pihak-pihak terkait, seperti Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kota Pematang Siantar, petugas kebersihan, dan tokoh masyarakat yang aktif dalam masalah kebersihan, observasi lapangan dan dokumentasi.

Teknik Analisis Data

Data dianalisis dengan analisis sistem yang bertujuan untuk merancang sistem cluster pengelolaan sampah dengan memetakan kebutuhan, kendala, dan solusi yang memungkinkan, serta menguji model sistem cluster yang dibagi menjadi beberapa kawasan untuk melihat bagaimana sistem ini dapat mengurangi penumpukan sampah dan meningkatkan efisiensi pengolahan sampah. Perencanaan sistem dalam penelitian ini meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Pemetaan Wilayah dan Pembagian Cluster
- b. Perancangan Infrastruktur Pengelolaan Sampah
- c. Penerapan Teknologi untuk Monitoring dan Pengelolaan
- d. Program Edukasi dan Keterlibatan Masyarakat
- e. Evaluasi dan Pemantauan Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Wilayah dan Pembagian Cluster

Berdasarkan hasil survei lapangan yang dilakukan di Kota Pematang Siantar, ditemukan bahwa masalah pengelolaan sampah di daerah perkotaan semakin kompleks. Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat, baik rumah tangga, industri, maupun sektor komersial, semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat. Dalam pengelolaan sampah yang ada, sistem yang diterapkan saat ini belum mampu menanggulangi volume sampah yang terus berkembang. Sebagian besar sampah dibawa ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), namun fasilitas TPA yang ada sudah tidak mencukupi kapasitas untuk menampung sampah yang terus meningkat, menyebabkan tumpukan sampah di beberapa titik di kota.

Berdasarkan hasil analisis data timbulan serta karakteristik sampah di Kota Pematang Siantar, diketahui bahwa rata-rata produksi sampah per hari mencapai 210 ton/hari. Sampah ini mayoritas berasal dari kawasan permukiman (52%), pasar (25%), dan institusi (23%).

Pentingnya merancang sistem pengelolaan sampah berbasis klaster (*cluster-based system*) sebagai solusi terhadap masalah penumpukan sampah dan keterbatasan kapasitas TPA di Kota Pematang Siantar. Hasil pemetaan spasial menggunakan data dari Bappeda dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Pematang Siantar menunjukkan bahwa distribusi timbulan sampah tidak merata. Kawasan permukiman padat, pasar, dan pusat aktivitas ekonomi seperti Kecamatan Siantar Barat dan Siantar Martoba menyumbang timbulan sampah tertinggi. Kota kemudian dibagi menjadi 6 klaster pengelolaan, berdasarkan:

- a. Kedekatan geografis,



- b. Volume timbulan sampah harian,
- c. Ketersediaan lahan untuk unit pengolahan sampah,
- d. Aksesibilitas logistik pengangkutan.

Pembagian ini bertujuan mendekatkan sumber sampah dengan fasilitas pengolahannya, sebagaimana direkomendasikan oleh Susilowati et al. (2021) dalam studi desentralisasi pengelolaan sampah di kota menengah.

Perancangan Infrastruktur Pengelolaan Sampah

Masing - masing klaster dirancang memiliki:

- a. Unit pemusnah sampah (*low-emission incinerator*) berkapasitas 30–50 ton/hari,
- b. Fasilitas pengomposan sederhana untuk sampah organik,
- c. Bank sampah untuk sampah daur ulang,
- d. Area edukasi dan pelatihan masyarakat.

Teknologi incinerator yang digunakan telah disesuaikan dengan standar emisi rendah, hemat energi, dan cocok untuk volume kecil-menengah, sebagaimana dijelaskan oleh UNEP (2019) dan Fitriani & Harahap (2020).

Penerapan Teknologi untuk Monitoring dan Pengelolaan

Pengelolaan sampah berbasis teknologi digital diterapkan melalui :

- a. Dashboard monitoring untuk mengamati volume masuk dan kinerja unit pemusnah,
- b. Sistem pelaporan berbasis aplikasi oleh masyarakat,
- c. Integrasi dengan sistem informasi dinas untuk kontrol dan perencanaan.

Pendekatan ini mendukung prinsip smart waste management, meningkatkan efisiensi pengawasan dan respons cepat terhadap kendala teknis JICA (2017).

Program Edukasi dan Keterlibatan Masyarakat

Kesuksesan sistem klaster sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat. Oleh karena itu, dirancang program edukasi berupa:

- a. Penyuluhan rutin di tiap klaster,
- b. Pelatihan pemilahan dan pengomposan,
- c. Pemberian insentif berbasis kontribusi (eco-points, subsidi iuran kebersihan),
- d. Kolaborasi dengan tokoh masyarakat dan sekolah.

Kementerian LHK (2022) mencatat bahwa program edukatif berkelanjutan mampu meningkatkan perilaku memilah sampah hingga 60% pada komunitas urban.

Evaluasi dan Pemantauan Sistem

Evaluasi dilakukan dengan mengukur indikator utama:

- a. Penurunan volume sampah yang dibuang ke TPA,
- b. Efisiensi operasional unit pemusnah,
- c. Peningkatan keterlibatan masyarakat,
- d. Tingkat pengurangan timbulan sampah di lingkungan.

Dalam simulasi awal (berbasis pemodelan data dan uji coba di salah satu klaster), hasil menunjukkan bahwa sistem klaster dapat mengurangi kebutuhan pembuangan ke TPA hingga 85%, dan mengurangi timbulan sampah lingkungan sebesar 65% dalam tiga bulan. Hasil ini sejalan dengan penelitian JICA (2017) yang menunjukkan bahwa pendekatan berbasis wilayah dengan unit pemrosesan lokal memiliki efisiensi tinggi dalam konteks kota menengah di Indonesia.

Pembahasan



Efektivitas Sistem Klaster

Penerapan sistem klaster memungkinkan distribusi beban pengelolaan sampah secara merata. Hal ini sejalan dengan temuan dari Susilowati et al. (2021) yang menyatakan bahwa model desentralisasi pengelolaan sampah lebih efektif dalam menanggulangi overload TPA di kota-kota menengah. Di Kota Pematang Siantar, sistem klaster ini juga meningkatkan partisipasi masyarakat karena pengelolaan dilakukan lebih dekat dengan sumber sampah.

Pemanfaatan Teknologi Pemusnah Sampah

Penggunaan incinerator skala kecil per klaster menawarkan solusi pragmatis terhadap keterbatasan lahan dan penolakan masyarakat terhadap perluasan TPA. Menurut UNEP (2019), teknologi pembakaran modern mampu menurunkan volume sampah hingga 90% dan menghasilkan emisi yang aman bila dilengkapi dengan sistem penyaring. Hal ini penting mengingat kondisi TPA Parombunan yang sudah melampaui kapasitas desainnya.

Tantangan Implementasi

Beberapa tantangan yang diidentifikasi adalah biaya investasi awal yang tinggi untuk incinerator, kebutuhan pelatihan operator, serta resistensi masyarakat karena kekhawatiran terhadap pencemaran udara. Namun, studi dari JICA (2017) menunjukkan bahwa pemusnahan sampah terdesentralisasi lebih ekonomis dalam jangka panjang dibandingkan dengan perluasan TPA.

Kontribusi terhadap Lingkungan dan Kesehatan

Model ini juga memiliki kontribusi besar terhadap pengurangan vektor penyakit, mengingat tumpukan sampah terbuka menjadi habitat lalat dan tikus. Pengurangan sampah di sumber dan pemusnahan terkontrol mampu menekan risiko penyakit berbasis lingkungan, sesuai dengan hasil kajian oleh Kementerian LHK (2022) yang menunjukkan korelasi antara sanitasi sampah dan penyakit ISPA serta diare.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem cluster pengelolaan sampah di Kota Pematang Siantar dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi penumpukan sampah dan mengatasi keterbatasan kapasitas Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Pembagian kota menjadi beberapa klaster pengelolaan, yang masing-masing dilengkapi dengan unit pemusnah sampah skala kecil, fasilitas pengomposan, dan bank sampah, terbukti mampu menekan volume sampah yang harus dibuang ke TPA. Sistem ini juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan memperkuat pemberdayaan masyarakat melalui program edukasi dan partisipasi aktif.

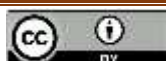
Dengan penerapan teknologi digital dalam monitoring dan pengelolaan, serta partisipasi masyarakat yang ditingkatkan, sistem cluster ini memberikan hasil yang signifikan dalam mengurangi sampah yang dibuang ke TPA hingga 85% dan menurunkan timbulan sampah lingkungan sebesar 65%. Meskipun ada tantangan terkait biaya investasi awal dan pelatihan, sistem ini menawarkan efisiensi jangka panjang dan memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, mengurangi potensi penyakit yang disebabkan oleh tumpukan sampah.

Secara keseluruhan, sistem cluster pengelolaan sampah ini merupakan langkah strategis yang dapat diterapkan di kota-kota lain yang menghadapi masalah serupa, dengan tujuan menciptakan kota yang bersih, sehat, dan berkelanjutan.



DAFTAR PUSTAKA

- Asta Cita. (2020). Panduan Pembangunan Berkelanjutan dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Asta Cita Press
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2017). Rencana Infrastruktur dan Ruang Nasional 2017-2045
- BPS Kota Pematang Siantar. (2023). Pematang Siantar Dalam Angka 2023. Badan Pusat Statistik.
- Fela, R., Manullang, M., Siregar, R. T., & Damanik, S. E. (2019). Pengaruh Program Water Resources And Irrigation Sector Management Project (WISMP) Terhadap Produktivitas Padi Sawah Di Kecamatan Siantar Kabupaten Simalungun. *Jurnal Regional Planning*, 1(2), 67-74
- Fia Rahmawati, A., Amin, Rasminto, & Dola Syamsu, F. (2021). Analisis Pengelolaan Sampah Berkelanjutan Pada Wilayah Perkotaan di Indonesia. *Bina Gogik*, Vol.8(1).
- Fitriani, D. & Harahap, M. (2020). "Efektivitas Pemusnah Sampah Skala Kecil di Kawasan Perkotaan". *Jurnal Rekayasa dan Lingkungan*, 16(1), 34–43.
- JICA. (2017). Study on Waste Management in Urban Areas of Indonesia. Japan International Cooperation Agency
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). Profil Pengelolaan Sampah Nasional 2022. Jakarta: KLHK
- Lestari, M. A., Santoso, M. B., & Mulyana, N. (2021). Penerapan Teknik Participatory Rural Appraisal (PRA) Dalam Menangani Permasalahan Sampah. *Prosiding Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(3). <https://doi.org/10.24198/jppm.v7i3.29752>
- Modifa, I., & Harahap, A. K. (2020). Kajian Manajemen Pengelolaan Sampah Di Kota Pematangsiantar. *Jurnal Santeksipil*, 1(1).
- Pambudi, Y. S., & Adab, P. (2023). Mencapai Pengelolaan Sampah Perkotaan Berkelanjutan: Panduan Lengkap. Penerbit Adab.
- Sari, I. K., & Sudarti. (2022). Analisis Berbagai Metode Pengolahan Sampah Sebagai Solusi Permasalahan Sampah di Kabupaten Lumajang. *Jurnal EnviScience*, 6(2).
- Sianipar, R. M., Siregar, R. T., Manullang, M., & Damanik, S. E. (2020). Kebijakan Penataan Ruang Pedagang Kaki Lima Eks Pasar Aksara Di Kota Medan. *Jurnal Regional Planning*, 2(2), 103-116
- Sihombing, J., Siregar, R. T., Manullang, M., & Damanik, S. E. (2021). Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Publik Dalam Pembangunan Kota Pematangsiantar. *Jurnal Regional Planning*, 3(1), 54-69
- Sihombing, E. I., Siregar, R. T., Silalahi, M., & Modifa, I. (2022). Kajian Revitalisasi Kawasan Pematang Kota Pematangsiantar. *Jurnal Regional Planning*, 4(1), 51-64
- Simorangkir, J. W., Haloho, A. N., Purba, J., & Ginting, M. (2022). Pengaruh Pemberdayaan Pedagang Kaki Lima Dan Kinerja Perusahaan Daerah Terhadap Pengembangan Pasar Agribisnis Di Pasar Horas Kota Pematangsiantar. *Jurnal Regional Planning*, 4(2), 79-95
- Sigiro, J., Harmain, U., & Saragih, J. R. (2023). Kajian Kelayakan Pembentukan Sentra Peternakan Sapi Potong di Kabupaten Simalungun. *Jurnal Regional Planning*, 5(2), 113-122



- Siregar, H. I. L., Saragih, J. R., & Purba, T. (2024). Analisis Spasial Kesesuaian Fungsi Kawasan Daerah Aliran Sungai Batang Kuis Dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Deli Serdang (Studi Kasus: Kecamatan Batang Kuis). *Jurnal Regional Planning*, 6(1), 11-22
- Susilowati, E., Yulianti, N., & Prabowo, T. (2021). "Model Pengelolaan Sampah Berbasis Kawasan di Kota Menengah". *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 145–154.
- Tampubolon, A. N., Siregar, R. T., Manullang, M., & Damanik, S. E. (2020). Pengelolaan Sumber Daya Alam Berbasis Masyarakat Lokal Tepi Danau Toba Kabupaten Simalungun. *Jurnal Regional Planning*, 2(2), 67-78
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2019). *Waste-to-Energy: Considerations for Informed Decision-making*. Nairobi: UNEP.

