

Peningkatan Pengetahuan tentang Pengelolaan Sampah dan Metode Pirolisis pada Masyarakat Kelurahan Srimulyo

Miranti Dewi Pramaningtyas*¹, Noviani Ima Wantoputri², Mega Puspa Nurani³

¹Departemen Fisiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

²Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

³Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: 097110101@uii.ac.id¹, noviani.ima@uii.ac.id², 19711117@alumni.uui.ac.id³

Abstrak

Peningkatan kualitas kesehatan melalui perbaikan kondisi lingkungan merupakan tanggung jawab banyak pihak. Pengetahuan masyarakat menjadi salah satu faktor penting dalam proses pengolahan sampah. Pengabdian ini menggunakan pendekatan partisipatif dengan melibatkan masyarakat setempat. Metode yang digunakan meliputi sosialisasi dan penyuluhan secara langsung kepada masyarakat dari dua pedukuhan, yaitu Pedukuhan Bintaran Kulon dan Payak Cilik di Kelurahan Srimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul dengan jumlah sampel sebanyak 33 orang, serta pembuatan alat pirolisis sederhana dari drum bekas sebagai prototipe. Instrumen yang digunakan adalah kuesioner untuk mengukur tingkat pengetahuan peserta tentang pengelolaan sampah sebelum dilakukan sosialisasi. Analisis data dilakukan secara deskriptif terhadap hasil kuesioner, dengan pengelompokan data dalam kategori tingkat pengetahuan rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan persentase jawaban benar. Masyarakat telah memiliki tingkat pengetahuan mengenai jenis-jenis sampah dan konsep pemilahan sampah masyarakat berada dalam tingkat yang cukup baik. Namun, sarana dan prasarana pemilahan dan pengolahan sampah masih perlu ditingkatkan. Pengenalan alat baru untuk pengolahan sampah dengan menggunakan pirolisis diharapkan menjadi upaya inovasi pengolahan sampah untuk mengurangi tumpukan sampah di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu Piyungan yang telah mencapai kapasitas maksimal dan telah ditutup, serta mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPST Piyungan.

Kata kunci: Lingkungan, Pengetahuan, Pirolisis, Sampah Rumah Tangga

Abstract

Improving the quality of health through improving environmental conditions is the responsibility of many parties. Community knowledge is an important factor in the waste processing process. This service uses a participatory approach by involving the local community. The methods used include direct outreach and counseling to the community from two hamlets, namely Bintaran Kulon and Payak Cilik hamlets in Srimulyo Village, Piyungan District, Bantul Regency with a total sample of 33 people, as well as making a simple pyrolysis tool from used drums as a prototype. The instrument used was a questionnaire to measure participants' level of knowledge about waste management before socialization was carried out. Data analysis was carried out descriptively on the results of the questionnaire, by grouping the data into categories of low, medium and high levels of knowledge based on the percentage of correct answers. The community has a level of knowledge regarding the types of waste and the concept of sorting community waste is at a fairly good level. However, waste sorting and processing facilities and infrastructure still need to be improved. The introduction of a new tool for processing waste using pyrolysis is expected to be an innovative waste processing effort to reduce the pile of waste at the Piyungan Integrated Waste Management Site which has reached maximum capacity and has been closed, as well as reducing the volume of waste disposed of at the Piyungan TPST.

Keywords: Environment, Knowledge, Pyrolysis, Household Waste

1. PENDAHULUAN

Isu pengelolaan sampah merupakan topik yang senantiasa menarik untuk dibahas mengingat setiap hari aktivitas manusia pasti akan menghasilkan sampah. Dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka produksi sampah juga akan meningkat. Pada tahun 2021, produksi sampah rumah tangga di kota Yogyakarta dan Kabupaten Sleman mencapai 1055, 81 ton setiap hari (Sistem Informasi Sampah Nasional (SIPSN), 2021). Sebagian besar sampah tersebut

bermuara di Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan. Hal tersebut dapat terjadi karena upaya pemilahan dan pengelolaan sampah dari sumbernya masih sangat minim dan akhirnya sampah ditimbun di TPA (Widodo et al., 2021).

Luas keseluruhan TPST Piyungan sebesar 12,5 hektar dengan kapasitas volume sampah mencapai 2,7 juta m³. Saat ini TPST Piyungan merupakan tempat pembuangan akhir regional sampah yang berasal dari Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Bantul. Data tahun 2021 menunjukkan bahwa total sampah yang masuk ke TPST Piyungan dari ketiga daerah layanan tersebut yaitu sebesar 214.418 ton per tahun dengan total sampah yang masuk ke *landfill* yaitu sebesar 205.818 ton per tahun (Mayasari et al., 2023; Sistem Informasi Sampah Nasional (SIPSN), 2021). Dengan adanya produksi sampah yang tinggi tiap hari, maka kapasitas penampungan di TPST Piyungan sudah sangat terbatas. Oleh karenanya diperlukan suatu upaya untuk mengolah sampah agar tidak hanya memenuhi dan berakhir begitu saja di TPST Piyungan. Terlebih lagi, area di sekitar TPST Piyungan merupakan area tempat tinggal warga. Keberadaan TPST Piyungan dengan jumlah sampah yang mencapai maksimal secara langsung maupun tidak akan berpengaruh pada tingkat kesehatan warga sekitar (Mayasari et al., 2023).

Kondisi serupa juga terjadi di Kelurahan Srimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Sebagai salah satu kelurahan terdekat dengan TPST Piyungan, produksi sampah rumah tangga di kelurahan ini juga cukup tinggi. Namun, belum adanya sistem pengangkutan sampah yang optimal dari sumbernya menuju TPS atau TPST. Agar lebih efektif, pengelolaan sampah rumah tangga memerlukan partisipasi aktif dan kesadaran dari masyarakat akan pentingnya pengelolaan sampah yang baik dan agar peran pemerintah tidak semakin berat (Armadi, 2021). Permasalahan pengolahan dan pemilahan sampah telah menjadi permasalahan yang cukup besar di masyarakat, timbunan sampah sudah semakin meningkat setiap tahunnya termasuk salah satunya di area TPST Piyungan. Masyarakat memiliki pola hidup yang konsumtif sehingga menyumbang sampah organik dan anorganik yang akan berdampak pada pencemaran lingkungan. Jumlah sampah yang terus meningkat akan menimbulkan permasalahan kompleks seperti ketidakmampuan untuk mengangkut sampah dan menumpuknya sampah di tempat pembuangan yang bisa menyebabkan penyakit (Tanjung & Wibisana, 2020).

Selama ini pengelolaan sampah yang dilakukan di masyarakat hanya banyak menggunakan cara *sanitary landfill*, *open dumping*, *composting*, dan sebagainya. Upaya lain pengelolaan sampah yang relatif sederhana dan mudah pengoperasiannya adalah metode pirolisis. Pirolisis merupakan teknologi yang layak dikembangkan karena mudah secara teknik dan ekonomi. Selain itu, pirolisis masih terbatas perkembangannya di Indonesia, berbeda dengan negara-negara maju yang sudah mengembangkan teknologi pirolisis untuk pengelolaan sampah (Gerasimov et al., 2021). Pirolisis merupakan suatu metode pembakaran sampah dengan alat khusus untuk menghasilkan produk akhir yang bisa dimanfaatkan sesuai jenis sampah yang dibakar. Proses pembakaran dengan sistem pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termokimia melalui proses pemanasan dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen. Proses tersebut menyebabkan perubahan material mentah menjadi fase gas (Ridhuan et al., 2019). Urgensi dari pengelolaan sampah secara mandiri ini adalah untuk mengurangi jumlah sampah yang masuk ke TPST Piyungan, sehingga mengurangi gunung sampah di TPST Piyungan.

2. METODE

Dalam pengabdian masyarakat ini, pemilahan sampah rumah tangga dilakukan berdasarkan tiga jenis yaitu :

- a. Organik seperti sisa makanan, daun kering, kulit buah, dan sebagainya
- b. Non organik atau *Recycle* seperti botol plastik, kertas, kaleng, kantong kresek, dan sebagainya
- c. Sampah lainnya (residu)

Sosialisasi dan penyuluhan pemilahan sampah diperlukan sosialisasi ke masyarakat agar mereka memiliki bekal pengetahuan yang cukup dan bersedia memilah sampah-sampah rumah tangga. Dalam sosialisasi ini dipaparkan urgensi pengelolaan sampah berwawasan lingkungan dan bagaimana pengelolaan sampah rumah tangga berwawasan lingkungan dapat dilakukan. Cara

pemilahan sampah sederhana dilakukan pada tahap ini. Sosialisasi ini dilakukan di dua pedukuhan, yaitu Pedukuhan Bintaran Kulon dan Payak Cilik.

Dalam sosialisasi ini, dilakukan pengukuran tingkat pengetahuan dengan membagikan kuesioner kepada peserta sosialisasi untuk mengetahui pengetahuan awal peserta terkait pengelolaan sampah. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan partisipatif dengan melibatkan masyarakat setempat. Metode yang digunakan meliputi sosialisasi dan penyuluhan secara langsung kepada masyarakat, serta pembuatan alat pirolisis sederhana dari drum bekas sebagai prototype. Instrumen yang digunakan adalah kuesioner untuk mengukur tingkat pengetahuan peserta sosialisasi tentang pengelolaan sampah. Sampel dalam kegiatan ini adalah masyarakat dari dua pedukuhan tersebut.

Data dari kuesioner akan dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal peserta tentang pengelolaan sampah. Kategori pengetahuan dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, seperti tingkat pengetahuan rendah, sedang, dan tinggi. Kriteria untuk setiap tingkatan dapat ditentukan berdasarkan skor atau persentase jawaban benar dari kuesioner. Hasil analisis dapat dibandingkan dengan tingkat pengetahuan setelah sosialisasi.

Tahap kedua dari pengabdian ini adalah pembuatan alat pirolisis sederhana dari drum bekas. Alat pirolisis sederhana dari drum bekas ini diharapkan menjadi prototype alat yang mudah dibuat dari barang-barang yang ada di lingkungan sekitar. Pembuatan alat pirolisis dilakukan di bengkel yang berada di area Dongkelan Bantul. Pirolisis dibuat dengan drum bekas, galon bekas air mineral, pipa untuk mengalirkan asap pembakaran, serta pipa untuk mengalirkan hasil pengolahan sampah plastik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengabdian bertemakan pemilahan dan pengolahan sampah ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yaitu diskusi dan konsultasi, penyuluhan dan pengambilan data kuesioner, dan pembuatan alat pirolisis sederhana.

3.1. Penyuluhan dan Pengambilan Data Kuesioner

Kegiatan penyuluhan dilaksanakan di Kaluharan Srimulyo dengan mengundang perwakilan pengurus sampah dari 22 pedukuhan. Jumlah perwakilan yang diundang tiap pedukuhan sebanyak tiga orang. Pelaksanaan penyuluhan dilakukan di aula Balai Desa Srimulyo pada hari Ahad, 14 Agustus 2022. Acara ini dihadiri oleh 33 orang wakil pengurus sampah dari seluruh pedukuhan, dua wakil staf Desa Srimulyo, dan tim pengabdian dari Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia. Hasil karakteristik responden tampak pada Tabel 1 sebanyak 30 peserta mengisi kuesioner.

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik	Jumlah
Jenis Kelamin	
Laki-laki	21
Perempuan	9
Usia	
17-25 tahun	8
26-35 tahun	7
36-45 tahun	5
46-55 tahun	5
56-65 tahun	3
>65 tahun	2
Pendidikan	
SMP	2
SMA	22
Perguruan Tinggi	6

Pekerjaan

Wiraswasta	22
Petani	2
Pendidik	2
Ibu Rumah Tangga	4

Kuesioner yang diisi oleh responden memiliki 26 pertanyaan yang terbagi menjadi 12 pertanyaan mengenai pengetahuan, 8 pertanyaan mengenai perilaku, dan 6 pertanyaan ketersediaan sarana. Selain itu juga terdapat pertanyaan terbuka berisi masukan dan saran dari para responden. Berdasarkan 12 pertanyaan mengenai pengetahuan, sebanyak 10 pertanyaan dijawab “ya” oleh lebih dari 75% responden. Hal ini menunjukkan adanya pengetahuan mengenai butir pertanyaan yang diajukan. Satu pertanyaan menyangkut konsep 3R dalam pemilihan sampah dan dijawab “ya” oleh kurang dari 50% responden. Pertanyaan lain mengenai bank sampah dijawab “ya” oleh 60% responden.

Hasil kuesioner pada pertanyaan mengenai perilaku terdapat 3 pertanyaan terkait dengan responden yang lebih banyak tidak berlangganan layanan sampah, belum memisahkan sampah organik dan anorganik, serta belum memanfaatkan sampah organik sebagai pupuk kompos menunjukkan jawaban “ya” kurang dari 75%. Meskipun demikian, secara keseluruhan perilaku masyarakat sudah cukup baik.

Ketersediaan sarana di wilayah Srimulyo saat ini menurut responden ternyata masih kurang. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya satu pun poin pertanyaan mengenai ketersediaan sarana yang dijawab “ya” oleh lebih dari 75% responden. Ketersediaan sarana yang dimaksud dalam kelompok pertanyaan ini adalah sarana tempat sampah dan pemilahan sampah. Rata-rata responden menganggap ketersediaan tempat sampah masih kurang, belum banyak dilakukan pemilahan, lokasi tempat sampah yang cukup jauh, tidak adanya penutup pada tempat sampah, serta apabila ada tempat sampah dirasakan tidak cukup menampung seluruh sampah yang dihasilkan. Pada bagian pertanyaan terbuka mengenai saran responden tentang pengelolaan sampah didapatkan bahwa para pengelola sampah dari masing-masing pedukuhan merasa masih perlu adanya sosialisasi dan pelatihan mengenai pemilahan dan pengolahan sampah yang tepat.

Sebuah analisis perilaku pengolahan sampah yang dilakukan di Surabaya menunjukkan bahwa perilaku pengolahan dan pemilahan sampah ini perlu melibatkan setidaknya tiga unsur. Unsur-unsur tersebut diantaranya adalah pemberi keputusan, masyarakat sebagai pelaku, dan tersedianya sarana yang memadai. Pemerintah pusat hingga daerah adalah salah satu unsur yang mampu membuat kebijakan ramah lingkungan, termasuk juga merupakan pihak yang mampu menyediakan sarana prasarana pengolahan sampah. Partisipasi masyarakat dibutuhkan untuk mewujudkan hal tersebut karena pengaturan sampah tanpa melibatkan masyarakat hanya akan memelihara ketidakpedulian terhadap usaha pengelolaan sampah (Andina, 2019).

Upaya yang dapat dilakukan untuk membentuk perilaku masyarakat terhadap pengelolaan sampah adalah dengan pendekatan sosial. Pendekatan sosial dapat menjadi metode yang efektif jika berhasil karena dapat mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan masyarakat jika dilakukan interaksi secara langsung dengan melibatkan masyarakat dalam berbagai kegiatan pengolahan sampah sehingga dapat menumbuhkan partisipasi. Pendekatan yang dilakukan kepada masyarakat perlu memperhatikan faktor lingkungan di tempat tinggal masyarakat yang terdiri dari aspek-aspek seperti adat istiadat, moralitas, tradisi, kebudayaan, keluarga, dan sebagainya. Pendekatan sosial kepada masyarakat diharapkan dapat membuat hubungan yang harmonis dari pembangunan komunikasi tersebut untuk bersama-sama mengatasi permasalahan sampah (Mujahidin & Kurniasih, 2019).

3.2. Pembuatan Alat Pirolisis Sederhana

Proses pembuatan alat pirolisis ini diawali dengan diskusi dan studi banding pembuatan alat pirolisis dan pengolahan sampah. Alat pirolisis yang dibuat adalah alat pirolisis sederhana dengan ukuran kecil untuk dipergunakan dalam lingkup rumah tangga (lingkungan RW atau

dusun). Alat ini disusun dengan alat sederhana berupa gabungan drum kecil, pipa besi, pralon, selang air, dan galon air mineral. Alat pirolisis dibuat di sebuah bengkel di Bakulan, Bantul.

Pengoperasian alat pirolisis sederhana ini memerlukan bahan bakar dan dukungan sumber daya listrik. Bahan bakar yang bisa digunakan diantaranya adalah kayu bakar atau dari berbagai jenis sampah yang bisa menjadi sumber api yang stabil. Pemanfaatan sampah sebagai bahan bakar juga bermanfaat untuk mengurangi jumlah sampah. Sumber daya listrik yang digunakan untuk mengoperasikan alat pirolisis sederhana ini terutama sebagai alat tiup asap dan regulator air pada tabung pendingin. Asap dari hasil pembakaran diarahkan dengan blower agar bisa dengan tepat masuk ke pipa pengeluaran asap. Regulator air digunakan untuk mempercepat kondensasi uap hasil pembakaran sampah di dalam tabung pirolisis. Uap yang telah terkondensasi akan mengalami penurunan suhu dan sublimasi sehingga produk akhir berupa zat serupa premium dan solar bisa mengalir melalui pipa plastik menuju ke tabung galon.



Gambar 1. Alat Pirolisis sederhana

Penerapan metode pirolisis di Amerika Serikat tidak hanya dimanfaatkan untuk pengelolaan sampah di masyarakat, tetapi juga digunakan untuk mengubah limbah pertanian dan hutan menjadi biofuel, biochar, dan produk berharga lainnya (Öngen et al., 2019). Di berbagai negara lain, metode pirolisis digunakan untuk mengubah limbah organik menjadi biofuel, syngas, dan biochar, yang dapat digunakan untuk produksi energi dan perbaikan tanah (Kim et al., 2020). Bahkan di China, peralatan baru telah dikembangkan berdasarkan prinsip pirolisis konvensional untuk pengolahan limbah padat perkotaan dan limbah rumah sakit menjadi produk berharga dan gas buang yang aman, sehingga memenuhi batas emisi UE (Khani et al., 2020). Oleh karena itu, Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan teknologi pirolisis dalam pengelolaan sampah, karena dapat membantu mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan dan mendukung upaya daur ulang dan pengelolaan limbah yang lebih efisien.

Pirolisis adalah teknik pengelolaan sampah organik maupun non-organik melalui proses pemanasan ramah lingkungan yang melalui pemecahan struktur kimia. dapat menghasilkan produk fase padat (arang), fase cair (tar), dan fase *flammable gas* (CH₄, CO₂, dan H₂) sebagai bahan bakar yang dapat dikonversikan lagi menjadi listrik (Gerasimov et al., 2021; Nofendri & Haryanto, 2021; Tokmurzin et al., 2020). Pirolisis unggul karena dapat berfungsi sebagai energi dari sampah plastik yang selama ini menjadi permasalahan sampah yang sulit diatasi. Pirolisis dapat mengkonversi sampah plastik melalui proses cracking (perekahan) yaitu proses pemecahan rantai polimer plastik menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Proses tersebut melibatkan degradasi *thermal* yang berlangsung tanpa oksigen dan tekanan tinggi. Pirolisis menghasilkan produk akhir yaitu minyak pirolisis yang berupa bahan bakar cair. Meskipun semua jenis plastic dapat menghasilkan bahan bakar tetapi jenis plastik *Polyethylene terephthalate* (PET) yang memiliki karakteristik mirip dengan bahan bakar yang ada sekarang (Damayanti et al., 2023).

Metode pirolisis juga dapat digunakan untuk sampah bahan makanan. Sampah makanan yang menumpuk dapat menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca, pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, dan pemborosan sumber daya alam. Penelitian menunjukkan bahwa pirolisis sampah bahan makanan dapat menghasilkan produk bernilai seperti biochar yang dapat digunakan untuk perbaikan kualitas tanah dan penyerapan kontaminan. Selain itu, pirolisis

sampah bahan makanan juga dapat digunakan untuk menghasilkan bio-oil. Bio-oil adalah produk cair yang dihasilkan dari pirolisis sampah dan dapat digunakan sebagai bahan bakar setelah di-upgrade atau sebagai bahan baku potensial untuk bahan bakar sintetis dan kimia. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa ada potensi untuk menggunakan limbah makanan dalam produksi produk bernilai seperti karbon aktif dan pupuk. Penerapan biochar telah dilakukan di Qatar, dengan dukungan dari Hamad Bin Khalifa University, Qatar Foundation, dan Supreme Committee for Delivery and Legacy. Berdasarkan informasi yang diberikan, penerapan produksi biochar dan bio-minyak dari limbah makanan melalui pirolisis berpotensi dapat diterapkan di Indonesia (Elkhalifa et al., 2019).

Meskipun masih ada beberapa perbandingan kualitas hasil fraksi cair dari proses pirolisis tetapi apabila metode pirolisis ini dikembangkan dan bisa juga dikombinasikan dengan bank sampah di wilayah sekitar dapat berpotensi menjadi bahan bakar yang dapat mengurangi timbunan sampah di TPST Piyungan (Mitan et al., 2022).

Berkaitan dengan penelitian yang sudah dilakukan, metode pirolisis adalah metode pengolahan sampah ramah lingkungan yang sangat baik dan dapat dikembangkan sebagai upaya pengolahan sampah. Namun, untuk pengembangan lebih lanjut perlu partisipasi aktif dari masyarakat, pemerintah daerah, dan pemerintah pusat agar pirolisis dapat menjadi salah satu cara penanggulangan sampah yang sudah menumpuk terutama di area TPST Piyungan.

4. KESIMPULAN

Permasalahan pengolahan dan pemilahan sampah terutama di TPST Piyungan disebabkan karena pola hidup yang konsumtif. Meskipun demikian masyarakat telah memiliki tingkat pengetahuan masyarakat mengenai jenis-jenis sampah dan konsep pemilahan sampah berada dalam tingkat yang cukup baik. Hanya saja, pengetahuan yang cukup ini belum didukung dengan ketersediaan sarana dan prasarana pemilahan dan pengolahan sampah yang cukup, sehingga masyarakat harus mengupayakan secara mandiri. Oleh karena itu, alat pirolisis sederhana menjadi salah satu upaya inovasi pengolahan sampah untuk mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPST Piyungan dan menjadi peluang baru untuk energi terbarukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Indonesia yang telah memberi dukungan finansial terhadap pengabdian ini. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada segenap staf Kelurahan Srimulyo yang telah mendukung pelaksanaan pengabdian masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andina, E. (2019). Analisis Perilaku Pemilahan Sampah di Kota Surabaya. *Jurnal Masalah-Masalah Sosial*, 10(2).
- Armadi, N. M. (2021). Peran serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah sebagai Kunci Keberhasilan dalam Mengelola Sampah. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik*, 35(1).
- Damayanti, Z., Sudarti, & Yushardi. (2023). Analisis Karakteristik Fuel Pirolisis Sampah Plastik Berdasarkan Jenis Plastik Yang Digunakan: Review. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 8(1).
- Elkhalifa, S., Al-Ansari, T., Mackey, H. R., & McKay, G. (2019). Food waste to biochars through pyrolysis: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 310–320. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.024>
- Gerasimov, G., Khaskhachikh, V., Larina, O., Sytchev, G., & Zaichenko, V. (2021). Pyrolytic methods of converting municipal solid waste into biofuel. In *Handbook of Advanced Approaches Towards Pollution Prevention and Control* (pp. 137–156). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822121-1.00007-2>

- Khani, A., Rasulzade, H., & Aqapur, N. (2020). *Green removal of hospital-medical wastes by designed integrated pyrolysis-incineration system. 1*, 89–92.
- Kim, S., Lee, Y., Andrew Lin, K.-Y., Hong, E., Kwon, E. E., & Lee, J. (2020). The valorization of food waste via pyrolysis. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120816. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120816>
- Mayasari, H., Wardhana, B. I., & Tahir, I. (2023). EVALUATION OF LANDFILL MANAGEMENT AT PIYUNGAN LANDFILL YOGYAKARTA BY USING INTEGRATED RISK BASED APPROACH METHOD. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 31(1), 23–33. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2023.18065>
- Mitan, N. M., Sari, M. M., Hastuty, S., & Rahmad, G. N. (2022). Penerapan Teknologi Pirolisis Dalam Pengolahan Sampah Plastik Di Bank Sampah Seni Baru, Jakarta Selatan. *Reswara: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1).
- Mujahidin, E., & Kurniasih, I. (2019). Penanggulangan sampah dengan pendekatan sosial di Kelurahan Kedung Halang Bogor. *Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, 13(2), 52. <https://doi.org/10.32832/jpls.v13i2.2634>
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1).
- Öngen, A., Karabağ, N., Huncce, S. Y., Özcan, H. K., Özbaş, E. E., & Aydın, S. (2019). *An Assessment of Pyrolysis Process for the Treatment of Agricultural and Forest Wastes* (pp. 97–110). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95888-0_9
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Intifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *TURBO*, 8(1), 69–78.
- Sistem Informasi Sampah Nasional (SIPSN). (2021). *Timbulan Sampah Provinsi D.I.Yogyakarta tahun 2021*.
- Tanjung, N. P. P., & Wibisana, M. W. (2020). Politik Hukum Penanganan Sampah Plastik Sekali Pakai. *Jurnal Magister Hukum Udayana*, 9(1).
- Tokmurzin, D., Kuspangaliyeva, B., Aimbetov, B., Abylkhani, B., Inglezakis, V., Anthony, E. J., & Sarbassov, Y. (2020). Characterization of solid char produced from pyrolysis of the organic fraction of municipal solid waste, high volatile coal and their blends. *Energy*, 191, 116562. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116562>
- Widodo, A. S., Yughi, S. A., Hanum, N., & Utomo, N. A. (2021). Membangun Peran Penting Masyarakat di dalam Pemanfaatan Sampah sebagai Sumber Daya. *Abdi Laksana*, 2(3), 513–521.

Halaman Ini Dikосongkan