

BAB IX. PEMANFAATAN DAN PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK MENJADI PRODUK BERNILAI EKONOMI MENUJU UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG *ZERO WASTE*

**Amin Retnoningsih¹, Khoirudin Fathoni²,
Asep Purwo Yudi Utomo³, Budi Prasetyo⁴**

¹Jurusan Biologi, Universitas Negeri Semarang

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang

³Jurusan Bahasa dan Sastra Indonesia,
Universitas Negeri Semarang

⁴Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Negeri Semarang

aminretnoningsih2016@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i1.90>

Abstrak

Universitas Negeri Semarang sebagai institusi pendidikan tidak terlepas dari permasalahan sampah. Solusi yang telah dilakukan adalah menerapkan sistem pengelolaan sampah berkelanjutan. Tempat pengolahan sampah terpadu yang terintegrasi, mandiri, dan berkelanjutan diterapkan untuk menggantikan pengolahan sampah konvensional yang hanya membuang sampah pada tempat pembuangan akhir. Tulisan ini menjelaskan sistem pengelolaan sampah organik Universitas Negeri Semarang secara komprehensif. Universitas Negeri Semarang secara efektif mampu menangani sampah organik yang mencapai 80% dari seluruh sampah di kampus Sekaran, Gunungpati Semarang. Sampah daun diolah menjadi kompos dan produk kerajinan, sedangkan sampah basah menjadi pakan *maggot black soldier fly*. Tiga metode pengolahan sampah tersebut digunakan untuk mengolah sampah organik menjadi produk bernilai ekonomi. Upaya konsisten dalam pengelolaan sampah ini untuk menjamin tercapainya target Universitas Negeri Semarang *minimum waste* atau bahkan *zero waste*.

Kata Kunci: Universitas Negeri Semarang, Pengolahan Sampah, Produk Bernilai Ekonomi, *Zero Waste*

PENDAHULUAN

Sampah menjadi masalah kompleks yang menyangkut berbagai aspek, baik lingkungan, kesehatan, maupun sosial ekonomi. Idealnya tempat pembuangan akhir (TPA) hanya digunakan sebagai tempat pembuangan sampah yang tidak dapat didaur ulang. Fakta menunjukkan berbagai jenis sampah dari kegiatan manusia langsung diangkut dan dibuang ke TPA. Akibatnya kondisi TPA, khususnya di kota-kota besar melebihi kapasitas. Kondisi tersebut menyebabkan timbulnya berbagai masalah terutama lingkungan dan kesehatan. Sebelum 2018, Indonesia sudah mendapat predikat sebagai pencemar sampah plastik kedua terbesar di dunia (Jambeck *et al.*, 2015). Permasalahan pencemaran akibat sampah plastik makin mengemuka sehingga pemerintah mengeluarkan kebijakan terkait penggunaan plastik. Penanganan sampah lainnya oleh masyarakat masih dilakukan dengan cara dibakar di tempat terbuka dan tanpa kontrol sehingga berpotensi menimbulkan bahaya dan mencemari lingkungan.

Sampah yang terakumulasi di TPA terbukti mencemari air tanah, udara menjadi bau, dan menimbulkan efek gas rumah kaca. Pencemaran lingkungan ini disebabkan produksi lindi (*leachate*) dan gas metana (Leluno, 2020). Lindi adalah zat cair hasil proses dekomposisi sampah organik yang meresap melalui tumpukan sampah hingga masuk ke dalam tanah. Kandungan lindi meliputi zat padat terlarut yang terdiri atas Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , gas Zn, Ni, dan gas H_2S yang menimbulkan bau busuk (Damanhuri & Padmi, 2010). Rembesan lindi ke dalam tanah menyebabkan tanah dan air tanah tercemar akibat zat kimia dan patogen yang ada dalam lindi. Masyarakat di sekitar TPA terganggu kesehatannya karena air tanah tercemar. Udara yang tercemar, bau yang menyengat, dan hewan seperti tikus, lalat, dan nyamuk berkembang biak dengan cepat di lingkungan TPA menyebabkan munculnya berbagai penyakit. Masyarakat yang tinggal di sekitar

TPA sering mendapat gangguan pencernaan (diare, disentri), gangguan kesehatan kulit, malaria, batuk, sesak napas, bahkan infeksi saluran pernapasan akut (Axmalia & Mulasari 2020).

Pencemaran lindi berdampak bagi manusia dan ekosistem alam pendukungnya. Contoh riil adalah keberadaan TPA Jatibarang di Semarang, Jawa Tengah yang diketahui memberikan kontribusi dalam pencemaran Sungai Kreo sampai tahap pencemaran sedang. Selain lindi, gas metana dari sampah mempunyai efek gas rumah kaca. Efek rumah kaca menyebabkan panas matahari terjebak pada atmosfer sehingga terjadi peningkatan suhu bumi dan pemanasan global. Pemanasan global dapat mengancam ekosistem, cuaca memburuk mencairkan es di kutub yang memicu kenaikan air laut global dan penipisan lapisan ozon pelindung bumi dari ultraviolet. Gas metana yang muncul akibat penimbunan sampah organik di TPA mempunyai *global warming potential* (GWP) untuk jangka waktu 20 tahun 72 kali lebih banyak daripada gas karbondioksida (CO₂) (Forster *et al.*, 2007). Pengangkutan sampah menuju TPA menggunakan kendaraan bermotor menghasilkan CO₂ 2.924,90 g/liter untuk bahan bakar solar (Gale *et al.*, 2005) dan menambah gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer. Makin banyak sampah yang diangkut dan makin jauh jarak pengangkutannya maka kebutuhan bakar yang digunakan kendaraan pengangkut makin banyak.

Sebagian besar pengelolaan sampah yang diaplikasikan di Indonesia menggunakan metode pengumpulan terpusat yang diatur melalui Peraturan menteri PU/PR No.3/PRTM/2013. Peraturan ini menjelaskan pengelolaan sampah oleh pemerintah dilakukan melalui pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir. Pemrosesan akhir sampah di kota-kota besar dengan penerapan sistem *sanitary landfill*, yaitu penimbunan sampah di TPA. Metode ini memiliki beberapa kelemahan. Pengumpulan, pengolahan, dan pembuangan sampah di Indonesia masih dianggap tidak memadai karena sekitar 40% sampah dari kegiatan di kota-kota besar tidak terangkut ke TPA (Damanhuri & Padmi, 2010).

Peningkatan jumlah penduduk, kegiatan perekonomian, dan urbanisasi menyebabkan jumlah sampah terus meningkat termasuk di Indonesia. Tanggung jawab pengelolaan sampah di negara berkembang seperti Indonesia ada ditangan pemerintah daerah mengacu kepada regulasi pemerintah pusat. Pengangkutan sampah rumah tangga di perkotaan pada tahun 2017 dilaporkan hanya dilayani petugas 27,15% nya, di pedesaan bahkan sangat rendah hanya 4,65% (Andianti *et al.*, 2020). Sistem yang diterapkan belum berjalan baik, layanan persampahan di perkotaan belum sepenuhnya dapat direalisasikan dan di pedesaan masih banyak yang belum dijangkau pemerintah (Lestari & Trihadiningrum, 2019).

Suatu sistem pengelolaan sampah yang efektif dan efisien dapat diwujudkan dengan melibatkan semua pihak, pemerintah, masyarakat, dan institusi lainnya. Setiap orang menghasilkan sampah sehingga wajar jika setiap orang ikut bertanggungjawab terlibat dalam pengelolaan sampah. Masalah sampah pada akhirnya juga akan meningkatkan pencemaran darat dan laut yang makin tinggi sehingga perlu mendapat perhatian serius dari pemerintah (Syakti *et al.*, 2017). Kondisi tersebut mendorong pemerintah Indonesia memperbaiki pengelolaan sampah dengan mengeluarkan Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Domestik. Target pengurangan sampah domestik yang dibidik sekitar 25% dan tuntas menangani 70% timbulan sampah pada tahun 2025 (Presiden Republik Indonesia, 2017).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2020 Tentang Pengelolaan Sampah Spesifik (Presiden Republik Indonesia, 2020) menjadi pijakan setiap lembaga untuk ikut berkontribusi dalam penanganan sampah. Sejalan kebijakan pemerintah tersebut, Universitas Negeri Semarang (UNNES) memiliki rencana jangka panjang pengelolaan sampah yang mandiri dan berkelanjutan. Rencana tersebut dituangkan dalam Rencana Induk Pengembangan (RENIP) UNNES sesuai visinya menjadi universitas berwawasan konservasi. Target yang diharapkan pada periode 2020-2025, 2026-2030, dan 2031-2035,

UNNES dapat mengelola sampah kampus berturut-turut 50%, 60%, dan 80% (UNNES, 2011). Target ini sulit tercapai jika pengelolaan sampah UNNES masih menggunakan pola lama, pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan saja. Ketercapaian target dapat diprediksi melalui tindakan pengolahan awal untuk meminimalkan penumpukan sampah di TPA perkotaan (*De Feo et al., 2016*).

Upaya *reduce, reuse, and recycle* (3R's) UNNES dilakukan melalui teknologi informasi dengan penerapan kebijakan *paperless*, Peraturan Rektor No. 27 tahun 2019 tentang larangan menggunakan plastik sekali pakai (UNNES, 2019), pembiasaan menggunakan tumbler, dan daur ulang kertas. Cara tersebut berhasil diterapkan, namun hanya mengurangi sebagian sampah khususnya sampah plastik sekali pakai. Sebagian besar sampah UNNES (80%) dari 12 ton sampah yang dihasilkan setiap hari merupakan sampah organik berupa sampah daun, sisa makanan, dan sampah yang tidak dapat ditangani. Oleh karena itu, percepatan target pengelolaan sampah UNNES pada tahun 2019 direalisasikan melalui pengembangan sistem dan tempat pengolahan sampah terpadu (TPST) yang beroperasi sejak 2020. Bab ini menjelaskan pengolahan sampah organik UNNES secara komprehensif dengan harapan kegiatan pengelolaan sampah di UNNES dapat menjadi *role model* pengelolaan sampah berkelanjutan di lingkungan kampus. Target mewujudkan UNNES sebagai *zero waste campus* dilakukan antara lain melalui pemanfaatan dan pengolahan sampah organik menjadi produk bernilai ekonomi.

KONDISI EKSISTING UNNES

Pengelolaan sampah yang tepat membutuhkan pemahaman yang komprehensif terkait komposisi dan proses yang menentukan timbulan sampah. Sumber penghasil sampah menjadi perhatian utama karena karakteristik dan komposisi sampah berbeda sesuai sumbernya. Area kampus UNNES Sekaran seluas 151 hektar memiliki jarak tempuh 4,1 km = 4100 m (Gambar 9.1).

Upaya pengelolaan sampah secara intensif sementara ini masih terbatas dilakukan di kampus utama Sekaran.



(a)



(b)



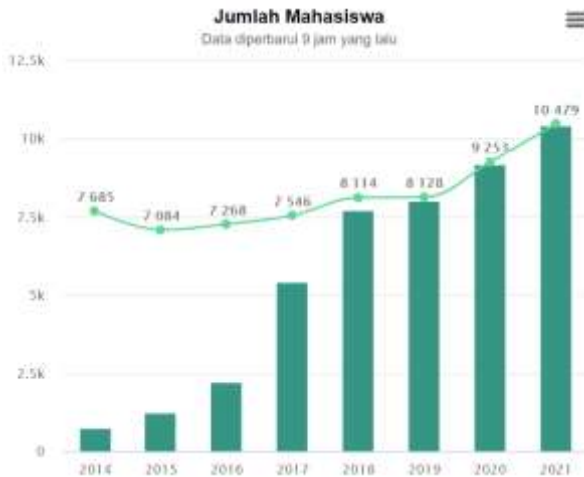
(c)

Gambar 9.1. Kampus Utama UNNES Sekaran (a) Peta Udara Kampus UNNES Sekaran, (b) Gerbang Utama Kampus UNNES

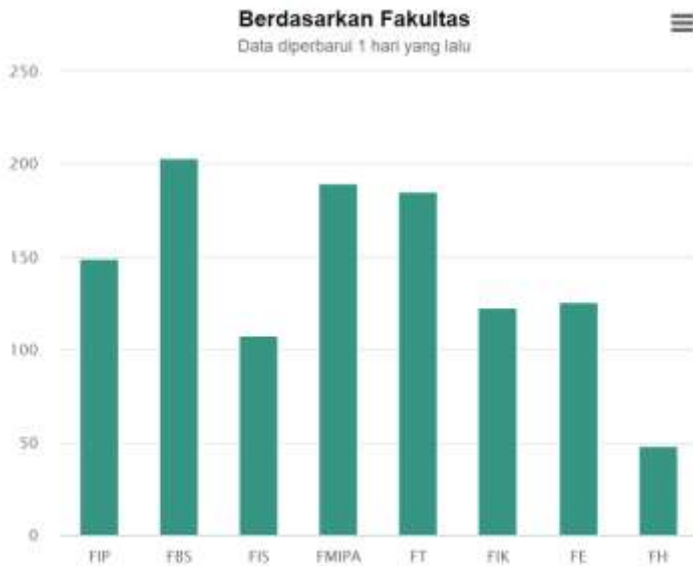
Sekaran dan Dua Gedung Kembar LP3 dan LP2 M, dan (c) Foto Udara Kampus UNNES Sekaran

Kegiatan pengelolaan sampah di area kampus yang lainnya seperti kampus Kelud, Bendan, Ngaliyan, dan Tegal belum dilakukan secara intensif melalui pengolahan sampah karena lokasinya cukup jauh dari TPST UNNES. Sebagian wilayah kampus Sekaran sebagaimana Gambar 9.1 berupa taman dan hutan kampus. Sepanjang jalan di dalam kampus dan halaman belakang, samping, dan atau depan setiap Gedung ditanami pohon-pohon peneduh. Luas hutan kampus dan taman UNNES sesuai data terakhir tahun 2021 seluas 431.975 m². Luasnya wilayah kampus ini berkorelasi langsung dengan jumlah sampah daun yang dihasilkan. Hasil pendataan TPST yang telah dilakukan tercatat jumlah sampah daun sekitar 80% dari kisaran 12-18 ton sampah yang dihasilkan setiap harinya.

Sumber penghasil sampah juga ditentukan oleh jumlah warga UNNES yang terdiri atas mahasiswa, dosen, dan tenaga kependidikan. Jumlah dosen dan tenaga kependidikan relatif stabil berbeda dengan jumlah mahasiswa UNNES yang bertambah seiring pembukaan program studi baru dan atau penambahan jumlah penerimaan mahasiswa baru, serta jumlah mahasiswa yang lulus tidak selalu sama dengan jumlah mahasiswa baru yang diterima. Kondisi eksisting jumlah mahasiswa UNNES ditunjukkan pada Gambar 9.2 dan jumlah dosen pada Gambar 9.3. Jumlah total mahasiswa aktif pada tahun 2021 sebanyak 44.977 dan dosen 1133. Jumlah warga UNNES ini menentukan jumlah sampah yang ditimbulkan.



Gambar 9.2. Jumlah Mahasiswa UNNES (<https://data.unnes.ac.id/>)



Gambar 9.3. Jumlah Dosen UNNES (<https://data.unnes.ac.id/>)

Hasil survei di lingkungan kampus UNNES Sekaran menunjukkan beberapa tempat yang menjadi sumber penghasil sampah diperlihatkan pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1. Sumber dan Jenis Sampah di Kampus UNNES

No	Sumber	Jenis
1	Kantin	Sampah basah sisa makanan, plastik, kertas
2	Kantor	Kertas, plastik, sisa makanan
3	Gedung Kuliah	Kertas, plastik, sisa makanan
4	Pohon, hutan kampus, taman	Daun, batang, ranting

Jumlah dan jenis sampah yang dihasilkan dari area kampus UNNES Sekaran menentukan langkah pengelolaan sampah yang diterapkan dan ditangani. Sampah yang dihasilkan kampus Sekaran terdiri atas sampah daun, sampah rumah tangga, plastik, dan kayu. Rekapitulasi pengangkutan sampah dari kampus UNNES Sekaran ke TPST pada bulan Agustus dan September 2020 dapat dilihat pada Tabel 9.2 dan 9.3.

Tabel 9.2. Jumlah Sampah UNNES Sekaran yang Diangkut ke TPST pada Agustus 2020

No	Sumber	Jenis dan jumlah sampah (m ³)					Total
		daun	Rumah Tangga/ Makanan	Plastik Tidak Terdaur Ulang	Plastik Terdaur Ulang	Kayu	
1	Kampus barat	252.00	2.88	24.00	0.58	14.40	293.86
2	Kampus timur	240.00	3.36	30.24	1.06	4.80	279.46
3	FE	110.40	1.44	10.56	1.01	5.28	128.69
4	FBS	107.04	1.92	11.52	1.15	9.60	131.23
5	FIK	108.00	0.96	13.44	1.20	15.36	138.96
6	FH	111.84	0.48	12.96	0.91	10.56	136.75
7	FIS	102.72	2.06	13.92	0.82	19.68	139.20
8	FT	122.40	1.58	12.48	0.82	10.08	147.36
9	FIP	109.44	1.54	12.96	0.77	10.56	135.27
10	FMIPA	113.28	1.54	13.44	0.72	6.72	135.70
11	KWU	116.64	1.06	13.92	0.58	12.00	144.20
12	FIP	117.12	1.63	12.00	0.82	8.16	139.73
						Total	1,950.41

Tabel 9.3. Jumlah Sampah UNNES Sekaran yang Diangkut ke TPST pada September 2020

No	Sumber	Jenis dan jumlah sampah (m ³)					Total
		Daun	Rumah Tangga/ Makanan	Plastik Tidak Terdaur Ulang	Plastik Terdaur Ulang	Kayu	
1	Kampus barat	299.52	1.04	12.48	2.78	38.48	315.82
2	Kampus timur	283.92	0.52	22.36	1.91	35.36	308.71
3	FE	79.04	1.20	22.88	2.96	13.52	106.08
4	FBS	89.96	2.18	17.68	1.91	13.00	111.73
5	FIK	101.40	2.08	16.64	2.95	14.04	123.07
6	FH	75.40	3.12	22.88	3.28	7.80	104.68
7	FIS	89.96	1.56	30.16	2.95	39.00	124.63
8	FT	84.76	2.08	14.56	1.72	6.76	103.12
9	FIP	100.36	1.35	37.44	2.84	7.28	141.99
10	FMIPA	95.16	1.91	11.44	2.82	7.80	111.33
11	KWU	66.04	1.34	23.40	2.94	7.28	93.72
12	FIP	80.60	2.39	21.32	1.85	7.80	106.16
Total						1,751.03	

Sampah di kampus barat dikumpulkan dari sumber sampah di Gedung G, H, LP2M, LP3, dan halaman sekitarnya, sedangkan sampah di kampus timur berasal dari lingkungan di luar unit fakultas, termasuk lapangan golf. Mayoritas sampah sekitar 80% dari total sampah yang dihasilkan kawasan kampus UNNES Sekaran berupa sampah daun. TPST beroperasi sejak tahun 2020 pada saat pandemi Covid-19 dan penerapan kebijakan bekerja dan belajar dari rumah sehingga jumlah sampah rumah tangga/sampah basah dan plastik lebih sedikit dibandingkan dengan kondisi sebelum pandemi. Jumlah sampah yang tidak dipengaruhi adanya pandemi adalah sampah daun. Jumlah sampah daun relatif sama bahkan cenderung meningkat pada musim tertentu. Pada musim kemarau jumlah sampah daun lebih banyak dibandingkan pada saat musim hujan.

Sebelum sampah diangkut ke TPST, UNNES telah memberlakukan kebijakan *reduce, reuse, recycle* sampah. Kebijakan *reduce* diimplementasikan melalui:

- a. Menerbitkan SK Rektor Nomor 21 Tahun 2019 tentang Larangan Penggunaan Plastik Sekali Pakai.

- b. Meminimalkan atau meniadakan pemakaian dan pembelian produk yang menghasilkan sampah dalam jumlah besar. Misalnya, pemesanan *snack* dan nasi bungkus telah diganti dengan prasmanan.
- c. Mengurangi penggunaan kertas dengan menerapkan sistem informasi *online* pada berbagai bidang (dapat diakses secara terpadu melalui <http://apps.unnes.ac.id>)
- d. Menggunakan produk yang dapat diisi ulang, misalnya alat tulis yang bisa diisi ulang.
- e. Menyediakan air galon dan gelas bersih pada tempat-tempat yang strategis misalnya di selasar, gedung kuliah, gedung pertemuan, dan gedung pusat kegiatan mahasiswa (PKM) untuk mengurangi pembelian air kemasan.
- f. Menyediakan air kran siap minum dan gelas bersih di tempat-tempat strategis untuk mengurangi pembelian air kemasan, sebagaimana pada Gambar 9.4.



Gambar 9.4. Air Kran Siap Minum di UNNES

- g. Meminimalkan media sosialisasi melalui *pamphlet*, *leaflet*, *poster*, spanduk, MMT, dan sebagainya, diganti dengan media sosialisasi dunia maya (media internet).
- h. Menggunakan tumbler untuk mengurangi penggunaan air minum dalam kemasan.

Kebijakan *reuse* diimplementasikan melalui:

- a. Menggunakan wadah yang dapat digunakan beberapa kali atau berulang-ulang, misalnya penggunaan tumbler dan mengisi air pada fasilitas air keran siap minum yang sudah disediakan.
- b. Menggunakan kembali wadah yang telah kosong, misalnya botol bekas minuman digunakan kembali menjadi menjadi tempat ballpen, kardus bekas menjadi tempat sampah, dan sebagainya.
- c. Memanfaatkan sisi kertas yang masih kosong untuk menulis.

Kebijakan *recycle* diimplimentasikan melalui:

- a. Menyediakan tempat sampah pada setiap ruang kelas yang digunakan untuk perkuliahan dan aktifitas akademik lainnya.
- b. Menyediakan tempat sampah untuk 4 jenis sampah yang berbeda, yakni sampah plastik, sampah daun, sampah sisa makanan, dan sampah lainnya pada setiap ruang terbuka, seperti taman, teras, lapangan, dan jalan di area kampus.
- c. Petugas kebersihan pada setiap unit kerja setiap hari memilah sampah berdasarkan :
 - 1) Sampah organik yang berupa daun dan sisa makanan, diolah menjadi kompos pada beberapa unit, selebihnya diangkut ke TPST untuk diolah lebih lanjut.
 - 2) Sampah anorganik yang masih layak seperti kertas, botol, dan plastik dikumpulkan oleh petugas kebersihan unit untuk dijual hanya sebagian kecil diolah di TPST.
- d. Sampah yang didaur ulang dan tidak dicatat setiap hari.

Seluruh sampah organik UNNES khususnya dari kampus utama Sekaran berupa sampah daun dan sampah rumah tangga/basah sudah diolah secara intensif di TPST UNNES menjadi produk bernilai ekonomi.

PROGRAM PENGELOLAAN SAMPAH ORGANIK UNNES

UNNES dalam upaya mewujudkan visinya menjadi Universitas berwawasan konservasi perpedoman pada tiga pilar. Tiga pilar konservasi tersebut adalah pilar konservasi sumber daya alam dan lingkungan, pilar konservasi nilai dan karakter, serta pilar

konservasi seni dan budaya. Pilar konservasi sumber daya alam dan lingkungan menjadi pilar utama menuju UNNES sebagai kampus hijau mandiri. Secara terstruktur UNNES terus berupaya menjadi kampus dengan pengelolaan sampah hijau mandiri menuju *minimum waste* bahkan *zero waste*. Dua pilar lainnya berkontribusi nyata mendukung pencapaian target program UNNES menuju *zero waste* ini. Pilar nilai dan karakter, serta budaya yang positif akan membentuk dan menumbuhkan sikap mental, perilaku, yang bertanggungjawab sivitas UNNES dalam upaya konservasi dan mendukung pengelolaan sampah UNNES.

Target *zero waste* dapat dicapai melalui beberapa program yang telah dan akan terus diimplementasikan sebagai sebuah komitmen. UNNES mempunyai unit khusus yang mengawal terwujudnya visi konservasi, yaitu Unit Pelaksana Tugas (UPT) Pengembangan Konservasi (UPT Bangvasi). Program-program yang dirancang tidak hanya dilakukan oleh UPT Bangvasi, tetapi melibatkan semua unit dan seluruh civitas akademika UNNES. Setiap unit memiliki peran masing-masing sesuai dengan capaian indikator kinerja utama (IKU) dan indikator kinerja kegiatan (IKK) pada renstra UNNES.

Tujuan pengelolaan sampah sejalan dengan visi UNNES sebagai kampus berwawasan konservasi dan bereputasi internasional. Hal tersebut tercermin pada *milestone* Kampus Hijau Mandiri sebagai salah satu cita-cita UNNES melalui pengelolaan SDA dan lingkungan sebagaimana pada Gambar 9.5.



Gambar 9.5. Milestone UNNES Kampus Hijau Mandiri (RENIP UNNES 2016-2040)

Sebelum tahun 2020, sebagaimana pada Gambar 9.5 pengelolaan sampah UNNES dan lingkungannya belum dilakukan secara maksimal terutama terkait pembuangan akhir masih terbatas inisiasi UNNES *minimum waste*. Upaya mengolah sampah mulai dilakukan mulai dari proses pemisahan sampah dengan beberapa cara. Pengolahan sampah organik telah dilakukan di rumah kompos UNNES yang dikelola oleh UPT Bangvasi dengan dibantu oleh organisasi mahasiswa, dan rumah kompos yang dikelola fakultas (Gambar 9.6).



(a)



(b)

Gambar 9.6. Rumah Kompos UNNES dan Fakultas (a) Rumah Kompos FMIPA dan (b) Rumah Kompos UNNES

Pengolahan sampah organik di rumah kompos UNNES dan rumah kompos FMIPA belum mampu mengatasi permasalahan sampah UNNES. Volume sampah organik yang dapat diolah menjadi kompos masih sangat kecil dibandingkan total sampah

yang dihasilkan. Sampah yang tidak diolah terpaksa dibuang ke tempat pembuangan sampah (TPS) sementara di Banaran. Sebelum TPST dibangun, tumpukan sampah di TPS Banaran tersebut tingginya mencapai lebih dari 40 meter. Lokasi tersebut menjadi tempat pembuangan sampah dari kampus UNNES maupun masyarakat di sekitar TPS sementara tersebut. Selain menimbulkan bau yang menyengat, karena terlalu tinggi tumpukan sampah rawan longsor, dan mudah terbakar. Solusi yang ditempuh UNNES adalah membangun TPST untuk mengolah semua sampah khususnya sampah organik yang dihasilkan dari area kampus UNNES Sekaran.

UNNES mulai fokus memperhatikan pentingnya mengelola sampah. Banyak program yang bertujuan mengatasi permasalahan sampah. Program yang telah diimplementasikan adalah kebijakan, program Hijau, Bersih, dan Sehat (H-Bat), serta keikutsertaan UNNES setiap tahun dalam pemeringkatan UI Greenmetric. Pemeringkatan UI Greenmetric adalah pemeringkatan terkait kontribusi perguruan tinggi (PT) terhadap pemecahan permasalahan lingkungan. Dalam program H-Bat maupun UI Greenmetric terdapat indikator-indikator yang dikaitkan dengan penanganan sampah di PT. Pembangunan TPST UNNES mampu mengatasi seluruh sampah dari area kampus UNNES. Setiap hari TPST UNNES menangani kisaran 12-18 ton sampah yang sebagian besar merupakan sampah daun. Kompos yang diproduksi TPST mencapai 2.5-5 ton/bulan, dan larva *maggot black soldier flies* (BSF) yang memiliki kandungan protein tinggi sekitar 150 kg/hari.

Visi sebagai Universitas Berwawasan Konservasi mendorong warga UNNES memandang sampah sebagai bahan sisa kegiatan yang dapat diolah menjadi produk bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi. Setelah peresmian TPST pada Agustus 2020, seluruh sampah dari kawasan kampus UNNES Sekaran diproses dan diolah di TPST menjadi kompos dan menjadi pakan *maggot*. Sementara kantin-kantin di dalam kampus UNNES pada masa pandemi Covid 19 belum beroperasi, sampah basah untuk pakan *maggot* dikumpulkan dari toko-toko buah di sekitar Sekaran.

Operasional TPST UNNES sejak diresmikan dilaksanakan oleh pihak ketiga melalui kontrak kerjasama antara UNNES dan pengelola. Permasalahan sampah organik UNNES sebagian besar dapat diatasi melalui pengolahan sampah di TPST ini (Gambar 9.7).



Gambar 9.7. Bangunan TPST UNNES

Perbedaan pengelolaan sampah UNNES sebelum dan sesudah adanya TPST ditunjukkan pada Gambar 9.8. Sampah UNNES sebelum tahun 2020 sebagian besar dibuang ke TPS sementara di Banaran selanjutnya diangkut dan dibuang secara berkala ke Semarang *Landfill*, setelah 2020 semua sampah dari kegiatan di kawasan kampus UNNES Sekaran diolah di TPST UNNES. Maknanya UNNES sejak tahun 2020 tidak lagi berkontribusi meningkatkan timbulan sampah di TPA kota Semarang.



Gambar 9.8. Pengelolaan sampah UNNES (Fathoni *et al.*, 2021)

UNNES menyediakan tempat sampah terpilah ukuran standar untuk *indoor* (dalam gedung) dan *outdoor* di berbagai titik lokasi. Sampah dari dalam ruangan secara teratur dibawa keluar oleh petugas kebersihan untuk diangkut ke TPST setiap hari. Sampah daun yang berserakan di sepanjang jalan kampus, di sekitar hutan kampus, dan halaman belakang, samping, dan depan gedung disapu setiap hari kemudian dikumpulkan di beberapa lokasi. Semua sampah yang berasal dari setiap unit di lingkungan UNNES (kampus barat dan kampus timur) diangkut setiap hari menggunakan mobil *pick up* besar dan kecil. TPST UNNES terletak tidak jauh dari kampus UNNES Sekaran hanya 300 meter dari pintu gerbang utama UNNES sehingga pengangkutannya relatif cepat.

Pengumpulan dan pengangkutan sampah, idealnya kondisi sampah sudah terpilah sesuai jenisnya. Sampah pada banyak lokasi di UNNES masih belum dipilah sehingga pengangkutannya masih bercampur antara satu jenis sampah dengan jenis yang lain. Pengaturan meletakkan sampah dalam bak *pick up* diatur dengan meletakkan sampah daun di bagian depan, dan sisa ruang digunakan untuk sampah campuran. Dalam sehari, pengangkutan rata-rata ke TPST menggunakan mobil *pick up* besar berkapasitas 10 m³ sebanyak 4 rit dan mobil *pick up* kecil berkapasitas 5 m³ sebanyak 10 rit. TPST UNNES dalam satu hari diperkirakan menerima sampah sebanyak 60 m³ atau rata-rata 12 ton, 80% berupa sampah daun, sisanya sampah jenis lainnya. Setiap sampah yang masuk ke TPST dicatat dalam *logbook*.

Sampah yang masuk TPST setiap hari langsung dipisahkan menggunakan mesin pemilah sampah (Gambar 9.9). Pemilahan ini diutamakan untuk memisahkan sampah daun dari jenis sampah yang lain. Sampah yang tidak dapat dipisahkan oleh mesin sortasi dipisahkan secara manual. Jenis sampah kemudian diklasifikasikan menjadi 4, yaitu (1) daun, (2) sisa makanan, (3) botol, plastik, kertas, dan (4) sampah yang tidak terpilah/residu (misalnya ranting atau dahan, pecahan kaca, sampah/plastik yang tidak dapat didaur ulang). Setiap jenis sampah tersebut diperlakukan dengan cara yang berbeda. Target pengolahan sampah di TPST setiap hari

adalah minimal 50% dari sampah yang masuk dapat diolah setiap hari.



Gambar 9.9. Mesin Pemilah Sampah TPST UNNES

Sampah organik yang masuk ke TPST terdiri atas 2 jenis, yaitu sampah daun dan sampah sisa makanan. Sampah daun diolah menjadi kompos, sedangkan sampah basah sisa makanan digunakan sebagai pakan maggot. Sampah daun yang telah dipisahkan dari sampah jenis lainnya kemudian dicacah sampai halus menggunakan mesin pencacah (Gambar 9.10a). Hasil cacahan sampah daun diletakkan pada kotak berukuran 20 m³. TPST UNNES memiliki 5 kotak untuk proses memfermentasikan cacahan sampah daun. Setiap kotak menghasilkan 500 kg kompos sehingga total kompos yang dihasilkan minimal sebanyak 2,5 ton. Penelitian terkait percepatan proses pengomposan menarik untuk dilakukan mengingat banyaknya sampah daun yang masuk ke TPST dan terbatasnya wadah untuk fermentasi cacahan sampah.

Proses pengomposan dan mesin pencacah di TPST UNNES dapat dilihat pada Gambar 9.10 a, b, dan c. Pencacahan sampah dimulai menggunakan mesin kemudian dilanjutkan dengan proses pengomposan yang berlangsung di dalam kotak berlapis terpal. Setiap kotak yang berisi cacahan sampah daun ditambah 1 liter bioaktivator, molase, dan air untuk mempercepat proses pengomposan. Cacahan sampah daun diaduk secara berkala agar bioaktivator merata bersentuhan dengan cacahan daun. Proses pembuatan kompos memerlukan waktu sekitar 4-6 minggu sampai

menjadi produk kompos “UNNES ECOFARM KOMPOS DAUN” yang dipasarkan oleh UPT Bangvasi. Temuan teknik untuk mempercepat proses pengomposan akan memperpendek waktu pengomposan sehingga gunungan sampah daun di dalam TPST dapat berkurang signifikan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 9.10. Proses Pengomposan di TPST UNNES (a) Alat Pencacah Sampah, (b) Sampah yang Difermentasi, dan (c) Kompos Siap Dikemas Dan Kemasan Kompos 5 kg

Kompos yang telah di produksi UNNES dipasarkan ke masyarakat dan digunakan sendiri untuk pemeliharaan tanaman dan taman dalam kampus. UPT Bangvasi menggunakan kompos daun tersebut untuk memperbaiki media secara berkala agar tetap gembur. Koleksi tanaman hias unik dan mahal makin banyak dan sehat dengan menggunakan kompos daun. Sifatnya yang remah, kering, dan tidak berbau merupakan sifat penting untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen yang lebih luas.

Jenis sampah basah dari sisa makanan diolah untuk menjadi pakan *maggot*. Larva BSF ini secara ekologis berguna dalam proses penguraian bahan organik. *Maggot* mengkonsumsi sisa-sisa sayur dan buah, atau jenis sampah basah yang lain, kecuali kulit telur. BSF tidak berbahaya bagi kesehatan karena tidak menularkan penyakit kepada manusia.

Maggot memiliki dua manfaat, yaitu sebagai agen biokonversi dan pakan yang mengandung protein. Protein adalah salah satu zat penting yang dibutuhkan ternak. Pakan berprotein tinggi diketahui sebagai pakan yang relatif mahal. Mahalnya harga pakan menjadi faktor pembatas bagi peternak karena harga pakan menjadi melambung tinggi. Peternak perlu mencari alternatif pakan seperti *maggot* yang mengandung protein 30-45% cukup

untuk memenuhi kebutuhan protein ternak. *Maggot* memiliki nilai ekonomi karena mengandung protein dan nutrisi yang tinggi bagi ikan maupun unggas sehingga bahan ini diburu oleh para peternak (Faizin *et al.*, 2021). Protein yang relatif tinggi ini sangat berpotensi sebagai pakan tambahan khususnya untuk pembesaran ikan konsumsi. BSF mengandung antimikroba dan anti jamur, sehingga ikan yang mengkonsumsi *maggot* memiliki ketahanan terhadap penyakit karena bakteri dan jamur. *Maggot* juga berpotensi menjadi makanan untuk manusia jika telah diolah dengan baik. Produksi *maggot* di TPST UNNES dipasarkan terutama untuk pakan ternak. BSF ini juga membuka peluang penelitian khususnya untuk diversifikasi pangan sehingga dapat dikonsumsi untuk berbagai kebutuhan baik pada ternak maupun manusia. *Maggot* merupakan sumber makanan masa depan.

Budidaya dan hasil *maggot* di TPST UNNES ditunjukkan pada Gambar 9.11. Dalam sehari, TPST UNNES dapat menghasilkan kurang lebih 100-150 kg *maggot*. BSF dengan nama ilmiah *Hermetia illucens* termasuk lalat dari ordo Diptera, famili Stratiomyidae dan genus *Hermetia*. BSF merupakan lalat yang berasal dari benua Amerika dan telah menyebar hampir di seluruh dunia. Lalat ini mengalami siklus metamorfosis sempurna dalam 4 fase, yaitu telur, larva, pupa, dan BSF dewasa. Metamorfosis BSF terjadi dalam periode rentang kurang lebih 40 hari.



(a)



(b)



(c)

Gambar 9.11. Pengolahan Sampah Basah untuk *Maggot* BSF (a) Tempat Induk Serangga Bertelur, (b) Hasil Penebaran Telur BSF Pada Sampah Organik Basah, dan (c) *Maggot* Kering

UNNES juga memberikan kontribusi dalam menyelesaikan permasalahan sampah yang dihasilkan dari masyarakat di sekitar kampus atau sekitar TPST. UNNES membantu mengedukasi dan memperkuat literasi terkait sampah melalui program pengabdian masyarakat karena permasalahan sampah hanya dapat diselesaikan dari sumbernya. Saat ini kolaborasi masyarakat dan TPST UNNES sudah terjalin untuk mengatasi sampah bersama

sama dengan cara TPST menerima sampah organik basah dari masyarakat sekitar dan masyarakat menerima sayuran segar yang ditanam di lahan TPST. Program ini baru mulai dilaksanakan akhir tahun 2021 sehingga masih membutuhkan penyempurnaan agar dapat terus berkelanjutan. Masyarakat mendapat wadah plastik tertutup dari TPST (Gambar 9.12) yang digunakan untuk menyeter sampah basah setiap hari. Sayuran diproduksi dan dikelola TPST UNNES dibantu oleh mahasiswa yang melakukan praktik kerja lapangan (PKL) di TPST. Program ini diberi nama “SMSKU” yang memiliki kepanjangan “Sayur Mayur Sehat Kampus UNNES” (Retnoningsih et al., 2021).



(a)



(b)

Gambar 9.12 Hasil Sayur dan Tempat Sampah Program SMSKU (a) Tempat Sampah Basah yang Dibagikan Untuk Warga Banaran, dan (b) Kebun Sayur Untuk Barter Sampah Basah Dari Warga

Tiga tahun sebelum TPST beroperasi, UNNES melalui tim pengabdian (Retnoningsih *et al.*, 2018) telah mengolah sampah organik dari daun menjadi kerajinan eksklusif. Program pengabdian ini didanai DRPM Kemenristekdikti melalui skema Program Pengembangan Usaha Produk Intelektual Kampus PPUPIK tahun 2017-2019. Luaran program ini adalah unit usaha Rasendriya Kriya Tulang Daun yang bergerak khusus dalam usaha komersial berbasis sampah dari tanaman baik daun maupun bagian tanaman lainnya. Unit usaha ini telah menciptakan dan memasarkan beberapa jenis produk (Gambar 9.13) dan jasa pelatihan kriya (Retnoningsih *et al.*, 2021) dengan bahan baku utama tulang daun (Gambar 9.14). Tulang daun diperoleh dari daun tua atau limbah daun yang tersedia sepanjang tahun hampir tanpa batas. Tujuan Rasendriya jangka pendek dan menengah adalah menjadi unit usaha inovatif yang mampu memotivasi mahasiswa menjadi wirausaha sekaligus memberikan kontribusi *income generating* untuk UNNES. Tujuan jangka panjang Rasendriya adalah menjadi pusat industri dan pelatihan yang menunjang eduwisata dalam rangka mewujudkan visi UNNES menjadi Universitas Berwawasan Konservasi dan Bereputasi Internasional.



Gambar 9.13. Berbagai Produk Kerajinan Rasendriya



(a)



(b)

Gambar 9.14. Pelatihan Membuat Kriya (a) Pelatihan kerajinan Berbahan Baku Limbah Pertanian, dan (b) Produk Kerajinan berbahan Baku Limbah Pertanian

Salah satu produk kriya yang paling diminati konsumen yaitu lukisan di atas tulang daun (Gambar 9.15). Foto dilukis langsung pada kanvas dari tulang daun. Kondisi tulang daun yang berlubang lubang membutuhkan teknik tertentu agar lukisan dapat terlihat jelas.



Gambar 9.15. Serangkaian Produk Lukisan Tulang Daun Rasendriya

Pemasaran produk ini menjangkau berbagai lapisan konsumen mulai perseorangan hingga lembaga pemerintah maupun swasta. Kunci keberhasilan pemasarannya adalah jejaring yang luas dengan berbagai lembaga seperti Bank Mandiri dan Dinas Perdagangan dan Dinas Koperasi. Lembaga-lembaga tersebut secara berkala memberikan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan manajerial dan memfasilitasi pameran untuk promosi

sehingga produk Rasendriya dikenal luas, baik pada *event* lokal, nasional, maupun internasional. Lembaga-lembaga tersebut sekaligus menjadi pelanggan produk lukisan di atas tulang daun sebagai souvenir perusahaan/lembaga. Jejaring yang luas mendorong Rasendriya untuk terus meningkatkan kuantitas produk berkualitas (Retnoningsih *et al.*, 2021) sehingga keberlanjutan usaha kampus sebagai *income generating* dapat diprediksikan.

UNNES telah membuktikan bahwa sampah dapat digunakan sebagai bahan baku untuk mengembangkan produk bernilai ekonomi. Sampah yang dipandang banyak orang sebagai bahan sisa yang berbahaya dan mengganggu lingkungan dan kesehatan yang pada akhirnya mempengaruhi kehidupan sosial ekonomi masyarakat dapat digunakan sebagai bahan baku unit usaha komersial baik berupa kompos, *maggot*, maupun kerajinan.

Pengelolaan sampah yang telah dilakukan UNNES memberi kontribusi peningkatan kinerja UNNES dalam pengelolaan sampah sehingga kinerja UI Green Metric pada kategori *Waste*, khususnya pada indikator *organic waste treatment* meningkat. Peringkat UI Greenmetric UNNES peringkat internasional ditunjukkan pada Gambar 9.16, sedangkan peringkat nasional pada Gambar 9.17. Perbandingan kinerja UNNES pada kategori *waste* tahun 2019 dan 2020 dapat dilihat pada Tabel 9.4.



Gambar 9.16. Peringkat Internasional UNNES di UI Greenmetric 2019 (kiri) dan 2020 (kanan)



Gambar 9.17. Peringkat Nasional UNNES di UI Greenmetric 2019 (kiri) dan 2020 (kanan)

Tabel 9.4. Perbandingan Skor Kinerja UNNES di Kagetori Waste UIGM Tahun 2019 (Kiri) dan 2020 (Kanan)

Indicator			Score	Indicator			Score
WS.1	Recycling program for university waste		225	WS.1	Recycling program for university's waste		225
WS.2	Program to reduce the use of paper and plastic in campus		300	WS.2	Program to reduce the use of paper and plastic on campus		300
WS.3	Organic waste treatment		150	WS.3	Organic waste treatment		225
WS.4	Inorganic waste treatment		150	WS.4	Inorganic waste treatment		225
WS.5	Toxic waste treatment		225	WS.5	Toxic waste treatment		225
WS.6	Sewerage disposal		75	WS.6	Sewage disposal		150

Peringkat internasional UNNES pada kategori *waste* (WS) meningkat dari peringkat 225 pada tahun 2019 menjadi peringkat 190 pada tahun 2020. Peringkat nasional sejalan dengan peringkat internasional mengalami peningkatan dari peringkat 11 menjadi peringkat 8. Peningkatan peringkat ini ditentukan perolehan skor beberapa indikator WS yang ditunjukkan Tabel 9.3 khususnya pada indikator *organic waste treatment*, *inorganic waste treatment*, dan *sewage disposal*. Peningkatan kinerja katagori *waste* ini merupakan hasil implementasi TPST UNNES sejak tahun 2020 serta kesungguhan UNNES dalam pengolahan sampah organik sampah daun menjadi kompos dan kerajinan dan sampah basah sisa makanan menjadi pakan *maggot* BSF.

SIMPULAN

UNNES telah mengoperasikan TPST yang terintegrasi, mandiri, dan berkelanjutan menggantikan pengelolaan sampah konvensional melalui pembuangan akhir sampah di TPA kota. Lebih dari 80% sampah UNNES merupakan sampah organik yang terdiri atas sampah daun dan sampah basah sisa makanan. Pengelolaan yang tepat terhadap dua jenis sampah ini diperlukan agar permasalahan sampah dan dampaknya dapat diatasi. Tiga metode telah diterapkan UNNES untuk mengolah sampah organik. Sampah daun didaur ulang menjadi kompos dan produk kerajinan, sedangkan sampah basah dimanfaatkan sebagai pakan *maggot* BSF. Implementasi tiga metode pengelolaan dan pengolahan sampah ini UNNES telah berhasil mengolah sampah organik menjadi produk

bernilai ekonomi. Upaya yang terus menerus dalam pengelolaan sampah ini akan menjamin tercapainya target UNNES *minimum waste* atau bahkan *zero waste*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LP2M UNNES yang memberikan fasilitas pendanaan sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dana DIPA UNNES tahun 2020, Nomor: 19.27.4/UN37/PPK.3.1/2020 tanggal 27 April 2020. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Unit Kerja Pengadaan Barang dan Jasa UNNES, bagian rumah tangga UNNES, tim pengelola TPST UNNES, dan tim Rasendriya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andianti, R., Mardiyah, S., & Purba, W.S., 2020. Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2020. In *Badan Pusat Statistik*. Badan Pusat Statistik.
- Axmalia, A., & Mulasari, S.A., 2020. Dampak Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Terhadap Gangguan Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 6(2), pp.171–176.
- Damanhuri, E., & Padi, T., 2010. Pengelolaan Sampah. In *Diktat Kuliah TL-3104 Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung*.
- De-Feo, G., Ferrara, C., Iuliano, C., & Grosso, A., 2016. LCA of the Collection, Transportation, Treatment and Disposal of Source Separated Municipal Waste: A Southern Italy Case Study. *Sustainability (Switzerland)*, 8(11).
- Faizin, R., Athaillah, T., & Munawarah, N., 2021. The Prospect of Cultivating Maggot (Black Soldier Fly Larvae) to Build the Village Economy and Reduce Household Waste. *Proceedings of the 2nd International Conference on Science, Technology, and Modern Society (ICSTMS 2020)*, 576(Icstms 2020), pp.184–187.
- Fathoni, K., Utomo, A.P.Y., Prasetyo, B., & Retnoningsih, A., 2021. Integrated Waste Management System in Universitas Negeri Semarang, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*,

- 1918(5).
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., & Dorland, R.V., 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1 Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, 2.
- Gale, J., Bradshaw, J., Che, Z., Garg, A., Gomez, D., Rogner, H.-H., Simbeck, D., William, R., Toth, F., & Vuuren, D.V., 2005. Sources of CO₂. In I. El Gizouli & J. F. Hake (Eds.), *IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage*, pp.75–104.
- Jambeck, J.R., Ji, Q., Zhang, Y.-G., Liu, D., Grossnickle, D.M., & Luo, Z.-X., 2015. Plastic Waste Inputs from Land Into the Ocean. *Science*, 347(6223), pp.764–768.
- Leluno, Y., 2020. Kualitas Air Tanah di Sekitar TPA Km 14 Kota Palangka Raya. *Journal of Environment and Management*, 1(1), pp.7582.
- Lestari, P., & Trihadiningrum, Y., 2019. The Impact of Improper Solid Waste Management to Plastic Pollution in Indonesian Coast and Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 149, pp. 110505.
- Presiden Republik Indonesia., 2017. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 Tentang Kebijakan Dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*, 97, pp.1–15.
- Retnoningsih, A., Fathoni, K., Utomo, A.P.Y., Prihanto, T., Hadiyanti, L.N., Suminar., & Ilingono, L.T., 2021. Unnes Latih Literasi Pengelolaan Sampah Organik Berkelanjutan. *Suara Merdeka*, 10.
- Retnoningsih, A., Widowati., Khafid, M., & Prajanti, S.D.W., 2021. Strategi Keberlanjutan Program Pengembangan Usaha. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), pp.35–43.
- Syakti, A.D., Bouhroum, R., Hidayati, N.V., Koenawan, C.J., Boulkamh, A., Sulisty, I., Lebarillier, S., Akhlus, S., Doumenq, P., & Wong-Wah-Chung, P., 2017. Beach Macro-litter

- Monitoring and Floating Microplastic in a Coastal Area of Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1-2), pp.217-225.
- UNNES., 2011. *Rencana Induk Pengembangan Universitas Negeri Semarang 2016-2040*.
- UNNES., 2019. *Larangan Penggunaan Plastik Sekali Pakai di Universitas Negeri Semarang*.
- World Bank., 2019. *Cleaning Up Indonesia's Urban Solid Waste*.