Al-Ard

Jurnal Teknik Lingkungan

P-ISSN: 2460-8815
E-ISSN: 2549-1652

Volume 09, Nomor 01
September 2023

Evaluasi Tempat Penampungan Sementara (TPS) Sampah (Studi Kasus: Kota Bandung)
Sarah Nisrina Indrayanti, Nico Halomoan

Evaluasi Karakteristik Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan
Nia Febrianti, Ismi Khairunnissa Ariani, Muhammad Rizqiawan Antul

Remediasi Tanah Tercemar Pb di Lokasi Pertambangan Emas Selogiri, Wonogiri dengan Menggunakan Tuf Zeolitik
Lia Nazmi Aida, Wawan Budianta

Pengaruh Konsentrasi Biokatalisator Cairan Rusip dalam Mereduksi Limbah Ikan menjadi Pupuk Organik Cair
Khalis Arrasiksycah, Denny Syaputra, Andri Kurniawan

Penerapan Budaya K3 Terhadap Kinerja Karyawan Pada Department of Mining PT Semen Baturaja
Enda Kartika Sari, Eriyana Yulistia, Oka Risa

Evaluasi Pengelolaan Sampah di Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan
Mohammad Chaerul, Seranti Ninan Nury

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

DEWAN REDAKSI

AL-ARD: JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN

Jurnal Al-Ard adalah Jurnal Teknik Lingkungan yang diterbitkan secara berkala dua kali dalam setahun oleh Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.

Penanggung Jawab
Dedy Suprayogi, M.KL

Redaktur
Ir.Shinfi Wazna Auvaria, MT

Penyunting/ Editor
Ida Munfarida, MT
Sarita Oktarina, M.Kes
Ir.Sulistiya Nengse, MT
Abdul Hakim, MT
Widya Nilandita, M. KL
Ir.Teguh Taruna Utama, MT

Reviewer
Achmad Chusnun Ni'am, S.Si., MT., Ph.D.
Dr. Maritha Nilam Kusuma, ST., MT.
Dr. Ir. Mochammad Chaerul, ST., MT.
Dr. Gina Lova Sari, ST., MT.
Ir. Wisnu Prayogo, S.T., M.T., Ph.D.(c)

Alamat Redaksi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya
Jl. Dr. Ir. H. Soekarno No.682, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294
Telp. 031-8493836 Fax. 031-8474347
Website : www.uinsby.ac.id
Email : al_ard@uinsby.ac.id

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas terselesaikannya edisi kesembilan nomor satu Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya. Jurnal ini diberi nama "**Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan**" berdasarkan kesepakatan bersama tim jurnal Program Studi Teknik Lingkungan, yang berarti **Bumi**.

Volume 9, Nomor 1, Al-Ard Jurnal Teknik Lingkungan ini menampilkan 6 artikel, yaitu: ***pertama***, mengenai **"Evaluasi Tempat Penampungan Sementara (TPS) Sampah (Studi Kasus: Kota Bandung)"** yang ditulis oleh Sarah Nisrina Indrayanti, Nico Halomoan; ***kedua***, mengenai **"Evaluasi Karakteristik Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan"** yang ditulis oleh Nia Febrianti, Ismi Khairunnissa Ariani, Muhammad Rizqiawan Antul; ***ketiga***, mengenai **"Remediasi Tanah Tercemar Pb di Lokasi Pertambangan Emas Selogiri, Wonogiri dengan Menggunakan Tuf Zeolitik"** yang ditulis oleh Lia Nazmi Aida dan Wawan Budianta; ***keempat***, mengenai **"Pengaruh Konsentrasi Biokatalisator Cairan Rusip dalam Mereduksi Limbah Ikan menjadi Pupuk Organik Cair"** yang ditulis oleh Khalis Arrasiksycah, Denny Syaputra, Andri Kurniawan; ***kelima***, mengenai **"Penerapan Budaya K3 Terhadap Kinerja Karyawan Pada Department of Mining PT Semen Baturaja"** yang ditulis oleh Enda Kartika Sari, Eriyana Yulistia, Oka Risa; ***keenam***, mengenai **"Evaluasi Pengelolaan Sampah di Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan"** yang ditulis oleh Mohammad Chaerul, Seranti Ninan Nury.

Semoga sajian artikel dalam jurnal ini mampu meningkatkan pemahaman mengenai lingkungan dan meningkatkan kesadaran bersama dalam pemanfaatan, pengembangan, sekaligus pemeliharaan lingkungan dengan teknologi yang tepat guna. Kritik dan saran selalu kami harapkan sebagai perbaikan dan pengembangan jurnal edisi berikutnya.

Surabaya, September 2023

Salam Redaksi

DAFTAR ISI

Evaluasi Tempat Penampungan Sementara (TPS) Sampah (Studi Kasus: Kota Bandung) Hal. 01-09
Sarah Nisrina Indrayanti, Nico Halomoan

Evaluasi Karakteristik Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan Hal. 10-17
Nia Febrianti, Ismi Khairunnissa Ariani, Muhammad Rizqiawan Antul

Remediasi Tanah Tercemar Pb di Lokasi Pertambangan Emas Selogiri, Wonogiri dengan Menggunakan Tuf Zeolitik Hal. 18-25
Lia Nazmi Aida, Wawan Budianta

Pengaruh Konsentrasi Biokatalisator Cairan Rusip dalam Mereduksi Limbah Ikan menjadi Pupuk Organik Cair Hal. 26-36
Khalis Arrasiksycah, Denny Syaputra, Andri Kurniawan

Penerapan Budaya K3 Terhadap Kinerja Karyawan Pada Department of Mining PT Semen Baturaja Hal. 37-44
Enda Kartika Sari, Eriyana Yulistia, Oka Risa

Evaluasi Pengelolaan Sampah di Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan Hal. 45-52
Mohammad Chaerul, Seranti Ninan Nury

Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.9 No.1 - September 2023 (hal. 01-09)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Evaluasi Tempat Penampungan Sementara (TPS) Sampah (Studi Kasus: Kota Bandung)

Sarah Nisrina Indrayanti[1], Nico Halomoan[2*]
[1,2]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia
*nicohalomoan@itenas.ac.id

Abstract
Bandung City is one of the highest solid waste-producing cities in Indonesia. Waste management needs to be organized so that the waste produced does not harm urban areas. One example of waste management is providing temporary waste storage sites (TPS) as intermediate transfer stations. One hundred fifty-six permanent TPS operates in Bandung, spread over 30 sub-districts with various conditions, both running well and unsuitable conditions affecting waste handling. This study aims to identify the condition of TPS waste management in the city of Bandung and evaluate it based on technical criteria for appropriate TPS buildings. The method for assessing the feasibility of TPS is assessed using 17 criteria, including criteria for TPS buildings and facilities. The evaluation was carried out at 44 TPS in Bandung. The evaluation results show seven criteria for transfer stations with a high degree of conformity and ten for a low level of conformity. The evaluation results resulted in the need for efforts to improve and develop TPS so that it can be used according to the criteria.
Keywords: Evaluation, Transfer stations, Waste management, Bandung City.

Abstrak
Kota Bandung merupakan salah satu kota penghasil sampah tertinggi di Indonesia. Pengelolaan sampah perlu ditata, agar sampah yang dihasilkan tidak berdampak negatif di wilayah perkotaan. Salah satu contoh penanganan sampah berupa penyediaan tempat penampungan sementara (TPS) sampah sebagai stasiun transfer antara. Terdapat 156 TPS permanen yang beroperasi di Kota Bandung yang tersebar di 30 kecamatan dengan berbagai kondisi baik berjalan baik maupun kondisi tidak sesuai yang mempengaruhi penanganan sampah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi pengelolaan TPS di Kota Bandung dan mengevaluasi berdasarkan kriteria teknis bangunan TPS yang sesuai. Metode menilai kelayakan TPS dinilai menggunakan 17 kriteria TPS yang meliputi kriteria bangunan dan fasilitas TPS. Evaluasi dilakukan pada 44 TPS di Kota Bandung. Dari hasil evaluasi terdapat 8 kriteria TPS stasiun transfer dengan tingkat kesesuaian yang tinggi dan 9 kriteria TPS dengan tingkat kesesuaian yang rendah. Hasil evaluasi menghasilkan perlu ada upaya perbaikan dan pengembangan TPS hingga dapat digunakan sesuai kriteria.
Kata Kunci: Evaluasi, TPS, Pengelolaan sampah, Kota Bandung.

1. PENDAHULUAN

Kota Bandung merupakan salah satu kota penghasil sampah tertinggi di Indonesia. Berdasarkan data Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pengelolaan Sampah Dinas Lingkungan Hidup Kota Bandung tahun 2020, Kota Bandung menghasilkan sampah sebesar 1.735,99 m^3/hari. Perlu diselenggarakan pengelolaan sampah yang baik, agar sampah yang dihasilkan tidak berdampak buruk bagi daerah kota. Hal tersebut sejalan dengan tujuan pengelolaan sampah yang dijelaskan dalam Peraturan Daerah Kota Bandung Nomor 9 Tahun 2018, yaitu "untuk mewujudkan daerah kota yang bersih dari sampah guna menunjang kelestarian lingkungan hidup, meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan, serta menjadikan sampah sebagai sumber daya".

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008, dijelaskan bahwa penyelenggaraan pengelolaan sampah salah satunya dapat berupa penyediaan Tempat Penampungan Sementara (TPS) sampah. Peran TPS dalam sistem pengelolaan sampah, yaitu sebagai tempat penghubung antara kegiatan pengumpulan sampah dengan pengangkutan sampah, serta dapat berpotensi menjadi

tempat pemilahan sampah sebelum diangkut menuju tempat pemrosesan akhir sampah(Damanhuri & Padmi, 2019). TPS juga berfungsi sebagai *transfer station* atau stasiun antara yang jika direncanakan dengan tepat dapat meningkatkan kinerja sistem dan mengurangi biaya penanganan sampah (Höke & Yalcinkaya, 2021).

Kota Bandung memiliki 156 TPS permanen yang aktif beroperasi di 30 kecamatan (Mulianingsih, 2019). Keberadaan TPS dapat menimbulkan permasalahan yang berdampak pada lingkungan dan masyarakat sekitar TPS, dampak yang dapat terjadi diantaranya, seperti permasalahan terkait estetika, pencemaran lingkungan, hingga menurunnya kenyamanan dan kualitas kesehatan masyarakat di sekitar TPS (Hardiatmi, 2011). Permasalahan pengelolaan sampah di TPS di Kota Bandung salah satunya adalah angka timbulan sampah yang tinggi namun tanpa adanya pengolahan yang terjadi yang mengakibatkan sampah harus berakhir ke TPA (Widyarsana & Daniel, 2020). Lokasi TPS berada di sekitar perumahan, dekat dengan permukiman dan hampir semua pasar memiliki TPS, lokasi yang mendekati sumber timbulan sampah (Chaerul & Dewi, 2020). Untuk mencegah terjadinya permasalahan bagi lingkungan dan masyarakat akibat keberadaan TPS. Lokasi TPS harus memenuhi kriteria dalam penyediaan TPS yang sesuai dengan lokasi yang optimal secara ekonomi dan mendukung unit infrastruktur pengelolaan sampah kota sesuai dengan aturan teknis dan desain teknis TPS yang sesuai (Yadav dkk, 2016).

Tujuan dari pelaksanaan evaluasi ini adalah mengidentifikasi kondisi TPS di Kota Bandung dan melakukan evaluasi TPS berdasarkan kriteria TPS yang meliputi kondisi bangunan dan fasilitas TPS.

2. METODE PENELITIAN

Data yang dikumpulkan diklasifikasikan menjadi dua jenis data, yaitu data sekunder dan primer.

Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dengan melakukan studi dokumen. Data yang diperlukan untuk melakukan evaluasi TPS di Kota Bandung, yaitu jumlah dan profil TPS, serta kriteria bangunan dan fasilitas TPS. Data profil TPS meliputi data lokasi TPS dan luas lahan TPS. Kegunaan dan sumber data sekunder yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

Data Primer

Data primer diperoleh dengan melakukan observasi lapangan. Observasi dilakukan terhadap kondisi bangunan dan fasilitas TPS, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi pada TPS di Kota Bandung. Metode yang digunakan untuk menentukan jumlah sampel TPS yang akan di evaluasi adalah dengan menggunakan Nomogram Harry King.

Metode ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah sampel dengan jumlah populasi di bawah 2000 populasi dengan tingkat kesalahan yang dikehendaki dimulai dari 0,3% hingga 20% (Sinaga, 2014). Metode ini juga digunakan dalam *Analisis Timbulan dan Komposisi Sampah di Taman Nasional Gunung Merbabu via Jalur Pendakian Selo, Kabupaten Boyolali Jawa Tengah* oleh Farid Harza, Hijrah Purnama Putra, dan Yebi Yuriandala. Penentuan persentase jumlah sampel menggunakan Nomogram Harry King dapat dilihat pada Gambar 1.

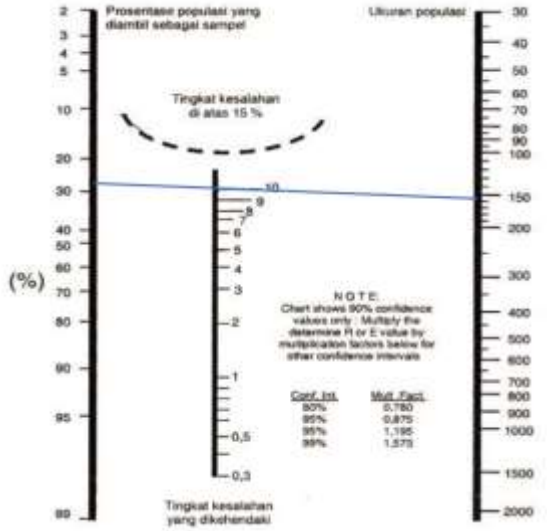
Tabel 1. Kegunaan dan Sumber Data Sekunder

No.	Data	Kegunaan Data	Sumber Data
1.	Jumlah TPS	mengetahui jumlah TPS permanen yang aktif beroperasi di Kota Bandung sebagai dasar perhitungan sampel TPS	UPT pengelolaan sampah
2.	Profil TPS	mengetahui lokasi dan luas lahan sampah permanen yang aktif beroperasi di Kota Bandung	UPT pengelolaan sampah
3.	Kriteria bangunan dan fasilitas TPS	kriteria dalam penyusunan format TPS yang akan digunakan untuk melakukan evaluasi dan perencanaan desain bangunan dan fasilitas TPS	Buku, standar, dan peraturan yang berlaku

Terdapat 2 jenis TPS di Kota Bandung, yaitu TPS permanen dan non permanen. TPS permanen terbagi menjadi TPS permanen yang hanya dilengkapi oleh landasan kontainer dan TPS permanen yang dilengkapi dengan naungan, benteng, dan pagar. TPS non permanen merupakan alat angkut sampah yang berada pada tempat yang telah ditentukan pada waktu tertentu (PD Kebersihan, 2018). Terdapat 156 TPS permanen dan 17 TPS non permanen di Kota Bandung. Dalam perhitungan sampel, jumlah populasi yang digunakan adalah 156 TPS permanen dengan tingkat kesalahan yang

digunakan adalah 10%, sehingga didapatkan persentase populasi yang diambil sebagai sampel, yaitu sebesar 28%, dengan perhitungan jumlah sampel sebagai berikut.

Jumlah sampel = 28% x 156 TPS
= 43,68 TPS
≈ 44 TPS



Gambar 1. Penentuan Persentase Jumlah Sampel dengan Nomogram Harry King

Tabel 2. Distribusi Sampel TPS

Kecamatan	Jumlah TPS Permanen	Kecamatan	Jumlah TPS Permanen
Sukasari	1	Bojongloa Kaler	1
Sukajadi	1	Bandung Kulon	4
Cidadap	1	Babakan Ciparay	2
Cibeunying Kidul	1	Astana Anyar	1
Bandung Wetan	1	Bojongloa Kidul	1
Coblong	2	Arcamanik	2
Sumur Bandung	2	Gedebage	1
Kiaracondong	2	Rancasari	1
Regol	2	Buah Batu	1
Lengkong	1	Mandalajati	1
Batununggal	5	Ujung Berung	1
Bandung Kidul	3	Cinambo	1
Cicendo	3	Panyileukan	1
Andir	1		

Penentuan distribusi sampel disesuaikan dengan jumlah TPS di masing-masing kecamatan di Kota Bandung. Terdapat 3 kecamatan yang tidak termasuk area distribusi sampel, yaitu Kecamatan Cibeunying Kaler, Kecamatan Cibiru, dan Kecamatan Antapani karena pada kecamatan tersebut TPS yang digunakan bukan TPS permanen. Distribusi sampel TPS dapat dilihat pada Tabel 2 dan peta sebaran sampel TPS dapat dilihat pada Gambar 3.

Format Evaluasi TPS

Format evaluasi TPS terdiri atas 17 kriteria TPS yang terkait dengan kondisi bangunan dan fasilitas TPS. Skala yang digunakan untuk menentukan kesesuaian kondisi TPS dengan kriteria TPS adalah skala guttman. Skala guttman hanya memiliki dua interval, seperti ya-tidak atau sesuai-tidak sesuai. Skala tersebut digunakan agar didapatkan hasil perbandingan yang tegas, skala ini dapat dibuat dalam bentuk pilihan ganda atau dalam bentuk *checklist* (Sugiyono, 2022). Perancangan alat penilaian disusun dengan tujuan untuk mengetahui kondisi eksisting TPS (Suherdy dkk, 2019) Interval yang digunakan untuk evaluasi untuk mengetahui kondisi sesuai dan tidak sesuai dari TPS. Format evaluasi TPS dapat dilihat pada Tabel 3.

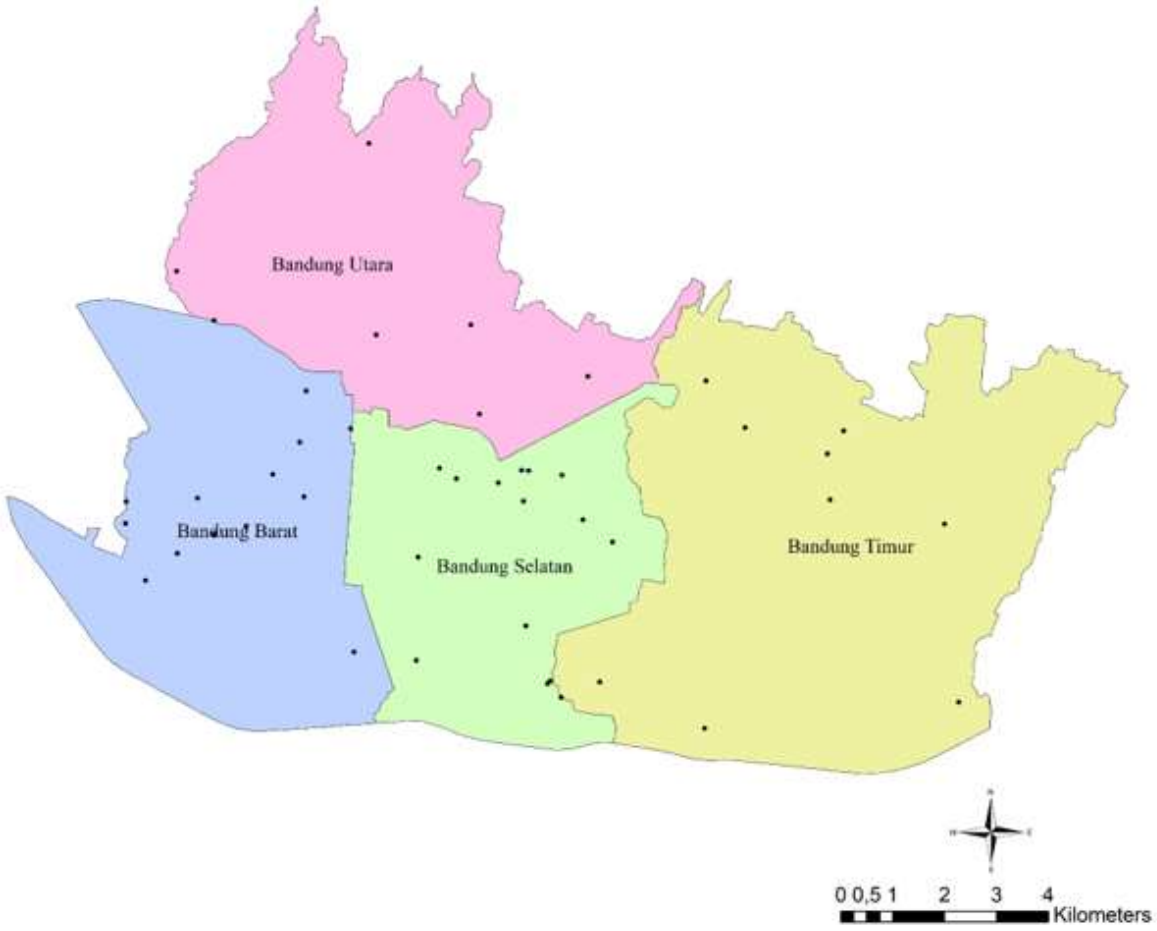
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi dilakukan terhadap 44 TPS di Kota Bandung. Evaluasi dilaksanakan dengan melakukan observasi lapangan pada lokasi TPS, untuk mengetahui kondisi bangunan dan fasilitas TPS. Berikut pembahasan hasil evaluasi 44 TPS di Kota Bandung.

Bangunan TPS

Berdasarkan data UPT pengelolaan sampah, TPS Pasar Kordon di Kecamatan Bandung Kidul termasuk dalam TPS permanen dengan landasan kontainer sampah, namun berdasarkan hasil observasi lapangan TPS tersebut tidak memiliki lahan khusus TPS. Hal tersebut menyebabkan proses pemindahan sampah pada TPS Pasar Kordon dilakukan pada badan jalan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. TPS Pasar Kordon



Gambar 3. Peta Sebaran Sampel TPS

Tabel 3. Format Evaluasi TPS

No.	Kriteria	Sumber Kriteria
1.	Luas lahan TPS sampai dengan 200 m²	Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2013
2.	Tersedia sarana untuk mengelompokkan sampah menjadi paling sedikit 5 jenis sampah	
3.	Jenis pembangunan penampung sampah sementara bukan merupakan wadah permanen	
4.	Luas lokasi dan kapasitas sesuai kebutuhan	
5.	Lokasinya mudah di akses	
6.	Tidak mencemari lingkungan	
7.	Penempatan tidak mengganggu estetika dan lalu lintas	
8.	Memiliki jadwal pengumpulan dan pengangkutan	
9.	Sampah tidak boleh berada di TPS lebih dari 24 jam	
10.	TPS harus dalam keadaan bersih setelah sampah diangkut ke TPA	
11.	Memiliki landasan permanen	(Damanhuri & Padmi, 2019)
12.	TPS memiliki dinding di sekitar area TPS	
13.	Penempatan kontainer harus memperhatikan kemudahan operasi alat angkut yang akan mengangkut sampah	
14.	Area pembongkaran sampah tercampur dan sampah yang sudah terpilah dari sumber	(Tchobanoglous & Kreith, 2002)
15.	Area penyortiran barang besar	
16.	Area penyimpanan dan pengangkutan khusus sampah yang dapat dimanfaatkan kembali	
17.	Area parkir alat kumpul dan/atau alat angkut	

Sejumlah 43 TPS di Kota Bandung sudah memiliki lahan khusus TPS, luas lahan TPS beragam, mulai dari 9 m² hingga 200 m². 22 TPS belum memiliki luas lahan yang sesuai dengan kebutuhan, sehingga kegiatan pada TPS berdampak pada area sekitar TPS, seperti proses kegiatan pemindahan sampah diluar area TPS, serta penempatan alat kumpul dan

alat angkut diluar area TPS. Luas TPS dapat dinyatakan sesuai dengan kebutuhan apabila luas TPS dapat memadai untuk menampung seluruh kegiatan pada TPS.

Gambar 4. Pembakaran Sampah pada TPS Cempaka Arum

Keberadaan TPS masih mencemari lingkungan. Masalah pencemaran lingkungan yang terjadi pada TPS di Kota Bandung diantaranya, yaitu TPS yang terbuka atau semi terbuka dapat menyebabkan air hujan mengenai sampah yang berada di TPS dan mengalir langsung ke badan air, hal tersebut dapat mencemari lingkungan karena air yang masuk ke badan air tersebut dapat membawa sampah maupun terkontaminasi lindi.

Tumpukan sampah yang berada pada TPS lebih dari 24 jam menimbulkan bau sampah yang tercium di sekitar area TPS (Mirwan & Hapsari, 2022), sampah yang berserakan pada TPS yang terbuka tanpa dilengkapi dinding pembatas ataupun pagar dapat terbawa keluar area TPS, serta masih dilakukan pembakaran sampah di beberapa TPS diantaranya pada TPS Kujangsari di Kecamatan Bandung Kidul dan TPS Cempaka Arum di Kecamatan Gede Bage seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Keberadaan TPS yang masih memiliki permasalahan bau disebabkan oleh kandungan air yang tinggi dan limbah organik yang mudah rusak dari sampah kota yang menumpuk juga menjadi alasan penting keluhan penduduk menerima keberadaan TPS sebab dapat menurunkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan sekitar TPS (Fang et al., 2022).

Dua TPS masih belum dilengkapi dengan landasan permanen, yaitu TPS Kujangsari di Kecamatan Bandung Kidul dan TPS PU Binamarga di Kecamatan Arcamanik, dimana landasan TPS masih berupa tanah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan hasil observasi lapangan, landasan permanen pada TPS berupa landasan beton atau landasan aspal, adanya landasan permanen dapat mencegah penyerapan residu ke lapisan tanah.

Gambar 5. TPS Kujangsari

Tidak seluruh TPS di Kota Bandung merupakan area yang dilengkapi oleh dinding pembatas, masih terdapat 13 TPS yang berupa lahan terbuka tanpa adanya dinding pembatas dengan area sekitarnya, salah satunya adalah TPS Sumber Sari di Kecamatan Babakan Ciparay seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6. Hal tersebut menyebabkan tidak terdapat batas lahan TPS dengan area sekitar TPS, serta lahan TPS yang terbuka dapat menimbulkan kesan kotor pada daerah sekitar TPS akibat proses pemindahan sampah pada TPS.

Gambar 6. TPS Sumber Sari

Fasilitas TPS

Belum terdapat TPS yang menyediakan sarana untuk mengelompokkan sampah menjadi paling sedikit 5 jenis sampah. Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2013, dijelaskan

bahwa, 5 jenis sampah terdiri dari sampah yang menagandung bahan berbahaya dan beracun, sampah yang mudah terurai, sampah yang dapat digunakan kembali, sampah yang dapat didaur ulang, dan residu. Sampah yang sudah dipilah oleh petugas kebersihan pada TPS maupun sampah yang sudah terpilah dari sumber disimpan tanpa pewadahan pada area TPS.

Penampung sampah sementara pada TPS sebagian besar berupa kontainer sampah dengan kapasitas 6 – 12 m^2. Gambar kontainer sampah yang digunakan pada TPS di Kota Bandung dapat dilihat pada Gambar 7. Penggunaan kontainer sampah sebagai penampung sampah sementara memudahkan proses pemindahan sampah karena di Kota Bandung proses pemindahan sampah pada umumnya menggunakan metode gabungan manual dan mekanis. Penempatan kontainer sampah pada TPS harus memperhatikan kemudahan operasi alat angkut yang akan mengangkut sampah.

Gambar 7. Kontainer Sampah dengan Kapasitas 6 m^2

Terdapat 17 TPS dengan kapasitas penampung sampah sementara yang belum sesuai dengan kebutuhan, sehingga sampah yang tidak tertampung menumpuk diluar wadah penampung sampah sementara pada area TPS. Salah satu TPS dengan kapasitas yang belum sesuai dengan kebutuhan, yaitu TPS PSM di Kecamatan Kiaracondong. Penampung sampah sementara pada TPS tersebut belum dapat menampung seluruh sampah yang masuk ke TPS, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah jumlah sampah yang masuk melebihi kapasitas penampung sampah sementara di TPS dan terhambatnya proses pengangkutan sampah ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).

Gambar 8. TPS PSM

Pada 44 TPS, proses pemindahan sampah tercampur dan sampah yang sudah terpilah dilakukan pada satu area, dan jika dilakukan pemilahan sampah pada TPS akan dilakukan pada satu area yang sampah. Hal tersebut dikarenakan sebagian besar area TPS di Kota Bandung masih memiliki lahan yang terbatas. Sudah terdapat 2 TPS yang memiliki area penyimpanan khusus sampah yang dapat dimanfaatkan kembali, yaitu TPS Cempaka Arum di Kecamatan Gede Bage dan TPS Mengger Girang di Kecamatan Regol.

UPT Pengelolaan Sampah DLH Kota Bandung memiliki program penjemputan sampah besar yang akan dibuang oleh masyarakat langsung dari sumber, sehingga tidak diperlukan area penyortiran barang besar pada TPS di Kota Bandung. Area parkir alat kumpul dan/atau alat angkut pada TPS merupakan fasilitas yang cukup penting, dimana area ini berfungsi untuk menempatkan alat kumpul dan/atau alat angkut yang akan melakukan pemindahan sampah, sehingga tidak mengganggu area lain di sekitar TPS. Sudah terdapat 16 TPS yang memiliki area parkir, sedangkan 28 TPS lainnya belum memiliki area parkir alat kumpul dan/atau alat angkut.

Rekapitulasi Hasil Evaluasi TPS

TPS yang memenuhi kriteria TPS terbanyak adalah TPS Cempaka Arum di Kecamatan Gede Bage dan TPS Cibogo di Kecamatan Sukajadi. Kedua TPS tersebut sudah memenuhi 12 kriteria dari 17 kriteria sampah. TPS yang tidak memenuhi kriteria TPS terbanyak adalah TPS Pasar Kordon dan TPS Kujangsari di Kecamatan Bandung Kidul, kedua TPS tersebut hanya memenuhi 5 kriteria dari 17 kriteria TPS.

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan terhadap 44 TPS di Kota Bandung, belum

terdapat TPS yang memenuhi seluruh kriteria evaluasi. Terdapat 8 kriteria TPS dengan tingkat kesesuaian yang tinggi dan 9 kriteria TPS dengan tingkat kesesuaian yang rendah. Hal tersebut digolongkan berdasarkan jumlah kesesuaian TPS dengan kriteria TPS, jika terdapat lebih dari 22 TPS yang sesuai dengan kriteria TPS maka digolongkan sebagai kriteria sampah dengan tingkat kesesuaian yang tinggi dan sebaliknya. Rekapitulasi hasil evaluasi setiap TPS dapat dilihat pada Tabel 4 dan rekapitulasi jumlah kesesuaian hasil evaluasi TPS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Evaluasi TPS

No.	Nama TPS	Jumlah Kesesuaian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
Kecamatan Batununggal			
1.	TPS Sukabumi	7	10
2.	TPS Banten	7	10
3.	TPS Pemkot	10	7
4.	TPS Majalengka	9	8
5.	TPS Cibangkong	7	10
Kecamatan Kiaracondong			
6.	TPS Pasar Kiaracondong	10	7
7.	TPS PSM	8	9
Kecamatan Lengkong			
8.	TPS Puteraco	6	11
Kecamatan Regol			
9.	TPS Pasar Karapitan	8	9
10.	TPS Mengger Girang	10	7
Kecamatan Bandung Kidul			
11.	TPS Pasar Kordon	5	12
12.	TPS Curug Ece	8	9
13.	TPS Kujangsari	5	12
Kecamatan Sumur Bandung			
14.	TPS Kosambi	7	10
15.	TPS Gudang Selatan	8	9
Kecamatan Rancasari			
16.	TPS Pasar Ciwastra	6	11
Kecamatan Buah Batu			
17.	TPS CIjaura Girang	9	8
Kecamatan Mandalajati			
18.	TPS Cikadut	7	10
Kecamatan Arcamanik			
19.	TPS Pacuan Kuda	9	8
20.	TPS PU Binamarga	6	11
Kecamatan Ujung Berung			
21.	TPS Cijambe	8	9
Kecamatan Cinambo			
22.	TPS Golf	8	9
Kecamatan Panyileukan			
23.	TPS Pangaritan	8	9
Kecamatan Gede Bage			
24.	TPS Cempaka Arum	12	5
Kecamatan Cibeunying Kidul			
25.	TPS Suci	11	6
Kecamatan Bandung Wetan			
26.	TPS Taman Cibeunying	7	10
Kecamatan Cidadap			
27.	TPS Punclut	9	8
Kecamatan Sukasari			
28.	TPS Sarimadu	11	6
Kecamatan Sukajadi			
29.	TPS Cibogo	12	5
Kecamatan Coblong			

No.	Nama TPS	Jumlah Kesesuaian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
30.	TPS Pasar Sadang Serang	11	6
31.	TPS Kebon Binatang	9	8
Kecamatan Cicendo			
32.	TPS Cicendo	6	11
33.	TPS Industri Dalam	11	6
34.	TPS Pasar Pamoyanan	6	11
Kecamatan Andir			
35.	TPS Waringin	7	10
Kecamatan Babakan Ciparay			
36.	TPS Pasir Koja	6	11
37	TPS Sumber Sari	7	10
Kecamatan Bojongloa Kaler			
38.	TPS Sukahaji	7	10
Kecamatan Bojongloa Kidul			
39.	TPS Mekarwangi	8	9
Kecamatan Astana Anyar			
40.	TPS Pagarsih	8	9
Kecamatan Bandung Kulon			
41.	TPS Suryani	6	11
42.	TPS Melong Asih	9	8
43.	TPS Pasar Cijerah	9	8
44.	TPS Cigondewah	10	7

Sumber: hasil analisis

Tabel 5. Jumlah Kesesuaian Hasil Evaluasi TPS

No	Kriteria	Jumlah Kesesuaian	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1.	Luas lahan TPS sampai dengan 200 m^2	43	1
2.	Tersedia sarana untuk mengelompokkan sampah menjadi paling sedikit 5 jenis sampah	0	44
3.	Jenis pembangunan penampung sampah sementara bukan merupakan wadah permanen	41	3
4.	Luas lokasi dan kapasitas sesuai kebutuhan	18	26
5.	Lokasinya mudah di akses	43	1
6.	Tidak mencemari lingkungan	0	44
7.	Penempatan tidak mengganggu estetika dan lalu lintas	9	35
8.	Memiliki jadwal pengumpulan dan pengangkutan	44	0
9.	Sampah tidak boleh berada di TPS lebih dari 24 jam	24	20
10.	TPS harus dalam keadaan bersih setelah sampah diangkut ke TPA	5	39
11.	Memiliki landasan permanen	41	3
12.	TPS memiliki dinding di sekitar area TPS	31	13
13.	Penempatan kontainer harus memperhatikan kemudahan operasi alat angkut yang akan mengangkut sampah	42	2
14.	Area pembongkaran sampah tercampur dan sampah yang sudah terpilah dari sumber	0	44
15.	Area penyortiran barang besar	0	44
16.	Area penyimpanan dan pengangkutan khusus sampah yang dapat dimanfaatkan kembali	2	42
17.	Area parkir alat kumpul dan/atau alat angkut	16	28

Sumber: hasil analisis

Rekomendasi Perencanaan TPS

1. Berdasarkan hasil evaluasi TPS di Kota Bandung perlu perencanaan TPS agar keberadaan TPS tidak menyebabkan permasalahan pada lingkungan sekitar. Rekomendasi perencanaan TPS di Kota Bandung diantaranya adalah sebagai berikut:Bangunan TPS dapat menampung seluruh kegiatan pemindahan sampah;
2. Bangunan TPS merupakan bangunan tertutup, tidak mencemari lingkungan, dan tidak mengganggu estetika lingkungan di sekitar TPS; dan
3. Penyusunan Prosedur Standar Operasi kegiatan pada TPS.

4. KESIMPULAN

Belum terdapat TPS yang memenuhi 17 kriteria TPS yang digunakan untuk melakukan evaluasi. Terdapat beberapa kriteria dengan tingkat penerapan rendah pada TPS, diantaranya belum tersedianya sarana pengelompokkan sampah, luas dan kapasitas TPS, keberadaan TPS masih mencemari lingkungan, belum tersedianya area pembongkaran dan penyimpanan sampah yang dapat dimanfaatkan kembali, serta beberapa belum memiliki area parkir alat kumpul dan/atau alat angkut. Berdasarkan hasil evaluasi, perlu dilakukan perencaanaan bangunan TPS maupun penyusunan prosedur standar operasi kegiatan pada TPS, agar keberadaan TPS tidak menyebabkan permasalahan pada lingkungan sekitar.

5. DAFTAR PUSTAKA

Chaerul, M., & Dewi, T. P. (2020). Analisis Timbulan Sampah Pasar Tradisional (Studi Kasus: Pasar Ujungberung, Kota Bandung). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 98–106.

Damanhuri, E., & Padmi, T. (2019). *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Bandung: ITB Press.

Fang, W., Huang, Y., Ding, Y., Qi, G., Liu, Y., & Bi, J. (2022). Health risks of odorous compounds during the whole process of municipal solid waste collection and treatment in China. *Environment International*, *158*, 106951.

Hardiatmi, S. (2011). Pendukung keberhasilan pengelolaan sampah kota. *Jurnal Inovasi Pertanian*, *10*(1), 50–66.

Höke, M. C., & Yalcinkaya, S. (2021). Municipal solid waste transfer station planning through vehicle routing problem-based scenario analysis. *Waste Management & Research*, *39*(1), 185–196.

Mirwan, M., & Hapsari, D. R. (2022). Pengembangan TPS Kelurahan Bringin Berbasis 3R Kecamatan Sambikerep Kota Surabaya. *Prosiding ESEC*, *3*(1), 112–117.

Mulianingsih, S. (2019). Manajemen Sampah Padat Di Kota Bandung Dan Metode Altenatif Pengolahannya. *PAPATUNG: Jurnal Ilmu Administrasi Publik, Pemerintahan Dan Politik*, *2*(1), 170–179.

PD Kerbersihan. (2018). Kriteria TPS. Bandung. UPT Pengelolaan Sampah Dinas Kebersihan Kota Bandung.Sinaga, D. (2014). *Buku Ajar Statistik Dasar*. Jakarta: UKI Press.

Sugiyono, D. (2022). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D* (2nd ed.). Bandung: Alfabeta.

Suherdy, A. Z., Ainun, S., & Halomoan, N. (2019). Perancangan Alat Penilaian untuk Pengembangan TPS Menjadi TPS 3R di Wilayah Perencanaan IV Kota Bogor. *Jurnal Reka Lingkungan*, *7*(1), 12–22.

Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of solid waste management*. McGraw-Hill Education.

Widyarsana, I. M. W., & Daniel, O. I. (2020). Peningkatan Kapasitas Tempat Penampungan Sementara (TPS) Ciroyom Menjadi Stasiun Peralihan Antara (SPA) Berskala Kawasan di Kecamatan Andir, Kota Bandung. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, *9*(1), 25–32.

Yadav, V., Karmakar, S., Dikshit, A., & Vanjari, S. (2016). A feasibility study for the locations of waste transfer stations in urban centers: A case study on the city of Nashik, India. *Journal of Cleaner Production*, *126*, 191–205.

Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.9 No.1 – September 2023 (hal. 10-17)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Evaluasi Karakteristik Tempat Penampungan Sementara (TPS) di Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan

Nia Febrianti[1*], Ismi Khairunnissa Ariani[2], Muhammad Rizqiawan Antul[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia
*niafebrianti@lecturer.itk.ac.id

Abstract
Transfer Station is one of the most important parts of waste management operational aspects. The condition of Transfer Station container is often neglected whether it meets the standards based on SNI 19-2454-2002 and Minister of Public Works Regulation Number 3 of 2013 concerning waste containers. The container of Transfer Station can be seen from the characteristics of it such as the shape, nature and material. Waste problems in Karang Rejo Village are caused by several factors such as the decrease in quality, the distribution of Transfer Station points, and community's behaviour in disposing the solid waste. This study aims to analyze the distribution and provision of Transfer Station, analyze community behavior in disposing of waste and evaluate Transfer Station in Karang Rejo Village based on community behavior in waste disposal. This research is a qualitative research, the research procedures carried out are observation, identification of the provision and distribution of Transfer Station, analysis of Transfer Station conditions in a descriptive qualitative way, distribution and collection of questionnaires, data processing and the evaluation stage of waste containers according to people's behavior in disposing of waste. The results showed that in Karang Rejo Village there were 16 Transfer Station units where the distribution of it, was disproportionate, in terms of supply there were 8 out of 16 Transfer Station units whose buildings were in damaged condition (percentage <60%), 99% of the behavior of the Karang Rejo Village community in disposing of garbage by how to get off the vehicle and throw garbage into the Transfer Station and 90% of the Karang Rejo Village community did not know information about waste containers. The evaluation results showed that the Transfer Station in Karang Rejo Village was not in accordance with the standards and there were 10 units that required total renovation, and 6 units requires the addition of components such as lids on containers.
Keywords: Balikpapan, Evaluation, Waste storage, Transfer station.

Abstrak
TPS menjadi salah satu bagian terpenting dalam aspek operasional pengelolaan persampahan. Kondisi pewadahan dari TPS seringkali terabaikan apakah sudah memenuhi standar berdasar SNI 19-2454-2002 dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang pewadahan sampah. Pewadahan dari TPS dapat dilihat dari karakteristik wadah seperti bentuk, sifat dan bahan wadah. Permasalahan persampahan di Kelurahan Karang Rejo disebabkan beberapa faktor seperti penurunan kualitas TPS, persebaran titik TPS, serta perilaku masyarakat dalam membuang sampah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persebaran dan penyediaan TPS, menganalisis perilaku masyarakat dalam melakukan pembuangan sampah dan mengevaluasi TPS di Kelurahan Karang Rejo berdasarkan perilaku masyarakat dalam membuang sampah. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif, prosedur penelitian yang dilakukan adalah observasi, identifikasi penyediaan dan persebaran TPS, analisis kondisi TPS secara deskriptif kualitatif, penyebaran dan pengumpulan kuesioner, pengolahan data dan tahap evaluasi pewadahan sampah sesuai perilaku masyarakat dalam membuang sampah. Hasil penelitian menunjukan pada Kelurahan Karang Rejo terdapat 16 unit TPS dimana persebaran TPS tidak proporsional, dari segi penyediaan terdapat 8 unit dari 16 unit TPS yang kondisi bangunannya rusak (persentase <60%), sebesar 99% perilaku masyarakat Kelurahan Karang Rejo dalam membuang sampah dengan cara turun dari kendaraan dan membuang sampah ke dalam TPS serta sebesar 90% masyarakat Kelurahan Karang Rejo tidak mengetahui informasi tentang pewadahan sampah, hasil evaluasi menunjukan TPS pada Kelurahan Karang Rejo tidak sesuai dengan standar dan terdapat 10 unit yang memerlukan renovasi secara total, dan 6 unit yang memerlukan penambahan komponen seperti tutup pada wadah.
Kata Kunci: Balikpapan, Evaluasi, Pewadahan, TPS.

1. PENDAHULUAN

Semakin padatnya suatu kawasan maka semakin banyak hasil sisa aktivitas manusia di kawasan tersebut. Salah satunya adalah sampah, sampah akan terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya penduduk suatu kawasan, hal ini dikarenakan setiap individu manusia akan selalu menghasilkan limbah baik itu limbah padat ataupun limbah cair. Berdasarkan data dari sistem informasi pengelolaan sampah nasional (SIPSN) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022) diketahui bahwa terdapat 4 fasilitas TPS 3R di Kota Balikpapan, dan diketahui bahwa fasilitas TPS 3R tidak terdapat pada kecamatan Balikpapan Tengah khususnya Kelurahan Karang Rejo. Permasalahan sampah timbul karena ketidakseimbangan produksi sampah dengan pengelolaannya, serta semakin menurunnya daya dukung alam sebagai tempat pembuangan sampah (Tato,2015).

Faktor lain yang dapat menimbulkan permasalahan sampah adalah jumlah sampah yang dihasilkan tidak sebanding dengan pengelolaan sampah oleh instansi terkait. Unit pewadahan yang tidak memadai dapat mengakibatkan sampah yang berserakan di sekitar TPS. Permasalahan pengelolaan persampahan juga ditimbulkan akibat perilaku negatif masyarakat dalam membuang sampah (Baru, dkk, 2019). Hal ini selaras dengan observasi awal penulis di Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan, bahwa permasalahan terkait sampah juga terjadi pada kondisi TPS, persebaran TPS dan perilaku masyarakat dalam membuang sampah.

Dari segi jumlah, TPS yang ada pada Kelurahan Karang Rejo terdapat 16 unit TPS, namun dari segi persebaran titik TPS tidaklah merata dikarenakan sebagian besar TPS di Kelurahan Karang Rejo terletak pada daerah yang dekat dengan Kelurahan Karang Jati dan Kelurahan Muara Rapak, sedangkan jumlah titik TPS yang berada di dekat wilayah kelurahan Gunung Samarinda berjumlah lebih sedikit. Permasalahan lain yang ada di Kelurahan Karang Rejo ialah terkait kualitas TPS, yaitu pada beberapa TPS, ditemukan perubahan bentuk bangunan akibat kerusakan sehingga terjadi penurunan kualitas TPS, lalu sampah yang dibuang di TPS tidak tertumpuk dengan rapi sehingga sampah berserakan di sekitar bangunan TPS. Dampak dari penumpukan sampah di luar TPS dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan pembentukan air lindi di sekitar bangunan TPS. Selain karena penurunan kualitas TPS, perilaku masyarakat dalam membuang sampah juga menimbulkan permasalahan persampahan, oleh karena itu, evaluasi yang berkaitan dengan pewadahan sampah berdasarkan perilaku masyarakat di TPS Kelurahan Karang Rejo perlu dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis persebaran dan penyediaan TPS pada Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan, menganalisis perilaku masyarakat dalam membuang sampah dan mengevaluasi TPS berdasarkan perilaku masyarakat dalam membuang sampah dan SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan bagian pewadahan komunal. Kajian sejenis telah dilakukan pada beberapa lokasi seperti pada Kecamatan Somba Opu Kabupaten Gowa (Tato, 2015) , Kecamatan Sungai Jawi Dalam Kota Pontianak (Rahman, dkk, 2017) dan Kecamatan Andir Kota Bandung (Fatmadewi dan Prakoso, 2015). Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk pertimbangan penambahan, pengurangan ataupun renovasi TPS pada Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Observasi

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dan pengumpulan data. Data yang diperlukan terbagi menjadi 2 yaitu data primer berupa hasil wawancara kuesioner yang diperoleh dari masyarakat serta data kondisi eksisting TPS. Data TPS didapat dari lapangan dan data sekunder yaitu timbulan dan komposisi sampah yang didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan, jumlah penduduk, luas daerah Kelurahan Karang Rejo yang didapatkan dari BPS Kota Balikpapan serta SNI 19-2454- 2002.

2.2. Identifikasi Penyediaan dan Persebaran TPS

Pada tahap ini identifikasi penyediaan dan persebaran TPS dilakukan menggunakan beberapa alat bantuan digitasi yang berkaitan dengan mapping lokasi seperti *google maps*, arc gis dan alat untuk mengukur TPS eksisting yaitu meteran ukur.

2.3. Analisis Kondisi TPS Sesuai Dengan Penyediaan dan Persebaran TPS

Analisis kondisi TPS sesuai dengan penyediaan dan persebaran TPS dilakukan di setiap TPS setelah temuan di lapangan didapatkan, metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif yang mengacu berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3 Tahun 2013 tentang pewadahan sampah serta SNI 19-2454-2002 terkait teknis pewadahan sampah.

2.4. Penentuan Jumlah Sampel

Penentuan jumlah sampel dilakukan dengan metode slovin ,dengan jumlah populasi sebesar 24800 jiwa (BPS Kota Balikpapan, 2021) perhitungan jumlah sampel menggunakan batas kesalahan 10% dan tingkat kepercayaan 90%, lalu jumlah total sampel dibagi dengan jumlah TPS sebanyak 16 TPS. Persamaan yang digunakan yaitu dapat dilihat dibawah ini:

$$n = \frac{N}{(1 + (Nxe^2))}$$

Keterangan:
n = Jumlah sampel
N = Jumlah populasi
e = Batas toleransi kesalahan
Diketahui:
n = ?
N = 24800
e = 10%
Jumlah TPS = 16 Maka,

$$n = \frac{24800}{(1 + (24800x10\%^2))}$$

N = 99,59 ≈ 100 samp

Jumlah sampel per TPS = $\frac{100}{16}$
= 6-7 sampel per TPS

2.5. Penyebaran dan Pengumpulan Kuesioner

Penyebaran kuesioner terbuka menggunakan metode *purposive sampling*, dimana terdapat 3 kriteria responden yaitu masyarakat yang tinggal disekitar wilayah TPS pada Kelurahan Karang Rejo., berumur 17 tahun keatas dan berpendidikan terakhir SMA/SMK/Setara. Terdapat 2 jenis kuesioner yang akan disebarkan kepada masyarakat, yaitu kuesioner tentang perilaku masyarakat dan tentang evaluasi TPS. Pengumpulan kuesioner dilakukan dengan cara mengumpulkan kuesioner yang telah dijawab oleh responden.

2.6. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan microsoft excel, data hasil kuesioner yang didapatkan diolah menjadi sebuah tabel, grafik atau sebuah diagram dan disajikan dalam bentuk uraian naratif secara deskriptif kualitatif.

2.7. Evaluasi Pewadahan Sampah Berdasarkan hasil Kuesioner dan SNI 19-2454- 2002

Evaluasi TPS dilakukan dengan cara melakukan perbandingan TPS eksisting dengan SNI 19-2454-2002 tentang pewadahan sampah dari segi jenis wadah, persyaratan wadah sampah, karakteristik pola pewadahan komunal kategori bentuk, jenis, sifat dan volume. Evaluasi memperhatikan hasil kuesioner yang didasarkan pada (Badan Standarisasi Nasional, 2002). Hasil evaluasi dianalisis secara deskriptif kualitatif. Evaluasi mengenai volume TPS dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu mengukur dimensi TPS eksisting, menghitung timbulan sampah dimana menurut Damanhuri dan Padmi (2010) standar timbulan sampah perumahan permanen untuk berat jenis sampah sebesar 0,35-0,4 kg/org/hari, sedangkan standar untuk volume sampah sebesar 2,25-2,5 l/org/hari dan mencari data komposisi sampah yang bersumber dari (Dinas Lingkungan Hidup, 2014), merencanakan volume TPS berdasarkan perhitungan timbulan sampah.

Berikut ini merupakan rumus perhitungan timbulan sampah menurut National Water & Sanitation Information Services (2019).

Berat Sampah = Standar Berat Sampah) x Jumlah Penduduk
Volume Sampah = Standar Volume Sampah x Jumlah Penduduk
Keterangan:
Berat Sampah : kg/org/hari
Volume Sampah : l/org/hari
Jumlah Penduduk : jiwa

Perhitungan volume sampah dibagi berdasarkan jenis sampah, yaitu Organik, Anorganik dan B3, menurut Wijaya (2014) tata cara perhitungan volume TPS adalah sebagai berikut:

Volume sampah sesuai jenis sampah =
% jenis sampah x Volume sampah

Volume wadah sesuai jenis sampah = $\frac{VSampah_x}{n \ . \ Sr}$

Volume wadah per titik = $\frac{VSampah\ Wadah_x}{jumlah\ titik}$

Volume wadah total per titik = Total volume wadah per titik sesuai jenis sampah

Keterangan:

Waktu pengambilan (n) : /hari

Faktor keamanan (sr) : 1-2

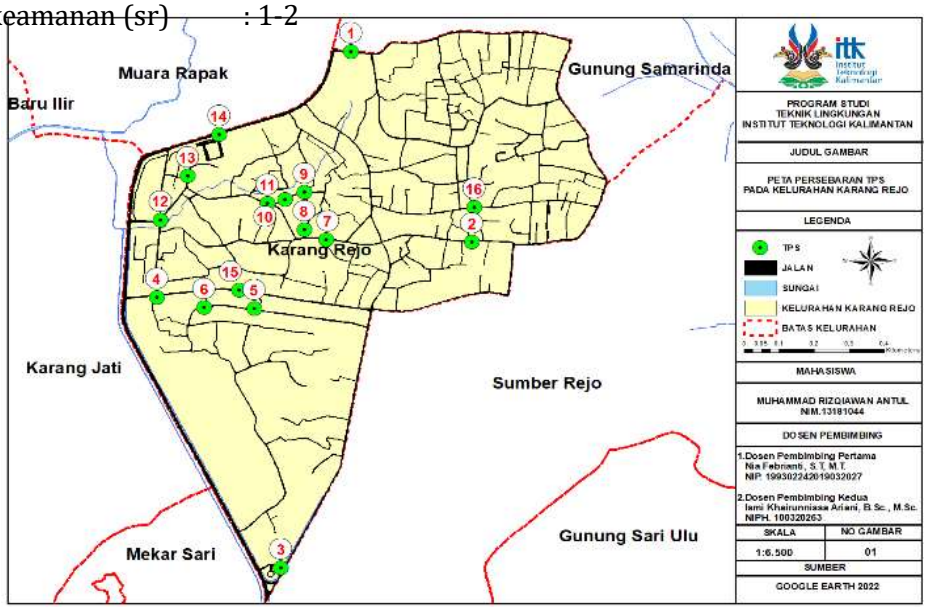
Volume : m^3

x : jenis sampah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persebaran dan Penyediaan TPS Pada Kelurahan Karang Rejo

Gambar 1 merupakan peta persebaran TPS di Kelurahan Karang Rejo Kota Balikpapan.



Gambar 1 Persebaran TPS Pada Kelurahan Karang Rejo

Berdasarkan Gambar 1 diketahui terdapat 16 TPS pada Kelurahan Karang Rejo, persebaran TPS tergolong tidak proporsional, hal ini dibuktikan dengan terdapat penempatan lebih dari 5 TPS dalam satu jalan, contohnya adalah pada Jalan Sulawesi, dimana pada lokasi ini terdapat 6 TPS yaitu TPS 7, 8, 9, 10, 11 dan 12. Dampak dari tidak proporsionalnya penempatan TPS mengakibatkan masalah persampahan yaitu kondisi TPS yang sering penuh.

Tabel 1 di bawah ini menunjukkan penyediaan TPS pada Kelurahan Karang Rejo, dimana data ini didapatkan dari hasil observasi dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan.

Tabel 1. Penyediaan TPS Pada Kelurahan Karang Rejo

No TPS	Lokasi	Kondisi Bangunan	Volume Eksisting TPS (m^3)	Keterangan
TPS 1	Jl. D.I Panjaitan	30% Baik	3,68	Bangunan rusak pada sisi samping, tidak memiliki pintu dan memiliki penutup
TPS 2	Jl. P. Antasari II	20% Baik	3,47	Bangunan rusak pada bagian depan, retak dibeberapa sisi, tidak memiliki penutup dan tidak memiliki pintu
TPS 3	Jl. P. Antasari	40% Baik	6,34	Bangunan retak pada beberapa sisi, tidak memiliki penutup bak, tidak memiliki pintu
TPS 4	Jl. DR. Sutomo	60% Baik	5,02	Bangunan tergolong baik, tidak memiliki penutup, tidak memiliki pintu
TPS 5	Jl. DR. Sutomo II	60% Baik	2,38	Bangunan tidak memiliki penutup bak
TPS 6	Jl. DR. Sutomo II	60% Baik	6,52	Bangunan tidak memiliki penutup bak
TPS 7	Jl. Sulawesi	60% Baik	2,86	Bangunan tidak memiliki penutup bak
TPS 8	Jl. Sulawesi Gg. Buntu	20% Baik	3,79	Bangunan retak pada beberapa sisi, penutup bak terbuat dari beton dalam keadaan retak, perlu perbaikan penutup dan pintu bak
TPS 9	Jl. Sulawesi Gg. Buntu	60% Baik	5,63	Bangunan tidak memiliki penutup bak

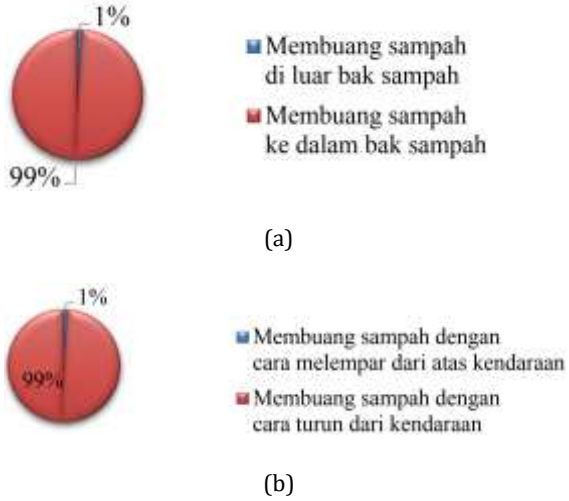
No TPS	Lokasi	Kondisi Bangunan	Volume Eksisting TPS (m^3)	Keterangan
TPS 10	Jl. Sulawesi Gg. Buntu	40% Baik	2,31	Bangunan retak di beberapa sisi, tidak memiliki penutup dan perlu penggantian pintu
TPS 11	Jl. Sulawesi Gg. Buntu	60% Baik	8,05	Bangunan tidak terdapat penutup bak
TPS 12	Jl. Sulawesi Gg. Buntu	60% Baik	6,53	Bangunan container terdapat kebocoran pada bagian bawahnya dan tidak memiliki penutup kontainer
TPS 13	Jl. Citra	40% Baik	7,02	Bangunan retak dan rusak dibeberapa sisi, pondasi hampir rubuh, dan tidak memiliki penutup
TPS 14	Jl. Soekarno Hatta	20% Baik	2,20	Bangunan rusak dibeberapa sisi, tidak memiliki pintu , tidak memiliki penutup
TPS 15	Jl. DR. Sutomo	60% Baik	2,77	Bangunan memiliki penutup, namun tidak memiliki pintu, retak pada beberapa sisi
TPS 16	Jl. Teratai	40% Baik	2,15	Bangunan retak dibeberapa sisi, tidak memiliki penutup, serta ukuran bak terlalu kecil

Berdasarkan Tabel 1 mengenai penyediaan TPS diketahui terdapat 8 TPS yang memiliki persentase kondisi bangunan sebesar 60% (kondisi ini meliputi bangunan TPS tidak rusak, tidak memiliki penutup dan pintu serta tidak kedap air) yaitu pada TPS 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12 dan 15. Pada TPS 3, 10, 13 dan 16 memiliki persentase kondisi bangunan sebesar 40% (kondisi ini meliputi bangunan TPS rusak di salah satu sisi, tidak memiliki penutup dan pintu air), pada TPS 1 sebesar 30 % (kondisi ini meliputi bangunan TPS rusak lebih dari satu sisi, tidak memiliki penutup dan pintu serta tidak kedap air), dan pada TPS 2, TPS 8, dan TPS 14 sebesar 20% (kondisi ini meliputi bangunan TPS rusak lebih dari tiga sisi serta mengalami keretakan, tidak memiliki penutup dan pintu serta tidak kedap air).

Tingkat kerusakan dan kelengkapan TPS merepresentasikan dalam bentuk persen terkait kondisi bangunan TPS, semakin rendah kerusakan dan kelengkapan TPS maka persentase kondisi bangunan semakin kecil, dimana semakin rendah persentase kondisi TPS, artinya kemampuan daya dukung dan daya tampung TPS tidak memadai sehingga akan menimbulkan dampak bagi lingkungan di sekitar TPS tersebut. TPS yang dianggap memiliki kondisi 100% baik adalah TPS yang memiliki kondisi bangunan tidak rusak, memiliki pintu dan penutup serta kedap air.

3.2 Perilaku Masyarakat Kelurahan Karang Rejo dalam Membuang Sampah

Perilaku masyarakat Kelurahan Karang Rejo dalam membuang sampah diketahui berdasarkan kuesioner yang telah dikumpulkan dan diolah datanya.



Gambar 2 Grafik Perilaku Masyarakat Karang Rejo dalam Membuang Sampah mengenai (a) cara membuang sampah di TPS, (b) cara pembuangan di TPS

Berdasarkan Gambar 2 (a) dan (b) diketahui perilaku masyarakat Kelurahan Karang Rejo dalam membuang sampah dengan cara membuang sampah di dalam bak sampah, dan turun dari kendaraan, dimana sebanyak 99% masyarakat membuang di dalam bak sampah dan membuang sampah dengan cara turun dari kendaraan. Sebanyak 1% dari masyarakat yang membuat sampah di luar bak dan melemparnya dari atas kendaraan memiliki alasan terkait kepraktisan dan tidak ingin merasa sulit saat membuang sampah, berdasarkan hasil wawancara diketahui perilaku ini dilakukan oleh masyarakat yang tidak tinggal di sekitar TPS tersebut. Akibat dari perilaku ini dapat menimbulkan permasalahan persampahan contohnya adalah sampah yang berserakan di luar TPS. Dampak dari sampah yang berserakan di luar TPS selain menimbulkan bau dan menurunkan estetika lingkungan sekitar TPS juga meningkatkan

potensi timbulnya air lindi apabila turun hujan, sehingga dapat mencemari lingkungan di sekitar TPS.

3.3 Evaluasi TPS Eksisting Pada Kelurahan Karang Rejo

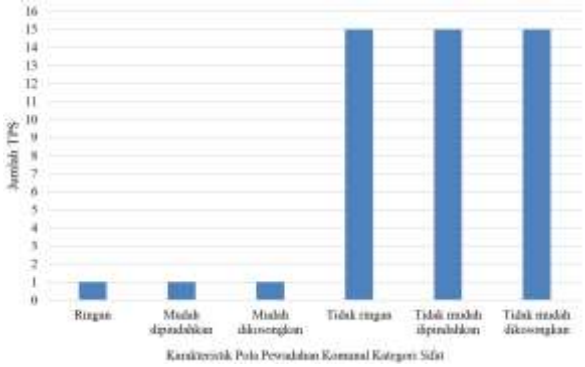
Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting TPS dengan SNI 19-2454-2002, dan memperhatikan hasil kuesioner yang didapat tentang evaluasi TPS. Adapun kriteria yang menjadi pembanding adalah wadah sesuai jenis sampah, persyaratan wadah, karakteristik pewadahan pola komunal kategori bentuk, sifat, jenis dan volume. Setelah semua kriteria di evaluasi terdapat evaluasi secara keseluruhan untuk setiap TPS pada Kelurahan Karang Rejo.

Berdasarkan kriteria wadah sesuai dengan jenis sampah, diketahui pada Kelurahan Karang Rejo seluruh TPS tidak memiliki wadah yang sesuai dengan jenis sampah. Hal ini akan mempengaruhi perilaku masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah, dikarenakan tidak terdapat fasilitas pendukung seperti TPS yang sesuai dengan jenis sampah. Berikut Gambar 3 mengenai Perbandingan TPS dengan persyaratan wadah sampah.

Gambar 3. Grafik Mengenai Perbandingan TPS Eksisting dengan Persyaratan Wadah Sampah

Dapat dilihat pada Gambar 3 terdapat total 16 unit TPS dimana kondisi bangunan adalah keseluruhan TPS tidak kedap air serta 8 unit dari 16 unit TPS kondisi bangunan rusak. Berdasarkan peraturan SNI 19-2454-2002, pada kriteria persyaratan wadah sampah, TPS di Kelurahan Karang Rejo tidak memenuhi standar yang ada, dimana TPS yang rusak dan tidak kedap air akan menimbulkan permasalahan persampahan seperti sampah yang berserakan, pembentukan air lindi, pencemaran lingkungan yang mana hal tersebut dapat mengganggu lingkungan sekitar TPS.

(a)

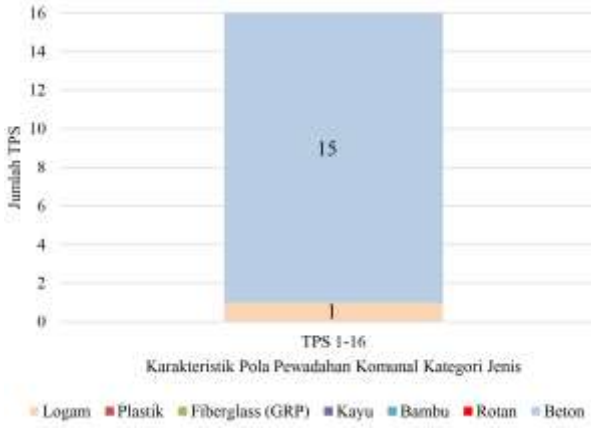


(b)

Gambar 4 Grafik Karakteristik Pola Pewadahan Komunal Kategori (a) bentuk, (b) sifat

Berdasarkan Gambar 4, diketahui pada Gambar (a) terdapat 3 TPS yang memenuhi kriteria dengan bentuk kotak bertutup, sedangkan 13 TPS lain Rejo tergolong tidak memenuhi standar, pada Gambar (b) diketahui seluruh TPS yang ada pada Kelurahan Karang Rejo dominasi sifatnya adalah tidak ringan, tidak mudah dipindahkan dan tidak mudah dikosongkan, hanya terdapat 1 TPS yang memiliki sifat ringan, mudah dipindahkan dan mudah dikosongkan. Adapun dampak dari ketidaksesuaian TPS dengan kriteria pada SNI 19-2454-2002 pada kategori bentuk, dimana dominasi TPS adalah kotak terbuka adalah bau sampah dapat mengganggu warga yang tinggal di sekitar TPS, potensi terbentuknya air lindi ketika hujan turun meningkat, dimana air lindi dapat merembes ke dasar TPS, karena dominasi TPS di Kelurahan Karang Rejo tergolong tidak kedap air, sehingga air lindi yang merembes ataupun mengalir keluar TPS dapat menjadi zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan, karena di dalam air lindi terdapat kandungan zat organik yang tinggi dan sulit diurai oleh lingkungan. Dominasi sifat TPS pada Kelurahan Karang Rejo adalah tidak ringan,

tidak mudah dipindahkan dan tidak mudah dikosongkan, hal ini disebabkan karena pada 15 TPS tergolong TPS permanen dengan bahan beton, sehingga dapat mempengaruhi waktu ritasi pengangkutan sampah di TPS.

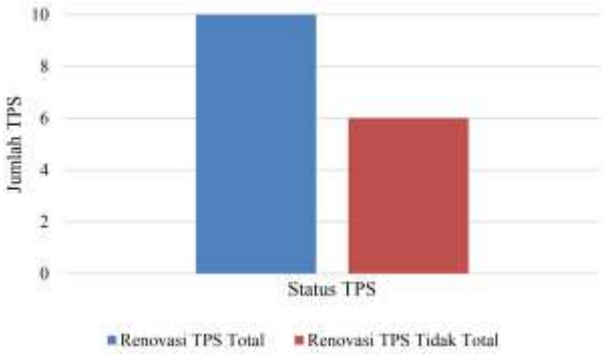


Gambar 5 Perbandingan TPS dengan Karakteristik Pewadahan Komunal Kategori Jenis

Berdasarkan Gambar 5 diketahui hanya 1 TPS saja yang memenuhi kriteria jenis bahan bangunan untuk TPS yaitu pada TPS 12 dengan jenis bahan TPS berupa logam, hal ini dikarenakan adanya penerapan sistem HCS pada TPS tersebut. Sedangkan 15 TPS lainnya jenisnya berupa beton dikarenakan sistem yang diterapkan adalah SCS. Jenis beton dari TPS dapat menimbulkan permasalahan persampahan, dimana beton memiliki sifat yang kuat namun tidak memiliki sifat kedap air, diketahui pula seluruh TPS pada Kelurahan Karang Rejo tidak kedap air, sehingga ketika air lindi terbentuk potensi penyerapan air lindi ke bawah tanah semakin besar. Pada kategori jenis juga erat kaitannya dengan kategori sifat, dimana TPS beton memiliki sifat yang tidak ringan, tidak mudah dipindahkan maupun dikosongkan, sehingga memperlambat efektivitas pengangkutan sampah.

Berdasarkan hasil perhitungan timbulan sampah dan volume wadah sampah per titik, didapatkan pada Kelurahan Karang Rejo timbulan sampah sebesar 9,92 ton/hari dengan volume sampah sebesar 62 m^3/hari. Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup (2014) persentase komposisi sampah organik perumahan kelas menengah pada Kelurahan Karang Rejo sebesar 58,83% dan anorganik sebesar 41,17%. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan volume sampah organik total sebesar 36,47 m^3 dan anorganik total sebesar 25,52 m^3. Perhitungan volume wadah sampah dihitung per titik TPS, dimana pada Kelurahan Karang Rejo terdapat 16 titik TPS, sehingga didapatkan volume wadah organik per titik sebesar 2,3 m^3 dan volume wadah anorganik per titiknya sebesar 1,6 m^3, jadi didapatkan volume wadah total per titik sebesar 3,9 m^3 yang dibulatkan menjadi 4 m^3 untuk menyesuaikan ukuran TPS di pasaran.

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa terdapat 9 TPS yang memerlukan perbesaran dan 8 TPS lainnya tidak memerlukan perbesaran TPS. Kondisi ini menunjukan bahwa mayoritas kapasitas TPS eksisting pada Kelurahan Karang Rejo belum memenuhi kapasitas ideal sesuai dengan timbulan sampah yang dihasilkan, sehingga permasalahan seperti kapasitas eksisting yang terlalu kecil dan sampah yang berserakan di luar bangunan TPS sering terjadi dan akibatnya mengganggu masyarakat yang tinggal di sekitar TPS tersebut. Berikut ini merupakan Gambar 6 mengenai hasil perbandingan evaluasi TPS eksisting dengan SNI 19-2454-2002 secara keseluruhan.



Gambar 6 Status TPS Berdasarkan Evaluasi Sesuai dengan SNI 19-2454-2002 Tentang Pewadahan Secara Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 6 diketahui bahwa terdapat 10 TPS pada Kelurahan Karang Rejo yang memerlukan renovasi secara total, renovasi total yang dimaksud adalah renovasi secara keseluruhan dimulai dari segi jenis TPS sesuai dengan wadah sampah, sesuai dengan persyaratan wadah sampah, sesuai dengan karakteristik pola pewadahan komunal kategori bentuk, sifat, jenis dan volume TPS. 6 TPS yang memerlukan renovasi tidak total, adapun renovasi tidak total yang dimaksud adalah, diperlukan adanya penambahan salah satu komponen TPS sesuai dengan SNI 19-2454-2002 seperti penambahan tutup TPS,

pelapisan dasar TPS, penambahan sekat ataupun penambahan pintu TPS.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diketahui dari penelitian ini adalah terdapat 16 unit TPS pada Kelurahan Karang Rejo, dari segi persebaran TPS tergolong tidak proporsional. Penyediaan TPS pada Kelurahan Karang Rejo terdapat 8 unit dari 16 unit TPS yang memiliki kondisi bangunan rusak dimana persentase kondisi bangunan dibawah 60%. Sebesar 99% perilaku masyarakat Kelurahan Karang Rejo dalam membuang sampah di TPS dengan cara turun dari kendaraan dan membuang sampah ke dalam TPS dan sebesar 90% masyarakat Kelurahan Karang Rejo tidak mengetahui informasi tentang pewadahan sampah. Sedangkan hasil evaluasi TPS dari seluruh aspek pewadahan, menunjukan TPS pada Kelurahan Karang Rejo tidak sesuai dengan SNI 19-2454-2002, berdasarkan evaluasi secara keseluruhan terdapat 10 unit TPS yang memerlukan renovasi secara total, dan terdapat 6 unit TPS yang memerlukan penambahan komponen pelengkap (renovasi tidak total) pada bangunan TPS seperti tutup pada bangunan TPS.

5. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional (2002) 'Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan', *ACM SIGGRAPH 2010 papers on - SIGGRAPH '10*, (ICS 27.180), p. 1. Available at: http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1833349.1778770.

Baru, D. N., Poluan, R. J. and Moniaga, I. L. (2019) 'Evaluasi Sistem Pengelolaan Persampahan Di Kota Sorong', *Spasial*, 6(2), pp. 521–530.

BPS Kota Balikpapan (2021) *Kecamatan Balikpapan Tengah Dalam Angka 2021*. Edited by B. K. Balikpapan. Balikpapan: BPS Kota Balikpapan.

Damanhuri, E. and Padmi, T. (2010) *Pengelolaan Sampah*. Edisi 1. Bandung. doi: 10.1364/josaa.1.000711.

Dinas Lingkungan Hidup, K. B. (2014) *Laporan Akhir Kegiatan Review Masterplan Persampahan dan Penyusunan Siteplan TPA Sampah Manggar*, *Kota Balikpapan, Dinas Lingkungan Hidup*. Balikpapan: Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan.

Fatmadewi, R. and Prakoso, B. S. E. (2015) 'Evaluasi Penyediaan, Pengelolaan dan Daya Layan Fasilitas Tempat Penampungan Sampah Sementara di Kecamatan Andir Kota Bandung', *Jurnal Bumi Indonesia*, 4, pp. 168–177.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2022) *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. Available at: https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/ (Accessed: 20 January 2022).

National Water & Sanitation Information Services (2019) *Analisis Rantai Layanan Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga*. Jakarta.

Rahman, F., Jati Rahayu, D. and Kadaria, U. (2017) 'Evaluasi Wadah Tempat Pembuangan Sementara (TPS) Berdasarkan Konsep Perilaku Masyarakat (Studi Kasus di Kelurahan Sungai Jawi Dalam)', *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5, pp. 1–11. doi: http://dx.doi.org/10.26418/jtllb.v5i1.19648.

Rai Utama, I. G. B. R. (2016) 'Teknik Sampling dan Penentuan Jumlah sampel', *Universitas Dhyana Pura, Bali*, 2021(January), p. 23. doi: 10.13140/RG.2.1.5187.0808.

Tato, S. (2015) 'Evaluasi Pengelolaan Sampah Kabupaten Gowa Studi Kasus Kecamatan Somba Opu', *Jurnal Plano Madani*, 4(2), pp. 65–79.

Wijaya, I. M. W. (2014) *Perencanaan Pengelolaan Sampah di Obyek Wisata EKS Pelabuhan Buleleng, Kabupaten Buleleng*, *Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.9 No.1 – September 2023 (hal. 18–25)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Remediasi Tanah Tercemar Pb di Lokasi Pertambangan Emas Selogiri, Wonogiri dengan Menggunakan Tuf Zeolitik

Lia Nazmi Aida*[1], Wawan Budianta[2]
[1,2]Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
*lia.nazmi.aida2015@gmail.com

Abstract
Soil contamination was commonly found in gold mining location in Selogiri, Wonogiri, and Central Java and need serious attention for remediation action. This study aimed to investigate the mineralogical characteristic of zeolitic tuff and to analyze the influence of its characteristic for lead sorption on soil in mining, as mentioned earlier location. The soil sample was obtained from around the gold mining location. The zeolitic tuff was obtained in two locations in Gunungkidul, Yogyakarta: A and B. Zeolitic tuff samples were then characterized for mineralogy content using polarization microscopes, cation exchange capacity (CEC) by using barium chloride method and XRD (X-Ray Diffraction) analysis. A batch test was conducted on a laboratory scale by shaking zeolitic tuff samples with soil samples in a $CaCl_2$ solution. The solution was then shaken using a magnetic stirrer, and the filtrate was sampled at a specific time interval. The batch test result showed that the zeolite mineral percentage influenced the sorption behavior of zeolitic tuff in the sample and the value of CEC, which the more zeolite mineral and CEC value, the higher of sorption capacity achieved up to 58.8%. Hence, zeolitic tuff investigated in this study has a promising material for the remediation of Pb-contaminated soil in Selogiri, Wonogiri, and Central Java.
Keywords: Remediation, Soil, Lead, Zeolitic tuff.

Abstrak
Lokasi pertambangan emas di Selogiri, Wonogiri, Jawa Tengah, diketahui telah terjadi pencemaran tanah oleh timbal dan perlu mendapatkan perhatian untuk dilakukan remediasi. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi karakteristik mineralogi tuf zeolitik dan pengaruhnya terhadap efektivitas penjerapan Pb dalam tanah di lokasi pertambangan yang dimaksud. Sampel tanah diambil dari lokasi tambang emas dan sampel tuf zeolitik diambil di Gunungkidul, Yogyakarta, dinamakan sampel A dan sampel B. Kemudian dilakukan analisis mineralogi pada sampel tuf zeolitik yang meliputi analisis petrografi dengan menggunakan mikroskop polarisasi, analisis KPK dengan metode Barium Klorida, dan analisis XRD *(X-Ray Diffraction)*. Uji batch di laboratorium dilakukan dengan cara mencampur sampel tuf zeolitik yang dihaluskan (<0.15 mm) dengan sampel tanah tercemar Pb sebanyak 100 gram dan dilarutkan dengan menggunakan $CaCl_2$. Kemudian, dilakukan pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik dan filtrat yang diambil pada interval waktu tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses penjerapan zeolit yang dilakukan pada percobaan batch di laboratorium dipengaruhi baik oleh persentase mineral zeolit yang hadir maupun nilai KPK yang dimiliki oleh zeolit sampel. Hasil uji batch menunjukkan bahwa semakin banyak persentase zeolit dan nilai KPK maka efektivitas penjerapan lebih tinggi dan mencapai optimum yang dapat dicapai sebesar 58,8%.
Kata Kunci: Remediasi, Tanah, Pb, Tuf zeolitik.

1. PENDAHULUAN

Pertambangan emas skala kecil atau pertambangan emas rakyat seringkali menyebabkan dampak pencemaran pada lingkungan (Aspinall, 2001). Penambangan tersebut dapat mengakibatkan adanya pencemaran logam berat seperti arsen (As), kadmium (Cd), merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada pada tanah. Widhiyatna dkk (2006) meneliti kandungan logam berat Pb di daerah Selogiri pada tailing mencapai 416–2945 mg/kg dan pada batuan sebesar 61–3931 mg/kg, dimana sudah melebihi ambang batas standar kandungan Pb di lingkungan. Kemudian, Htun dkk (2006) juga meneliti kandungan Pb sebesar 2890 mg/kg pada host-rock dan 20-10000 mg/kg pada tailing. Tuf zeolitik banyak ditemukan di Indonesia dan beragam jenisnya. Heterogenitas dari tuf

zeolitik tersebut dipengaruhi oleh karakteristik fisik (meliputi warna, ukuran butir, dan tingkat kekompakan batuan), karakteristik mineralogi berupa komposisi mineral, kimia, dan keberadaan mineral pengotor (seperti kuarsa, feldspar, mika, dan mineral – mineral hasil ubahan tuf zeolitik) serta nilai KPK. Adanya perbedaan karakteristik tersebut juga mempengaruhi kemampuan penjerapan tuf zeolitik (Machiels dkk, 2008; Velarde dkk, 2023; Mubarak dkk, 2022). Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini penting untuk dilakukan untuk menginvestigasi lebih lanjut pemanfaatan tuf zeolitik dalam mengatasi masalah pencemaran Pb pada tanah di daerah lokasi yang dimaksud. Selanjutnya, karakterisasi tuf zeolitik penting dilakukan untuk mengetahui sampel tuf zeolitik yang berpotensi memiliki nilai kapasitas penjerapan yang tinggi sehingga persentase efektivitas penjerapannya akan besar. Tuf zeolitik diambil di Kabupaten Gunungkidul karena berdasarkan penelitian sebelumnya (Ardiana dkk, 2019) daerah tersebut memiliki kelimpahan tuf zeolitik yang cukup baik sehingga dapat menjerap hingga 50% konsentrasi larutan Pb, namun belum banyak dimanfaatkan sebagai material remediasi tanah tercemar Pb. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mineralogi tuf zeolitik dan menganalisis pengaruh karakteristik mineraloginya terhadap efektivitas penjerapan Pb dalam tanah di lokasi pertambangan di Wonogiri, Jawa Tengah.

2. METODE PENELITIAN

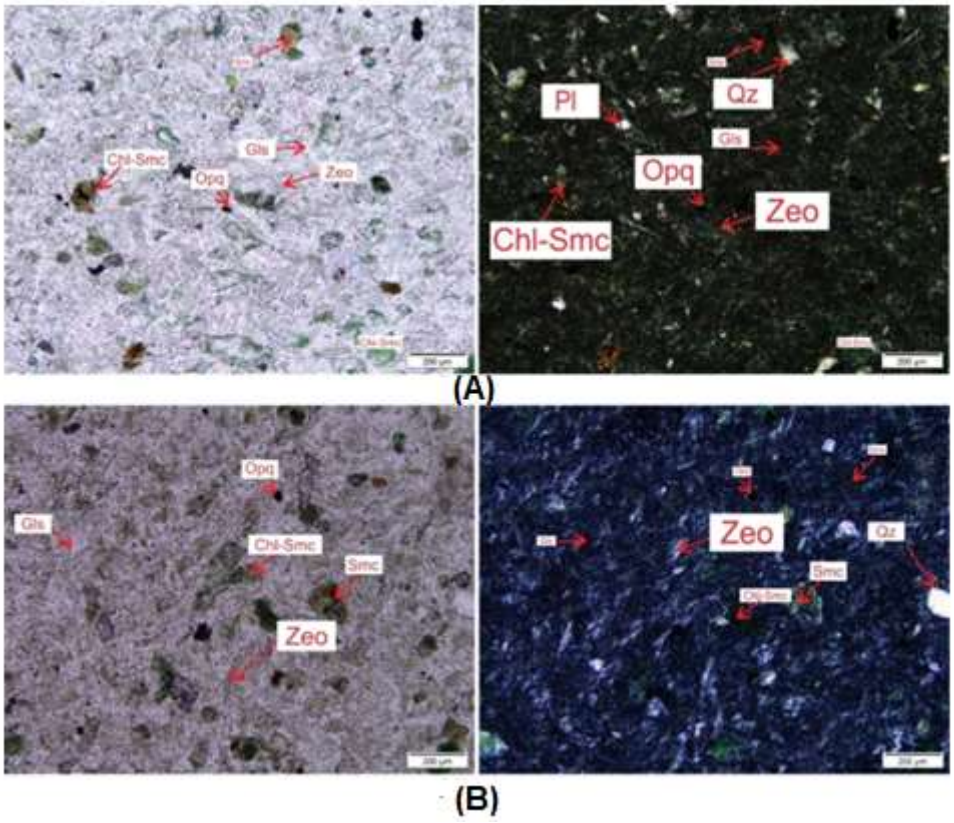
Sebanyak 5 kilogram tanah diambil dari lokasi tambang emas tradisional di Selogiri, Wonogiri yang berdekatan dengan lokasi bekas pengolahan tambang dan bekas pembuangan limbah tambang (*tailing*), dan diharapkan tanah memiliki kandungan Pb yang cukup tinggi. Sampel tuf zeolitik sebanyak 1 kilogram diambil di Gunungkidul, Yogyakarta, pada dua lokasi yang berbeda, dinamakan sampel A dan sampel B. Kemudian dilakukan analisis mineralogi pada sampel tuf zeolitik yang meliputi analisis petrografi dengan menggunakan mikroskop polarisasi, analisis KPK dengan metode Barium Klorida (Hendershot dan Duquette, 1986) dan analisis XRD (X-Ray Diffraction) (Ali dkk, 2022). Prosedur uji batch di laboratorium dilakukan merujuk pada penelitian lain (Zou dkk, 2006). Sampel tuf zeolitik dihaluskan dan diayak dengan menggunakan mesin pengayak dengan mesh nomor 100 (<0.15 mm). Pada awal uji batch, sampel tanah diuji tanpa penambahan tuf zeolitik. Sampel tanah sebanyak 100 gram dilarutkan dengan menggunakan 100 ml $CaCl_2$ di dalam gelas beker. Kemudian, dilakukan pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik dengan kecepatan 200 rpm selama 240 menit dalam suhu 25^{o}C. Filtrat yang diambil pada percobaan ini dinamakan sebagai sampel kontrol. Untuk pengujian batch selanjutnya, dilakukan penambahan tuf zeolitik A dan B ke dalam sampel larutan tanah dan dilakukan percobaan yang sama dengan sebelumnya, dimana ditambahkan 15 gram tuf zeolitik. Filtrat kemudian diambil sebanyak 5 ml pada menit ke 15, 30, 45, 60, 120, 180, 240, dan 1440. Analisis konsentrasi Pb pada filtrat dilakukan dengan menggunakan ICP AES (Moor dkk, 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

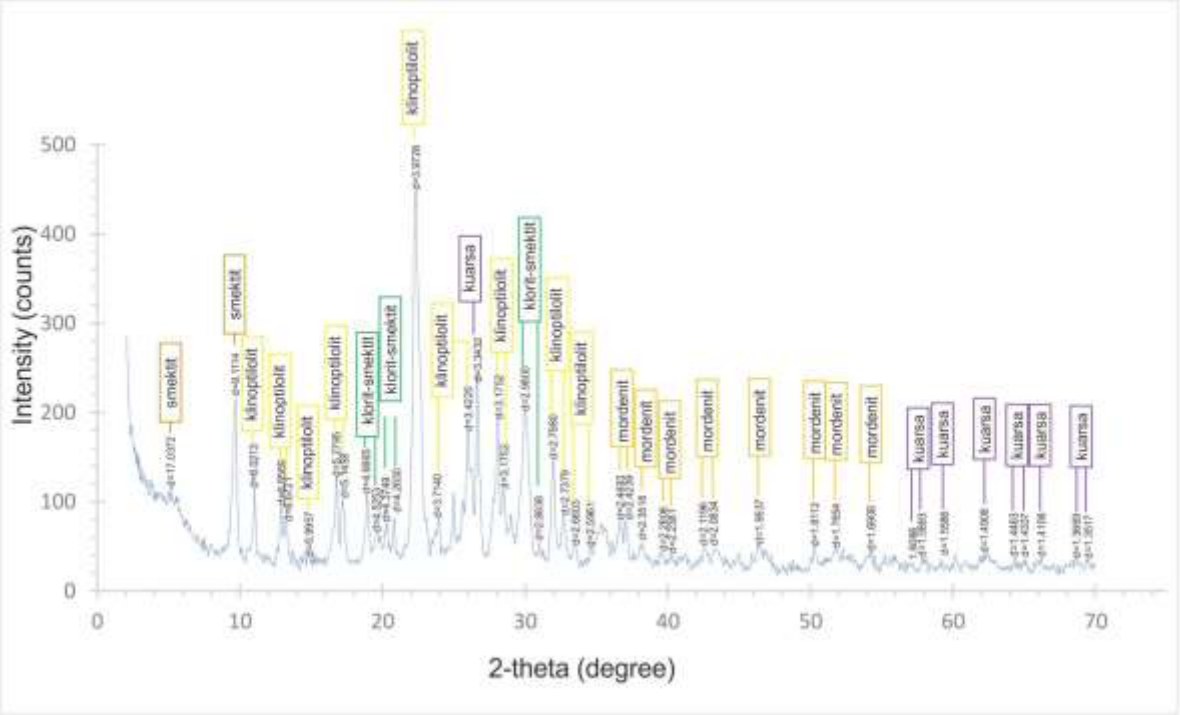
Sampel tuf zeolitik yang diambil dari lokasi berupa batuan piroklastik masih segar dan memiliki ukuran butir halus serta diperkirakan mengandung mineral zeolit yang cukup banyak, dilihat dari kenampakkan makroskopis batuan. Kenampakkan dari tuf zeolitik sendiri berupa batuan piroklastik terdiagenesis sehingga cukup berat, dengan warna dominan abu – abu kehijau – hijauan atau abu – abu cerah kecoklat – coklatan, akan lengket apabila diberi air. Secara mikroskopis, tuf zeolitik memiliki kenampakan tidak berwarna pada nikol sejajar dan abu – abu pada kenampakan nikol bersilang (Gambar 1). Ukuran mineral zeolit <0,01 mm hingga 0,1 mm, dengan relief rendah. Mineral zeolit hadir bersamaan dengan gelasan dan merupakan mineral ubahan dari gelas vulkanik. Relief mineral zeolit rendah dan memiliki struktur kipas meruncing dan tabular, tergantung pada jenis mineral zeolit yang ditemukan. Secara keseluruhan, kenampakan tuf zeolitik berwarna putih kehijau – hiijauan pada nikol sejajar (PPL) dan abu – abu kehitaman – hitaman pada nikol bersilang (XPL). Kondisi batuan mulai dari segar hingga agak lapuk yang ditandai dengan kehadiran mineral smektit dan oksida Fe. Tekstur batuan klastik, berukuran butir <0,01 mm – 0,25 mm, sortasi baik hingga sedang, kemas tertutup, bentuk butir subrounded – subangular, tipe porositas interpartikel, dengan komposisi tersusun oleh gelas vulkanik, klorit, mineral lempung, zeolit, dan mineral opak. Sampel tuf zeolitik memiliki

warna putih kecoklat-coklatan, berukuran ukuran butir lanau hingga pasir sedang, struktur masif, tingkat kebundaran subrounded, sortasi sedang, kemas tertutup. Komposisi mineral primer pada batuan berupa material sedimen berukuran pasir halus – sedang, gelas vulkanik, plagioklas dan kuarsa. Mineral sekunder pada batuan ini berupa zeolit, oksida besi dan mineral lempung. Sampel tuf zeolitik memiliki persentase kandungan yang bervariasi, dimana mineral zeolit dengan rentang 15 – 40% berdasarkan pengamatan petrografi (Aida, 2020).

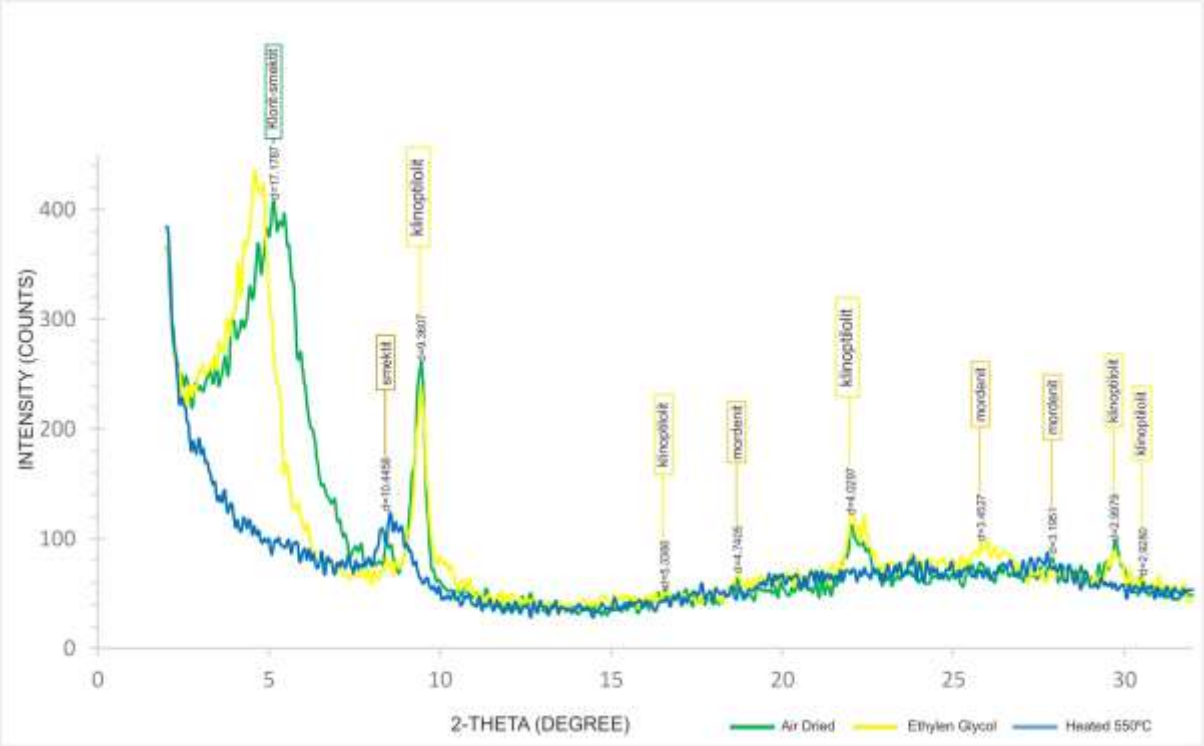
Analisis XRD yang dilakukan meliputi analisis *bulk powder, air dried, ethylen glycol*, dan *heated* 550^{o}C. Hasil analisis XRD sampel A dan B ditunjukkan pada difraktogram yang dapat dilihat pada Gambar 2, 3, 4 dan 5, dimana mineral yang dapat diidentifikasi antara lain zeolit, kuarsa, mineral lempung, dan klorit-smektit. Perhitungan semi kuantitatif kandungan mineral pada sampel A dan B serta nilai KPK yang diperoleh dari hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1 (Aida, 2020).



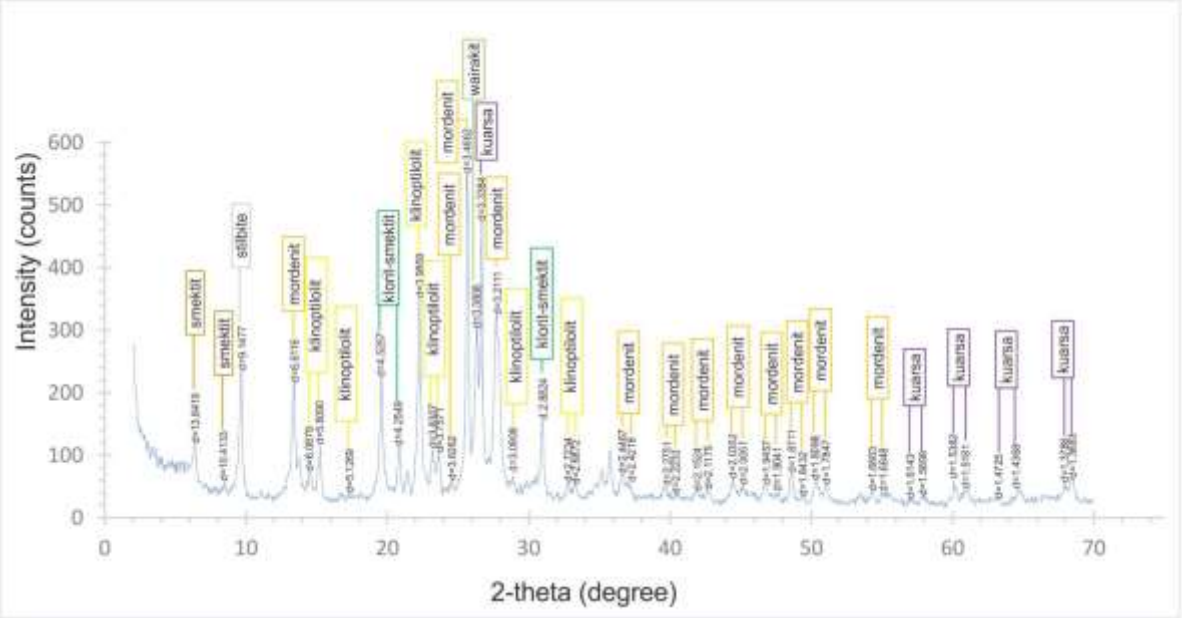
Gambar 1. Kenampakan mikroskopis sampel A dan B dimana mineral zeolit tidak berwarna pada sayatan tipis nikol sejajar (kiri) dan berwarna abu – abu pada nikol bersilang (kanan)
(*Sumber: Aida, 2020*)



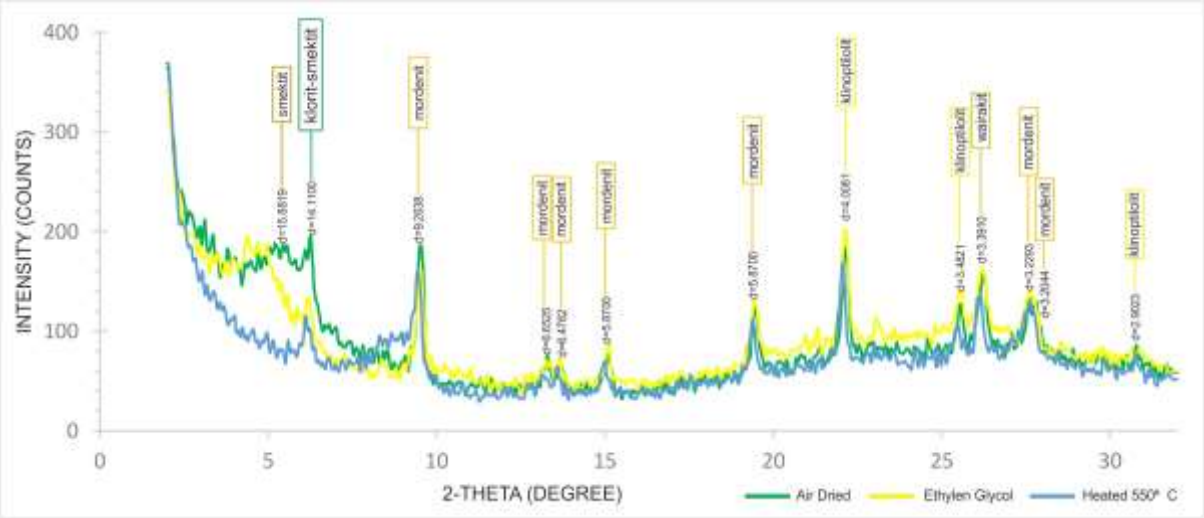
Gambar 2. Difraktogram XRD untuk sampel A (bulk sampel)
(*Sumber: Aida, 2020*)



Gambar 3. Difraktogram XRD untuk sampel B (ED-EG-Heated 550°C)
(*Sumber: Aida, 2020*)



Gambar 4. Difraktogram XRD untuk sampel B (bulk sampel)
(*Sumber: Aida, 2020*)



Gambar 5. Difraktogram XRD untuk sampel B (ED-EG-Heated 550^{o}C)
(*Sumber: Aida, 2020*)

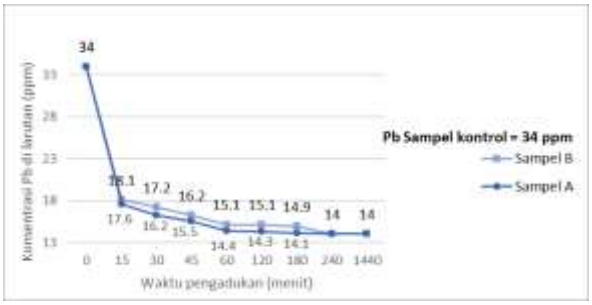
Tabel 1. Kelimpahan mineral dan nilai KPK pada sampel A dan B

Mineral	Sampel A	Sampel B
Zeolit	52,49 %	39,49 %
Smektit	4,67 %	0,97 %
Klorit-smektit	9,19 %	5,50 %
Total kelimpahan mineral yang mampu menjerap	66,35 %	45,96 %
Kuarsa (pengotor)	6,65 %	9,05 %
KPK (meq/100 gr)	89	79

(*Sumber: Aida, 2020*)

Uji batch dilakukan dengan menggunakan tuf zeolitik A dan B, masing – masing ditambahkan ke dalam larutan tanah yang mengandung Pb dimana pengambilan filtrat dilakukan pada menit ke 15, 30, 45, 60, 120, 180, 240, dan 1440 menit. Untuk mengetahui konsentrasi awal Pb, dibuat sampel kontrol dimana percobaannya dengan menggunakan

larutan tanah tanpa diberi zeolit dan dilakukan pengadukan selama 4 jam. Data uji batch kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 6 (Aida, 2020).



Gambar 6. Efektivitas penjerapan sampel A dan B (*Sumber: Aida, 2020*)

Gambar 6 menunjukkan pola kedua grafik menurun dengan sampel A cenderung lebih landai dibandingkan dengan sampel B. Pada grafik sampel A dan B, terjadi penurunan konsentrasi Pb dalam larutan yang cukup signifikan pada menit 15 hingga menit ke 60. Sedangkan, setelah menit ke 60, penurunan terjadi lebih lambat dan mulai konstan pada menit ke 240 hingga 1440 menit. Selanjutnya, data uji batch tersebut disajikan dalam grafik yang menunjukkan persentase penjerapan, dimana terdapat perbedaan persentase penjerapan Pb oleh sampel A dan B seperti terlihat pada Gambar 7 (Aida, 2020).

Gambar 7. Grafik persentase efektivitas penjerapan Pb oleh sampel A dan B (*Sumber: Aida, 2020*)

Gambar 7 menunjukkan bahwa terjadi kenaikan konsentrasi Pb yang terjerap oleh tuf zeolitik. Pada sampel A, grafik mulai melandai pada menit ke 60 dimana kenaikan persentase konsentrasi Pb yang terserap oleh tuf zeolitik mulai melambat dan batas jenuh tuf zeolitik dengan larutan tanah yang mengandung Pb terjadi pada menit ke 240 (4 jam), dimana ditunjukkan dengan tidak adanya peningkatan penjerapan Pb oleh tuf zeolitik A. Sedangkan untuk batas jenuh penjerapan Pb dalam larutan oleh tuf penjerapan oleh sampel B, di menit ke 240 (4 jam), dimana ditunjukkan dengan tidak adanya peningkatan persentase penjerapan Pb oleh tuf zeolitik A pada 1440 menit. Berdasarkan grafik konsentrasi Pb dalam larutan (Gambar 6), dapat diketahui bahwa ada perbedaan nilai dari proses penjerapan pada sampel A dan sampel B. Nilai penjerapan Pb oleh sampel A pada awal percobaan hingga menit ke 180 cenderung lebih besar dibandingkan dengan sampel B, dengan sisa Pb dalam larutan sebesar 17,6 – 14,1 ppm hingga akhirnya pada menit ke 240 sampai 1440 mengalami titik jenuh dan sisa Pb dalam larutan sebesar 14 ppm. Sedangkan pada sampel B, pada menit ke 15 hingga menit ke 180, Pb dalam larutan sebesar 18,1 – 14,9 ppm dan pada menit ke 240 hingga 1440 mengalami titik jenuh dengan komsentrasi Pb sebesar 14 ppm, dimana nilai awal dari konsentrasi Pb yang sama dalam sampel A dan B, yaitu sebesar 34 ppm (didapatkan dari sampel kontrol). Hal tersebut dapat dikarenakan oleh adanya perbedaan persentase mineral zeolit dalam sampel dan adanya kandungan mineral pengotor kuarsa mengurangi nilai KPK sehingga menurunkan kapasitas penjerapan dari tuf zeolitik itu sendiri (Filippidis dkk, 2007; Babak dkk, 2013). Semakin lama waktu pengadukan yang berlangsung, konsentrasi Pb dalam larutan tanah semakin menurun sampai pada menit ke 240 mengalami titik jenuh. Hal tersebut dikarenakan semakin banyaknya pertukaran kation yang terjadi di permukaan tuf zeolitik dengan ion Pb dalam larutan tanah. Dari data XRD, sampel A memiliki komposisi mineral zeolit, smektit, dan klorit-smektit yang lebih besar dibandingkan dengan sampel B (tabel 1). Begitu juga dengan nilai KPK, dimana KPK sampel A sebesar 89 meq/100 gr, sedangkan untuk sampel B sebesar 79 meq/100 gr. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada sampel A terjadi pertukaran kation yang lebih banyak sehingga penurunan konsentrasi Pb dalam larutan lebih besar dibandingkan dengan sampel B (Aida, 2020).

Penurunan konsentrasi Pb dalam larutan tanah berhubungan dengan kemampuan penjerapan tuf zeolitik, dimana kemampuan penjerapan ini dipengaruhi oleh faktor kelimpahan mineral zeolit, smektit, dan klorit-smektit, serta besarnya nilai KPK tuf zeolitik, sehingga semakin tinggi kapasitas penjerapan tuf zeolitik, maka akan semakin besar penurunan konsentrasi Pb dalam larutan

tanah. Secara teoritis, logam yang terjerap akan dipengaruhi oleh perbedaan dalam mekanisme pertukaran ion sesuai dengan proses penjerapan, dimana ion logam bergerak melalui pori – pori mineral zeolit dan kemudian terjadi pertukaran kation (terutama K dan Ca). Ion logam terjerap karena proses pertukaran on di mikropori mineral zeolit (Budianta dkk, 2020; Popalia dkk, 2022). Dilihat dari kelimpahan mineral zeolitnya, sampel A memiliki persentase mineral zeolit 52,49%, smektit 4,67%, dan klorit- smektit 9,19%. Sedangkan pada sampel B, persentase mineral zeolitnya lebih sedikit yaitu 39,49%, smektit 0,97%, dan klorit-smektit 5,50%. Berdasarkan grafik pada Gambar 7, persentase penjerapan minimum pada sampel tuf zeolitik sebesar 48,2%, dan pada sampel B sebesar 46,8%. Sedangkan untuk persentase kemampuan penjerapan maksimum tuf zeolitik A dan B sama, yaitu sebesar 58,8%. Persentase maksimum dari sampel A dan B sama, dengan karakteristik fisik, mineralogi, dan KPK yang berbeda, tetapi jika dilihat dari data penjerapan Pb, sampel A lebih banyak persentasenya dibandingkan dengan sampel B. Sampel A pada awal percobaan dapat menjerap Pb hingga 48,2%. Sedangkan pada awal percobaan, sampel B menjerap Pb sebesar 46,8%. Dari grafik pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa persentase penjerapan oleh sampel A di menit ke 15 hingga 180 lebih besar dibandingkan dengan sampel B hingga akhirnya pada menit ke 240 hingga 1440, persentasenya sama yaitu sebesar 58,8%. Jika dilihat secara keseluruhan, sampel A lebih banyak menjerap Pb dalam larutan dibandingkan dengan sampel B. Persentase maksimum pada sampel A dan B sama kemungkinan juga dipengaruhi oleh kelimpahan mineral zeolit berjenis wairakit pada sampel B, yang memiliki nilai KPK 460 meq/100 gr dan stilbit dengan nilai KPK 320 meq/100 gr (Budianta dkk, 2020; Ugwu dkk, 2022), lebih tinggi dibandingkan klinoptilolit dan mordenit (220 meq/100 gr), sehingga persentase penjerapan maksimum oleh sampel B sama dengan persentase penjerapan maksimum sampel A.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Tuf zeolitik untuk sampel A mengandung mineral zeolit berjenis klinoptilolit (40,19%) dan mordenit (12,30%), serta mineral smektit (4,67%) dan klorit-smektit (9,19%). Sedangkan pada sampel B mengandung mineral zeolit berjenis klinoptilolit (10,33%), mordenit (22,36%), wairakit (4,25%), dan stilbit (2,55%), serta mineral smektit (0,97%) dan klorit-smektit (5,50%). Selain itu, tuf zeolitik juga mengandung mineral pengotor yaitu kuarsa, pada sampel A sebanyak 6,65% dan pada sampel B sebanyak 9,05%.
2. Uji batch menunjukkan bahwa nilai KPK dan jenis mineral zeolit akan berpengaruh terhadap penjerapan Pb dalam larutan tanah. Sampel A dengan kandungan mineral zeolit 52,49% dan mineral berkemampuan menjerap yang cukup banyak dengan kandungan kuarsa yang sedikit, dan KPK sebesar 89 meq/100 gr dapat menjerap Pb lebih banyak selama proses uji batch hingga akhirnya persentase efektivitas penjerapan maksimum sebesar 58,8%. Sampel B dengan karakteristik yang hampir sama, mineral zeolit yang lebih sedikit, KPK yang lebih rendah (79 meq/100 gr) memiliki penjerapan Pb maksimum yang sama yaitu 58,8% dikarenakan adanya pengaruh kehadiran mineral zeolit berjenis wairakit dan stilbit yang memiliki nilai KPK lebih tinggi daripada mordenit dan klinoptilolit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Univesitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan dana penelitian

5. DAFTAR PUSTAKA

Aida, LN, (2020), Karakteristik Tuf Zeolitik Daerah Tegalrejo, Gunungkidul Dan Efektivitasnya Terhadap Remediasi Tanah Tercemar Timbal, *Skripsi*, tidak dipublikasikan, Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada.

Ali, A., Chiang, Y. W., & Santos, R. M. (2022). X-ray diffraction techniques for mineral characterization: A review for engineers of the fundamentals, applications, and research directions. *Minerals*, 12(2), 205.

Ardiana A, Budianta W, Warmada IW (2019) Remediasi Cd dengan menggunakan tufa zeolitik Tegalrejo, Gunungkidul, Yogyakarta, *Prodising Seminar Nasional Ilmu Kebumian*

2019, Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada.

Aspinall, C. (2001) *Small-scale mining in Indonesia*. International Institute for Environment and Development, Mining Minerals and Sustainable Development Report, Jakarta.

Babak K, Rahim AA, Wahid SA, Balasundram SK, Afyuni M (2013) Sorption and desorption of zinc by clinoptilolite and clinoptilolite-tridymite. *Malaysia Journal Soil Sciences*, 17:69–83.

Budianta, W., Andriyani, N.D., Ardiana, A., Warmada, I.W., 2020, Adsorption of Lead and Cadmium from Aqueous Solution by Gunungkidul Zeolitic Tuff, Indonesia, *Journal Environmental Earth Sciences*, 79:172.

Filippidis A, Kantiranis N, Stamatakis M, Drakoulis A, Tzamos E (2007) The cation exchange capacity of the Greek zeolitic rocks. *Bulletin Geological Society Greece* 40(2):723–735.

Hendershot, W. H., dan Duquette, M. (1986). A simple barium chloride method for determining cation exchange capacity and exchangeable cations. *Soil Science Society of America Journal*, 50(3), 605-608.

Htun, T.M., Warmada, I. W., Harijoko, A., Saputra, R., (2006), Arsenic and Heavy Metals Contamination in Small Scale Mining, Selogiri Area, Wonogiri Regency, Central Java, Indonesia: Yogyakarta, *Proceedings of 9th International Symposium on Mineral Exploration*, ITB Bandung (h.69 – 75).

Machiels, L., Morante, F., Snelling, R., Calvo, B., Canoira, L., Paredes, C., Elsen, J. (2008), Zeolite mineralogy of the Cayo formation in Guayaquil, Ecuador. *Journal Applied Clay Science*, 42: 180-188.

Moor, C., Lymberopoulou, T., & Dietrich, V. J. (2001). Determination of heavy metals in soils, sediments and geological materials by ICP-AES and ICP-MS. *Microchimica Acta*, 136, 123-128.

Mubarak, M. F., Mohamed, A. M. G., Keshawy, M., Abd elMoghny, T., & Shehata, N. (2022). Adsorption of heavy metals and hardness ions from groundwater onto modified zeolite: Batch and column studies. *Alexandria Engineering Journal*, 61(6), 4189-4207.

Popaliya, M., & Mishra, A. (2022). Modified zeolite as an adsorbent for dyes, drugs, and heavy metal removal: A review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-18.

Ugwu, E. I., Othmani, A., & Nnaji, C. C. (2022). A review on zeolites as cost-effective adsorbents for removal of heavy metals from aqueous environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(8), 8061-8084.

Velarde, L., Nabavi, M. S., Escalera, E., Antti, M. L., & Akhtar, F. (2023). Adsorption of heavy metals on natural zeolites: A review. *Chemosphere*, 138508.

Widhiyatna, D., Hutamadi, R., Ahdiat, A., (2006) *Proc. Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Tahun 2006*, Pusat Sumberdaya Geologi. Bandung.

Zou, W., Han, R., Chen, Z., Jinghua, Z., & Shi, J. (2006). Kinetic study of adsorption of Cu (II) and Pb (II) from aqueous solutions using manganese oxide coated zeolite in batch mode. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 279(1-3), 238-246.

Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.9 No.1 – September 2023 (hal. 26-36)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Pengaruh Konsentrasi Biokatalisator Cairan Rusip dalam Mereduksi Limbah Ikan menjadi Pupuk Organik Cair

Khalis Arrasiksycah[1], Denny Syaputra[2], Andri Kurniawan*[3]
[1,2,3] Jurusan Akuakultur, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Balunijuk, Indonesia
*andri_pangkal@yahoo.co.id

Abstract
Rusip is known to contain fermenting microbes such as lactic acid bacteria, fungi, and yeast which are almost similar to EM4. The content of bacteria contained in rusip liquid has the potential to be used as a local biocatalyst, one of which is in reducing waste in the manufacture of liquid organic fertilizer. This study aimed to examine the potential of rusip as a biocatalyst by knowing its effect in reducing fish waste into liquid organic fertilizer with different concentrations. Fertilizer was made by fermenting 200 g of fish waste with a concentration of 30%, 40% and 50% rusip liquid for 7 days. As a control treatment, 40% EM4 was used because this treatment gave the best results in decomposing fish waste in the manufacture of POC from previous studies. The results showed that the concentration of the rusip liquid biocatalyst had an effect on reducing fish waste into liquid organic fertilizer. The highest reduced waste weight and liquid fertilizer volume were produced by the P3 treatment, namely 78.7 g and 67 ml. The lowest pH value was obtained by the control treatment of 4.73 and followed by the P3 treatment of 4.9. The highest nitrogen value was obtained from the P3 treatment of 0.77%. The most dominant fertilizer characteristic was produced by the P3 treatment which produced the same visual characteristics of the fertilizer as the control treatment.
Keywords: Rusip liquid, EM4, Fermentation, Waste reduction.

Abstrak
Rusip diketahui mengandung mikroba fermentasi seperti bakteri asam laktat, jamur, dan khamir yang hampir serupa dengan EM4. Kandungan bakteri yang terdapat di dalam cairan rusip berpotensi dijadikan sebagai biokatalisator lokal salah satunya dalam mereduksi limbah pada pembuatan pupuk organik cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi rusip sebagai biokatalisator dengan mengetahui pengaruhnya dalam mereduksi limbah ikan menjadi pupuk organik cair dengan konsentrasi berbeda. Pembuatan pupuk dilakukan dengan memfermentasikan limbah ikan sebanyak 200 g dengan konsentrasi cairan rusip 30%, 40%, dan 50% selama 7 hari. Sebagai perlakuan kontrol digunakan EM4 40% karena perlakuan tersebut memberikan hasil terbaik dalam menguraikan limbah ikan pada pembuatan POC dari penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menyatakan konsentrasi biokatalisator cairan rusip berpengaruh dalam mereduksi limbah ikan menjadi pupuk organik cair. Bobot limbah tereduksi dan volume cairan pupuk terbanyak dihasilkan oleh perlakuan P3 yaitu 78,7 g dan 67 ml. Nilai pH terendah diperoleh perlakuan kontrol sebesar 4,73 dan diikuti perlakuan P3 yaitu 4,9. Nilai nitrogen tertinggi diperoleh dari perlakuan P3 sebesar 0,77%. Karakteristik pupuk yang paling dominan dihasilkan perlakuan P3 yang menghasilkan karakteristik visual pupuk sama dengan perlakuan Kontrol.
Kata Kunci: Cairan rusip, EM4, Fermentasi, Reduksi limbah.

1. PENDAHULUAN

Pupuk organik cair umumnya dibuat dengan menambahkan biostarter sebagai pereduksi limbah. Biostarter yang umum digunakan adalah Efective Microorganism (EM4). EM4 memiliki kandungan bakteri asam laktat yang dapat menguraikan limbah dengan cepat dan sifatnya yang ramah lingkungan. Penggunaan produk EM4 secara terus menerus membuat petani ketergantungan terhadap EM4 yang menyebabkan kenaikan ongkos produksi (Kurniawan, 2018). Eksplorasi mikroorganisme lokal (MOL) sangat penting sebagai biostarter pembuatan pupuk organik cair (Sukmawati *et al*., 2019) penggunaan biostarter MOL dianggap lebih efisien karena bahan pembuatan MOL dapat disesuaikan dengan ketersediaan sumber daya alam lokal

karena bahan baku murah dan mudah diperoleh.

Bangka Belitung memiliki sumber daya perikanan yang besar (Mayu *et al*., 2021). Karena itu bangka belitung memiliki banyak makanan khas tradisional berbahan ikan salah satunya rusip. Rusip merupakan produk fermentasi ikan yang dibuat dari ikan teri, garam 25% dan gula aren sebanyak 10% yang berlangsung selama kurang lebih 1-2 minggu secara anaerob (Koesoemawardani, 2013; Susilowati, 2014). Karena dibuat dengan cara fermentasi, ternyata cairan rusip memiliki kandungan bakteri asam laktat seperti *lactobacilus sp, streptococus sp*, dan *leuconostoc sp* (Koesoemawardani, 2013).

Kandungan bakteri asam laktat menjadikan cairan rusip berpotensi sebagai biostarter MOL lokal. MOL yang terdapat di dalam rusip juga lebih aman karena rusip memiliki probiotik asam laktat yang aman dikonsumsi yang menandakan biostarter cairan rusip aman bagi lingkungan.

Penelitian tentang potensi cairan rusip sebagai biostarter masih terbatas. Karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi cairan rusip sebagai biostarter yaitu mengujinya pada pembuatan pupuk organik cair dari limbah ikan. Penggunaan limbah ikan dipilih karena sebagai salah satu upaya dalam memaksimalkan pemanfaatan potensi sumber daya alam lokal Bangka Belitung. Menurut Supratman *et al*., (2016), limbah perikanan Bangka Belitung masih banyak dibuang ke lingkungan yang berakibat menimbulkan permasalahan seperti penularan penyakit dan bau yang mengganggu lingkungan masyarakat.

Penelitian dilakukan dengan meneliti pengaruh biostarter cairan rusip terhadap bobot limbah tereduksi, volume cairan pupuk, nilai pH, nilai nitrogen, dan karakteristik pupuk organik cair. Penelitian dilakukan dengan menambahkan cairan rusip pada konsentrasi yang berbeda agar diketahui konsentrasi terbaik dan perbedaan pengaruhnya dari setiap perlakuan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi potensi cairan rusip sebagai biostarter sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai biostarter lokal pengganti EM4.

Penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi yang paling efektif dan pengaruh penambahan biostarter cairan rusip terhadap bobot limbah tereduksi, volume cairan pupuk, nilai pH, nilai nitrogen, dan karakteristik pupuk organik cair.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu botol fermentasi 1 liter, pH meter, saringan, timbang digital, alat gelas, labu kjeldahl, dan unit destilasi lengkap. Beberapa bahan yang digunakan antara lain limbah jeroan ikan, cairan rusip, EM4, molase, H_2SO_4 pekat, $KHSO_4$, $CuSO_4$, NaOH 40%, HCl 0,1 N, H_3BO_3 2%, dan indikator campuran.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Semua perlakuan disusun ke dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan kontrol sekaligus pembanding dalam penelitian ini menggunakan konsentrasi biokatalisator EM4 yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Dalam penelitian Kurniawan *et al*., (2015) dosis yang efisien dalam mereduksi limbah pupuk organik cair adalah 40% EM4. Mengacu dari hasil penelitian tersebut, penelitian ini menggunakan perlakuan 40%(v/b) EM4 sebagai kontrol positif dengan variasi konsentrasi cairan rusip yang digunakan sebesar P1 (30%) (v/b), 40% (v/b), dan 50% (v/b). Rusip yang digunakan hanya cairannya saja dengan menyaringnya terlebih dahulu untuk memisahkan cairan dan ikannya sebelum di ujikan ke dalam percobaan. Setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan sehingga diperoleh 12 unit percobaan.

2.3 Prosedur Penelitian

Limbah ikan yang digunakan sebanyak 200 g dengan volume total air, cairan rusip, dan molase sebanyak 500 ml pada setiap perlakuan. Semua bahan yang digunakan dimasukkan ke dalam botol fermentasi. Cairan rusip dan molase ditakar dan dicampurkan ke dalam gelas ukur kemudian ditambahkan air sampai volume total 500 ml sebelum dimasukkan ke dalam botol. Hal tersebut dilakukan agar total volume cairan yang digunakan sama. Botol sampel ditutup dan difermentasikan selama tujuh hari secara anaerobik. Gambar limbah ikan serta campuran cairan rusip dan molase ditampilkan pada Gambar 1.

Gambar 1. Limbah ikan (a) serta campuran cairan rusip dan molase (b)

Variasi konsentrasi cairan rusip yang digunakan di tentukan berdasarkan dosis standar penggunaan EM4 dalam menguraikan limbah. Perumusan dosis biokatalisator cairan rusip ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi biokatalisator

	Konsentrasi Dalam Penelitian
Skala Lab	1 ml EM4 1 ml molase : 50 ml air : 20 g limbah
	1 ml cairan rusip : 1 ml molase : 50 ml air : 20 g limbah
	10 ml cairan rusip : 10 ml molase : 500 ml air : 200 g limbah
P1	60 ml cairan rusip : 60 ml molase : 380 ml air : 200 g limbah
P2	80 ml cairan rusip : 80 ml molase : 340 ml air : 200 g limbah
P3	100 ml cairan rusip : 100 ml molase : 300 ml air : 200 g limbah
K	80 ml EM4 : 80 ml molase : 340 ml air : 200 g limbah

2.4 Parameter uji

a. Bobot Limbah Tereduksi

Bobot limbah tereduksi di ukur dengan menimbang padatan saat sebelum dan sesudah fermentasi. Selisih bobot awal dan bobot akhir adalah bobot limbah yang tereduksi. Pengukuran di akhir fermentasi dilakukan dengan memisahkan cairan dan padatan limbah dengan saringan pada setiap perlakuan.

b. Volume cairan pupuk

Proses fermentasi akan menyebabkan penambahan atau pengurangan cairan pupuk organik cair yang di produksi secara hidrolisis (Kurniawan *et al*., 2015). Pengukuran volume pupuk cair dilakukan dengan memisahkan padatan dan cairan hasil fermentasi dahulu. Kemudian volume cairan pupuk cair yang dihasilkan diukur menggunakan gelas ukur.

c. pH

Pengukuran dilakukan dengan pH meter pada saat fermentasi selesai. pH meter dikalibrasikan dengan cairan buffer yang telah diketahui pH-nya sebelum digunakan. Kemudian dibilas menggunakan *aquades* dan dikeringkan dengan tisu. Setiap pengukuran pH pada masing-masing fermentasi, pH meter selalu dibilas dengan *aquades*.

d. Nitrogen

Analisis nitrogen metode kjeldahl dibagi menjadi tiga proses yaitu destruksi, proses destilasi dan titrasi (Yusmayati, 2019). $KHSO_4$ dan $CuSO_4$ ditimbang masing-masing 3g dan 1g kemudian dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl 500 ml. Sampel dipipet sebanyak 1 ml kedalam labu kjeldahl dan ditambahkan 7 ml H2SO4 pekat. Sampel didestruksi selama ± 2 jam pada suhu ± 350^{o}C hingga warna larutan jernih. Larutan sampel didinginkan lalu ditambahkan akuades sebanyak 50 ml. Kemudian larutan dipindahkan kedalam labu destilasi dan ditambahkan 40 ml NaOH 40% secara perlahan. Sebagai penampung, digunakan 20 ml larutan asam borat 2% yang telah dicampur larutan indikator. Larutan sampel disulingkan selama 15 menit. Destilasi dihentikan ketika penampung sudah terjadi perubahan warna dari biru menjadi warna hijau atau volume penampung telah mencapai 50 ml. Ujung pendingin dibilas dengan air suling. Larutan dipindahkan kedalam gelas erlenmeyer kemudian dititrasi dengan larutan HCl 0,1 N. Volume titrasi digunakan untuk menghitung nilai N. Nilai blanko ditentukan dengan cara yang sama pada sampel.

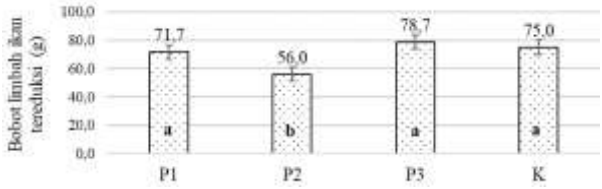
e. Karakteristik visual pupuk

Karakteristik visual pupuk yang diamati adalah warna, bau, gas, dan jamur pada pupuk organik cair di akhir proses fermentasi. Pengamatan ini penting dilakukan karena karakteristik visual pupuk dapat menggambarkan proses-proses fermentasi di dalam fermentasi pupuk organik cair sehingga hasil pengamatan dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan antara perlakuan dengan pengaruhnya terhadap parameter uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bobot limbah tereduksi dan volume cairan pupuk

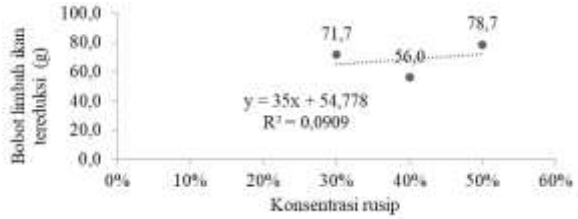
Limbah ikan yang digunakan di dalam penelitian adalah limbah jeroan. Limbah yang digunakan sebanyak 200 g yang difermentasi selama 7 hari menghasilkan bobot limbah yang tereduksi berkisar 56-78,7 g. Perlakuan terbaik yang menghasilkan bobot limbah tereduksi paling besar adalah P3 yang merupakan penambahan cairan rusip sebanyak 50% (v/b), yaitu 78,7 g (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik bobot limbah tereduksi

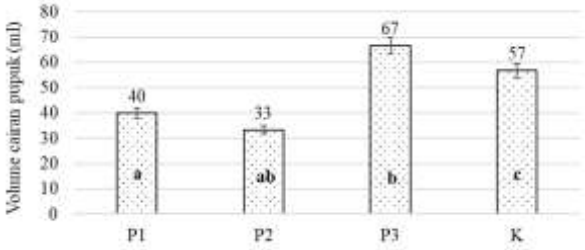
Perlakuan pemberian cairan rusip dengan konsentrasi yang semakin tinggi dapat meningkatkan bobot limbah tereduksi yang semakin besar. Hasil yang sama juga diperoleh pada hasil pengukuran volume cairan pupuk.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel atau 4,1936 > 4,0662 pada taraf nyata 0,05 sehingga H0 ditolak. Perbedaan konsentrasi cairan rusip berpengaruh nyata terhadap bobot limbah tereduksi. Hasil uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menunjukkan bahwa perlakuan P1, P3, dan K tidak berbeda nyata. Akan tetapi perlakuan P1, P3, dan K dibandingkan dengan perlakuan P2 menunjukkan perbedaan nyata. Peningkatan volume cairan pupuk dapat diketahui dengan menggunakan persamaan regresi y = 35x + 54,778 menandakan bahwa peningkatan konsentrasi cairan rusip sebesar 1% akan meningkatkan volume pupuk sebanyak 0,35 g. Gambar 3 di bawah ini menunjukkan kurva regresi bobot limbah tereduksi.



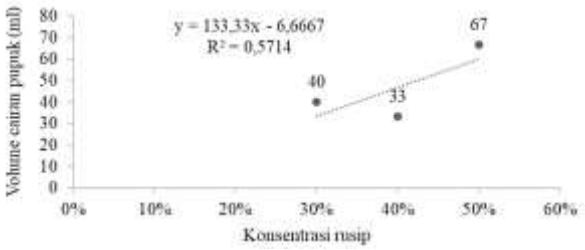
Gambar 3. Kurva regresi bobot limbah tereduksi

Volume cairan awal fermentasi yang digunakan di dalam penelitian adalah 500 ml yang terdiri dari air, molase, dan biokatalisator. Perbedaan perlakuan yang diujikan memiliki pengaruh terhadap volume cairan pupuk organik yang dihasilkan. Seluruh perlakuan menghasilkan peningkatan pada volume cairan pupuk yaitu sebanyak 33-67 ml. Perlakuan terbaik yang menghasilkan volume cairan pupuk terbanyak adalah P3 dengan peningkatan volume cairan pupuk sebanyak 67 ml. Grafik volume cairan pupuk ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik volume cairan pupuk

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel atau 4,6481 > 4,0662 pada taraf nyata 0,05 sehingga H0 ditolak. Perbedaan konsentrasi cairan rusip berpengaruh nyata terhadap volume cairan pupuk. Hasil uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menunjukkan bahwa perlakuan P1 dan P2 tidak berbeda nyata. Namun perlakuan P1 dan P2 berbeda nyata dengan perlakuan P3. Perlakuan P1,P2 dan P3 tidak berbeda nyata dengan perlakuan K. Peningkatan volume cairan pupuk dapat diketahui dengan menggunakan persamaan regresi y = 133,33x – 6,6667 menandakan bahwa peningkatan konsentrasi cairan rusip sebesar 1% akan meningkatkan volume pupuk sebanyak 1,3333 ml. Gambar 5 berikut menunjukkan kurva regresi volume cairan pupuk.



Gambar 5. Kurva regresi volume cairan pupuk

Limbah dapat tereduksi karena adanya perubahan limbah padat menjadi bentuk cair. Perubahan bentuk ini terjadi karena proses penguraian oleh mikroba yang terjadi selama fermentasi. Mikroba tersebut adalah bakteri asam laktat dan khamir yang terkandung didalam cairan rusip dan EM4. Bakteri asam laktat memanfaatkan limbah sebagai sumber makanannya untuk memproses material organik menjadi bentuk yang lebih sederhana. Limbah ikan akan terdegradasi dan bobotnya berkurang sebagai hasil dari proses tersebut.

Limbah yang tereduksi berubah menjadi bentuk cair sehingga volume cairan pupuk meningkat pada akhir fermentasi. Mikroba bakteri asam laktat dan khamir yang terdapat dalam rusip dan EM4 menghasilkan enzim protease, yang membantu dalam proses

pemecahan protein menjadi senyawa peptida dan asam amino. (Fitriana *et al*., 2022). Enzim protease bereaksi dengan protein pada limbah ikan kemudian memecahnya menjadi amonia, nitrit, nitrat, CO_2, dan H_2O yang terkandung dalam cairan pupuk (Sari *et al.*, 2022).

Konsentrasi yang berbeda pada setiap perlakuan menyebabkan perbedaan hasil yang diperoleh. Hal itu dikarenakan perbedaan jumlah mikroba yang terkandung dalam setiap konsentrasi. Konsentrasi yang lebih tinggi memiliki jumlah mikroba yang lebih banyak. Perlakuan yang memiliki mikroba yang lebih banyak akan menghasilkan bobot limbah tereduksi yang lebih besar. Pada akhir fermentasi besarnya bobot limbah yang tereduksi akan mempengaruhi banyaknya peningkatan volume cairan pupuk. Dari hasil yang diperoleh perlakuan P3 merupakan perlakuan terbaik dari perlakuan lainnya. Perlakuan P3 memiliki hasil bobot limbah tereduksi 78,7 g. Dengan konsentrasi yang lebih tinggi perlakuan P3 memiliki kandungan bakteri asam laktat dan khamir yang lebih banyak sehingga dapat menguraikan lebih banyak limbah. Oleh karena itu dengan lebih banyak limbah yang tereduksi menjadi cairan, perlakuan P3 memiliki volume cairan pupuk yang lebih banyak yaitu sebanyak 67 ml.

Hasil yang diperoleh sesuai dengan penjelasan Basri *et al*., (2018) yang menyatakan peningkatan konsentrasi starter bakteri asam laktat berbanding lurus dengan peningkatan hidrolisis protein selama fermentasi. Namun dalam penelitian ini perlakuan P2 dengan penambahan cairan rusip sebanyak 40% tidak menghasilkan bobot limbah tereduksi dan volume cairan pupuk yang lebih banyak dari perlakuan dengan konsentrasi yang lebih rendah yaitu perlakuan P1 dengan 30% cairan rusip. Penyebabnya diduga karena proses fermentasi pada perlakuan P2 belum berjalan sempurna. Hal itu ditandai dengan munculnya bau busuk pada perlakuan yang diduga karena adanya pertumbuhan bakteri proteolitik yang memecah protein sehingga menimbulkan bau busuk yang tidak di inginkan (Putra, 2021).

Fermentasi yang sudah berjalan dengan baik di tandai dengan adanya aroma khas fermentasi. Bau khas fermentasi muncul karena alkohol, asam, dan CO_2 yang terbentuk karena proses fermentasi oleh mikroba bakteri asam laktat dan khamir ketika memecah bahan organik dan turunannya (Kurniawan *et al.,* 2015).

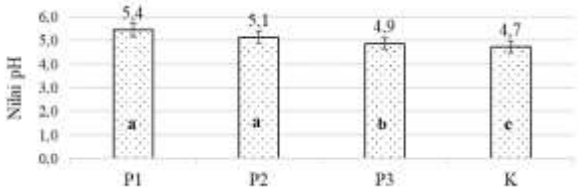
Bau busuk menandakan bakteri asam laktat belum tumbuh karena pertumbuhan bakteri asam laktat dapat menekan pertumbuhan bakteri pembusuk pada fermentasi. Bakteri asam laktat yang belum tumbuh dapat disebabkan perbedaan ketahanan dan adaptasi bakteri terhadap perlakuan yang diberikan (Afiyah *et al*., 2021).

Ketahanan dan adaptasi bakteri dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan bakteri yang apabila tidak sesuai akan menyebabkan gangguan pertumbuhan. Salah satu faktor yang mempengaruhi lingkungan bakteri tersebut adalah sumber nutrisinya. Penelitian ini menggunakan molase karena mengandung karbohidrat yang masih tinggi sebesar 50-60% (Farida, 2019). Puspitasari (2008) menjelaskan fermentasi berpotensi berjalan tidak sempurna karena penggunaan molase yang rusak. Molase mengalami kerusakan dapat terjadi karena adanya kegiatan kontaminan bakteri, yeast, dan kapang. Kontaminan mikroba ini dapat menjadi pemicu yang apabila tidak dihilangkan akan mengganggu proses fermentasi yang dimana dalam penelitian ini molase yang digunakan belum disterilisasi.

Perlakuan P2 dengan konsentrasi 40% cairan rusip memiliki hasil bobot limbah tereduksi dan volume pupuk cair yang lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan kontrol 40% EM4. Perlakuan 40% EM4 memiliki hasil yang lebih banyak karena fermentasi yang telah berjalan dengan baik. Ditandai dengan adanya bau khas fermentasi, gas CO2,dan jamur yang muncul di akhir fermentasi.

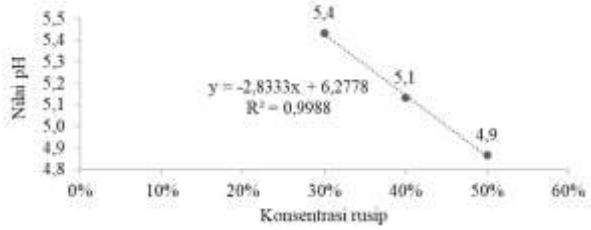
3.2 Nilai pH

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai pH semua perlakuan bersifat asam, yaitu berkisar antara 5,43-4,73. Pemberian cairan rusip dengan konsentrasi yang berbeda memiliki korelasi terhadap penurunan nilai pH. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan akan membuat nilai pH fermentasi semakin rendah. Perlakuan terbaik menghasilkan nilai pH terendah adalah perlakuan P3 yang menghasilkan nilai pH 4,9. Gambar 6 di bawah ini menunjukkan grafik nilai pH.



Gambar 6. Grafik nilai pH

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel atau 13,8000 > 4,0662 sehingga H0 ditolak. Perbedaan konsentrasi cairan rusip berpengaruh nyata terhadap nilai pH pupuk organik cair. Hasil uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menunjukkan bahwa perlakuan P1 dengan P2 berbeda nyata, demikian juga perlakuan P1 dan P2 terhadap perlakuan P3 dan K. Akan tetapi perlakuan P3 dibandingkan dengan perlakuan K menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Penurunan nilai pH dapat diketahui dengan menggunakan persamaan regresi y = - 0,2833x + 5,7111 menandakan bahwa peningkatan konsentrasi cairan rusip sebesar 1% akan menurunkan nilai pH sebesar 0,0028. Kurva regresi dari nilai pH dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kurva regresi nilai pH

Nilai pH yang bersifat asam disebabkan oleh munculnya senyawa-senyawa asam selama proses fermentasi. Senyawa-senyawa tersebut berasal dari bakteri asam laktat melalui proses penguraian limbah, yang menghasilkan ekskresi senyawa asam seperti asam laktat (Qurrotu'aini *et al*., 2022). Selain bakteri asam laktat, pH menjadi asam juga disebabkan karena adanya aktivitas khamir yang menurunkan nilai pH saat fermentasi. Khamir memecah bahan karbohidrat menjadi alkohol-etanol dan karbondioksida yang bersifat asam (Selmi, 2018). Khamir juga menghasilkan hasil sampingan yang dapat menurunkan nilai pH seperti asam-asam organik seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam asetat, asam butirat dan asam propionate (Kurniawan *et al*., 2015).

Kontribusi penurunan nilai pH juga dapat terjadi karena adanya *Acetobacter aceti* dan pembentukan CO2. Dalam jumlah yang kecil *Acetobacter aceti* mengoksidasi etanol menjadi asam cuka yang membuat nilai pH menjadi asam (Irhamni *et al*., 2019). Adanya pembentukan CO2 juga berpengaruh terhadap nilai pH fermentasi (Bangun, 2009). Kurniawan *et al*., (2015) menjelaskan CO2 adalah gas asam (*acid whey*) karena memiliki sifat asam yang juga dapat menurunkan nilai pH walau tidak signifikan.

Penurunan nilai pH berkorelasi dengan peningkatan konsentrasi biokatalisator pada setiap perlakuan. Nilai pH semakin rendah seiring dengan meningkatnya konsentrasi cairan rusip. Penyebabnya diduga konsentrasi cairan rusip yang semakin tinggi membuat kandungan mikroba pada perlakuan semakin banyak. kandungan mikroba yang lebih banyak membuat aktivitas mikroba lebih besar sehingga menghasilkan lebih banyak senyawa asam yang menyebabkan penurunan nilai pH. Hal itu di tandai pada perlakuan P3 dengan konsentrasi cairan rusip yang lebih tinggi menghasilkan nilai pH yang lebih rendah.

Perlakuan penambahan cairan rusip sebanyak 40% tidak menghasilkan nilai pH yang lebih rendah dari perlakuan EM4 sebanyak 40%. Penambahan konsentrasi cairan rusip yang lebih tinggi belum mampu menghasilkan nilai pH yang lebih rendah daripada kontrol EM4 sebanyak 40%, yaitu ditunjukkan pada perlakuan P3. Penyebab utamanya dikarenakan perbedaan jenis bakteri asam laktat antara cairan rusip dan EM4. Jenis bakteri asam laktat penyusun EM4 adalah *Lactobacillus sp* dengan spesies utama yaitu *Lactobacillus plantarum* yang dapat menurunkan pH lebih cepat.

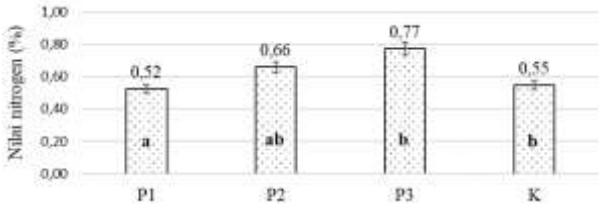
Puteri *et al*., (2022) menjelaskan *Lactobacillus plantarum* dapat bertahan hingga pH 2. Selain itu bakteri *Lactobacillus plantarum* merupakan penghasil hidrogen peroksida tebanyak dibandingkan bakteri asam laktat lainnya yang membuat suasana asam pada fermentasi (Trinada, 2015). Karena itu EM4 menghasilkan nilai pH lebih rendah daripada cairan rusip pada fermentasi.

Berbeda dengan cairan rusip, penurunan nilai pH pada cairan rusip tidak secepat EM4 karena ada proses pergantian fase bakteri pada setiap rentang pH. Bakteri asam laktat yang terkandung dalam cairan rusip adalah *Streptococcus sp*, *Lactococcus sp*, dan *Leuconoctoc sp* (Koesomawardani, 2007). *Streptococcus sp* tumbuh dominan pada awal fermentasi yang bertujuan untuk menurunkan pH sedikit asam agar bakteri asam laktat lainnya seperti *Lactococcus sp* dapat tumbuh.

Lactococcus sp dapat hidup dengan rentang pH 4,5-6,5 dan dapat menurunkan pH hingga pada pH 4 (Suardana *et al*., 2018). Nilai pH masih berpotensi diturunkan ke nilai pH yang lebih asam karena adanya *Leuconoctoc sp*. yang dapat menurunkan nilai pH hingga 4,23 hanya dalam inkubasi selama 48 jam dan dapat tumbuh pada pH 1 (Sari *et al*., 2013).

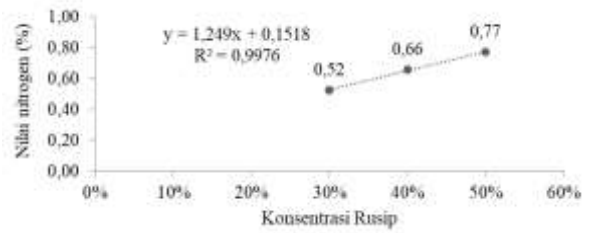
3.3 Nilai nitrogen

Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi cairan rusip yang berbeda berkorelasi terhadap perbedaan nilai nitrogen yang terbentuk pada setiap perlakuan yaitu berkisar antara 0,52-0,77%. Perlakuan terbaik menghasilkan nilai nitrogen tertinggi adalah perlakuan P3 yang menghasilkan nilai nitrogen sebesar 0,77%. Semakin tinggi konsentrasi cairan rusip yang diberikan akan meningkatkan nilai nitrogen pada pupuk yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik nilai nitrogen

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F hitung > F tabel atau 5,8042 > 4,0662 pada taraf nyata 0,05 sehingga H0 ditolak. Perbedaan konsentrasi cairan rusip berpengaruh nyata terhadap nilai nitrogen pupuk cair. Hasil uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menunjukkan bahwa perlakuan P3 dengan perlakuan P1 dan K berbeda nyata, Akan tetapi perlakuan P2 dibandingkan dengan perlakuan P1, P3, dan K menunjukkan hasil tidak berbeda nyata. Nilai nitrogen yang terbentuk dapat diketahui dengan menggunakan persamaan regresi y = 1,249x – 6,6667 menandakan bahwa peningkatan konsentrasi cairan rusip sebesar 1% akan meningkatkan nilai nitrogen pupuk sebesar 0,01249 % (Gambar 9).



Gambar 9. Kurva regresi nilai nitrogen

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memiliki pengaruh terhadap nilai nitrogen. Menurut Afiyah *et al*., (2021) Perbedaan nilai nitrogen pada setiap POC diakibatkan karena berbedanya kecepatan mikroba dalam menguraikan bahan organik yang mempengaruhi sedikit banyaknya bobot limbah tereduksi. Banyaknya limbah tereduksi menyebabkan banyaknya protein yang berubah menjadi cairan pupuk sehingga dapat mempengaruhi nilai nitrogen. Selain itu Syafri *et al*., (2017) menyatakan bahwa mikroorganisme selain merombak bahan organik menjadi lebih sederhana, juga menggunakan bahan organik tersebut untuk aktivitas metabolisme hidupnya sehingga ikut mempengaruhi nilai nitrogen pada pupuk cair. Bangun (2009) menjelaskan adanya mikroba yang tumbuh dapat menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan nitrogen dari protein mikroba. Mikroba yang ditambahkan akan memanfaatkan sumber nitrogen dari limbah untuk hidup dan berkembang biak (memperbanyak diri). Semakin banyak jumlah mikroba yang terdapat di dalam fermentasi maka akan semakin tinggi kandungan nitrogennya karena sebagian besar komponen penyusun mikroba adalah nitrogen atau protein. Karena itu juga, semakin tinggi konsentrasi rusip yang ditambahkan akan meningkatkan kadar nitrogen pada pupuk. Dapat dilihat pada perlakuan P3 yang menghasilkan nilai nitrogen tertinggi dengan nilai nitrogen sebesar 0,77%.

Perlakuan penambahan cairan rusip sebanyak 40% menghasilkan nilai nitrogen yang lebih tinggi dari perlakuan kontrol EM4 sebanyak 40%. Penurunan kandungan nitrogen pada perlakuan kontrol diduga terjadi karena unsur nitrogen yang terdapat dalam pupuk hilang dalam bentuk amonia (NH3) yang menguap ke udara. Hal ini disebabkan amonia memiliki sifat volatil sehingga pada suhu kamar sebagian amonia akan menguap (Indrawati *et al*., 2016). Amonia muncul dari metabolisme sel mikroba (Mulyadi *et al*., 2013). Mikroba berperan menguraikan protein bahan organik menjadi asam amino, kemudian asam amino mengalami proses amonifikasi menjadi amonia (NH_3) dan amonium (NH_4) (Permata *et al*., 2021). Perlakuan Kontrol EM4 40% memiliki nilai pH yang lebih rendah dibandingkan perlakuan 40% cairan rusip. Pada pH rendah, konsentrasi amonia hampir dapat diabaikan karena sangat kecil (Bayu dan

Sugito, 2018). Indrawati *et al*., (2016) menyebutkan semakin rendah pH atau semakin asam limbah, maka jumlah kadar amonia akan semakin berkurang karena menguap ke udara dalam bentuk amonia (NH3).

Nilai nitrogen yang diperoleh pada semua perlakuan masih dibawah batas standar minimal produk pupuk organik cair yang telah ditetapkan oleh kementerian pertanian pada tahun 2019. Nilai nitrogen pupuk organik cair sebagai produk komersial harus memiliki nilai nitrogen minimal 2%.

3.4 Karakteristik visual pupuk

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi biokatalisator yang berbeda memberikan pengaruh terhadap warna cairan, bau, gas, dan jamur pada visual pupuk. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan memberikan perbedaan hasil pengamatan visual yang semakin signifikan pada pupuk organik cair. Hasil pengamatan terhadap karakteristik fisik pupuk organik cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Karakteristik Fisik Pupuk Organik Cair

Perlakuan	Warna Cairan	Bau	Gas (CO_2) yang terbentuk	Jamur		
				warna	Ukuran	Luasan
P1	Coklat	Busuk-Fermentasi	Sedikit	Putih	Tipis	Seluruh permukaan
P2	Coklat gelap	Busuk limbah ikan	Tidak ada	Putih	Bintik-bintik	Sebagian permukaan
P3	Coklat kehitaman	Fermentasi seperti asam beralkohol	Banyak	Putih-coklat muda	Tebal	Seluruh permukaan
K	Coklat gelap	Fermentasi seperti asam beralkohol	Banyak	Putih-coklat muda	Tebal	Seluruh permukaan

Perbedaan warna dapat terlihat jelas pada setiap perlakuan namun setiap perlakuan tidak memiliki perubahan warna selama proses fermentasi berlangsung. Perbedaan warna setiap perlakuan karena di pengaruhi oleh konsentrasi molase yang berbeda. Molase memiliki warna hitam-coklat pekat sehingga berpengaruh besar terhadap warna cairan pupuk. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi molase menyebabkan warna cairan pupuk semakin gelap mengikuti warna asal molase tersebut. Perubahan warna cairan pupuk juga dapat terjadi akibat proses fermentasi itu sendiri.

Aprintasari *et al.,* (2012) menjelaskan perubahan warna dapat terjadi karena ada perubahan struktur bahan yang kompleks menjadi lebih sederhana saat fermentasi berlangsung. Hal itu dapat dilihat pada fermentasi jerami padi yang awalnya berwarna kuning kehijauan menjadi warna coklat gelap saat akhir fermentasi.

Perbedaan konsentrasi menimbulkan bau yang berbeda pada tiap perlakuan. Bau khas fermentasi dan bau alkohol dapat tercium pada perlakuan P1 namun masih di dominasi bau busuk limbah. Perlakuan P3 dan kontrol memiliki bau fermentasi yang lebih dominan dari pada bau busuk limbah. Bau fermentasi muncul karena adanya aktivitas mikroba didalamnya yang menghasilkan asam organik dan alkohol seperti sel khamir menghasilkan asam-asam organik selain menghasilkan etanol sebagai metabolit primernya (Kurniawan *et al*., 2015).

Bau busuk masih tercium disebabkan karena proses fermentasi yang belum berjalan sempurna. Fermentasi belum berjalan sempurna memungkinkan timbulnya aktivitas mikroba proteolitik yang memunculkan bau busuk dalam fermentasi. Putra *et al*., (2021) menjelaskan mikroba proteolitik bekerja dengan memecah protein dan komponen nitrogen lainnya, sehingga menghasilkan bau busuk yang tidak diinginkan. Mikroba lipolitik menghidrolisis lemak, fosfolipid, dan turunannya dengan menghasilkan bau tengik. Pada awal fermentasi bau yang ditimbulkan masih bau busuk limbah namun bau berubah pada akhir fermentasi yang juga dipengaruhi konsentrasi biokatalisator. Pada konsentrasi yang lebih tinggi bau busuk yang ditimbulkan lebih sedikit dan bau khas fermentasi lebih dominan yang dikarenakan konsentrasi biokatalisator yang tinggi mengandung lebih banyak mikroba.

Selain diukur dari nilai pH. Aktivitas mikroba dapat dilihat secara visual pada pertumbuhan jamur pada tiap perlakuan. Konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan

pertumbuhan jamur yang lebih banyak dibandingkan perlakuan yang lebih rendah. Jumlah mikroba yang lebih banyak menghasilkan komponen sederhana yang lebih banyak seperti asam laktat dan alkohol yang menimbulkan bau asam dan alkoholik yang kuat pada fermentasi. Hal itu ditandai dengan pada perlakuan 3 dengan konsentrasi biokatalisator 50% menimbulkan bau dominan fermentasi. Bau fermentasi menurun seiring rendahnya konsentrasi biokatalisator yang digunakan. Pada perlakuan 1 bau yang ditimbulkan adalah bau busuk namun masih tercium bau khas fermentasi. Perlakuan P3 memiliki hasil yang setara dengan perlakuan K dengan EM4 40%. Hal ini menandakan cairan rusip pada konsentrasi yang lebih tinggi 10% dapat memberikan hasil fermentasi yang setara dengan EM4.

Jamur yang terdapat pada hasil penelitian ini adalah jamur yang berwarna putih dan sedikit kecokelatan. Jamur menjadi kecokelatan karena pengaruh dari warna molase yang pekat. Jamur yang berwarna putih sifatnya tidak merusak dan beracun. Berbeda jika ditemukan jamur berwarna merah atau kehijau-hijauan, jamur tersebut bersifat sangat merusak dan beracun (Putra *et al*., 2021).

Gas CO_2 juga terbentuk di dalam fermentasi. Pada konsentrasi cairan rusip yang lebih tinggi gas CO_2 terbentuk lebih banyak yang ditandai dengan adanya tekanan gas pada media perlakuan. Gas CO_2 ini terbentuk karena aktivitas mikroba dari bakteri asam laktat dan khamir ketika mensintesis bahan organik.

4. KESIMPULAN

Perbedaan konsentrasi cairan rusip sebagai biokatalisator berpengaruh terhadap proses pereduksian limbah ikan menjadi pupuk organik cair. Bobot limbah tereduksi dan volume cairan pupuk tertinggi dihasilkan oleh perlakuan P3 dengan bobot limbah tereduksi 78,7 g dan volume cairan pupuk 67 ml. Nilai pH terendah diperoleh oleh perlakuan K yaitu 4,7 diikuti perlakuan P3 yaitu 4,9. Nilai nitrogen terbesar diperoleh dari perlakuan P3 yaitu 0,77% dan nitrogen terendah diperoleh perlakuan K yaitu 0,55%. Hasil pengamatan visual signifikan dihasilkan oleh perlakuan P3 yang memiliki hasil yang sama dengan kontrol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada Universitas Bangka Belitung yang telah mendanai publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Afiyah, D. N., Uthari, E., Widyabudiningsih, D., & Jayanti, R. D. (2021). Pembuatan dan pengujian pupuk organik cair (POC) dari limbah pasar dengan menggunakan bioaktivator EM4. *Fullerene Journal of Chemistry*, *6*(2), 89-95.

Aprintasari, R., Sutrisno, C. I., & Tampoebolon, B. I. M. (2012). Uji total fungi dan organoleptik pada jerami padi dan jerami jagung yang difermentasi dengan isi rumen kerbau. *Animal Agriculture Journal*, *1*(2), 311-321.

Bangun, R. S. (2009). Pengaruh fermentasi bakteri asam laktat terhadap kadar protein susu kedelai. *Skripsi*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.

Basri, A, Z, I., Nazaruddin., Werdiningsih, W. 2018. Pengaruh konsentrasi garam dan starter *Lactobacillus plantarum* terhadap mutu terasi udang rebon (*Mysis relicta*). *Disertasi*. Fakultas Teknologi Pangan Dan Agroindustri Universitas Mataram.

Bayu, B., & Sugito, S., 2018. Analisis kadar derajat keasaman (pH) dan amonia terhadap pengaruh pH awal pada populasi kladosera (*Moina sp.*). *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, *16*(1), 33-37.

Farida, F. (2019). Analisis biaya dan nilai tambah pengolahan wine molase tebu di Karang Asem Bali. *Jurnal Riset Manajemen dan Bisnis (JRMB)*, *4*(3), 339-348.

Fitriana, N., & Asri, M. T. (2022). Aktivitas proteolitik pada enzim protease dari bakteri rhizosphere tanaman kedelai (Glycine max L.) di Trenggalek. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, *11*(1), 144-152.

Indrawati, W., Mulyadi, I., & Kusuma, A. R. (2016). Pengaruh pH terhadap penyisihan amoniak dan sulfida dalam limbah cair industri karet secara ozonasi. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional. 419-437

Irhamni, I., Diana, D., Saudah, S., Ernilasari, E., Suzanni, M. A., Mulyati, D., & Hakim, L. (2019). Fermentasi limbah kulit durian menjadi cuka organik dengan menggunakan *Acetobacter aceti*. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, *5*(1), 16-20.

Kemenperin. (2013). SNI: Cara Uji Kadar Nitrogen Total Sedimen dengan Distilasi Kjeldahl Secara Titrasi. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Koesoemawardani, D. (2007). Karakterisasi rusip Bangka. Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Lampung. 6-7 September 2007. Hal 304-313.

Koesoemawardani, D., Rizal, S., & Tauhid, M. (2013). Perubahan sifat mikrobiologi dan kimiawi rusip selama fermentasi. *Agritech*, *33*(3), 265-272.

Kurniawan, A., Mellawati, Y., & Putra, A. S. (2015). Reduksi limbah ikan menjadi pupuk cair organik dengan variasi lama fermentasi dan konsentrasi biokatalisator EM4. *Lingkungan Tropis*, *9*(1), 1-10.

Mayu, D. H., Wijayanto, D., Mudzakir, A. K., & Kurniawan, K. (2021). Penentuan komoditas unggulan perikanan tangkap di Perairan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Marine Fisheries: Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, *12*(1), 47-58.

Mulyadi, Y., Sudarno, S., & Sutrisno, E. (2013). Studi penambahan air kelapa pada pembuatan pupuk cair dari limbah cair ikan terhadap kandungan hara makro C, N, P, dan K. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *2*(4), 1-14.

Permata, D. A., Kasim, A., Asben, A., & Yusniwati, Y. (2021). Pengaruh lama fermentasi spontan terhadap karakteristik tandan kosong kelapa sawit fraksi serat campuran. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, *25*(1), 96-103.

Putra, A. H., Anwar, P., & Jiyanto, J. (2021). Kualitas fisik silase daun kelapa sawit dengan penambahan bahan aditif ekstrak cairan asam laktat. *Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*, *10*(3), 351-362.

Puteri, D. E., Yusmarini, Y. Y., & Pato, U. U. Pemanfaatan *Leuconostoc mesenteroides* dan *Lactobacillus plantarum* 1 dalam pembuatan pikel probiotik umbi bengkuang. *Sagu Journal*, *21*(1), 8-18.

Puspitasari, R. (2008). Kualitas molase sebagai bahan baku produksi alkohol pabrik spiritus madukismo [Skripsi]. Program Studi Ilmu Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Dharma Yogyakarta.

Qurrotu'aini, N. R., Mawarni, M., & Beay, Y. (2022). Pengaruh EM4 terhadap pengolahan limbah cair industri tahu menjadi pupuk organik cair. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *4*(1), 7-12.

Sari, S. A., Nurhayati, N., & Sunaryanto, R. (2022). Pengaruh penambahan effective microorganisms (EM-4) terhadap kualitaslimbah cair tahu dengan teknik aerasI. *Metrik Serial Teknologi dan Sains*, *3*(1), 36-41.

Sari, R, A., Nofiani, R., Ardiningsih, P. 2013. Karakterisasi bakteri asam laktat Genus *Leuconostoc* dari pekasam ale-ale hasil formulasi skala laboratorium. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, *1*(1), 14-20.

Selmi, R. 2018. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, warna, rasa dan aroma tuak ubi jalar ungu. [Skripsi]. Jurusan Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Suardana, I. W., Sukoco, H., & Antara, N. S. (2018). Identifikasi Bakteri Asam Laktat Isolat 18A Secara Fenotipik. *Buletin Veteriner Udayana*, *10*(1), 1-9.

Sukmawati, N. M. S., Suniti, N. W., & Sujana, I. N. (2019). Aplikasi teknologi fermentasi dalam pembuatan biostarter berbasis daun dan buah di desa antapan baturiti tabanan. *Buletin Udayana Mengabdi*, *18*(1), 138-142.

Supratman, O., & Umroh. (2016). Pemberdayaan Masyarakat dalam Pemanfaatan Limbah Rajungan Sebagai Pakan Ikan di Desa Tukak Bangka Selatan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(2):8-16.

Susilowati, R., Koesoemawardani, D., & Rizal, S. (2014). Profil proses fermentasi rusip dengan penambahan gula aren cair. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, *19*(2), 137-148.

Syafri, R., & Simamora, D. (2017). Analisa unsur hara makro pupuk organik cair (POC) dari limbah industri keripik nenas dan nangka desa kualu nenas dengan penambahan urin sapi dan EM4. *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, *8*(01), 99-104.

Trinada, M, A. 2015. Studi Aktivitas Bakteri Asam Laktat (*L. Plantarum* dan *L. Fermentum*) Terhadap Kadar Protein Melalui Penambahan Tepung Kedelai pada Bubur Instan Terfermentasi. [Skripsi]. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Yusmayani, M. (2019). Analisis kadar nitrogen pada pupuk urea, pupuk cair dan pupuk kompos dengan metode kjeldahl. *Amina*, *1*(1), 28-34.

Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.9 No.1 - September 2023 (hal. 37–44)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Penerapan Budaya K3 Terhadap Kinerja Karyawan Pada *Department of Mining* PT Semen Baturaja

Enda Kartika Sari[1], Eriyana Yulistia[2]*, Oka Risa[3]
[1,2,3] Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Baturaja, Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan, Indonesia
*eriyanayulistia@unbara.ac.id

Abstract
The company's goals will be achieved when it has good and qualified human resources. One of indicator that company has a good human resources governance, is when it puts safety and health of its employees as priority. The company through the Occupational Health and Safety (OHS) program, tries to protect its employees in all forms of work activities, as an effort to keep its workers away from accidents or injuries while working. This is also an effort to avoid diseases that occur in the short or long term due to the work that employees do in the company. Department of Mining at PT Semen Baturaja Tbk is one of departement whose activity in working process has high potential risk and danger. This research aims to know the impact of the implementation of OHS culture in the Department of Mining and how deep the implementation of OHS culture effects employee's performance in working. Multiple Linear Regression Test in the SPSS 18 program is used to examine the data obtained through questionnaires and interviews, the value of the impact of implementing OHS culture on employee performance within the Department of Mining at PT Semen Baturaja will be known. From the analysis conducted, known that the regression coefficient X1 is 0.281, and the regression coefficient X2 is 0.577. From the F Test that conducted, it is obtained that t value is bigger than t table, means that the OHS culture factor has a significant impact on employee performance with a coefficient of determination is 16.5%. Thus, we can conclude that factor of implementing OHS culture has a real impact on employee performance within the Department of Mining at PT Semen Baturaja tbk.
Keywords: OHS, Employee Performance, Implementation, Human Resources.

Abstrak
Tujuan perusahaan akan dapat dipenuhi bila perusahaan tersebut dapat menangani Sumber Daya Manusia (SDM) yang dimilikinya secara baik. Salah satunya adalah dengan memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja pegawainya, merupakan gambaran tata kelola SDM yang baik. Perusahaan melalui program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) berusaha melindungi pegawainya, di segala bentuk kegiatan pekerjaan sebagai usaha dalam menjaga pekerjanya agar terjaga dari kecelakaan atau cidera ketika bekerja juga sebagai upaya menghindar dari penyakit yang terjadi baik jangka pendek atau jangka panjang akibat dari pekerjaan yang sudah dilakukan karyawan di perusahaan tersebut. *Departement of Mining* PT Semen Baturaja Tbk merupakan satu unit kerja yang proses kegiatannya memiliki potensi resiko dan bahaya yang sedikit tinggi. Penelitian yang dilakukan ini bertujuan melihat telah sejauh mana penerapan budaya K3 di unit kerja *Department of Mining* serta seberapa efektif penerapan budaya K3 yang sudah dilaksanakan pihak perusahaan. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode survey atau pengamatan langsung dilapangan. Pengolahan data dengan memakai Uji Regresi Linier Berganda pada program *SPSS 18* dan data yang didapat berasal dari kuisioner yang disebar dan wawancara pada responden. Dari analisis yang dilakukan didapatkan koefisien regresi X1 yaitu 0,281, dan koefisien regresi X2 yaitu 0,577. Dari Uji F yang telah dikerjakan didapat bahwasannya t hitung lebih besar dari t tabel, maknanya faktor penerapan budaya K3 memiliki dampak signifikan pada kinerja karyawan dengan koefisien determinasi yaitu 16,5%. Dengan demikian dapat ditarik satu kesimpulan bahwasanya faktor penerapan budaya K3 memiliki dampak nyata pada kinerja karyawan di lingkungan *Departemen of Mining* di PT Semen Baturaja tbk.
Kata Kunci: K3, Kinerja Karyawan, Penerapan, SDM.

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah subtansi krusial dari bagian-bagian penyusun pada satu proses kegiatan industri baik skala kecil, menengah maupun besar (Maziya & Abidin, 2022). Dengan penetapan ISO 4500 : 2018, perusahaan diwajibkan untuk menyelaraskan tujuan yang akan dicapai dengan penerapan K3 dan peningkatan kinerja pekerja yang berimbas pada pendapatan perusahaan (Glebova et al., 2023). Aspek K3 dalam sebuah kegiatan harus mendapat perhatian lebih untuk menjamin keberlangsungan operasional, menjaga stabilitas performa serta menjaga para pekerja dari kecelakaan (Nugraha & Yulia, 2019). K3 telah menjadi suatu isu baru yang krusial (Benakka et al., 2021). Program K3 adalah satu kebijakan di lingkungan kerja, diperuntukkan pegawai dan usahawan dalam bentuk pemberian proteksi sebagai upaya preventif pencegahan munculnya penyakit dan kecelakaan kerja (Rosento et al., 2021).

PT Semen Baturaja Tbk pada umumnya telah menjalankan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) selaras PP No 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Pada unit kerja Department of Mining sendiri, implementasi budaya K3 tersebut selain mengacu pada PP 50 : 2012 juga mengacu pada PerMen ESDM No 38 Tahun 2014 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan. Penerapan dua peraturan ini saling melengkapi satu sama lain dan berada di bawah UU No 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.

Departement of Mining PT Semen Baturaja Tbk merupakan suatu proses kegiatan kerja yang memiliki potensi risiko dan bahaya yang cukup tinggi. Berpacu bersama keadaan alam dan cuaca, berhubungan dengan peralatan listrik dan mekanikal, serta kegiatan lapangan yang membutuhkan perhatian terhadap aspek ergonomis, tentu saja mempengaruhi para pekerja yang terlibat di dalam proses kegiatan tersebut.

Secara global, keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sudah dijadikan prioritas dimana berbagai negara telah menerapkannya (Putra et al., 2021). Tetapi dengan begitu banyaknya jumlah pekerja yang ada, serta adanya pergantian personil (keluar-masuk) dalam rentang waktu tertentu menjadi tantangan tersendiri dalam penerapan budaya K3 ini, hal ini juga akan dirasa lebih sulit ketika ada pekerja baru yang belum memiliki pengalaman dan dasar akademis mengenai budaya K3. Hal inilah yang menjadi tujuan dilakukannya penelitian ini, guna melihat telah sejauh mana penerapan budaya K3 di unit kerja *Department of Mining* serta seberapa efektif penerapan budaya K3 yang telah dilaksanakan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada unit kerja *Department of Mining* PT Semen Baturaja Tbk yang berlokasi Desa Pusar Kec. Baturaja Barat Kabupaten Ogan Komering Ulu. Penelitian ini dikerjakan di bulan Maret 2023 hingga bulan Mei 2023. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey atau pengamatan langsung pada lokasi penelitian.

2.1 Populasi dan Sampel

Data yang diolah dalam penelitian yang dilakukan ini ialah data primer, diambil pada kegiatan observasi, wawancara, serta penyebaran kuesioner. Populasi sampel pada penelitian ini ialah keseluruhan pegawai pada *Department of Mining* PT Semen Baturaja sebanyak 250 orang. Sampel didapat dengan memakai metode *purposive random sampling* (penentuan sampel yang dilakukan secara sengaja dan secara acak*)*. Dalam penelitian ini jumlah sampel dihitung memakai Rumus Krejcie Morgan.

$$n = \frac{x^2.N.P\ (1-P)}{(N-1).d^2 + x^2.(P-1)} \qquad (1)$$

dengan :
n yaitu jumlah Sampel
N yaitu jumlah Populasi
x^2 yaitu nilai Chi kuadrat (3,841)
P yaitu proporsi Populasi (0,5)
d^2 yaitu galat pendungaan (0,0025)

Dari rumus yang telah dijabarkan di atas, terlihat dimana total sampel yang dibutuhkan pada penelitian yang dilakukan ini yaitu sejumlah 152 responden.

Metode untuk analisa data di penelitian ini ialah metode analisa kuantitatif dengan memakai aplikasi S*PSS 18.* Analisa data dihitung dengan berdasarkan pada jawaban hasil kuesioner yang sudah disebar kepada responden. Jawaban dari responden akan diberikan skor ataupun nilai yang didasarkan pada skala *Likert.* Menurut Sugiyono dalam Rosento et al (2021), skala *likert* dapat diterapkan untuk mengukur persepsi, pendapat atau sikap perorangan atau kelompok tentang suatu fenomena sosial yang bersifat kualitatif sehingga dapat dihitung

secara kuantitatif. Pendapat dari responden dari pertanyaan tentang variabel Keselamatan dan Kesehatan Kerja terhadap Kinerja karyawan akan diberi skor berikut :

Sangat Setuju (SS) = 5
Setuju (S) = 4
Ragu-Ragu (RR) = 3
Tidak Setuju (TS) = 2
Sangat Tidak Setuju (STS) = 1

2.2. Uji validitas

Uji validitas dipakai dalam mengukur kevalidan/kesesuaian kuisioner yang dipergunakan pada penelitian ini sehingga diperoleh data penelitian yang akurat dari responden (Fertilia & Ashadi, 2020). Untuk menguji validitas kuisioner yang akan disebar, digunakan metode *Coreccted item total corelation* tingkat signifikan (95% atau 0,05), dengan tolak ukur pengambilan keputusan seperti berikut :

r hitung > r tabel, berarti komponen variabel dikategorikan valid.
r hitung < r tabel, berarti komponen variabel dikategorikan tidak valid.

2.3 Uji reabilitas

Setelah kuisioner dinyatakan valid, dilakukan uji reabilitas yang tujuannya untuk melihat kuisioner yang dipakai memiliki konsistensi apabila pengukuran dilakukan secara berulang (Fertilia & Ashadi, 2020). Untuk uji reliabilitas digunakan metode Cronbach Alpha, adapun kriteria pengujian reabilitas terlihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kriteria Pengujian Realibilitas

Interval Reabilitas	Kriteria
.800 - 1	Sangat Tinggi
.600 - .799	Tinggi
.400 - .599	Sedang
.200 - .399	Rendah
< .200	Sangat Rendah

(*Sumber : Sugiyono, 2019*)

2.4 Analisis regresi linier berganda

Dalam mengukur berapa besar dampak penerapan budaya K3 pada kinerja atau performa kerja pegawai maka analisa yang tepat dipergunakan yaitu teknik analisis regresi linier. Pada penelitian yang dilakukan ini analisis yang dipakai adalah analisis linier berganda. Menurut Firdaus & Hasin (2022), analisis linier berganda dipakai dalam menentukan apakah variabel bebas secara bersama mempengaruhi variabel terikat, dimana variabel bebas adalah penerapan keselamatan kerja (X1) dan penerapan kesehatan kerja (X2) mempengaruhi variabel terikat kinerja karyawan (Y). Secara umum regresi linear berganda adalah :

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + e \quad (2)$$

Keterangan :
Y : Variabel Kinerja Karyawan
a : Nilai konstanta
β_1, β_2 : Nilai koefisien regresi variabel independen
X_1 : Variabel Penerapan Keselamatan Kerja
X_2 : Variabel Penerapan Kesehatan Kerja
e : *Error Term*

2.5 Uji signifikansi parsial (uji t)

Uji t diterapkan dalam mengukur dampak variabel independen secara parsial pada variabel dependen (Widyanty & Kasmo, 2019). Hipotesis yang disajikan yaitu :

1. Untuk Variabel Penerapan Budaya Keselamatan Kerja (X1)
   Ho : b1 = 0, bermakana Variabel Penerapan Budaya Keselamatan Kerja tidak memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan
   Ha : b1 ≠ 0, bermakna Variabel Penerapan Budaya Keselamatan Kerja memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan
2. Untuk Variabel Penerapan Budaya Kesehatan Kerja (X2)
   Ho : b2 = 0, bermakna Variabel Penerapan Budaya Kesehatan Kerja tidak memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan
   Ha : b2 ≠ 0, bermakna Variabel Penerapan Budaya Kesehatan Kerja memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan

Dasar pengambil keputusan menentukan nilai t tabel adalah t (α/2:df = n-k-1) :

1. Bilamana nilai t_{hitung} > nilai t_{tabel}, berarti Ho tolak dan Ha diterima, maknanya penerapan budaya kesehatan kerja mempengaruhi kinerja karyawan.
2. Bilamana nilai t_{hitung} < nilai t_{tabel}, berarti Ho diterima dan Ha ditolak, maknanya penerapan budaya kesehatan kerja tidak mempengaruhi kinerja karyawan.

2.6 Pengujian secara simultan

Uji simultan diterapkan dengan tujuan mengukur dampak pada variabel terikat bila semua variabel bebas secara bersama-sama

dimasukkan ke dalam suatu model (Firdaus & Hasin, 2022), dengan kriteria pengujiannya seperti berikut :

1. Ho = b1, b2, = 0, berarti Variabel Penerapan Budaya Keselamatan Kerja tidak memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan
2. Ho = b1, b2 ≠ 0, berarti Variabel Penerapan Budaya Kesehatan Kerja memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan.

Dengan α = 95%, dimana df1 adalah jumlah variabel - 1 dan df2 ditentukan dengan rumus : n-k-1. Selanjutnya dibandingkan nilai F_{hitung} dan nilai F_{tabel}, sehingga mengikuti tolak ukur uji sebagai berikut :

1. Bilamana nilai F_{hitung} > nilai F_{tabel}, artinya Ha diterima, sehingga Penerapan Variabel Budaya K3 memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan
2. Bilamana nilai F_{hitung} < nilai F_{tabel}, artinya Ha ditolak, sehingga Variabel Penerapan Budaya K3 tidak memberikan pengaruh pada Kinerja Karyawan

2.7 Koefisien Determinasi (R^2)

Dengan tujuan menghitung persentase sumbangan dampak variabel bebas pada variabel terikat dipergunakan uji koefisien determinasi (Rosento et al., 2021), memakai rumus berikut :

$$R = r^2 \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :
R : Koefisien Determinasi
r^2 : Koefisien Korelasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1. Uji validitas

Sebelum disebar, pertanyaan-pertanyaan dalam kuisioner diuji kevalidan dan reabilitasnya. Hasil yang didapatkan dari pengujian validitasnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Validitas

Item Pertanyaan	r-hitung	r-tabel	Keterangan
Keselamatan Kerja (X1)			
U1	.33	.15	Valid
U2	.61	.15	
U4	.51	.15	
U5	.27	.15	
U6	.33	.15	
U7	.51	.15	
U8	.27	.15	
U9	.95	.15	
Kesehatan Kerja (X2)			
U1	.40	.15	Valid
U2	.87	.15	
U3	.20	.15	
U4	.33	.15	
U5	.61	.15	
U7	.51	.15	
U8	.27	.15	
U9	.87	.15	
Kinerja Karyawan (Y)			
U1	.51	.15	Valid
U2	.27	.15	
U3	.95	.15	
U4	.51	.15	
U5	.27	.15	
U6	.33	.15	
U7	.51	.15	
U8	.33	.15	
U9	.87	.15	
U10	.33	.15	
U11	.51	.15	
U12	.33	.15	
U13	.51	.15	
U14	.27	.15	
U15	.87	.15	

(*Sumber : SPSS 18*)

3.1.2. Uji reabilitas

Untuk pengujian rebilitas masing-masing variabel pada kuisioner penelitian dipakai rumus *Alpha Cronbach*. Hasil uji reabilitas disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Uji Reabilitas

Variabel	Koefisien Alpa	Keterangan
Keselamatan Kerja	0,78	Realibel
Kesehatan Kerja	0,81	Realibel
Kinerja Karyawan	0,95	Realibel

(*Sumber : SPSS 18*)

3.1.3. Analisis regresi linier berganda

Analisis regresi linier berganda diterapkan saat penghitungan dampak dua atau lebih variabel bebas pada satu variabel terikat lalu dijabarkan melalui persamaan regresi. Hasil analisis regresi ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Regresi

Coefficients

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.970	.486		1.998	.048
	Keselamatan Kerja	.281	.138	.161	2.040	.043
	Kesehatan Kerja	.577	.134	.338	4.301	.000

(*Sumber : SPSS 18*)

3.1.4 Uji t

Pada uji t yang dilakukan pada data primer, didapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil t-test

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	.970	.486		1.998	.048					
	Keselamatan Kerja	.281	.138	.161	2.040	.043	.271	.165	.152	.893	1.120
	Kesehatan Kerja	.577	.134	.338	4.301	.000	.391	.332	.320	.893	1.120

a. Dependent Variable: Kinerja Karyawan

(*Sumber : SPSS 18*)

3.1.5. Pengujian secara simultan

Hasil dari pengujian secara simultan dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Pengujian Secara Bersama-sama (simultan)

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83.200	2	41.600	15.893	.000[a]
	Residual	390.013	149	2.618		
	Total	473.213	151			

a. Predictors: (Constant), Kesehatan Kerja, Keselamatan Kerja

b. Depende nt Variable: Kinerja Karyawan

3.1.6. Koefisien determinasi

Hasil dari koefisien determinasi dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Koefisien Determinasi (R^2)

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	F Change
1	.419[a]	.176	.165	1.61788	.176	15.893

(*Sumber : SPSS 18*)

3.2. Pembahasan

3.2.1. Uji validitas

Pengujian validitas dilaksanakan dengan cara menyandingkan nilai r hitung dengan nilai r tabel (Rosento et al., 2021). Nilai hasil perhitungan uji validitas item-item pertanyaan pada kuiesioner yang disebar, memperlihatkan nilai koefisien korelasi *Product moment Pearson* (rhitung) pada setiap butir pertanyaan lebih tinggi daripada nilai pada rtabel nya (0,15), maka dapat ditarik kesimpulan bahwasanya pada butir-butir pertanyaan pada kuisioner yang disebar dipastikan valid dan bisa dipergunakan menjadi alat ukur penelitian. Angka hasil uji validitas diperlihatkan pada Tabel 2.

3.2.2. Uji reabilitas

Untuk melihat ada tidaknya kesesuaian antara jenis alat ukur yang dipakai dan variabel yang diukur, digunakan pengujian reabilitas. Pengujian reliabilitas memiliki tujuan untuk melihat sejauh mana suatu pengukuran data memperlihatkan hasil relatif sama pengukuran diterapkan pada materi yang sama (Hidayat et al., 2014). Dapat juga dikatakan, adanya kecocokan antara jenis alat ukur yang dipakai dengan variabel yang diukur. Setiap variabel yang tercantum pada penelitian yang dilakukan ini dihitung reabilitasnya memakai rumus *Alpha Cronbach*. Tabel 3 di atas terlihat bahwasanya nilai cronbach alpha (r alpha) adalah 0,78 (X1), 0.81 (X2) dan 0,95 (Y) > r tabel 0,15. Dari nilai cronbach alpha yang didapat, dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel-variabel tersebut reliabel atau konstan. Nilai r hitung lebih besar dari r tabel, mengindikasikan bahwa instrumen yang dipakai di penelitian ini reabel atau konsisten (Widyanty & Kasmo, 2019)

3.2.3. Analisis regresi linier berganda

Pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap satu variabel terikat dihitung memakai analisis regresi linier berganda. Nilai dampak variabel independen tersebut dijabarkan dalam bentuk persamaan regresi (Widyanty & Kasmo, 2019). Hasil hitungan analisis regresi semua variabel yang tercantum pada penelitian yang dilakukan ini termuat pada Tabel 4. Dari hasil yang tertera pada Tabel 4 didapatkan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = 0.970+0.281X_1 + 0.577X_2$$

Dengan persamaan diatas dapat diuraikan sebagaimana berikut ini :

1. Nilai konstanta yaitu 0,970. Hal ini memperlihatkan bahwa bila tidak ada variabel penerapan budaya K3 atau variabel tersebut bernilai nol, maka kinerja atau performa kerja karyawan juga meningkat senilai 0,970 satuan.
2. Nilai koefisien regresi X1= 0,281 memiliki nilai positif, memperlihatkan bila variabel budaya penerapan budaya keselamatan kerja bertambah satu-satuan maka pada variabel kinerja atau performa kerja karyawan akan terdapat penambahan juga 0,281 satuan tetapi variabel penerapan budaya kesehatan kerja dianggap konstan.
3. Nilai koefisien regresi X2= 0,577 dan memiliki nilai positif, hal ini memperlihatkan bahwasanya bila variabel penerapan budaya kesehatan kerja bertambah satu-satuan sehingga kinerja atau performa kerja karyawan akan bertambah 0,577 satuan dan variabel penerapan budaya keselamatan kerja dianggap tetap.

Hasil yang didapat pada penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Widyanty & Kasmo (2019), yang memberikan pernyatakan bahwa budaya keselamatan dan kesehatan kerja memberikan dampak positif pada kinerja karyawan.

3.2.4. Uji t

Tabel 5 di atas memperlihatkan bahwasanya *output coefficients* didapat t-hitung Variabel Penerapan Budaya Keselamatan Kerja yaitu 2,04 dan Variabel Penerapan Budaya Kesehatan Kerja yaitu 4,30, dilakukan dua sisi, dan didapat t-tabel 1,998. Nilai t-hitung Variabel Budaya Keselamatan Kerja 2,04 lebih besar dari 1.998, artinya Ho ditolak dan Ha diterima. Kesimpulannya, Faktor Penerapan Budaya Keselamatan Kerja mempunyai pengaruh pada Kinerja Karyawan secara parsial, maka implementasi program K3 ini sangat berguna untuk menjamin keselamatan kerja. Sesuai dengan hasil penelitian Ihsan et al., (2021), dimana Ihsan, menyatakan bahwasanya implementasi program K3 yang baik di suatu perusahaan akan mampu menjamin keselamatan kerja pekerjanya, dimana akan berimbas langsung pada performa pekerja. Sedangkan Irfan & Susilowati (2021), menyatakan bahwa kecelakaan kerja dapat terjadi akibat pengelolaan manajemen risiko K3 di perusahaan tidak dilakukan dengan baik. Iklim keselamatan kerja yang telah diterapkan di *Department Of Mining* PT. Semen Baturaja Tbk diantaranya Nilai Manajemen, Komunikasi Keselamatan, Praktek Keselamatan, dan Peralatan Keselamatan. Hasil analisa validitas pada masing-masing penanda memperlihatkan bahwasanya iklim keselamatan kerja pada karyawan di *Department Of Mining* PT. Semen Baturaja Tbk ada pada level yang sangat tinggi. Ini berarti bahwa pada *Department Of Mining* PT. Semen Baturaja Tbk memiliki Iklim keselamatan kerja sangat tinggi. Begitu juga dengan variabel Kesehatan kerja, nilai t-hitung 4,04 > 1,998 artinya faktor budaya kesehatan kerja memiliki dampak atau pengaruh pada

performa kerja atau kinerja pegawai. Kondisi kesehatan yang baik pada pegawai akan sangat memberi dampak pada kinerja atau performa kerja pegawai. Indikator kesehatan kerja yang diterapkan di *Department Of Mining* PT. Semen Baturaja Tbk adalah lingkungan medis, kesehatan lingkungan tenaga kerja, dan pelayanan kesehatan bagi tenaga kerja. Sedangkan faktor-faktor yang memiliki pengaruh pada kesehatan kerja adalah beban pekerjaan dan lingkungan pekerjaan.

3.2.5. Pengujian secara bersama-sama (simultan)

Dari hasil hitungan yang dilakukan pada Tabel 6 didapatkan hasil F-hitung 15,89. Angka ini yang lebih tinggi dibandingkan F-tabel sebesar 3,90, artinya Fhitung lebih tinggi dari Ftabel. Kesimpulan yang didapat adalah bahwasanya Variabel Penerapan Budaya K3 memberikan dampak secara simultan pada performa kerja pegawai. Seperti hasil penelitian Yuliandi & Ahman (2019), yang menyatakan bahwa untuk mencapai suatu target (target kerja/ target produksi), mutlak dibutuhkan suatu lingkungan bekerja yang aman, dan kondusif agar karyawan terjaga dari kecelakaan saat kerja atau penyakit disebabkan hubungan kerja. Keselamatan dan kesehatan kerja pekerja memang satu syarat wajib yang harus diakomodir oleh pihak perusahaan jika menginginkan produksi sesuai dengan yang diharapkan (Nowacki, 2019).

3.2.6. Koefisien determinasi (R^2)

Dari perhitungan yang dilakukan pada Tabel 7 terlihat nilai R *Adjusted Square* 0,165. Nilai ini memperlihatkan besarnya kontribusi variabel independen yaitu Variabel Penerapan Budaya K3 pada variabel dependen performa kerja karyawan. Besaran koefisien deteminasi variabel penerapan budaya keselamatan dan kesehatan kerja 16,5% sebaliknya sisa 83,5% divariasikan oleh beberapa variabel lain yang tidak disertakan di penelitian yang dilakukan ini misalnya kompetensi, kepribadian, motivasi kerja dan budaya organisasi. Widyanty & Kasmo (2019), menyatakan bahwa dari hasil penelitian yang telah dilakukannya, ada sejumlah komponen-komponen lain yang memiliki pengaruh pada performa kerja karyawan, seperti kurangnya kompetensi karyawan bersangkutan, motivasi kerja dan permasalahan pribadi.

4. KESIMPULAN

Penerapan budaya K3 berpengaruh secara signifikan pada kinerja karyawan di Department of Mining PT Semen Baturaja Tbk. Budaya penerapan K3 di *Department of Mining* PT Semen Baturaja Tbk dan penerapannya sudah cukup efektif. Adapun persentase pengaruh penerapan budaya K3 terhadap kinerja karyawan yaitu sebesar 16,5%, sedangkan 83,5%-nya dipengaruhi faktor lain, misalnya kurangnya kompetensi karyawan bersangkutan, motivasi kerja, dan permasalahan pribadi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Anwar, C. Tambunan, W. & Gunawan, S. (2019). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada CV Agis Truss. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics,* 4(2), 61-70.

Benakka, L., Gharbi, L. Z., Bacroume, S., Bejjaji, Z., & Aouane, M. (2021). The implementation of the Occupational Health and Safety Management System according to OHSAS 18001/2007 in a Moroccan Telecommunication Company. *E3S Web of Conferences*, *234*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400074

Cahyo, P. & Khairunnisa. (2017). Pelaksanaan Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam Rangka Meminimalkan Kecelakaan Kerja di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Konstruksi Jaringan Kalimantan 4 Banjarbaru. *KINDAI,* 13(1), 37-42

Darmawan, R. Ummi, N. & Umyati, A. (2017). Analisis Korelasi Faktor Penerapan K3 Terhadap Kinerja Waktu pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Industri,* 5(3), 308-313.

Faishal, M. Nuryanti, L. & Masharyono, M. (2019). Peranan Disiplin Kerja dan Keselamatan & Kesehatan Kerja (K3) dalam Meningkatkan Kinerja Karyawan. *Journal of Business Management Education,* 4(3), 1-8.

Fertilia, N. C., & Ashadi, R. F. (2020). Pengaruh Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Efektivitas Pencegahan Kecelakaan Kerja. *Rekayasa Sipil*, *9*(1), 25–32. https://doi.org/10.22441/jrs.2020.v09.i1.05

Firdaus, M. A., & Hasin, A. (2022). Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada CV Agis Truss. *Selekta Manajemen : Jurnal Mahasiswa Bisnis Dan Manajemen*, *01*(04), 192–208. https://journal.uii.ac.id/selma/index

Glebova, E. V., Volokhina, A. T., & Vikhrov, A. E. (2023). Assessment of the Efficiency of Occupational Safety Culture Management in Fuel and Energy Companies. *Journal of Mining Institute*, *259*, 68–78. https://doi.org/10.31897/PMI.2023.12

Hidayat, S., Hargono, E., Putranto, D., & Syarifudin, N. (2014). Pengaruh Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kualitas Hasil Kerja dan Kenyamanan Pekerja pada Proyek Pembangunan Gedung di Probolinggo. *Jurnal Info Manpro*, *5*, 28–38.

Ihsan, T., Edwin, T., & Octavianus Irawan, R. (2021). Analisis Risiko K3 dengan Metode Hirarc pada Area Produksi PT Cahaya Murni Andalas Permai. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, *10*(2), 179–181. http://jurnal.fkm.unand.ac.id/index.php/jkma/

Irfan, M., & Susilowati, I. H. (2021). Analisa Manajemen Risiko K3 dalam Industri Manufaktur di Indonesia: Literature Review. *Jurnal Prepotif*, *5*(1), 335–343.

Kusuma Wardani, H. Edy, N. & Ali Amri, N. (2022). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan di Perusahaan Pertambangan Guna meningkatkan Kinerja Keselamatan Operasi dan Kesehatan Kerja. *Syntax Literate,* 7(4), 3691-3699.

Marlee, M. & Sulistyo, D. (2018). Analisis Korelasi Faktor Penerapan K3 Terhadap Kinerja Waktu pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil,* 1(1), 220-229.

Maziya, F. B., & Abidin, A. U. (2022). Peningkatan Pengetahuan Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) dan Pengelolaan Limbah Padat di Home Industry Manufacture. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *28*(1), 1–10. https://doi.org/10.5614/j.tl.2022.28.1.1

Nowacki, K. (2019). The Impact of Implemented Management Systems on The Safety Culture of Work in Production. *Multidisciplinary Aspects of Production Engineering*, *2*(1), 243–252. https://doi.org/10.2478/mape-2019-0024

Nugraha, H., & Yulia, L. (2019). Analisis Pelaksanaan Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam Upaya Meminimalkan Kecelakaan Kerja pada Pegawai PT. Kereta Api Indonesia (Persero). *Jurnal Ilmiah Manajemen*, *10*(2), 93–103.

Putra, A. D., Syamsuir, E., & Wahyuni, F. I. (2021). Analisis Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Perusahaan Jasa Konstruksi Kota Payakumbuh. *Rang Teknik Journal*, *4*(1), 76–82. https://doi.org/10.31869/rtj.v4i1.2034

Rachmawati, E. Romdhona, N. Andriyani. & Fauziyah, M. (2022). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Pekerja Konstruksi di PT Abadi Prima Intikarya Proyek The Qanary Apartement Kota Tangerang Selatan Tahun 2022. *Environmental Occupational Health and Safety Journal,* 3(1), 75-88.

Rosento, Yulistria, R., Handayani, E. P., & Nursanty, S. (2021). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan. *JURNAL SWABUMI*, *9*(2), 155–166.

Solekha, S. (2018). Faktor Perilaku Kepatuhan Penggunaan Apd pada Pekerja. *Jurnal PROKES,* 6(1), 1-11.

Suharjo, B. (2018). *Analisis Regresi Terapan dengan SPSS.* Graha Ilmu.

Supratanto, J. (2009). *Statistik : Teori dan Aplikasi.* Erlangga.

Widyanty, W., & Kasmo, A. B. P. (2019). Toward a Model of the Linkages Between Safety Culture and Employee Performance in Gold Mining Companies. *ICOI 2019*, 287–299. https://doi.org/10.2991/icoi-19.2019.49

Yeni, D. (2023). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Puskesmas Tanah Garam Kota Solok. *JK3L,* 4(1), 23-28i.

Yuliandi, C. D., & Ahman, E. (2019). Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Lingkungan Kerja Balai Inseminasi Buatan (Bib) Lembang. *Jurnal MANAJERIAL*, *18*(2), 98–109. http://ejournal.upi.edu/index.php/manajerial/

Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan
Vol.9 No.1 - September 2023 (hal. 45–52)
http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index

Al-Ard:
Jurnal
Teknik Lingkungan

Evaluasi Pengelolaan Sampah di Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan

Mochammad Chaerul[1*], Seranti Ninan Nury[2]
[1,2] Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Bandung, Indonesia
*m.chaerul@ftsl.itb.ac.id

Abstract
Currently, bottled drinking water (*AMDK*) companies in Indonesia are growing rapidly due to the need for water that is ready for consumption by the community. This research aims to identify sources of waste and evaluate Solid Waste Management (SWM) system in a selected bottled water company. The research adopted descriptive analysis methods through field observations and compared existing SWM with best practices and available standards. In its production line, the selected AMDK company produces non-hazardous solid wastes from production and domestic activities. Non-hazarodus waste from production activity generated from rejected products in the bottled water production process, testing the quality of the bottled drinking water produced, product packaging, until product transportation for the distribution. Non-hazarodus waste from domestic activity/municipal solid waste (MSW) generated from employees and it contributed around 33.7% of the total non-hazardous waste generation. From the observation, the company have implemented MSW management by prioritizing the waste reduction and segregation at the source and at waste temporary storage (*TPS*), and waste processing such as composting and eco-brick innovations. Better campaign of waste segregation and sustainability of waste processing are some of recommendation resulted from the research to reduce as much as possible the amount of waste to be transported to the Final Processing Site (*TPA*).
Keywords: Bottled drinking water, Municipal solid waste management, Field observation, Evaluation.

Abstrak
Saat ini, perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Indonesia sangat berkembang pesat karena adanya kebutuhan akan air yang siap dikonsumsi oleh masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber sampah dan mengevaluasi sistem pengelolaan sampah di suatu perusahaan AMDK terpilih. Penelitian menggunakan metode analisis deskriptif melalui observasi di lapangan dan membandingkan eksisting pengelolaan sampah dengan *best practices* dan standar yang tersedia. Dalam alur produksinya, perusahaan AMDK yang diteliti menghasilkan limbah padat non-B3 dari kegiatan produksi dan dari kegiatan domestik. Limbah padat non-B3 dari hasil kegiatan produksi berasal dari produk *reject* pada proses produksi AMDK, pengujian kualitas AMDK yang diproduksi, pengemasan produk, hingga pengangkutan produk untuk distribusi. Limbah padat non-B3 kegiatan domestik/sampah berasal dari pegawai dan berkontribusi sebanyak 33,7% dari total timbulan limbah padat non-B3. Dari hasil observasi, Perusahaan telah mengimplementasikan metode pengelolaan sampah dengan memprioritaskan kegiatan pengurangan dan pemilahan sampah di sumber dan di Tempat Penampungan Sementara (TPS), serta pengolahan sampah seperti komposting dan inovasi *eco-brick*. Kampanye pemilahan sampah dan keberlanjutan pengolahan sampah merupakan beberapa usulan rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini agar dapat mengurangi semaksimal mungkin jumlah sampah yang diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah.
Kata Kunci: Air minum dalam kemasan, Pengelolaan sampah, Observasi lapangan, Evaluasi.

1. PENDAHULUAN

Limbah merupakan semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas yang dibuang. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat didefinisikan sebagai sampah. Sampah yang dihasilkan terdiri atas sampah rumah tangga, sampah sejenis rumah tangga, dan sampah spesifik. Dalam usaha mengurangi dampak lingkungan, pengelolaan limbah padat non B3 yang sesuai dengan regulasi baik dalam

aspek teknis maupun non-teknisnya sangat penting untuk mencegah pembuangan akhir ke TPA. Sampah tidak hanya dihasilkan dari ruah tangga tetapi juga dari kegiatan berbagai macam industri, termasuk industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Peningkatan kebutuhan AMDK bukan hanya terjadi di Negara yang sudah berkembang tetapi juga di Negara yang sedang berkembang seperti di Indonesia (Wardrop dkk 2017, Wang dkk 2019).

Berbagai macam kegiatan dilakukan di perusahaan AMDK termasuk proses produksi botol kemasan dan pengolahan air yang siap minum, yang antara lain meliputi kegiatan: pembentukan *preform* botol dari kristal PET, proses *blowing* dan *moulding*, *filling*, *quality control, capping*, pemberian label, proses pengolahan air, dan pengemasan dengan kardus. Pada tahapan-tahapan *quality control* sepanjang proses produksi tersebut akan dihasilkan produk *reject*, yaitu produk yang menyimpang standar produk yang ditentukan. Produk *reject* tersebut menjadi limbah padat non B3 hasil produksi yang terdiri atas botol PET, tutup botol, dan label PVC. Selain limbah padat non B3 hasil produksi tersebut, terdapat limbah padat domestik / sampah yang ditimbulkan oleh aktivitas perkantoran di perusahaan. Jenis sampah yang dihasilkan terdiri dari limbah kertas, plastik, organik, dan umum. Berbagai sistem pengelolaan limbah telah dilakukan untuk industri AMDK, dan sebagian besar telah memanfaatkan PET yang dihasilkan untuk didaur ulang (Abdissa dkk 2022, Aslani dkk 2021, Ulfah & Kulsum 2022, Rachman dkk 2020, Pramiati dkk 2021, Hidayat dkk 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber penghasil sampah dan mengevaluasi penanganan sampah di suatu perusahaan AMDK terpilih. Evaluasi dilakukan terhadap berbagai standar penanganan sampah yang pada dasarnya terdiri dari pewadahan, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan (Damanhuri & Padmi, 2010).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan meliputi studi pendahuluan, pengumpulan data primer melalui observasi lapangan dan perolehan data internal perusahaan, pengumpulan data sekunder melalui studi literatur, dan analisis dan evaluasi untuk optimalisasi sistem yang ada.

Jenis data yang diperoleh oleh penulis dalam penelitian adalah data primer berupa hasil observasi dan data internal perusahaan serta data sekunder berupa penelitian terdahulu, studi literatur, dan referensi lain yang berkaitan dengan pengelolaan sampah. Data-data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis dengan metode analisis deskriptif kualitatif.

Metode analisis deskriptif adalah metode penelitian yang mendeskripsikan atau menggambarkan data yang terkumpul sebagaimana adanya tanpa membuat kesimpulan yang bersifat generalisasi (Sugiyono, 2014). Data kualitatif yang diperoleh selanjutnya ditampilkan secara sistematis berdasarkan setiap tahapan pengelolaan limbah non-B3 eksisting. Tahapan yang dimaksud, antara lain meliputi: pengurangan, pewadahan, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, dan pengolahan sampah di perusahaan AMDK yang diteliti. Hasil evaluasi dan analisis digunakan untuk menyusun rekomendasi strategi berdasarkan standar yang ada.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

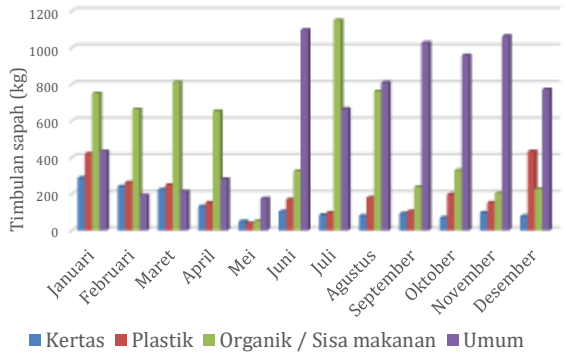
Berdasarkan observasi di lapangan, dilakukan analisis terhadap kondisi pengelolaan sampah yang dilakukan di perusahaan AMDK terpilih. Aspek yang diteliti meliputi jenis, sumber, timbulan, komposisi, dan karakteristik limbah padat, serta teknis pengelolaan yang dilakukan yaitu pengurangan, pewadahan, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir.

Tabel 1 menunjukkan berbagai sumber sampah yang teridentifikasi selama observasi. Sampah berasal dari berbagai titik dan aktivitas yang tersebar di lokasi perusahaan. Timbulan limbah padat non-B3 diukur dalam satuan kilogram (kg) setiap harinya oleh staf *cleaning service* perusahaan dan dicatat untuk kebutuhan pendataan. Timbulan sampah dan setiap bulan di tahun 2021 dan rerata komposisinya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut. Dari data tersebut terlihat bahwa timbulan sampah bulanan selama tahun 2021 berfluktuasi dengan berbagai macam faktor mempengaruhi antara lain: jumlah produk AMDK yang dihasilkan, jumlah pegawai yang bekerja, dan lain-lain.

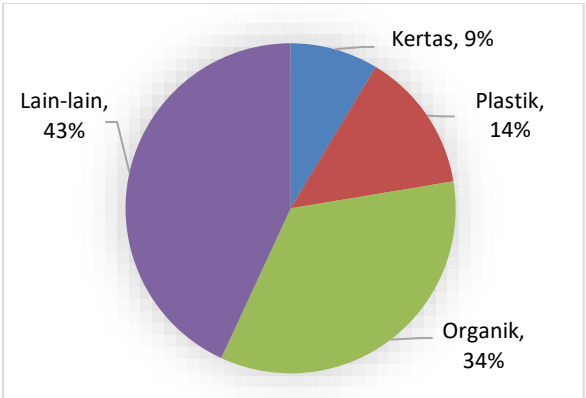
Tabel 1. Sumber dan jenis limbah padat non-B3 di perusahaan

Sumber	Limbah padat
Koperasi	Kaleng, kaca, sterofoam, bungkus makanan, gelas kopi, botol plastik, bungkus kopi, sisa makanan
Kantin	Tissue, sisa buah, sisa makanan
Aktivitas pembersihan	Daun kering, sisa makanan, wypall, tissue, debu
Aktivitas produksi	Kayu, tali, *preform, cap,* plastik bening, sarung tangan karet, sarung tangan, botol produk, serpihan plastik, serpihan label, serpihan karton dan pallet, kertas, masker, karton bekas
Alat pelindung diri (APD)	*Cover shoes*, sarung tangan karet, *hairnet*, masker
Karyawan/pihak ke-3	Bungkus rokok, puntung rokok
Aktivitas perkantoran	Kertas, botol plastik
Aktivitas lab	*Preform reject, screw cap,* label, ATP, sterofoam, pipet, aluminum, media, plastik bening
Ruang tunggu supir (RTS)	Sisa makanan, bungkus makanan, bungkus minuman

(Sumber: Data internal perusahaan)



Gambar 1. Timbulan Sampah Selama Tahun 2021
(Sumber: Data internal perusahaan)



Gambar 2. Rerata Komposisi Sampah
(Sumber: Data internal perusahaan)

Perusahaan membuat klasifikasi jenis limbah menjadi 4 jenis, yaitu: kertas, plastik, organik dan limbah umum. Yang dimaksud dengan limbah/sampah umum ini adalah jenis sampah lain-lain, seperti kaleng, kaca dll. Jenis sampah lain-lain (43%) dan sampah organik (34%) mendominasi timbulan sampah yang dihasilkan. Data komposisi ini dapat digunakan untuk menentukan pola penanganan sampah yang lebih baik.

Seluruh tahapan pengelolaan sampah yang dilakukan perusahaan AMDK tersebut dikaji untuk dievaluasi kerbejalanannya dan dibandingkan dengan standar yang berlaku. Tahapan ini terdiri dari pengurangan, pewadahan, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir.

Pengurangan

Upaya perusahaan dalam mengurangi timbulan sampahnya antara lain dengan meminimalkan timbulan sampah organik dari sisa makanan di kantin. Sisa makanan sehari-hari yang ditimbulkan oleh karyawan internal pabrik turut menyumbang timbulan sampah organik yang angkanya merupakan kedua terbesar setelah sampah umum/lain-lain. Untuk mengatasi hal tersebut, diterapkan porsi makanan tertentu melalui kerjasama dengan vendor kantin dan berbagai kampanye untuk meminimalkan potensi timbulnya sisa bekas makanan.

Upaya untuk mengurangi limbah padat hasil produksi berupa optimalisasi metode pengendalian kualitas produk untuk meminimalkan produk cacat atau *reject*. Metode-metode analisis akar masalah dilakukan pihak perusahaan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi angka *reject* untuk mencapai *zero defect* pada produksinya, untuk kemudian mengurangi timbulan limbah padat hasil produksi yang dihasilkan.

Besaran timbulan sampah adalah sebanya 17.829,58 kg setiap tahunnya. Jumlah timbulan tersebut cukup tinggi jika dibandingkan dengan standar timbulan sampah di sumber perkantoran berdasarkan SNI 19-3983-1995, yaitu 0,025-0,1 kg per pegawai/hari. Dengan jumlah pegawai di perusahaan sebanyak 350 orang dan 81 orang pihak ketiga, maka timbulan sampah berdasarkan standarnya adalah 15.731,5 kg/tahunnya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kegiatan pendatang di luar pegawai yang terdaftar, seperti supir truk dan tamu pabrik.

Pewadahan

Pewadahan sampah terdiri dari pewadahan level 1, 2, dan 3. Tempat sampah level 1 merupakan tempat sampah yang mewadahi limbah padat langsung dari sumbernya. Tempat sampah level 2 merupakan tempat sampah yang menampung sampah dari tempat sampah level 1, sementara tempat sampah level 3 merupakan wadah sementara yang menampung limbah padat dari seluruh kawasan perusahaan yang dikumpulkan melalui tempat sampah level 2.

Tempat sampah di seluruh kawasan perusahaan berjumlah 104 tempat sampah yang diletakkan di berbagai area sumber penghasil. Setiap tempat sampah diberikan stiker nomor untuk memudahkan identifikasi serta pemetaan letak tempat sampah oleh perusahaan. Jumlah tempat sampah beserta jenis dan klasifikasinya tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis Wadah Sampah

No.	Jenis tempat sampah	Klasifikasi	Jumlah
1	Stainless 15 liter	Level 1	23
2	Plastik 25 liter		20
3	Stainless 10 liter		13
4	Akrilik		3
5	Stainless Asthray 15 liter		9
6	Stainless double		1
7	Plastik 120 Liter	Level 2	35
8	Tempat sampah bak besar	Level 3	4

(Sumber: Data internal perusahaan)

Sesuai dengan SNI 19-2454-2002, peletakan tempat sampah level 1 telah menyesuaikan sedekat mungkin dengan sumber penghasil di setiap titik aktivitas dalam kawasan perusahaan. Terdapat tempat sampah di setiap sudut ruang perkantoran serta daerah-daerah yang dilalui oleh karyawan. Pada titik-titik sumber yang menghasilkan jenis sampah spesifik juga telah disediakan tempat sampah yang memiliki fitur memadai. Berdasarkan ketentuan pada standar yang sama, seluruh tempat sampah yang digunakan telah memenuhi persyaratan bahan, yaitu antara lain tidak mudah rusak dan kedap air, ekonomis, serta mudah dikosongkan.

Kapasitas wadah yang disediakan oleh perusahaan telah dapat mengakomodir keseluruhan timbulan yang dihasilkan. Apabila terdapat timbulan yang lebih banyak di lapangan maka perusahaan melakukan frekuensi pengumpulan sampah yang lebih sering.

Pemilahan

Pemilahan sampah yang dilakukan perusahaan terletak di dua titik, yaitu di sumber yang menargetkan penghasil sampah seperti karyawan perusahaan dan pendatang dan di Tempat Penampungan Sementara (TPS) milik perusahaan yang dilakukan oleh petugas kebersihan. Tidak semua tempat sampah yang tersedia memiliki fitur pemilahan sehingga pada akhirnya proses pemilahan sampah sepenuhnya dilakukan kembali di TPS. Masih terdapat sampah yang tercampur atau tidak sesuai jenisnya pada tempat sampah yang memiliki fitur pemilahan. Fitur pemilahan pada pewadahan yang ada juga tidak seragam, ada yang membagi menjadi sampah organik dan plastik, ada pula yang membagi menjadi sampah kertas, plastik, dan umum.

Jenis pemilahan sampah di tahap pewadahan digolongkan menjadi tiga jenis berdasarkan SNI 19-2454-2002 yaitu sampah organik, anorganik, dan B3. Berdasarkan jenis dan komposisi limbah padat non-B3 yang dihasilkan, rekomendasi yang diajukan adalah menyediakan fitur pemilahan pada pewadahan limbah padat non-B3 sesuai spesifikasi berikut.

a. Kertas; meliputi antara lain: kertas dokumen, koran, karton, dll.
b. Plastik; meliputi antara lain: bungkus makanan, gelas kopi, botol plastik, bungkus kopi, dan bungkus minuman, dll.
c. Organik; meliputi antara lain: sisa makanan, sisa buah, tissue, dan daun kering, dll.
d. Umum; meliputi antara lain: kayu, gelas, kaleng, kaca, sterofoam, tissue, debu, bungkus rokok, puntung rokok, dll.

Menurut informasi di lapangan, pemilahan di TPS dilakukan satu kali setiap harinya secara manual oleh rata-rata sebanyak 6 orang petugas kebersihan setiap harinya. Proses pemilahan membutuhkan waktu kurang dari 30 menit. Sampah dipilah menjadi 4 jenis, yaitu kertas, plastik, organik, dan umum. Sementara limbah padat proses produksi dipilah menjadi plastik bening, karton, botol aqua, dan label.

Menurut Tchobanoglous & Kreith (2002), pemilahan secara manual bisa mencapai

efisiensi 80-95%. Berdasarkan data sampah yang dihasilkan di perusahaan, metode manual masih dianggap efisien sehingga masih diperlukan metode pemilahan secara mekanis.

Pengumpulan

Pengumpulan sampah dilakukan sebanyak 1 kali setiap harinya oleh petugas kebersihan menggunakan pola pengumpulan individual tidak langsung menurut SNI 19-2454-2002, yaitu pengambilan sampah dari masing-masing sumber sampah dibawa ke lokasi pemindahan (TPS) untuk kemudian diangkut ke TPA. Sampah di setiap titik sumber dikumpulkan dari tempat sampah level 1 dengan menggunakan tempat sampah level 2 menuju TPS domestik yang terletak di bagian belakang perusahaan. Untuk limbah padat proses produksi dari kawasan produksi dikumpulkan oleh petugas kebersihan menggunakan tempat sampah level 2 menuju TPS Gudang yang juga terletak di bagian belakang perusahaan. Pengumpulan dilakukan pada setiap akhir shift pagi, siang, dan sore oleh petugas kebersihan.

Berdasarkan data dan observasi, mekanisme pengangkutan yang dilakukan oleh perusahaan telah memenuhi persyaratan pada SNI 19-2454-2002. Lokasi pemindahan yang disediakan di TPS perusahaan seluas kurang lebih 50 m^2 mampu menampung armada pengangkut serta kegiatan petugas kebersihan untuk proses pemindahan ke TPA. Pengumpulan dilakukan secara manual oleh petugas dengan tempat sampah level dua berkapasitas 25 liter yang dilengkapi roda sehingga dapat menjangkau titik-titik sumber secara langsung. Mobilisasi dalam proses pengumpulan dilakukan di sisi pejalan (*pedestrian way*) sehingga tidak mengganggu pemakai jalan lainnya. Pengumpulan sampah dikelola oleh *vendor* petugas kebersihan.

Pengangkutan

Operasional pengangkutan sampah dilakukan oleh petugas kebersihan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Cianjur yang bekerjasama dengan perusahaan untuk dibawa ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Pasir Sembung Cianjur.

Pengangkutan dilakukan 1 kali setiap harinya setelah proses pemilahan di TPS milik perusahaan. Menurut Damanhuri dan Padmi (2015), ritasi pengangkutan sampah per hari dapat mencapai 4-5 kali untuk jarak tempuh di bawah 20 km, dan 2-4 ritasi untuk jarak tempuh 20-30 km, tergantung waktu per ritasi sesuai dengan kelancaran lalu lintas, waktu pemuatan, dan pembongkaran sampahnya. Melihat jarak perusahaan ke TPA Pasir Sembung sejauh 16 km, maka sesuai rekomendasi tersebut perlu dilakukan ritasi sebanyak 4-5 kali.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013, dinyatakan bahwa rute pengangkutan sependek mungkin dan dengan hambatan sekecil mungkin, dengan kriteria lokasi TPA yang tepat dari suatu lokasi pengangkutan harus berjarak kurang dari atau sama dengan 25 km. Dengan mempertimbangkan volume timbulan sampah sebesar 54,86 kg/hari atau 178,11 L/hari dan kapasitas pengangkutan sebesar 1.500 L, maka hanya diperlukan ritasi 1 kali sehari.

Sampah yang diangkut oleh petugas DLHK Cianjur diangkut dari TPS milik perusahaan dalam kantong plastik-kantong plastik yang sudah terpilah berdasarkan jenisnya. Jenis yang diangkut ke TPA adalah sampah organik, umum, dan sampah kertas dan plastik yang tidak ekonomis. Berdasarkan wawancara yang dilakukan terhadap salah satu petugas kebersihan, sampah yang diangkut akan mengalami pemilahan kembali di TPA.

Limbah padat proses produksi diangkut oleh pihak ke-3 yang membeli sampah ekonomis tersebut. Pengangkutan dilakukan rata-rata sebanyak 3 kali setiap harinya oleh armada pihak ke-3. Sampah yang diangkut ditimbang terlebih dahulu dan melewati pengecekan *data entry* oleh perusahaan untuk penerbitan surat jalan.

Berdasarkan SNI 19-2454-2002, pola pengangkutan sampah yang dilakukan perusahaan adalah pengangkutan individual langsung (*door to door*). Sampah diangkut dengan truk terbuka berkapasitas 1500 L untuk dibawa ke TPA Pasir Sembung.

Pengolahan

Pengolahan sampah dilakukan di tempat (*on site*) berupa pengolahan smapah organik dari kegiatan penataan taman melalui pengomposan dan pengolahan sampah plastik campuran menjadi *eco-brick*.

a. Pengomposan sampah tanaman

Pengomposan yang dilakukan oleh adalah penimbunan sampah taman dalam lubang kompos dan pengomposan pasif dalam bak komposting di area *greenhouse.* Lubang kompos merupakan galian berukuran 120 cm x 120 cm dengan kedalaman mencapai 1,5 m

yang terletak di berbagai titik dalam kawasan perusahaan. Setiap lubang kompos dapat menampung hingga 500 kg sampah taman yang ditampung setiap harinya oleh petugas taman. Umumnya lubang kompos penuh dalam jangka waktu 14 hari. Lubang yang telah penuh kemudian dipadatkan dan ditutup dengan tanah untuk dibiarkan terdekomposisi menjadi kompos. Penyiraman secara rutin dilakukan dengan air pada lubang. Belum terdapat pemanfaatan kompos dari lubang kompos, sampah taman yang terdekomposisi hanya dibiarkan untuk menyuburkan tanah sekitarnya. Secara total, terdapat 7 lubang kompos yang tersebar di kawasan perusahaan.

Pengomposan sampah taman juga dilakukan menggunakan bak komposter *Biophosko* berukuran 80L yang terletak di area *greenhouse* perusahaan. Sampah taman yang diolah antara lain rumput basah yang baru dipotong, daun kering, dan ranting-ranting kecil. Mekanisme pengomposan yang dilakukan dimulai dengan pencampuran sampah organik dalam bak komposter, penyiraman secara rutin dengan air, dan pemberian aktivator berupa EM4. Kompos selanjutnya dibiarkan matang selama 6 minggu dan dipanen oleh petugas taman. Penggunaan komposter ini belum dilanjutkan kembali dimana penggunaan terakhir adalah di tahun 2021 yang lalu.

b. *Eco-brick*

Pengolahan sampah plastik menjadi *eco-brick* dilakukan oleh perusahaan sejak tahun 2021. Jenis sampah plastik yang diolah meliputi kemasan minuman, kemasan makanan, dan label botol AMDK. Sampah tersebut dimasukkan ke dalam botol plastik berukuran 1.500 mL yang diletakkan di beberapa titik pewadahan oleh karyawan perusahaan kemudian dikumpulkan untuk diolah menjadi furnitur. Produk dari *eco-brick* sejauh ini dikumpulkan oleh perusahaan, yaitu berupa tempat duduk yang terletak di kantin.

Dari observasi, terdapat sejumlah kendala dan peluang yang ditemukan, antara lain:

- Hasil kompos dari aktivitas pengomposan di lubang kompos memiliki potensi pemanfaatan yang belum dijalankan oleh perusahaan. Hal ini juga menyebabkan lubang kompos yang telah lewat masa gunanya tidak dapat digunakan kembali dan ditimbun sehingga sampah organik baru yang perlu diolah memerlukan penggalian lubang kembali.
- Bak komposter yang tersedia belum dilanjutkan untuk pemanfaatan sejak tahun 2021 oleh karena kurangnya panduan komposting pada staf kebun perusahaan.
- Pemanfaatan sampah plastik non-ekonomis menjadi *eco-brick* belum terlaksana kembali karena sampah yang dikumpulkan kotor dan basah, sementara kriteria sampah plastik yang diperlukan untuk pembuatan *eco-brick* perlu bersih dan kering agar terhindar dari tumbuhnya bakteri dan pembentukan metan.

Pemrosesan Akhir

Pemrosesan akhir sampah berupa penimbunan akhir di TPA Pasir Sembung yang berada di Desa Sirnagalih, Kecamatan Cilaku, Kabupaten Cianjur. Luas lahan TPA ini mengalami perluasan di tahun 2007 seluas 13.500 m^2 sehingga luas keseluruhan TPA menjadi 6 hektar. Perluasan lahan seluas 6.000 m^2 dilakukan di tahun 2011 untuk ruang terbuka hijau. TPA ini memiliki lima zona pembuangan sampah. Zona 1 dan 2 merupakan zona pasif dengan luas masing-masing 2.000 m^2, zona 3 dan zona 4 juga merupakan zona pasif dengan luas masing-masing 3.000 m^2, sementara zona 5 merupakan zona aktif yang memiliki luas lima hektar (Fathiras, 2011).

Sampah diangkut oleh petugas TPA menggunakan armada secara langsung dari TPS perusahaan menuju TPA. Total sampah yang masuk ke TPA Pasir Sembung setiap harinya mencapai 162.940 m^3 (Fathiras, 2011). Seluruh sampah tersebut diangkut dari berbagai TPS menggunakan *dump truck* yang dikelola oleh pihak TPA.

Pengelolaan sampah di TPA Pasir Sembung diatur oleh Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 33 Tahun 2010 tentang Pedoman Pengelolaan Sampah. Pengelolaan yang dilakukan menggunakan metode *control landfill* dengan menimbun sampah dengan tanah ketebalan 40 cm dua kali seminggu. Kolam *leachate* juga tersedia untuk menampung air limbah yang ditimbulkan oleh sampah. Proses yang terjadi meliputi proses ekualisasi dan aerasi, netralisasi asam basa, koagulasi dan flokulasi, *chemical clarifier*, oksidasi, dan sedimentasi. Untuk sampah organik, terdapat pengolahan berupa sistem komposting dengan Sistem Pengolahan Sampah Terpadu (SIPESAT) yang

menghasilkan kurang lebih dua ton kompos setiap harinya.

4. KESIMPULAN

Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dalam proses produksi berpotensi menghasilkan sampah dari berbagai sumber. Dari hasil observasi terhadap perusahaan AMDK yang diteliti, sampah dapat dihasilkan dari koperasi, kantin, aktivitas produksi, Alat Pelindung Diri (APD), karyawan/pihak ke-3, aktivitas perkantoran, aktivitas laboratorium, dan ruang tunggu supir dengan total timbulan di tahun 2021 sebanyak 17.829 kg atau 54,86 kg/hari. Jenis sampah dihasilkan oleh perusahaan didominasi limbah umum/*general waste* terdiri dari kayu, gelas, kaleng, kaca, sterofoam, tissue, debu, bungkus rokok, puntung rokok, dll.

Sistem pengelolaan sampah yang dilakukan oleh perusahaan meliputi pengurangan, pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir yang menggunakan TPA milik Pemerintah Daerah. Pengelolaan sampah eksisting masih bisa ditingkatkan, antara lain: penyediaan fasilitas pemilahan di sumber pada pewadahan, pemanfaatan kembali sampah, dan pengolahan sampah jenis organik dan plastik melalui pengomposan dan *eco-brick*.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abdissa, G., Ayalew, A., Dunay, A. and Illés, C.B. (2022). Role of Reverse Logistics Activities in the Recycling of Used Plastic Bottled Water Waste Management. *Sustainability, 14*(1): 7650. doi: 10.3390/su14137650

Aslani, H., Pashmtab, P., Shaghaghi, A., Mohammadpoorasl, A., Taghipour, H., and Zarei, M. (2021). Tendencies towards bottled drinking water consumption: Challenges ahead of polyethylene terephthalate (PET) waste management. *Health Promotion Perspectives, 11*(1): 60-68. Doi: 10.34172/hpp.2021.09

Badan Standarisasi Nasional. (1995). *Spesifikasi Timbulan Sampah Kota Sedang dan Kota Kecil*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.* Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Cahayani, I., Fachurreza, A.M., dan Puspita, A.N. (2023). Danone-Aqua Circular Economy Performance in Maximizing Waste Plastic Value. *Jurnal of Economics and Policy (JEJAK), 16*(1): 92-103. doi: 10.15294/jejak.v16i1.43476

Damanhuri, E dan Padmi, T. (2004). *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Bandung: Penerbit ITB.

Fathiras, Nasya. (2011). *Analisis Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir Pasir Sembung Kabupaten Cianjur (Aplikasi Model IPAT).* Bogor: IPB.

Hidayat, Y.A., Kiranamahsa, S., and Zamal, M.A. (2019). A study of plastic waste management effectiveness in Indonesia industries. *AIMS Energy, 7*(3): 350–370. doi: 10.3934/energy.2019.3.350

Pramiati, S.K., Soesilo, T.E.B., and Agustina, H. (2021). *Post-Consumer plastic packaging waste management in Indonesia: A producer responsibility approach*. E3S Web of Conferences 325, 03005.

Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.* Bandung: Alfabeta.

Rachman, I., Soesanto, Q.M.B., Khair, H., dan Matsumoto, T. (2020). Participation of leaders and community in solid waste management in Indonesia to reduce landfill waste load. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management, 4*(2): 75-84. doi: 10.23969/jcbeem.v4i2.3348

Tchobanoglous, G. and Kreith, F. (2002) *Handbook of Solid Waste Management. 2nd Edition*. New York: McGraw Hill Handbooks.

Ulfah, M. dan Kulsum. (2022). Waste Minimisation on production processes of botled drinking water using green lean six sigma approach. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 32*(1): 40-49. doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.40

Wang, T., Kim, J., and Whelton, A.J. (2019). Management of plastic bottle and filter waste during the large-scale Flint Michigan lead contaminated drinking

water incident. *Resources, Conservation and Recycling, 140*, pp. 115-124. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.08.021

Wardrop, N.A., Dzodzomenyo, M., Aryeetey, G., Hill, A.G., Bain, R.E.S., and Wright, J. (2017). Estimation of packaged water consumption and associated plastic waste production from household budget surveys. *Environmental Research Letters, 12*(7). doi: 10.1088/1748-9326/aa751f/