

Studi Timbulan, Komposisi, dan Pengelolaan Limbah Padat Non B3 di Industri Pakan Ternak

Ahmad Naufal Arkan Syah, Sarwoko Mangkoedihardjo*

Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
Koresponden email: ahmad.naufalarkansyah@gmail.com, *sarwoko@enviro.its.ac.id

Diterima: 28 Juni 2024

Disetujui: 5 Juli 2024

Abstract

One industrial sector that has experienced significant development in Indonesia is the animal feed industry. This industry produces various types of waste, including leftover raw materials, products that do not meet specifications, and used packaging. Management of non-B3 waste (Hazardous and Toxic Materials) is very important to avoid negative impacts on the environment. To design a waste management system in an area, initial data is needed which includes the amount of waste produced, the composition of the waste, and the characteristics of the waste in the area where the management system will be planned. This research analyzes the condition of non-B3 solid waste management in the animal feed industry, with a focus on waste generation and composition. Sampling was carried out for 8 days in accordance with SNI 19-3964-1995. The research results showed that domestic waste reached 14,093 kg/day and industrial waste reached 1641.53 kg/day. In the office area, waste is dominated by food scraps (29.11%) and tissue paper (16.45%), while in the yard area, cigarette butts (30.38%) and food scraps (19.38%) are dominant. Most industrial waste comes from corn tubies (62.46%) and carbonate sacks (22.43%). These findings are important for designing effective solid waste management systems in the animal feed industry, maintaining environmental sustainability, and meeting regulatory standards

Keywords: *characteristics, composition, management, non hazardous solid waste*

Abstrak

Salah satu sektor industri yang mengalami perkembangan signifikan di Indonesia adalah industri pakan ternak. Industri ini menghasilkan berbagai jenis limbah, termasuk sisa bahan baku, produk tidak sesuai spesifikasi, dan kemasan bekas. Pengelolaan limbah non-B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sangat penting untuk menghindari dampak negatif pada lingkungan. Untuk merancang sistem pengelolaan sampah di suatu daerah, diperlukan data awal yang mencakup jumlah sampah yang dihasilkan, komposisi sampah, dan karakteristik sampah di daerah yang akan direncanakan sistem pengelolaannya. Penelitian ini menganalisis kondisi pengelolaan limbah padat non-B3 di industri pakan ternak, dengan fokus pada timbulan dan komposisi limbah. Pengambilan sampel dilakukan selama 8 hari sesuai dengan SNI 19-3964-1995. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah domestik mencapai 14,093 kg/hari dan limbah industri mencapai 1641,53 kg/hari. Di area kantor, limbah didominasi oleh sisa makanan (29,11%) dan kertas tisu (16,45%), sementara di area halaman, dominan adalah puntung rokok (30,38%) dan sisa makanan (19,38%). Limbah industri paling banyak berasal dari tumpi jagung (62,46%) dan karung karbonat (22,43%). Temuan ini penting untuk merancang sistem manajemen limbah padat yang efektif di industri pakan ternak, menjaga keberlanjutan lingkungan, dan memenuhi standar regulasi.

Kata Kunci: *karakteristik, komposisi, pengelolaan, limbah padat non b3*

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan teknologi berbanding lurus dengan semakin meningkatnya kegiatan industri. Salah satu dampak negatif pertumbuhan industri adalah pencemaran lingkungan akibat dari limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Setiap industri menghasilkan limbah yang berasal dari aktivitas produksi dan para pekerja yang berkerja di dalam instansi tersebut [3]. Salah satu industri yang cukup berkembang di Indonesia yakni industri pakan ternak. Limbah yang dihasilkan oleh industri ini dapat mencakup berbagai jenis material, mulai dari sisa bahan baku, produk yang tidak sesuai spesifikasi, hingga kemasan bekas. Pengelolaan limbah padat non B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) menjadi perhatian utama karena meskipun tidak berbahaya, limbah jenis ini dapat berdampak buruk terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan cara yang sesuai. Berdasarkan observasi dan informasi dari HSE salah satu industri pakan ternak, limbah padat sisa hasil produksi yang dibuang ± 35 ton/bulan dan limbah padat domestik ± 5 ton/bulan. Selama ini industri pakan ternak dalam pengelolaan sampah atau limbah masih bertumpu pada pendekatan akhir (*end-of-pipe*), yakni sampah atau limbah

dikumpulkan, diangkut, dan dibuang ke tempat pemrosesan akhir sampah. Oleh sebab itu, diperlukan strategi pengelolaan yang efektif dan efisien untuk memastikan limbah ini tidak mencemari lingkungan.

Menurut Gelbert [6], terdapat tiga dampak utama sampah terhadap manusia dan lingkungan yaitu dampak terhadap kesehatan, dampak terhadap lingkungan, dan dampak sosial-ekonomi. Berbagai dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas industri ini, perlu dilakukan pengelolaan. Oleh karena itu diperlukan strategi khusus dalam pengelolaan sampah dalam hal teknologi pengolahan sampah [1]. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pendekatan yang berfokus pada tahap akhir yang seharusnya sudah saatnya ditinggalkan dan diganti dengan sudut pandang baru yang melihat sampah sebagai sumber daya yang memiliki nilai jual dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, seperti untuk energi, kompos, pupuk, atau bahan baku industri [4]. Pengelolaan sampah dengan model baru ini mencakup kegiatan pengurangan dan pengolahan sampah.

Pengurangan sampah mencakup kegiatan pembatasan penggunaan, penggunaan kembali, serta daur ulang, sedangkan pengelolaan sampah sendiri meliputi klasifikasi, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pembuangan akhir. Melalui proses tersebut didapatkan sudut pandang bahwa paradigma mengenai pengolahan sampah dapat diwujudkan dengan transformasi sudut pandang untuk menuju konsep ekonomi lingkungan [8]. Konsep ini tentunya merupakan implementasi utama dalam penerapan sustainable development dalam bidang pengolahan sampah [7]. Pengaruh terhadap lingkungan dapat memperluas skala aktivitas ekonomi, dengan mengubah komposisi pengelolaan lingkungan, dan dengan pembawaan konsep tersebut dapat membawa perubahan dalam teknik produksi secara ramah lingkungan. [9].

Untuk merancang sistem pengelolaan sampah yang baik diperlukan data awal antara lain timbulan sampah, komposisi, dan karakteristik sampah yang dihasilkan pada wilayah perencanaan. [5]. Tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat menganalisis kondisi dari pengelolaan limbah padat non B3 di industri pakan ternak dan mengidentifikasi timbulan dan komposisi limbah padat non B3 di industri pakan ternak, sehingga data tersebut dapat digunakan dalam menentukan sistem manajemen pengelolaan limbah padat di industri pakan ternak. Pengelolaan limbah padat memiliki beberapa solusi diantaranya meminimalisasi sampah pada sumbernya serta pengendalian pencemaran lingkungan selama proses pengelolaan limbah padat [12].

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April hingga Mei 2024 di industri pakan ternak yang berlokasi di Surabaya dengan luas area ±3,4 ha, kapasitas produksi ±13.000 ton/hari, dan jumlah karyawan ±270 orang. Penelitian ini difokuskan pada identifikasi timbulan dan komposisi limbah padat non B3 di industri pakan ternak. Data pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan melakukan observasi lapangan, tanya jawab, sampling timbulan dan komposisi sampah (limbah padat non B3) yang dihasilkan oleh industri pakan ternak. Metode pengambilan dan pengukuran timbulan dan komposisi limbah padat dilakukan setiap hari dalam jangka waktu 8 hari, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-3964-1995. Data sekunder diperoleh melalui referensi atau studi kepustakaan, misalnya terkait jenis-jenis limbah padat.

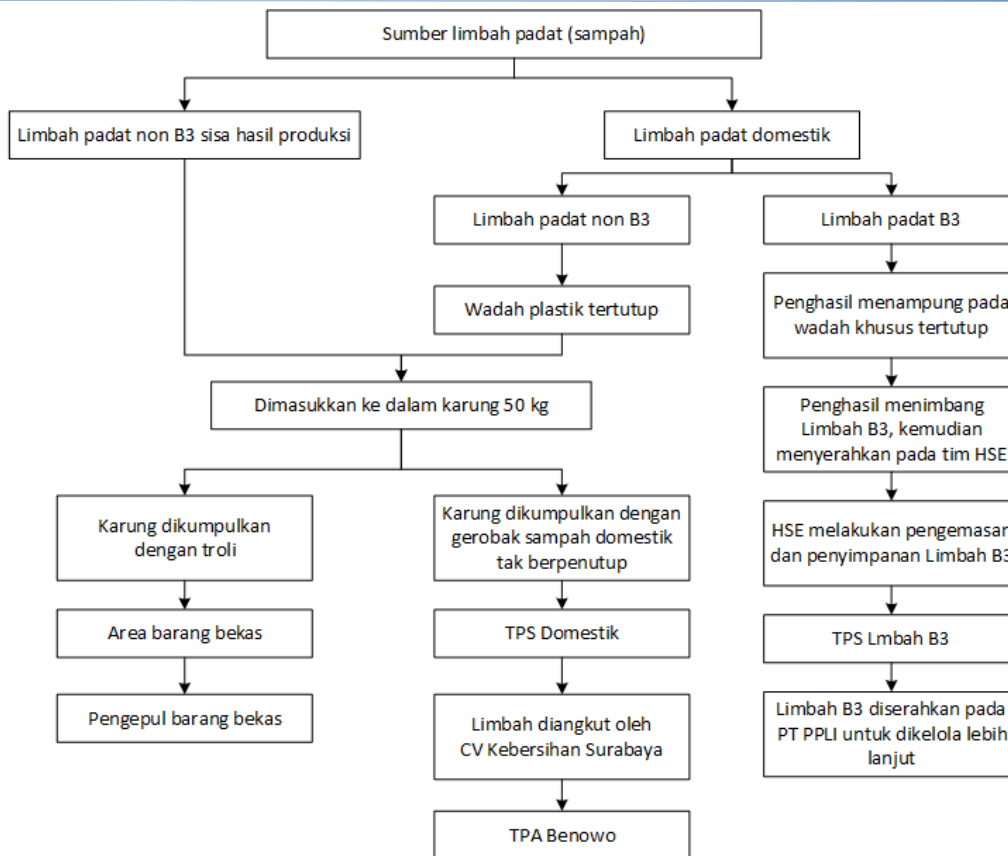
Sampel dari berbagai sumber penghasil limbah, seperti area perkantoran, area halaman, dan area produksi, dikumpulkan di satu lokasi untuk kemudian diukur berat totalnya. Berat masing-masing komponen limbah ditentukan dengan menimbang komponen yang telah dipilah. Persentase komposisi kemudian dihitung dengan membagi berat setiap komponen dengan berat total keseluruhan limbah [14]. Metode tersebut menjadi jawaban atas permasalahan pengolahan sampah yang hanya mengambil, memproduksi, dan membuang sisa hasil produksi [11]. Perhitungan komposisi limbah dihitung menggunakan persamaan berikut: [15].

$$\% \text{ Komposisi limbah} = \frac{\text{Berat rata-rata komponen limbah}}{\text{Berat total limbah}} \times 100\%$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Pengelolaan Limbah Padat Non B3 di Industri Pakan Ternak

Industri pakan ternak masih menerapkan paradigma pengelolaan sampah atau limbah yang berfokus pada pendekatan akhir (*end-of-pipe*), yaitu sampah dikumpulkan, diangkut, dan dibuang ke tempat pemrosesan akhir sampah. Berikut **Gambar 1** pengelolaan limbah padat di industri pakan ternak.



Gambar 1. Alur Pengelolaan Limbah Padat di Industri Pakan Ternak

Pengelolaan limbah padat non B3 di industri pakan ternak dilakukan dengan kegiatan sebagai berikut:

a. Pengurangan limbah padat

Industri pakan ternak berupaya mengurangi limbah padat dengan menerapkan pengurangan penggunaan kertas (*paperless*) dengan mengganti formulir berbasis kertas menjadi formulir elektronik. Selain itu, ceceran bahan baku dari kegiatan produksi pakan dimasukkan kembali ke dalam mesin produksi untuk diproses ulang.

b. Identifikasi limbah padat

Identifikasi kegiatan yang berpotensi menghasilkan limbah dilakukan berdasarkan aktivitas produksi dan perkantoran. Limbah padat domestik berasal dari aktivitas karyawan, karyawan alih daya, karyawan borongan, dan sopir truk. Limbah padat selanjutnya diklasifikasikan menjadi limbah padat B3, limbah padat non B3 sisa hasil produksi, dan limbah padat non B3 domestik.

c. Pewadahan

Limbah padat dari aktivitas perkantoran ditempatkan dalam 55 unit tempat sampah berukuran 5 liter, sedangkan limbah dari area halaman ditempatkan dalam 30 unit tempat sampah berukuran 118 liter.

Gambar 2 menunjukkan pewadahan limbah tersebut.



(a)



(b)

Gambar 2. Pewadahan limbah (a) di kantor; (b) di halaman

d. Pengumpulan

Proses pengumpulan sampah dilakukan dengan menggunakan pola pengumpulan sampah komunal tidak langsung. Pola ini melibatkan pengambilan sampah dari berbagai titik penghasil sampah, yang kemudian dikumpulkan di satu lokasi dan pada waktu tertentu dipindahkan ke tempat pembuangan akhir [5]. Limbah padat dari kantor dikumpulkan oleh karyawan alih daya menggunakan karung berukuran 50 kg. Pengumpulan limbah padat dari kantor biasanya dilakukan antara pukul 17.00-18.00 WIB, sementara pengumpulan limbah padat di area halaman dilakukan pada pukul 07.00 WIB. Untuk limbah padat non B3 sisa hasil produksi, pengumpulan dilakukan selama proses produksi berlangsung.

e. Pemandahan dan pengangkutan

Seluruh limbah padat dari kantor dan halaman dikumpulkan ke dalam gerobak berukuran $140 \times 80 \times 60$ cm antara pukul 08.00-10.00 WIB. Setelah terkumpul, limbah padat dipindahkan ke TPS Domestik berkapasitas 36 m^3 . Limbah padat non B3 sisa hasil produksi yang terkumpul dipindahkan menggunakan troli berukuran 100×80 cm menuju area penampungan limbah seluas 2×50 m. Limbah padat non B3 diangkat menggunakan dump truk tipe *Colt Diesel Double* (CDD) berkapasitas 4 ton, limbah non B3 sisa hasil produksi yang terkumpul di area penampungan tersebut kemudian diangkat oleh pengepul, sedangkan limbah padat non B3 domestik diangkat ke TPA Benowo oleh vendor penyedia jasa pengangkutan limbah. Pengangkutan limbah padat non B3 dilakukan masing-masing 3-4 kali dalam satu bulan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Alat pengangkut: (a) gerobak; (b) troli; (c) Truk *Colt Diesel Double*



(a)



(b)

Gambar 4. Tempat penampungan: (a) limbah padat non B3 sisa hasil produksi; (b) TPS Domestik

f. Pembuangan akhir

Pada tahap ini, limbah padat non B3 dari industri pakan ternak dibuang ke TPA Benowo tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Proses pembuangan limbah ini dilakukan oleh CV Kebersihan Surabaya, pihak ketiga yang telah memiliki izin pembuangan sampah dari Dinas Lingkungan Hidup Surabaya.

g. Pemantauan dan pelaporan

Guna memastikan pelaksanaan target keberlanjutan dalam mengarahkan aktivitas bisnis agar memperhatikan dampak lingkungan dan sosial, perusahaan telah membuat *Sustainability Reporting System*. Sistem ini berfungsi sebagai alat untuk memonitor kinerja lingkungan, sosial, dan keuangan perusahaan. Setiap bulan, personel yang ditunjuk membuat laporan pada *Sustainability Reporting System*, selanjutnya perkembangan pelaksanaan kegiatan tersebut dipantau oleh manajemen pusat.

3.2 Timbulan dan Komposisi Limbah Padat Non B3 di Industri Pakan Ternak

Pada kurun waktu 8 hari diusahakan seluruh limbah padat dari fasilitas dapat terukur [16]. Limbah padat domestik berasal dari aktivitas karyawan, karyawan alih daya, karyawan borongan, dan sopir truk. Pengkategorian komposisi limbah sesuai dengan jenisnya, seperti kantong kresek dikategorikan plastik HD, botol shampo, botol sabun, botol kecap, dan sejenisnya dikategorikan plastik HDPE, styrofoam dan busa dikategorikan plastik PS, botol air mineral dan minuman kemasan plastik dikategorikan plastik PET, dan jenis kantong plastik bening transparan dikategorikan plastik PP. Rata-rata limbah domestik yang dihasilkan dari perkantoran dan halaman adalah 14,09 kg/hari. Berikut merupakan data hasil pengambilan sampling timbulan dan komposisi limbah padat non B3 yang berasal dari kegiatan domestik.

Tabel 1. Timbulan dan Komposisi Limbah Padat Non B3 Domestik di Industri Pakan Ternak

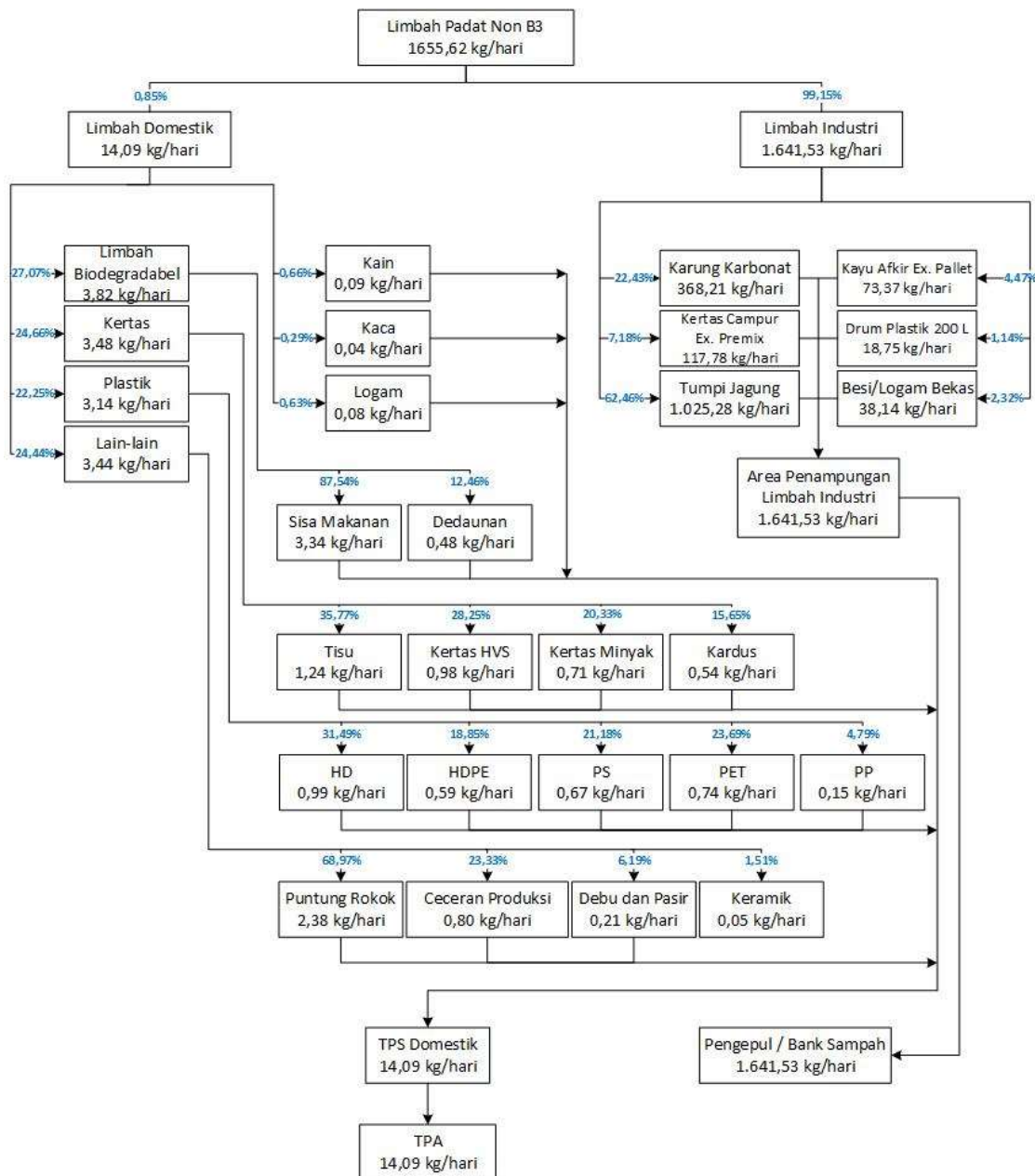
Jenis Limbah		Area Kantor				Area Halaman			
Umum	Spesifik	Komposisi (%)	Massa (kg/hari)	Volume (m ³)	Massa Jenis (kg/m ³)	Komposisi (%)	Massa (kg/hari)	Volume (m ³)	Massa Jenis (kg/m ³)
Limbah biodegradable	Sisa makanan	29,11%	1,825	0,0142	128,52	19,38%	1,515	0,0067	227,82
	Dedaunan	0,20%	0,013	0,0002	83,33	5,92%	0,463	0,0058	79,74
Kertas	Kertas tisu	16,45%	1,031	0,0142	72,50	2,72%	0,213	0,0035	61,59
	Kertas HVS, Kertas koran	10,17%	0,638	0,0095	67,28	4,40%	0,344	0,0034	102,61
	Kertas minyak	3,89%	0,244	0,0046	53,57	5,92%	0,463	0,0036	130,28
	Kardus	8,67%	0,544	0,0077	70,62	0,00%	0,000	0,0000	0,00
Kain	Kain lap dapur	0,10%	0,006	0,0003	25,00	1,12%	0,088	0,0010	92,11
Plastik	HD	7,58%	0,475	0,0086	55,49	6,55%	0,513	0,0057	90,71
	HDPE	5,44%	0,341	0,0032	106,64	3,20%	0,250	0,0041	61,73
	PS	3,73%	0,234	0,0065	35,96	5,50%	0,430	0,0004	268,75
	PET	5,78%	0,363	0,0063	57,77	4,86%	0,380	0,0077	49,35
	PP	1,50%	0,094	0,0030	31,78	0,72%	0,056	0,0038	60,00
Logam	Kaleng aluminium	0,44%	0,028	0,0033	8,33	0,72%	0,056	0,0017	34,09
	Logam lain	0,06%	0,004	0,0002	25,00	0,00%	0,000	0,0000	0,00
Kaca	Botol minum	0,04%	0,003	0,0001	25,00	0,48%	0,038	0,0002	125,00
Lain-lain	Puntung rokok	0,70%	0,044	0,0004	0,00	30,38%	2,375	0,0072	332,17
	Ceceran produksi	2,65%	0,166	0,0009	193,03	8,15%	0,638	0,0033	193,18
	Debu dan pasir	3,39%	0,213	0,0023	92,39	0,00%	0,000	0,000	0,00
	Keramik	0,10%	0,052	0,0001	125	0,00%	0,000	0,000	0,00
Total		100%	6,269	0,0851	73,62	100%	7,819	0,058	135,86

Berdasarkan sampling timbulan limbah padat non B3 domestik, di area kantor didominasi limbah sisa makanan 29,11% dan kertas tisu 16,45%, sedangkan pada area halaman didominasi limbah puntung rokok 30,38% dan sisa makanan 19,38%. Menurut [10], faktor yang berpengaruh terhadap besarnya timbulan sampah adalah alam dan manusia. Faktor manusia yang mempengaruhi timbulan sampah yaitu aktivitas kerja, hal ini sejalan dengan penelitian [13], timbulan sampah atau limbah padat di kantor didominasi oleh limbah kertas dan limbah organik. Pada area halaman didominasi limbah puntung rokok karena dipengaruhi oleh sopir truk dan karyawan borongan yang melakukan aktivitas merokok ketika menunggu antrian dan beristirahat di area halaman perusahaan.

Tabel 2. Timbulan dan Komposisi Limbah Padat Non B3 Sisa Produksi di Industri Pakan Ternak

Jenis Limbah	Massa (kg/hari)	Komposisi (%)
Karung Karbonat	368,21	22,43%
Kertas Campur Ex. Premix	117,78	7,17%
Tumpi Jagung	1025,28	62,46%
Kayu Afkir ex. Pallet	73,37	4,47%
Drum Plastik 200 Liter	18,75	1,14%
Besi / Logam Bekas	38,14	2,32%
Total	1641,53	100%

Berdasarkan **Tabel 2**, persentase tertinggi limbah padat non B3 yang dihasilkan dari sisa produksi berasal dari tumpil jagung 62,46% dan karung karbonat 22,43%. Hal ini dikarenakan jagung merupakan salah satu bahan pakan yang berfungsi sebagai sumber energi utama pada pakan ternak, umumnya jagung yang digunakan sekitar 40-50% dalam ransum [2]. Karung karbonat menempati urutan kedua tertinggi sebagai limbah non B3 yang dihasilkan dari sisa produksi, karena karung ini digunakan sebagai kemasan untuk menyimpan bahan baku pakan. Pada **Gambar 5** dapat dilihat *mass balance* pengelolaan limbah padat non B3.



Gambar 5. Mass Balance Pengelolaan Limbah Padat Non B3

4. Kesimpulan

Proses pengelolaan sampah di Industri Pakan Ternak yaitu pengurangan limbah padat dilakukan dengan penerapan *paperless*, identifikasi limbah padat disesuaikan dengan jenis limbahnya yaitu limbah domestik dan limbah industri (sisa produksi), pewadahan menggunakan tempat sampah berukuran 5 liter dan 118 liter, pengumpulan limbah dengan menggunakan karung 50kg, pemindahan limbah dengan troli dan gerobak sampah, pengangkutan limbah untuk dibuang ke TPA Benowo oleh pihak ketiga dengan Truk *Colt Diesel Double*, serta pelaporan internal perusahaan melalui program *Sustainability Reporting System*.

Timbulan dan komposisi limbah yang dihasilkan oleh Industri Pakan Ternak adalah limbah domestik 14,093 kg/hari dan limbah industri 1641,53 kg/hari, yang mana di area kantor didominasi limbah sisa makanan 29,11% dan kertas tisu 16,45%, sedangkan pada area halaman didominasi limbah puntung rokok 30,38% dan sisa makanan 19,38%, sedangkan limbah industri yang dominan yaitu tumpi jagung 62,46% dan karung karbonat 22,43%.

5. Referensi

- [1] A. Wahyudi, R. A. Abdillah, & A. I. I. Nutqhi. Strategi Dinas Lingkungan Hidup Kota Malang dalam Mengatasi Permasalahan Sampah di Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Simposium Nasional*, hal. 1018-1045. 2020.
- [2] B. Tangendjaja, "Inovasi Teknologi Pakan Menuju Kemandirian Usaha Ternak Unggas," *Wartazoa*, 17 (December), 12-20, 2007.
- [3] D. Y. P Putra & S. Q. Z. Nisa, "Evaluasi Penerapan Konsep Zero Waste Terhadap Pengelolaan Sampah Domestik Industri Non-Woven (Studi Kasus di PT. XYZ)," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(3), 526-534, 2023.
- [4] D. Y. Setyaningsih, E. Hilmi, R. Andreas, E. Suyanto, & E. E. Nasihuddin. *Strategi Pengelolaan Sampah Berkelanjutan pada Industri Rokok Menggunakan Konsep 5R (Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, and Repair)*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 200-209. 2023.
- [5] E. Damanhuri & T. Padi, *Diktat Pengelolaan Sampah*, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, 2010.
- [6] M. Gelbert, A. Prihanto, & A. Suprihatin, "*Konsep Pendidikan Lingkungan Hidup*", Buku Panduan Lingkungan Hidup, Malang, 1996.
- [7] I. A. Abednego, E. P. N. Choiroti, & V. Aprilia. Prinsip Zero Waste dalam Pengelolaan Lingkungan di Kampung Kota (Studi Kasus: Kampung Darmorejo). *Prosiding Seminar Nasional Planoearth*, 64-72. 2021.
- [8] M. Sillanpää & M. C. Ncibi. *The Circular Economy: Case Studies about The Transition From The Linear Economy*, Academic Press, imprint of Elsevier. 2019.
- [9] G. Grossman & A. Krueger. *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement* (No. w3914; p. w3914). National Bureau of Economic Research. 1991.
- [10] G. Tchobanoglous, "*Integrated Solid Waste Management*," Mc.Graw-Hill, New York, 1993.
- [11] P. Y. N. Islami. "Perubahan Iklim dan Ekonomi Sirkular", dalam *Ekonomi Sirkular dan Pembangunan Berkelanjutan*, eds. Hasbi, M.Z.N, Penerbit Jejak Pustaka, Bantul, hal. 67-91. 2022.
- [12] R. Gaur. *Basic Environmental Engineering*. New Age. New Delhi. 2008.
- [13] R. Shochib, "Timbulan Sampah Kawasan Kantor BPPT," *JRL*, 6(3), 311-317, 2010.
- [14] S. Raharjo & R. Geovani, "Studi Timbulan, Komposisi, Karakteristik, dan Potensi Daur Ulang Sampah Non Domestik Kabupaten Tanah Datar". *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 12(1), 27-37, 2015.
- [15] T. Parmawati, E. Hernawan, & S. Listyarini. Pemodelan Sistem Pengelolaan Sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kabupaten Tana Tidung dengan Pendekatan System Dynamic. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 8, No. 1, hal. 17-24. 2023
- [16] Y. V. Agustia, "Model Sistem Dinamik Pada Pengembangan Pengelolaan Sampah Kecamatan Gubeng Kota Surabaya," *Tesis*, Magister Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2014.