

Identifikasi Timbulan dan Analisis Pengelolaan Limbah B3 di Pabrik Kertas PT X

Eka Wardhani^{1*}, Rosmeiliyana²

^{1,2}Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jalan PHH Mustofa No 23 Bandung 40124

*Koresponden email: ekawardhani08@gmail.com

Diterima: 25 Juli 2020

Disetujui: 6 Agustus 2020

Abstract

This study aimed to evaluate the management of toxic hazardous materials (THM) in PT. X. The research method uses a comparison technique between the implementation of THM management with the applicable regulations, namely Republic of Indonesia Government Regulation No. 101/2014 concerning management of THM, Minister of Environment Regulation No. 14/2013 concerning the symbol and label of THM, environmental control agency decision No 1/1995 concerning the storage and collection of THM, and environmental control agency decision 2/1995 concerning THM documents. Based on the research PT X has carried out the management of THM in each production unit that produces THM. The types of THM were produced those are ink sludge, WWTP sludge, fly ash, bottom ash, used chemical packaging, ink cans, electronic waste, mercury lamps, toner, filters, and used refrigerants. The characteristics of THM are toxic, corrosive, highly flammable, and infectious. The biggest amount of THM produced in the WWTP sludge. The company has reused WWTP sludge so that it can reduce the amount of sludge produced by 99.83%. The THM management system at PT X follows the work instruction that has been based on applicable regulations. PT X conducts THM management very well.

Keywords: *hazardous materials, pulp industry, waste management, waste generation, waste policy*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi pengelolaan LB3 di PT. X. Metode penelitian menggunakan teknik perbandingan antara implementasi pengelolaan LB3 dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku yaitu PPRI No. 101/2014 tentang Pengelolaan LB3, Permen LH No. 14/2013 tentang simbol dan label LB3, Kep Bapedal No. 1/1995 tentang penyimpanan dan pengumpulan LB3, Kep Bapedal No. 2/1995 tentang dokumen LB3. Berdasarkan hasil penelitian PT X telah melakukan pengelolaan LB3 di setiap unit produksi yang menghasilkan LB3. Jenis LB3 yang dihasilkan diantaranya adalah *sludge* tinta, lumpur IPAL, *fly ash*, *bottom ash*, kemasan bekas bahan kimia, kaleng tinta, *electronic waste*, lampu *mercury*, toner bekas, filter bekas, dan refrigerant bekas. Karakteristik LB3 bersifat beracun, korosif, mudah terbakar, dan infeksius. Jumlah LB3 terbesar yang dihasilkan yaitu lumpur IPAL dengan jumlah mencapai 33.073,333 ton/bulan. Perusahaan ini telah melakukan pemanfaatan kembali lumpur IPAL sehingga dapat mereduksi jumlah lumpur yang dihasilkan sebesar 99,83%. Sistem pengelolaan LB3 di PT X mengikuti *work instruction* yang telah mengacu pada peraturan yang berlaku. PT X melakukan pengelolaan LB3 dengan sangat baik.

Kata Kunci: *bahan beracun berbahaya, industri kertas, pengelolaan limbah, timbulan sampah, peraturan persampahan*

1. Pendahuluan

Pabrik kertas merupakan industri yang sangat penting dan memegang peranan vital dalam kehidupan sehari-hari sehingga keberadaannya harus terus dikembangkan. Proses produksi industri kertas memerlukan bahan kimia serta bahan pendukung lainnya yang dikategorikan sebagai limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (LB3), sehingga memerlukan penanganan khusus [1][2][3]. Penelitian mengenai evaluasi LB3 telah banyak dilakukan diberbagai sektor yaitu rumah sakit [4][5], industri tekstil [6,7], sehingga diketahui bagaimana proses pengelolaan LB3 yang telah dilakukan. Saat ini berkembang penelitian mengenai pemanfaatan limbah industri kertas untuk dijadikan berbagai bahan baru seperti bahan bakar boiler, mortar, dan bahan tambahan batako [2][8][9][3][1][10].

PT. X merupakan pabrik kertas karton terbesar di Indonesia yang terletak di Kabupaten Serang. Kegiatan pembuatan kertas di PT. X menghasilkan produk sampingan seperti *sludge* tinta, *sludge* Instalasi

Pengelolaan Air Limbah (IPAL), *Fly Ash*, *Bottom Ash*, kemasan bekas bahan kimia, oli bekas, aki bekas, kaleng tinta, *electronic waste*, limbah laboratorium, dan limbah lainnya yang termasuk LB3 yang berpotensi mencemari lingkungan [11]. Pengelolaan LB3 harus dimulai dari awal limbah tersebut terbentuk, sampai limbah dihilangkan atau dimusnahkan. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh LB3 yang dihasilkan. Menurut Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan LB3, yang dimaksud dengan limbah B3 adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang LB3 yang karena sifat, konsentrasi, atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan atau merusak lingkungan hidup, atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain [12].

PT. X telah melakukan kegiatan pengelolaan LB3 untuk meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan diantaranya pengolahan kembali, pengurangan, pengemasan, penyimpanan, pengangkutan, dan pelekatan simbol dan label LB3 [13][14]. Maksud dari penelitian ini adalah melakukan evaluasi pengelolaan LB3 di PT. X. Tujuan penelitian yaitu: mengetahui kegiatan-kegiatan produksi kertas yang menghasilkan LB3, menghitung timbunan LB3, mengidentifikasi LB3 yang dihasilkan, mengetahui sistem pengelolaan LB3 yang telah berjalan, dan mengevaluasi implementasi sistem pengelolaan LB3.

2. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan studi pustaka mencakup mencari dan mengumpulkan informasi yang dibutuhkan sebagai landasan pelaksanaan penelitian dari perpustakaan dan internet yang berhubungan dengan pengelolaan LB3. Pengumpulan data ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer dan sekunder. Sumber data primer berasal dari wawancara kepada narasumber seperti kepala laboratorium, petugas IPAL, dan petugas lainnya yang berkaitan dengan pengelolaan LB3. Sumber data primer lainnya berasal dari hasil observasi dan dokumentasi seperti pengambilan foto sebagai bukti implementasi pengelolaan LB3 di PT X. Data Sekunder yang dikumpulkan antara lain gambaran umum, prosedur tetap proses produksi, prosedur penanganan LB3, timbunan LB3 di PT. X serta data lainnya yang diperlukan untuk menganalisis maksud dan tujuan penelitian.

Analisis dan pengolahan data dilakukan dengan menganalisis dan menyusun data hasil identifikasi sumber, timbunan, karakteristik dan jenis LB3 di PT. X. Evaluasi implementasi pengelolaan LB3 di PT. X dilakukan dengan menganalisis kesesuaian implementasi pengelolaan LB3 dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku. Peraturan yang dipergunakan yaitu (1) Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan LB3 [12], (2) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (Permen LH) No. 14 Tahun 2013 tentang simbol dan label LB3 [13], (3) Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) No. 1 Tahun 1995 tentang penyimpanan dan pengumpulan LB3 [15], (4) Keputusan Bapedal No. 2 Tahun 1995 tentang dokumen LB3 [16]. Kesimpulan dan saran dilakukan berdasarkan hasil proses analisis, pengolahan data dan hasil evaluasi implementasi pengelolaan LB3 pada PT. X.

3. Hasil Dan Pembahasan

PT. X didirikan pada tahun 1976 oleh perusahaan gabungan antara Indonesia dan Taiwan. Sejak berdiri, pabrik tersebut secara konsisten melakukan berbagai program pengembangan. Produk kertas yang dihasilkan berupa kertas untuk pengemasan barang, makanan, dan keperluan lainnya. Produk kertas dari pabrik disebarkan ke seluruh Indonesia. PT X melengkapi produknya dengan mengkonversi lembaran kertas gelombang menjadi kardus baru bernilai ekonomis. Bahan dasar kertas tulis dan cetak sebagian besar berasal dari hutan yang dimiliki oleh PT. X di Provinsi Riau.

Proses produksi kertas di PT. X menggunakan bahan baku dan bahan penolong. Bahan baku utama yang diperlukan adalah *pulp* yang berupa *waste paper and pulp* berasal dari lokal dan import (Amerika Serikat dan Kanada). Kebutuhan bahan baku yang di import untuk *waste paper* 2.300 ton/hari, sedangkan bahan baku lokal adalah sekitar 500-700 ton/hari (*waste paper*) dan 230 ton/hari (*pulp*). Pengemasan dalam penyediaan bahan baku berupa *container* dan *ball* dengan sistem penyimpanan dilakukan per *block* (20 *container* x 23 ton) pada gudang tertutup maupun terbuka. Bahan pendukung yang dibutuhkan berupa bahan kimia yang sebagian didatangkan dari luar negeri. Batubara untuk pengoperasian unit PLTU sebanyak 2.700 ton/hari berasal dari Pulau Kalimantan yang diangkut melalui pelabuhan Cigadang-Cilegon (Pelabuhan Ciwandan) dan Pelabuhan Merak [11].

Proses produksi kertas di PT.X meliputi 3 tahapan proses utama, yaitu *stock preparation*, *paper machine*, dan *finishing*. *Stock preparation* merupakan penyiapan bahan baku kertas dan bahan kimia yang akan digunakan dalam proses pembuatan kertas. Tahapan ini memiliki peranan yang sangat penting, karena dapat mempengaruhi kualitas kertas yang dihasilkan. Jika proses ini tidak dilakukan dengan benar,

maka dapat mempengaruhi beberapa faktor antara lain kekuatan kertas rendah, ketahanan terhadap air kurang baik, dan bercak yang terdapat pada kertas. Pembuatan kertas di PT. X, bahan dasar yang digunakan ada 2, yaitu berupa serat kayu asli (*virgin pulp*) dan kertas bekas (*waste paper*). Bahan dasar ini diperoleh dari beberapa negara antara lain, yaitu Amerika Serikat, Chili, Swedia, dan Switzerland. Tahapan proses produksi sebelum dikirim ke *paper machine*. Buburan kertas dikirim ke *paper machine* yang dibuat menjadi beberapa jenis kertas. *Paper machine* adalah mesin yang membuat bubur kertas menjadi lembaran kertas yang berbentuk gulungan. Kertas yang telah digulung diproses lebih lanjut sesuai dengan kegiatan yang dituju [11].

Identifikasi Sumber LB3 di PT X

PT. X sebagai industri penghasil kertas menghasilkan jenis limbah yang sangat beragam. Limbah yang terbentuk harus diperhitungkan baik jumlah dan karakteristiknya. Penentuan karakteristik jenis LB3, dimulai dari mengidentifikasi sumber LB3 dengan tujuan menentukan jenis pengelolaan yang sesuai dengan karakteristik limbah tersebut. Identifikasi LB3 dilakukan berdasarkan sumber dan juga berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Peraturan yang diacu yaitu Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 [12]. Hasil identifikasi yang dilakukan disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Identifikasi karakteristik LB3 beserta sumbernya

Kode Limbah	Nama Limbah B3	Sifat/ Karakteristik	Kategori Limbah	Kategori Limbah berdasarkan sumber
B321-1	<i>Sludge</i> tinta	Beracun	2	Sumber Spesifik umum
B351-4	Lumpur IPAL	Beracun	2	Sumber Spesifik umum
B-409	<i>Fly Ash</i>	Beracun	1	Sumber Spesifik umum
B-410	<i>Bottom Ash</i>	Beracun	1	Sumber Spesifik umum
B-104D	Kemasan bekas bahan kimia	Beracun	2	Sumber tidak spesifik
A-102D	Aki Bekas	Korosif	2	Sumber tidak spesifik
B321-4	Kaleng Tinta	beracun	2	Sumber Spesifik umum
B-107d	<i>Electronic Waste</i>	beracun	2	Sumber tidak spesifik
A329-2	Lampu Mercury	Beracun	2	Sumber Spesifik umum
B110d	Majun Bekas	Padatan mudah terbakar	2	Sumber tidak spesifik
B-353-1	Toner bekas	Beracun	2	Sumber Spesifik umum
A337-1	Limbah Medis	Infeksius	1	Sumber Spesifik umum
B109d	Filter Bekas	Beracun	2	Sumber tidak spesifik
A111d	<i>Refrigerants</i> Bekas	Beracun	1	Sumber tidak spesifik

Sumber: PT X, 2019

Tabel 1 menjabarkan bahwa PT. X Serang menghasilkan 14 jenis LB3 dengan karakteristik sebagai berikut:

- *Sludge* tinta adalah lumpur hasil pengendapan dari air limbah yang dihasilkan dari proses pewarnaan kertas. Lumpur dari tinta ini dikategorikan sebagai LB3 karena mengandung bahan kimia berbahaya yang berasal dari komposisi tinta yang digunakan. Menurut PP No. 101 Tahun 2014 [12], *sludge* tinta berdasarkan sumber merupakan jenis limbah spesifik umum. *Sludge* tinta dihasilkan pada Seksi *Converting*, yaitu seksi yang bertugas untuk membuat kertas dengan ukuran yang diminta oleh konsumen.
- Lumpur IPAL merupakan lumpur hasil dari pengolahan air limbah di proses pengolahan air limbah di IPAL. Menurut PP No. 101 Tahun 2014 [12], lumpur IPAL berdasarkan sumber merupakan jenis limbah spesifik umum.
- *Fly Ash* berasal dari proses pembakaran batubara di *boiller* dan pembangkit listrik. *Fly Ash* dikategorikan sebagai LB3 karena mengandung banyak residu seperti *silica* (SiO_2) yang jika berterbangan bebas di udara dapat mempengaruhi kualitas udara di perusahaan. Menurut PP No. 101 Tahun 2014 [12], *Fly Ash* berdasarkan sumber merupakan jenis limbah spesifik umum.
- *Bottom Ash* merupakan abu yang tertinggal dan yang dikeluarkan dari bawah tungku *Boiller* pembangkit listrik. *Bottom Ash* dikategorikan sebagai LB3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Menurut PP No. 101 Tahun 2014 [12], *Bottom Ash* berdasarkan sumber merupakan jenis limbah spesifik umum.
- Kemasan bekas bahan kimia adalah kemasan sisa yang sudah tidak terpakai lagi. Kemasan ini mengandung bahan kimia sesuai dengan bahan yang dikemasnya sehingga dikategorikan sebagai LB3. Kemasan bekas kimia ini dihasilkan hampir di setiap proses produksi yang ada di PT. X. Menurut PP

No. 101 Tahun 2014 [12], kemasan bekas kimia berdasarkan sumber merupakan jenis limbah sumber tidak spesifik.

- Aki bekas dihasilkan dari area kerja *stock preparation*, yang bersumber dari alat-alat transportasi. Aki bekas tergolong LB3 dari sumber yang tidak spesifik. Aki bekas mengandung asam kuat dan timbal (Pb). Asam kuat dapat mengakibatkan korosi, sehingga aki bekas dapat dikategorikan sebagai LB3 yang korosif.
- Kaleng tinta memerlukan banyak tinta yang disimpan ke dalam kaleng. Kaleng bekas tinta ini mengandung bahan beracun sehingga dikategorikan sebagai LB3 yang bersumber dari spesifik umum.
- Limbah elektronik (*electronic waste*) adalah barang elektronik yang dibuang karena sudah tidak berfungsi atau sudah tidak dapat digunakan lagi. Limbah ini berasal dari area kerja *utility*. Limbah ini dikategorikan sebagai LB3 dengan karakteristik beracun dan bersumber dari sumber tidak spesifik.
- Lampu *mercury* atau Lampu TL bekas termasuk ke dalam LB3 dari sumber tidak spesifik dan bersifat beracun. Lampu TL mengandung merkuri (dalam bentuk uap atau serbuk), yang apabila pecah, maka merkuri dapat terlepas ke lingkungan. Merkuri atau raksa dalam lampu TL berfungsi mengonversi energi listrik menjadi cahaya, sehingga substansi fosfor pada tabung lampu TL menjadi berpendar menyala. Lampu ini dihasilkan dari area kerja *SP Warehouse* (W/H).
- Majun bekas yang terkontaminasi adalah kain yang digunakan untuk proses perawatan atau perbaikan pada mesin-mesin di area produksi. Kain-kain tersebut mengandung oli mesin yang sifatnya mudah terbakar sehingga majun bekas dikategorikan sebagai LB3 dengan karakteristik padatan mudah terbakar yang bersumber dari sumber tidak spesifik. Majun bekas banyak dihasilkan pada area kerja percetakan dan *utility*.
- Toner dihasilkan dari area *information technology* (IT), digunakan pada printer. Toner mengandung bahan yang bersifat toksik, seperti kadmium. Bahan-bahan kimia yang terdapat pada toner apabila terhirup dapat mengakibatkan gangguan pada pernapasan dan kontak dengan toner dapat menyebabkan iritasi kulit sehingga toner tergolong LB3 yang bersifat beracun.
- Limbah medis adalah hasil buangan dari suatu aktivitas medis. Faktor penting dalam penyimpanan limbah medis adalah melengkapi tempat penyimpanan dengan penutup, menjaga areal penyimpanan limbah medis tidak tercampur dengan limbah non-medis, membatasi akses lokasi, dan pemilihan tempat yang tepat. Limbah medis dihasilkan dari klinik yang merupakan salah satu fasilitas yang ada di PT. X, dan bersifat infeksius.
- Filter bekas yang dihasilkan oleh PT. X merupakan filter yang berasal dari bekas penyaringan oli mesin di unit pembangkit listrik. Filter bekas bersifat beracun karena mengandung banyak zat-zat kimia yang berbahaya yang tersisa dari proses penyaringan oli mesin yang terjadi di unit pembangkit listrik.
- *Refrigerants* atau zat pendingin atau bahan pendingin adalah suatu zat atau campuran, biasanya berupa cairan, yang digunakan dalam suatu pompa kalor dan siklus pendinginan serta disimpan dalam tabung. Pada sebagian besar siklus, zat ini mengalami perubahan wujud dari cair menjadi gas dan kembali lagi. Tabung yang sudah tidak terpakai inilah yang dikategorikan sebagai LB3 dengan sifat beracun dan bersumber dari sumber tidak spesifik. Refrigerant bekas banyak dihasilkan dari area kerja *Utility*

Berdasarkan **Tabel 1** dapat disimpulkan bahwa limbah yang dihasilkan PT. X dalam kurun waktu enam bulan yaitu bulan Januari-Juni 2019 dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis karakteristik limbah dengan jenis limbah untuk masing-masing karakteristik adalah beracun, korosif, mudah terbakar, dan infeksius. LB3 yang merupakan limbah beracun diantaranya adalah *sludge* tinta, lumpur Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), *fly ash*, *bottom ash*, kemasan bekas bahan kimia, kaleng tinta, *electronic waste*, lampu *mercury*, toner, filter dan refrigerant bekas. Jenis limbah yang mudah terbakar ada majun bekas. Limbah yang bersifat korosif yaitu aki bekas sedangkan limbah dengan jenis infeksius yaitu limbah medis yang dihasilkan dari klinik PT. X. Berdasarkan dari tabel karakteristik limbah, dapat dilihat bahwa secara umum, jenis LB3 yang banyak dihasilkan oleh PT. X yaitu limbah dengan jenis karakteristik beracun sehingga LB3 jenis ini harus mendapat perhatian khusus.

Timbulan LB3

PT X sebagai industri penghasil kertas menghasilkan jenis limbah yang sangat beragam. Limbah yang terbentuk harus diperhitungkan jumlahnya. Kuantifikasi jenis limbah yang dihasilkan dikenal dengan perhitungan neraca limbah. Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan hidup No. 02 Tahun 2008 tentang pemanfaatan LB3, neraca limbah adalah data kuantitas LB3 dari usaha atau kegiatan yang menunjukkan kinerja pengelolaan LB3 pada satuan waktu penataannya. Pembuatan neraca limbah bertujuan untuk mengetahui jumlah LB3 yang masuk dan keluar sehingga memudahkan dalam proses

pengelolaannya. Neraca LB3 diisi sesuai dengan jenis LB3 yang dihasilkan pada periode waktu tertentu dan dilengkapi dengan tujuan penyerahan limbah tersebut, misalnya dilakukan oleh pihak ketiga atau disimpan di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) LB3

Pembuatan dan pelaporan neraca limbah dibuat oleh PT. X selama tiga bulan sekali. Peraturan Menteri Negara Lingkungan hidup No. 02 Tahun 2008 menjelaskan bahwa penghasil LB3 wajib melaporkan kegiatan pemanfaatan dan neraca LB3 paling sedikit 1 kali dalam waktu enam bulan kepada pihak terkait. PT. X telah memenuhi kewajiban yang diatur oleh pemerintah. Selama kurun waktu 6 bulan, rata-rata dihasilkan timbunan LB3 seberat 37.481,96 ton/bulan untuk total 14 jenis LB3 yang sudah teridentifikasi pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Timbunan limbah B3 di PT. X periode Januari-Juni 2019

Nama Limbah B3	Berat rata Ton/bulan	Persentase (%)
<i>Sludge tinta</i>	30	0,0800
Lumpur IPAL	33.073,333	88,2380
<i>Fly Ash</i>	3.770,667	10,0600
<i>Bottom Ash</i>	532,167	1,41980
Kemasan bekas bahan kimia	67,582	0,18030
Aki Bekas	2,982	0,00795
Kaleng Tinta	1,487	0,00397
<i>Electronic Waste</i>	0,182	0,00049
Lampu Mercury	0,039	0,00010
Majun Bekas	3,495	0,00932
Toner bekas	0,140	0,00037
Limbah Medis	0,005	0,00001
Filter Bekas	0,180	0,00048
<i>Refrigerent Bekas</i>	0,127	0,00034
Total	37.481,96	100

Sumber: PT X, 2019

Berdasarkan **Tabel 2** terlihat bahwa limbah terbanyak yang dihasilkan oleh PT. X selama periode Januari-Juni 2019 adalah lumpur IPAL. Proses pengolahan lumpur IPAL dibagi menjadi dua jenis yaitu lumpur yang berasal dari IPAL yang menggunakan proses fisika-kimia diserahkan ke pihak ketiga, sedangkan lumpur dari proses pengolahan biologi akan dimanfaatkan kembali ke bagian produksi. Sementara limbah terendah yang dihasilkan oleh PT. X yaitu limbah medis sebesar 0,00001 persen per bulan. Total LB3 yang dihasilkan sebanyak 37.481,96 ton/bulan, dimana yang dimanfaatkan kembali hanya lumpur IPAL untuk bahan baku pendukung dalam pembuatan kertas. LB3 lainnya yang dihasilkan di simpan di TPS LB3 untuk diserahkan kepada pihak ketiga yang memiliki izin.

Pemanfaatan Kembali LB3 di PT X

Berdasarkan Pasal 4 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan LB3, setiap orang yang melakukan kegiatan pengelolaan LB3 wajib mencegah terjadinya pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup. Pengolahan LB3 dilakukan oleh badan usaha yang memiliki izin pengolahan LB3. Di PT. X, pengelolaan LB3 terdiri dari tahap penyimpanan sementara dan pemanfaatan. LB3 yang dihasilkan oleh PT. X disimpan di TPS LB3 sebelum diangkut oleh pihak ketiga yang mempunyai izin dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK). PT. X melaksanakan pengelolaan LB3 dengan berpedoman pada peraturan-peraturan tentang LB3 yang berlaku di Indonesia serta telah membuat *Work Instruction* (WI) penanganan LB3 yang menjadi panduan pengelolaan dan penanganan LB3 di PT. X.

LB3 yang dihasilkan PT. X sebanyak 14 jenis, hanya satu jenis yang dapat dimanfaatkan yaitu lumpur IPAL dari proses pengolahan biologis. Lumpur IPAL tersebut diolah kembali sebagai bahan baku pendukung dalam membuat kertas di *Paper Machine 5* (PM 5). Kuantitas lumpur IPAL yang dimanfaatkan kembali dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kuantitas pemanfaatan kembali LB3 di PT. X bulan Januari-Juni 2019

Bulan	Jumlah yang dihasilkan (ton)	Jumlah yang diolah (ton)	Jumlah yang dikirim ke pihak ketiga (ton)	% Pengurangan
Januari	33.013	32.818	195	99,41
Februari	29.795	29.745	50	99,83
Maret	27.505	27.505	0	100,00
April	33.805	33.805	0	100,00
Mei	36.322	36.249	73	99,80
Juni	38.000	37.981	19	99,95
Total	198.440	198.103	337	99,83

Sumber: PT X, 2019

Berdasarkan **Tabel 3**, pengurangan yang dilakukan oleh PT. X sangat efektif karena mencapai hingga 99%. Segala jenis pemanfaatan harus disertai dengan izin pemanfaatan sesuai dengan regulasi yang berlaku. Kegiatan pemanfaatan LB3, PT. X telah memenuhi regulasi yang ditentukan berdasarkan izin yang dimiliki yaitu Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 07.80.10 Tahun 2014 tentang Izin Pemanfaatan LB3. Secara umum PT. X masih perlu meningkatkan kreativitas, usaha, dan inovasi dalam hal pemanfaatan limbah yang dihasilkan sehingga perusahaan tidak hanya bergantung kepada pihak ketiga. Melakukan pemanfaatan limbah secara mandiri keuntungan yang bisa diperoleh diantaranya adalah peningkatan efisiensi proses, menurunkan biaya pengolahan LB3 serta pengadaan bahan baku, meningkatkan *prestige* dan marketing dimana industri yang lebih peduli terhadap lingkungan akan mendapat nilai yang lebih, dan banyak keuntungan lain terutama untuk sumber daya di masa yang akan datang (*sustainable development*).

Perlakuan Terhadap LB3

LB3 yang dihasilkan oleh PT. X diperlakukan yang sesuai dengan jenis limbahnya, perlakuan khusus dimulai di unit produksi sebagai sumber ditimbulkan. Dilanjutkan ke dalam tiga macam perlakuan global, yaitu B3 yang dikelola mandiri oleh PT X dengan cara menyimpannya di TPS dan ada yang dimanfaatkan kembali, dan yang dikelola oleh pihak ketiga berijin yang berada di luar lokasi PT. X.

Berdasarkan neraca LB3 yang dimiliki PT. X periode bulan Januari-Juni 2019 perlakuan LB3 disajikan pada **Tabel 4**. Berdasarkan **Tabel 4** dapat disimpulkan bahwa perlakuan dominan terhadap LB3 yaitu disimpan di TPS milik PT. X dan sebagian lagi diserahkan ke pihak ketiga. Hanya ada 1 jenis limbah yang dimanfaatkan kembali yaitu lumpur IPAL yang berasal dari proses pengolahan secara biologi dimana lumpur ini dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku proses produksi. Kegiatan penyimpanan dan penyerahan kepada pihak ketiga sebenarnya kurang maksimal dalam upaya pengelolaan lingkungan karena keduanya tidak mengurangi ataupun menghilangkan potensi bahaya yang ada pada LB3 tersebut. Salah satu jenis pengolahan LB3 yang disarankan adalah dengan cara pembakaran termal di insenerator. PT. X memiliki insenerator untuk pengelolaan LB3, tetapi mesin insenerator sedang dalam masa perbaikan karena rusak sehingga tidak dipergunakan kembali untuk sementara waktu.

Tabel 4. Perlakuan pengelolaan LB3 di PT X

Nama Limbah B3	Pengelolaan		
	Disimpan	Dimanfaatkan	Diserahkan ke Pihak ketiga
Sludge Tinta	√		
Lumpur IPAL		√	
Fly Ash			
Bottom Ash			√
Kemasan Bekas Bahan Kimia			√
Aki Bekas	√		√
Kaleng Tinta	√		
Electronic Waste			√
Lampu Mercury			√
Majun Bekas (Kontaminan Oli)	√		
Toner bekas	√		
Limbah Medis (Klinik)	√		
Filter Bekas			√
Refrigent Bekas			√

Sumber: PT X, 2019

Pengumpulan LB3

Berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014 disebutkan bahwa pengumpulan adalah kegiatan untuk mengumpulkan LB3 dari penghasil LB3 sebelum diserahkan kepada pemanfaat LB3 dan/atau penimbun LB3 [12]. Setelah LB3 disimpan pada setiap sumber yang menghasilkan limbah, kemudian LB3 dikumpulkan di TPS LB3 yang digunakan untuk kawasan pabrik PT X. Alat angkut yang digunakan untuk mengangkut LB3 dari sumber menuju TPS LB3 di PT. X adalah *forklift* yang merupakan alat angkut terbuka, juga truk untuk mengangkut limbah yang mempunyai kapasitas lebih besar.

Lebar jalan menuju TPS LB3 di PT. X sekitar 12 m, untuk jalur pengangkutan di dalam perusahaan tidak ada alur tetap dimulai dari titik mana saja karena sistem pengangkutan menuju TPS masih tergantung ada atau tidaknya limbah yang mau diangkut. Jika dari sumber memberitahukan kepada penanggung jawab TPS yaitu dari Divisi *Warehouse-Scrap*, maka akan mengirim alat angkut dapat berupa *forklift* atau truk tergantung kuantitas limbah yang akan diangkut. PT. X memiliki TPS LB3 berjumlah 21 unit yang tersebar di beberapa titik di seluruh area perusahaan yang menghasilkan LB3.

Penyimpanan LB3

Penyimpanan LB3 di sumber berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014 disesuaikan berdasarkan kategori limbah tersebut [12]. Tempat penyimpanan harus memiliki izin baik dari pemerintah daerah maupun dari pemerintah pusat. PT. X telah memiliki izin untuk menyimpan LB3 berdasarkan Surat Keputusan Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu tentang Izin Pengelolaan LB3 untuk Kegiatan Penyimpanan Sementara LB3 PT X. Berdasarkan izin dari pemerintah, PT. X mempunyai dua puluh satu lokasi penyimpanan limbah B3 yang semua terdapat di dalam kawasan PT. X. Terdapat 1 TPS utama yang berfungsi untuk menampung 21 TPS. TPS utama ini berada pada koordinat S.06°08'13,0" dan E.106°17'00,5". TPS utama memiliki bentuk ruangan tertutup dengan ukuran 10 x 10 x 7 m. TPS ini menyimpan 13 jenis LB3 yang 9 diantaranya merupakan LB3, diantaranya adalah filter bekas, aki bekas, *E-waste*, lampu *mercury*, kemasan bekas kimia, refrigerent bekas, majun terkontaminasi B3, limbah klinik, dan toner bekas.

Pintu depan TPS telah terpasang keterangan nama TPS, koordinat, simbol LB3 yang menunjukkan jenis limbah apa saja yang disimpan di dalam TPS ini, dan peringatan untuk tidak merokok di dalam TPS dikarenakan dapat memicu terjadinya kebakaran. TPS tertutup dengan baik dan kunci TPS dipegang oleh penanggung jawab TPS sehingga tidak memudahkan orang-orang tidak berkepentingan untuk masuk ke dalam TPS. Bagian atap TPS memiliki ventilasi udara yang cukup dengan penerangan yang disediakan untuk malam hari. Sirkulasi udara yang baik dapat mencegah suhu dalam ruangan TPS meningkat sehingga tidak memicu terjadinya percikan api dalam TPS. TPS utama juga telah dilengkapi alat pemadam api ringan (APAR) dan *First Aid* sebagai alat penanganan darurat apabila terjadi kecelakaan kerja dan terjadinya percikan api, agar dapat ditangani terlebih dahulu sebelum menimbulkan dampak yang lebih besar. Lantai bangunan penyimpanan telah kedap air, tidak bergelombang, serta kuat dan tidak retak dengan kemiringan kurang dari 1%.

TPS utama sudah memetakan atau memberi palang keterangan letak LB3. Palang ini berisikan jenis LB3 sehingga tidak tercampur dengan jenis limbah lainnya. Hanya saja untuk LB3 yang ditumpuk sesuai ketentuan telah dipisahkan dengan *pallette*. Karena terjadi kerusakan beberapa pembatas untuk sementara, LB3 jenis filter bekas yang dimasukkan ke dalam karung, ditumpuk ke atas dan diposisikan agar tidak mudah jatuh. Data masuk dan keluarnya LB3 di TPS dicatat oleh *Person In Charge* (PIC) TPS ke dalam *log book*. Nantinya dari *log book* ini diakumulasikan untuk membuat neraca limbah untuk dilaporkan kepada pihak terkait.

Jenis simbol LB3 telah dilekatkan sesuai dengan karakteristik LB3 yang disimpan di dalam TPS. Simbol diletakkan di luar gedung TPS dan tidak terhalang. Selain itu simbol diletakkan pada kemasan LB3 sesuai dengan jenis karakteristik LB3. Waktu penyimpanan LB3 di PT. X diatur dalam izin yang diperoleh dari pemerintah setempat. Izin tersebut mengatur waktu maksimal penyimpanan LB3 di TPS dan tidak boleh melebihi dari waktu maksimal simpan. Lama penyimpanan LB3 yaitu 365 hari atau 1 tahun. Hasil analisis waktu penyimpanan LB3 di PT X dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Evaluasi Waktu Penyimpanan LB3

Jenis	Sumber	Kategori Bahaya	Waktu Penyimpanan
<i>Sludge</i> Tinta	Spesifik Umum	2	365 hari
Lumpur IPAL	Spesifik Umum	2	
<i>Fly Ash</i>	Spesifik Umum	1	
<i>Bottom Ash</i>	Spesifik Umum	1	
Kemasan Bekas Bahan Kimia	Tidak Spesifik	2	
Aki Bekas	Tidak Spesifik	2	

Jenis	Sumber	Kategori Bahaya	Waktu Penyimpanan
Kaleng Tinta	Spesifik Umum	2	
<i>Electronic Waste</i>	Sumber Tidak Spesifik	2	
Lampu Mercury	Spesifik Umum	2	
Majun Bekas (terkontaminasi Oli)	Tidak Spesifik	2	
Toner bekas	Spesifik Umum	2	
Limbah Medis (Klinik)	Spesifik Umum	1	
Filter Bekas	Tidak Spesifik	2	
Refrigerant Bekas	Tidak Spesifik	1	

Sumber: PT. X, 2019

Pengemasan LB3

Pengemasan LB3 yang baik sangat penting dilakukan karena dapat mencegah terbentuknya senyawa yang berbahaya atau mengurangi deformasi sebagai akibat dari hasil reaksi dengan LB3 yang ditampungnya. Berdasarkan Keputusan kepala Bapedal No. 1 Tahun 1995, LB3 harus disimpan dalam kemasan agar potensi bahaya terhadap manusia dan lingkungan dapat dihindari. Kemasan yang digunakan harus aman, tidak menimbulkan korosif, layak pakai, dan bebas dari kebocoran. Pengemasan LB3 ini harus disesuaikan dengan karakteristik dari limbahnya masing-masing dan tidak boleh ada pencampuran limbah. Apabila pengemasan tidak sesuai dengan karakteristik LB3 maka dikhawatirkan terjadi suatu reaksi senyawa kimia yang menimbulkan bahaya dan kerusakan lingkungan. Kemasan juga harus dalam kondisi yang layak karena kemasan yang berada dalam kondisi yang tidak layak rawan terhadap kemungkinan bocor serta rusak.

Menurut Lampiran Keputusan Kepala Bapedal No. 01/Bapedal/09/1995 disebutkan bahwa suatu kemasan LB3 harus selalu dalam keadaan tertutup rapat dan hanya dapat dibuka jika dilakukan penambahan atau pengambilan limbah dari dalamnya. Kemasan LB3 yang berisi LB3 penting untuk selalu dalam keadaan tertutup dan dipastikan tidak ada kebocoran agar tidak membahayakan lingkungan disekitarnya. Pengemasan yang dilakukan di PT. X terdiri dari empat jenis kemasan. Kemasan tersebut adalah karung besar, drum, kempu, dan kotak khusus.

Kemasan dari karung ini digunakan untuk menyimpan limbah B3 yang besar dan tidak muat jika dimasukkan ke dalam wadah lain karena ukurannya tidak mencukupi. Kelemahan dari kemasan ini adalah tidak dapat menutup limbah B3 secara sempurna seperti karung tempat menyimpan filter bekas dan refrigerant. Dikarenakan ukuran limbah yang cukup besar, sehingga memenuhi kapasitas maksimum dari karung tersebut. Akibatnya karung tidak dapat diikat sempurna dan menyebabkan karung terbuka begitu saja. Kelemahan lainnya adalah, tidak bisa disusun secara rapih dan menimbulkan kesan berantakan. Contoh dari limbah B3 yang dikemas dengan karung adalah filter bekas, refrigerant bekas, dan majun bekas. Karung yang digunakan untuk mengemas majun bekas dapat diikat dengan kuat untuk mencegah majun yang tercecer di TPS, tetapi jika kuantitas majun yang disimpan tidak memenuhi kapasitas maksimum dari karung tersebut.

Drum digunakan sebagai kemasan bekas kimia dan jika sudah dibersihkan disterilkan dari bahan kimia yang pernah menjadi kemasannya, drum digunakan sebagai wadah atau kemasan untuk jenis LB3 yang lain. LB3 yang menggunakan drum sebagai kemasannya adalah Lampu TL dan Lampu *Mercury*. Drum juga digunakan sebagai wadah untuk filter bekas, tetapi tidak dapat menampung banyak dikarenakan ukuran drum yang tidak terlalu besar untuk menampung filter yang berukuran cukup besar dan lebar. Pemberian label keterangan mengenai LB3 diletakkan pada bagian depan drum berupa stiker yang tidak mudah lepas dan disesuaikan dengan karakteristik LB3 tersebut.

Kempu adalah wadah plastik yang berbentuk kubus warna putih. Kempu ini selain dijadikan wadah untuk sesuatu yang cair seperti air bersih, air buangan, bahan kimia, juga bisa dijadikan sebagai kemasan untuk LB3 yang memiliki ukuran kecil seperti kaleng tinta (*solvent*) dan toner bekas. Bahan kempu yang kuat dan tahan air membuat kempu menjadi salah satu alternatif pilihan sebagai kemasan LB3, selain karena mudah untuk dibuka dan ditutup, kedap air, dan tidak mudah terkontaminasi udara sekitar atau zat sekitar selama kempu tidak mengalami kebocoran atau kerusakan.

Simbol LB3 yang memiliki wadah kempu dipasang dibagian depan dari kempu beserta keterangan mengenai karakteristik LB3 tersebut. Kemasan menggunakan kotak khusus LB3 yang memiliki wadah dari kotak khusus biasanya memiliki karakteristik yang berbeda dari jenis kebanyakan yang ada di TPS tersebut. Fungsinya adalah untuk mencegah terjadinya kontak sehingga menimbulkan dampak kimia yang berbahaya, juga untuk mencegah tercecernya LB3 di TPS. TPS di PT. X, jenis LB3 yang pewadahan/pengemasannya dengan menggunakan kotak khusus adalah aki bekas dan limbah medis.

Aki bekas dipisahkan jenis wadahnya karena aki bersifat korosif sehingga berbahaya apabila ada orang yang tidak tahu mengenai kandungan berbahaya aki, tidak sengaja menyentuhnya dan akhirnya menimbulkan kecelakaan kerja. Limbah medis dari klinik bersifat infeksius, sehingga pengemasan limbah medis dikhususkan sendiri tidak dicampur atau dibiarkan terbuka dengan jenis limbah lainnya yang ada di TPS. Kecuali, dibuatkan TPS khusus limbah medis, tetapi karena timbunan limbah medis yang dihasilkan tidak terlalu banyak jumlahnya setiap bulan, jadi digabungkan dengan beberapa jenis limbah lainnya di TPS utama PT X.

Pengangkutan LB3

Berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014 disebutkan bahwa pengangkutan adalah kegiatan memindahkan LB3 dari penghasil dan/atau dari pengumpul dan/atau dari pemanfaat dan/atau dari pengolah ke pengumpul dan/atau ke pemanfaat dan/atau ke pengolah dan/atau ke penimbun LB3 [12]. Proses pengangkutan di PT. X bekerja sama dengan pihak ketiga yang sudah memiliki izin usaha selaku pihak yang melakukan pemanfaatan LB3. Pengangkutan LB3, penghasil wajib memiliki dokumen LB3. Dokumen LB3 merupakan dokumen yang senantiasa dibawa dari tempat asal pengangkutan LB3 ke tempat tujuan. Dokumen tersebut diberikan pada waktu penyerahan LB3. Dokumen tersebut biasa dikenal dengan manifest. Pengangkutan menuju TPS dari sumber penghasil limbah biasanya diangkut menggunakan dua jenis kendaraan. Limbah dengan jumlah sedikit, dapat menggunakan *forklift*, sedangkan untuk limbah dengan kapasitas besar menggunakan truk.

Alat transportasi LB3 jenis truk sudah diberikan simbol karakteristik LB3 yang diangkutnya, sedangkan untuk jenis *forklift*, belum tercantum simbol karakteristik LB3 dikarenakan *forklift* yang digunakan biasanya *forklift* yang umum digunakan untuk merapikan barang di dalam tempat penyimpanan (*warehouse*) sehingga tidak dikhususkan untuk mengangkut LB3 saja. Kegiatan pengangkutan LB3 tidak terjadwal secara teratur. Pengangkutan dilakukan apabila limbah yang telah dihasilkan sudah tidak bisa disimpan, jadi harus segera diangkut menuju pihak ketiga berizin. PT. X telah melakukan penjadwalan untuk pengangkutan lebih efektif dan memudahkan proses pengangkutan. Penjadwalan tersebut menyebabkan pengangkutan LB3 dapat lebih teratur dan terjadwal. Masing-masing LB3 memiliki transporter dan pihak ketiga berizin terkait. Data pihak ketiga pengangkut LB3 PT X disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Pihak ketiga pengangkut LB3 PT X

Jenis Limbah B3	Pihak Ketiga Berizin
Oli Bekas	PT. Wiraswasta Gemilang Indonesia
Aki Bekas	PT. Nonferindo Utama
Lampu TL	PPLI
Lampu Mercury	PPLI
Kemasan bekas limbah	PT. OTTO Chemical
Lumpur IPAL	WPLI
Toner Bekas	WPLI
Sludge Tinta	PT. Tanang Jaya Sejahtera
Fly Ash	PT. Adimix, PT. SLG Indonesia, PT. Holcim, PT. Wika Wijaya Karya Beton
Bottom Ash	PT. Tenang Jaya Sejahtera

Sumber: PT X, 2019

Evaluasi Pengelolaan LB3

Berdasarkan hasil pengamatan dan membandingkan dengan ketentuan hukum yang berlaku terkait pengelolaan limbah B3, maka rekapitulasi penilaian dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Rekapitulasi pengelolaan LB3 di PT X

Tahap Pengolahan	Jumlah Klausul	Sesuai	Tidak Sesuai	Persentase Ketercapaian (%)	Keterangan
Pengurangan	3	3	0	100	Baik Sekali
Pengumpulan	3	3	0	100	Baik Sekali
Penyimpanan	21	19	2	90	Baik Sekali
Waktu Penyimpanan	14	14	0	100	Baik Sekali
Pewadahan	17	13	4	76	Baik
Pengangkutan	24	17	7	71	Baik
Total	82	69	13	84	Baik Sekali

Sumber: Hasil analisis, 2019

PT. X sudah menerapkan sistem pengelolaan yang cukup baik. Semua LB3 yang dihasilkan terdata dengan teratur dan dilaporkan secara rutin kepada instansi pemerintahan terkait. Ada beberapa hal yang perlu diperbaiki lagi, terutama dibagian TPS LB3, untuk penyusunan limbah, penumpukan limbah, dan penataan limbah sesuai karakteristiknya di dalam TPS tersebut. Terkait regulasi izin untuk penyimpanan, pemanfaatan, dan pengangkutan, PT. X terbilang sangat baik dalam memperhatikan setiap izin yang diperlukan dan tidak bertindak diluar izin yang sudah diberikan oleh instansi terkait.

Tahap pengolahan yang belum memenuhi persyaratan, yaitu penyimpanan meliputi (1) tidak terdapat kasa untuk mencegah binatang kecil masuk melalui atap dan (2) tidak terdapat tembok pemisah antara 1 jenis LB3 dengan jenis LB3 lainnya. Tahap pewadahan terdapat 4 klausul yang tidak sesuai, yaitu (1) sebagian besar kemasan tidak dapat menutupi LB3 sehingga LB3 terbuka bagian atasnya; (2) sebagian besar kemasan tidak ada penutup kemasan sehingga LB3 terbuka bagian atasnya; (3) peletakan di bawah simbol seharusnya di atas; dan (4) tidak semua kemasan yang kosong memiliki label "KOSONG" pada kemasannya. Tujuh klausul yang tidak memenuhi pada tahap pengangkutan karena tidak mencantumkan kode UN/NA, kelompok kemasan, satuan ukuran, jumlah total kemasan, peti kemas, keterangan lain untuk LB3, instruksi penanganan khusus dan keterangan tambahan, dan nomor telepon yang dapat dihubungi dalam keadaan darurat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil observasi dan evaluasi, kesimpulan yang dapat diambil dari pengelolaan LB3 di PT. X adalah hampir setiap unit produksi di PT X menghasilkan LB3. Jenis LB3 yang dihasilkan paling besar yaitu lumpur IPAL yang mencapai 88,23% dari seluruh LB3 yang dihasilkan PT. X. Perusahaan ini telah melakukan pemanfaatan kembali lumpur IPAL sehingga dapat mereduksi jumlah lumpur yang dihasilkan sebesar 99,83%. Sistem pengelolaan LB3 di PT X mengikuti *work instruction* yang telah disusun mengacu pada PP No. 101 Tahun 2014. PT X melakukan 3 (tiga) jenis pengelolaan LB3, yaitu pemanfaatan, penyimpanan, dan pengangkutan. Secara keseluruhan, sistem pengelolaan LB3 di PT X terbilang sangat baik. Hanya saja perlu ditingkatkan dibagian penyimpanan, khususnya dalam peletakan limbah di dalam TPS agar lebih sesuai dan diberi *pallette* dasar. PT. X sebaiknya, mengupayakan lebih luas dalam pemanfaatan limbah B3 yang dihasilkan dan lebih memperhatikan kerapian dalam TPS Limbah B3 yang ada.

5. Daftar Pustaka

- [1] A.T. Haryono, "Analisis Penerapan Produksi Bersih Industri Kertas (Studi Kasus di PT Pindo-Deli Pulp and Paper Mills Indonesia unit Paper Machine)" Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor Bogor, 2016.
- [2] S. Purwati, R. S. Soetopo, Setiadji, Y. Setiawan, "Potensi Dan Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pulp Dan Kertas," Balai Besar Pulp dan Kertas BS, Vol. 41(2): 68-79, 2006.
- [3] Setiadji, "Sistem Pembakaran Limbah Lumpur Pabrik Pulp dan Kertas untuk Boiler," *Prosiding Seminar Teknologi Selulosa*, Bandung, ISBN: 979-95271-0, hal. 165-170, 2002.
- [4] A. Ariesmayana dan Hajali, "Studi Pengelolaan Limbah B3 di RSUD dr Drajat Prawiranegara Kabupaten Serang," *Jurnal Serambi Engineering*, Volume 3(2), 2018.
- [5] S.S. Siddik dan E. Wardhani, "Pengelolaan Limbah B3 Di Rumah Sakit X Kota Batam," *Jurnal Serambi Engineering*, Volume V (1): 760-767, 2020.
- [6] S.A. Fajriyah dan E. Wardhani, "Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT. X," *Jurnal Serambi Engineering*, Volume V (1):711- 719, 2020.
- [7] J. Miflathul, "Studi Tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT Indopherin Jaya Probolinggo," Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Surabaya, 2018.
- [8] M. Theresia, "Pemanfaatan Limbah Serat Kapas dari Industri Pemintalan untuk *Felt* dan Papan Serat," *Arena Tekstil*, Vol. 33(1):37-46, 2018.
- [9] H. Khusna, "Analisis Kandungan Kimia Dan Pemanfaatan Sludge Industri Kertas Sebagai Bahan Pembuatan Batako," *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, 2012.
- [10] A.G. Aritonang, U. S. Hardjanto, dan A. Soemarmi "Pengelolaan Limbah Di Perusahaan Pulp PT. Toba Pulp Lestari, Tbk Kabupaten Toba Samosir Sumatera Utara Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," *Diponegoro Law*

- Journal*, Volume 5(3) Tahun 2016. Diakses pada tanggal 01-06-2020 di <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/dlr/> 1
- [11] Laporan Implementasi Lingkungan PT. X. 2019.
 - [12] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah B3.
 - [13] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 14 Tahun 2013 tentang simbol dan label LB3.
 - [14] Keputusan Kepala BAPEDAL No. Kep-05/BAPEDAL/09/1995 Tentang Simbol dan Label Limbah B3 tentang Simbol dan Label Limbah B3.
 - [15] Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 1 Tahun 1995 tentang penyimpanan dan pengumpulan LB3.
 - [16] Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 2 Tahun 1995 tentang dokumen LB3.