

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1. Manajemen Limbah

Manajemen adalah Usaha untuk mengatur dan mengarahkan sumber daya yang berkaitan tentang perlengkapan, metode kerja, bahan baku, dan lain- lain (Patras et al., 2019). Dengan berlandasan dari empat fungsi utama manajemen agar organisasi atau perusahaan dapat mencapai tujuan yang diharapkan secara efektif dan efisien. Empat fungsi manajemen diantaranya sebagai berikut :

1. *Planing* atau perencanaan, merupakan fungsi manajemen dalam menyusun dan memilih strategi apa yang akan digunakan sebuah , perencanaan ini merupakan langkah awal yang menentukan sebuah perusahaan kedepannya
2. *Organizing*, pengorganisasian orang menjadi beberapa bagian kelompok dengan memegang tugas dan tanggung jawab untuk mencapai tujuan bersama
3. *Actuating*, merupakan usaha dalam fungsi manajemen untuk menghasilkan kinerja karyawan atau kelompok, yang lebih efektif dan efisien dengan membangun suasana lingkungan kerja yang dinamis
4. *Controlling*, merupakan pemeriksaan terkait permasalahan yang terjadi atau bisa saja terjadi di waktu yang akan datang dengan evaluasi sesuai dengan target atau standar yang telah ditentukan.

Manajemen limbah adalah upaya untuk mengendalikan pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan limbah hasil berbagai kegiatan manusia, antara lain kegiatan industri (Hidayat, 2012). Dengan melakukan pengelolaan terhadap alur hidup limbah seperti upaya dalam mengurangi volume, konsentrasi atau bahaya mulai dari setelah limbah dihasilkan dari proses produksi, dengan melalui proses

kimia, fisika atau hayati sesuai dengan bentuk dan kandungan dari limbah tersebut.

Dapat disimpulkan manajemen limbah adalah usaha untuk mengatur siklus alur limbah dari mulai kondisi ruang, komposisi , proses pengelolaan lanjut siklus limbah yang dilakukan untuk mencegah terjadinya penumpukan limbah dan pencemaran lingkungan secara berkelanjutan.

2.2. Sistem Dinamik

Sistem dinamik adalah pemodelan matematis tentang bagaimana semua objek dalam suatu sistem saling berinteraksi satu sama lain, guna untuk mempelajari masalah yang timbul dari berbagai aspek mulai dari perubahan perilaku, waktu dari sebuah sistem (Subiantoro, 2007).

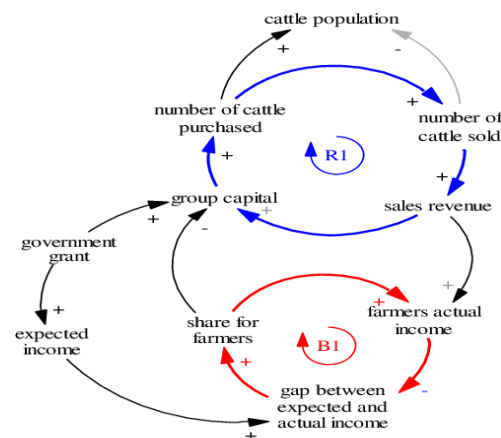
Tujuan dari metode ini adalah untuk melakukan pendekatan dalam usaha untuk pemecahan dari sebuah masalah dengan menganalisis, memahami, membangun, dan mengoptimalkan unsur unsur dari sebuah sistem agar mendapatkan keputusan yang berkualitas dan efisien. Selain itu sistem ini bisa juga digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam jangka pendek dan jangka panjang di masa depan agar mendapatkan hasil kerja yang optimal dan sesuai dengan tujuan awal

Pendekatan yang ada dalam sistem dinamik ada 2, yaitu Causal Loop Diagram (CLD) dan Stock and Flow Diagram (SFD) . yang digunakan untuk mendapatkan pemahaman tentang sistem secara menyeluruh(Hadi et al., 2019) :

a. Causal loop Diagram (CLD)

Model CLD adalah model struktur yang menggambarkan umpan balik antara hubungan sebab akibat antar komponen sistem yang digunakan

dalam pemecahan masalah dengan mempertimbangkan kompleksitas untuk mendukung pendekatan sistem dinamik. Hubungan sebab akibat antar komponen sistem yang digambarkan dalam suatu diagram berupa garis lengkung yang berujung tanda panah yang menghubungkan antar unsur sistem. Dengan simbol tanda huruf "S (+)" di ujung tanda panah dengan artian bahwa jika komponen yang jadi penyebab atau mempengaruhi komponen lain berubah atau meningkat maka komponen yang dipengaruhi akan berubah atau meningkat juga. Kemudian untuk tanda huruf "O (-)" menandakan lawan dari tanda huruf "S (+)" dengan pengertian bila komponen yang mempengaruhi berubah atau meningkat maka komponen yang dipengaruhi malah berbalik menurun (Putih, 2008)

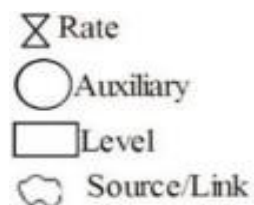


Gambar 2.1 Contoh penggunaan diagram Causal Loop

b. Stock and Flow Diagram (SFD)

Pendekatan ini adalah lanjutan dari Casual Loop Diagram (CLD). Pada pendekatan SFD atau bisa disebut dengan Diagram Alir memiliki dua jenis variabel utama, yaitu *Stock (Level)* dan *Flow (Rate)* yang digunakan untuk merepresentasikan atau menjabarkan lebih rinci aktivitas pada suatu lingkaran umpan-balik yang telah di

modelkan oleh CLD, dengan menggunakan simbol-simbol komputer sesuai dengan perangkat lunak yang dipilih (Subiantoro, 2007). Dan juga disertai variabel pendukung yaitu Auxiliary dan Source, Auxiliary adalah formulasi dari beberapa variable untuk memenuhi variable stock dan flow. Source adalah rangkaian komponen-komponen diluar batasan model (Aditya & Suryani, 2018). Stock (level) merupakan akumulasi di dalam sistem lebih dikenal sebagai *state variable system* yang merupakan akumulasi dari pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel di dalam sistem. Untuk Flow (rate) merupakan suatu struktur yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat dengan dasar informasi yang tersedia dan juga dari laju aktivitas sistem tiap periode waktu di dalam sistem. Dalam model hasil dari variabel *Rate* inilah yang dapat mempengaruhi level (Mukti, 2010).



Gambar 2.2 Jenis variabel

Proses validasi juga merupakan proses yang sangat dibutuhkan pada saat membuat pemodelan, untuk bisa membuktikan apakah model yang dibuat sesuai dengan apa yang dibutuhkan atau mewakili dari kondisi sistem secara nyata (Aditya & Suryani, 2018). Proses validasi dari penelitian ini dengan menggunakan validasi grafik nilai current dari model diagram kausal yang ada di aplikasi Vensim PLE.

2.3. Economic Order Quantity (EOQ)

Economic Order Quantity (EOQ) adalah suatu cara untuk membuat pengadaan tentang persediaan barang atau bahan baku di perusahaan bertujuan untuk menentukan berapa jumlah pesanan yang ekonomis untuk setiap kali pemesanan dengan frekuensi yang telah ditentukan serta kapan waktu yang tepat untuk dilakukan pemesanan kembali (Apriyani & Muhsin, 2017). Tujuan dari metode ini adalah untuk mengelola persediaan barang agar dapat memaksimalkan Total penjualan barang dan mencegah terjadinya penumpukan barang berlebih di gudang. Dalam penghitungan dengan metode EOQ untuk mencari waktu penjadwalan pembelian adalah dengan menghitung Reorder Point (ROQ) dan Safety Stock (SS).

2.3.1 Reorder Point (ROP)

Reorder Point (ROP) atau titik pemesanan kembali adalah saat yang dilakukan untuk menjadwalkan pemesanan kembali produk atau bahan, sehingga pada saat penjualan bahan baku bisa sesuai dengan yang dipesan dan tepat waktu tidak sampai melebihi kapasitas yang ada di gudang. Barang yang dilakukan penjualan kembali sesuai dengan persediaan barang di atas Safety Stock atau sama dengan nol. Hal ini dilakukan agar persediaan di gudang tidak melanggar Safety Stock (stock pengaman) dan tidak terjadi penumpukan barang. Berikut rumus dari ROP :

$$RR = SS + \bar{d}$$

Dengan : \bar{d} = Mean demand

SS = Safety Stock

2.3.2 Safety Stock (SS)

Pengertian Safety stock menurut Sofjan Sofjan Assauri (2004:186) “safety stock yaitu Persediaan barang yang diadakan untuk menjaga agar kemungkinan bila terjadi kekurangan bahan atau Stock Out”. Faktor-faktor yang menentukan besarnya persediaan pengaman menurut Sofjan Sofjan Assauri (2004:186) adalah:

- a. Faktor waktu atau lead time (Procurement time)
- b. Penggunaan bahan baku rata-rata
- c. Penentuan besarnya penyelamat persediaan (Safety stock)

Berikut rumus dari Safety Stock :

$$SS = Z \cdot \sqrt{\overline{D} \cdot LT}$$

Dengan : σ = Standar deviasi demand

Z = Safety factor

LT = Lead Time

2.4. Jenis – Jenis Limbah

Berdasarkan karakteristiknya, limbah dapat digolongkan menjadi empat bagian, yaitu (Sugiharto, 1987) :

- 1) limbah cair.
- 2) limbah padat.
- 3) limbah gas dan partikel.
- 4) limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun).

2.4.1. Limbah Padat

Limbah padat adalah benda-benda yang keberadaannya melebihi jumlah normal dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya (merugikan)

2.4.2. Limbah Gas dan Partikel

Gas adalah uap yang dihasilkan dari zat padat atau zat cair karena dipanaskan atau menguap sendiri, contohnya: CO₂, CO, SO_x, NO_x. Partikel, adalah suatu bentuk pencemaran udara yang berasal dari zarah-zarah kecil yang terdispersi ke udara, baik berupa padatan, cairan, maupun padatan dan cairan secara bersama-sama, contohnya: debu, asap, kabut, dan lain-lain (Fardiaz, 1992).

2.4.3. Limbah B3

Pengertian Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) menurut UU No. 32 Tahun 2009, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3, yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

2.4.4. Limbah Cair

Limbah cair atau air limbah adalah air yang tidak terpakai lagi, yang merupakan hasil dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari.

2.5. Karakteristik Limbah

- Berukuran mikro

Limbah berukuran mikro adalah limbah yang berukuran kecil dan tidak bias terlihat, contohnya adalah bahan-bahan kimia yang sudah tidak terpakai dan dibuang begitu saja tidak sesuai dengan prosedur.

- Berdampak luas

Luasnya dampak yang ditimbulkan, karena tidak dirasakan langsung, tapi berkesinambungan. oleh limbah merupakan efek dari limbah berukuran kecil dan bias oleh mata atau limbah mikro.

- **Dinamis**

Dinamis disini adalah, pencemaran limbah tidak dalam waktu singkat namun secara perlahan dan berkala, namun lama kelamaan akan meluas dan mengakibatkan pencemaran yang cukup fatal.

- **Berdampak jangka panjang**

Maskudnya disini adalah, dampak yang ditimbulkan oleh limbah terutama limbah kimia tidak sekedar berdampak pada orang yang terkena, tetapi dapat mengakibatkan generasinya mengalami hal serupa dan ikut merasakanya.

2.6. Pengelolaan Limbah

Menurut UU no 18 Tahun 2008, pengelolaan limbah didefinisikan sebagai kegiatan yang dilakukan secara sistematis, kompleks, dan berkesinambungan dalam usaha untuk pengurangan dan penanganan sampah. Dalam Pengelolaan limbah sendiri terdapat beberapa cara tergantung jenis dan karakteristik limbah itu sendiri, atau biasa dikenal dengan 3R (Reduce, Reuse, Recycling)

1. Recycling

Daur ulang adalah proses pengolahan limbah kembali untuk menjadikan suatu bahan baru yang berguna atau bahkan memiliki nilai jual dengan tujuan utama untuk mengurangi jumlah limbah (li & Rumahan, n.d.). Pada proses Daur ulang melewati beberapa tahapan yaitu pengumpulan, pemilahan, pemrosesan, dan pendistribusian. Dari hasil akhir bisa digunakan kembali atau bisa juga dijual berdasarkan nilai dan

fungsinya. Jenis – jenis sampah atau limbah yang dapat didaur ulang diantaranya :

1. Botol bekas, seperti botol minuman, botol kecap, piring kaca , pecahan cermin sirup, baik yang memiliki warna dan corak maupun yang bening terutama kaca dan gelas.
2. Kertas, buku , karton, majalah, kertas undangan, kertas bekas kantor.
3. Logam, seperti besi, paku, panci, rangka meja, cangkir besi, tembaga, baut, mesin sepeda motor, rangka baja.
4. Plastik,diantaranya gelas plastik, jerigen, nampan , botol air mineral,dan lain lain.

2. *Reuse*

Kegiatan *Reuse* adalah kegiatan menggunakan kembali material atau bahan yang masih layak pakai tanpa melalui proses daur ulang (Yuneke, 2016). Syarat pada proses reuse ini barang atau sampah yang digunakan adalah barang yang tahan lama, hal ini untuk menambah panjang umur kegunaan suatu barang . bukan barang disposable (sekali pakai lalu buang). Contoh proses *Reuse* ini seperti ban bekas yang bisa digunakan menjadi kursi, botol bekas dimanfaatkan menjadi tempat pensil, kertas bekas yang bisa di buat menjadi kerajinan tangan

Manfaat penggunaan kembali atau reuse menurut (li & Sampah, 2006) adalah sebagai berikut :

- a. Menjaga keseimbangan lingkungan dari penumpukan sampah yang berlebihan
- b. Mengalihkan unsur beracun seperti timbal, kadmium dan merkuri dari tempat pembuangan sampah.

- c. Menghemat biaya pembelian material dan bahan baku sepanjang barang yang dipergunakan kembali bisa menggantikan barang baru yang dapat diproduksi industri.
- d. Karena volume sampah menjadi berkurang otomatis kebutuhan pengadaan tempat sampah menjadi menurun
- e. Dapat meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar dengan menciptakan lapangan kerja baru.

3. *Reduce*

Reduce atau bisa disebut pengurangan sampah berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah (li & Sampah, 2006). Reduce adalah usaha pertama yang dilakukan untuk mengurangi penumpukan limbah di TPA atau tempat tempat penampungan limbah. Pengurangan sampah atau limbah dapat dilakukan mulai dari diri kita sendiri, dengan hal – hal kecil, seperti mengurangi pemakaian botol air minum plastik diganti dengan membawa Tupperware saat akan membeli minuman dari luar, mengganti penggunaan sedotan plastik menjadi sedotan alumunium, penggunaan kantong kresek diganti dengan tas sebagai alat untuk wadah barang-barang belanjaan.

Meskipun dalam penerapannya sulit dilakukan oleh sebagian masyarakat, Reduce memiliki beberapa manfaat besar seperti dalam upaya:

- a) Untuk menyelamatkan SDA dari sampah yang bersifat mencemarkan lingkungan. Limbah atau sampah yang ada di alam adalah sampah yang memiliki daur hidup (life cycle) karena tidak semua sampah bisa cepat terurai dengan sampah membutuhkan waktu berpuluh – puluh hingga ratusan tahun untuk tanah bisa menguapkan sampah tersebut.

- b) Mengurangi Limbah Beracun, dengan tidak menggunakan atau mengurangi penggunaan zat yang memiliki kandungan racun seperti penggunaan pestisida dalam mengatasi hama yang menyerang tumbuhan. Seperti contoh Saat ini banyak orang yang tidak menggunakan pestisida dalam perawatan tanaman organik dengan memanfaatkan serangga dan diversifikasi tanaman pada satu wilayah (li & Sampah, 2006).
- c) Dengan tidak menggunakan barang sekali pakai hali ini bisa mengurangi pengeluaran biaya, yang biasanya digunakan untuk membeli barang barang sekali pakai. Proses reduce ini diharapkan bisa meningkatkan kondisi ekonomi dari beberapa aspek seperti bisnis , rumah tangga

2.7. Limbah Besi

Besi ialah logam transisi yang memiliki karakteristik warna keabu-abuan mengkilap yang bisa berkarat di suhu udara yang lembab Dalam PP no 74 tahun 2001, tentang pengelolaan B3 dan PP no 18 Jo 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah B3, limbah yang dihasilkan oleh industri besi/baja dan Logam digolongkan sebagai limbah B3 (Rosita, 2012). Berdasarkan karakteristik Besi itu sendiri memiliki banyak sifat kegunaan yang membuatnya sangat berguna sebagai bahan baku di berbagai industri bahkan hasil dari pengolahan besi dilakukan daur ulang juga bisa . Dibawah ini adalah beberapa keunggulan dari sifat besi adalah sebgai berikut :

1. **Lunak**, Salah satu sifat fisik dari besi yang paling terkenal adalah tingkat kekerasannya. Besi merupakan logam lunak tetapi jika dilakukan penggabungan dengan material lain, besi menjadi perekat yang sangat

kuat. Keuntungan lain besi dapat digunakan untuk banyak aplikasi di berbagai sektor.

2. **Memiliki kemampuan feromagnetik**, kandungan feromagnetik ini membuat tahu dan lebih mudah dalam memisahkan material yang mengandung besi dan non besi
3. **Biaya rendah**, harga dari Elemen material ini juga terjangkau, membuat sangat besi sangat bermanfaat sebagai bahan baku bagi banyak sektor industri
4. **Lentur**, Besi juga dapat berubah bentuk di jika diberi pemanasan dan tekanan, seperti membuat pisau , pedang .yang berarti besi mudah untuk dikerjakan dan dibentuk.
5. **Konduktivitas**, Elemen ini adalah konduktor listrik dan panas dan, seperti yang disebutkan, mudah untuk dimagnetisasi juga.

2.8. State Of The Art

Tabel 2.1 *State Of The Art*

No	Research Tittle	Reseach r/Year	Metode	Tools	Critical Review
1	ANALISIS MODEL DINAMIK DALAM PENGANGKUTA N SAMPAH DI KOTA BANGKALAN	(Zalukhu & Mirwan, 2016)	<i>System Dynamics</i>	STELLA	Diperlukan pembuatan jadwal pengangkutan yang jelas dengan pihak ketiga, dan memperjelas tanda jalur kotor untuk

					pengangkutan limbah menuju TPS.
2	Kombinasi Preventive Dan Reactive Maintenance Dengan Simulasi Sistem Dinamik	Subiantoro & Sigit, (2007)	<i>System Dynamics</i>	Leverage	1. Dalam penggunaan metode Sistem dinamik di penelitian ini menggunakan 3 model tetapi tidak digunakan untuk meneliti faktor penyebabnya
3	PEMODELAN SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN JUMLAH PENDAPATAN UNIT RAWAT INAP RUMAH SAKIT ISLAM	(Yani et al., 2020)	<i>System Dynamics</i>	<i>Vensim</i>	Hasil simulasi menunjukkan bahwa kebijakan kerja sama dengan jaminan asuransi kesehatan, dapat dimaksimalkan dengan merubah sistem

	SURABAYA A.YANI				pembayaran, sehingga upaya meningkatkan jumlah pendapatan bisa dicapai.
4	Pengelolaan Limbah Padat B3 Di Rumah Sakit Dr. Saiful Anwar Malang	(Setyobudi arso et al., 2018)	Deskriptif	Wawancara	Penambahan troli pengumpul 120 L dari 62 troli yang ada menjadi 101 troli yang disesuaikan dengan limbah padat B3 ,dengan metode tersebut tidak bisa digunakan untuk membuat model alternative rute pengumpulan limbah padat B3
5	MANAJEMEN PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS PADAT DI RUMAH SAKIT	(Chrisyanti et al., 2018)	Deskriptif	wawancara	Tidak adanya jadwal pengangkutan antara vendor 1 dengan vendor 2

	ISLAM SURABAYA AHMAD YANI TAHUN 2018				sehingga perencanaan yang dibuat belum sesuai dengan jadwal
6	<i>Waste Management</i> Pada Proyek Pembangunan Gedung Sebagai Bagian Dari Upaya Perwujudan <i>Green Construction</i>	(Hastuti et al., 2015)	Deskriptif	WMPET (Waste Management Performance Evaluation Tool)	Pengkajian manajemen limbah yang dilakukan perlu dilakukan pencatatan pengolahan limbah konstruksi sehingga volume yang dihasilkan bisa lebih terpantau
7	Klasterisasi Manajemen Pengolahan Limbah Sapi Bali pada Simantri di Kabupaten Badung	(Parwata et al., 2019)	Hierarchical Cluster		analisis menggunakan dendogram cluster masih kurang intensif terhadap manajemen pengolahan

					limbah di Gapoktan
8	Simulasi dan Pemodelan Sistem Persediaan Pada Perusahaan Retail Dengan Metode Sistem Dinamik	(Octaviani & Suryani, 2014)	<i>System Dynamics</i> dan <i>EOQ</i>	Vensim	Dengan model dari system dinamik dapat digunakan sebagai acuan untuk melakukan simulasi persediaan barang dan dengan <i>EOQ</i> lebih optimal untuk menentukan jumlah order paling ekonomis dan keuntungan maksimal namun juga meminimalisir terjadinya out of stock

9	A dynamic model for organic waste management in Quebec (D-MOWIQ) as a tool to review environmental, societal and economic perspectives of a waste management policy	(Eni et al., 2019)	<i>System Dynamics</i>	Integrate d Solid Waste Management (ISWM), Life Cycle Analysis	1. Model sistem dinamik dapat digunakan untuk membuat keputusan berdasarkan proyeksi tren skenario yang telah ditentukan atau disesuaikan secara khusus.
10	PEMODELAN SISTEM MANAJEMEN PENGELOLAAN LIMBH UNTUK MENGOPTIMAL KAN SIKLUS LIMBAH PLAT BESI DI PT. MAXIMA DAYA INDONESIA	(Penelitian Ini, 2021)	<i>System Dynamics</i>	Vensim PLE	