

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini dipaparkan kajian literatur induktif dan deduktif yang mendukung penelitian terkait pengurangan emisi CO₂ pada distribusi logistik makanan beku. Kajian induktif adalah kajian pustaka yang bermakna untuk menjaga keaslian penelitian. Kajian ini diperoleh dari artikel, dan jurnal yang terindeks skopus. Pada kajian induktif dapat diketahui penelitian-penelitian terbaru serta perkembangan metode-metode mutakhir yang pernah dilakukan penelitian lain. Bab ini terdiri dari beberapa sub bab sebagai berikut. Untuk kajian deduktif merupakan kajian yang didasarkan oleh teroi-teori fundamental yang mendukung penelitian.

2.1. Pendahuluan

Pada bab ini yang merupakan bab kajian literatur dimana akan di paparkan hasil kajian pustaka induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian literatur yang mendapatkan informasi dari artikel-artikel (waktu 5 tahun terakhir) dari tahun 2014 sampai tahun 2019, yang terdapat pada jurnal-jurnal yang terindeks scopus (ISA), penyusunana kajian literatur berdasarkan metode Systematic Literature Review (SLR). Metode SLR merupakan metode literature review, sehingga metode SLR adalah suatu metode yang dimana pada metode ini yang mengidentifikasi, menilai, dan menginterpretasi seluruh temuan-temuan pada suatu topik penelitian, untuk menjawab pertanyaan penelitian (*research question*) yang telah ditetapkan sebelumnya (Kitchenham, et al. 2007). Metode SLR dilakukan secara sistematis dengan mengikuti tahapan dan protokol yang memungkinkan proses *literature review* terhindar dari bias dan pemahaman yang bersifat subyektif dari penelitiannya. Pada penelitian ini kemudian dibuat tabel SLR menggunakan Microsoft Excel dengan menggunakan format tabel-tabel agar lebih muda dipahami.

2.2. Kajian Literatur Penelitian Terdahulu

Meningkatnya emisi karbon di atmosfer bumi, telah memberi dampak pada perubahan iklim. Efek yang dapat dilihat sekarang adalah hilangnya es laut, peningkatan permukaan laut yang dipercepat dan gelombang panas yang lebih lama dan lebih intens. IPCC (2014) menyatakan bahwa manusia bertanggung jawab atas kondisi ini, karena aktivitas manusia menyebabkan pemanasan global.

Industri adalah salah satu penyebabnya, yang menghasilkan emisi CO₂. Banyak penelitian yang dilakukan terkait dengan emisi CO₂ yang disebabkan oleh kegiatan rantai pasokan didalam proses industri. Menurut Kementerian Sumber dan Sumber Daya Mineral (2016) Emisi GRK sektor industri dan transportasi merupakan sektor penyumbang emisi terbesar kedua setelah pembangkit listrik pada tahun 2015, sektor transportasi menghasilkan emisi GRK sebesar 137,94 juta ton CO₂ pada tahun tersebut.

Transportasi pendingin untuk *frozen food* diperlukan untuk beroperasi secara andal di lingkungan yang jauh lebih keras dari pada peralatan pendingin stasioner. Karena berbagai kondisi operasi dan kendala yang ditimbulkan oleh ruang dan berat yang tersedia, transportasi berpendingin memiliki efisiensi yang lebih rendah dari pada sistem stasioner. Hal ini bersama bersama dengan meningkatnya penggunaan transportasi berpendingin yang timbul dari jangkauan yang jauh lebih luas dari barang-barang yang diangkut, pengiriman dan harapan kualitas yang lebih besar, menempatkan tekanan besar pada industri makanan untuk mengurangi konsumsi energi dari transportasi berpendingin.

Pada penelitian terdahulu S.A Tassou (2008) melakukan penelitian konsumsi energi dan emisi CO₂ pada transportasi pendingin makanan, penelitian tersebut memberikan ulasan terkait perkiraan terhadap lingkungan, kemudian pengembangan dan penerapan teknologi alternatif untuk sistem pendingin kompresi uap. Studi kasus penelitian tersebut adalah transportasi berpendingin di Inggris, tinjauan dan analisis penelitian tersebut menunjukkan bahwa emisi gas rumah kaca dari sistem pendinginan kompresi uap konvensional yang digerakkan mesin diesel yang biasa digunakan dalam pendinginan

transportasi makanan dapat mencapai 40% dari emisi gas rumah kaca. Penelitian tersebut juga memberikan usulan efisiensi alternatif berupa penggantian sistem pendingin menggunakan pendinginan siklus udara dan sistem hibrida dimana teknologi pendingin konvensional terintegrasi dengan penyimpanan energi thermal.

Pada penelitian selanjutnya yaitu Liu et al (2015) mengembangkan model untuk meramalkan konsumsi energi, emisi CO₂ kotor dan intensitas emisi CO₂ di Cina dari 2013 hingga 2020 melalui simulasi sistem dinamis. Namun demikian, pengurangan emisi CO₂ adalah tujuan jangka panjang di Cina karena kita juga perlu mempertimbangkan isu-isu lain seperti tingkat perkembangan ekonomi, struktur energi, dan pengembangan teknologi dan sebagainya.

Penelitian terbaru lainnya tentang konsumsi energi dan emisi karbon menggunakan pendekatan sistem dinamis dilakukan Chairul Saleh et al (2016) telah mengembangkan model penelitian terkait skenario emisi CO₂ menggunakan simulasi sistem dinamis, yang bertujuan untuk mengurangi produksi CO₂. Dalam penelitian tersebut, penilaian emisi CO₂ didasarkan pada konsumsi energi yang digunakan dalam kegiatan rantai pasokan selama periode produksi pada tahun 2014. Masalah di dalam penelitian tersebut adalah terkait penggunaan energi untuk transportasi dan produksi dalam kondisi yang kompleks. Penelitian tersebut membangun model penilaian dan membuat skenario dengan mengusulkan pemodelan simulasi berdasarkan sistem dinamis. Penelitian tersebut telah mengembangkan dua skenario untuk mengurangi emisi CO₂. Skenario pertama dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar sebesar 155%. Skenario tersebut terbukti mengurangi jumlah CO₂ sebesar 44%. Kemudian skenario kedua mengurangi 0,2% emisi CO₂ atau setara dengan 387.600 kg CO₂.

Berikut merupakan SLR yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 2.1 Tabel SLR

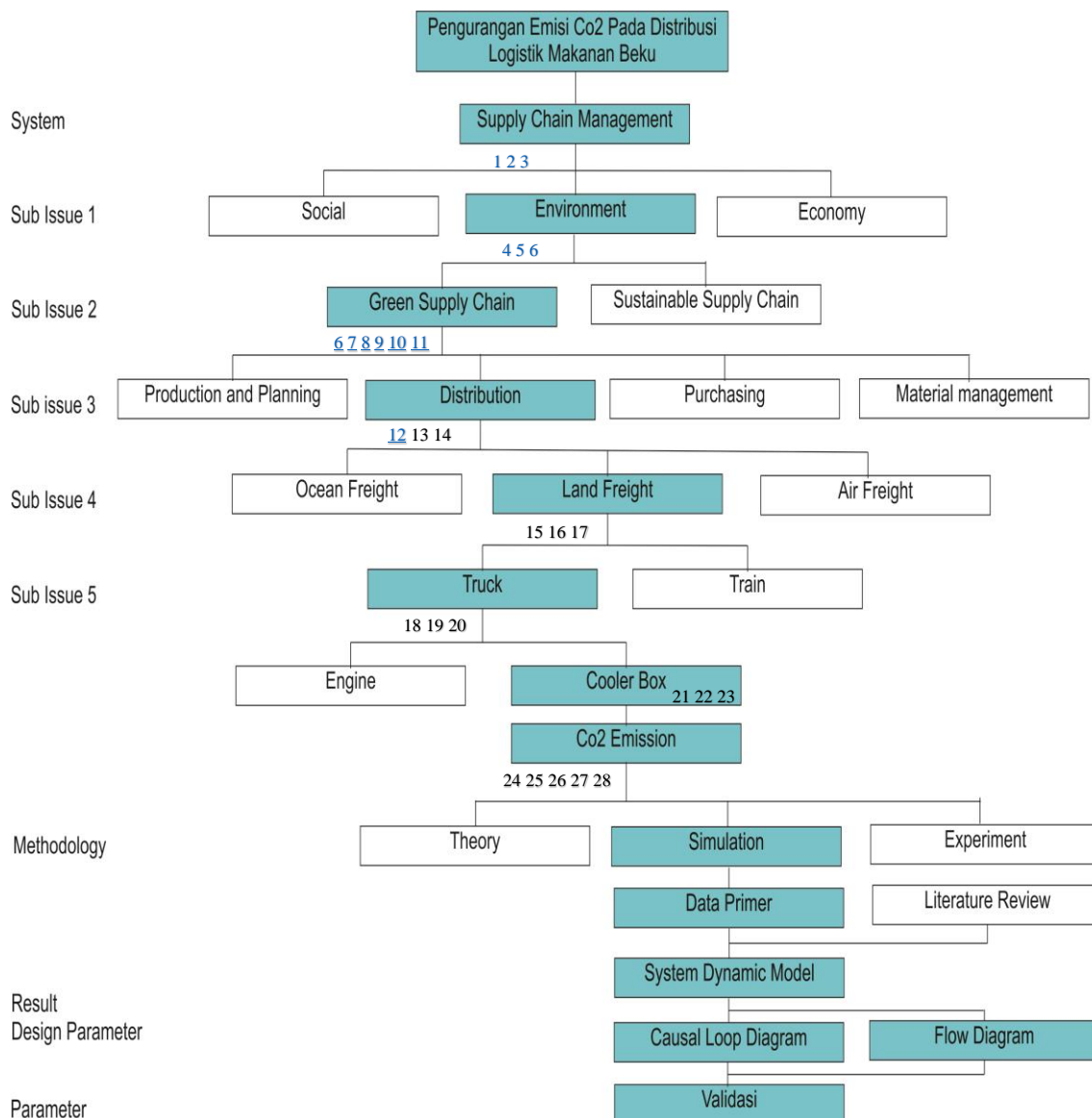
NO	TITLE	AUTHORS	YEARS	JOURNAL	INDEX
1	Sustainable Supply Chain Quality Management : A systematic review	Bastas A, & Liyagne K.	2018	Journal Of Cleaner Production	1
2	Swarm intelligence approaches in supply chain management: potentials, challenges and future research directions	Gunjan Soni, Vipul Jain, Felix T.S. Chan, Ben Niu, Surya Prakash,	2018	Supply Chain Management: An International Journal	1
3	Green supply chain management and export performance: The mediating role of environmental performance	Al-Ghwayeen, W. S. and Abdallah, A. B.	2018	Journal of Manufacturing Technology Management	1
4	Sustainable green supply chain management: trends and current practices	Amol Singh, Ashish Trivedi	2016	Competitiveness Review	1
5	Challenges for Sustainable Supply Chain Management: When Stakeholder Collaboration Becomes Conducive to Corruption	Silvestre, Viana, Monteiro, & Sousa Filho	2018	Journal Of Cleaner Production	1

NO	TITLE	AUTHORS	YEARS	JOURNAL	INDEX
6	Sustainable supply chain management contributions of supplies markets	Cristino Alberto Gómez-Luciano, Félix Rafael Rondón Domínguez, Fernando González-Andrés,	2018	Journal Of Cleaner Production	1
7	A review of the transportation mode choice and carrier selection literature	Mary J. Meixell and Mario Norbis	2008	International Journal of Logistic Management	1
8	System Dynamics Approach In Science and Technology Education	hasret nuhoğlu & mert nuhoğlu	2007	Journal of Turkish Science Education	3
9	Assessment and decision making scenario of carbon emission in sugar industry based on energy consumption using system dynamics	chairul saleh, afifuddin thoif, raden achmad chairdino leuveano, & mohd nizam ab rahman	2016	Journal of Engineering Science and Technology	2
10	The use of construction equipment productivity rate model for estimating fuel use and carbon dioxide (CO ₂) emissionsCase study: bulldozer, excavator and dump truck	Apif Hajji	2015	International Journal of Sustainable Engineering	2

NO	TITLE	AUTHORS	YEARS	JOURNAL	INDEX
11	Determinants of carrier selection: updating the survey methodology into the 21st century	Tomi Solakivia, Lauri Ojala	2017	Transportation Research	1
12	Driving forces of road freight CO2 in 2030	Heikki Liimatainen, Inger Beate Hovi, Niklas Arvidsson, Lasse Nykänen	2015	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	1
13	Toward a Better Methodology for Assessing CO2 Emissions for Intermodal and Truck-only Freight Systems: A European Case Study	Nam Seok Kim & Bert Van Wee	2014	International Journal of Sustainable Transportation 8	1
14	Reducing CO2 emissions in temperature-controlled road transportation using the LDVRP model	Helena M. Stellingwerf*, Argyris Kanellopoulos, Jack G.A.J. van der Vorst, Jacqueline M. Bloemhof	2018	Transportation Research Part D	1
14	Truck dispatching and minimum emissions earthmoving	Alireza S. Kaboli and David G. Carmichael	2014	Smart and Sustainable Built Environment	2

NO	TITLE	AUTHORS	YEARS	JOURNAL	INDEX
15	Determine the optimal carrier selection for a logistics network based on multi-commodity reliability criterion	Yi-Kuei Lin a& Cheng-Ta Yeh	2014	International Journal of Systems Science	1
16	Food transport refrigeration – Approaches to reduce energy consumption and environmental impact of road transport	S.A. Tassou , De-lille Y.T Ge	2008	Applied Thermal Engineering 29	1

Dari hasil pengumpulan jurnal – jurnal yang terkait dengan topik penelitian diatas, langkah selanjutnya adalah membuat *CK-Chart*. *CK-Chart* merupakan model yang terkait isu – isu aktual terkait dengan topik penelitian yang kemudian hasil akhirnya akan dijadikan sasaran atau tujuan penelitian. Berikut ini adalah gambar *CK-Chart* :



Gambar 2.1 CK-Chart Penelitian

2.2.1. Penjelasan CK-Chart

Kajian terbaru atau *novelty* dapat diperoleh berdasarkan dari CK-chart *planning tools* pada Gambar 2.1 yang dapat dipertanggung jawabkan. Pada CK-Chart *planning tools* terdapat *general tittle* mengenai pengurangan emisi CO₂ pada distribusi logistik makanan beku, lingkup pada penelitian ini didapatkan berdasarkan pada CK-Chart *planning tools* yang digunakan untuk mengevaluasi sistem guna memngurangi emisi CO₂ pada distribusi logistik makanan beku terkhusus *cooler box* truk distribusi. Truk sendiri pada CK-Chart *planning tools* merupakan sebagai *sub issue*. Pada penelitian ini berfokus pada

sub issue Truck. *Sub issue* pada *truck* terdiri dari *sub issue* lainnya, yaitu *engine* dan *cooler box*. Metodologi yang digunakan pada penelitiann ini adalah simulasi terhadap data sekunder yang telah didapatkan dari data historis perusahaan. Dari kajian literatur yang ada, maka penelitian ini dilakukan dengan berfokus untuk membuat skenario untuk mengurangi emisi CO2 yang dihasilkan *cooler box* pada truk distribusi logistik makanan beku.

2.3. Kajian Teori

Kajian teori berisi mengenai kajian deduktif penelitian yang dilakukan

2.3.1. Supply Chain Management

Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. Perusahaan-perusahaan tersebut biasanya termasuk supplier, pabrik, distributor, toko atau ritel, serta perusahaan-perusahaan pendukung seperti perusahaan jasa logistik (Pujawan dan Er 2017). Sedangkan *Supply Chain Management* (SCM) adalah sebuah penggambaran koordinasi dari keseluruhan kegiatan rantai pasokan, dimulai dari bahan baku dan diakhiri dengan pelanggan yang puas (Heizer dan Render 2015). Kegiatan *supply chain* dapat dipetakan menjadi tiga tingkatan : produk, komponen dan bahan (Kalverkamp dan Young 2019). Pengertian lain menjelaskan bahwa *Supply Chain Management* (SCM) adalah suatu kesatuan proses dan aktivitas produksi mulai bahan baku yang diperoleh dari supplier, proses penambahan nilai yang merubah bahan baku menjadi barang jadi, proses penyimpanan persediaan barang sampai proses pengiriman barang jadi tersebut ke retailer dan konsumen (Pujawan dan Er 2017).

Pada penelitian (Bastas and Liyanage 2018) menjelaskan bahwa SCM terdiri dari tiga konsep dasar yaitu Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan. Ketiga konsep dasar tersebut biasa juga disebut *triple bottom lane* atau TBL dalam supply chain management.

2.3.2. Green Supply Chain

Green supply chain adalah salah satu konsep yang efektif dalam mempertimbangkan masalah didalam semua proses organisasi, sehingga konsep *green supply chain* muncul seiring dengan peraturan pemerintah dan aturan untuk mencapai standar lingkungan yang ramah lingkungan (Tooranlo, et al. 2017). Konsep *green supply chain* sangat penting untuk dapat diterapkan karena selama ini ukuran kinerja dari *supply chain* tidak memperhatikan terkait dampak terhadap lingkungan (Puryono , et al. 2016). Pada saat ini tantangan serta masalah utama yang dihadapi oleh perusahaan industri adalah terkait pencemaran lingkungan dan menjadi lebih bertanggung jawab terhadap masyarakat dan lingkungan (Singh dan Trivedi 2016).

Menurut Srivastava (2007) *Green Supply Chain Management* merupakan sebuah proses untuk mengintegrasikan manajemen rantai pasok dengan sebuah konsep lingkungan yang meliputi desain produk, penyediaan dan pemilihan material, proses manufaktur, proses distribusi ke konsumen serta pengelolaan produk setelah masa pemakaiannya. *Green Supply Chain Management* adalah sebuah inovasi penerapan rantai pasok yang berpadu dalam konteks lingkungan termasuk aktivitas-aktivitas reduksi, *recycle*, *reuse* dan substitusi dari material yang digunakan (Dheeraj 2012).

Pada penelitian (Al-Ghwayeen and Abdallah 2018) juga menjelaskan GSCM sendiri bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan dari produk dan layanan. Menambahkan elemen *green* ke SCM memberi dampak dari proses rantai pasok ke proses yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan proses, produk, serta layanan yang ramah lingkungan memerlukan upaya bersama untuk penerapannya.

2.3.3. Distribution

Dalam kamus bahasa Indonesia, pengertian distribusi adalah pembagian/pengiriman barang-barang kepada orang banyak atau ke beberapa tempat (Anwar 2001). Selain itu Philip Kotler mendefinisikan distribusi adalah himpunan perusahaan dan perorangan

yang mengambil alih hak, atau membantu dalam mengalihkan hak atas barang atau jasa tersebut berpindah dari produsen ke konsumen (Aziz 2008).

Distribusi sangatlah bagian yang penting pada perusahaan, karena transportasi distribusi dapat berperan dalam mencapai keunggulan kompetitif (Reiman 1998). Kinerja pembawa transportasi dapat mempengaruhi efektivitas fungsi logistik seluruh perusahaan. Oleh karena itu, proses pemilihan pembawa transportasi yang tepat adalah penting untuk keberhasilan perusahaan. Kotler dan Armstrong (Kotler dan Armstrong 2008), menyatakan bahwa tempat (distribusi) adalah kegiatan yang dilakukan perusahaan yang membuat produk tersedia bagi pelanggan sasaran. Sedangkan Tjiptono (Tjiptono 2008), menyatakan bahwa pendistribusian dapat diartikan sebagai kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen ke konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan saat dibutuhkan). Tetapi menurut Meixell dan Norbis (2008) meningkatnya kepedulian terhadap dampak masalah energi dan lingkungan merupakan salah satu dari tantangan logistik yang mempengaruhi terhadap pendistribusian barang (kargo).

2.3.4. Land Freight

Cargo atau kargo didefinisikan secara sederhana adalah semua (goods) yang dikirim melalui udara (pesawat terbang), laut (kapal), atau darat (truk container) yang biasanya untuk diperdagangkan, baik antar wilayah/kota di dalam negeri maupun antar Negara (internasional) yang dikenal dengan istilah ekspor-impor (Warpani 2002).

Kargo merupakan bidang kegiatan yang sangat penting dalam kegiatan distribusi suatu logistik perusahaan. Pentingnya pengangkutan barang logistik bagi perusahaan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, keadaan geografis suatu negara yang terdiri dari ribuan pulau kecil dan besar, perairan yang terdiri dari sebagian besar laut, sungai dan danau yang memungkinkan pengangkutan dilakukan melalui darat, perairan, dan udara guna menjangkau seluruh wilayah (Lin and Yeh 2014). Bahwasannya pentingnya faktor individu sering berbeda dari industri ke industri, perusahaan ke perusahaan, dan

bahkan di dalam perusahaan dari satu fasilitas ke yang berikutnya terkait pemilihan mode transportasi (Monczka, et al. 2005).

Dalam penelitian Solakivi, et al (2017) dijelaskan bahwa faktor pemilihan kargo dalam pendistribusian terdapat beberapa kategori yaitu ketepatan waktu, ketersediaan, kesesuaian, *return*, dan biaya. Sedangkan dijelaskan oleh Meixell dan Norbis (2008) pemilihan kargo juga harus mempertimbangkan faktor jarak, sehingga pemilihan kargo darat dinilai sangat optimal untuk pengiriman yang berkaitan dengan kategori. Penggunaan kargo darat lebih banyak digunakan oleh perusahaan untuk pendistribusian logistik seperti truk ataupun kereta, tetapi fleksibilitas (Andrew, et al. 2006) dan aksesibilitas (Meixell and Norbis 2008) truk lebih baik dibandingkan dengan kargo lainnya.

2.3.5. CO2 Emission

Karbondioksida (CO₂) merupakan salah satu emisi gas rumah kaca yang memberikan andil paling besar terhadap peningkatan suhu rata-rata bumi. Emisi CO₂ di atmosfer berperan sebagai penjaga suhu bumi agar tetap berada dalam kisaran yang nyaman bagi kehidupan manusia (Murdiyarso, 2003). Terjadinya peningkatan emisi CO₂ secara signifikan akibat aktivitas manusia menyebabkan terjadinya peningkatan suhu rata-rata bumi dimana emisi berasal dari pembakaran hutan dan konsumsi bahan bakar fosil (Junaedi, 2007). Menurut S.A Tassou (2008) faktor emisi dari rata-rata intensitas energy dari kegiatan distribusi dan faktor emisi CO₂ *frozen load distribution* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Faktor Emisi Intensitas Energy

Distribution type	Average energy intensity	Standard Deviation
	(kg)	(kg)
Primary distribution (temperature controlled)	19.3	4.9

Tabel 2.3 Faktor Emisi *Frozen Load Distribution*

Vehicle Class	Frozen Load Single Drop	Frozen Load Multi-Drop
---------------	----------------------------	---------------------------

	(gCO ₂ /kg)	(gCO ₂ /kg)
Medium Rigid	112	115
Large Rigid	108	115

Menurut EPA (2017) dan surat Menteri ESDM No. 3783/21/600.572008 mengatakan bahwa faktor konversi emisi untuk konsumsi listrik adalah 0,891 kg/kWh.

2.3.6. Simulasi

Pemecahan analitik, yang menggunakan metode matematika (seperti aljabar, kalkulus, atau teori probabilitas) mungkin dapat menjawab persoalan-persoalan sederhana dari sistem yang sebenarnya (real-world systems) dengan tepat. Akan tetapi, kebanyakan sistem yang sebenarnya memberikan model-model realistik yang terlalu kompleks untuk di evaluasi secara analitik, dan model-model ini harus di selidiki (studied) dengan simulasi (Lav, 1991). Simulasi merupakan satu-satunya alternatif ketika model analitik terlalu kompleks (Pollaschek, 1995).

2.3.7. Permodelan Sistem Dinamis

Menurut Koelling & Schwandt (2005) sistem dinamis merupakan suatu metodologi untuk menganalisis komponen-komponen sistem dengan komponen waktu sebagai faktor penting dengan menggunakan hubungan sebab akibat dan dasar logika dan matematika, penundaan waktu, dan *loop* umpan balik. Penggunaan metode ini sering digunakan untuk melakukan evaluasi dan perbaikan terhadap kebijakan pada suatu sistem.

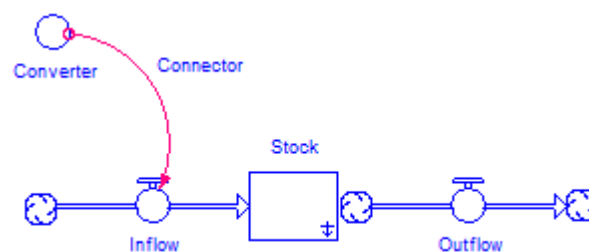
Dalam sistem dinamis, kompleksitas sistem diwujudkan berdasarkan tiga aspek, yaitu: (1) *Close loop* yang dimana sistem yang dijadikan model harus sistem tertutup, yang dimaksud tertutup adalah variabel penting yang menciptakan interaksi sebab akibat berada didalam sistem, (2) adanya *feedback* Terdapat dua jenis proses umpan balik, yaitu umpan balik penguat/positif dan umpan balik penyeimbang/negatif. Seluruh sistem, bagaimanapun kompleksnya, hanya terdiri dari dua jenis umpan balik tersebut (3) *stock* kondisi atau akumulasi dari sistem pada waktu tertentu (nuhoğlu and nuhoğlu 2007)

2.3.8. Causal Loop Diagram

Causal loop diagram menunjukkan arah aliran perubahan variable dan polaritasnya. Polaritas aliran terbagi menjadi dua yaitu positif dan negatif. Polaritas positif apabila perubahan variabel pada awal aliran mengakibatkan berubahnya variabel pada akhir aliran dalam arah yang sama. Sebaliknya, polaritas negatif terjadi jika perubahan variabel pada awal aliran mengakibatkan berubahnya variabel pada akhir aliran dalam arah yang berlawanan. Menurut Sterman (2002) *causal loop* diagram sangat cocok digunakan untuk Memberikan hipotesis yang lebih cepat terhadap sebab akibat dalam permasalahan yang dinamis, Mendapatkan model mental yang lebih baik dari individu maupun tim, dan Sarana komunikasi untuk mendapatkan feedback dari permasalahan yang terjadi.

2.3.9. Flow Diagram

Flow Diagram digunakan untuk memperinci bentuk hubungan antar variabel sistem yang selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan model matematisnya. Dalam *flow diagram* ini ditunjukkan jenis variabel dan jenis hubungan antar variabel. CLD juga merupakan model dengan mengidentifikasi variabel-variabel penting dalam sistem amatan, namun CLD tidak dapat mengandung seluruh informasi yang diperlukan sehingga simulasi dapat dijalankan. CLD tidak dapat menjelaskan variabel yang merupakan *flow* dalam sistem (Chairul Saleh, thoif, et al. 2016).



Gambar 2.2 Simbol Pada Diagram

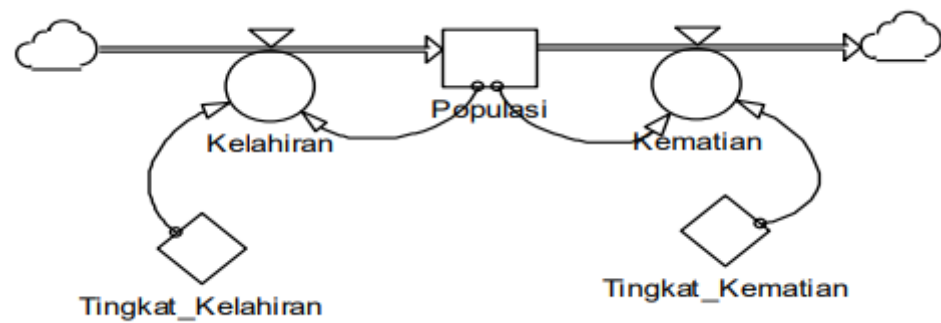
Sumber: (Chairul Saleh, thoif, et al. 2016).

Sesuai dengan gambaran dari SFD di atas, maka beberapa notasi diagram SFD yang digunakan dalam sistem dinamis adalah sebagai berikut:

- a. *Stock* digambarkan melalui sebuah bujur sangkar. *Stock* atau juga biasa disebut level merupakan akumulasi dan dikarakteristikkan sebagai “*the state of the system*”. *Stock* menghasilkan informasi yang akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan ataupun mengambil keputusan (Sterman 2002).
- b. *Flow* merupakan aliran yang berubah sesuai dengan fungsi waktu dan proses yang mempengaruhi *stock*. *Flow* dibedakan menjadi dua, yaitu *Inflows*, digambarkan panah yang menuju *stock* sedangkan *Outflow* digambarkan panah yang keluar *stock*. *Flow* menggambarkan adanya gerakan materi dan informasi dalam sistem, sehingga *flow* menunjukkan aktivitas dalam sistem yang mempengaruhi *stock* (Sterman 2002).
- c. *Converter* dapat berisikan informasi ataupun persamaan (*equation*) yang membangkitkan nilai *output* di setiap periode. *Converter* dapat digunakan untuk mengambil informasi dan mengubahnya untuk digunakan oleh variabel lain dalam model (Sterman 2002).
- d. *Connector* merupakan lambing yang digunakan untuk mengirimkan informasi dan *input* yang digunakan untuk mengatur *flow* (Sterman 2002).

Flow diagram mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Membedakan antara subsistem fisik dan subsistem informasi
- Membedakan antara tipe-tipe variabel seperti, level, rate dan auxiliary
- Mempunyai korespondensi satu-satu dengan persamaan matematis
- Menunjukkan berbagai delay/penundaan dalam system
- Menunjukkan rata-rata/pemulusan dari variabel
- Menunjukkan secara jelas fungsi-fungsi khusus yang digunakan dalam rumus persamaan matematis
- Membedakan simbol yang digunakan dalam penggambaran tiap variabel yang berbeda.



Gambar. 2.3 Contoh *Flow Diagram*
Sumber: (Sterman 2002)

Variabel dalam flow diagram secara dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1.) Level (*stock*)

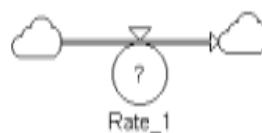
Tipe variabel yang mana merupakan perubahan akumulasinya. Level akan dipengaruhi oleh rate (flow).



Gambar. 2.4 Simbol Level
Sumber: (Sterman 2002)

2.) Rate (*Flow*)

Tipe variabel yang akan mempengaruhi variabel level.



Gambar. 2.5 Simbol *Rate*
Sumber: (Sterman 2002)

3.) *Auxiliary*

Tipe variabel yang mana memuat perhitungan dasar pada variabel lain



Gambar. 2.6 Simbol *Auxiliary*
Sumber: (Sterman 2002)

4.) *Constant*

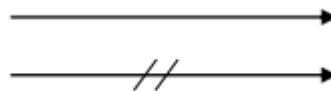
Tipe variabel yang mana memuat nilai tetap yang akan digunakan dalam perhitungan variabel auxiliary atau variabel flow.



Gambar. 2.7 Simbol *Constant*
Sumber: (Sterman 2002)

5.) *Link*

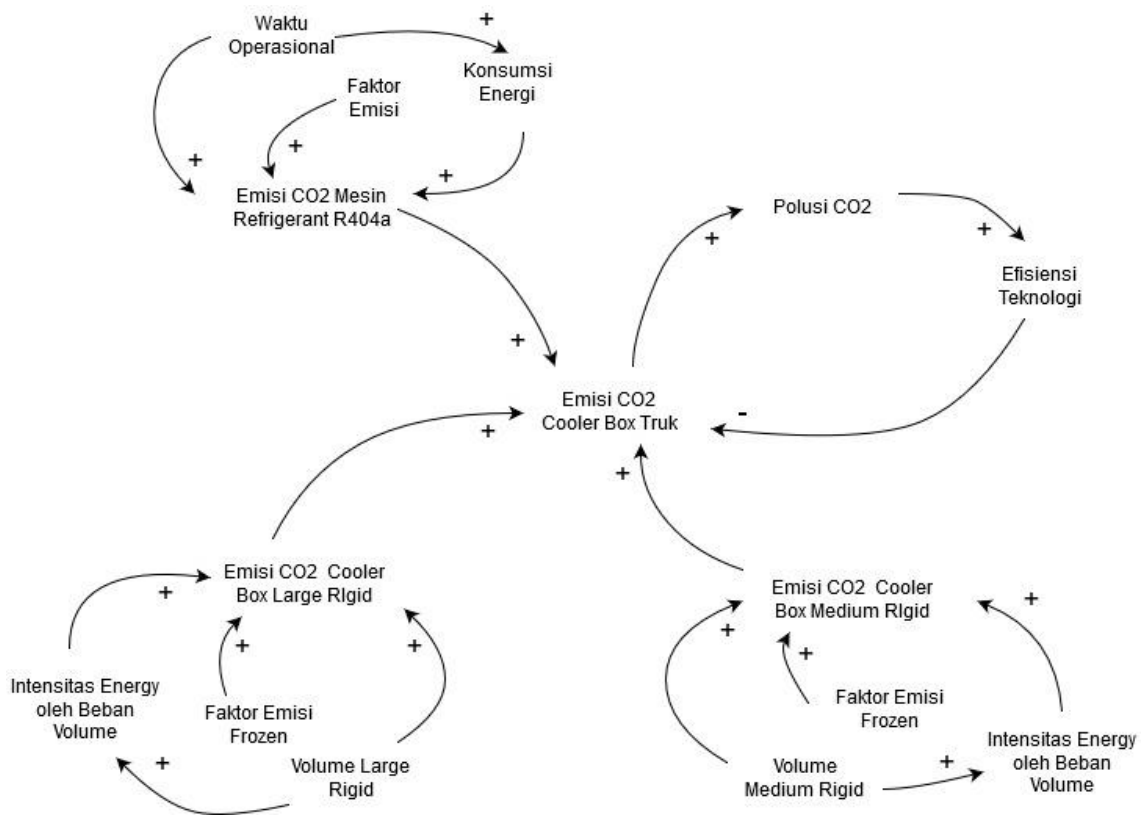
Sebuah alat yang menghubungkan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Dalam Powersim V 2.5.c link dapat dibedakan menjadi link dan delayed link.



Gambar. 2.8 Simbol *Link & Delayed Link*
Sumber: (Sterman 2002)

2.4. Konseptual Model

Berikut adalah gambar dari konseptual model penelitian ini.



Gambar 2.10 Causal Loop Diagram

2.4.1. Penjelasan Konseptual Model

Sub ini menjelaskan konseptual model yang akan digunakan untuk melakukan penelitian ini. Konseptual model terdiri dari sebuah variabel dan indikator yang didapatkan dari kajian penelitian sebelumnya yang berdasarkan kajian induktif serta deduktif yang telah dijelaskan diatas, penulis memutuskan melakukan penelitian untuk membuat simulasi sistem dinamil dari model emisi CO₂ yang dihasilkan *cooler box* truk distribusi pada sebuah perusahaan. Sebelum melakukan penelitian, dilakukan proses strukturisasi masalah (*problem structuring*) dan tahap awal perencanaan *causal loop diagram* (CLD). Pada intinya, proses ini dilakukan untuk memperoleh data – data yang diperlukan dalam melakukan pembuatan model simulasi dinamis. Proses yang pertama dilakukan adalah melakukan identifikasi terhadap masalah dan kondisi yang ada dengan mempelajari informasi dan aspek-aspek yang terdapat pada *cooler box* kendaraan distribusi.

Berdasarkan konsep permasalahan yang telah dipelajari, kemudian ditentukan variabel-variabel dan parameter-parameter yang berperan penting dalam pengeluaran emisi karbon dari *cooler box* truk distribusi. Selanjutnya melakukan pengumpulan data-data yang relevan dari data historis perusahaan, lalu melakukan studi literatur yang bersangkutan atau yang sudah ada, serta data-data lain berdasarkan variabel dan parameter yang telah didefinisikan.

Pada perancangan model simulasi, proses yang dilakukan adalah melakukan pembuatan diagram sebab-akibat (*causal loop modelling*) serta merancang model simulasi sistem dinamis (*dynamic modelling*). Selanjutnya membuat diagram sebab-akibat (CLD) untuk menggambarkan hubungan yang terjadi di antara variabel-variabel yang ada. Kemudian mempelajari perilaku-perilaku yang terjadi seiring dengan berjalannya waktu berdasarkan dinamika yang digambarkan dalam *causal loop diagram*.

Dalam causal loop diagram pada gambar 2.10 diatas, terdapat hubungan antar variabel yang membentuk rantai panjang dari rangkaian sebab akibat (*loop*) yang memberikan umpan balik terhadap variabel lainnya. Causal loop diagram adalah salah satu langkah dalam membuat model konseptual sebelum mengembangkan model perilaku sistem. Hubungan yang terbentuk hubungan antar variabel, namun juga hubungan antara loop satu dengan lainnya. Pada causal loop diagram berikut terdapat 4 variabel yang mempengaruhi emisi CO₂ yaitu volume *cooler box medium rigid*, emisi CO₂ volume *cooler box large rigid*, emisi CO₂ mesin *refrigerant R404A*, dan cuaca. Keempat variabel tersebut mempengaruhi emisi CO₂ pada *cooler box* truk distribusi.

Membangun model simulasi komputer yang didasarkan atas CLD atau FD yang sebelumnya dibuat. Pada tahap ini dilakukan identifikasi nilai awal dari *stock/level*, nilai-nilai parameter dari hubungan-hubungan yang ada, serta hubungan struktural di antara variabel-variabel yang ada dengan menggunakan *constant*, hubungan grafis, atau fungsi-fungsi matematis yang sekiranya tepat. Pembuatan model ini dilakukan dengan menggunakan *software Powersim*. Setelah itu mensimulasikan model sesuai dengan periode waktu yang telah ditetapkan sebelumnya.

Menyajikan hasil dalam bentuk grafik atau tabel dari hasil model simulasi dengan menggunakan bantuan *software* komputer. Perilaku-perilaku yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan data historis atau referensi yang mendukung. Melakukan verifikasi terhadap persamaan-persamaan, parameter dan batasan, serta melakukan validasi terhadap perilaku model dalam periode waktu yang dijalankan. Inspeksi kemudian dilakukan untuk melihat tabel dan grafik yang dihasilkan dari model simulasi pada tahap ini.

Pada analisis model Melakukan pengujian sensitivitas untuk mengukur sensitivitas parameter dan nilai awal (*initial value*) model. Pada tahap ini pula kemudian dilakukan identifikasi terhadap area sistem yang memerlukan perbaikan (*improvement*).

2.5. Kesimpulan

Berdasarkan dari kajian induktif dan deduktif yang telah dilakukan dapat ditemukan bahwa *novelty* yang diperoleh adalah sistem dinamis terkait pengurangan emisi CO₂ pada distribusi logistik makanan beku yang dikhususkan pada *cooler box* truk pada sub distribusi perusahaan yang dimana berdampak