

Available online at: <http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/>

INVENTORY

Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry

| ISSN Online 2723-1895 |



Pemodelan Biaya *Reverse Logistics* Pada Pengelolaan Kemasan Minyak Goreng

Rahmi Ramadhany¹, Rika Ampuh Hadiguna¹, Ahmad Syafruddin Indrapriyatna¹, Suci Oktri Viarani²

¹ Program Magister Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang 25175, Indonesia

² Jurusan Manajemen Logistik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Kampus Bungo Pasang, Padang 25171, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: April 18, 2023

Revised: June 29, 2023

Available online: June 30, 2023

KEYWORDS

Cooking Oil Packaging, Linear Programming, Reverse Logistics, Waste

CORRESPONDENCE

Name: Rahmi Ramadhany

E-mail: rahmiramadhany02@gmail.com

A B S T R A C T

Indonesia is listed as the second largest contributor to plastic waste in the world. The problem currently faced is the increasing amount of plastic waste which is one result of the business processes of companies using plastic packaging or plastic packaging manufacturers, one of the plastic packaging waste that comes from cooking oil packaging. The method to solve the problem of processing cooking oil packaging waste carried out in this study is to modify the existing system into a reverse logistics system. Currently, cooking oil companies have not implemented reverse logistics to reduce plastic packaging production. The reverse logistics system applied in this study is to modify cooking oil packages into packages that can be used repeatedly. The reverse logistics system that is applied is then modeled linearly to find out the minimal costs in implementing reverse logistics for the packaged cooking oil. Based on the development of the packaged cooking oil waste management model, it is known that the results of determining the model solution with the linear programming model are the minimal costs for reverse logistics of packaged cooking oil. The model is designed to do a sensitivity analysis by making changes to the reverse logistics cost parameters, changes in the reverse logistics cost parameters resulting in changes to the results that are directly proportional. The designed model is implemented using PT. XYZ which has a similarity with the designed system.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang menduduki peringkat keempat jumlah penduduk terbanyak di dunia yaitu sebanyak lebih kurang 269.603.400 jiwa [1]. Jumlah penduduk Indonesia yang tinggi mempengaruhi tingkat konsumsi penduduk Indonesia yang berbanding lurus dengan jumlah sampah yang ditimbulkan. Indonesia tercatat sebagai penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia. Berdasarkan komposisi sampah yang dihasilkan didominasi oleh sampah sisa makanan, kertas dan ranting kayu mencapai sekitar 66,32%, sampah plastik mencapai 17,22% dan sampah lainnya seperti kaca, logam, karet mencapai 16,46% dari total keseluruhan [2]. Sampah plastik merupakan sampah anorganik yang tidak dapat terurai secara alami dan tidak dapat terurai dalam waktu singkat, butuh puluhan hingga

ratusan tahun untuk sampah plastik dapat terurai. Sampah plastik yang belum terurai tersebut kemudian akan mempengaruhi keadaan lingkungan seperti rusaknya ekosistem makhluk hidup, berkurangnya area bersih dan tercemarnya lingkungan akibat sampah plastik.

Sampah plastik paling dominan ditimbulkan oleh kemasan makanan dan minuman. Kemasan makanan dan minuman yang terbuat dari plastik menyebabkan peningkatan produksi sampah plastik. Produk kemasan plastik banyak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, sehingga sampah plastik telah melekat erat pada kehidupan manusia. Kemasan plastik banyak digunakan dalam segala hal, selain harganya yang terjangkau juga memberikan kemudahan kepada konsumen dan produsen. Hal tersebut kemudian menjadi kebiasaan sehingga sulit lepas dari penggunaan plastik. Salah satu

contoh sampah plastik yang melekat pada kehidupan sehari-hari adalah sampah kantong plastik kantong belanja, sampah plastik kemasan air mineral, hingga sampah plastik kemasan minyak goreng dan lain sebagainya.

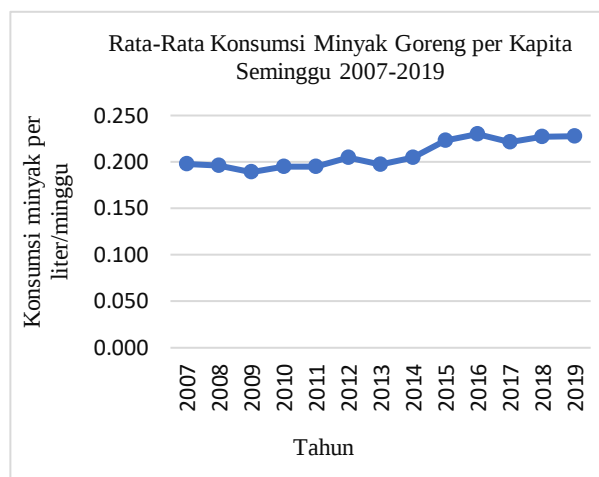
Sampah plastik kemasan minyak goreng merupakan salah satu sampah yang perlu diperhatikan. Minyak goreng kemasan merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Berdasarkan kebijakan yang akan diterapkan oleh pemerintah, pemerintah akan membatasi jumlah penggunaan minyak goreng curah dan akan lebih memfokuskan pada penggunaan minyak goreng kemasan. Penggunaan minyak goreng kemasan didasari oleh tingkat kualitas minyak goreng kemasan yang lebih baik dan terjamin dibandingkan dengan minyak goreng curah. Kebijakan penggunaan minyak goreng kemasan tersebut dapat menimbulkan meningkatnya jumlah sampah plastik di Indonesia khususnya sampah plastik kemasan minyak goreng.

Perusahaan minyak goreng kemasan biasanya menggunakan kemasan plastik, botol plastik dan jerigen untuk mengemas produk mereka. Jenis kemasan yang biasa digunakan yaitu diantaranya kemasan *pouch* mulai dari ukuran 1 liter hingga 2 liter minyak goreng, kemasan botol plastik mulai dari ukuran 240 mililiter hingga 2 liter, dan kemasan jerigen mulai dari kemasan ukuran 5 liter hingga 25 liter. Kemasan minyak goreng tersebut merupakan kemasan yang hanya dapat digunakan sekali pakai dan tidak dianjurkan untuk digunakan berulang kali.

Studi lapangan yang dilakukan pada beberapa minimarket di kota Padang, minyak goreng kemasan *pouch* ukuran 1 liter hingga 2 liter mempunyai frekuensi penjualan lebih tinggi dibandingkan minyak goreng kemasan jerigen 5 liter. Harga minyak goreng kemasan *pouch* 1 liter dan 2 liter terbilang ekonomis, pembelian minyak goreng dengan ukuran 1 liter dan 2 liter tidak memberatkan konsumen dibandingkan dengan minyak goreng dengan ukuran jerigen 5 liter. Hal tersebut akan berdampak pada munculnya sampah plastik kemasan minyak goreng terutama sampah dari kemasan *pouch* yang memiliki permintaan yang paling tinggi diantara kemasan lainnya.

Pemilihan jenis ukuran minyak goreng kemasan yang dikonsumsi oleh masyarakat bergantung pada tingkat konsumsi minyak goreng masyarakat itu sendiri. Data Badan Pusat Statistik Indonesia menyatakan bahwa rata-rata konsumsi minyak goreng per kapita per minggu di Indonesia rentang tahun 2007-2019 mencapai 0,228 liter. Grafik tingkat konsumsi minyak goreng per kapita

perminggu di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. Tingkat Konsumsi Minyak Goreng di Indonesia [3]

Berdasarkan grafik tingkat konsumsi minyak goreng di Indonesia, konsumsi minyak goreng cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut diiringi dengan minyak goreng yang merupakan salah satu bahan pokok bagi masyarakat Indonesia. Tingkat konsumsi minyak goreng yang cenderung meningkat berpengaruh pada kestabilan permintaan minyak goreng untuk pemenuhan kebutuhan pokok.

Berdasarkan data [4], jumlah rumah tangga di provinsi Sumatera Barat tahun 2020 yaitu 1.239.902 dengan rata-rata jumlah anggota keluarga di Sumatera Barat yang rata-rata 4,2 mendekati 4 orang anggota per keluarga. Data yang diperoleh tersebut bertujuan untuk mengetahui jumlah konsumsi minyak goreng per rumah tangga, maka 4 orang dikali dengan rata-rata konsumsi minyak goreng per kapita per minggu di Indonesia yaitu 0,228 liter maka didapatkan hasil jumlah konsumsi minyak goreng per rumah tangga yaitu 0,96 liter per minggu. Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat dikatakan bahwa tingkat pembelian minyak goreng kemasan ukuran 1 liter hingga 2 liter memiliki peluang permintaan yang lebih besar dibandingkan kemasan jerigen 5 liter.

Peluang tingkat pembelian minyak goreng kemasan 1 liter hingga 2 liter yang lebih tinggi dapat menyebabkan tingkat produksi sampah plastik yang juga akan meningkat. Bertolak belakang antara kebijakan konsumsi minyak goreng kemasan dan keinginan pemerintah untuk mengurangi sampah plastik menjadi suatu permasalahan yang harus diselesaikan dengan baik. Produsen minyak goreng kemasan diharapkan mencari solusi penggunaan kemasan plastik yang minimum namun tetap pada tujuan memaksimalkan penjualan. Produsen minyak goreng kemasan diharapkan dapat melakukan penanganan atau

pengelolaan limbah untuk pengurangan sampah plastik yang disebabkan oleh sampah minyak goreng.

Peraturan pemerintah terhadap produsen/pelaku usaha, dimana produsen/pelaku usaha bertanggung jawab terhadap sampah plastik hasil produksinya sesuai dengan Undang – Undang No. 18 tahun 2008 pasal 15 yang berbunyi, "Produsen wajib mengelola kemasan dan atau barang produksinya yang tidak dapat atau sulit terurai oleh proses alam". Berdasarkan undang-undang tersebut dikatakan bahwa produsen atau pelaku usaha harus bertanggung jawab terhadap produk atau kemasan yang memiliki dampak terhadap lingkungan. Kemasan plastik merupakan salah satu jenis kemasan yang memberikan dampak buruk terhadap lingkungan karena berakibat menumpuknya sampah plastik yang memerlukan waktu panjang agar bisa terurai.

Pertimbangan produksi kemasan plastik bagi pelaku usaha sebaiknya dilakukan sebagai bentuk pencegahan jika nantinya diterapkan cukai plastik, dimana adanya biaya yang harus dibayarkan untuk produksi per-kilogram plastik kepada pemerintah. Pelaku usaha yang menggunakan kemasan plastik dan produsen kemasan plastik perlu mempertimbangkan pengurangan penggunaan kemasan plastik sekali pakai untuk mengurangi dampak negatif sampah plastik di lingkungan hidup. Pelaku usaha juga perlu mempertimbangkan biaya yang nantinya akan dibebankan kepada perusahaan terkait dengan akan diadakannya cukai plastik.

Perusahaan minyak goreng kemasan diharapkan mampu mencari solusi untuk pengelolaan limbah kemasan minyak goreng. Perusahaan minyak goreng kemasan memerlukan suatu perubahan agar dapat mengurangi penggunaan kemasan plastik pada minyak goreng kemasan. Perusahaan minyak goreng kemasan dapat melakukan penghematan penggunaan kemasan plastik salah satunya dengan memodifikasi kemasan dengan menggunakan yang dapat digunakan berulang kali, konsumen mengembalikan kemasan kosong ke pihak perusahaan agar dapat dilakukan pengisian ulang sehingga dengan hal tersebut penambahan jumlah sampah plastik dapat diminimalisir.

Proses pengembalian kemasan daur ulang ke pihak perusahaan merupakan salah satu aktivitas dalam proses *reverse logistics* dimana kemasan yang telah digunakan dibawa kembali ke pabrik untuk diproses kembali. *Reverse logistics* merupakan pergerakan produk atau bahan yang terjadi diarah yang berlawanan dari rantai pasokan dengan tujuan untuk menciptakan atau mengembalikan nilai, atau untuk pembuangan yang tepat, termasuk proses pengembalian barang karena

kerusakan, persediaan musiman, mengisi kembali, sisa penarikan, dan kelebihan persediaan, seperti bahan pengemasan dan pengiriman yang diterima dari pengguna akhir atau pengecer [5]. Beberapa penelitian yang membahas tentang pengelolaan limbah dan konsep *reverse logistics* diantaranya [6] membahas mengenai pengelolaan limbah plastik dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Sampah plastik dapat diolah kembali dengan cara daur ulang sebagai sumber energi dan sampah plastik jenis polyethylene dapat dikonversi menjadi bahan bakar minyak dengan proses cracking dan dimanfaatkan sebagai bahan pembuat karbon aktif. Penelitian [7] membahas tentang konsep *reverse logistics* dalam penanganan baterai laptop bekas dalam penelitiannya diperoleh bahwa dengan memperhatikan *reverse logistics* dapat menurunkan dampak negatif kerusakan lingkungan sebesar 29%. Penelitian [8] yang melakukan pengembangan konsep *reverse logistics* pada aliran rantai pasok susu pasteurisasi dengan menambahkan unit pengelolaan limbah susu. Penelitian [9] menyatakan bahwa konsep *reverse logistics* juga dapat diterapkan pada kegiatan belanja online pasca Covid-19 dengan menyarankan faktor kebersihan dalam proses rantai pasoknya. Penelitian [10] menjelaskan pengelolaan *reverse logistics* secara riil akan menjadi salah satu kegiatan penting yang perlu dipertimbangkan dalam sebuah perusahaan, karena dapat mengurangi waste dari produk-produk yang sudah tidak terpakai lagi.

Selain itu terdapat juga penelitian yang membuat model *reverse logistics* diantaranya [11] mengembangkan model *reverse logistics* daur ulang sampah plastik menggunakan pendekatan *linier programming* dengan variabel keputusan, antara lain: jumlah dan kapasitas sampah plastik, lokasi, dan rute transportasi. Penelitian [12] melakukan desain model sistem *reverse logistics* pada industri elektronika menggunakan framework untuk menilai tingkat implementasi *reverse logistics*, *Total Reverse logistics Cost (TRLIC)* dan *House of Reverse logistics (HRL)*, diperoleh hasil implementasi *reverse logistics* diperoleh dari 52% dari total biaya transportasi, 27% dari *Total Holding Costs Service Center*, 36% dari *Total Holding Costs* and 12% dari sisa aktivitas lainnya. Penelitian [13] mengembangkan model *reverse logistics* pada proses daur ulang produk menggunakan pendekatan *Chance-Constrained Programming (CCP)* yang digunakan untuk mengatur kendala yang melibatkan permintaan stokastik.

Penelitian-penelitian yang menjadi rujukan dalam penelitian yang dilakukan ini adalah penelitian yang dikembangkan oleh [14], mengenai model *reverse logistics* baterai aki bekas dengan pendekatan *goal programming*. Penelitian ini membahas mengenai

pengelolaan baterai bekas yang mengandung bahan kimia berbahaya dan menimbulkan masalah input lingkungan, disisi lain baterai aki bekas masih memiliki nilai ekonomis tinggi. Penelitian ini mengembangkan sebuah model *reverse logistics* terhadap produk baterai aki bekas dengan tujuan antara lain meminimalkan total biaya *reverse logistics*, meminimalkan dampak lingkungan, dan memaksimalkan jumlah kuantitas baterai yang digunakan dikumpulkan.

Perancangan sistem pengembalian dan daur ulang baterai aki bekas dimulai dari konsumen baterai aki hingga kembali ke manufacturer (*factory*). Model *reverse logistics* dibangun dengan 8 entitas, yaitu supplier merupakan memasok bahan baku untuk memproduksi baterai aki baru, *factory* merupakan perusahaan yang memproduksi baterai aki, *recycling center* merupakan sebuah tempat daur ulang baterai aki, *collection center* merupakan sebuah tempat yang digunakan untuk membongkar baterai aki bekas dan melakukan sorting komponen-komponen baterai aki bekas yang telah dibongkar, *disposal center* merupakan tempat pembuangan, dimana akan menerima komponen-komponen yang tidak diperlukan dan tidak memiliki nilai jual, *secondary market* merupakan tempat yang bersedia membeli komponen-komponen yang tidak diperlukan tetapi masih memiliki nilai jual, *distribution center* merupakan tempat dimana konsumen dapat membeli baterai aki baru dan menukarkan baterai aki bekasnya, dan *end customer* merupakan konsumen dari baterai aki dan alur distribusi berbalik arah untuk dapat menerapkan *reverse logistics*.

Penelitian lainnya adalah penelitian mengenai sampah produk listrik atau yang biasa disebut WEEE menjadi acuan untuk melakukan penelitian yang serupa berkaitan dengan sampah yang tidak dapat terurai dengan mudah. Penelitian [15] membahas mengenai WEEE, penelitian tersebut membahas bagaimana proses pengumpulan produk WEEE dari titik layanan, proses pengangkutan ke fasilitas daur ulang, dan pemulihan bahan limbah. Proses pengambilan kembali produk dari konsumen disebut dengan *reverse logistics*, proses tersebut kemudian diformulasikan menjadi sebuah model matematis dengan mempertimbangkan pendekatan *triple-bottom-line* untuk mencapai target ekonomi, sosial dan lingkungan. Target-target tersebut kemudian dijadikan acuan dalam merancang fungsi tujuan pada model matematis.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian [16] yang memodelkan jaringan *reverse logistics* untuk daur ulang baterai dengan pertimbangan biaya lingkungan dan biaya manufaktur. Model ini dikembangkan untuk arus balik rantai pasokan multi-eselon, dari pelanggan akhir ke proses remanufaktur. Pemrograman linier digunakan

untuk merumuskan model matematika dan LINGO digunakan untuk memecahkan masalah menentukan pesanan optimal untuk dan penjualan baterai daur ulang, paduan timah dan plastik, serta tingkat persediaan optimal untuk pusat daur ulang pada *reverse logistics*. Penelitian ini membahas mengenai jumlah pesanan baterai dari pengumpul baterai yang tidak terpakai, penjualan paduan timah dan plastik ke proses remanufaktur dengan mempertimbangkan transportasi, biaya lingkungan, biaya pembongkaran, dan biaya persediaan. Pelaku yang terlibat didalam model ini antara lain, pemasok bahan baku untuk produksi baterai ke pabrik, pabrik, pusat distribusi, pengguna akhir, pusat pembuangan, pusat pengumpulan, dan pusat daur ulang. Model yang diusulkan mempertimbangkan berbagai parameter, termasuk biaya penyimpanan baterai, paduan timah dan plastik. Hasil menunjukkan bahwa parameter yang terkait dengan transportasi, pembongkaran dan keputusan inventaris, seperti menahan biaya dan tingkat layanan, berdampak signifikan pada laba.

Oleh karena itu, mempertimbangkan kondisi lingkungan saat ini sudah saatnya perusahaan minyak goreng kemasan turun tangan untuk menerapkan pengelolaan limbah sampah plastik agar tercapainya penerapan rantai pasok ramah lingkungan. Kemasan minyak goreng sekali pakai diganti dengan menggunakan kemasan yang bisa digunakan berulang kali sehingga timbulan sampah plastik dapat berkurang. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dirancang sebuah model matematis pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dengan penerapan *reverse logistics* untuk menentukan biaya minimal dalam penerapan *reverse logistics*. Pengembangan model pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dapat menjadi acuan bagi perusahaan atau produsen yang memiliki limbah kemasan plastik untuk membangun sebuah industri yang ramah lingkungan dan minim penggunaan plastik.

METODOLOGI

Metode Penelitian

Secara garis besar, tahapan studi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah antara lain :

1. Mengidentifikasi karakteristik sistem
Identifikasi karakteristik sistem dilakukan dengan mengamati sistem nyata, mengamati pelaku-pelaku serta aktivitas-aktivitas yang terjadi pada sistem nyata.
2. Pemilihan Metode Penyelesaian Masalah
Pemilihan metode penyelesaian masalah pada pengelolaan limbah minyak goreng kemasan dilakukan untuk mengetahui metode mana yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan limbah

minyak goreng kemasan. Metode yang dipilih kemudian diformulasikan menjadi sebuah model matematis.

3. Formulasi Model

Karakterisasi sistem dilakukan untuk menformulasikan model sistem yang diamati. Formulasi model dilakukan untuk merepresentasikan sebuah sistem ke dalam sebuah model matematis yang mudah dimengerti. Formulasi model dilakukan dengan membuat notasi-notasi model berdasarkan karakteristik sistem yang telah ditentukan, menentukan parameter, menentukan variabel keputusan, fungsi tujuan serta fungsi batasan pada model matematis yang dirancang.

4. Solusi Model

Solusi model dilakukan dengan menggunakan metode *linear programming*.

5. Pengujian Model

Pengujian model dilakukan untuk memastikan apakah model sudah mewakili sistem yang sesungguhnya dan apakah model dapat untuk diaplikasikan. Pengujian model antara lain melakukan verifikasi dimensi, pengujian dimensi model dilakukan dengan cara yang disebut verifikasi kalkulasi, untuk menghitung kesalahan dari simulasi numerik dengan mendemonstrasikan konvergensi untuk model tertentu yang sedang dipertimbangkan (atau yang terkait erat), dan untuk memberikan estimasi kesalahan numerik yang disebabkan oleh penggunaan model [17]. Selanjutnya, dilakukan verifikasi dengan menggunakan *Solver* pada *Microsoft Excel*. Setelah verifikasi menggunakan *Solver* pada *Microsoft Excel*, selanjutnya dilakukan tahapan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas mengeksplorasi bagaimana solusi optimal merespons perubahan yang diberikan parameter *input*, menjaga semua *input* lainnya tidak berubah. Bagaimana solusi yang disukai atau optimal dipengaruhi oleh perubahan *input* yang tidak terkontrol secara individual.

Identifikasi Karakteristik Sistem

Identifikasi karakteristik sistem yaitu dengan melakukan identifikasi terhadap elemen-elemen sistem yang berhubungan dengan pengelolaan limbah kemasan plastik pada perusahaan minyak goreng kemasan. Identifikasi karakteristik sistem bertujuan untuk mengetahui karakteristik sistem yang akan dimodelkan. Sistem yang diamati merupakan sistem distribusi minyak goreng kemasan kemudian dimodifikasi dengan untuk pengelolaan limbah kemasan minyak goreng, dimana kemasan minyak goreng dimodifikasi agar dapat digunakan berulang kali, kemasan kosong dikembalikan

oleh konsumen dan dikembalikan ke pabrik untuk dipulihkan dan dilakukan pengisian ulang. Kemasan kosong dari pedagang grosir dibawa ke fasilitas pemulihan kemasan di pabrik, kemasan kosong yang telah dipulihkan dan siap digunakan kembali dikirimkan ke fasilitas pengisian minyak goreng.

Karakterisasi sistem dilakukan dengan mengetahui unsur-unsur yang ada pada sistem tersebut. Unsur-unsur penting dari terbentuknya suatu sistem adalah, antara lain [18]:

1. Komponen sistem, mendefinisikan komponen-komponen sistem dengan baik dan jelas.
2. Hubungan antara komponen, perilaku, atau aktivitas dari sistem. Mendefinisikan hubungan masing-masing komponen dengan perilaku-prilaku masing-masing komponen serta aktivitas dari komponen tersebut dengan jelas.
3. Lingkungan yang relevan, lingkungan internal maupun lingkungan eksternal sistem.
4. *Input* dan *output* dari lingkungan sistem
5. Ketertarikan tertentu pada suatu sistem yang diamati

Pemilihan Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah pengelolaan limbah kemasan minyak goreng yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan memodifikasi sistem yang ada menjadi sistem *reverse logistics*. Perusahaan minyak goreng saat ini belum menerapkan *reverse logistics* untuk mengurangi produksi kemasan plastik. Penerapan *reverse logistics* pada minyak goreng kemasan dilakukan dengan mengumpulkan kembali kemasan kosong yang telah selesai digunakan konsumen untuk dipulihkan dan dilakukan pengisian ulang. Penerapan *reverse logistics* dianggap sebagai salah satu solusi yang sangat relevan untuk diterapkan pada perusahaan minyak goreng kemasan. Sistem *reverse logistics* yang diterapkan pada penelitian ini adalah dengan memodifikasi kemasan minyak goreng menjadi kemasan yang dapat digunakan berulang kali. *Reverse logistics* merupakan aliran balik material dari pengguna akhir kembali ke tempat awal untuk dilakukan pemulihan atau perbaikan produk. *Reverse logistics* minyak goreng kemasan merupakan salah satu pengelolaan limbah kemasan minyak goreng yang relevan terhadap keadaan saat ini dan juga membantu perusahaan dalam mengurangi produksi kemasan yang sulit terurai jika masa pakainya telah habis. Sistem *reverse logistics* yang diterapkan kemudian dimodelkan secara matematis untuk mengetahui biaya minimal dalam penerapan *reverse logistics* pada minyak goreng kemasan.

Perancangan Model Matematis

Perancangan model matematis dilakukan dengan beberapa tahapan, tahapan yaitu dengan merumuskan beberapa tahapan sebagai berikut [18]:

- a. Proses transformasi atau kegiatan sistem; sistem yang diteliti harus diketahui secara rinci dari awal kegiatan hingga akhir kegiatan dari sistem sehingga dapat dijabarkan secara jelas komponen-komponen yang ada pada sistem tersebut.
- b. Batasan sistem, sistem yang telah dipelajari kemudian dirumuskan apa saja batasan-batasan dari sistem tersebut sehingga dalam membuat suatu model matematis akan lebih terfokus.
- c. Subsistem, subsistem perlu diidentifikasi karena merupakan gabungan dari beberapa komponen yang saling berkaitan sehingga dalam perancangan model matematis subsistem dapat dijelaskan dengan baik.
- d. *Input* yang tidak terkontrol dan *input* yang terkontrol merupakan bagian dari sistem yang dapat menjelaskan posisinya ketika merancang suatu model matematis.
- e. *Output* sistem, diinginkan dan tidak diinginkan, direncanakan dan tidak terencana, dan mana yang berfungsi sebagai ukuran kinerja untuk sistem.

Secara garis besar, yang harus dilakukan dalam merumuskan suatu model matematis antara lain :

1. Menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala dari model yang akan dibuat berdasarkan karakteristik sistem yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Menentukan variabel-variabel apa saja yang membangun sebuah model matematis dan menentukan parameter dari model yang dirancang.
3. Model yang telah dirancang kemudian diselesaikan dengan menggunakan *linear programming*.

Metode *linear programming* merupakan salah satu metode dalam menyelesaikan permasalahan permodelan matematis. *Linear programming* merupakan metode yang dapat menyelesaikan permasalahan maksimasi atau minimasi tujuan. Metode *linear programming* membantu

dalam mengoptimalkan fungsi tujuan dengan beberapa kendala yang mewakili fungsi tujuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

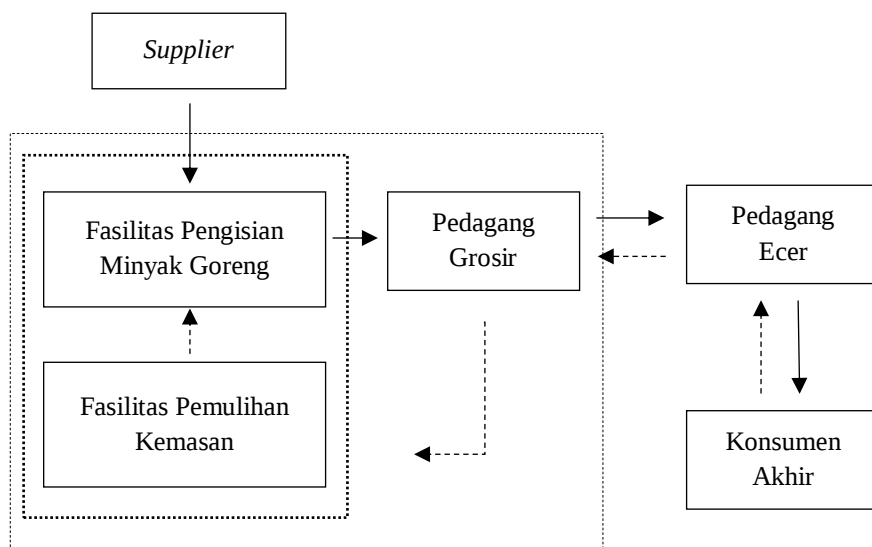
Karakteristik Sistem

Sistem yang dimodelkan pada penelitian ini adalah sistem distribusi minyak goreng kemasan yang dimodifikasi menjadi sistem *reverse logistics* sebagai solusi untuk pengelolaan limbah kemasan minyak goreng. Sistem *reverse logistics* yang akan diterapkan pada perusahaan minyak goreng kemasan dimana perusahaan memproduksi minyak goreng dengan kemasan jerigen yang dapat digunakan berulang kali. Kemasan jerigen dikumpulkan kembali oleh perusahaan dengan cara mengumpulkan kemasan kosong dari pihak grosir yang sebelumnya telah mengumpulkan kemasan kosong dari konsumen. Perusahaan melakukan pengumpulan dengan memberikan kompensasi kepada grosir atas kemasan kosong yang dikumpulkan sesuai harga yang ditentukan.

Pihak perusahaan mengumpulkan kemasan kosong pada saat setelah melakukan pengiriman minyak goreng kemasan pada grosir, kemasan kosong kemudian dikirim ke pabrik menuju fasilitas pemulihan kemasan untuk dilakukan pemulihan kemasan. Pemulihan kemasan yang dilakukan antara lain pembersihan kemasan kosong dan penggantian segel kemasan kosong. Kemasan yang telah mengalami pemulihan selanjutnya dilakukan pengisian minyak goreng dan kembali didistribusikan ke pedagang grosir.

Model Sistem

Model sistem *reverse logistics* yang dirancang adalah model sistem *reverse logistics* yang mengalami penambahan aktivitas yaitu pengumpulan kemasan kosong oleh pabrik dan pemulihan kemasan kosong di fasilitas pemulihan kemasan pabrik. Model jaringan *reverse logistics* yang diusulkan dapat dilihat pada gambar 2. berikut ini.



Gambar 2. Model Jaringan Reverse Logistics Usulan

Keterangan :

Forward flow : $\longrightarrow$ Reverse flow : $\longleftarrow$

Berdasarkan skema diatas, sistem *reverse logistics* minyak goreng pada penelitian ini dimulai pada proses pengiriman kemasan kosong dari pedagang grosir sebagai pengumpul kemasan kosong, kemudian kemasan kosong dikirimkan ke fasilitas pemulihan kemasan di pabrik untuk dipulihkan, selanjutnya dilakukan pengisian ulang dan kembali didistribusikan ke pedagang grosir. Distribusi minyak goreng dilakukan setiap hari, sementara untuk pengumpulan kemasan kosong dilakukan setiap dua hari satu kali pada saat proses distribusi minyak goreng berlangsung, satu unit kendaraan distribusi melakukan distribusi produk pada satu rute yang melalui beberapa grosir, pengiriman produk menggunakan rute pengiriman yang sudah dioptimalkan.

Formulasi Model Matematis

Formulasi model matematis yang dirancang dengan fungsi tujuan yaitu, minimasi biaya *reverse logistics* minyak goreng kemasan. Asumsi pada formulasi model ini antara lain :

- 1) Pengumpulan kemasan kosong dilakukan dua hari satu kali, pengumpulan kemasan kosong dilakukan pada saat kurir selesai *unloading* minyak goreng kemasan permintaan grosir, waktu *loading* dan *unloading* diabaikan.
- 2) Total maksimal kemasan kosong yang dikumpulkan ditentukan berdasarkan kapasitas kendaraan distribusi
- 3) Satu kali rute kendaraan distribusi melakukan pengiriman minyak goreng dan pengambilan kemasan kosong melalui beberapa grosir
- 4) Produk dihitung dalam satuan dus, pengiriman minyak goreng dilakukan dengan pengemasan

menggunakan dus dengan asumsi semua ukuran dus sama.

Minimasi Biaya Reverse Logistics Minyak Goreng Kemasan

Biaya *reverse logistics* merupakan biaya-biaya yang timbul akibat adanya aktivitas *reverse logistics*. Biaya *reverse logistics* pada sistem yang dimodelkan ini antara lain biaya pengembalian kemasan kosong yang terdiri dari kemasan jerigen 2 L, 5 L, dan 18 L, biaya pemulihan kemasan serta biaya simpan kemasan di fasilitas pemulihan kemasan. Notasi yang digunakan pada formulasi model matematis ini, antara lain :

g = grosir (1,2,...,G)

t = periode waktu

Notasi g untuk grosir menyatakan bahwa terdapat beberapa grosir pada model matematis yang dirancang dan notasi t untuk mengetahui periode pengambilan kemasan kosong.

Perhitungan minimasi biaya *reverse logistics* ditentukan dengan mengalikan biaya *reverse logistics* per dus dengan jumlah masing-masing kemasan per dus.

$$\text{TRL} = \sum_{g=1}^G (X_{gt} * CX) + \sum_{g=1}^G (Y_{gt} * CY) + \sum_{g=1}^G (Z_{gt} * CZ) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Min TRL} = \\ \text{Min } \sum_{g=1}^G (X_{gt} * CX) + \sum_{g=1}^G (Y_{gt} * CY) + \\ \sum_{g=1}^G (Z_{gt} * CZ) \end{aligned} \quad (2)$$

dimana,

- X_{gt} = Jumlah kemasan kosong 2 L (X) di grosir (g) pada periode (t) (dus)
 Y_{gt} = Jumlah kemasan kosong 5 L (Y) di grosir (g) pada periode (t) (dus)
 Z_{gt} = Jumlah kemasan kosong 18 L (Z) di grosir (g) pada periode (t) (dus)
 CX = Biaya *reverse logistics* kemasan 2 L (X) di grosir (g) pada periode (t) (Rp/dus)
 CY = Biaya *reverse logistics* kemasan 5 L (Y) di grosir (g) pada periode (t) (Rp/dus)
 CZ = Biaya *reverse logistics* kemasan 18 L (Z) di grosir (g) pada periode (t) (Rp/dus)

Kendala-Kendala

Model matematis yang telah dirancang memiliki beberapa kendala. Kendala-kendala yang terdapat pada formulasi model matematis ini adalah sebagai berikut.

1. Total biaya *reverse logistics* tidak lebih dari total biaya *reverse logistics* maksimal

$$\text{Min TRL} \leq \text{TRL max} \quad (3)$$

TRL max = maksimal total biaya *reverse logistics*

2. Jumlah masing-masing kemasan kosong yang dikumpulkan tidak lebih dari total jumlah permintaan minyak goreng kemasan pada periode sebelumnya

$$\begin{aligned}
 QX_{gt} &\leq (DX_{gt-1} + DX_{gt-2}) \\
 QY_{gt} &\leq (DY_{gt-1} + DY_{gt-2}) \\
 QZ_{gt} &\leq (DZ_{gt-1} + DZ_{gt-2}) \\
 QX_{gt} + QY_{gt} + QZ_{gt} &\leq TD_{gt} \quad (4)
 \end{aligned}$$

dimana,

DX_{gt} = Jumlah permintaan minyak goreng kemasan 2 L (X) di grosir (g) pada periode (t) (dus)
 DY_{gt} = Jumlah permintaan minyak goreng kemasan 5 L (Y) di grosir (g) pada periode (t) (dus)
 DZ_{gt} = Jumlah permintaan minyak goreng kemasan 18 L (Z) di grosir (g) pada periode (t) (dus)

TD_{gt} = Total permintaan minyak goreng kemasan di grosir (g) pada periode (t) (dus)

3. Jumlah kemasan kosong yang dikumpulkan sama dengan kapasitas kendaraan distribusi minyak goreng

$$\sum_{g=1}^G QX_{gt} + \sum_{g=1}^G QY_{gt} + \sum_{g=1}^G QZ_{gt} = Vcap \quad (5)$$

$Vcap$ = Kapasitas kendaraan distribusi minyak goreng (dus)

4. $QX_{gt}, QY_{gt}, QZ_{gt} \forall g, t \geq 0$

Pengujian Model

Tahapan pengujian model diperlukan dalam merancang sebuah model matematis yang baik. Pengujian model merupakan suatu tahapan penentuan apakah model yang telah dirancang dapat diterima atau tidak, dan apakah model dapat diterapkan atau tidak. Verifikasi model dilakukan untuk menguji kesesuaian model konseptual dengan logika model yang dirancang. Berdasarkan sistem yang diamati dan menyesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai, model yang dirancang adalah model *reverse logistics* minyak goreng kemasan dengan tujuan untuk meminimalkan biaya *reverse logistics* minyak goreng kemasan. Verifikasi model menggunakan verifikasi dimensional dimana dimensi model matematis yang dirancang, dilakukan pengujian apakah memiliki kesamaan atau tidak. Jika dimensi kanan dan kiri memiliki kesamaan maka model dikatakan terverifikasi. Verifikasi model yang dilakukan dengan cara pengujian dimensi model dapat dilihat berikut ini.

Fungsi tujuan : Minimasi biaya *reverse logistics* minyak goreng kemasan

$$\begin{aligned}
 Rp &= \left(\text{dus} \cdot \frac{Rp}{\text{dus}} \right) + \left(\text{dus} \cdot \frac{Rp}{\text{dus}} \right) + \left(\text{dus} \cdot \frac{Rp}{\text{dus}} \right) \\
 Rp &= Rp
 \end{aligned}$$

Berdasarkan verifikasi model matematis dengan menggunakan pengujian dimensi diketahui bahwa dimensi kiri dan dimensi kanan memiliki satuan dimensi yang sama. Dimensi kiri dan dimensi kanan yang sama menandakan bahwa model matematis *reverse logistics* minyak goreng yang dirancang telah terverifikasi sehingga dapat dilakukan validasi untuk membuktikan apakah model yang dirancang telah sesuai dan dapat mewakili sistem nyata.

ANALISIS MODEL

Data Input

Model matematis yang telah diverifikasi kemudian dilakukan penerapan contoh numerik dengan menggunakan data yang dapat mewakili sistem yang dimodelkan. Beberapa tahapan penerapan contoh numerik antara lain, menentukan data input dan solusi model. Solusi model yang didapatkan kemudian dianalisis untuk menjabarkan hasil solusi model yang diperoleh.

Data input merupakan data yang dibutuhkan untuk menemukan solusi dari model yang telah dirancang. Data input yang digunakan pada penelitian ini adalah data permintaan minyak goreng ukuran 2 L, 5 L dan 18 L yang merupakan minyak goreng dengan kemasan botol dan jerigen. Data permintaan minyak goreng serta data grosir yang digunakan merupakan data dari salah satu perusahaan minyak goreng di kota Padang.

Data permintaan yang digunakan merupakan data permintaan dari beberapa grosir yang berada pada rute distribusi yang sama. Data permintaan minyak goreng kemasan diperoleh dari data permintaan minyak goreng kemasan beberapa grosir di PT. XYZ. Data permintaan minyak goreng dapat dilihat pada tabel 1,2,3,4 berikut ini.

Tabel 1. Data Permintaan Minyak Goreng Grosir 1 [19]

Periode (t)	Grosir 1			
	2L (DX)	5L (DY)	18L (DZ)	Total (TD)
1	85	20	0	105
2	80	30	2	112
3	165	50	2	217
4	80	25	2	107
5	85	25	0	110
6	80	20	0	100
7	90	25	0	115
8	80	20	2	102

Tabel 2. Data Permintaan Minyak Goreng Grosir 2 [19]

Periode (t)	Grosir 2			
	2L (DX)	5L (DY)	18L (DZ)	Total (TD)
1	85	25	0	110
2	80	25	3	108
3	165	50	3	218
4	85	20	0	105
5	85	25	0	110
6	80	30	3	113
7	80	20	0	100
8	85	25	0	110

Tabel 3. Data Permintaan Minyak Goreng Grosir 3 [19]

Periode (t)	Grosir 3			
	2L (DX)	5L (DY)	18L (DZ)	Total (TD)
1	85	20	0	105
2	80	25	3	108
3	165	45	3	213
4	80	25	3	108
5	90	20	2	112
6	80	20	2	102
7	80	25	2	107
8	80	20	2	102

Data permintaan minyak goreng kemasan pada masing-masing grosir merupakan data grosir yang memiliki rute yang sama untuk satu kali distribusi setiap harinya dengan menggunakan alat transportasi yang sama. Pengumpulan kemasan kosong dilakukan setelah dua

kali periode pengiriman minyak goreng kemasan ke grosir.

Tabel 4. Data Permintaan Minyak Goreng Grosir 4 [19]

Periode (t)	Grosir 4			
	2L (DX)	5L (DY)	18L (DZ)	Total (TD)
1	80	25	2	107
2	80	20	2	102
3	160	45	4	209
4	85	25	3	113
5	80	25	4	109
6	85	20	0	105
7	85	20	2	107
8	80	20	2	102

Parameter Biaya Reverse Logistics Minyak Goreng Kemasan

Aktivitas *reverse logistics* pada model model pengelolaan limbah kemasan minyak goreng yang dirancang antara lain aktivitas mengumpulkan kemasan kosong dari beberapa grosir yang dilakukan pada saat yang sama setelah mengirimkan minyak goreng untuk periode tersebut dan aktivitas pemulihan kemasan kosong yang telah dikumpulkan seperti pembersihan kemasan kosong dan penggantian tutup botol kemasan. Berdasarkan aktivitas-aktivitas *reverse logistics* yang diuraikan tersebut maka biaya-biaya yang terdapat pada aktivitas *reverse logistics* minyak goreng kemasan adalah sebagai berikut.

- 1) Biaya pengembalian kemasan kosong
Biaya pengembalian kemasan kosong merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan kembali kemasan minyak goreng yang sudah dijual ke konsumen. Konsumen yang telah mengonsumsi minyak goreng dan akan membeli kembali minyak goreng kemasan mengembalikan kemasan kosong minyak goreng yang telah digunakan sebelumnya, dan akan mendapatkan potongan harga pada pembelian minyak goreng kemasan yang sama atau mendapatkan biaya pengembalian kemasan kosong. Perusahaan mengeluarkan sejumlah biaya untuk mendapatkan kembali kemasan kosong yang berasal dari perusahaan untuk digunakan kembali. Hal tersebut dinamakan biaya pengembalian atau biaya kompensasi atas dikembalikannya kemasan kosong.
- 2) Biaya pemulihan kemasan kosong
Biaya pemulihan kemasan kosong merupakan biaya yang dikeluarkan pada proses pemulihan kemasan kosong. Aktivitas pemulihan kemasan kosong antara lain mengumpulkan kemasan untuk dilakukan pembersihan kemasan kosong minyak goreng dimana aktivitas tersebut merupakan salah

satu aktivitas yang mengeluarkan biaya. Aktivitas pemulihan kemasan kosong selanjutnya adalah penggantian tutup kemasan kosong. Kemasan kosong yang diperoleh dari grosir merupakan kemasan kosong yang segelnya telah rusak. Kemasan kosong yang segelnya tidak utuh lagi tidak dapat langsung digunakan kembali, perusahaan perlu mengganti segel yang telah rusak pada saat setelah selesai proses pengisian minyak goreng. Penggantian tutup kemasan dilakukan setelah pengisian ulang, kemasan minyak goreng yang sudah diisi tersebut akan disegel untuk didistribusikan. Aktivitas – aktivitas tersebut kemudian dinamakan aktivitas pemulihan kemasan kosong. Berikut ini tabel perhitungan biaya *reverse logistics* minyak goreng kemasan 2 L, 5 L dan 18 L dapat dilihat pada tabel 5,6,7 berikut ini.

Tabel 5. Perhitungan Biaya *Reverse logistics* Minyak Goreng Kemasan 2 L

Biaya Reverse Logistics Kemasan 2 L (X)	
Biaya pengembalian kemasan per dus	Rp 6.000
Biaya pemulihan kemasan per dus	Rp 3.000
Total biaya reverse logistics per dus	Rp 9.000

Tabel 6. Perhitungan Biaya *Reverse logistics* Minyak Goreng Kemasan 5 L

Biaya Reverse Logistics kemasan 5 L (Y)	
Biaya pengembalian kemasan per dus	Rp 12.000
Biaya pemulihan kemasan per dus	Rp 4.000
Total biaya Reverse Logistics per dus	Rp 16.000

Tabel 7. Perhitungan Biaya *Reverse logistics* Minyak Goreng Kemasan 18 L

Biaya Reverse Logistics kemasan 18 L (Z)	
Biaya pengembalian kemasan	Rp 10.000
Biaya pemulihan kemasan	Rp 1.500
Total Biaya Reverse Logistics	Rp 11.500

Berdasarkan perhitungan biaya *reverse logistics* diatas, parameter biaya *reverse logistics* masing-masing kemasan memiliki perbedaan pada biaya. Perbedaan biaya pada masing-masing kemasan terjadi karena dimensi kemasan yang berbeda sehingga menjadikan biaya-biaya tersebut berbeda. Biaya *reverse logistics* diatas merupakan biaya *reverse logistics* per satuan dus. Kemasan minyak goreng ukuran 2 L memiliki kuantitas 6 pcs minyak goreng kemasan 2 L per satu dus, sementara kemasan 5 L memiliki kuantitas 4 pcs minyak goreng kemasan 5 L per satuan dus dan kemasan 18 L

merupakan kemasan jerigen yang memiliki ukuran yang hampir sama dengan satu kemasan dus.

Perbedaan biaya *reverse logistics* masing-masing kemasan tidak hanya dari kuantitasnya, perbedaan biaya juga timbul karena adanya perbedaan pemulihan masing-masing kemasan dan perbedaan biaya pengembalian kemasan. Kemasan yang memiliki ukuran lebih kecil memiliki biaya pemulihan yang lebih kecil. Kemasan dengan ukuran lebih besar memiliki biaya pemulihan yang lebih besar. Berdasarkan parameter biaya yang telah ditentukan tersebut, maka selanjutnya dapat dilakukan proses penentuan solusi model untuk menentukan variabel keputusan yang ingin didapatkan.

Solusi Model

Model matematis yang telah dirancang kemudian dilakukan pencarian solusi model dengan menggunakan *Solver* pada *Microsoft Excel*. *Solver* pada *Microsoft Excel* bertugas untuk menemukan solusi terbaik dari penentuan total biaya *reverse logistics* dengan jumlah kemasan kosong yang dikumpulkan sebagai variabel keputusannya. Jumlah kemasan kosong menjadi penentu biaya *reverse logistics*. Beberapa kendala pada model matematis yang dirancang, kendala-kendalanya antara lain total keseluruhan kemasan yang dikumpulkan tidak lebih dari kapasitas mobil distribusi minyak goreng. Jumlah kemasan kosong yang dikumpulkan juga tidak boleh lebih dari jumlah permintaan minyak goreng kemasan pada grosir tersebut selama dua periode sebelumnya.

Berdasarkan hasil solusi model yang dilakukan menggunakan *Solver* pada *Microsoft Excel* didapatkan bahwa minimasi biaya *reverse logistics* adalah sebesar Rp.8.161.000. Kemasan kosong yang dikumpulkan pada masing-masing grosir berjumlah 169 dus pada grosir 1, 215 dus pada grosir 2, 210 dus pada grosir 3, 206 dus pada grosir 4 dengan jumlah maksimal kemasan kosong yang dikumpulkan adalah sebanyak 800 dus kemasan kosong sesuai dengan kapasitas kendaraan distribusi. Kemasan kosong yang paling banyak dikumpulkan adalah kemasan ukuran 2 L dimana merupakan kemasan yang paling banyak dipesan oleh grosir dan memiliki biaya *reverse logistics* yang paling rendah dibandingkan kemasan kosong 5 L dan 18 L. Kemasan 18 L merupakan kemasan yang paling sedikit karena volume yang besar sehingga jarang dikonsumsi oleh rumah tangga pada umumnya. Hasil solusi model menggunakan *Solver* pada *Microsoft Excel* dapat dilihat pada Tabel 8. berikut ini.

Tabel 8. *Output Solver* pada *Microsoft Excel*

Value	165	2	2	165	47	3	165	42	3	160	42	4	800	
Variable	QX1	QY1	QZ1	QX2	QY2	QZ2	QX3	QY3	QZ3	QX4	QY4	QZ4		Available
	9000	16000	11500	9000	16000	11500	9000	16000	11500	9000	16000	11500	Rp 8.161.000	≤ Rp 9.073.000
1													165	≤ 165
		1											2	≤ 50
			1										2	≤ 2
				1									165	≤ 165
					1								47	≤ 50
						1							3	≤ 3
							1						165	≤ 165
								1					42	≤ 45
									1				3	≤ 3
										1			160	≤ 160
											1		42	≤ 45
												1	4	≤ 4
	1	1	1										169	≤ 217
				1	1	1							215	≤ 218
							1	1	1				210	≤ 213
										1	1	1	206	≤ 209
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	800	= 800

Coefficient

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa kemasan kosong 2 L menjadi prioritas utama untuk lebih banyak dikumpulkan. Kemasan kosong 2 L memiliki biaya *reverse logistics* yang paling rendah diantara kemasan lainnya, sehingga banyaknya kemasan 2 L yang dikumpulkan akan mempengaruhi biaya *reverse logistics* menjadi minimal. Kemasan minyak goreng ukuran 18 L memiliki permintaan yang paling sedikit dibandingkan kemasan lainnya, jumlah kemasan kosong 18 L yang dikumpulkan sama dengan jumlah permintaan minyak goreng kemasan 18 L selama dua kali pemesanan.

Analisis Model

Analisis model merupakan salah satu rangkaian dalam proses formulasi model, model yang telah dirancang kemudian dilakukan analisis sensitivitas model tersebut untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan parameter terhadap solusi model serta dilakukan analisis terhadap model pengelolaan limbah kemasan minyak goreng yang telah dirancang. Analisis model pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dan analisis sensitivitas model dijabarkan berikut ini.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan parameter terhadap *output* model serta mengetahui apakah *output* yang didapatkan optimal dengan dipengaruhi oleh perubahan parameter pada model. Analisis sensitivitas dilakukan

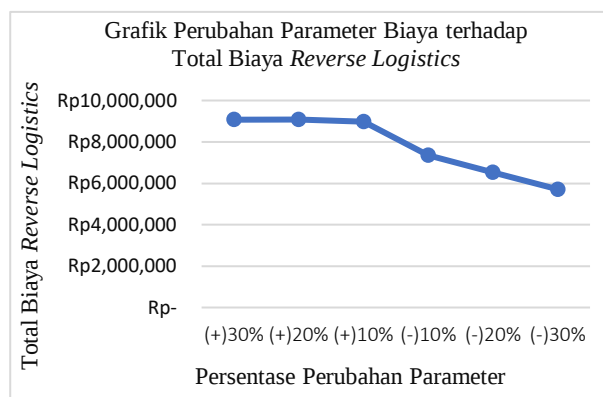
dengan mengubah nilai parameter, analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter biaya dapat dilihat pada tabel 9. berikut ini.

Tabel 9. Persentase Perubahan Parameter Biaya terhadap Total Biaya *Reverse Logistics*

Perubahan Parameter	Total Biaya Reverse Logistics	Perubahan Total Biaya Reverse Logistics
30%		Rp 9.074.080
20%		Rp 9.073.720
10%		Rp 8.977.100
-10%	Rp 8.161.000	Rp 7.344.900
-20%		Rp 6.528.800
-30%		Rp 5.712.700

Persentase perubahan parameter biaya terhadap total biaya *reverse logistics* dapat dilihat pada grafik 3. Perubahan parameter biaya yang dilakukan adalah dengan menaikkan parameter biaya sebanyak 30%, 20%, 10%, dan menurunkan parameter biaya -10%, -20%, dan -30% untuk mengetahui seberapa besar perubahan terhadap *output* model. Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa, semakin tinggi perubahan kenaikan parameter maka akan semakin tinggi total biaya *reverse logistics* yang dihasilkan, sebaliknya jika semakin rendah persentase perubahan parameter maka akan semakin rendah total biaya *reverse logistics* yang didapatkan. Perubahan parameter biaya dilakukan tanpa mengubah batasan yang ada sehingga *output* model yang

dihasilkan mengikuti batasan yang telah ditentukan. Berdasarkan perubahan parameter biaya yang dilakukan, model yang dirancang sensitif terhadap perubahan yang terjadi. Perubahan total biaya pada masing-masing perubahan persentase biaya menunjukkan bahwa model dapat dikatakan valid.



Gambar 3. Grafik Perubahan Parameter Biaya terhadap Total Biaya Reverse logistics

Analisis Model Pengelolaan Limbah Minyak Goreng Kemasan

Pengelolaan limbah minyak goreng kemasan merupakan suatu solusi bagaimana agar dapat menangani limbah minyak goreng kemasan berupa plastik yang sulit untuk terurai. Salah satu solusi untuk mengelola limbah minyak goreng kemasan adalah dengan menggunakan kembali kemasan tersebut, sehingga kuantitas kemasan plastik yang terbuang pun akan berkurang. Pengelolaan limbah minyak goreng kemasan menerapkan sistem *reverse logistics*, dimana kemasan yang telah digunakan kembali ke pabrik untuk digunakan kembali. Penerapan sistem *reverse logistics* tentunya memberikan pengaruh terhadap pengeluaran perusahaan. Oleh karena itu, dirancang sebuah model matematis untuk mengetahui biaya minimal *reverse logistics* pengelolaan limbah minyak goreng kemasan.

Model matematis yang diformulasikan merupakan model *linear programming* untuk pengelolaan limbah kemasan minyak goreng. Model yang diformulasikan menentukan jumlah kemasan kosong yang dikumpulkan agar biaya *reverse logistics* menjadi minimal. Model dirancang untuk dapat menentukan berapa dus kemasan 2 L, 5 L dan 18 L dikumpulkan pada masing-masing grosir. Model pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dengan menggunakan sistem *reverse logistics* dirancang untuk mengurangi penggunaan kemasan plastik pada kemasan minyak goreng, mengganti kemasan minyak goreng dengan kemasan yang dapat digunakan berulang kali. Kemasan dirancang sesuai dengan kebijakan kemasan yang layak untuk makanan dan minuman yang dapat digunakan lebih dari satu kali pakai, kemasan

tersebut diharapkan memiliki ketahanan dan tidak gampang rusak setelah penggunaan berulang kali.

Perusahaan minyak goreng kemasan saat ini belum menerapkan pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dengan menggunakan sistem *reverse logistics*. Perancangan sistem *reverse logistics* minyak goreng kemasan diharapkan mampu menjadi pertimbangan bagi perusahaan minyak goreng kemasan dalam menerapkan *reverse logistics*. Keuntungan dalam penerapan *reverse logistics* dapat terlihat seperti perusahaan dapat membantu program pemerintah dalam rangka pengurangan penggunaan kemasan plastik sehingga sampah-sampah plastik yang timbul dapat berkurang.

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan adalah merancang sebuah model pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dengan menggunakan sistem *reverse logistics* minyak goreng kemasan. Kemasan kosong minyak goreng kemasan dikembalikan oleh konsumen kepada grosir dan grosir mengumpulkan kemasan kosong untuk diambil kembali oleh pihak perusahaan minyak goreng kemasan. Kemasan kosong yang diambil oleh pihak perusahaan dikembalikan ke pabrik, kemudian dipulihkan dan selanjutnya dilakukan pengisian ulang untuk kembali didistribusikan ke grosir-grosir. Model matematis pengelolaan limbah kemasan minyak goreng dengan menerapkan sistem *reverse logistics* minyak goreng kemasan diformulasikan agar dapat mengetahui biaya minimal *reverse logistics* minyak goreng kemasan. Berdasarkan hasil penentuan solusi model, didapatkan hasil bahwa minimal biaya untuk *reverse logistics* minyak goreng kemasan adalah sebesar Rp.8.161.000. Kemasan kosong yang dikumpulkan pada masing-masing grosir berjumlah 169 dus pada grosir 1, 215 dus pada grosir 2, 210 dus pada grosir 3, 206 dus pada grosir 4 dengan jumlah kemasan kosong yang dikumpulkan adalah sebanyak 800 dus kemasan kosong sesuai dengan kapasitas kendaraan distribusi.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya adalah model matematis yang dirancang dapat dikembangkan menjadi beberapa fungsi tujuan salah satunya dengan minimasi dampak lingkungan akibat sampah plastik yang ditimbulkan, minimasi biaya transportasi minyak goreng kemasan apabila dikumpulkan dengan alat transportasi yang berbeda dengan alat transportasi untuk distribusi produk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS). "Jumlah Penduduk Hasil Proyeksi Menurut Provinsi dan Jenis Kelamin (Ribu Jiwa), 2018-2020". 2020.

- [2] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (SIPSN, 2020) "*Komposisi Sampah*". 2020.
- [3] Badan Pusat Statistik (BPS). "*Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting 2007-2019*". 2019.
- [4] Badan Pusat Statistik (BPS). "*Statistik Daerah Provinsi Sumatera Barat 2020*". CV.Graphic Dwipa. Padang. 2020.
- [5] N. Ab, H. Nik, and S. Yaakub, "The Pressure for Reverse Logistics Adoption among Manufacturers in," *Asian J. Bus. Account.*, vol. 8, no. 1, 2015.
- [6] Purwaningrum, Pramati, "Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan, *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology, JTL* Vol 8 No.2, Desember 2016, 141-147
- [7] B. M. Arthaya, P. K. Ariningsih, and C. Haryani, "Peran Konsep Reverse Logistic Dalam Perancangan Penanganan Baterai Laptop Bekas," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 10, no. 2, pp. 97–110, 2018.
- [8] W. Adhi, W. P. Rahayu, N. Indonesia, and J. Barat, "Manajemen Rantai Pasok Susu Pasteurisasi dengan Pendekatan Reverse Logistic Pasteurization Chain Marketing Management," *J. Manaj. Transp. dan Logistik*, vol. 05, no. 01, pp. 29–42, 2018.
- [9] P. Kushwaha, "Conceptual Reverse Logistics Model used by Online Retailers Post Covid-19 Lockdown," *Int. Res. J. Bus. Stud.*, vol. 14, no. 3, pp. 229–234, 2021.
- [10] F. A. S. Dwicahyani, Anindya Rachma; Rifa, "Review Bidang Kajian Model Persediaan pada Reverse Logistics dan Sistem Rantai Pasok Siklus Tertutup," *J. SENOPATI*, vol. 3 (1), no. September, pp. 1–10, 2021.
- [11] H. Suryana, "Pengembangan Model Daur Ulang Sampah Plastik Dalam Jaringan Sistem Reverse Logistics," *J. Media Tek. dan Sist. Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 90–94, 2019.
- [12] F. Pulansari, "Desain model sistem reverse logistics pada industri elektronika konsumsi," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [13] B. Desticioglu, H. Calipinar, B. Ozyoruk, and E. Koc, "Model for Reverse Logistic Problem of Recycling under Stochastic Demand," *Sustainability*, pp. 1–19, 2022.
- [14] W. T. Farizqi, U. Ciptomulyono, and A. Rusdiansyah, "Pengembangan Model Reverse Logistics Baterai Aki Bekas dengan Pendekatan Goal Programming," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2008.
- [15] A. Bal and S. Itir, "A goal programming model for sustainable reverse logistics operations planning and an application," *J. Clean. Prod.*, vol. 201, pp. 1081–1091, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.08.104.
- [16] I. Masudin and T. E. Saputro, "Reverse Logistics Modeling Considering Environmental and Manufacturing Costs: A Case Study of Battery Recycling in Indonesia," *Int. J. Technol.*, vol. 10 (1), no. February, pp. 189–199, 2019, doi: 10.14716/ijtech.v10i1.2164.
- [17] B. H. Thacker, S.W. Doebling, F. M. Hemez, M. C. Anderson, J. E. Pepin and E. A. Rodriguez "Concepts of Model Verification and Validation," 2004.
- [18] H. G. Daellenbach and D. C. McNickle, *Management Science: Decision Making Through Systems Thinking*. New York: Palgrave Macmillan, 2005.
- [19] E. Usman, Nurul Afifah; Amrina, "Seminar Sistem Produk XI dan Seminar Nasional VI Manajemen dan Rekaya Kualitas," in *Usulan Rute Pengiriman Produk Minyak Goreng Kemasan di PT Incasi Raya Padang*, 2015, p. J-13.