

PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK BALIK: STUDI KASUS PERUSAHAAN DAUR ULANG ALAT KOMUNIKASI X

Maulida Boru Butar Butar^a, Stephanus Benedictus Bera Liwun^b

^aFakultas Teknologi Industri / Teknik Industri, maulida.butar@gmail.com, Universitas Gunadarma

^bFakultas Teknologi Industri / Teknik Industri, stephanusliwun@gmail.com, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

The supply chain performance, as measured by observing the product return process that occurs at company X, will be presented in this paper. Product return is one of the things that encourages the use of a reverse supply chain in a company. The company must handle returned products from end users so that the returned products received can be profitable. The existing general model is used to examine the possibility of re-manufacturing processes in company X's existing reverse supply chain. The process model of the re-product is investigated and observed. Case studies on small and medium enterprises engaged in recycling electronic products already have a back supply chain process. A general model of the return supply chain at company X will be created, and a mathematical model based on the general model will be proposed to evaluate the performance of the return supply chain. The costs for product returns, when low and high, will be compared as a reference for the company. With the existence of a supply chain model of the processes that return products go through, companies can begin to measure the performance of the supply chain processes and evaluate this process as a way to gain benefits for the company.

Keywords: reverse supply chain, return product, model

ABSTRAK

Kinerja rantai pasok balik yang diukur dengan pengamatan proses produk kembali yang terjadi pada perusahaan X akan dipaparkan pada makalah ini. Produk kembali merupakan salah satu hal yang mendorong penggunaan rantai pasok balik pada suatu perusahaan. Penanganan produk kembali dari pengguna akhir diperlukan oleh perusahaan agar produk kembali yang diterima dapat mendatangkan keuntungan bagi perusahaan. Model umum yang sudah ada digunakan untuk memeriksa kemungkinan proses manufaktur ulang dalam rantai pasok balik yang ada di perusahaan X. Proses model produk kembali diselidiki dan diamati. Studi kasus pada usaha kecil menengah yang bergerak di bidang daur ulang produk-produk elektronik dan sudah memiliki proses rantai pasok balik. Sebuah model umum dari rantai pasok balik pada perusahaan X akan dibuat dan model matematika berdasarkan model umum akan diusulkan untuk mengevaluasi kinerja rantai pasok balik. Biaya untuk produk kembali saat rendah dan tinggi akan dibandingkan sebagai acuan untuk perusahaan. Diharapkan dengan adanya model rantai pasok balik dari proses yang dilalui oleh produk kembali, perusahaan dapat mulai mengukur kinerja proses rantai pasok balik dan mengevaluasi proses ini sebagai cara untuk mendapatkan keuntungan bagi perusahaan

Kata Kunci: rantai pasok balik, produk kembali, model

1. PENDAHULUAN

Rantai Pasok Balik (RPB) berkaitan dengan aliran dari produk yang dikembalikan dari pengguna [1]. RPB juga menyebutkan sebagai tanggung jawab bersama dari produsen dan konsumen untuk mengurangi limbah dengan mendaur ulang, memproduksi ulang, menggunakan kembali, dan membuang produk atau barang yang tidak dapat diterima dengan benar untuk meningkatkan kelestarian lingkungan [2, 3]. Perhatian yang meningkat pada RPB dikarenakan meningkatnya nilai produk dan teknologi di akhir dari rantai pasok (hilir) serta dampak dari peraturan serta perundang-undangan lingkungan yang semakin ketat. Produk, suku cadang, sub-rakitan, dan material ini mewakili nilai dan peluang ekonomi yang berkembang pesat di akhir rantai pasok di masa yang akan datang [1].

RPB merupakan bagian penting dari manajemen rantai pasok berkelanjutan. RPB membantu dalam pengurangan jumlah sampah yang dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA) dengan memastikan ekstraksi seluruh nilai maksimum dari produk akhir masa pakai/penggunaan. Khususnya untuk pengembalian barang elektronik, karena adanya peningkatan jumlah yang stabil dalam pembuangan limbah elektronik yang disebabkan pertumbuhan teknologi yang cepat [4]. Pengumpulan limbah elektronik untuk digunakan kembali, didaur ulang, diproduksi ulang, dan dibuang ke TPA dengan benar dari limbah elektronik telah menjadi undang-undang lingkungan di Eropa pada tahun 2003. Kemudian, undang-undang serupa juga telah diterapkan di Kanada, dan banyak negara bagian di AS, Cina, dan Jepang [5]. Namun, pengembalian produk dan rantai pasok balik-nya merupakan peluang untuk menciptakan aliran nilai, bukan kerugian. Oleh karena itu, RPB harus dikelola dengan proses bisnis yang dapat menciptakan keuntungan bagi perusahaan [6].

Makalah ini akan mempresentasikan proses yang terjadi pada produk kembali sebagai bagian dari proses RPB, khususnya pada fasilitas daur ulang alat komunikasi X. Makalah ini didasarkan pada penelitian di perusahaan daur ulang kecil menengah yang berhubungan dengan produk usang dari alat-alat komunikasi seperti telepon, perute dan mesin fax Indonesia. Pada perusahaan hanya produk yang sudah tidak digunakan kembali yang akan diproses. Seluruh produk merupakan alat-alat komunikasi yang akan dibuang ke TPA. Perusahaan X akan melakukan proses daur ulang pada alat-alat elektronik tersebut sebelum dikirim ke TPA. Proses RPB diselidiki dan aliran produk yang dikembalikan akan disajikan berdasarkan model umum yang tersedia. Model matematika dibuat agar perusahaan dapat mengukur kinerja RPB-nya di masa yang akan datang dan mempertimbangkan produk kembali dan RPB sebagai cara untuk mendapatkan keuntungan bagi perusahaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rantai Pasok Balik

RPB mempelajari aliran produk atau barang dari arah konsumen kembali ke produsen. RPB didefinisikan sebagai serangkaian aktivitas yang diperlukan untuk memproses produk kembali (produk bekas atau tidak terpakai) baik untuk membuangnya, menggunakannya kembali, atau menjualnya kembali [7].

Perusahaan memiliki opsi untuk menutup RPB atau meninggalkannya terbuka. Membiarkannya terbuka berarti produk terbalik rantai pasokan akan pergi ke tujuan yang berbeda dari rantai pasok. Rantai pasok juga bisa dibuat tertutup dengan membuat lingkaran (*closed loop*). RPB tertutup ini terdiri dari: RPB dan lingkaran tertutup (*closed loop*) untuk menghubungkannya ke rantai pasok. Perusahaan dapat mengimplementasikan RPB dengan baik jika dapat mengkoordinasikan RPB mereka dengan rantai pasok proses manufaktur dengan menciptakan sistem rantai pasok lingkaran tertutup (*closed loop supply chain*) [8]. Pada RPB terdapat lima komponen utama yang dikenal sebagai karakteristik dari RPB. Pada Tabel 1 aktivitas pada RPB dan karakteristik yang berhubungan dengan aktivitas tersebut dapat dilihat [7].

Tabel 1 Karakteristik Rantai Pasok Balik

Aktivitas rantai pasok balik	Karakteristik yang berhubungan dengan proses
Penerimaan produk	Hal-hal yang mendorong produk kembali
Distribusi balik	Tipe dari patner Metode pengumpulan produk kembali
Tes, pengelompokkan dan penempatan	Tipe dari produk Kembali
Perbaikan atau <i>Refurbishment</i>	Tipe proses dan penempatan produk kembali
Penjualan kembali atau <i>remarketing</i>	Tipe dari pasar ulang / <i>secondary market</i>

Karakteristik pertama ada pada proses penerimaan produk (kembali) adalah apa yang mendorong pengembalian produk. Alasan pengembalian produk dapat disebabkan produk itu sendiri (seperti produk yang habis masa pakainya atau produk yang rusak) atau dikarenakan penyesuaian stok di baik digudang distributor atau retail (lokasi berbeda-beda). Pengembalian produk akan dikirimkan atau dikumpulkan di lokasi yang disebut tempat daur ulang atau TPA. Bagaimana produk ini dapat dikembalikan atau dikumpulkan dibahas dalam distribusi balik. Produk yang dikembalikan dapat dipisahkan setelah dilakukan pengujian, pemilihan dan penempatan. Tindakan ini menentukan akan menentukan jenis produk yang dikembalikan; dan masing-masing jenis memiliki tindakan yang berbeda dalam proses *refurbishment*. Karakteristik terakhir adalah jenis pasar sekunder untuk bagaimana produk yang dikembalikan akan dipasarkan ulang.

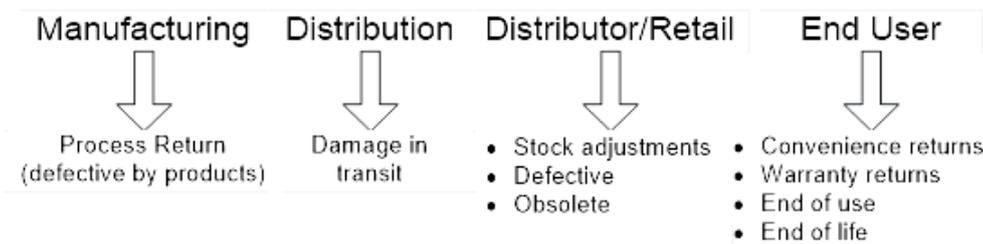
2.2. Produk Kembali

Produk kembali dapat dikarenakan berbagai alasan, beberapa penyebab pengembalian produk dapat dikarenakan produk itu sendiri (seperti produk yang habis masa pakainya atau produk yang rusak) dapat juga disebabkan adanya penyesuaian stok di lokasi yang berbeda. Produk yang dikembalikan dapat dipisahkan setelah pengujian, disortir, dan dikelompokkan. Tindakan ini menentukan jenis dari produk kembali; dan

masing-masing jenis memiliki tindakan yang berbeda dalam proses daur ulang Beberapa elemen dalam pengkelompokkan produk kembali adalah sebagai berikut [1]:

- produk yang dibuang,
- produk bekas,
- produk atau suku cadang yang dikirim sebelumnya,
- limbah berbahaya dan tidak berbahaya dari kemasan dan produk,
- bahan baku,
- dalam proses persediaan dan barang jadi

Produk kembali dapat terjadi pada setiap rantai pasok. Pada tahap manufaktur, produk kembali dapat berupa produk cacat dari proses produksi. Selanjutnya pada tahap distribusi produk kembali dapat disebabkan produk yang rusak pada proses pengiriman. Penyesuaian stok merupakan salah satu alasan produk kembali pada distributor atau retail selain produk using dan produk cacat. Konsumen sebagai pengguna juga dapat menyebabkan produk kembali jika produk telah habis masa pakainya atau sudah tidak dapat digunakan kembali. Garansi dan kemudahan proses pengembalian produk juga mendorong poroduk kembali dari konsumen. Figure 1 menunjukkan klasifikasi secara sistematis menangani produk kembali pada setiap tahap proses rantai pasok.



Gambar 1. Tipe-tipe produk kembali pada setiap tantai pasok [1]

Setelah produk dikembalikan, maka diperlukan penanganan untuk produk kembali ini. Beberapa opsi yang dimiliki adalah *reuse*; *repair/repackage*; *recycling*; *reconditioning*; *refurbishing* dan *remanufaktur*. Kushwaha dan Ghosh [9] memberikan definisi singkat dari setiap opsi penanganan produk kembali pada RPB sebagai berikut:

- Penggunaan kembali (*Reuse*) – sebagai contoh kemasan yang digunakan kembali atau produk yang dikirim kembali untuk dijual lagi ke pelanggan lainnya.
- Perbaikan/pengemasan ulang (*Repair/repackage*) – dilakukan jika perbaikan dan/atau pengemasan ulang dalam jumlah sedang akan memungkinkan produk digunakan kembali.
- Daur ulang (*Recycling*) – di mana produk dibongkar dan "ditambang" komponen yang dapat digunakan kembali atau dijual kembali.
- Rekondisi (*Reconditioning*) – ketika suatu produk dibersihkan ke elemen dasarnya, yang digunakan kembali.
- *Refurbishing* – serupa dengan rekondisi, kecuali mungkin lebih banyak pekerjaan yang terlibat dalam memperbaiki produk.
- Remanufaktur (*Remanufacturing*) – mirip dengan rekondisi, tetapi membutuhkan pekerjaan yang lebih ekstensif; sering membutuhkan pembongkaran lengkap produk.

Pada makalah ini akan dibahas sedikit mengenai daur ulang (*recycling*), dikarenakan perusahaan X bergerak dibidang daur ulang elektronik. Dimana diinginkan produk yang dibongkar, ‘diambil’ bagian dan material yang dapat digunakan kembali atau dijual ke pihak ketiga.

2.3. Proses Daur Ulang

Penangan produk kembali pada RPB merupakan proses yang perlu dipertimbangkan dengan baik. Pada RPB, penanganan produk kembali mempunyai lebih banyak ketidakpastian seperti dalam hal frekuensi pelaksanaannya serta jumlah produk kembali. Sehingga, penanganan produk kembali perlu mempunyai

tahapan kegiatan sebagai berikut: merencanakan, menerapkan dan mengendalikan aliran produk kembali secara efisien dan hemat biaya. Hal tersebut dilakukan dengan memperhatikan proses-proses: pengumpulan, pengangkutan (*backhauling*), recovery, penyimpanan, pemrosesan, penerimaan, pengurangan, pengelolaan, pembuangan, dan pengiriman produk kembali [1].

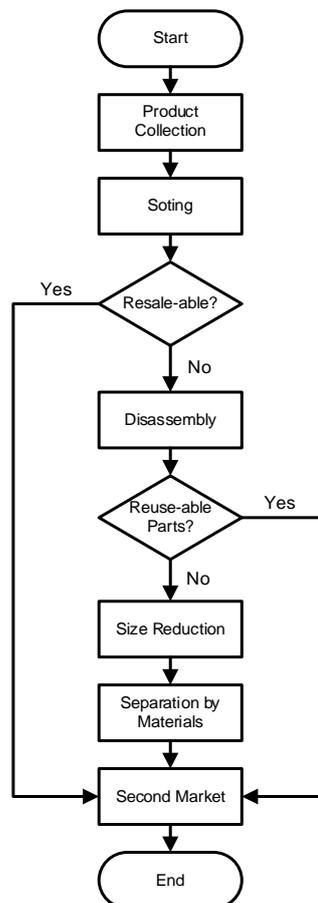
Daur ulang (*recycling*) merupakan salah satu cara penanganan produk kembali yang telah dianggap sebagai operasi berkelanjutan yang menjanjikan dalam manajemen produksi atau dapat dikatakan merupakan proses yang dapat mendatangkan keuntungan bagi perusahaan. Daurlang produk kembali (terutama untuk produk yang telah habis masa pakainya) memiliki peran penting dalam skenario perkembangan teknologi, kesadaran yang tersebar luas akan dampak lingkungan yang berat dari kegiatan produksi mengarahkan pada pengembangan bidang penelitian baru [10].

Pada proses daurlang dibutuhkan proses pembongkaran atau *disassembly*, dimana pada proses pembongkaran ini bagian-bagian produk dipisahkan untuk mendapatkan material-material yang ada. Struktur fisik dan fungsional asli tidak dipertahankan pada pengerjaan proses daurlang ini.

Peran proses pembongkaran (*disassembly*) dalam proses daurlang dapat didefinisikan sebagai [11]: "metode sistematis untuk memisahkan produk menjadi bagian-bagian penyusunnya, komponen dan subassembly". Proses pembongkaran tidak boleh dianggap hanya sebagai kebalikan dari perakitan dikarenakan beberapa hal:

- kompleksitas operasi pembongkaran - pembalikan urutan perakitan seringkali sangat sulit atau tidak menguntungkan dan operasi destruktif mungkin diperlukan
- target akhir dari proses pembongkaran - maksimalisasi keuntungan dan atau minimalisasi dampak lingkungan.
- perubahan produk: komponen yang akan dibongkar.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir yang disederhanakan untuk mewakili daurlang produk elektronik. Diagram alir ini merupakan adaptasi dari diagram alir yang digunakan pada perusahaan daurlang produk komputer. Produk yang dikembalikan dikumpulkan dari banyak sumber yang tersebar luas dan dikumpulkan pada pusat daurlang untuk pemeriksaan, penanganan, dan pemrosesan lebih lanjut. Faktor kunci dalam daurlang limbah elektronik adalah pengumpulan, pemilahan dan pemulihan, daurlang dan pembuangan [12].



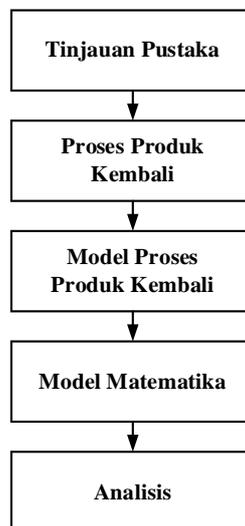
Gambar 2. Diagram alir yang disederhanakan untuk daurlang produk elektronik [12]

Dari diagram alir sederhana ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam membuat model RPB pada perusahaan X.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam makalah ini kerangka penelitian dibuat, dan ditunjukkan pada Gambar 3. Langkah pertama adalah memahami RPB dan proses daur ulang. Ini dicapai dengan menyelesaikan tinjauan literatur. Tinjauan pustaka disimpulkan untuk mempelajari penelitian sebelumnya dan mendapatkan lebih banyak pengetahuan di bidang ini. Sebuah usaha kecil menengah yang memiliki kegiatan RPB dipelajari. Perusahaan ini bergerak dalam daur ulang peralatan telekomunikasi seperti telepon, mesin fax, dan kabel telekomunikasi. Perusahaan ini dapat dikatakan melakukan pengelolaan terhadap limbah elektronik. Semua produk yang dikembalikan dikumpulkan di gudang sebelum proses daur ulang dilakukan.

Perusahaan X mendapatkan alat komunikasi usang dari organisasi-organisasi yang melakukan pembaharuan terhadap alat komunikasinya, oleh karena itu sebagian besar produk kembali merupakan produk yang sudah habis masa pakainya. Perusahaan X akan mendapatkan produk kembali dan disimpan pada gudang hingga proses daur ulang. Proses daur ulang akan dilakukan berdasarkan kelompok produk kembali. Produk kembali ini akan mengalami proses daur ulang, dimana proses produk kembali inilah yang akan dijadikan acuan pemodelan rantai pasok balik pada perusahaan X.



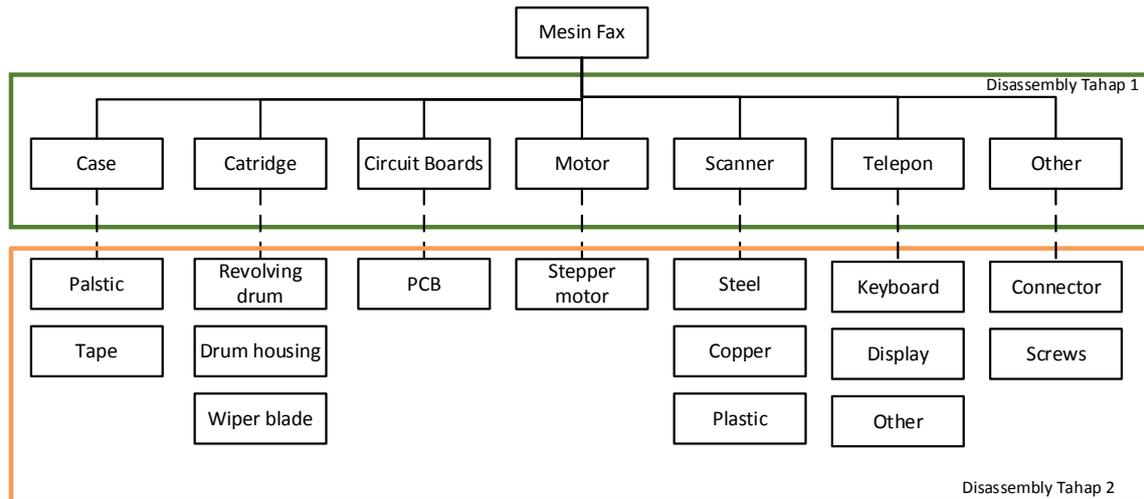
Gambar 3. Diagram alir penelitian

Dari pemodelan rantai pasok balik akan dibuat model matematika yang dapat memperlihatkan seluruh biaya yang terlibat pada proses produk kembali ini. Selanjutnya akan dilakukan analisa terhadap jumlah produk kembali dan usulan bagi perusahaan dalam meningkatkan kinerja rantai pasok baliknya akan diberikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perusahaan X, merupakan perusahaan kecil menengah yang bergerak di bidang daur ulang sampah elektronik. Perusahaan ini mengkhususkan diri untuk mengelola sampah elektronik berupa alat komunikasi yang ada diperkantoran seperti telepon dan mesin fax. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa makalah ini akan melihat proses pengembalian alat komunikasi yang sudah habis masa pakainya. Setelah melihat detail proses yang ada maka model proses produk kembali akan dibuat berdasarkan proses yang sudah diteliti. Selanjutnya berdasarkan model proses produk kembali akan dibuat model matematikanya. Model matematika ini diharapkan dapat digunakan oleh perusahaan untuk mengevaluasi proses RPB yang terjadi di perusahaan tersebut.

Produk yang datang akan dikumpulkan pada Gudang (*warehouse*) yang terdapat pada Perusahaan X. Selanjutnya seluruh produk yang ada akan melalui proses *disassembly* atau pembongkaran. Pada mesin fax, proses pembongkaran dilakukan dengan dua tahapan, tahap pertama dilakukan pembongkaran untuk tujuh bagian yaitu: *case*, *cartridge*, *circuit boards*, *motor*, *scanner*, telepon dan *interior parts*. Setelah itu tahap dua pembongkaran dilakukan, pada tahap ini dilakukan pembongkaran dari tujuh bagian yang sudah dibongkar. Proses pembongkaran mesin fax dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses pembongkaran (*diassembly*) mesin fax

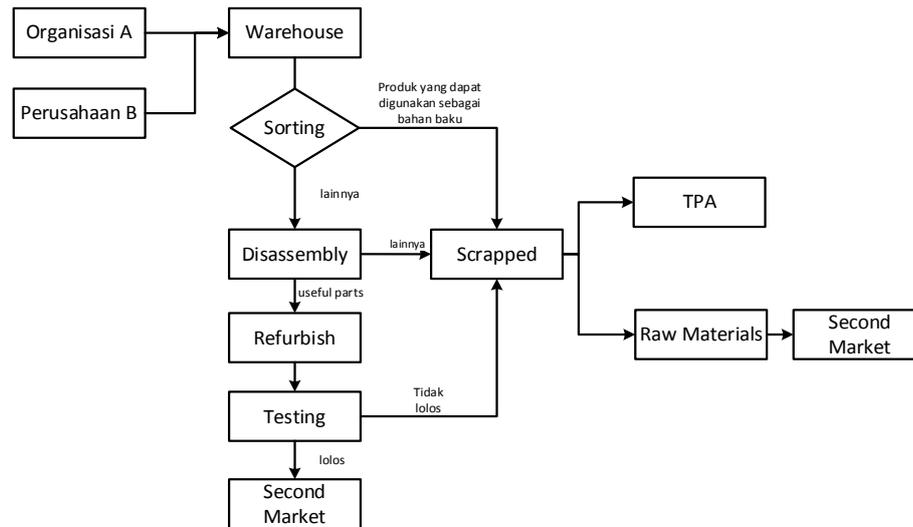
Proses pembongkaran biasanya akan mengalami dua tahapan. Proses pembongkaran ini akan menghasilkan komponen-komponen serta material yang dapat digunakan kembali. Akan tetapi pada perusahaan X ini tidak terdapat proses penggunaan kembali (*reuse*) baik komponen maupun materialnya. Seluruh hasil dari proses pembongkaran ini akan dijual kepada pihak ketiga. Konsumen dari hasil pembongkaran ini merupakan perusahaan yang membutuhkan material yang dihasilkan sehingga proses produksi dapat dikurangi. Terdapat juga konsumen merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang *refurbish*, sehingga memerlukan komponen-komponen yang masih berfungsi dengan baik.

4.1 Model Proses Produk Kembali

Model proses produk kembali ini didasarkan pada proses produk kembali pada perusahaan X. Beberapa perbedaan dilakukan untuk mengakomodir beberapa proses yang mungkin terjadi pada proses produk kembali. Seperti yang sudah dijelaskan, perusahaan X mengumpulkan produk kembali berupa sampah elektronik berupa alat-alat komunikasi. Produk-produk yang dikembalikan baik oleh perorangan maupun perusahaan akan ditempatkan pada gudang (*warehouse*) yang terdapat pada perusahaan X. Produk kembali akan berada di gudang untuk menunggu proses pembongkaran (*disassembly*). Waktu tunggu ini disebabkan oleh terbatasnya pekerja yang melakukan proses pembongkaran serta waktu pembongkaran yang cukup lama.

Dari gudang produk kembali akan dikelompokkan menjadi produk yang dapat digunakan sebagai bahan baku dan produk yang perlu melalui proses pembongkaran. Produk yang dapat menjadi bahan baku diantaranya kabel dan karton yang diperoleh dari pengembalian alat-alat komunikasi. Sedangkan produk kembali seperti telepon dan mesin fax akan mengalami proses pembongkaran. Komponen yang masih dapat digunakan akan diperbaiki dan diuji untuk dijual kembali.

Komponen yang tidak lulus proses *testing* akan melalui proses penghancuran (*scrapped*), dimana proses ini dilakukan untuk mendapatkan material yang dapat digunakan atau dijual kembali. Residu atau sisa dari seluruh proses produk kembali akan dibuang ke TPA dengan penanganan yang benar. Gambar 5 menunjukkan model proses produk kembali pada perusahaan X.



Gambar 5. Model proses produk kembali Perusahaan X

Model ini diharapkan dapat digunakan oleh perusahaan X untuk melihat proses RPB yang akan dilalui oleh produk kembali yang diperoleh perusahaan. Model ini juga akan dijadikan acuan untuk pembuatan model matematika dari proses produk kembali pada perusahaan X.

4.2. Model Matematika

Model matematika ini merupakan model yang dibuat berdasarkan dari model proses produk kembali yang dibuat. Selain itu, model matematika ini juga menggunakan model yang dibuat oleh Butar Butar dan Sanders [1] sebelumnya sebagai acuan. Model matematika pada perusahaan X memiliki tujuan untuk meminimumkan biaya pada proses produk kembali.

Pertama-tama akan diidentifikasi seluruh biaya yang dapat terjadi pada proses produk kembali tersebut. Pada gudang terdapat biaya penyimpanan; pada proses *sorting* terdapat biaya pengelompokkan; pada proses pembongkaran terdapat biaya proses pembongkaran; pada proses *refurbish* terdapat biaya perbaikan; demikian juga pada proses *testing* dan *scrapping* akan memunculkan biaya. Selanjutnya biaya juga muncul diperuntukkan transportasi dari pusat daur ulang menuju *second market* dan TPA. Secara umum biaya pada proses produk kembali di perusahaan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Total Biaya} = \text{Biaya Penyimpanan} + \text{Biaya Pengelompokkan} + \text{Biaya Pembongkaran} + \text{Biaya Perbaikan} + \text{Biaya Testing} + \text{Biaya Scrapped} + \text{Biaya Pengiriman ke Second Market} + \text{Biaya Pengiriman ke TPA}$$

Biaya-biaya ini dapat dijadikan acuan bagi perusahaan pada saat evaluasi RPB yang terjadi di perusahaan tersebut. Berikut merupakan model matematika proses produk kembali pada perusahaan X.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} = & \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RP_{rit} H1_{rit} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RP_{rit} RC_{rit} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RF_{rit} DC_{rit} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RF_{rit} TC_{rit} \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RS_{rit} SC_{rit} + \sum_{o=1}^O \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RW_{roit} T1_{roit} + \sum_{l=1}^L \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RL_{rit} T2_{rlit} \end{aligned}$$

Keterangan:

I = tipe produk kembali

T = periode waktu

O = jumlah unit *second market*

L = jumlah unit TPA

RP = jumlah unit produk kembali

H = biaya penyimpanan

RC = biaya pengelompokkan

DC = biaya pembongkaran

TC = biaya *testing*

RF = jumlah unit yang di *disassembly*

T1 = biaya transportasi ke *second market*
 SC = biaya *scrapping*
 RS = jumlah unit yang di *scrapping*
 T2= biaya transportasi ke TPA
 RL= jumlah unit yang dikirim ke TPA
 RW= jumlah unit material yang dikirim ke *second market*

Berdasarkan model matematika ini diharapkan perusahaan dapat mengidentifikasi biaya-biaya yang terjadi pada proses produk kembali. Hal ini penting sebagai acuan perusahaan dalam menjalankan RPB. Dengan adanya keterangan seluruh biaya yang terjadi, perusahaan dapat mengetahui dengan jelas biaya apa saja yang memiliki angka yang tinggi dan rendah. Biaya yang tinggi dapat ditekan sehingga kinerja RPB pada perusahaan akan meningkat.

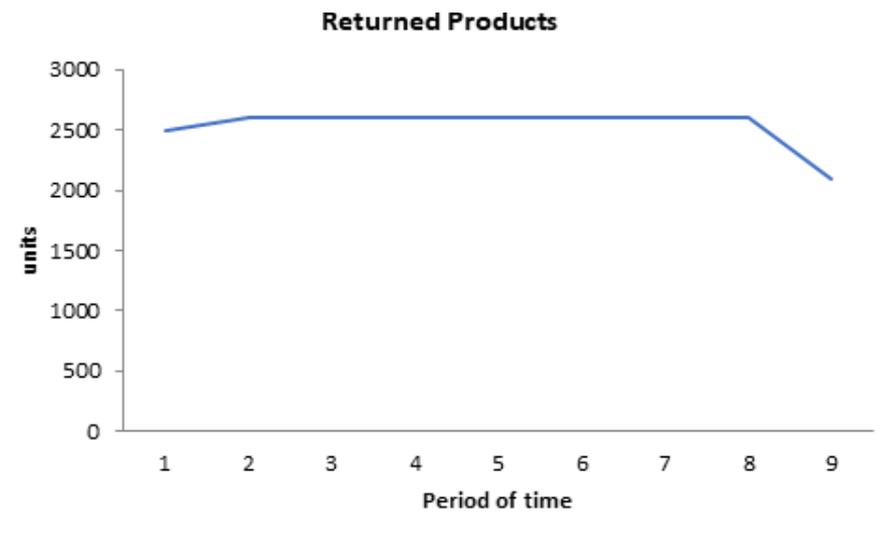
Model matematika ini juga dapat dikembangkan lebih rinci dengan menambahkan biaya-biaya tetap. Sebagai contoh perusahaan dapat menambahkan biaya penyewaan gudang, utilitas dan perawatan kendaraan. Hal ini dapat membantu perusahaan jika diinginkan penggantian kendaraan atau gudang dengan tujuan meminimasi biaya.

4.3. Analisa Rantai Pasok Balik Perusahaan X

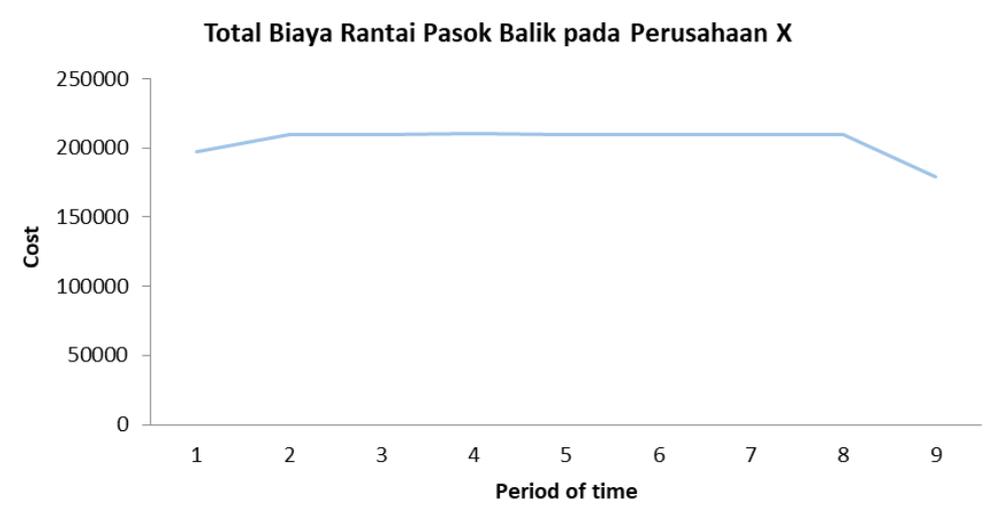
Pada perusahaan X, sebagian data dari produk kembali dapat dilihat pada gambar 6. Dapat dilihat bahwa, produk kembali biasanya pada jumlah yang tetap, dan akan mengalami penurunan pada waktu-waktu tertentu. Produk kembali yang cenderung konstan ini memudahkan perusahaan X dalam mengelola produk balik dan menganalisa kinerja rantai pasok balik di perusahaan. Dari data yang ada, kemudian dibuat grafik data produk kembali yang dapat dilihat pada gambar 7. Selanjutnya model matematika diterapkan dan total biaya untuk rantai pasok balik pada perusahaan X dapat dilihat pada Gambar 8.

Period	Unit Returned	Warehouse		Sorting			Disassembly		
		Holding Cost	Total Cost	Unit	sorting cost	total cost	Unit	Cost	Total Cost
0	0	10	0	0	15	0	0	20	0
1	100	10	998	0	15	1496	0	20	0
2	100	10	999	100	15	1499	90	20	1796
3	100	10	999	100	15	1498	90	20	1799
4	99	10	986	100	15	1479	90	20	1797
5	101	10	1009	99	15	1513	89	20	1775
6	100	10	997	101	15	1496	91	20	1816

Gambar 6. Data produk kembali



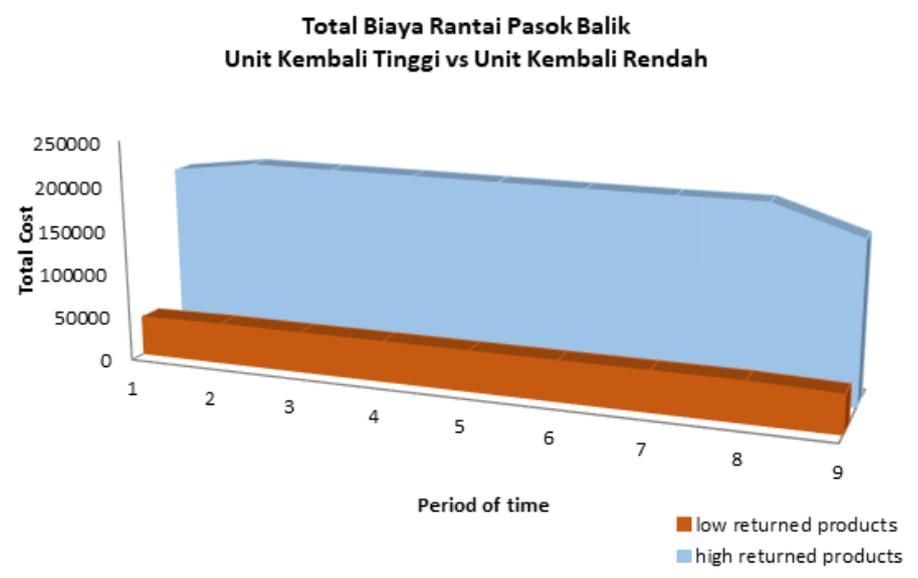
Gambar 7. Grafik produk kembali



Gambar 8. Total biaya rantai pasok balik

Untuk mengetahui bagaimana jumlah produk kembali mempengaruhi kinerja rantai pasok bali perusahaan X maka dibuatlah skenario dimana terdapat produk kembali dengan jumlah tinggi dan rendah. Produk kembali jumlah tinggi merupakan jumlah produk kembali lebih besar dan produk kembali jumlah rendah merupakan 10% dari jumlah pada saat unit produk kembali tinggi. Skenario ini dilakukan agar perusahaan dapat memiliki gambaran bagaimana jumlah produk kembali mempengaruhi kinerja rantai pasok balik yang diwakili oleh total biaya rantai pasok balik.

Gambar 9 memperlihatkan bagaimana pengaruh jumlah unit kembali terhadap kinerja rantai pasok balik perusahaan. Semakin tinggi unit kembali maka semakin tinggi biaya yang dikeluarkan. Hal ini dikarenakan perusahaan X hanya melakukan proses daur ulang tanpa adanya proses re-manufaktur untuk komponen-komponen yang didapatkan dari proses daur ulang tersebut.



Gambar 9. Jumlah Unit Kembali vs Kinerja Rantai Pasok Balik

Peningkatan biaya yang seiring peningkatan unit kembali juga dikarenakan pada pemodelan matematika tidak dipertimbangkan keuntungan penjualan dari komponen dan bahan baku. Bagi perusahaan X diharapkan untuk melakukan perbaikan model matematika yang digunakan, dan melakukan perencanaan bagi rantai pasok balik agar biaya yang dibutuhkan dapat diminimumkan dan jumlah unit produk kembali yang didaur ulang dapat dimaksimumkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Perusahaan X yang bergerak pada bidang daur ulang alat komunikasi yang sudah habis masa pakainya menerapkan RPB pada proses produk kembali. Proses produk kembali diidentifikasi sebagai acuan untuk membuat model proses produk kembali. Produk kembali pada perusahaan X dimulai dari pengumpulan produk kembali di gudang sebelum produk kembali tersebut dibongkar. Proses pembongkaran ini sangat bergantung dengan jenis produk yang kembali. Produk kembali memerlukan dua tahapan pembongkaran atau *disassembly*. Proses produk kembali ini dijadikan sebagai dasar dari model proses produk kembali di perusahaan X. Selanjutnya dari model yang ada dibuatlah model matematika yang dapat merepresentasikan seluruh biaya yang terjadi pada proses produk kembali. Model matematika ini mempunyai tujuan untuk meminimalkan total biaya daur ulang. Model ini dapat digunakan sebagai alat perhitungan total biaya daur ulang serta mengevaluasi RPB di perusahaan tersebut.

Diharapkan untuk selanjutnya penerapan model matematika proses produk kembali pada perusahaan X dapat ditambahkan dengan keuntungan penjualan komponen dan bahan baku dari proses daur ulang. Sehingga dapat dilihat apakah rantai pasok balik pada perusahaan X dapat memberikan keuntungan maksimal. Selain itu dapat didapatkan informasi biaya-biaya apa saja yang tinggi serta perlu dilakukan penghematan segera untuk meminimalkan biaya proses daur ulang produk kembali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Butar Butar, M. and D. Sanders, Measuring performance in reverse supply chain. 2016, University of Portsmouth.
- [2] Govindan, K. and H.J.J.o.C.P. Soleimani, A review of reverse logistics and closed-loop supply chains: a Journal of Cleaner Production focus. 2017. 142: p. 371-384.
- [3] Bouzon, M., et al., Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. 2016. 108: p. 182-197.
- [4] Kazemi, N., N.M. Modak, and K.J.I.J.o.P.R. Govindan, A review of reverse logistics and closed loop supply chain management studies published in IJPR: a bibliometric and content analysis. 2019. 57(15-16): p. 4937-4960.
- [5] Mathiyazhagan, K., et al., Reverse supply chain management in manufacturing industry: a systematic review. 2020.
- [6] Butar Butar, M., D. Sanders, and R. Frei, Measuring performance of reverse supply chains in a carpet manufacturer. Journal of Advanced Management Science, 2016. 4(2): p. 152-158.
- [7] Guide Jr, V.D.R. and D.W. Pentico, A framework for hierarchical planning and control for remanufacturing, in Greener Manufacturing and Operations: From Design to Delivery and Back. 2017, Taylor and Francis. p. 273-287.
- [8] Butar, M.B., D. Sanders, and G. Tewkesbury. Measuring performance of reverse supply chains in a computer hardware company. in 2014 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology. 2014. IEEE.
- [9] Kushwaha, S., A. Ghosh, and A.J.J.o.C.P. Rao, Collection activity channels selection in a reverse supply chain under a carbon cap-and-trade regulation. 2020. 260: p. 121034.
- [10] Zhou, F., et al., Capacitated disassembly scheduling with random demand and operation time. Journal of the Operational Research Society, 2021: p. 1-17.
- [11] Marconi, M., et al., Applying data mining technique to disassembly sequence planning: a method to assess effective disassembly time of industrial products. International Journal of Production Research, 2019. 57(2): p. 599-623.
- [12] Butar Butar, M., D. Sanders, and G. Tewkesbury. Measuring performance of reverse supply chains in a computer hardware company. in 7th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT2014). 2014.