

## Reverse Supply Chain Modeling at XYZ Recycling Company

Maulida Butar Butar  
Universitas Gunadarma

**Corresponding Author:** Maulida Butar Butar [maulida\\_b@staff.gunadarma.ac.id](mailto:maulida_b@staff.gunadarma.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

*Keywords:* Reverse Supply Chain, System Modeling, Carpet Company

*Received :* 5 December

*Revised :* 17 December

*Accepted:* 30 January

©2024 Butar: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRACT

Attention to the reverse supply chain is increasing due to the increasing value of products and technologies at the end of the supply chain as well as the direct impact of new environmental legislation. Design strategies for reverse supply chains remain relatively unexplored and underdeveloped. Meanwhile, measuring supply chain performance has also become important as understanding, collaboration and integration have increased among supply chain members. It also helps companies to target profitable market segments or identify areas for improvement. Reverse supply chains are seen as one way to increase profits for companies. Company XYZ is a company that operates in recycling products from surrounding shops. This paper will focus on measuring reverse supply chain performance at XYZ recycling company. A simple general framework of the company will be presented as well as its mathematical model. This simple general model is considered applicable by small and medium businesses to optimize their reverse supply chain systems

---

## Pemodelan Rantai Pasok Balik pada Perusahaan Daur Ulang XYZ

Maulida Butar Butar

Universitas Gunadarma

**Corresponding Author:** Maulida Butar Butar [maulida\\_b@staff.gunadarma.ac.id](mailto:maulida_b@staff.gunadarma.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

*Kata Kunci:* Rantai Pasok Balik, Pemodelan Sistem, Perusahaan Karpet

*Received :* 5 December

*Revised :* 17 December

*Accepted:* 30 January

©2024 Butar: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



### ABSTRAK

Perhatian terhadap rantai pasok balik meningkat dikarenakan peningkatan nilai produk dan teknologi pada akhir rantai pasok serta dampak langsung dari undang-undang lingkungan yang baru. Strategi desain untuk rantai pasok balik masih relatif belum dieksplorasi dan terbelakang. Sementara itu, mengukur kinerja rantai pasok juga menjadi penting karena pemahaman, kolaborasi, dan integrasi telah meningkat di antara anggota rantai pasok. Ini juga membantu perusahaan untuk menargetkan segmen pasar yang menguntungkan atau mengidentifikasi area untuk peningkatan. Rantai pasok balik dilihat sebagai salah satu cara untuk meningkatkan keuntungan bagi perusahaan. Perusahaan XYZ merupakan perusahaan yang bergerak pada daur ulang produk kembali dari toko-toko sekitarnya. Makalah ini akan fokus pada pengukuran kinerja rantai pasok balik di perusahaan daur ulang XYZ. Kerangka umum sederhana perusahaan akan disajikan serta model matematisnya. Model umum sederhana ini dianggap dapat diterapkan oleh usaha kecil menengah untuk mengoptimalkan sistem rantai pasok balik mereka

---

## PENDAHULUAN

Rantai pasok balik menangani aliran balik dari produk yang dikembalikan oleh konsumen. Secara luas sering diartikan sebagai proses perencanaan, implementasi dan pengawasan dari aliran kembali baik itu bahan baku, barang setengah jadi, barang *in-process inventory*, kemasan dan produk akhir dari mulai proses manufaktur hingga proses pembuangan yang tepat. Berkembangnya rantai pasok balik erat disebabkan oleh bertumbuhnya kesadaran akan isu-isu lingkungan serta dampak negatif kelangkaan sumber daya alam. Rantai pasok balik mejadi kebutuhan ketika produk memiliki umur hidup yang semakin pendek tuntutan dari konsumen yang semakin beragam dan cepat berubah serta semakin menjamurnya toko retail dengan katalog seperti layaknya *e-commerce* atau yang biasa disebut toko online. Dimana persentase pengembalian produk yang telah dibeli lebih besar kemungkinannya.

Di Indonesia konsep rantai pasok balik masih relatif baru untuk pada akademisi dan praktisi industri. Hal ini dikarenakan di Indonesia penambahan nilai barang oleh isu lingkungan sangat kecil, kepuasan pelanggan (*customer service*) sering dilakukan seminimum mungkin oleh para pelaku industri. Pemberian masa garansi telah banyak dilakukan oleh pelaku industri di Indonesia termasuk pelaksana usaha mikro kecil dan menengah (UMKM). Fokus penanganan produk kembali pada konsumen masih sebatas produk-produk yang dikembalikan pada masa garansi produk. Tanpa adanya kesadaran ataupun ketertarikan akan rantai pasok balik. Rantai pasok balik juga dapat dilihat dari penanganan masalah lingkungan di Indonesia, praktiknya sudah berlangsung sangat lama. Dengan cara (tidak resmi) seperti pengumpulan dan daur ulang sampah telah dilakukan terutama untuk sampah kemasan (produk) baik plastik maupun kertas, sampah kertas, dan sebagian sampah elektronik (baik produk maupun bagiannya). Hal ini melibatkan banyak pihak seperti pemilah sampah, penampung, pengelola, hingga ke pembeli. Hanya saja sistem ini memiliki banyak kekurangan; sistem berdampak buruk bagi kesehatan lingkungan akibat dekat dengan pemukiman; adanya kemungkinan material dari suatu produk yang masih bisa digunakan dibuang akibat pengetahuan dan alat yang minim; bahan-bahan berbahaya dari suatu produk yang dibuang dengan bebas.

Meningkatnya perhatian yang diberikan pada area studi rantai pasok balik tidak terlepas dari semakin jelas bagi perusahaan bahwa produk balik merupakan salah satu cara untuk memperoleh peningkatan keuntungan jika produk balik ini dikelola dengan baik. Rantai pasok balik merupakan rantai pasok yang menangani arus balik produk dari pengguna. Penggunaan rantai pasok balik meningkat pesat di banyak industri seperti *automobile*, elektronik, penerbit buku, katalog retail dan lainnya (Govindan, Soleimani, & Kannan, 2015). Tingginya tingkat pengembalian di industri juga salah satu yang menjadi pendorong meningkatnya studi tentang rantai pasok balik (Butar Butar & Sanders, 2016). Tingkat pengembalian cukup tinggi pada industri seperti pakaian, *internet retails* dan *computer manufacture* (Stock, Speh, & Shear, 2002). Berbeda dari rantai pasok (maju), strategi untuk rantai pasok balik cenderung kurang digali dan kurang berkembang (Govindan *et al.*, 2015).

Tetapi, produk balik dan sistem rantai pasok balik memberikan kesempatan untuk mendapat keuntungan yang lebih. Oleh karena itu, rantai pasok balik sudah seharusnya di atur sebagai proses bisnis yang dapat menciptakan keuntungan untuk perusahaan. Rantai pasok balik merupakan area yang masih belum tereksplorasi. Terlebih lagi bagaimana optimasi rantai pasok balik dapat dilakukan sebagai panduan manager perusahaan dalam melihat sistem rantai pasok balik di perusahaan. Tulisan ini akan menitikberatkan pada optimasi rantai pasok balik pada perusahaan daur ulang. Tulisan ini akan menjelaskan:

1. Model aliran produk balik pada perusahaan daur ulang XYZ
2. Model matematik dan penggunaan biaya sebagai matrik kinerja.

Tulisan ini akan diakhiri dengan pembahasan area yang dimungkinkan untuk diperbaiki sebagai bagian dari optimasi rantai pasok balik pada perusahaan yang bergerak pada industri daur ulang.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### *Rantai Pasok Balik*

Rantai pasok balik merupakan serangkaian aktivitas yang dibutuhkan untuk mengembalikan produk akhir atau produk yang sudah tidak digunakan entah itu dibuang, digunakan kembali atau dijual kembali (Guide, Harrison, & Van Wassenhove, 2003).

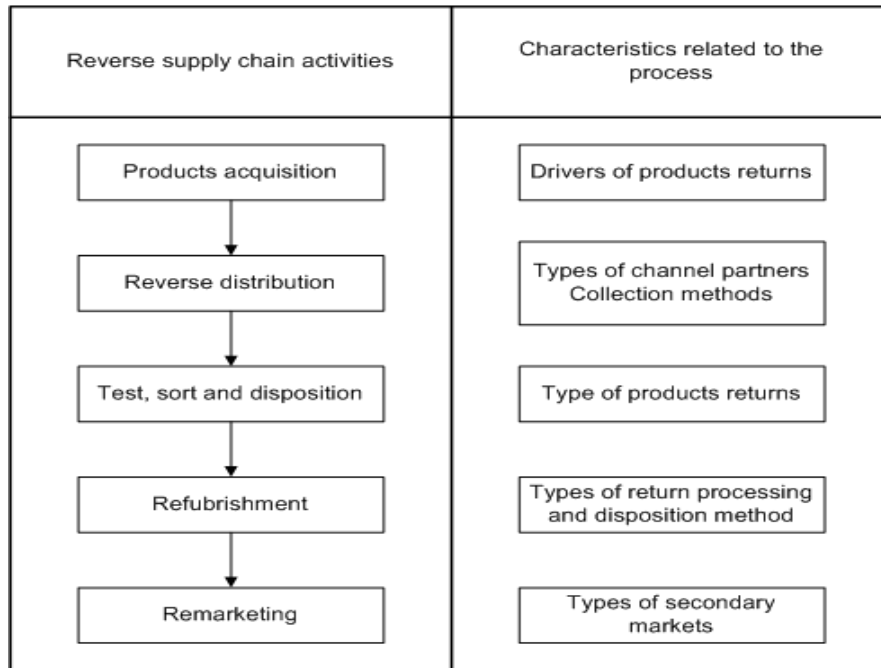
Suatu perusahaan memiliki pilihan untuk membuka atau menutup rantai pasok balik. Jika sistem dibuka, artinya produk dalam rantai pasok balik akan menuju tujuan yang berbeda-beda dari rantai pasok awal. Jika ditutup, artinya produk akan menuju dan terhubung pada rantai pasok awal dan menciptakan rantai tertutup (Blumberg, 2004). Guide and Wassenhove (Van Wassenhove & Guide, 2003) menyatakan bahwa perusahaan dapat berhasil mengatur rantai pasok balik mereka jika, rantai pasok balik dan rantai pasok (maju) dikoordinasi dan diciptakan sistem tertutup.

Untuk membuat struktur rantai pasok balik yang baik , Guide and van Wassenhove (Guide Jr, 2002) mengatakan bahwa yang paling baik adalah membagi rantai menjadi lima kunci dan baru kemudian di analisa. Untuk memahami keseluruhan konsep rantai pasok, beberapa kriteria diilustrasikan pada gambar 1. Pengembalian produk dari konsumen atau pengguna biasanya dikarenakan beberapa hal (Butar Butar & Sanders, 2016). Beberapa klasifikasi kategori produk yang dikembalikan oleh beberapa penulis dapat dilihat pada gambar 2.

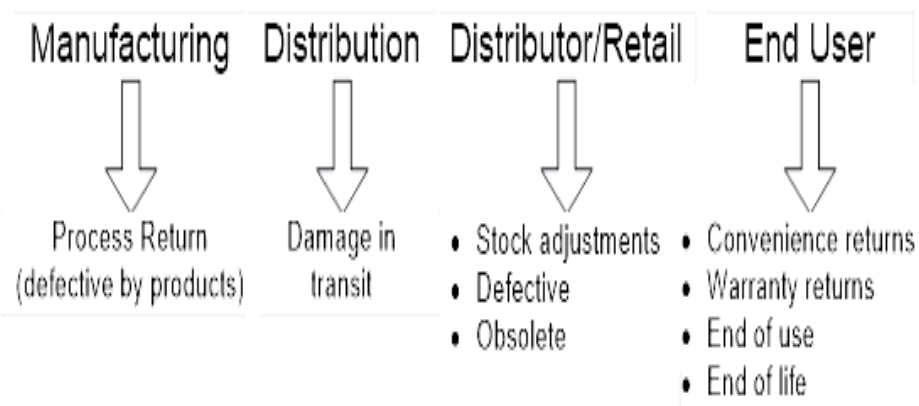
Salah satu faktor dalam mencapai kinerja rantai pasok balik yang efektif adalah adanya penjadwalan, transportasi dan jaringan yang efisien (Moore, 2005). Fleischmann et al (Fleischmann et al., 1997) menggambarkan model jaringan untuk perbaikan , beberapa fasilitas yang terkait: disassembly center; perusahaan untuk produksi ulang; dan gudang distribusi untuk menyimpan produk yang belum diproses dan yang dikembalikan untuk diproses.

Pada rantai pasok balik, ada beberapa tambahan proses jika dibandingkan dengan rantai pasok (maju). Proses itu tergantung dari kondisi (kualitas) dari

produk kembali. Berdasarkan hal tersebut proses yang cocok dipilih dan pilihan penggunaan kembali dilakukan (Rahimifard, Newman, & Rahimifard, 2004).



Gambar 1. Kriteria rantai pasok balik



Gambar 2. Tipe-Tipe Produk Kembali pada Setiap Tantai Pasok (Butar Butar & Sanders, 2016)

### Proses Daur Ulang

Penanganan produk kembali dalam rantai pasok balik merupakan proses yang kompleks dan menantang. Hal ini dikarenakan produk kembali memiliki karakteristik yang berbeda-beda, seperti kondisi fisik, jenis produk, dan nilai ekonomi. Selain itu, proses penanganan produk kembali juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti kebijakan pengembalian, ketersediaan infrastruktur, dan regulasi. 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 (Butar Butar, Sanders, & Frei, 2016).

Proses pengumpulan merupakan proses mengumpulkan produk kembali dari konsumen atau pengecer. Proses pengumpulan dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti melalui layanan pengembalian gratis, drop-off point, atau pengiriman kembali. Selanjutnya proses pengangkutan merupakan proses mengangkut produk kembali dari titik pengumpulan ke titik pengolahan.

Proses *recovery* merupakan proses memisahkan produk kembali berdasarkan kondisi fisik dan nilai ekonominya. Produk kembali yang masih layak digunakan dapat didaur ulang, sedangkan produk kembali yang tidak layak digunakan dapat dibuang. Selanjutnya produk kembali disimpan sebelum diolah atau dibuang. Proses penyimpanan perlu dilakukan dengan memperhatikan kondisi produk kembali agar tidak rusak. Proses pemrosesan merupakan proses mengubah produk kembali menjadi bentuk yang lebih berguna, seperti bahan baku baru atau produk baru. Proses pemrosesan dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti daur ulang, pemulihan, atau pembuangan.

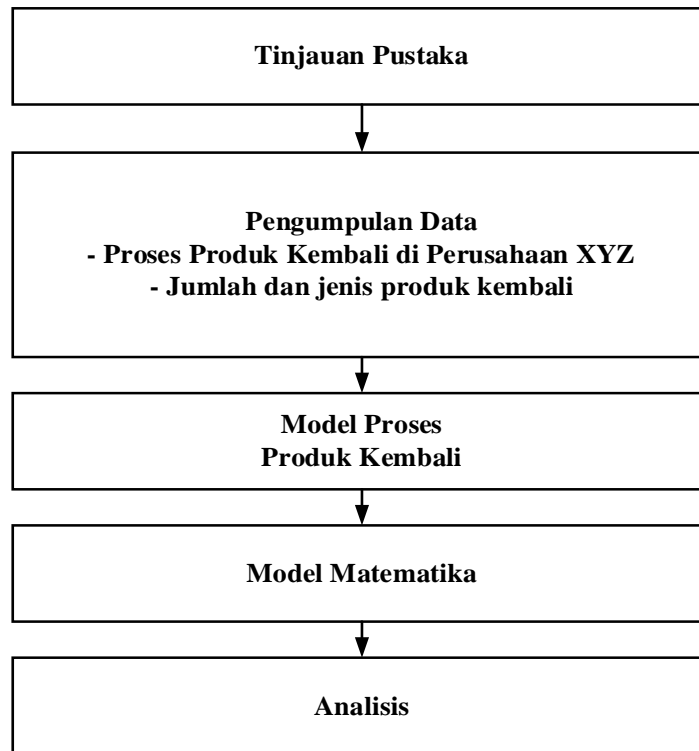
Daur ulang (*recycling*) merupakan salah satu cara penanganan produk kembali yang telah dianggap sebagai operasi berkelanjutan yang menjanjikan dalam manajemen produksi atau dapat dikatakan merupakan proses yang dapat mendatangkan keuntungan bagi perusahaan. Daur ulang produk kembali (terutama untuk 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 (Zhou, He, Ma, Lim, & Pratap, 2022). Pada proses daur ulang 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 daur ulang ini.

## METODOLOGI

Kerangka penelitian dibuat, dan ditunjukkan pada Gambar 3. Langkah pertama adalah memahami rantai pasok balik dan proses daur ulang dengan menyelesaikan tinjauan pustaka. Tinjauan pustaka disimpulkan untuk mempelajari penelitian sebelumnya dan mendapatkan lebih banyak pengetahuan di bidang ini. Sebuah usaha kecil menengah yang memiliki kegiatan rantai pasok dipelajari. Studi kasus dilakukan pada perusahaan XYZ yang bergerak di bidang daur ulang di Depok, Indonesia. Perusahaan XYZ menawarkan toko-toko untuk membeli produk rusak ataupun tidak terjual dari toko-toko maupun supermarket sekitar dengan harga rendah. Selanjutnya produk-produk kembali akan dikelompokkan dan dilakukan proses daur ulang. Hal ini dilakukan Perusahaan XYZ untuk mencari keuntungan dari proses daur ulang ini.

Setelah seluruh data terkumpul, maka akan dibuat model umum proses dari produk kembali pada perusahaan XYZ. Selanjutnya model matematika akan dibuat berdasarkan model umum yang ada. Model matematika akan

menghitung seluruh biaya yang terlibat dalam rantai pasok balik. Pengukuran kinerja akan menggunakan model matematika dengan tujuan minimasi biaya.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

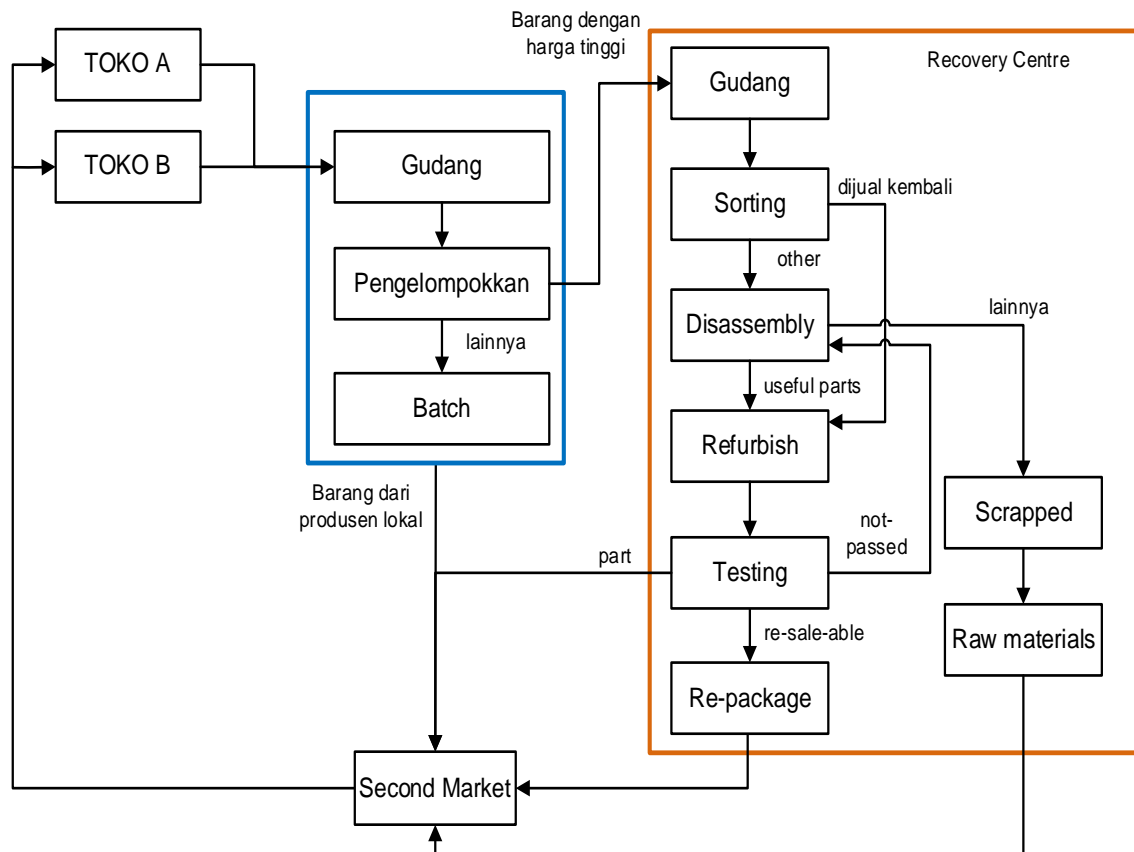
## HASIL PENELITIAN

### *Aliran Produk Kembali pada Perusahaan XYZ*

Perusahaan XYZ bergerak pada industri daur ulang dan mengkhususkan pada daur ulang produk yang tidak terjual dari toko-toko dan supermarket sekitar Depok, Indonesia. Tulisan ini membahas proses daur ulang produk yang dikembalikan. Perusahaan ini tidak memiliki proses manufaktur. Di perusahaan ini, produk yang dikembalikan dikelompokkan berdasarkan dua faktor: asal pemasok dan nilai produk. Asal pemasok: Produk dikelompokkan berdasarkan dari mana mereka berasal, seperti pemasok lokal atau regional dan nasional. Nilai produk: Produk dibagi berdasarkan harganya, misalnya produk bernilai tinggi, sedang, atau rendah.

Produk yang kembali berasal dari toko-toko atau supermarket disekitar Perusahaan XYZ. Produk yang diterima Perusahaan XYZ sebanyak 80% merupakan alat-alat rumah tangga dan 20% lainnya merupakan mainan anak yang sudah tidak terjual atau tidak 'trend'. Produk kembali biasanya diterima di gudang pengumpulan barang. Barang kembali akan dikelompokkan menjadi barang lokal yang biasanya bernilai rendah dengan barang bernilai tinggi. Barang bernilai tinggi ini dapat berasal dari pemasok lokal dan nasional. Seluruh barang dari pemasok lokal yang bernilai rendah akan dikirim secara bertahap ke partai ketiga. Hal ini dilakukan karena barang biasanya tidak menguntungkan untuk didaur ulang.

Sedangkan barang kembali dengan nilai tinggi akan dikirim ke pusat daur ulang. Pada pusat daur ulang ini barang kembali yang dapat dijual kembali akan dijual setelah melalui tahapan daur ulang. Tahapan daur ulang terdiri dari pengelompokkan, pembongkaran, perbaikan, pengecekan dan pengemasan ulang. Tahapan ini akan membuat barang tersebut masih bisa dijual sebagai barang bekas dengan kondisi seperti baru di pasaran.



Gambar 4. Diagram Alir Barang Kembali pada Perusahaan XYZ

Produk kembali dengan harga tinggi yang ditempatkan pada gudang (*warehouse*) stasiun daur ulang yang terdapat pada perusahaan XYZ akan mulai mengalami proses daur ulang. Barang yang dapat dijual kembali akan diperbaiki dan dicek sebelum dijual kembali. Sedangkan barang lainnya akan melalui proses pembongkaran (*disassembly*). Barang yang tidak dapat diperbaiki atau sudah sampai akhir masa produknya akan diambil material yang bermanfaat dan dijual kembali. Pada proses pembongkaran, terdapat beberapa tahapan seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Tahapan pembongkaran akan bergantung pada produk kembali yang dibongkar. Dari proses pembongkaran ini diperoleh komponen-komponen pembentuk produk. Komponen-komponen yang diperoleh akan melalui tahapan pengetesan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah komponen masih dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Komponen yang masih dapat berfungsi dengan baik akan di *packing* ulang untuk dijual kembali sebagai produk *refurbish* atau dikirimkan ke manufaktur sebagai material produksi. Manufaktur disini juga termasuk pusat-pusat perbaikan elektronik. Komponen yang tidak lulus proses pengujian akan melalui proses

penghancuran (*scrapped*), dimana proses ini dilakukan untuk mendapatkan material yang dapat digunakan atau dijual kembali.

Setelah melihat detail proses yang ada maka model proses produk kembali akan dibuat berdasarkan proses yang sudah diteliti. Gambar 4 memberikan gambaran proses aliran barang kembali pada Perusahaan XYZ. Selanjutnya berdasarkan model proses produk kembali akan dibuat model matematikanya. Model matematika ini diharapkan dapat digunakan oleh perusahaan untuk mengevaluasi proses rantai pasok balik yang terjadi di perusahaan tersebut.

*Model Matematika*

Berdasarkan model aliran barang kembali pada Perusahaan XYZ akan dilakukan identifikasi biaya-biaya yang timbul dari proses tersebut. Kinerja perusahaan diwakilkan oleh bagaimana perusahaan dapat mengoptimalkan biaya yang digunakan. Dimana tujuan perusahaan adalah meminimasi biaya rantai pasok balik secara keseluruhan. Model matematika dibuat berdasarkan perusahaan yang dipelajari. Model matematika ini dapat digunakan untuk meminimasi biaya secara keseluruhan. Model matematika merupakan keseluruhan biaya yang dibutuhkan dalam proses. Model matematika untuk proses produk kembali pada Perusahaan XYZ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total cost at company XYZ} &= \text{Total biaya pada tempat pengumpulan} \\ &+ \text{Total biaya pada pusat daur ulang} \end{aligned}$$

*Total cost at company D*

$$\begin{aligned} &= \sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RP_{zit} H1_{zit} + \sum_{z=1}^Z \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RP_{zit} BC1_{zit} \\ &+ \sum_{z=1}^Z \sum_{o=1}^O \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RPL_{cit} T1_{cit} + \sum_{z=1}^Z \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RPN_{crit} T2_{crit} \\ &+ \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RPN_{rit} H2_{rit} + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RPN_{rit} BC2_{rit} \\ &+ \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RR_{rit} RC1_{rit} \\ &+ \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RD_{rit} DC_{rit} + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RUP_{rit} RC2_{rit} + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RS_{rit} SC_{rit} \\ &+ \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RR_{rit} TC1_{rit} + \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RUP_{rit} TC2_{rit} \\ &+ \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T RR_{rit} KC_{rit} \\ &+ \sum_{r=1}^R \sum_{o=1}^O \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (RR + RUP + RW)_{roit} T3_{roit} \dots (1) \end{aligned}$$

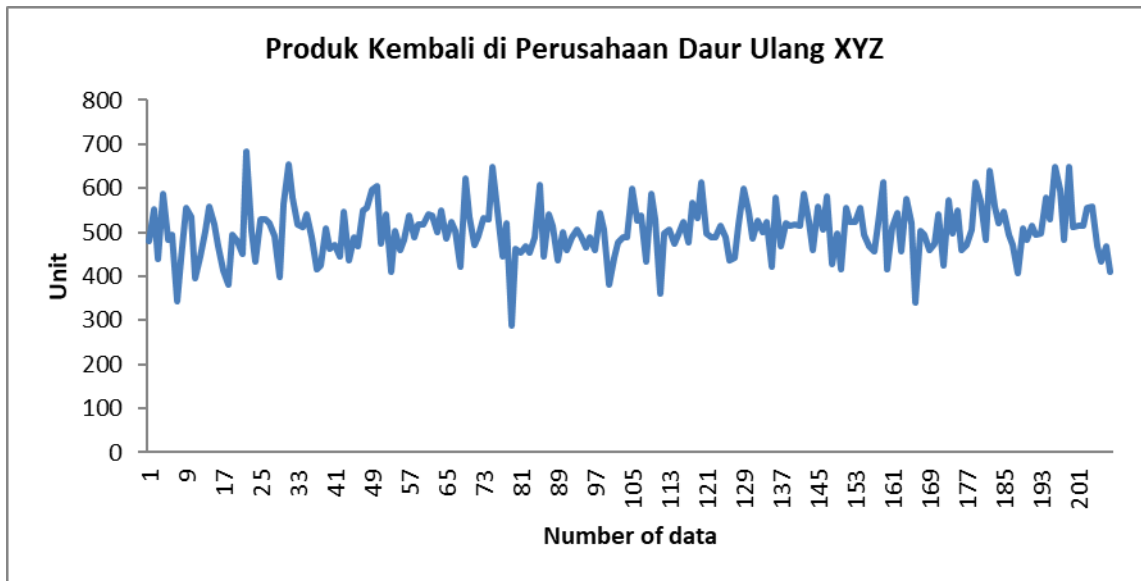
Dimana;

Z = Jumlah titik pengumpulan; O = Jumlah dari *second markets*; I = Jumlah tipe barang kembali; T = Jumlah periode waktu; BC1 = Biaya penggelompokkan pada lokasi pengumpulan; T1 = biaya transportasi dari tempat pengumpulan ke *second market*; RP= Jumlah barang kembali; RPL= Jumlah barang dari pemasok lokal; RPN= Jumlah barang dari pemasok nasional; H1= Biaya penyimpana pada lokasi pengumpulan; T1= Biaya transportasi ke *second markets*; T2 = Biaya transportasi ke pusat daur ulang; H2= Biaya penyimpana pada pusat daur ulang; BC2 = Biaya penggelompokkan pada pusat daur ulang; RR= Jumlah unit yang dapat dijual; RD= Jumlah unit yang dibongkar; RUP= Jumlah unit komponen yang dapat digunakan kembali; RS= Jumlah unit komponen yang tidak dapat digunakan kembali; RW= Jumlah bahan baku; DC= biaya pembongkaran; RC1= biaya perbaikan untuk unit; RC2= biaya perbaikan untuk komponen; SC = Biaya *scrapping*; TC1= biaya pengujian unit; TC2= biaya pengujian komponen; KC = biaya pengemasan ulang; T3= biaya transportasi dari pusat daur ulang ke *second market*.

Pada Gambar 5 diberikan gambaran bagaimana produk kembali diterima oleh Perusahaan XYZ. Barang kembali dapat berupa barang dari produsen lokal maupun nasional. Jumlah unit barang kembali yang diterima berbeda dari waktu ke waktu. Pergerakan jumlah unit barang kembali dapat dilihat pada Gambar 6.

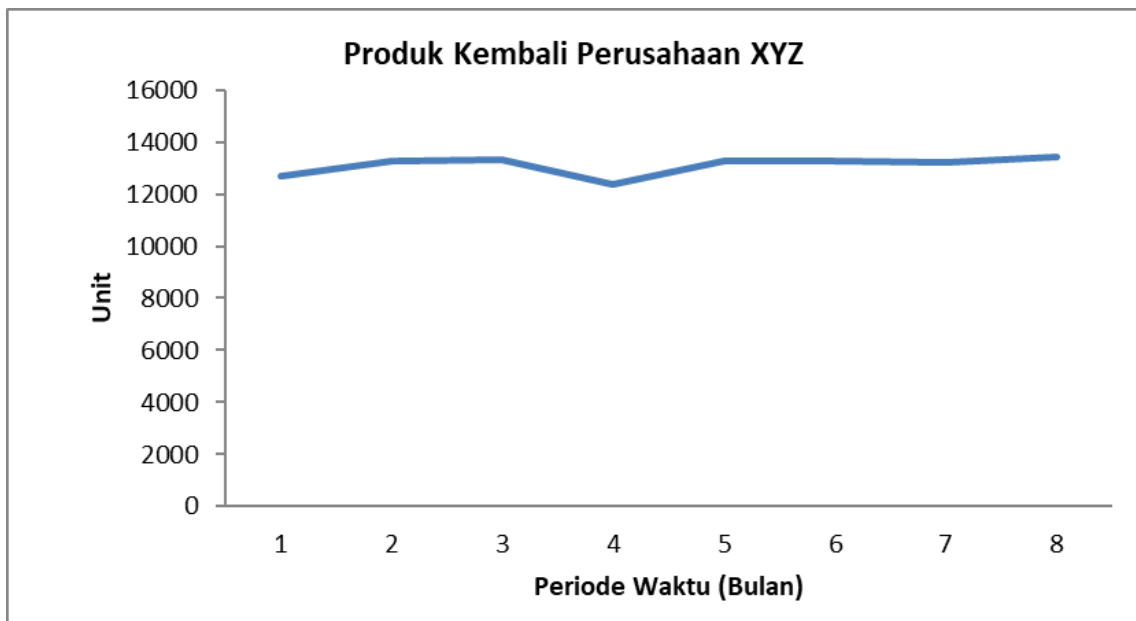
Period	Unit Returned	Sorting		Transportation to second market			Transportation to Collecting point		
		Cost	Total Cost	Unit	Cost	Total Cost	unit	cost	total cost
0	0	2	0	0	1.5	0	0	2.5	0
1	481	2	962	48	1.5	72	433	2.5	1082
2	552	2	1104	55	1.5	83	497	2.5	1242
3	440	2	880	44	1.5	66	396	2.5	990
4	587	2	1174	59	1.5	88	528	2.5	1321
5	484	2	967	48	1.5	73	435	2.5	1088
6	494	2	989	49	1.5	74	445	2.5	1113

Gambar 5. Data barang Kembali pada Perusahaan XYZ

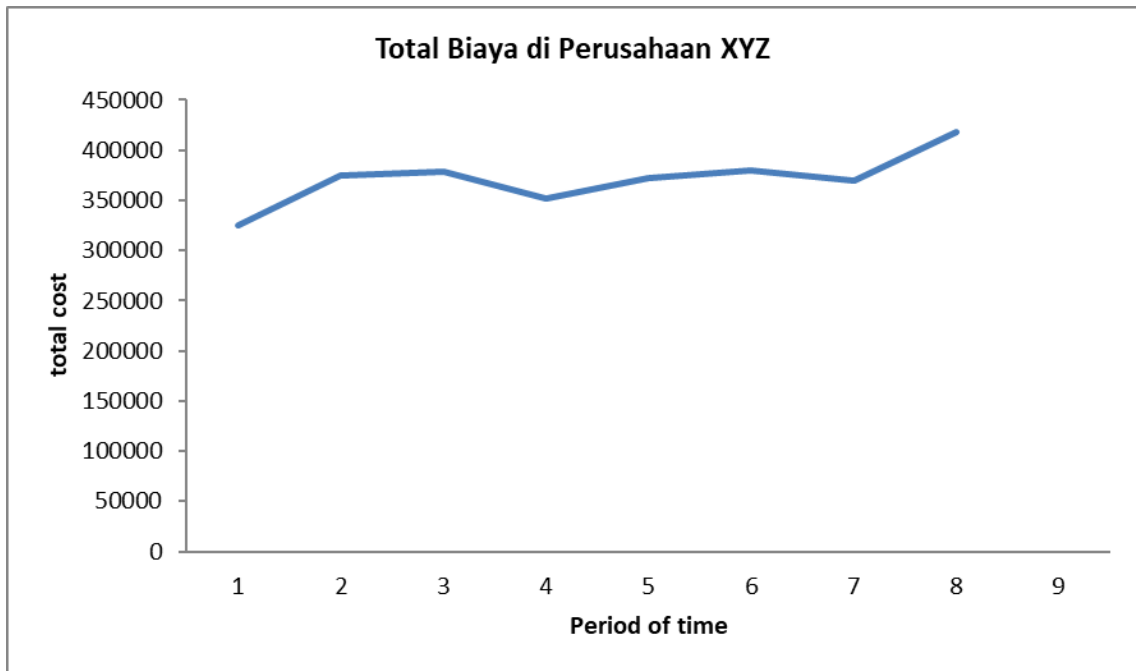


Gambar 6. Fluktuasi Barang Kembali pada Perusahaan XYZ

Dari data diatas untuk memudahkan perbandingan barang kembali dan biaya maka dilakukan penggelompokkan untuk periode waktu dengan horizon yang lebih panjang. Gambar 7 memperlihatkan barang kembali pada periode waktu dengan horizon bulan. Selanjutnya model matematika yang sudah dibuat digunakan untuk menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan pada proses barang kembali di Perusahaan XYZ. Total biaya per bulan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Jumlah Unit Barang Kembali pada Perusahaan XYZ per bulan

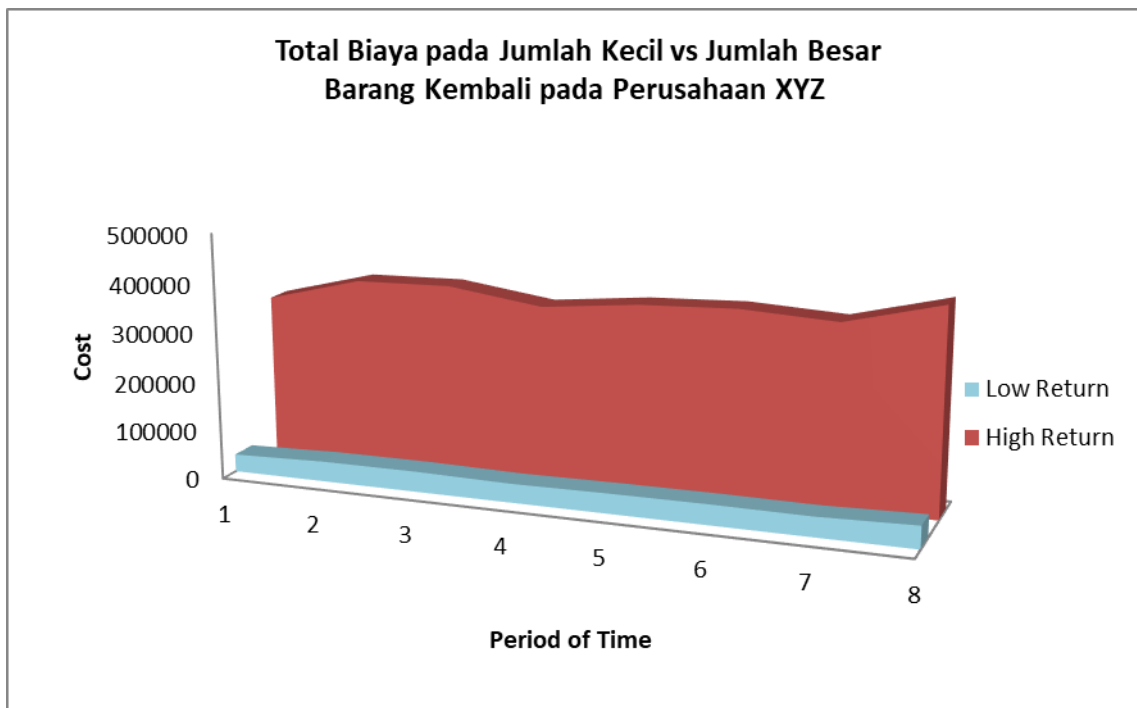


Gambar 8. Total Biaya pada Perusahaan XYZ per bulan

Dapat dilihat bahwa biaya cenderung mengikuti jumlah unit produk kembali. Jika produk kembali naik maka biaya cenderung naik, begitupun jika jumlah produk kembali turun maka biaya akan cenderung turun. Akan tetapi pada bulan ke 8 walaupun peningkatan jumlah barang kembali tidak banyak, biaya proses barang kembali cukup meningkat.

## PEMBAHASAN

Perusahaan XYZ sebagai perusahaan yang bergerak pada industri daur ulang tentu menginginkan jumlah unit barang kembali yang diterima tinggi sehingga diharapkan keuntungan yang diperoleh oleh perusahaan juga tinggi. Untuk melihat bagaimana perbedaan total biaya jika jumlah barang kembali tinggi dan rendah dapat dilihat pada Gambar 9. Total biaya akan menyesuaikan dengan jumlah unit barang kembali. Peningkatan jumlah barang kembali akan meningkatkan biaya dan sebaliknya penurunan jumlah barang kembali akan menurunkan biaya. Hal ini dapat terjadi dikarenakan harga jual dan keuntungan untuk produk, komponen, dan bahan baku yang dapat dijual kembali tidak termasuk dalam perhitungan.



Gambar 9. Total Biaya dengan Jumlah Unit Kembali Tinggi dan Rendah

Model ini juga tidak memiliki data permintaan untuk produk yang dapat dijual kembali. Dalam model ini, persentase unit yang dapat dijual kembali dapat digunakan sebagai indikator kinerja yang penting. Dalam artian jika Perusahaan XYZ mengetahui permintaan dari barang maupun bahan baku yang sedang diminati maka dapat ditambahkan unit tersebut untuk dilakukan proses daur ulang.

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Perusahaan XYZ yang bergerak pada bidang daur ulang telah menerapkan rantai pasok kembali pada proses barang kembali. Pada Perusahaan XYZ terdapat 2 lokasi untuk proses daur ulang yang pertama adalah tempat pengumpulan. Tempat pengumpulan akan menerima barang kembali dan dikelompokkan menjadi barang dari produsen lokal (barang bernilai rendah) dan barang dari produsen nasional (barang bernilai tinggi). Selanjutnya barang dari produsen lokal akan dikirim ke penampung (*second markets*) dan barang dari produsen nasional dikirim ke pusat daur ulang. Lokasi kedua yaitu pusat daur ulang. Dimana seluruh proses daur ulang barang kembali dilakukan di lokasi ini.

Pusat daur ulang akan memproses dengan memisahkan barang yang dapat dijual kembali sebagai barang *second* dan barang yang tidak dapat dijual kembali. Barang yang tidak dapat dijual kembali akan dilakukan pembongkaran untuk mendapatkan komponen yang dapat dijual kembali. Komponen yang tidak dapat dijual kembali akan dihancurkan untuk mendapatkan bahan baku yang masih dapat digunakan pada proses produksi produk lain. Hal ini dapat berdampak berkurangnya sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir.

Model barang kembali dan model matematika untuk barang kembali pada Perusahaan XYZ dapat diperbaiki dengan meningkatkan kualitas data primer. Hal ini bisa berarti mengumpulkan data yang lebih akurat dan relevan, memastikan data bersih dan konsisten, atau memperluas cakupan data yang dikumpulkan. Selain itu dapat dicantumkan harga jual baik barang, komponen maupun bahan baku agar dapat membantu memahami margin keuntungan secara lebih realistis dan mengidentifikasi potensi peningkatan profitabilitas. Diperlukan juga investigasi lebih spesifik untuk mengidentifikasi bagian proses yang paling mempengaruhi total biaya. Analisis mendalam dan terperinci dapat membantu menemukan area perbaikan.

Diharapkan untuk selanjutnya penerapan model matematika proses produk kembali pada Perusahaan XYZ dapat diperbaiki dan digunakan. Sehingga dapat dilihat bagaimana implementasi model yang sudah dibuat untuk meminimalkan biaya daur ulang dan meningkatkan keuntungan perusahaan.

## PENELITIAN LANJUTAN

Kedepannya diharapkan dapat menambah data harga dari penjualan produk yang telah mengalami proses daur ulang. Hal ini diperlukan agar dapat lebih meyakinkan banyak usaha lain bahwa produk atau barang yang kembali dapat menjadi salah satu cara menambah keuntungan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Blumberg, D. F. (2004). Introduction to management of reverse logistics and closed loop supply chain processes: CRC press.
- Butar Butar, M., & Sanders, D. (2016). Measuring performance in reverse supply chain. University of Portsmouth,
- Butar Butar, M., Sanders, D., & Frei, R. (2016). Measuring performance of reverse supply chains in a carpet manufacturer. *Journal of Advanced Management Science*, 4(2), 152-158.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: a review. *European journal of operational research*, 103(1), 1-17.
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603-626.
- Guide Jr, V. D. R. a. L. N. v. W. (2002). The reverse supply chain. *Harvard business review*, 25-26.
- Guide, V. D. R., Harrison, T. P., & Van Wassenhove, L. N. (2003). The challenge of closed-loop supply chains. *Interfaces*, 33(6), 3-6.
- Moore, R. (2005). Reverse Logistics—the least used differentiator. *A UPS Supply Chain Solutions White Paper*, Alpharetta.
- Rahimifard, A., Newman, S., & Rahimifard, S. (2004). A web-based information system to support end-of-life product recovery. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 218(9), 1047-1057.
- Stock, J., Speh, T., & Shear, H. (2002). Many happy (product) returns. *Harvard business review*, 80(7), 16-17.
- Van Wassenhove, L. N., & Guide, V. (2003). *Closed-loop supply chains: Pittsburgh*.

Zhou, F., He, Y., Ma, P., Lim, M. K., & Pratap, S. (2022). Capacitated disassembly scheduling with random demand and operation time. *Journal of the Operational Research Society*, 73(6), 1362-1378. doi:10.1080/01605682.2021.1911603