

# Pengembangan Sistem Operasional *Downstream Logistics* dengan Modifikasi P1R2

Paulina K. Ariningsih, Ignatius A. Sandy, Imanuele C. D. Adventia

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan – Bandung  
E-mail [paulina.ariningsih@unpar.ac.id](mailto:paulina.ariningsih@unpar.ac.id), [sandy@unpar.ac.id](mailto:sandy@unpar.ac.id),  
[imanueleclaudya93@gmail.com](mailto:imanueleclaudya93@gmail.com)

Received 1 July 2016; Accepted 3 October 2016

---

## Abstract.

*Inaccuracy implementation of downstream logistics (DL, distribution) may decrease product quality. Quality decreament may happen due to product damage during distribution process, either during loading-on and loading-off process, or during transportation process. Rejection product by the consumer due to quality mismatch may cause losses and non-valued added logistics activities. Integrated sistem approach for DL is proposed to minimize product damage during DL without compromising service level (SL) on the consumer. This paper describes the steps to improve DL's operational activities using management approach and modification of P1R2 algorithm (Packing First Routing Second). The final result and managerial implications of the process is formed in proposed Work Instruction (IK). The implementation of this improvement process is described using plastic furniture distribution study case of PT. X. As a result, 3 IK are produced. In addition, it is shown that proposed method can minimize non-value added logistics activities and reduce cost.*

**Keyword:** *Downstream Logistics, System Thinking, Work Instruction, Packing First Routing Second*

---

## 1. PENDAHULUAN

Ketatnya persaingan antar perusahaan menuntut perusahaan untuk semakin meningkatkan keunggulannya agar dapat bertahan di era globalisasi ini. Salah satu faktor yang berperan dalam peningkatan keunggulan perusahaan adalah *supply chain* atau rantai pasok atau logistik (Supply Chain Council, 2010).

Heizer dan Render (2014) menggambarkan *supply chain management* (SCM) sebagai koordinasi dari keseluruhan kegiatan rantai pasokan, dimulai dari bahan baku dan diakhiri dengan pelanggan yang puas. Tujuan dari SCM adalah untuk mengoordinasi kegiatan dalam rantai pasokan untuk memaksimalkan keunggulan kompetitif dan manfaat dari *supply chain* bagi konsumen akhir, sehingga diperlukan rekonsiliasi antara kebutuhan pelanggan akhir dengan kemampuan sumber daya yang ada pada jaringan rantai pasok (Siahaya, 2013).

Strategi SCM sangat penting untuk menciptakan daya saing dan memenangkan

persaingan, maka rantai pasok harus bisa menyediakan produk yang berkualitas, harga yang kompetitif, tepat waktu dan bervariasi. Strategi SCM dapat dicapai dengan baik apabila perusahaan memiliki kemampuan beroperasi secara efisien, berkualitas, cepat, fleksibel, dan inovatif (Khajavi, Hosseini, dan Makui, 2011). Suatu sistem SCM memiliki tujuan yang saling bertentangan seperti *cost, service level, resource utilization, responsiveness*, dan lain-lain.

Kesalahan dalam penentuan tujuan dapat mengakibatkan ketidakoptimalan nilai tambah yang seharusnya diberikan oleh SCM termasuk aktivitas antara manufaktur dan konsumen (*Downstream Logistics*, DL). Umumnya, kesalahan dalam proses pengiriman barang dari manufaktur kepada konsumen (*Forward Logistics*, FL) tersebut mengakibatkan adanya proses pengiriman kembali produk kepada manufaktur (*Reverse Logistics*, RL) untuk diperbaiki. Kemudian, produk yang telah diperbaiki akan dikirimkan ulang ke *retailer*. Dengan kata lain, terjadi dua kali aktivitas distribusi untuk produk yang mengalami cacat akibat

distribusi. Selain itu, produk yang cacat akan merugikan secara bisnis karena memunculkan biaya perbaikan (servis), memunculkan *backlog* dan menurunkan tingkat kepuasan konsumen.

Manajemen memiliki empat fungsi penting yaitu *planning* (perencanaan), *organizing* (pengorganisasian), *actuating* (pelaksanaan), dan *controlling* (pengontrolan) atau yang disingkat POAC (Terry, 1977). Pada praktek DL umumnya, tahap *planning* merupakan penentuan rute kendaraan dan pengiriman, sementara penentuan kendaraan (dengan sumberdaya terkait) merupakan pengorganisasian, dan aktivitas bongkar muat merupakan pelaksanaan. Hal ini menyebabkan sulitnya pengontrolan terhadap aktivitas operasional bongkar muat.

Secara umum, penelitian ini menawarkan pendekatan sistem manajemen untuk menyelesaikan permasalahan pada SCM dengan modifikasi algoritma P1R2 (*Packing First Routing Second*) sesuai dengan yang disarankan oleh Bortfeld dan Homberger (2013). P1R2 merupakan modifikasi dari VRP (*Vehicle Routing Problem*) yang membawa aktivitas bongkar muat dalam perancangan atau yang dikenal dengan VRLP (*Vehicle Routing Loading Problem*).

Output yang dihasilkan pada penelitian ini adalah perbaikan aktivitas operasional berupa usulan Instruksi Kerja (IK), dan estimasi penghematan biaya distribusi pada implementasinya di perusahaan mebel. Sehingga proses operasional SCM dapat berlangsung dengan baik dan dapat menjadi acuan untuk perbaikan pelaksanaan operasional SCM pada industri.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu: studi literatur, rekayasa algoritma, pengujian algoritma serta analisis dan penentuan implikasi manajerial.

Studi literatur dilakukan pada topik logistik dan algoritma untuk mendapatkan referensi yang tepat dan valid dalam melaksanakan riset. Sementara rekayasa algoritma akan dilakukan untuk menyesuaikan algoritma agar lebih mudah untuk diterapkan pada skala industri menengah.

Penelitian ini dibatasi pada pembangunan solusi permasalahan dan tidak melakukan perbandingan performansi algoritma yang dibangun dengan algoritma acuan. Hal ini dilakukan untuk mempersempit ruang lingkup. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji performansi algoritma.

Implementasi algoritma tersebut akan dilaksanakan pada data contoh dari pabrik mebel plastik. Mebel plastik dipilih karena memiliki ukuran produk yang bervariasi, dan cukup

sederhana karena tidak berdasarkan berat. Sebagai implikasi manajerial, dibuat usulan IK untuk memberikan penjelasan detail pada aktivitas proses bongkar muat.

## 3. HASIL & PEMBAHASAN

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, pengembangan sistem operasional ini diimplementasikan pada sistem distribusi PT. X yang merupakan perusahaan mebel skala nasional yang melakukan proses distribusi secara mandiri, menggunakan sumber daya milik perusahaan. Tipe perusahaan tersebut dipilih karena adanya proses FL dan RL, memiliki jenis produk dengan beragam ukuran serta melakukan pengiriman dengan *caramilkrun* atau pengiriman ke beberapa titik dalam sebuah rute. Tipe distribusi perusahaan ini tidak terlalu kompleks sehingga cukup baik untuk dijadikan *pilot project* implementasi algoritma.

PT. X memiliki pabrik berlokasi di Tasikmalaya. Pabrik tersebut melayani 230 *retailer* yang berlokasi di sekitar Tasik, Garut, Ciamis, Banjar, Pangandaran, dan Majenang. PT. X memproduksi mebel dengan berbagai bahan meliputi: kayu partikel, kayu keras, busa, dan plastik. Produk PT. X memiliki bentuk dan ukuran *packaging* yang bervariasi. Pendistribusian mebel plastik PT. X dilakukan dengan dua jenis kendaraan utama yaitu *colt diesel* 6 ban (CD6) dan *colt diesel* 4 ban (CD4).

Dari hasil wawancara terhadap manajer logistik PT. X, terdapat rerata 10-15% produk berbahan plastik yang dikirimkan kepada distributor mengalami kerusakan atau cacat akibat kesalahan dalam melakukan distribusi ke konsumen (*Forward Logistics*, FL) yaitu produk retak atau pecah. Data pada bulan September 2015, didapatkan 247 produk yang mengalami kerusakan, dan 397 produk yang selesai diperbaiki. Kerugian akibat kerusakan produk tersebut mencapai rerata Rp 93.565,- per komponen. Total kerugian pada PT. X bulan tersebut mencapai Rp 46.431.632,-

### 3.1.1 Pengembangan Algoritma P1R2

Hasil dari pengembangan algoritma adalah: *assignment & routing - stuffing*. Pada tahap penugasan (*assignment*) akan terbentuk matrix kendaraan dengan daftar order yang akan diangkut kendaraan tertentu dengan fungsi tujuan meminimasi volume yang tersisa. Sementara pada penentuan rute (*routing*), akan ditentukan rute kendaraan dengan tujuan meminimasi jarak. Input dari *routing* akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan *stuffing* atau penyusunan produk.

Pengembangan ini sedikit berbeda dengan metode P1R2 yang telah disarankan oleh Bortfeldt dan Homberger (2013), meskipun P1R2 dan algoritma yang diusulkan sama-sama memisahkan

penyelesaian *stuffing*.P1R2 yang menitikberatkan pada fungsi *routing*-nya, dimana sebelum *routing* telah dibuat susunan produknya (*packing* dan *stuffing*).Produk pesanan sebuah retailer akan disusun menjadi satu volume besar.

Pengembangan yang diusulkan dalam makalah ini ini menitikberatkan pada utilisasi dari kapasitas kendaraan. Hal ini dikarenakan, P1R2 kurang cocok diterapkan untuk algoritma dengan utilisasi kapasitas lebih dari 80% (Bortfeld, sementara pada produk ringan, sangatlah penting untuk membuat kapasitas se penuh mungkin.Selain itu, dengan pendekatan ini, produk pesanan satu retailer tidak diasumsikan sebagai satu packing besar, namun dapat dipecah sesuai kondisi kemasan dan sesuai pada kondisi nyata.

Semua kendaraan yang dimiliki oleh PT X berjenis mobil bak terbuka.Penelitian ini menggunakan dimensi bak tertutup untuk menentukan kapasitas (volume) kendaraan karena beberapa pertimbangan.Pertama, tinggi muatan yang berlebihan membuat kendaraan tidak stabil.Jalur distribusi kendaraan melewati perbukitan sehingga ketidakstabilan muatan dapat menyebabkan tergulingnya kendaraan.Kedua, beberapa jalan memiliki batasan ketinggian yang menyebabkan terbatasnya tinggi kendaraan untuk bisa melewatinya.Selain itu, sesuai dengan PP no 55 tahun 2012, kendaraan bak terbuka memiliki batasan tinggi dan volume.

Langkah awalnya, disusun algoritma untuk *assignment&routing*.Model matematis dari penentuan rute kendaraan dimodifikasi dari VRP heuristik pada Rini, Palgunadi, dan Harjito(2015) seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Rini dkk (2015), *unit measurement* untuk pesanan retailer adalah jumlah produk pesanan. Modifikasi dilakukan sehingga *unit measurement* untuk pesanan retailer pada algoritma penentuan rute kendaraan di PT X adalah total volume produk pesanan.

Selain itu, modifikasi dilakukan terhadap kapasitas kendaraan.Pada Rini dkk (2015), kapasitas kendaraan adalah jumlah produk yang dapat ditampung oleh kendaraan.Tetapi, pada algoritma penentuan rute kendaraan di PT X, kapasitas kendaraan adalah volume kendaraan karena bentuk yang berbeda.

Retailer dilambangkan sebagai  $A = \{0,1,2,3,\dots,m\}$ , dan kendaraan yang tersedia di perusahaan sebagai  $n$ .  $X_{i,j}$  menjadi fungsi yang menunjukkan kendaraan  $v_i$  yang melayani retailer  $j$ .  $X_{i,j} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$  dan  $X_{i,j} = 1$  ketika kendaraan  $v$  melayani retailer  $j$  dan sebaliknya akan diset sebagai 0. Posisi awal kendaraan yang berada di gudang dinyatakan sebagai A0. Pernyataan ini akan membuat truk

kembali lagi ke gudang setelah menuju retailer terakhir.

Adapun fungsi matematis dari algoritma yang diperbaharui adalah seperti Pers. 1.

$$z_r = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{i,j} \quad \text{Pers. 1.}$$

Sementara batasannya adalah seperti persamaan 2 sampai persamaan 5.Pers 2 menunjukkan batasan bahwa retailer yang dilayani tidak boleh dilayani lebih dari satu kendaraan.

$$\forall j \sum_{i=1}^n X_{i,j} = 1 \quad \text{Pers. 2}$$

Pers. 3 menunjukkan panjang lintasan maksimum kendaraan.

$$\forall i \sum_{j=1}^m X_{i,j} \leq m \quad \text{Pers. 3}$$

Pers. 4 menunjukkan batasan kapasitas dari kendaraan.

$$\forall i \sum_{j=1}^m d_j X_{i,j} \leq Q_i \quad \text{Pers. 4}$$

Pers 5 menunjukkan apakah sebuah retailer dikunjungi oleh kendaraan tersebut atau tidak.

$$\forall i, j X_{i,j} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad \text{Pers. 5}$$

Dengan :

$z_r$ : jumlah retailer yang dilayani kendaraan

A : retailer, nilai A = 0, ..., m

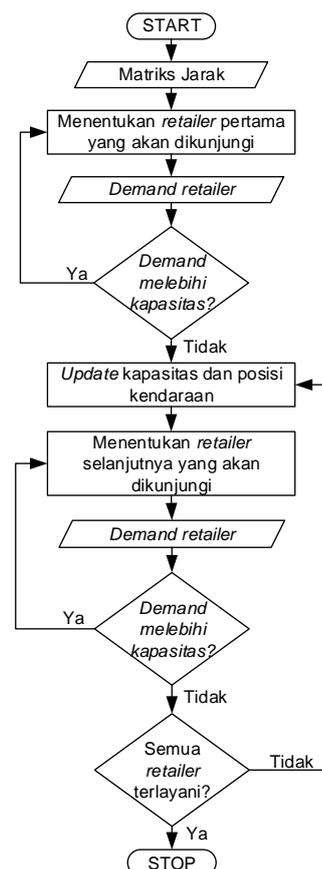
j : retailer tujuan, nilai j = 0, ..., m

n : banyaknya kendaraan, nilai n = 1, ..., n

$v_i$  : kendaraan i

$d_i$ : jumlah volume demand dalam  $mm^3$

$Q_i$ : kapasitas maksimum kendaraan (volume)dalam  $mm^3$



Gambar 1.Flowchart Penentuan Rute Kendaraan

Pada Gambar 1, untuk menentukan retailer pertama yang dikunjungi digunakan jarak terpendek dari retailer yang belum mendapat penugasan pengiriman. Retailer selanjutnya ditentukan berdasarkan jarak terpendek dari retailer yang pendahulu yang memenuhi persyaratan yaitu yang menghasilkan total jarak perjalanan paling minimum dari yang dapat diangkut. Rute sebuah kendaraan merupakan hasil dari urutan retailer yang dilayani oleh kendaraan.

Sebagai contoh, dilakukan perhitungan terhadap data pesanan tanggal 1 September 2015. Terdapat sebelas retailer yang pesannya akan dikirimkan pada tanggal tersebut. Pesanan retailer akan didistribusikan menggunakan dua kendaraan. Tabel 1 merupakan rute kendaraan satu dengan menggunakan kendaraan CD6 berkapasitas 17.400.000.000 mm<sup>3</sup>. Kendaraan ini akan melayani retailer A51-A13-A21-A129-A18-A30-A31-A91. Rute ini akan menghasilkan total jarak tempuh sebesar 280 km.

Tabel 1. Rute Kendaraan 1

| Nama Toko | Total Volume Pesanan (mm <sup>3</sup> ) | Sisa Kapasitas (mm <sup>3</sup> ) |
|-----------|---|-----------------------------------|
| A51       | 3.100.257.000                           | 14.299.743.000                    |
| A13       | 323.466.500                             | 13.976.276.500                    |
| A21       | 2.532.972.789                           | 11.443.303.711                    |
| A129      | 153.648.000                             | 11.289.655.711                    |
| A18       | 556.949.250                             | 10.732.706.461                    |
| A30       | 3.639.250.753                           | 7.093.455.708                     |
| A31       | 3.375.225.000                           | 3.718.230.708                     |
| A91       | 3.300.826.125                           | 417.404.583                       |

Pesanan yang tidak dapat dikirimkan oleh kendaraan satu akan dikirimkan oleh kendaraan dua. Tabel 2 merupakan rute kendaraan dua dengan menggunakan kendaraan CD6 berkapasitas 17.400.000.00 mm<sup>3</sup>. Rute ini akan menghasilkan total jarak tempuh sebesar 344 km.

Tabel 2. Rute Kendaraan 2 Tipe CD6

| Nama Toko | Total Volume Pesanan (mm <sup>3</sup> ) | Sisa Kapasitas (mm <sup>3</sup> ) |
|-----------|---|-----------------------------------|
| A82       | 4.609.440.000                           | 12.790.560.000                    |
| A142      | 4.698.094.250                           | 8.092.465.750                     |
| A98       | 1.294.612.500                           | 6.797.853.250                     |

Kendaraan dua akan lebih baik jika menggunakan jenis CD4 karena sisa kapasitas kendaraan yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan CD6. Tabel 3 menunjukkan bahwa

apabila kendaraan dua menggunakan CD4, sisa kapasitas yang ada sebesar 413.853.250 mm<sup>3</sup>. Namun, jika menggunakan CD6, sisa kapasitas yang ada sebesar 6.797.853.250 mm<sup>3</sup>. Utilisasi kendaraan meningkat jika kapasitas kendaraan yang tersisa dapat dikurangi.

Tabel 3. Rute Kendaraan 2 Tipe CD4

| Nama Toko | Total Volume Pesanan (mm <sup>3</sup> ) | Sisa Kapasitas (mm <sup>3</sup> ) |
|-----------|---|-----------------------------------|
| A82       | 4.609.440.000                           | 6.406.560.000                     |
| A142      | 4.698.094.250                           | 1.708.465.750                     |
| A98       | 1.294.612.500                           | 413.853.250                       |

### 3.1.2 Pengembangan Algoritma Penumpukan

Algoritma penumpukan produk dikerjakan sebelum bongkar dan muat karena sifat khusus barang yaitu kursi dan meja plastik yang dikirimkan tanpa menggunakan outer packing. Dalam proses pengangkutannya, dilakukan penumpukan kursi dan meja tersebut untuk menghemat ruang yang diperlukan dalam pengangkutan.

Model matematika untuk penumpukan kursi dan meja plastik di PT. X memiliki fungsi objektifnya:

$$z_v = p_t \times l_t \times t_t \quad \text{Pers. 6}$$

Model matematis untuk perhitungan  $p_t$ ,  $l_t$ , dan  $t_t$  seperti Pers. 2 – Pers. 4.

$$p_t = p_{po} + k \Delta p \quad \text{Pers. 7}$$

$$t_t = t_{po} + k \Delta t \quad \text{Pers. 8}$$

$$l_t = l_{po} \quad \text{Pers. 9}$$

Batasan tinggi maksimum tumpukan kursi dan meja plastik adalah tinggi kendaraan. Tinggi tumpukan kursi dan meja plastik linear terhadap tinggi kendaraan.

$$t_t \leq H \quad \text{Pers. 10}$$

dimana :

$z_v$  : volume tumpukan kursi atau meja plastik

$p_t$  : panjang tumpukan kursi atau meja plastik

$l_t$  : lebar tumpukan kursi atau meja plastik

$t_t$  : tinggi tumpukan kursi atau meja plastik

$p_{po}$  : panjang kursi atau meja plastik

$l_{po}$  : lebar kursi atau meja plastik

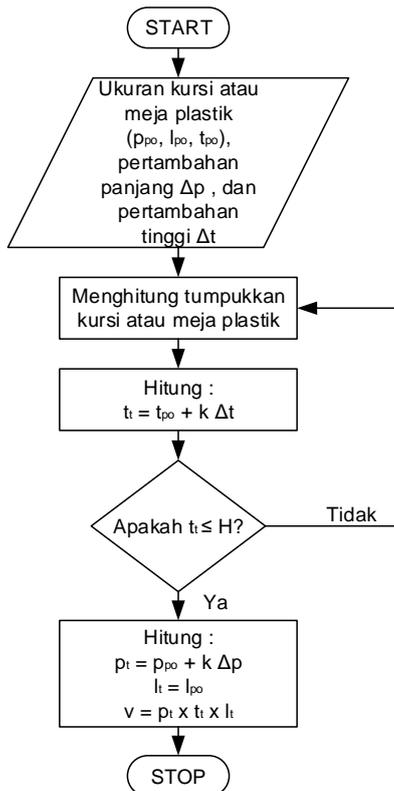
$t_{po}$  : tinggi kursi atau meja plastik

$\Delta p$  : pertambahan panjang

$\Delta t$  : pertambahan tinggi

$K$  : jumlah tumpukan

$H$  : tinggi kendaraan



Gambar 2. Flowchart untuk Algoritma Penumpukan Kursi dan Meja Plastik

Kursi dan meja plastik yang telah disusun tidak berbentuk kotak. Namun, untuk memudahkan penentuan rute kendaraan dan muat produk, maka tumpukan kursi dan meja plastik diasumsikan berbentuk kotak. Algoritma penumpukan kursi dan meja plastik akan menghasilkan ukuran dan volume tumpukan. Volume tumpukan kursi dan meja plastik digunakan sebagai input dari algoritma penentuan rute kendaraan. Ukuran tumpukan kursi dan meja plastik digunakan sebagai input dari algoritma muat produk.

Pendekatan ini memiliki kekurangan karena akan menurunkan utilisasi kendaraan jika terdapat pesanan produk yang sama dari retailer yang berbeda dalam pengiriman yang sama yang pada kenyataannya produk dengan ukuran yang sama dapat disatukan tumpukannya, namun menjadi terpisah. Tumpukan kursi dan meja sebaiknya diletakkan di dekat pintu kendaraan agar memudahkan proses bongkar.

### 3.1.3 Algoritma *Stuffing*

Sementara itu, hasil modifikasi model matematis untuk melakukan muat barang adalah:

$$Z_L = (L \times W \times H) - \sum_{i=1}^n (p_i \times q_i \times r_i) \quad \text{Pers.11}$$

Dengan batasan

1. Panjang maksimum susunan produk adalah panjang kendaraan.

$$\forall_i \quad x_i + p_i l_{xi} + q_i w_{xi} + r_i h_{xi} \leq L \quad \text{Pers. 12}$$

2. Lebar maksimum susunan produk adalah lebar kendaraan.

$$\forall_i \quad y_i + p_i l_{yi} + q_i w_{yi} + r_i h_{yi} \leq W \quad \text{Pers. 13}$$

3. Tinggi maksimum susunan produk adalah tinggi kendaraan.

$$\forall_i \quad z_i + p_i l_{zi} + q_i w_{zi} + r_i h_{zi} \leq H \quad \text{Pers. 14}$$

dimana :

$Z_L$  : sisa kapasitas kendaraan

$n$  : jumlah produk yang akan dimuat

$p_i$  : parameter panjang produk

$q_i$  : parameter lebar produk

$r_i$  : parameter tinggi produk

$L$  : parameter panjang kendaraan

$W$  : parameter lebar kendaraan

$H$  : parameter tinggi kendaraan

$x_i$  : variabel kontinu koordinat sudut kiri

$y_i$  : variabel kontinu koordinat sudut depan

$z_i$  : variabel kontinu koordinat sudut bawah

$l_{xi}$  : panjang produk parallel dengan sumbu x

$w_{xi}$  : lebar produk parallel dengan sumbu x

$h_{xi}$  : tinggi produk parallel dengan sumbu x

$l_{yi}$  : panjang produk parallel dengan sumbu y

$w_{yi}$  : lebar produk parallel dengan sumbu y

$h_{yi}$  : tinggi produk parallel dengan sumbu y

$l_{zi}$  : panjang produk parallel dengan sumbu z

$w_{zi}$  : lebar produk parallel dengan sumbu z

$h_{zi}$  : tinggi produk parallel dengan sumbu z

$$l_{xi}, w_{xi}, h_{xi}, l_{yi}, w_{yi}, h_{yi}, l_{zi}, w_{zi}, h_{zi} = \begin{cases} 0 \\ l \end{cases}$$

apabila  $l_{xi} = l$  maka panjang produk parallel terhadap sumbu x dan sebaliknya.

Algoritma untuk *stuffing* produk di PT X mengikuti langkah-langkah:

- i. Memprioritaskan produk-produk pesanan retailer terakhir yang dikunjungi oleh kendaraan dengan massa dan luas penampang terbesar. Jika terdapat produk dengan luas penampang yang sama, maka pilih produk dengan tinggi maksimum.
- ii. Jika  $z_i + p_i l_{zi} + q_i w_{zi} + r_i h_{zi} \leq H$  maka letakkan produk tersebut pada koordinat  $z_i$ . Namun apabila  $z_i + p_i l_{zi} + q_i w_{zi} + r_i h_{zi} \geq H$ , maka cek  $x_i + p_i l_{xi} + q_i w_{xi} + r_i h_{xi} \leq L$ . Jika  $x_i + p_i l_{xi} + q_i w_{xi} + r_i h_{xi} \leq L$ , letakkan produk tersebut pada koordinat  $x_i$ . Dan jika  $x_i + p_i l_{xi} + q_i w_{xi} + r_i h_{xi} \geq L$  maka letakkan produk pada koordinat  $y_i$ .
- iii. Update koordinat  $x_i, y_i, z_i$ .
- iv. Apabila masih ada produk yang belum dimuat, maka tentukan produk selanjutnya yang akan dimuat (kembali ke langkah pertama). Namun, jika seluruh produk sudah dimuat, maka proses dihentikan.

Sebagai gambaran, dibuat ilustrasi penyusunan produk di dalam kendaraan untuk produk pesanan retailer A142 – A98 – A82 sesuai output tabel 3.

Tabel 4. Produk Pesanan *Retailer* A82, A142, dan A98

| Nama Toko | Nama Produk              | Q  | Ukuran Produk (mm) |     |        |
|-----------|--------------------------|----|--------------------|-----|--------|
|           |                          |    | P                  | L   | T      |
| A82       | BCBC 163 HKBF            | 15 | 720                | 440 | 485    |
| A82       | BCBC 163 SPGC            | 15 | 720                | 440 | 485    |
| A142      | STB-500 BK1              | 29 | 395                | 380 | 445    |
| A142      | MNE-244 K3 / NEA-244 AK3 | 30 | 465                | 435 | 455    |
| A98       | BIG-303 C                | 20 | 452                | 345 | 1244,8 |

Dari Tabel 4. diketahui bahwa kendaraan itu akan mendistribusikan lima jenis produk yaitu BCBC 163 HKBF, BCBC 163 SPGC, STB -500 BK1, MNE-244 K3 / NEA-244 AK3, dan BIG-303 C dengan ukuran masing-masing.

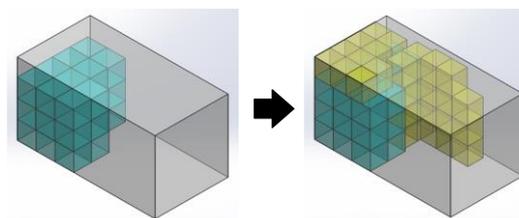
Berdasarkan Tabel 3, maka ditentukan urutan muat produk pada Tabel 5. Urutan muat produk mempertimbangkan kestabilan susunan dan urutan bongkar. Sehingga, produk dengan massa atau luas penampang paling besar diprioritaskan untuk diletakkan di bagian bawah.

Produk yang pertama kali dimuat adalah produk pesanan *retailer* yang paling terakhir dikunjungi (LIFO, *Last In First Out*). Produk tersebut diletakkan di bagian depan, dekat kabin sopir. Maka, BIG-303 C dimuat pertama kali karena merupakan produk pesanan *retailer* A98 (*retailer* yang paling akhir dikunjungi). Namun, BIG-303 C merupakan produk kursi, sehingga harus diletakkan di dekat pintu. Produk kursi dan meja plastik harus di letakkan di dekat pintu kendaraan agar memudahkan proses bongkar karena suatu tumpukan kursi merupakan gabungan pesanan lebih dari satu *retail* dengan urutan bongkar yang berbeda.

Tabel 5. Urutan Muat Produk Rute Kendaraan 2

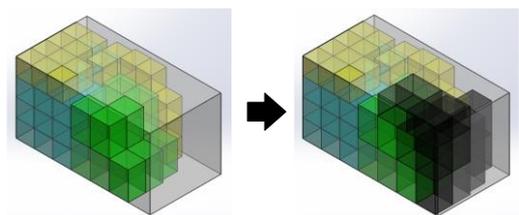
| Urutan Stuffing | Nama Toko | Nama Produk              | Luas Penampang (P x L) |
|-----------------|-----------|--------------------------|------------------------|
| 1.              | A142      | MNE-244 K3 / NEA-244 AK3 | 202.275                |
| 2.              | A142      | STB-500 BK1              | 150.100                |
| 3.              | A82       | BCBC 163 HKBF            | 316.800                |
| 4.              | A82       | BCBC 163 SPGC            | 316.800                |
| 5.              | A98       | BIG-303 C                | 155.940                |

Sehingga produk yang pertama kali di-muat adalah produk pesanan *retailer* A142. Terdapat dua produk pesanan *retailer* A142 yaitu STB-500 BK1 dan MNE-244 K3 / NEA-244 AK3. Produk MNE-244 K3 / NEA-244 AK3 akan di-muat terlebih dahulu karena memiliki luas penampang yang lebih luas daripada STB-500 BK1. STB -500 BK1 diletakkan di bagian atas MNE-244 K3 / NEA-244 AK3 agar tumpukan lebih stabil seperti pada Gambar 3.



STB-500 BK1  
MNE-244 K3 / NEA-244 AK3

Gambar 3. Ilustrasi Penyusunan Produk *Retailer* A142

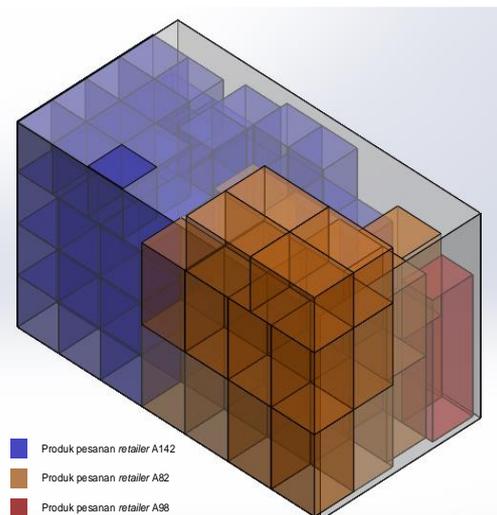


BCBC 163 HKBF  
BCBC 163 SPGC

Gambar 4. Ilustrasi Penyusunan Produk *Retailer* A82

Setelah semua produk pesanan *retailer* A142 di-muat, produk selanjutnya yang di-muat adalah produk pesanan *retailer* A82 seperti pada Gambar 4. *Retailer* A82 memiliki dua jenis produk pesanan yaitu BCBC 163 HKBF dan BCBC 163 SPGC yang memiliki ukuran yang sama. Produk terakhir yang di-muat adalah BIG-303 C karena merupakan produk kursi yang harus diletakkan di dekat pintu seperti pada Gambar 5.

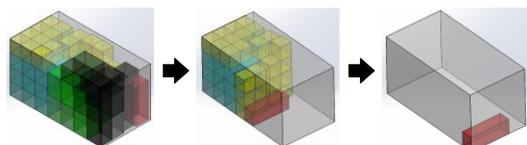
Gambar 5 membuktikan bahwa susunan produk pada kendaraan dua mempertimbangkan urutan bongkar produk. Produk pesanan *retailer* A142 yang diletakkan di bagian depan dekat kabin sopir. Produk pesanan *retailer* A82 diletakkan setelah produk pesanan *retailer* A142 karena merupakan *retailer* kedua terakhir yang akan dikunjungi sebelum *retailer* A142.



Gambar 5. Ilustrasi Penyusunan Produk di Kendaraan

### 3.1.4 Proses Pembongkaran

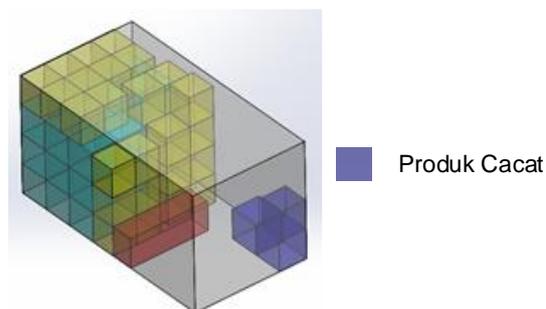
Untuk melakukan pembongkaran, dilakukan secara berurutan dari produk yang diletakkan di dekat pintu yaitu dari produk terakhir pada algoritma muat sampai produk terakhir yang harus dikirimkan kepada sebuah retailer. Dari sebuah retailer terkadang terdapat produk cacat yang harus diservis, peletakkannya perlu dilakukan secara terpisah dan disangga dengan papan.



Gambar 6. Kondisi Susunan Produk di Kendaraan Saat Proses Distribusi

Setelah proses bongkar selesai, sopir dan pekerja harus mengatur kembali susunan produk di kendaraan agar tetap stabil. Sopir dan kenet dapat menggunakan alat bantu untuk menstabilkan susunan produk, misalnya tali untuk mengikat susunan produk ke kendaraan. Selain tali, pembatas seperti kayu atau triplek bisa juga dijadikan sebagai alat bantu untuk menstabilkan susunan produk. Kondisi susunan produk di kendaraan pada saat proses distribusi dilakukan digambarkan pada Gambar 6.

Bila pada saat proses distribusi terdapat produk cacat yang dikembalikan oleh retailer, maka penempatan produk cacat di kendaraan sebisa mungkin tidak mengganggu kestabilan susunan produk pesanan dan tidak mengganggu proses bongkar produk. Ilustrasi peletakan produk cacat di kendaraan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Ilustrasi Peletakan Produk Cacat di Kendaraan

### 3.1.5 Implementasi dan Analisis Sensitivitas

Biaya DL yang diperhitungkan dalam penelitian ini mencakup biaya pengiriman produk, biaya servis produk cacat, dan penjualan komponen rusak. *Sensitivity analysis* untuk biaya bahan bakar dibuat berdasarkan variasi total jarak tempuh kendaraan. Biaya bahan bakar merupakan salah satu komponen dari biaya pengiriman produk.

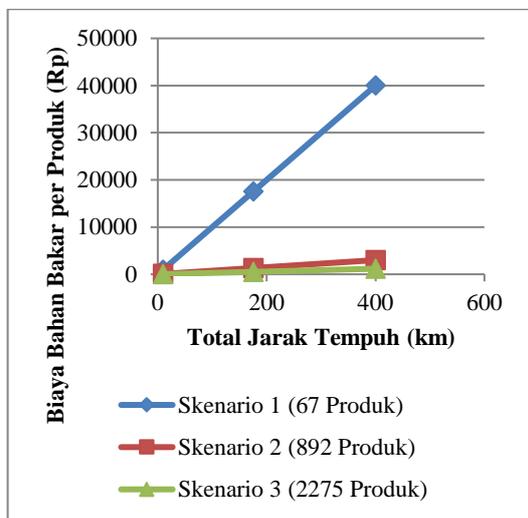
Kendaraan yang dicontohkan adalah CD6 dengan konsumsi kendaraan 1:10. Kendaraan menggunakan bahan bakar solar (diasumsikan seharga Rp 6.700,00 per liter). Total jarak tempuh untuk skenario 1,2,3 merupakan total jarak tempuh terpendek (9,6km), rata-rata (175,6 km), dan terpanjang (400,5 km) selama periode September 2015.

Berdasarkan Gambar 8, bila jarak tempuh kendaraan dikurangi maka biaya bahan bakar yang dikeluarkan menjadi lebih sedikit. Selain itu, jumlah produk yang dikirim oleh kendaraan akan mempengaruhi biaya bahan bakar/produk. Semakin banyak produk yang dapat dikirimkan oleh kendaraan pada jarak yang sama, maka semakin rendah biaya bahan bakar/produk yang harus dikeluarkan. Hal ini memperkuat argumentasi bahwa untuk pengiriman produk mebel plastik, utilisasi kendaraan sangatlah penting jika dibandingkan dengan rute kendaraan.

Pada penelitian ini, biaya tetap untuk transportasi seperti perawatan kendaraan, modal dan investasi lainnya diabaikan karena perusahaan melaksanakan pengiriman menggunakan kendaraan milik sendiri, dan sopir pun merupakan pegawai tetap perusahaan tersebut. Jika perusahaan menggunakan pihak ketiga untuk melakukan pengiriman, maka lebih tepat jika menganalisa pada biaya totalnya.

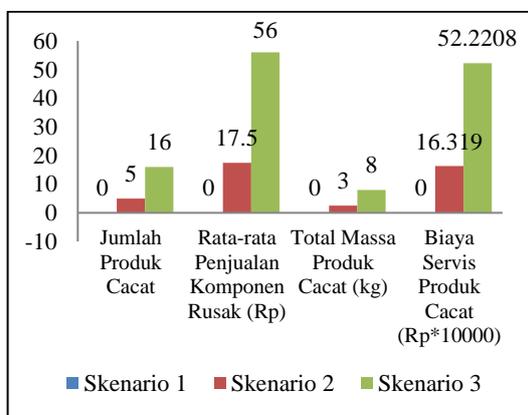
Jumlah produk cacat mempengaruhi biaya servis dan penjualan komponen rusak. Oleh karena itu, dibuat *sensitivity analysis* untuk servis produk cacat dan penjualan komponen rusak berdasarkan variasi jumlah produk cacat. Harga komponen pengganti rerata adalah sebesar Rp

32.638,00/produk didapatkan dari rata-rata harga komponen pengganti selama periode September 2015. Menurut wawancara dengan pekerja servis, massa komponen rusak sebesar rerata 500 gram/produk. *Supplier* akan membeli komponen rusak seharga Rp 7.000,00/kg. Jumlah produk cacat untuk skenario 1, 2, dan 3 merupakan jumlah produk cacat minimal (0 unit), rata-rata (5 unit), dan maksimal (16 unit) selama periode September 2015.



Gambar 8. Grafik analisis sensitivitas biaya bahan bakar

Berdasarkan Gambar 9, apabila jumlah produk cacat dikurangi, perusahaan dapat mengurangi biaya servis produk cacat. Perusahaan telah membebankan biaya servis ke dalam harga produk. Bila biaya servis produk cacat dapat dikurangi, maka perusahaan akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar.



Gambar 9. Grafik analisis sensitivitas biaya bahan bakar

### 3.2 Implikasi Manajerial

Dalam tahapan 3.1 telah dihasilkan usulan algoritma. Algoritma tersebut kemudian dikembangkan untuk dijadikan landasan dalam IK. Pada Tabel 6, digambarkan IK contoh untuk proses

*assignment* dan *routing*. Pada tabel 7 dan 8 digambarkan contoh IK untuk proses bongkar muat. IK tersebut tentu saja dapat dimodifikasi sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.

Dengan adanya dokumen yang detail, maka proses DL akan dapat dijamin kualitasnya. Pelaksanaan IK tersebut secara jangka panjang diharapkan mampu menurunkan biaya DL dan tetap meningkatkan *service level* SCM.

Tabel 6. Usulan IK untuk Proses Penentuan Rute Kendaraan

| No. | Langkah - Langkah                         | Keterangan  |
|-----|---|---|
| 1.  | Membuat daftar retailer.                  | Daftar retailer yang akan diantarkan pesannya.  |
| 2.  | Menghitung total volume pesanan retailer. | Total volume pesanan retailer merupakan jumlah volume produk pesanan masing-masing retailer.                            |
| 3.  | Membuat matriks jarak.                    | Jarak ditentukan menggunakan bantuan Google Maps.   |
| 4.  | Menentukan rute kendaraan.                | Gunakan alat bantu Excel Solver.  |
| 5.  | Memastikan semua retailer terlayani.      | Gunakan kendaraan lain bila masih terdapat retailer yang belum dilayani namun sudah tidak ada sisa kapasitas kendaraan. |
| 5.  | Mengecek utilisasi kendaraan.             | Gunakan jenis kendaraan yang menghasilkan utilisasi paling tinggi (sisa kapasitas kendaraan paling rendah).             |

Penerapan pendekatan integratif yang diusulkan dalam makalah ini pada perusahaan lain perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Hal ini dikarenakan perbedaan tipe produk, tipe alat angkut dan tipe proses bisnis. Perbedaan tipe produk dan alat angkut akan berpengaruh terhadap kesesuaian teknik stuffing dan pembongkaran. Perbedaan proses bisnis akan berpengaruh terhadap kompleksitas SOP dan IK yang dihasilkan, terutama bagi organisasi yang tidak menerapkan *direct shipment* atau yang menggunakan jasa 3PL (*Third Party Logistics*) maupun LSP (*Logistics Service Provider*).

Tabel 7. Usulan IK untuk Proses *Stuffing* Produk Plastik

| No. | Langkah - Langkah   | Keterangan   |
|-----|---|--|
| 1.  | Menyiapkan produk yang akan di-muat.  | Gunakan SOP pengambilan produk di gudang.  |
| 2.  | Menyusun produk pesanan retailer yang terakhir di kunjungi dekat kabin sopir. | Sesuaikan dengan urutan muat produk.   |
| 3.  | Menyusun produk pesanan retailer lainnya.                                     | Sesuaikan dengan urutan muat produk.   |
| 4.  | Mengecek produk kursi dan meja plastik.                                       | Pastikan tumpukan produk kursi dan meja plastik diletakkan di dekat pintu kendaraan. |
| 5.  | Mengecek semua produk pesanan retailer sudah di-muat.                         |  |
| 6.  | Meng-cover kendaraan menggunakan terpal.                                      | Usahakan untuk tidak menginjak susunan produk.                                       |

Tabel 8. Usulan IK untuk Proses Bongkar Produk

| No. | Langkah - Langkah   | Keterangan   |
|-----|---|--|
| 1.  | Membuka pintu bak dan terpal.   | Pastikan seal kendaraan masih tertutup saat membuka pintu bak di konsumen pertama.             |
| 2.  | Bongkar produk pesanan.   | Pastikan jumlah dan jenis barang yang dibongkar  |
| 3.  | Muatmuatan lainnya.   | Apabila ada produk cacat, letakkan di tempat yang tidak mengganggu proses bongkar selanjutnya. |
| 4.  | Memastikan susunan produk tetap stabil dan sesuai dengan urutan bongkar produk. | Gunakan alat bantu bila diperlukan (misalnya tali, kayu, triplek).                             |
| 5.  | Meng-cover kendaraan menggunakan terpal dan menutup pintu kendaraan.            | Usahakan untuk tidak menginjak susunan produk.   |

Dalam penelitian ini permasalahan yang hendak diselesaikan telah diidentifikasi, sementara beberapa organisasi mungkin belum melihat masalah yang timbul pada sistem DL. Pada organisasi tersebut, peninjauan area atau aktivitas yang memerlukan perbaikan terintegrasi untuk sistem DL dapat diidentifikasi menggunakan metode *Value Stream Mapping*.

#### 4. KESIMPULAN & SARAN

Perbaikan dengan pendekatan manajemen untuk mengatasi masalah DL perlu dijalankan secara terintegrasi dalam proses perencanaan pada keseluruhan aktivitas dalam DL, dimulai dari penugasan kendaraan, penentuan rute kendaraanserta *stuffing* dan pembongkaran. Perbaikan secara menyeluruh akan menjadikan DL sebagai kegiatan yang memiliki nilai tambah pada konsumen, bukan kegiatan yang mengurangi kualitas pada barang. Perbaikan dengan pendekatan manajemen dan integratif juga meningkatkan *service level* yang diberikan kepada konsumen. Pendekatan tersebut dapat diterapkan pada industri menengah tanpa meningkatkan banyak biaya, seperti pada studi kasus PT. X karena solusi dapat dihasilkan lewat pendekatan Tabu Search Algorithm (TSA).

Usulan untuk perbaikan sistem DL di PT. X adalah penerapan algoritma, dan instruksi kerja sesuai dengan P1R2 yang memberikan solusi heuristic akan penentuan rute kendaraan dan bongkar-muatproduk. Algoritma penentuan rute kendaraan akan menghasilkan rute yang dapat mengurangi total jarak tempuh kendaraan dan meningkatkan jumlah retailer yang dilayani. Algoritma bongkar-muat produk menghasilkan susunan produk di kendaraan yang stabil dan sesuai urutan bongkar. Selain itu, dirancang algoritma penumpukan kursi dan meja plastik untuk memudahkan perpindahan dan pengukuran volume tumpukan.

Penelitian lanjutan mengenai studi kasus di PT. X ini tentu saja diperlukan, terutama untuk melakukan kontrol dan memberikan umpan balik pelaksanaan SOP dan IK yang telah dirancang. Kontrol dan umpan balik akan menyediakan bahan untuk melakukan perbaikan secara berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bortfeldt, A., and Homberger, J., 2013. Packing First, Routing Second – a Heuristic for Vehicle Routing and Loading Problem, *Computers & Operations Research*, Vol. 40: 873 – 885
- Farahani, R. Z., Rezapour, S., and Kardar, L., 2011. *Logistics Operations and Management: Concept and Model*, Elsevier Insight.
- Heizer, J., and Barry R., 2014. *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*, Edisi 11, Salemba Empat Jakarta.
- Kumar, S.N, and Panneerselvam, R., 2012. A Survey on Vehicle Routing Problem and Its Variant, *Intellegent Information Management*, 4, 2012: 66-74.

5. Rini, I. T., Palgunadi, Y. S., and Harjito, B, 2015. Algoritma Palgunadi untuk menyelesaikan single dan multi product vehicle routing problem, Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2015.
6. Setiawan, I., Muis, S., and Nurliah, Solusi Kombinasi Container Loading Problem dan Vehicle Routing Problem Menggunakan Algoritma Genetika, Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik, Vol 5, 2011, pp. TM6-1 – TM6-12
7. Supply Chain Council, Supply Chain Operations Reference Model Overview – Version 10.0, 2010, retrived from [supply-chain.org](http://supply-chain.org) on 15 February 2015
8. Terry, G.R., Principles of Management 7th edition, Richard D Irwin, Illinoia, 1977.