

# PENGEMBANGAN MODEL OPTIMASI DESAIN RANTAI PASOK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA DISTRIBUSI PADA *DISTRIBUTION CENTER*

Dinar Enggar Puspita<sup>1)</sup>, Ary Arvianto<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50239  
Email: [dinarep91@gmail.com](mailto:dinarep91@gmail.com); [aryarvi@yahoo.com](mailto:aryarvi@yahoo.com)

## Abstrak

Diketahui dari penelitian sebelumnya bahwa mengintegrasikan keputusan arsitektur produk dengan keputusan manufaktur dan rantai pasok pada tahap awal pengembangan produk dapat menghasilkan konfigurasi rantai pasok yang optimal. Di dalam penelitian ini, sebuah kerangka kerja optimasi multi-tujuan disajikan untuk menyocokkan strategi arsitektur produk dengan desain rantai pasok. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, biaya distribusi dari beberapa *distribution center* yang berbeda diperhitungkan di dalam model untuk memastikan keberlangsungan rantai pasok yang lebih panjang. Kompatibilitas antar *partner* rantai pasok juga diperhitungkan untuk memastikan rantai pasok berjangka panjang. Karena banyak informasi yang subjektif mengenai suatu organisasi, digunakan *fuzzy logic* untuk menghitung indeks kompatibilitas tiap anggota potensial rantai pasok. Model optimasi yang digunakan diformulasikan sebagai model *goal programming* (GP) tertimbang dengan dua tujuan: minimasi total biaya rantai pasok dan maksimasi total indeks kompatibilitas rantai pasok. Model GP diselesaikan dengan menggunakan LINGO sebagai *tool*. Dari tiga kasus yang berbeda, terlihat bahwa penambahan variabel biaya distribusi ke dalam model mempengaruhi konfigurasi rantai pasok. Hasil terbaik, biaya rantai pasok terendah, dihasilkan dari kasus di mana *bulldozer* dikirim ke dua *distribution center*, yaitu \$96,802,197. Hasil pengolahan selengkapnya tercakup dalam penelitian ini.

**Kata kunci :** arsitektur produk, desain rantai pasok, strategi modular, *distribution center*

## Abstract

*It is known from the previous research that integrating product architecture decisions with manufacturing and supply chain decisions during the early stage of the product development can lead to an optimum supply chain configuration. In this paper, a multi-objective optimization framework is presented for matching product architecture strategy to supply chain design. In contrast to the existing research, distribution costs from different distribution centers are incorporated into the model to ensure the survival of a longer supply chain. Compatibility between supply chain partners is also incorporated into the model to ensure the long term viability of the supply chain. Since much of the supplier related information may be very subjective, fuzzy logic is used to compute the compatibility index of a supplier. The optimization model is formulated as a weighted goal programming (GP) model with two objectives: minimization of total supply chain costs, and maximization of total supply chain compatibility index. The GP model is solved by using LINGO as a tool. From three different cases, it is shown that by adding distribution cost variable into the model, supply chain configuration can be effected. The best result, the lowest supply chain cost, computed from the case where bulldozers are sent to two distribution centers, which is \$96,802,197. The complete results are discussed in this research.*

**Keywords:** product architecture, supply chain design, modular strategy, *distribution center*

## 1. PENDAHULUAN

Era globalisasi dan bertambahnya permintaan konsumen akan peningkatan variasi produk telah mendorong banyak perusahaan untuk berpindah dari dunia produksi massal tradisional ke dunia kustomisasi massal. Dalam mencapai fleksibilitas yang diperlukan untuk kustomisasi massal, industri beradaptasi serta memperbaiki desain dan proses-proses pengembangan produk agar lebih mampu mengakomodasi kebutuhan pelanggan yang berubah dengan cepat. Untuk membawa produk melalui seluruh proses, dari tahap konseptual hingga ke pelanggan, memerlukan serangkaian keputusan yang sangat kompleks berkaitan dengan pengembangan produk, produksi/manufaktur, dan manajemen rantai pasok. Hal ini secara tradisional telah menjadi suatu proses yang berurutan yang memiliki dua kekurangan utama (Gunasekaran, 1998 dalam Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa, 2011). Pertama, proses tersebut lambat karena kesempatan pemrosesan secara paralel sering kali terlewat. Kedua, proses tersebut mengarah pada solusi sub-optimal karena setiap tahap dapat membuat keputusan lokal optimal yang terbaik pada urutan tertentu. Meskipun demikian, rekayasa simultan (*Simultaneous engineering*) adalah paradigma yang bertujuan untuk mengeliminasi kelemahan seperti yang ditemukan dalam metode serial. Rekayasa simultan menyarankan bahwa keputusan-keputusan yang berkaitan dengan produk dan proses dibuat secara paralel sesering mungkin, dan bahwa pertimbangan produksi dilibatkan ke dalam tahap awal desain produk (Fine, Golany, dan Naseraldin, 2005). Namun, memang rekayasa simultan memperumit masalah desain karena memerlukan suatu optimasi simultan dari tujuan yang lebih kompleks dengan hambatan-hambatan yang lebih besar (Wu dan O'Grady, 1999 dalam Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa, 2011).

Keputusan yang berkaitan dengan proses manufaktur seperti *lead time* atau *time to market*, *setup* dan *changeover*; serta keputusan rantai pasok, seperti pemilihan pemasok dan keputusan penempatan persediaan, tergantung pada struktur produk

akhir (Graves dan Willems, 2005). Perubahan dalam struktur produk mempengaruhi dinamika rantai pasok (Verdouw dkk., 2010). Secara khusus, efek-efek berikut ini tampak pada jaringan rantai pasok sebagai akibat dari modularisasi: (1) *outsourcing* dan transfer lebih banyak komponen kepada pemasok; (2) konsolidasi pemasok-pemasok tingkat pertama menjadi pemasok besar; hal ini kemudian mengharuskan adanya pengelolaan pengembangan dan produksi suatu set komponen yang lebih besar sebagai modul (Takeishi dan Fujimoto, 2001 dalam Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa, 2011); (3) reorganisasi kegiatan penentuan nilai di mana beberapa pemasok yang pada awalnya merupakan pemasok tingkat pertama menjadi pemasok tingkat kedua yang memberi nilai tambah (Doran, 2003); (4) pemasok dapat menjadi lebih kuat dan dapat meningkatkan daya tawar karena peranan yang lebih penting yaitu sebagai pemasok dengan layanan penuh; dan (5) pembentukan aliansi/kemitraan yang lebih strategis antara *original equipment makers* (OEM), yaitu perusahaan yang memproduksi barang jadi, dan pemasok.

Penelitian ini bukanlah penelitian pertama yang membahas masalah arsitektur produk dan rantai pasok secara bersamaan. Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011) juga membahas dalam penelitiannya bahwa sebagian besar kerjasama di dalam rantai pasok gagal pada tahun pertama karena kurangnya kompatibilitas antar pihak (Famuyiwa dkk., 2008). Di dalam penelitian ini, penulis mengembangkan penelitian dari Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011) pada konfigurasi rantai pasok dengan menambahkan variabel berupa biaya distribusi ke dalam model. Ide pengembangan ini merupakan salah satu dari ketiga tema yang diusulkan oleh penulis terdahulu. Usulan yang pertama adalah penggunaan asumsi *stochastic service time*; kedua, usulan untuk mempertimbangkan faktor keberlangsungan dan fleksibilitas rantai pasok untuk menggambarkan pasar pasokan global; dan yang ketiga, ketertarikan untuk mengetahui bagaimana *downstream stages* (*distribution channel*) memberi informasi pada keputusan desain

rantai pasok. Penulis memilih usulan ketiga dengan pertimbangan bahwa perusahaan manufaktur alat berat membutuhkan *distribution center* untuk membantu menyampaikan produknya ke konsumen. Hal ini dapat dilihat pada kondisi nyata. Penulis percaya dengan mengangkat masalah tersebut sejak awal, yaitu sejak tahap penentuan arsitektur produk, dapat memberikan kesempatan yang lebih besar bagi perusahaan manufaktur untuk menghemat biaya dengan membantu perusahaan membuat keputusan strategis.

Dalam penelitian sebelumnya, terbentuk konfigurasi rantai pasok yang dimulai dari pengadaan komponen-komponen penyusun, proses produksi, dan berakhir pada produk jadi. Pada kenyataannya, suatu perusahaan manufaktur membutuhkan adanya kegiatan distribusi agar produk dapat sampai ke pelanggan. Namun, belum terlihat bagaimana pengaruh keberadaan *distribution center* terhadap keputusan desain rantai pasok pada penelitian terdahulu. Melihat permasalahan tersebut, muncul pertimbangan untuk ditambahkan variabel biaya distribusi ke dalam model matematis yang telah disusun pada penelitian sebelumnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan anggota rantai pasok, yaitu *distribution center*, terhadap keputusan desain rantai pasok. Hal ini dilakukan dengan menganalisis dan menghasilkan pengembangan model optimasi yang memiliki objektif minimasi total biaya dan maksimasi total indeks kompatibilitas rantai pasok setelah ditambahkan perhitungan biaya distribusi.

## 2. METODOLOGI

Alur dalam penelitian ini yang pertama adalah mengidentifikasi permasalahan lalu menentukan tujuan penelitian. Selanjutnya adalah penentuan tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Pengolahan data dilakukan dengan tiga tahap, yaitu pemilihan arsitektur produk dan jaringan rantai pasok yang akan digunakan, evaluasi kompatibilitas pemasok potensial, dan yang terakhir adalah

penyesuaian arsitektur produk dengan konfigurasi rantai pasok.

## 3. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari beberapa jurnal penelitian terdahulu. Dengan kata lain peneliti menggunakan data sekunder dan tidak melakukan penelitian langsung di suatu perusahaan. Data yang dibutuhkan adalah arsitektur produk dan jaringan rantai pasok (Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa, 2011), indeks kompatibilitas (Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa, 2011), LT dan biaya produksi *bulldozer* (Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa, 2011), dan biaya distribusi barang jadi (asumsi).

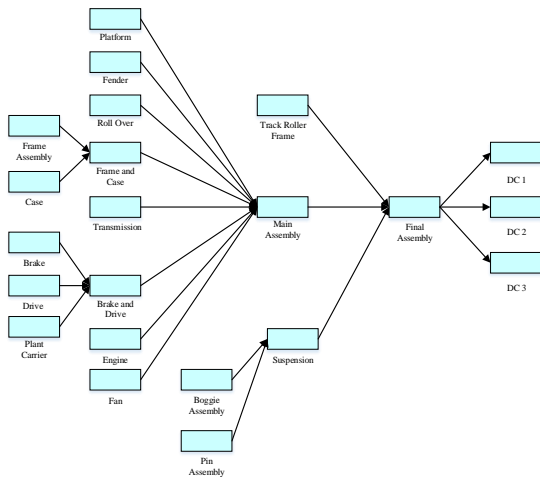
## 4. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, diambil studi kasus dari industri berat, diaplikasikan pada perusahaan manufaktur dan perakitan *bulldozer* seperti yang disajikan dalam Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011). Penulis ingin mengulangi analisis yang dilakukan dalam penelitian tersebut dan memeriksa apakah pendekatan yang diusulkan memperbaiki hasil dalam hal kompatibilitas dan stabilitas rantai pasok. Dengan kata lain, penulis menggunakan hasil dari Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011) sebagai acuan untuk membandingkan hasil penelitian ini.

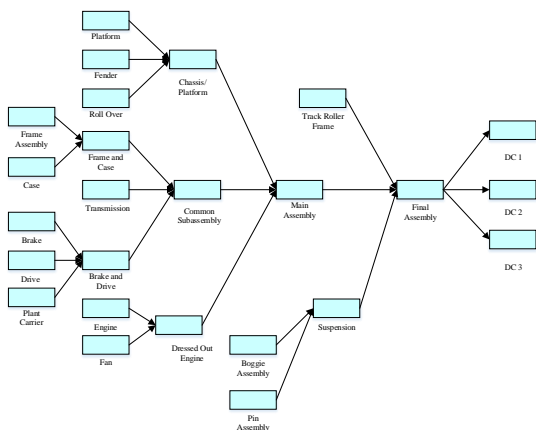
Kondisi rantai pasok untuk studi kasus *bulldozer* yang digunakan sama dengan yang ada dalam Graves dan Willems (2003) dan Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011). Rata-rata permintaan per hari adalah 5 dan simpangan baku per hari adalah 3. Permintaan konsumen berada di persentil 95, sehingga tingkat keamanannya sama dengan 1,645. Asumsi-asumsi berikut ini dibuat untuk tujuan analisis: perusahaan manufaktur *bulldozer* menggunakan permintaan tahunan untuk mengonfigurasi rantai pasok. Perusahaan memberlakukan 260 hari kerja dalam satu tahun dan biaya simpan tahunan sebesar 30% untuk menghitung biaya inventori.

#### 4.1 Tahap I: Memilih Strategi Arsitektur Produk dan Jaringan Rantai Pasok yang Sesuai

Dalam tahap ini digunakan dua strategi arsitektur produk yang sama dengan penelitian sebelumnya, yaitu integral dan modular arsitektur. Namun untuk tujuan analisis pendekatan yang diusulkan, jaringan rantai pasok yang telah ada akan dilanjutkan hingga ke *distribution center*. Masing-masing arsitektur produk diasumsikan memiliki tiga *distribution center*. Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan diagram jaringan rantai pasok untuk kedua arsitektur integral dan modular secara berurutan.



Gambar 4.1 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Integral dengan DC



Gambar 4.2 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Modular dengan DC

#### 4.2 Tahap II: Menghitung Biaya Anggota Rantai Pasok dan Indeks Kompatibilitas

Setelah menentukan desain arsitektural dan jaringan rantai pasok yang sesuai, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya dan kompatibilitas yang berhubungan dengan manajemen rantai pasok dari tiap alternatif yang tersedia pada tiap *node*. Untuk *stage* pengadaan hingga produk jadi, digunakan data LT dan biaya yang ada pada Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011).

Pada penelitian ini akan dianalisis tiga kondisi, yaitu:

1. Pemilihan 1 DC dari keenam alternatif pada 3 DC yang ada untuk mendistribusikan 5 unit *bulldozer* ke DC terpilih.
2. Pemilihan 2 alternatif DC yang paling optimal untuk mendistribusikan 3 unit *bulldozer* ke DC 2 dan 2 unit ke DC 3.
3. Pemilihan 3 alternatif DC yang paling optimal untuk mendistribusikan 2 unit *bulldozer* ke DC 1, 2 unit ke DC 2, dan 1 unit ke DC 3.

Dengan demikian perlu dihitung terlebih dahulu besarnya biaya distribusi untuk masing-masing alternatif DC sesuai dengan ketiga kondisi tersebut. Berikut contoh perhitungan biaya distribusi pada salah satu DC potensial, yaitu DC 1 alternatif standar, untuk kondisi pertama. Diasumsikan untuk masing-masing DC, hanya dilakukan satu kali aktivitas transportasi.

$$\begin{aligned} \text{Biaya Bongkar Muat} &= B \times A \\ &= \$411 \times 5 \\ &= \$2055 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Kirim} &= K \times T \\ &= \$2967 \times 1 \\ &= \$2967 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Distribusi} &= \text{Biaya Bongkar Muat} \\ &+ \text{Biaya Kirim} \\ &= \$2055 + \$2967 \\ &= \$5022 \end{aligned}$$

di mana:

B = ongkos bongkar muat

A = jumlah barang yang diangkut

K = ongkos kirim

T = jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan

Perhitungan biaya distribusi selengkapnya dari semua alternatif DC

untuk kondisi 1, 2, dan 3, ditunjukkan dalam Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 secara berurutan.

**Tabel 4.3 Biaya Distribusi (Kondisi 1)**

No.	Node	Alternatif	Ongkos Bongkar Muat (\$)	Banyak Unit	Ongkos Kirim (\$)	Banyak Aktivitas Transportasi	Biaya Bongkar Muat (\$)	Biaya Kirim (\$)	Biaya Distribusi (\$)
23	DC 1	Standar	411	5	2967	1	2055	2967	5022
		Singkat	740	5	3353	1	3700	3353	7053
24	DC 2	Standar	247	5	2095	1	1235	2095	3330
		Singkat	493	5	2589	1	2465	2589	5054
25	DC 3	Standar	986	5	4109	1	4930	4109	9039
		Singkat	2465	5	5803	1	12325	5803	18128

**Tabel 4.4 Biaya Distribusi (Kondisi 2)**

No.	Node	Alternatif	Ongkos Bongkar Muat (\$)	Banyak Unit	Ongkos Kirim (\$)	Banyak Aktivitas Transportasi	Biaya Bongkar Muat (\$)	Biaya Kirim (\$)	Biaya Distribusi (\$)
24	DC 2	Standar	247	3	2095	1	741	2095	2836
		Singkat	493	3	2589	1	1479	2589	4068
25	DC 3	Standar	986	2	4109	1	1972	4109	6081
		Singkat	2465	2	5803	1	4930	5803	10733

**Tabel 4.7 Biaya Distribusi (Kondisi 3)**

No.	Node	Alternatif	Ongkos Bongkar Muat (\$)	Banyak Unit	Ongkos Kirim (\$)	Banyak Aktivitas Transportasi	Biaya Bongkar Muat (\$)	Biaya Kirim (\$)	Biaya Distribusi (\$)
23	DC 1	Standar	411	2	2967	1	822	2967	3789
		Singkat	740	2	3353	1	1480	3353	4833
24	DC 2	Standar	247	2	2095	1	494	2095	2589
		Singkat	493	2	2589	1	986	2589	3575
25	DC 3	Standar	986	1	4109	1	986	4109	5095
		Singkat	2465	1	5803	1	2465	5803	8268

Dengan asumsi yang sama dengan penelitian terdahulu, yaitu menggunakan distribusi seragam diskrit, dibangkitkan data untuk memperoleh *rating* tiap subkriteria yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai CI dari semua alternatif DC 1, 2, dan 3. Pembangkitan data dilakukan menggunakan *tool* "Random Number Generation" di dalam Excel. Untuk mendapatkan nilai CI, cari terlebih dahulu

nilai masing-masing kriteria (SI, MI, dan FI) dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB R2012a.

Perlu diperhatikan bahwa informasi besarnya bobot (*w*) untuk masing-masing kriteria didapat dari wawancara pihak ahli dalam perusahaan atau dapat pula dengan menggunakan pendekatan AHP. Penelitian ini menggunakan asumsi besarnya bobot kriteria 1, 2, dan 3 di dalam konfigurasi

rantai pasok adalah 4%, 3.5%, dan 2.5% secara berurutan. Asumsi ini didasarkan pada penelitian Famuyiwa, Monplaisir, dan Nepal (2008) serta Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011). Sehingga perhitungan CI untuk DC 1 alternatif standar adalah sebagai berikut dan hasil selengkapnya pada Tabel 4.8.

Struktur aturan dasar *fuzzy* (3 variabel *input* dan 1 variabel *output*, masing-masing dengan 4 tingkatan dan tanpa bobot) serta ketentuan model *fuzzy logic* lainnya yang digunakan untuk menghitung indeks kompatibilitas dalam penelitian ini diadopsi dari Famuyiwa, Monplaisir, dan Nepal (2008) serta Nepal, Monplaisir, dan Singh (2005).

Tabel 4.8 CI Semua Alternatif DC

Node	Alternatif	SI	MI	FI	CI
DC 1	Standar	3.96	6.08	8.23	0.5770
	Singkat	8.23	8.23	7.50	0.8048
DC 2	Standar	5.03	6.08	7.50	0.6015
	Singkat	8.23	8.23	8.19	0.8220
DC 3	Standar	6.08	7.50	3.96	0.6047
	Singkat	8.19	7.50	8.23	0.7959

### 4.3 Tahap III: Menghitung Biaya Anggota Rantai Pasok dan Indeks Kompatibilitas

Setelah data biaya produksi, LT produksi, biaya distribusi pada *distribution center*, dan indeks kompatibilitas untuk semua alternatif dalam jaringan rantai pasok telah terkumpul, langkah selanjutnya adalah menyocokkan tiap strategi arsitektur terhadap masing-masing konfigurasi rantai pasok yang optimal.

Langkah selanjutnya adalah memasukkan model *goal programming* ke dalam *software* LINGO. Objektif yang ingin dicapai dalam optimasi ini adalah minimasi total biaya (TSCC) dan maksimasi total indeks kompatibilitas (TSCCI) rantai pasok setelah jaringan diperpanjang hingga ke *distribution center*. Yaitu,

#### 1) *Minimasi*

$$\{\sum_{i \in N} [h_i ((C_i \times AOH_i) + (W_i \times WIP_i)) + (H \times c_i \times \mu_i) + ((B_k \times A_k) + (K_k \times T_k))]\}$$

#### 2) *Maksimasi*

$$\{\sum_{i \in N} \beta_i\}$$

di mana frasa pertama yang bergaris bawah pada formula pertama merupakan perhitungan biaya rantai pasok dari *stage* pengadaan hingga *stage* produk jadi dan frasa kedua merupakan perhitungan biaya distribusi pada *node* DC. Sedangkan formula kedua adalah untuk perhitungan indeks kompatibilitas rantai pasok.

Model *goal programming* yang digunakan pada penelitian ini memiliki bentuk umum yang masih sama dengan penelitian Bimal, Nepal, dan Monplaisir (2011) namun variabel yang diperhitungkan di dalam rantai pasok bertambah. Formulasi adalah

$$\text{Minimasi } \{w_{TSCC} \left(\frac{\Delta_{TSCC}}{\lambda_{TSCC}}\right) + w_{CI} \left(\frac{\Delta_{CI}}{\lambda_{CI}}\right)\}$$

dengan kendala:

- i.  $(\sum_{i \in N} [h_i \{(C_i \times AOH_i) + (W_i \times WIP_i)\} + (H \times c_i \times \mu_i) + ((B_k \times A_k) + (K_k \times T_k)) - \Delta_{TSCC} \leq \lambda_{TSCC}$
- ii.  $\{\sum_{ij \in A} \beta_{ij}\} + \Delta_{CI} \geq \lambda_{CI}$
- iii.  $\{\sum_{O_i \in S(i)} y_{iO_i}\} = 1$ ; untuk semua *node*

Untuk mengetahui pengaruh bertambahnya variabel biaya distribusi di dalam model optimasi biaya rantai pasok, dilakukan perhitungan dengan tiga kondisi untuk masing-masing desain arsitektur, yaitu pemilihan satu, dua, dan tiga *distribution center* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Seperti pada penelitian terdahulu, masing-masing alternatif DC, yaitu standar dan singkat, dipertimbangkan dalam proses pembentukan konfigurasi rantai pasok yang optimal. Digunakan asumsi penambahan biaya sebesar \$8,000 (1 DC), \$15,000 (2 DC), dan \$20,000 (3 DC) terhadap hasil optimasi TSCC dari penelitian terdahulu untuk nilai target TSCC pada penelitian ini. Nilai asumsi tersebut didapatkan dari

perhitungan nilai rata-rata biaya distribusi, yaitu \$8000 untuk satu DC.

Hasil konfigurasi rantai pasok untuk semua kondisi dapat dilihat pada Tabel 4.9 - 4.14 dan Gambar 4.3 – 4.8 untuk bagan jaringan rantai pasoknya.

## 5. Analisis

Dilakukan empat macam analisis untuk mengerti lebih dalam makna dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

### 5.1 Analisis Hasil Penelitian

Dapat dilihat dalam tabel dalam Bab Pengumpulan dan Pengolahan Data, ditunjukkan mayoritas *node* dalam rantai pasok *bulldozer* untuk desain arsitektur modular, terpilih alternatif dua. Walaupun lebih mahal daripada alternatif satu, alternatif dua memiliki LT produksi yang lebih singkat dan *rating* kompatibilitas yang lebih tinggi untuk semua *node* karena modularitasnya meningkatkan derajat keterrgantungan, berdasarkan input biaya relatif, antar *node* rantai pasok. Karena banyak alternatif yang lebih mahal terpilih di dalam kasus desain modular, nilai COGS dari ketiga kondisi sedikit lebih tinggi pada desain modular dibandingkan pada desain integral. Akan tetapi, karena LT produksi dari alternatif terpilih dalam modular desain lebih singkat, biaya inventori pada desain ini selalu lebih rendah dibanding pada desain integral.

Tabel 5.1 hingga 5.3 memberi ringkasan hasil konfigurasi optimal untuk ketiga kasus.

Dari ketiga tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada kondisi pertama, biaya rantai pasok untuk desain modular lebih rendah daripada desain integral. Namun pada kondisi kedua dan ketiga justru sebaliknya, biaya total dari konfigurasi kedua rantai pasok tersebut bernilai lebih rendah untuk desain integral. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin banyak alternatif kedua yang terpilih, memungkinkan untuk berkurangnya biaya inventori yang berujung pada berkurangnya biaya keseluruhan rantai pasok.

Berkurangnya biaya inventori dikarenakan LT yang rendah dari alternatif

kedua. Maka semakin banyak alternatif dua terpilih, akan semakin singkat pula LT rantai pasok.

Hasil perhitungan telah menunjukkan bahwa TSCC berkurang dengan kenaikan indeks kompatibilitas. Akan tetapi, tidak ada korelasi langsung atau linear di antara TSCC dan TCI. Hal ini mungkin terjadi karena TSCC adalah fungsi dari COGS dan biaya inventori, yang mana sangat bergantung pada LT. Yang kedua, LT pemasok standar cenderung lebih lama dibandingkan alternatif singkat, namun karena biayanya lebih murah, dapat pula terjadi pemilihan alternatif standar oleh model.

Dengan memilih desain modular, suatu perusahaan dapat *outsource* lebih dari produksinya, mengarah pada lebih banyak penghematan biaya jika *outsourcing* tersebut dapat dicapai dengan biaya yang lebih rendah. Namun keputusan akhir pemilihan konfigurasi rantai pasok tetap merupakan wewenang manajemen, kerangka optimasi dalam penelitian ini hanya mampu menyediakan informasi lebih awal, proses yang objektif untuk membantu pembuatan keputusan.

### 5.2 Analisis Perbandingan Pendekatan yang Diusulkan dengan Pendekatan Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011)

Hasil model optimasi multi-tujuan yang diusulkan dibandingkan dengan model untuk konfigurasi rantai pasok dari Nepal, Monplaisir, dan Famuyiwa (2011). Penulis menggunakan pendekatan tersebut sebagai kasus dasar di dalam penelitian ini. Setelah ditambahkan variabel biaya distribusi ke dalam pemodelan optimasi TSCC, konfigurasi rantai pasok dapat berubah yang tentunya akan berdampak pula pada perubahan biaya di dalamnya. Perubahan konfigurasi juga berdampak pada tingkat stabilitas dalam hubungan rantai pasok. Bertambahnya tingkat stabilitas di dalam hubungan rantai pasok sebagai dampak dari pemilihan anggota yang lebih kompatibel dalam model multi-tujuan, mengizinkan pengambil keputusan untuk langsung memastikan biaya *trade-off* yang terlibat di dalam memperoleh kompatibilitas anggota yang terpilih di dalam rantai pasok.

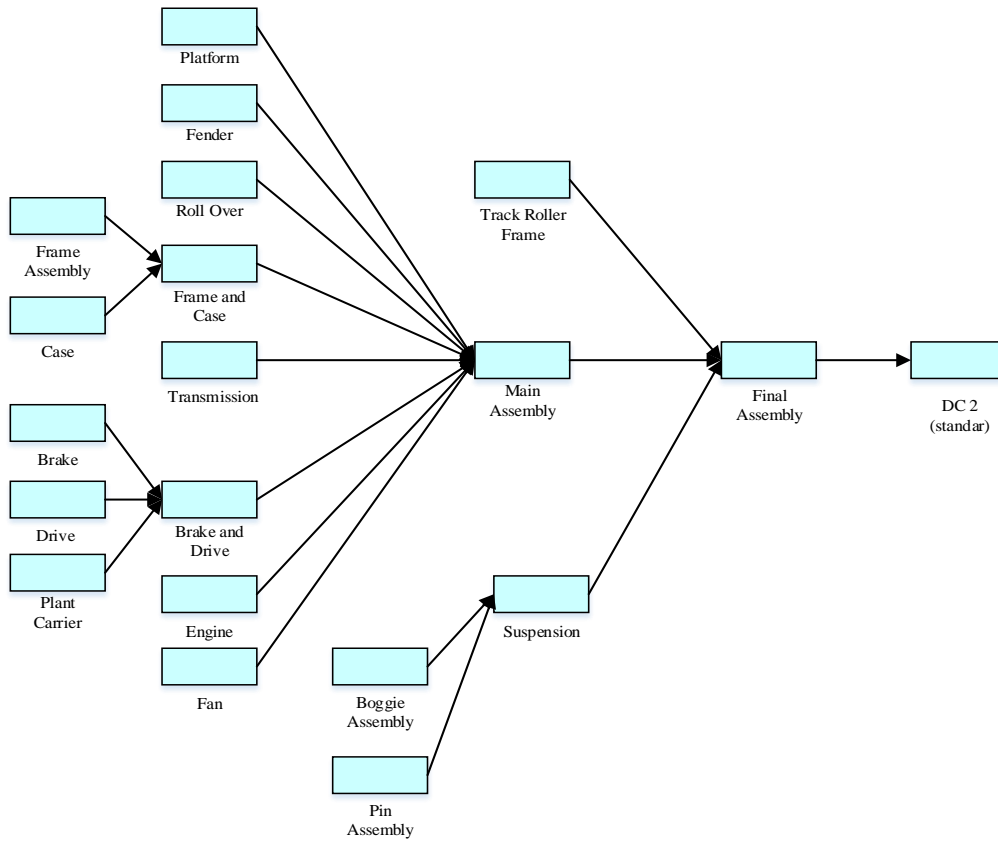
**Tabel 4.9 Hasil Konfigurasi Rantai Pasok Optimal untuk Arsitektur Integral Bulldozer-Kondisi 1**

No.	Stage	Alternatif Terpilih	S <sup>out</sup> (hari)	Biaya AOH (\$)	Biaya WIP (\$)	Biaya Inventori (\$)	COGS (\$)	SCC (\$)
1	Frame Assembly	2	0	0	0	0	808,600	808,600
2	Case	1	0	12,615	49,500	62,115	2,860,000	2,922,115
3	Brake	1	0	16,122	46,200	62,322	5,005,000	5,067,322
4	Drive	2	0	0	0	0	2,042,300	2,042,300
5	Plant Carrier	2	0	0	0	0	204,100	204,100
6	Platform	1	6	0	6,525	6,525	942,500	949,025
7	Fender	1	7	1,884	12,150	14,034	1,170,000	1,184,034
8	Roll Over	1	7	1,703	13,800	15,503	1,495,000	1,510,503
9	Frame and Case	1	7	19,196	85,728	104,924	1,950,000	2,054,924
10	Transmission	2	0	0	0	0	9,903,400	9,903,400
11	Brake and Drive	1	6	0	66,762	66,762	4,784,000	4,850,762
12	Engine	2	0	0	0	0	5,911,100	5,911,100
13	Fan	1	7	2,152	11,700	13,852	845,000	858,852
14	Boggy Assembly	1	0	2,823	9,488	12,311	747,500	759,811
15	Pin Assembly	1	0	788	4725	5,513	117,000	122,513
16	Track Roller Frame	1	10	0	45,000	45,000	3,900,000	3,945,000
17	Main Assembly	2	12	0	326,756	326,756	37,433,500	37,760,256
18	Suspension	1	7	0	25,883	25,883	4,680,000	4,705,883
19	Final Assembly	1	0	569,820	415,380	985,200	10,400,000	11,385,200
Total				627,102	1,119,596	1,746,699	95,199,000	96,945,699
20	Distribution Center 2	1						3330
Total								96,949,029

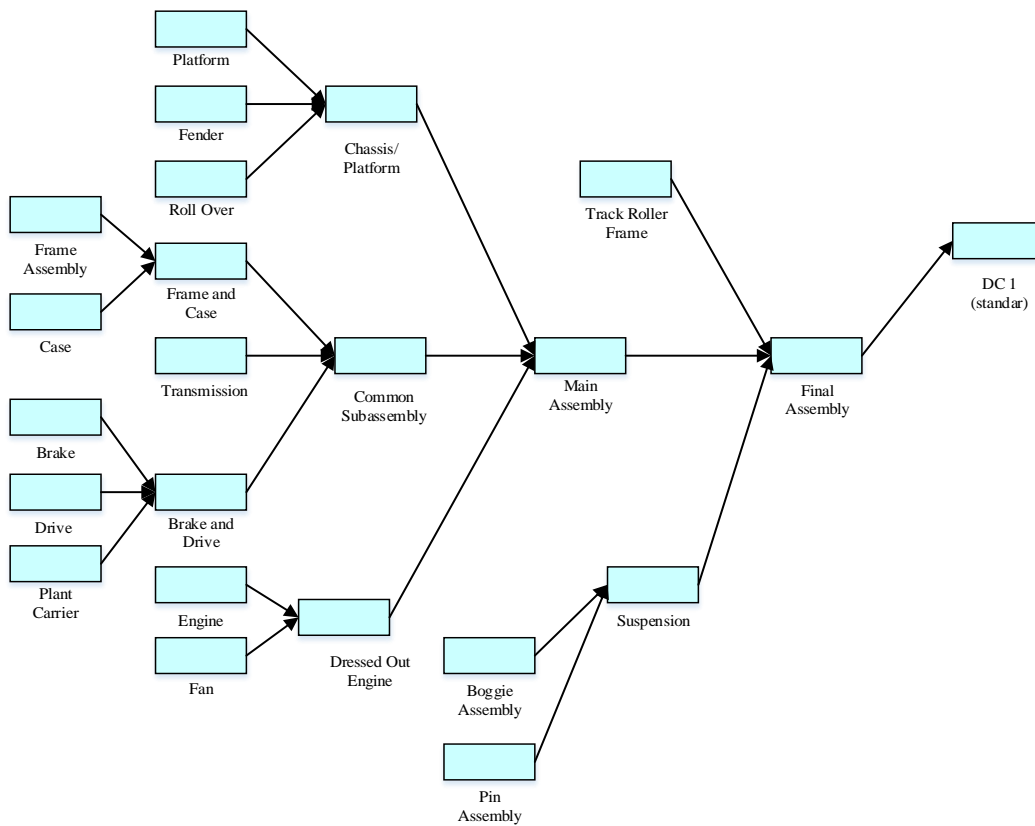


**Tabel 4.10 Hasil Konfigurasi Rantai Pasok Optimal untuk Arsitektur Modular *Bulldozer-Kondisi 1***

No.	Stage	Alternatif Terpilih	S <sup>out</sup> (hari)	Biaya AOH (\$)	Biaya WIP (\$)	Biaya Inventori (\$)	COGS (\$)	TSCC (\$)
1	<i>Frame Assembly</i>	2	0	0	0	0	808,600	808,600
2	<i>Case</i>	2	0	0	0	0	2,925,000	2,925,000
3	<i>Brake</i>	2	0	0	0	0	5,064,800	5,064,800
4	<i>Drive</i>	2	0	0	0	0	2,042,300	2,042,300
5	<i>Plant Carrier</i>	2	0	0	0	0	204,100	204,100
6	<i>Platform</i>	2	0	0	0	0	951,600	951,600
7	<i>Fender</i>	2	0	0	0	0	1,185,600	1,185,600
8	<i>Roll Over</i>	2	0	0	0	0	1,513,200	1,513,200
9	<i>Frame and Case</i>	2	3	6,583	21,957	28,540	2,047,500	2,076,040
10	<i>Transmission</i>	1	0	42,718	167,625	210,343	9,685,000	9,895,343
11	<i>Brake and Drive</i>	1	2	27,549	67,176	94,725	4,784,000	4,878,725
12	<i>Engine</i>	2	0	0	0	0	5,911,100	5,911,100
13	<i>Fan</i>	2	0	0	0	0	860,600	860,600
14	<i>Chassis/Platform</i>	2	5	0	15,017	15,017	5,713,500	5,728,517
15	<i>Common Subassembly</i>	2	5	0	75,716	75,716	10,497,500	10,573,216
16	<i>Dressed Out Engine</i>	2	3	0	32,834	32,834	5,427,500	5,460,334
17	<i>Boggy Assembly</i>	2	0	0	0	0	759,200	759,200
18	<i>Pin Assembly</i>	2	0	0	0	0	123,500	123,500
19	<i>Track Roller Frame</i>	2	7	0	0	0	3,958,500	3,958,500
20	<i>Main Assembly</i>	2	7	0	155,814	155,814	15,795,000	15,950,814
21	<i>Suspension</i>	1	7	0	26,030	26,030	4,680,000	4,706,030
22	<i>Final Assembly</i>	2	0	455,206	104,231	559,436	10,790,000	11,349,436
Total				532,056	666,399	1,198,454	95,728,100	96,926,554
20	<i>Distribution Center 1</i>	1						
21	<i>Distribution Center 2</i>	1						5022
22	<i>Distribution Center 3</i>	1						
Total								96,931,576



**Gambar 4.3 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Integral-Kondisi 1**



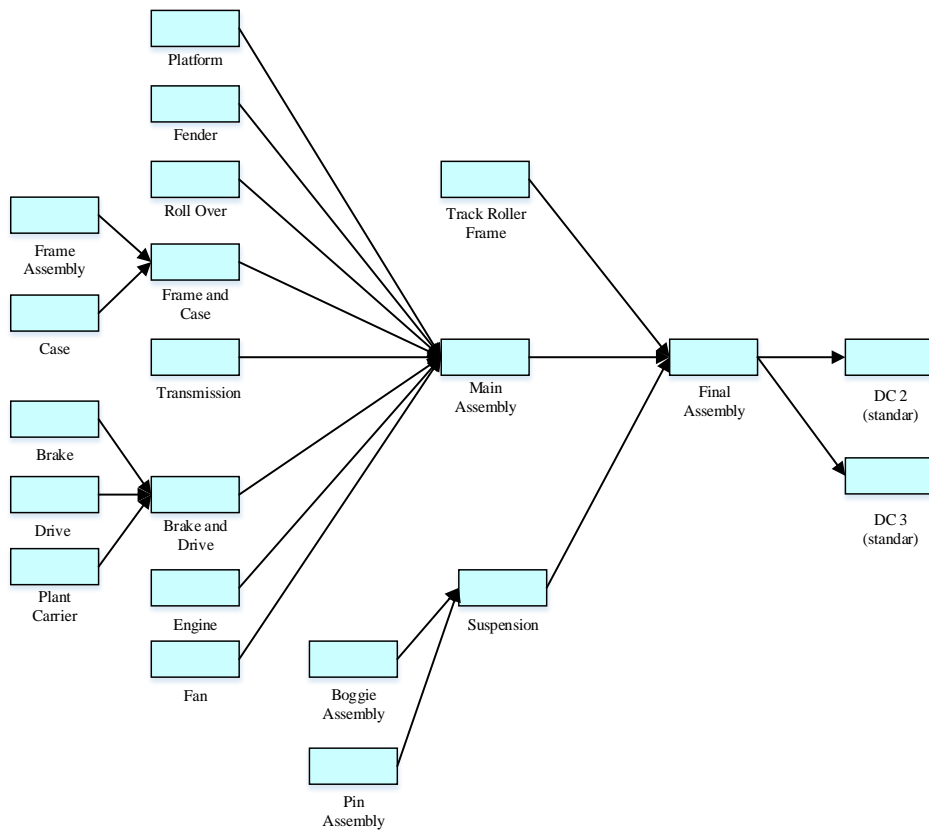
**Gambar 4.4 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Modular-Kondisi 1**

**Tabel 4.11 Hasil Konfigurasi Rantai Pasok Optimal untuk Arsitektur Integral *Bulldozer*-Kondisi 2**

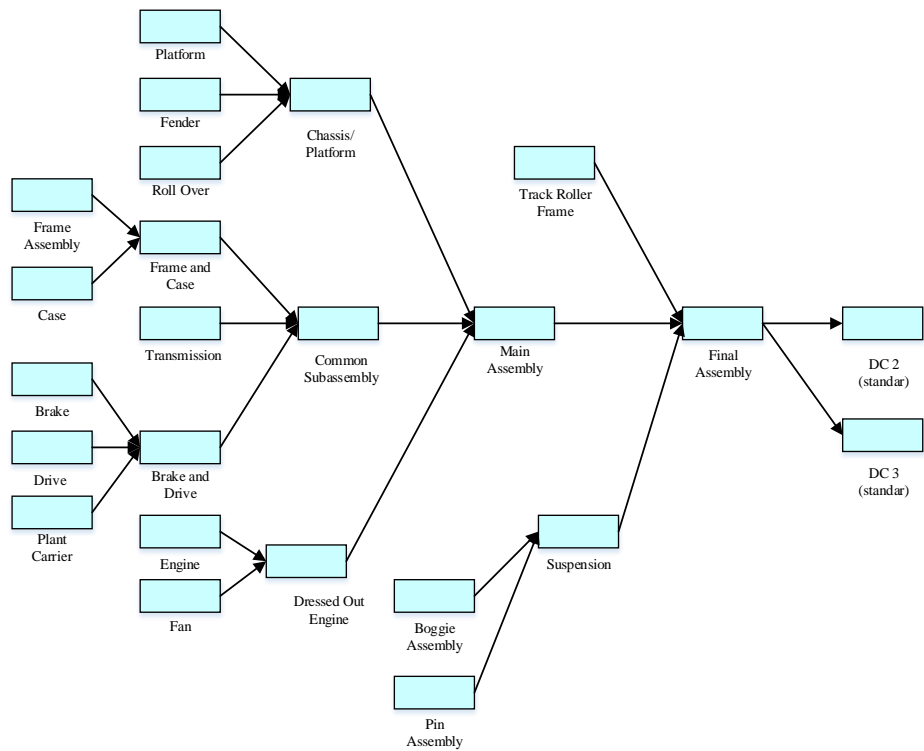
No.	Stage	Alternatif Terpilih	S <sup>out</sup> (hari)	Biaya AOH (\$)	Biaya WIP (\$)	Biaya Inventori (\$)	COGS (\$)	SCC (\$)
1	<i>Frame Assembly</i>	2	0	0	0	0	808,600	808,600
2	<i>Case</i>	1	0	12,615	49,500	62,115	2,860,000	2,922,115
3	<i>Brake</i>	1	0	16,122	46,200	62,322	5,005,000	5,067,322
4	<i>Drive</i>	2	0	0	0	0	2,042,300	2,042,300
5	<i>Plant Carrier</i>	2	0	0	0	0	204,100	204,100
6	<i>Platform</i>	1	6	0	6,525	6,525	942,500	949,025
7	<i>Fender</i>	1	7	1,884	12,150	14,034	1,170,000	1,184,034
8	<i>Roll Over</i>	1	7	1,703	13,800	15,503	1,495,000	1,510,503
9	<i>Frame and Case</i>	1	7	19,196	85,728	104,924	1,950,000	2,054,924
10	<i>Transmission</i>	2	0	0	0	0	9,903,400	9,903,400
11	<i>Brake and Drive</i>	1	6	0	66,762	66,762	4,784,000	4,850,762
12	<i>Engine</i>	2	0	0	0	0	5,911,100	5,911,100
13	<i>Fan</i>	1	7	2,152	11,700	13,852	845,000	858,852
14	<i>Bogie Assembly</i>	1	0	2,823	9,488	12,311	747,500	759,811
15	<i>Pin Assembly</i>	1	0	788	4725	5,513	117,000	122,513
16	<i>Track Roller Frame</i>	1	10	0	45,000	45,000	3,900,000	3,945,000
17	<i>Main Assembly</i>	1	12	147678	520,560	668,238	36,946,000	37,614,238
18	<i>Suspension</i>	1	7	0	25,883	25,883	4,680,000	4,705,883
19	<i>Final Assembly</i>	1	0	566,901	413,130	980,031	10,400,000	11,380,031
Total				771,862	1,311,151	2,083,013	94,711,500	96,794,513
21	<i>Distribution Center 2</i>	1						2589
22	<i>Distribution Center 3</i>	1						5095
Total								96,802,197

**Tabel 4.12 Hasil Konfigurasi Rantai Pasok Optimal untuk Arsitektur Modular *Bulldozer-Kondisi 2***

No.	Stage	Alternatif Terpilih	S <sup>out</sup> (hari)	Biaya AOH (\$)	Biaya WIP (\$)	Biaya Inventori (\$)	COGS (\$)	TSCC (\$)
1	<i>Frame Assembly</i>	1	0	3,904	17,243	21,147	786,500	807,647
2	<i>Case</i>	2	0	0	0	0	2,925,000	2,925,000
3	<i>Brake</i>	2	0	0	0	0	5,064,800	5,064,800
4	<i>Drive</i>	2	0	0	0	0	2,042,300	2,042,300
5	<i>Plant Carrier</i>	2	0	0	0	0	204,100	204,100
6	<i>Platform</i>	2	0	0	0	0	951,600	951,600
7	<i>Fender</i>	2	0	0	0	0	1,185,600	1,185,600
8	<i>Roll Over</i>	2	0	0	0	0	1,513,200	1,513,200
9	<i>Frame and Case</i>	2	3	6,559	21,855	28,414	2,047,500	2,075,914
10	<i>Transmission</i>	1	0	42,718	167,625	210,343	9,685,000	9,895,343
11	<i>Brake and Drive</i>	1	2	27549	67,176	94,725	4,784,000	4,878,725
12	<i>Engine</i>	2	0	0	0	0	5,911,100	5,911,100
13	<i>Fan</i>	2	0	0	0	0	860,600	860,600
14	<i>Chassis/Platform</i>	1	5	14,924	52,164	67,088	5,616,000	5,683,088
15	<i>Common Subassembly</i>	2	5	0	75,665	75,665	10,497,500	10,573,165
16	<i>Dressed Out Engine</i>	2	3	0	32,834	32,834	5,427,500	5,460,334
17	<i>Boggy Assembly</i>	2	0	0	0	0	759,200	759,200
18	<i>Pin Assembly</i>	1	0	788	4,725	5,513	117,000	122,513
19	<i>Track Roller Frame</i>	2	7	0	0	0	3,958,500	3,958,500
20	<i>Main Assembly</i>	2	7	0	155,538	155,538	15,795,000	15,950,538
21	<i>Suspension</i>	1	7	0	25,977	25,977	4,680,000	4,705,977
22	<i>Final Assembly</i>	1	0	454,606	104,085	558,691	10,790,000	11,348,691
Total				551,048	724,887	1,275,935	95,602,000	96,877,935
23	<i>Distribution Center 2</i>	1						2,589
24	<i>Distribution Center 3</i>	1						5,095
Total								96,885,619



**Gambar 4.5 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Integral-Kondisi 2**



**Gambar 4.6 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Modular-Kondisi 2**

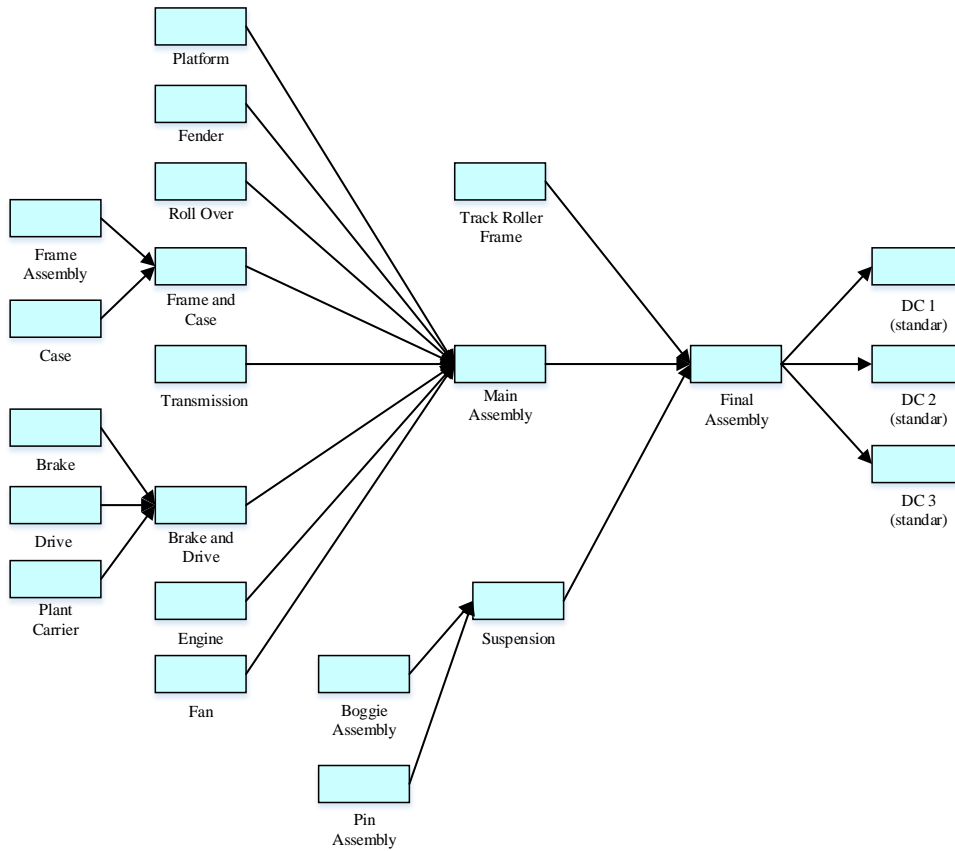
Tabel 4.13 Hasil Konfigurasi Rantai Pasok Optimal untuk Arsitektur Integral *Bulldozer-Kondisi 3*

No.	Stage	Alternatif Terpilih	S <sup>out</sup> (hari)	Biaya AOH (\$)	Biaya WIP (\$)	Biaya Inventori (\$)	COGS (\$)	SCC (\$)
1	<i>Frame Assembly</i>	2	0	0	0	0	808,600	808,600
2	<i>Case</i>	1	0	12,615	49,500	62,115	2,860,000	2,922,115
3	<i>Brake</i>	1	0	16,122	46,200	62,322	5,005,000	5,067,322
4	<i>Drive</i>	2	0	0	0	0	2,042,300	2,042,300
5	<i>Plant Carrier</i>	2	0	0	0	0	204,100	204,100
6	<i>Platform</i>	1	6	0	6,525	6,525	942,500	949,025
7	<i>Fender</i>	1	7	1,884	12,150	14,034	1,170,000	1,184,034
8	<i>Roll Over</i>	1	7	1,703	13,800	15,503	1,495,000	1,510,503
9	<i>Frame and Case</i>	1	7	19,196	85,728	104,924	1,950,000	2,054,924
10	<i>Transmission</i>	2	0	0	0	0	9,903,400	9,903,400
11	<i>Brake and Drive</i>	1	6	0	66,762	66,762	4,784,000	4,850,762
12	<i>Engine</i>	2	0	0	0	0	5,911,100	5,911,100
13	<i>Fan</i>	1	7	2,152	11,700	13,852	845,000	858,852
14	<i>Boggie Assembly</i>	1	0	2,823	9,488	12,311	747,500	759,811
15	<i>Pin Assembly</i>	1	0	788	4725	5,513	117,000	122,513
16	<i>Track Roller Frame</i>	1	10	0	45,000	45,000	3,900,000	3,945,000
17	<i>Main Assembly</i>	1	12	147678	520,560	668,238	36,946,000	37,614,238
18	<i>Suspension</i>	1	7	0	25,883	25,883	4,680,000	4,705,883
19	<i>Final Assembly</i>	1	0	566,901	413,130	980,031	10,400,000	11,380,031
Total				771,862	1,311,151	2,083,013	94,711,500	96,794,513
20	<i>Distribution Center 1</i>	1						3789
21	<i>Distribution Center 2</i>	1						2589
22	<i>Distribution Center 3</i>	1						5095
Total								96,805,986

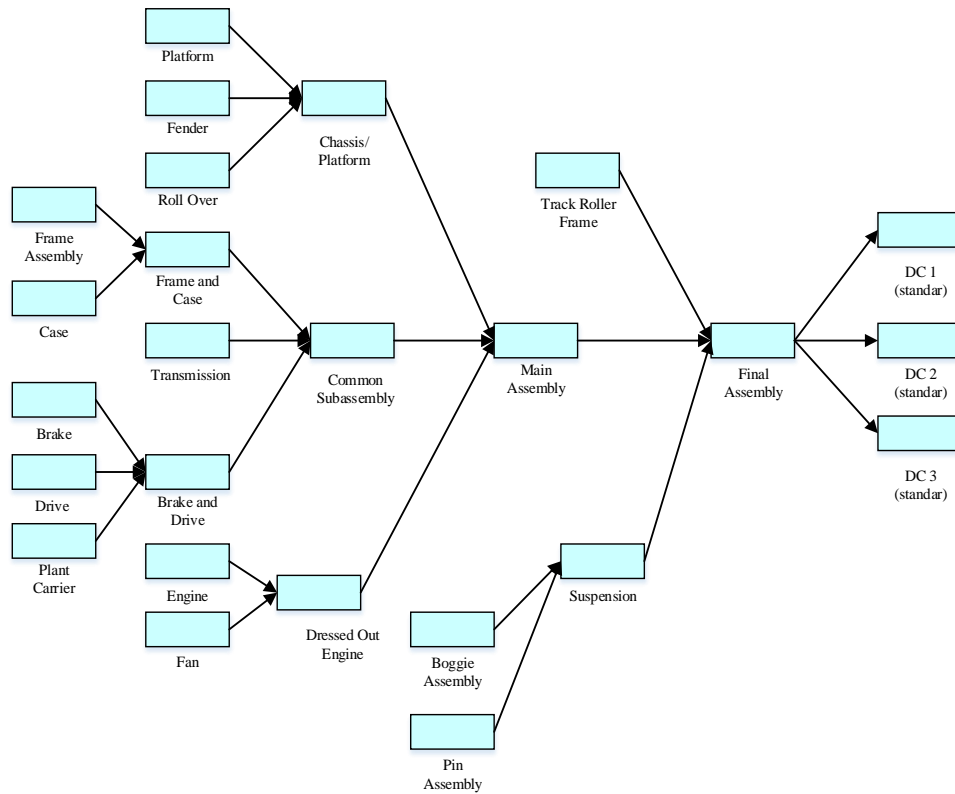
Tabel 4.14 Hasil Konfigurasi Rantai Pasok Optimal untuk Arsitektur Modular *Bulldozer-Kondisi 3*

No.	Stage	Alternatif Terpilih	S <sup>out</sup> (hari)	Biaya AOH (\$)	Biaya WIP (\$)	Biaya Inventori (\$)	COGS (\$)	TSCC (\$)
1	<i>Frame Assembly</i>	1	0	3,904	17,243	21,147	786,500	807,647
2	<i>Case</i>	2	0	0	0	0	2,925,000	2,925,000
3	<i>Brake</i>	2	0	0	0	0	5,064,800	5,064,800
4	<i>Drive</i>	2	0	0	0	0	2,042,300	2,042,300
5	<i>Plant Carrier</i>	2	0	0	0	0	204,100	204,100
6	<i>Platform</i>	2	0	0	0	0	951,600	951,600
7	<i>Fender</i>	2	0	0	0	0	1,185,600	1,185,600
8	<i>Roll Over</i>	2	0	0	0	0	1,513,200	1,513,200
9	<i>Frame and Case</i>	2	3	6,583	21,957	28,540	2,047,500	2,076,040
10	<i>Transmission</i>	1	0	42,718	167,625	210,343	9,685,000	9,895,343
11	<i>Brake and Drive</i>	1	2	27549	67,176	94,725	4,784,000	4,878,725
12	<i>Engine</i>	2	0	0	0	0	5,911,100	5,911,100
13	<i>Fan</i>	2	0	0	0	0	860,600	860,600
14	<i>Chassis/Platform</i>	1	5	14,923	52,164	67,087	5,616,000	5,683,087
15	<i>Common Subassembly</i>	2	5	0	76,445	76,445	10,497,500	10,573,945
16	<i>Dressed Out Engine</i>	2	3	0	32,834	32,834	5,427,500	5,460,334
17	<i>Boggy Assembly</i>	2	0	0	0	0	759,200	759,200
18	<i>Pin Assembly</i>	1	0	788	4,725	5,513	117,000	122,513
19	<i>Track Roller Frame</i>	2	7	0	0	0	3,958,500	3,958,500
20	<i>Main Assembly</i>	2	7	0	156,320	156,320	15,795,000	15,951,320
21	<i>Suspension</i>	1	7	0	26,030	26,030	4,680,000	4,706,030
22	<i>Final Assembly</i>	1	0	502,290	416,760	919,050	10,400,000	11,319,050
Total				598,755	1,039,279	1,638,034	95,212,000	96,850,034
23	<i>Distribution Center 1</i>	1						3,789
24	<i>Distribution Center 2</i>	1						2,589
25	<i>Distribution Center 3</i>	1						5,095
Total								96,861,507





**Gambar 4.7 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Integral-Kondisi 3**



**Gambar 4.8 Jaringan Rantai Pasok untuk Arsitektur Modular-Kondisi 3**

**Tabel 5.1 Tabel Performansi Arsitektur Integral dan Modular-Kondisi 1**

Kategori Biaya	Integral	Modular
COGS	\$95,199,000	\$95,728,100.00
Inventori	\$1,746,699	\$1,198,454.26
Distribusi	\$3,330	\$5,022
TSCC	\$96,949,029	\$96,931,576
COGS terhadap TSCC	98.19%	98.76%
Inventori terhadap TSCC	1.80%	1.24%
Distribusi terhadap TSCC	0.0034%	0.01%
Total CI	8.73	14.74

**Tabel 5.2 Tabel Performansi Arsitektur Integral dan Modular-Kondisi 2**

Kategori Biaya	Integral	Modular
COGS	\$94,711,500	\$95,602,000
Inventori	\$2,083,013	\$1,275,935
Distribusi	\$7,684	\$7,684
TSCC	\$96,802,197	\$96,885,619
COGS terhadap TSCC	97.84%	98.68%
Inventori terhadap TSCC	2.15%	1.32%
Distribusi terhadap TSCC	0.01%	0.01%
Total CI	8.43	13.34

**Tabel 5.3 Tabel Performansi Arsitektur Integral dan Modular-Kondisi 3**

Kategori Biaya	Integral	Modular
COGS	\$94,711,500	\$95,212,000
Inventori	\$2,083,013	\$1,695,960
Distribusi	\$11,473	\$11,473
TSCC	\$96,805,986	\$96,919,433
COGS terhadap TSCC	97.84%	98.24%
Inventori terhadap TSCC	2.15%	1.75%
Distribusi terhadap TSCC	0.01%	0.01%
Total CI	8.43	13.01

Penentuan nilai target untuk tiap tujuan atau *goal* di dalam pemodelan *Goal Programming* menjadi faktor yang sangat penting dalam penentuan konfigurasi rantai pasok yang optimal.

### 5.3 Analisis Perilaku Model

Di dalam penelitian ini juga dilakukan analisis perilaku model untuk lebih mengetahui sensitivitas model. Analisis ini dilakukan dengan merubah nilai parameter yang di dalam model. Beberapa perubahan kondisi yang dilakukan, di antaranya merubah nilai *rate* biaya inventori per unit ( $h$ ) dari 30% menjadi 20%, 40%, dan 50%. Yang kedua, merubah besarnya persentil permintaan konsumen ( $\alpha$ ) dari 95 yang memiliki tingkat keamanan 1.645, menjadi persentil 60 dengan tingkat keamanan 0.255 dan persentil 85 dengan tingkat keamanan 1.035. Lalu merubah besarnya nilai *common review period* ( $\lambda$ ) dari 2 menjadi 3 dan 5. Dilakukan pula perubahan besar waktu *interval of interest* manufaktur ( $H$ ) dari 260 hari kerja per tahun menjadi 288 hari kerja per tahun dengan perhitungan 6 hari kerja per minggu selama 12 bulan. Dilakukan perbandingan hasil TSCC dari model optimasi awal dengan arsitektur integral, yaitu \$96,946,767, dengan hasil TSCC apabila perubahan kondisi tersebut diberlakukan.

Dari proses perbandingan tersebut, hasil yang paling signifikan terlihat dari perubahan waktu *interval of interest*, yaitu menjadi \$107,199,707 dengan selisih dari TSCC awal adalah \$107,199,707. Sedangkan terbesar kedua adalah hasil dari perubahan besar  $h$  atau *rate* biaya inventori menjadi 50%, yaitu \$98,066,268 dengan selisih dari TSCC awal sebesar \$1,119,501. Dan terbesar ketiga adalah hasil dari perubahan besar  $h$  atau *rate* biaya inventori menjadi 40%, yaitu \$97,506,538 dengan selisih dari TSCC awal sebesar \$559,771. Jika dilihat dari hasil konfigurasi setelah  $h$  ditambah, menunjukkan bahwa semakin tinggi  $h$  maka semakin banyak alternatif dengan biaya yang lebih mahal terpilih. Hal ini dikarenakan alternatif kedua memiliki *lead time* yang lebih pendek. Semakin minimum *lead time*, maka akan semakin minimum pula biaya inventori di dalam rantai pasok.

### 5.4 Implikasi Manajerial

Dilakukan beberapa pengamatan pada pada penelitian ini. Pertama, semakin banyak jumlah modul di dalam jaringan rantai pasok, semakin tinggi *rating* kompatibilitas yang dibutuhkan karena modularitas meningkatkan tingkat ketergantungan antar *node* dalam rantai pasok. Dengan demikian, lebih banyak alternatif dengan indeks kompatibilitas yang lebih tinggi akan terpilih pada desain modular.

Di dalam mendapatkan indeks kompatibilitas, dipertimbangkan tiga kriteria yang dibagi ke dalam 12 subkriteria penilaian dalam penelitian ini. Subkriteria tersebut di antaranya kesesuaian budaya, kemampuan komunikasi dan berbagi informasi, kemampuan koordinasi dan kooperasi, kepercayaan dan komitmen manajerial kepada aliansi, kompatibilitas dalam tujuan strategis, teknik manajemen konflik, *profit margin*, *return on assets*, dan *bond rating*. Masing-masing subkriteria memiliki peranan penting dalam menilai kompatibilitas antar anggota rantai pasok. Contohnya saja apabila subkriteria kemampuan komunikasi dan berbagi informasi pada salah satu anggota rantai pasok bernilai rendah, maka pemahaman akan apa yang diinginkan atau dibutuhkan antar anggota akan rendah pula sehingga sangat memungkinkan terjadinya miskomunikasi yang berakibat pada pengeluaran biaya yang lebih besar dari seharusnya. Kecocokan antar anggota rantai pasok ini perlu diketahui dari awal proses desain dan pengembangan produk agar dapat memperoleh konfigurasi yang optimal dan menghindari kerugian perusahaan akibat ketidaksesuaian anggota rantai pasok.

Pengamatan kedua adalah bahwa semakin tinggi tingkat modularitas, semakin banyak jumlah *node*, akan semakin besar pula fleksibilitas rantai pasok. Hal ini dibuktikan dengan lebih banyaknya perubahan konfigurasi rantai pasok pada desain modular daripada desain integral. Yang ketiga, perusahaan dapat meng-*outsource* produksi modul-modul pada pemasok dengan biaya lebih rendah, sehingga dengan modularitas yg lebih tinggi akan lebih memungkinkan untuk meng-*outsource* lebih besar porsi produksi dengan

biaya lebih rendah, yang mengarah pada biaya rantai pasok keseluruhan yang lebih rendah pula.

Manajer dapat mengaplikasikan kerangka kerja yang diusulkan dalam empat cara. Pertama, kerangka kerja tersebut dapat menjadi acuan untuk mengevaluasi keputusan yang berkaitan dengan strategi arsitektural yang berbeda yang ada di dalam pembentukan rantai pasok suatu produk. Untuk perencanaan produk baru, kerangka kerja dapat membantu untuk mengidentifikasi strategi modular yang terbaik untuk memenuhi keseluruhan strategi perusahaan. Yang kedua, karena kesuksesan komersial dari suatu produk tidak hanya bergantung pada desain dan performansi teknikalnya saja akan tetapi juga pada performansi rantai pasok perusahaan di dalam mendukung produksi, pendesain produk harus berinteraksi secara intensif selama stase pengembangan produk dengan pihak ahli rantai pasok untuk memenuhi implikasi operasional alternatif desain produk. Hal ini dapat membantu pendesain produk untuk memformulasikan strategi arsitektur produk dengan menjadikan performansi rantai pasok sebagai pertimbangan. Ketiga, kerangka kerja dapat membantu manajer untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan berbagai macam strategi arsitektural. Sebagai contoh, kerangka kerja dapat membantu menghitung biaya rantai pasok saat menggunakan strategi modular tertentu pada tahap awal desain dan pengembangan produk sehingga pendesain produk dapat mengevaluasi efek desainnya terhadap rantai pasok dan merevisi desain jika perlu.

Keempat, kerangka kerja dapat membantu memperbaiki efisiensi dan stabilitas rantai pasok perusahaan dengan menggabungkan sumber, biaya inventori, dan keputusan kompatibilitas selama pembentukan konfigurasi rantai pasok. Semakin awal keputusan-keputusan tersebut dapat dikolaborasikan dengan keputusan desain produk, pengaruhnya akan semakin besar pada perusahaan.

Perusahaan manufaktur dan perakitan *bulldozer* pada penelitian ini memiliki permintaan yang deterministik, yaitu rata-rata 5 unit per hari dengan simpangan baku

3. Perusahaan juga memiliki tingkat keamanan yang cukup tinggi yaitu persentil 95 untuk dapat memenuhi waktu layanan terjamin atau *guaranteed service time*. Waktu layanan terjamin di sini mengharuskan perusahaan memenuhi permintaan konsumen sesegera mungkin. Dengan adanya *distribution center* dapat membantu perusahaan apabila ada konsumen yang lokasinya tidak mudah dijangkau. Lokasi konsumen yang terlalu jauh sangat berisiko bagi usaha perusahaan untuk memenuhi tingkat layanan yang telah ditentukan. Sehingga dibutuhkan *distribution center* untuk menghemat waktu dan biaya pengiriman.

Namun di dalam kondisi tertentu, dimungkinkan adanya kemungkinan dimana konsumen mengambil langsung setiap order yang ada langsung ke bagian pabrik. Hal itu tergantung berdasarkan hasil negosiasi antara perusahaan dan konsumen, jika posisi lokasi konsumen lebih dekat dengan pabrik dibandingkan *distribution center* maka kemungkinan besar hasil dari negosiasi tersebut adalah konsumen yang mengambil langsung barang tersebut ke pabrik atau pengiriman langsung dari pabrik menuju konsumen tersebut. Namun fokus penelitian ditujukan pada konsumen yang bertempat lebih dekat dengan *distribution center*, sehingga pengambilan langsung barang pada *distribution center* baik itu diambil langsung oleh konsumen atau pengiriman langsung dari *distribution center* terhadap konsumen di luar lingkup dari penelitian ini.

Dengan bertambahnya anggota rantai pasok, yaitu dalam hal ini *distribution center*, sebaiknya masing-masing anggota rantai pasok dapat lebih responsif agar produk dapat terselesaikan pada waktu yang tepat. Biaya pada masing-masing anggota rantai pasok juga sebaiknya dijaga seminimal mungkin agar biaya keseluruhan rantai pasok tidak membengkak.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik tiga kesimpulan. Yang pertama, penambahan variabel distribusi di dalam model *Goal Programming* penelitian

terdahulu sangat mempengaruhi konfigurasi yang telah dihasilkan. Perubahan konfigurasi rantai pasok berdampak pada besarnya biaya inventori, *cost of goods sold* (COGS), dan berujung pada perubahan biaya rantai pasok keseluruhan.

Kedua, pengaruh *distribution center* terhadap keputusan desain rantai pasok yaitu berada pada perubahan anggota terpilih, perubahan *lead time* dan biaya yang harus dipertimbangkan. Untuk lebih jauhnya, perusahaan dapat mempertimbangkan penentuan banyaknya dan *distribution center* mana saja yang dibutuhkan untuk membantu kelancaran bisnis perusahaan.

Yang terakhir, kerangka kerja dalam penelitian ini dapat digunakan pengambil keputusan untuk membantu mempertimbangkan desain rantai pasok dari tahap awal pengadaan bahan baku, proses perakitan, hingga pendistribusian produk jadi ke *distribution center*.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Akbar, M. Dedy, Rahman, A., Tantrika, Ceria F.M. 2013. Optimalisasi Aliran Distribusi dan Alokasi Material dengan Metode *Linear Programming* (Studi Kasus: PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang). Universitas Brawijaya, Malang.
- Cabigiosu, A., Zirpoli, F., Camuffo, A. 2012. Modularity, Interfaces Definition and The Integration of External Sources of Innovation in The Automotive Industry. *Research Policy*, Vol. 42, pp. 662-675.
- Doran, D. 2003. Supply chain implication of modularization. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 23, No. 3, pp. 316-326.
- Famuyiwa, O., Monplaisir, L., Nepal, B., 2008. Integrated fuzzy logic based framework for partners' compatibility rating in OEM-suppliers strategic alliance formation. *International Journal of Production Economics*, Vol. 113, pp. 862-875.
- Fine, C. H., Golany, B., Naseraldin, H., 2005. Modeling tradeoffs on three dimensional concurrent engineering: A goal programming approach. *Journal of*

- Operations Management*, Vol. 23, pp. 389–403.
- Graves, S. C. dan Willems, S. P., 2003. *Supply chain design: Safety stock placement and supply chain configuration*. In: de Kok, A.G., Graves, S.C. (Eds.), *Handbooks in Operations Research and Management Science, Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation*. North-Holland, Amsterdam, The Netherlands (Chapter 3).
- Graves, S. C. dan Willems, S.P., 2005. Optimizing the supply chain configuration for new products. *Management Science*, Vol. 51, No. 8, pp. 1165–1180.
- Handfield, R. B dan Nichols, E. L. 1999. *Introduction to Supply Chain Management*. Prentice Hall Inc.
- Huang, G. Q., Zhang, X. Y., Liang, L., 2005. Towards integrated optimal configuration of platform products, manufacturing process, and supply chains. *Journal of Operations Management*, Vol. 23, pp. 267-290.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Edisi-2 Graha Ilmu, Jakarta
- Nepal, B., Monplaisir, L., Famuyiwa, O. 2011. Matching product architecture with supply chain design. *European Journal of Operational Research*, Vol. 216, pp. 312-325.
- Nepal, B., Monplaisir, L., Singh, N. 2005. Integrated fuzzy logic-based model for product modularization during concept development phase. *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, pp. 157-174.
- Oliver, R. K dan Webber, M. D. 1982. *Supply-chain management: logistics catches up with strategy*. *Outlook*, Booz, Allen and Hamilton Inc., reprinted in *Logistics: The Strategic Issues*, ed. M Christopher. 1992. Chapman Hall: London, pp. 63-75.
- Paulson, L. D. 2001. Understanding supply chain management. *IT Professional Magazine*, Vol. 3, No. 1, pp. 10-13.
- Pujawan, I Nyoman. 2005. *Supply Chain Management*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Ulrich, K.T. dan Eppinger, D. 1995. *Product Design and Development 2<sup>nd</sup> Edition*. McCraw-Hill Company
- Verdouw, C.N., Beulens, A.J.M., Trienekens, J.H., Verwaart, T., 2010. Mastering demand and supply uncertainty with combined product and process configuration. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 23 (6), 515–528.
- Vrijhoef, R. dan Koskela, L. 1999. Roles of supply chain management in construction. *Proceedings IGLC-7*, pp. 133-146.
- <http://www.farhiyatrans.com/2014/05/kirim-kendaraan-dengan-kapal-pelni-surabaya.html> diakses pada 24 November 2014
- <http://www.berniaga.com/Jasa+kirim+mobil+motor+alat+berat+jakarta+medan-21374399.htm> diakses pada 24 November 2014