

## Optimasi Biaya Distribusi Rantai Pasok Tiga Tingkat dengan Menggunakan Algoritma Genetika Adaptif dan Terdistribusi

Zulfahmi Indra\*<sup>1</sup>, Subanar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika, FMIPA Unimed, Medan

<sup>2</sup>Jurusan Matematika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: \*[zulfahmi.indra.z@gmail.com](mailto:zulfahmi.indra.z@gmail.com), [subanar@yahoo.com](mailto:subanar@yahoo.com)

### Abstrak

Manajemen rantai pasok merupakan hal yang penting. Inti utama dari manajemen rantai pasok adalah proses distribusi. Salah satu permasalahan distribusi adalah strategi keputusan dalam menentukan pengalokasian banyaknya produk yang harus dipindahkan mulai dari tingkat manufaktur hingga ke tingkat pelanggan. Penelitian ini melakukan optimasi rantai pasok tiga tingkat mulai dari manufaktur-distributor-gosir-retail. Adapun pendekatan yang dilakukan adalah algoritma genetika adaptif dan terdistribusi. Solusi berupa alokasi banyaknya produk yang dikirim pada setiap tingkat akan dimodelkan sebagai sebuah kromosom. Parameter genetika seperti jumlah kromosom dalam populasi, probabilitas crossover dan probabilitas mutasi akan secara adaptif berubah sesuai dengan kondisi populasi pada generasi tersebut. Dalam penelitian ini digunakan 3 sub populasi yang bisa melakukan pertukaran individu setiap saat sesuai dengan probabilitas migrasi. Adapun hasil penelitian yang dilakukan 30 kali untuk setiap perpaduan nilai parameter genetika menunjukkan bahwa nilai biaya terendah yang didapatkan adalah 80,910, yang terjadi pada probabilitas crossover 0.4, probabilitas mutasi 0.1, probabilitas migrasi 0.1 dan migration rate 0.1. Hasil yang diperoleh lebih baik daripada metode stepping stone yang mendapatkan biaya sebesar 89,825.

**Kata kunci**— manajemen rantai pasok, rantai pasok tiga tingkat, algoritma genetika adaptif, algoritma genetika terdistribusi.

### Abstract

Supply chain management is critical in business area. The main core of supply chain management is the process of distribution. One issue is the distribution of decision strategies in determining the allocation of the number of products that must be moved from the level of the manufacture to the customer level. This study take optimization of three levels distribution from manufacture-distributor-wholesale-retailer. The approach taken is adaptive and distributed genetic algorithm. Solution in the form of allocation of the number of products delivered at each level will be modeled as a chromosome. Genetic parameters such as the number of chromosomes in the population, crossover probability and adaptive mutation probability will change adaptively according to conditions on the population of that generation. This study used 3 sub-populations that exchange individuals at any time in accordance with the probability of migration. The results of research conducted 30 times for each value of the parameter genetic fusion showed that the lowest cost value obtained is 80,910, which occurs at the crossover probability 0.4, mutation probability 0.1, the probability of migration 0.1 and migration rate 0.1. This result has shown that adaptive and distributed genetic algorithm is better than stepping stone method that obtained 89,825.

**Keywords**— management supply chain, three level supply chain, adaptive genetic algorithm, distributed genetic algorithm.

## 1. PENDAHULUAN

Setiap perusahaan tidak dapat lepas dari persoalan transportasi, baik untuk pengadaan bahan baku ataupun dalam mengalokasikan barang jadinya. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalkan biaya transportasi adalah dengan mengoptimalkan pendistribusian barang sebaik mungkin, yaitu dengan menggunakan metode transportasi [1]. Esensi dari persaingan bisnis saat ini terletak pada bagaimana sebuah perusahaan dapat mengimplementasikan proses penciptaan produk secara lebih murah, lebih baik, dan lebih cepat (*cheaper, better, and faster*) dibandingkan dengan pesaing bisnisnya, sehingga diperlukan rantai pasok yang efektif.

Menurut [2], rantai pasok adalah suatu sistem tempat organisasi menyalurkan barang produksi dan jasanya kepada para pelanggannya. Konsep rantai pasok merupakan konsep baru dalam melihat persoalan logistik. Konsep lama melihat logistik lebih sebagai persoalan intern masing-masing perusahaan dan pemecahannya dititikberatkan pemecahan secara intern di perusahaan masing-masing. Menurut [3], memaparkan bahwa inti utama dari manajemen rantai pasok adalah proses distribusi. Distribusi yang optimal akan menjadi kunci dari keberhasilan perusahaan dalam menjalankan bisnis. Pada persoalan distribusi ini terdapat dua macam biaya yang berpengaruh (i) variabel cost yaitu biaya yang meningkat seiring dengan jumlah produk yang diantarkan dari sumber ke tujuan, (ii) fixed cost yaitu biaya yang timbul setiap terjadi proses transportasi untuk sejumlah barang dari sumber ke tujuan.

Penelitian [4], menyatakan bahwa rantai pasok tiga tingkat dibatasi oleh kapasitas dengan memperhatikan peramalan terbaru, dimana masing-masing retailer, manufaktur dan pemasok itu memiliki permasalahan-permasalahan sendiri, sehingga mereka sangat membutuhkan peramalan yang terbaik. Sedangkan menurut [5], sistem rantai pasok tiga tingkat itu bersifat stokastik sehingga beberapa biaya sulit untuk dicapai nilai minimalnya.

Penyelesaian rantai pasok tiga tingkat juga bisa dengan menggunakan kecerdasan buatan. [6] mengintegrasikan model rantai pasok tiga tingkat dengan pendekatan kecerdasan buatan sehingga manajemen rantai pasok bisa disimulasikan secara baik. Disamping itu, dapat menentukan struktur biaya masing-masing bagian seperti pemasok, grosir dan retailer. Beberapa penelitian menggunakan *particle swarm optimization* dalam memecahkan permasalahan rantai pasok tiga tingkat seperti penelitian yang dilakukan oleh [7] [8] dan [9]. Teknik simulasi juga merupakan salah satu cara penyelesaian permasalahan rantai pasok seperti yang dilakukan oleh [10]. Penelitian terbaru dilakukan oleh [11], dimana dalam penelitiannya dipecahkan kasus distribusi dua tingkat dengan menggunakan *bees algorithm*.

Permasalahan distribusi tiga tingkat merupakan permasalahan yang kompleks dalam jaringan rantai pasok, dimana sebagian besar dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diarahkan pada permasalahan distribusi satu dan dua tingkat. Dengan pertimbangan di atas, penelitian ini memusatkan pada permasalahan distribusi rantai pasok tiga tingkat yang melibatkan manufaktur, distributor, grosir dan retail, dengan tujuan meminimumkan biaya total distribusi atau transportasi. Oleh karena itu pendekatan algoritma genetika adaptif dan terdistribusi diharapkan mampu menentukan biaya total distribusi yang paling optimal. Mengingat kompleksnya permasalahan rantai pasok tiga tingkat. Penggunaan metode *meta-heuristic* seperti algoritma genetika dapat dengan cepat menyelesaikan permasalahan. Supply chain model merupakan permasalahan yang sangat besar dan kompleks, dimana waktu menjadi tuntutan yang wajib untuk memuaskan pasar. Menurut [12] dalam bukunya yang membahas berbagai metode baik deterministik maupun metode stokastik untuk *supply chain*, pencarian dengan algoritma genetika lebih dapat diandalkan untuk berbagai permasalahan *supply chain* umum (*less-problem dependant*). Kelebihan pencarian dengan GA adalah adanya rekombinasi antar individu sehingga didapatkan hasil yang lebih baik pada iterasi berikutnya. Dinyatakan oleh [12], bahwa salah satu cara untuk meningkatkan kinerja dari GA adalah dengan memasang rate mutasi yang berubah-ubah sepanjang iterasi (adaptif).

## 1. Penentuan Batasan Keras

Berikut ini adalah beberapa batasan yang harus dipenuhi:

- a. Kendala kapasitas manufaktur terdapat pada persamaan (1).

$$\sum_{i=1}^s X_{ij} \leq S_i \quad (1)$$

dengan :

$s$  merupakan jumlah manufaktur

$S_i$  merupakan kapasitas manufaktur  $i$

$X_{ij}$  merupakan unit barang yang dikirim dari manufaktur  $i$  ke distributor  $j$

- b. Kendala kapasitas distributor ditunjukkan pada persamaan (2).

$$\sum_{j=1}^p X_{jk} \leq S_j \quad (2)$$

dengan:

$p$  merupakan jumlah distributor

$S_j$  merupakan kapasitas distributor  $j$

$X_{jk}$  merupakan unit barang yang dikirim dari distributor  $j$  ke grosir  $k$

- c. Kendala kapasitas grosir ditentukan pada persamaan (3).

$$\sum_{k=1}^q X_{kl} \leq S_k \quad (3)$$

dengan:

$q$  merupakan jumlah grosir

$S_k$  merupakan kapasitas grosir  $k$

$X_{kl}$  merupakan unit barang yang dikirim dari grosir  $k$  ke retailer  $l$

- d. Kendala permintaan retailer ditunjukkan pada persamaan (4).

$$\sum_{k=1}^q X_{kl} = D_l \quad (4)$$

dengan:

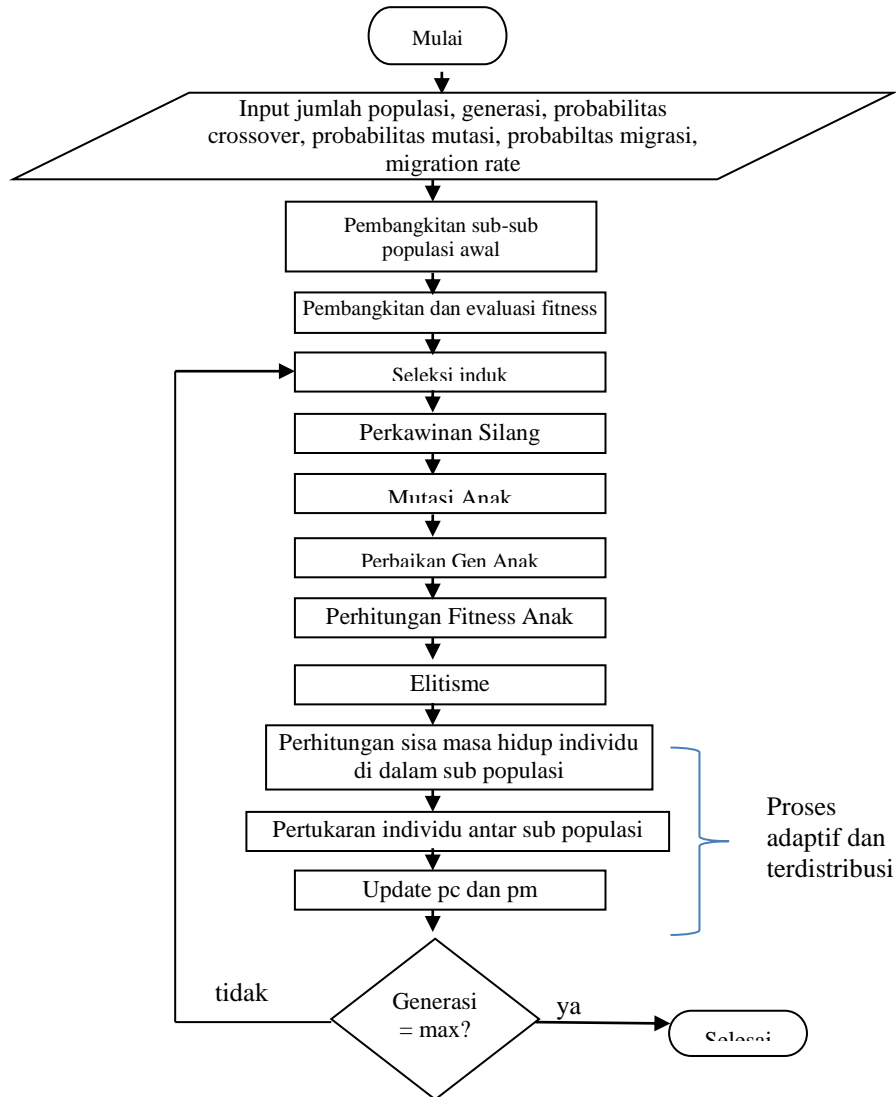
$q$  merupakan jumlah grosir

$D_l$  merupakan permintaan retailer  $l$

$X_{kl}$  merupakan unit barang yang dikirim dari grosir  $k$  ke retailer  $l$

## 2. Algoritma Genetika Adaptif dan Terdistribusi

Langkah yang dilakukan dalam algoritma genetika adaptif dan terdistribusi hampir sama dengan algoritma genetika biasa. Dalam algoritma genetika adaptif, beberapa parameter genetika seperti probabilitas mutasi, probabilitas *crossover* dan jumlah individu di dalam sub populasi dibuat dinamis dan berubah-ubah sepanjang waktu. Dalam algoritma genetika terdistribusi, terdapat beberapa sub populasi yang mana masing-masing akan dikembangkan sendiri-sendiri secara paralel, dan kemudian memungkinkan untuk terjadinya perpindahan antar sub populasi. Adapun langkah dalam algoritma genetika adaptif dan terdistribusi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Algoritma Genetika Adaptif dan Terdistribusi

## 2. METODE PENELITIAN

### a. Representasi Kromosom

Kromosom merupakan solusi yang diinginkan. Dalam rantai pasok tiga tingkat ini, solusi yang diinginkan adalah jumlah distribusi barang dari setiap manufaktur ke setiap distributor, dari setiap distributor ke setiap grosir dan dari setiap grosir ke setiap retail. Dengan demikian, maka sebuah kromosom direpresentasikan ke dalam 3 sub, dimana sub pertama mewakili jumlah barang yang didistribusikan dari setiap manufaktur menuju ke setiap distributor. Panjang sub pertama adalah sejumlah manufaktur dikalikan dengan jumlah distributor. Sub kedua mewakili jumlah barang yang didistribusikan dari setiap distributor ke setiap grosir dengan panjang jumlah distributor dikalikan dengan jumlah grosir, sedangkan sub ketiga mewakili jumlah barang yang didistribusikan dari setiap grosir menuju setiap retail dengan panjang jumlah grosir dikalikan dengan jumlah retail. Gambar 2 menunjukkan representasi kromosom.

Sub 1	M1D1	M2D1	...	MiD1	M1D2	M2D2	....	...	MiDj
Sub 2	D1G1	D2G1	...	DjG1	D1G2	D2G2	....	...	DjGk
Sub 3	G1R1	G2R1	...	GkR1	G1R2	G2R2	....	...	GkRl

Gambar 2 Representasi Kromosom

Pada Gambar 2 setiap slot akan mewakili jumlah barang yang didistribusikan. Pembangkitan kromosom dimulai dari sub 3, karena permintaan berasal dari retail yang berada pada sub 3. Sub 3 dimulai dari pemenuhan kebutuhan dari satu retail oleh setiap grosir, kemudian dilanjutkan dengan pemenuhan kebutuhan retail lainnya oleh setiap grosir. G1R1 berarti jumlah barang yang didistribusikan dari grosir 1 menuju ke retail 1, demikian seterusnya. Sub selanjutnya yang akan dibangkitkan adalah sub 2, dimana sub 2 akan dimulai dengan pemenuhan kebutuhan satu grosir oleh setiap distributor. D1G1 mewakili jumlah barang yang didistribusikan dari distributor 1 ke grosir 1, dan seterusnya. Sub terakhir yang dibangkitkan adalah sub 3, yaitu pemenuhan kebutuhan setiap distributor oleh manufaktur berdasarkan permintaan pada sub 2. Setiap slot pada sub 1 mewakili jumlah barang yang didistribusikan dari sebuah manufaktur ke sebuah distributor. M1D1 mewakili jumlah barang yang didistribusikan dari manufaktur 1 menuju ke distributor 1, dan demikian seterusnya.

#### b. Penentuan Fungsi Fitness

Setiap kromosom yang telah dibangkitkan, akan dievaluasi dengan sebuah fungsi yang disebut sebagai fungsi *fitness*. Semakin tinggi nilai *fitness*, maka semakin kuat sebuah individu. Perhitungan nilai *fitness* dalam hal ini didasarkan pada biaya distribusi. Adapun biaya distribusi barang ditentukan dengan persamaan (5).

$$Z = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^p (X_{ij}C_{ij} + a_{ij}F_{ij}) + \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q (X_{jk}C_{jk} + a_{jk}F_{jk}) + \sum_{k=1}^q \sum_{l=1}^r (X_{kl}C_{kl} + a_{kl}F_{kl}) \quad (5)$$

dengan:

$X_{ij}$ : jumlah distribusi barang dari manufaktur  $i$  ke distributor  $j$

$C_{ij}$ : biaya variabel distribusi barang dari manufaktur  $i$  ke distributor  $j$

$F_{ij}$ : biaya tetap distribusi barang dari manufaktur  $i$  ke distributor  $j$

$a_{ij}$ : bernilai 1 jika ada distribusi dari manufaktur  $i$  ke distributor  $j$ , sebaliknya 0 jika tidak ada

$X_{jk}$ : jumlah distribusi barang dari distributor  $j$  ke grosir  $k$

$C_{jk}$ : biaya variabel distribusi barang dari distributor  $j$  ke grosir  $k$

$F_{jk}$ : biaya tetap distribusi barang dari distributor  $j$  ke grosir  $k$

$a_{jk}$ : bernilai 1 jika ada distribusi dari distributor  $j$  ke grosir  $k$ , sebaliknya 0 jika tidak ada

$X_{kl}$ : jumlah distribusi barang dari grosir  $k$  ke retail  $l$

$C_{kl}$ : biaya variabel distribusi barang dari grosir  $k$  ke retail  $l$

$F_{kl}$ : biaya tetap distribusi barang dari grosir  $k$  ke retail  $l$

$a_{kl}$ : bernilai 1 jika ada distribusi dari grosir  $k$  ke retail  $l$ , sebaliknya 0 jika tidak ada

Permasalahan pada rantai pasok 3 tingkat ini adalah meminimalkan biaya transportasi, sehingga nilai *fitness* bisa ditentukan dengan persamaan (6).

$$Fitness = \frac{1}{Z} \quad (6)$$

#### c. Metode Seleksi

Metode seleksi yang digunakan adalah metode *roulette wheel*, dimana semakin besar nilai *fitness* suatu kromosom, maka makin besar pula peluangnya untuk dipilih. Setiap kromosom akan menempati area tertentu di dalam *roulette* yang besarnya sebanding dengan nilai *fitness*-nya. Dengan demikian, diharapkan kromosom yang memiliki nilai *fitness* tinggi (kromosom yang baik) akan memiliki peluang yang lebih tinggi untuk dipilih sebagai induk, sehingga anak yang dihasilkan diharapkan bisa lebih baik lagi.

d. Metode *Crossover*

Metode *crossover* yang digunakan adalah metode *crossover* satu titik potong, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Titik potong diletakkan pada perpotongan antar retail, untuk mengurangi resiko invalid. Adapun *crossover* hanya dilakukan pada sub ke-3 dengan alasan, setelah perkawinan silang, nilai-nilai distribusi akan berubah, dengan demikian permintaan ke setiap grosir, distributor dan manufaktur akan berubah. Hal ini berdampak pada disesuaikannya sub 2 dan sub 3, yang prosesnya hampir sama dengan mengacak kembali sub 2 dan sub 3. Pada Gambar 3 tampak bahwa anak 1 mengambil bagian sebelum titik potong dari induk 1, dan induk 2 setelah titik potong. Anak 2 mengambil bagian sebelum titik potong dari induk 2 dan induk 1 setelah titik potong.

Individu 1Sub 3	10	20	0	5	0	10	5	5	25
Individu 2 Sub 3	5	10	15	0	10	5	15	5	15
Anak 1Sub 3	10	20	0	5	0	10	15	5	15
Anak 2 Sub 3	5	10	15	0	10	5	5	5	25

Gambar 3 Proses perkawinan silang

## e. Metode Mutasi

Proses mutasi yang digunakan adalah teknik pertukaran, dimana akan dipilih 2 gen dalam satu retail secara acak, kemudian akan ditukarkan. Alasan pemilihan gen dalam satu retail adalah untuk mengurangi resiko invalid. Gambar 4 menunjukkan proses mutasi, dimana setelah diacak, gen yang terpilih adalah gen 4 dan 6, sehingga gen 4 dan 6 ditukarkan.

Anak 1Sub 3 sebelum mutasi	10	20	0	5	0	10	15	5	15
Anak 1 Sub 3 sesudah mutasi	10	20	0	10	0	5	15	5	15

Gambar 4 Proses Mutasi

## f. Perhitungan Sisa Masa Hidup

Dalam algoritma genetika adaptif, setiap kromosom tidak langsung ditolak apabila nilai *fitness*-nya kurang dari nilai *fitness* terendah pada kromosom terlemah dalam generasi sebelumnya. Setiap kromosom akan diberikan masa hidup. Masa hidup akan tergantung pada *fitness* setiap kromosom. Masa hidup akan berkurang setiap generasi. Pengurangan masa hidup tidak berlaku untuk kromosom dengan nilai *fitness* tertinggi. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan kromosom dengan *fitness* tertinggi. Formula untuk menentukan sisa masa hidup, ditunjukkan pada persamaan (7).

$$RLT(i) = \begin{cases} MinLT + \eta \frac{WorstFit - fitness(i)}{WorstFit - AvgFit}, & \text{if } fitness(i) \geq AvgFit \\ \frac{1}{2}(MinLT + MaxLT) + \eta \frac{AvgFit - fitness(i)}{AvgFit - BestFit}, & \text{if } fitness(i) < AvgFit \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{dengan : } \eta = \frac{1}{2}(MaxLT - MinLT)$$

Dalam penelitian[13], besarnya minRLT dan maxRLT adalah 1 dan 11. *WorstFit* dan *BestFit* masing-masing menunjukkan nilai *fitness* terendah dan terbaik pada generasi tersebut. Parameter *fitness(i)* menunjukkan *fitness* kromosom yang sedang diberikan masa hidup. AvgFit menunjukkan rata-rata *fitness* pada generasi tersebut.

## g. Pertukaran Antar Sub Populasi

Menurut [14], salah satu implementasi algoritma genetika terdistribusi adalah dengan menggunakan model pulau, dimana terdapat beberapa sub populasi yang hidup dalam beberapa pulau. Setiap sub populasi akan melakukan proses pembangkitan kromosom, seleksi, *crossover*, mutasi dan repairnya sendiri. Setelah satu rangkaian proses pembentukan generasi selesai, maka berikutnya adalah pertukaran kromosom antar sub kromosom dimungkinkan dengan peluang

sebesar probabilitas migrasi. Jumlah kromosom yang akan bertukar, ditentukan oleh *migration rate*. Nilai *migration rate* biasanya kecil yaitu antara 1% hingga 10%. Namun beberapa penelitian yang dilakukan tidak menemukan sebuah kesimpulan apakah semakin banyak individu yang ditukar akan semakin baik [15]. Adapun langkah-langkah dalam pertukaran kromosom adalah sebagai berikut :

1. Bangkitkan p bilangan 0-100
  2. Jika  $p < \text{probabilitas migrasi} * 100$ , maka lakukan migrasi, jika tidak maka pada generasi ini tidak terjadi migrasi
  3. Hitung jumlah pertukaran yaitu *migration rate* dikalikan dengan rata-rata jumlah individu pada semua sub populasi
  4. Lakukan pertukaran sejumlah n kali dengan cara mengacak sub populasi yang terkena pertukaran dan mengacak kromosom di dalam sub populasi yang terkena pertukaran.
- h. Adaptasi Nilai Probabilitas *Crossover* dan Probabilitas Mutasi

Probabilitas *crossover* pc akan menyesuaikan dengan ukuran populasi pada generasi tersebut. Pengaturan pc bertujuan agar *crossover* tidak terjadi terlalu sering apabila ukuran populasi sangat besar. Hal tersebut akan berpengaruh pada waktu komputasi yang terlalu lama. Nilai pc ditentukan dengan formula pada persamaan (8).

$$\text{newPc} = \text{initPc} * \text{initNPop} / \text{currNPop} \quad (8)$$

Dengan *initPc* menyatakan pc awal yang diberikan oleh pengguna, *initNPop* merupakan nilai awal dari ukuran populasi yang diinginkan oleh pengguna, sedangkan *currNPop* merupakan ukuran populasi pada generasi saat itu.

Probabilitas mutasi *pm* ditentukan berdasarkan peningkatan rata-rata *fitness* pada generasi tersebut. Pada [16], pm ditentukan dengan formula pada persamaan (9).

$$pm = \begin{cases} pmOld * 0.95, & \text{if } fitnessAvg - fitnessAvgOld > threshold \\ pmOld * 1.1, & \text{if } fitnessAvg - fitnessAvgOld < threshold \end{cases} \quad (9)$$

dengan *pmOld* merupakan pm pada generasi sebelumnya, *fitnessAvg* dan *fitnessAvgOld* merupakan nilai rata-rata *fitness* pada generasi tersebut dan pada generasi sebelumnya, *threshold* merupakan nilai yang diberikan sebagai pembatas kenaikan rata-rata *fitness*. Terdapat batasan minimum dan maksimum pm, agar nilai pm tetap berada pada interval yang diinginkan.

### 3. Implementasi dan Analisis Data

Implementasi dilakukan dengan bantuan Borland Delphi 7. Pengguna hanya akan berhadapan dengan antarmuka yang cukup sederhana yaitu : antarmuka untuk memasukkan data permintaan, kapasitas dan biaya transportasi, antarmuka untuk memasukkan parameter genetika adaptif dan terdistribusi, dan antarmuka untuk melihat matriks distribusi yang dihasilkan oleh algoritma genetika adaptif dan terdistribusi.

### 4. Pengujian model

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja algoritma genetika adaptif dan terdistribusi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan biaya transportasi yang dihasilkan oleh algoritma genetika adaptif dan terdistribusi dengan metode *stepping stone*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan dengan berbagai nilai parameter genetika. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter genetika terhadap hasil algoritma genetika adaptif dan terdistribusi. Nilai probabilitas *crossover* yang diamati adalah 0.1 hingga 1 dengan peningkatan sebesar 0.1 pada setiap percobaannya, sedangkan nilai probabilitas mutasi yang diamati adalah 0.1 dan 0.2. Probabilitas migrasi 0.1 dan 0.2 dan rate migrasi yang diamati adalah 0.1. Jumlah sub populasi yang digunakan adalah 3. Jumlah kromosom di dalam setiap sub populasi adalah

diinisialisasi sebanyak 10. Jumlah kromosom maksimal di dalam setiap sub populasi adalah sebanyak 100. Setiap percobaan yang dilakukan untuk setiap kombinasi adalah sebanyak 30 kali, sehingga total percobaan yang dilakukan adalah sebanyak 1200 kali percobaan.

### 3.1 Data Percobaan

Pada percobaan ini digunakan 3 manufaktur, 2 distributor, 3 grosir dan 4 *retail*. Tabel 1 menunjukkan permintaan setiap retail.

Tabel 1 Tabel permintaan retail

Retail	Permintaan
1	150
2	80
3	100
4	270

Tabel 2 Tabel biaya transportasi grosir-retail dan kapasitas grosir

Retail Grosir	1	2	3	4	Kapasitas Grosir
1	C <sub>k1</sub> =43 F <sub>k1</sub> =500	C=25, F=1200	C=10, F=800	C=50, F=2000	200
2	C=20, F=2250	C=5, F=1500	C=55, F=2500	C=30, F=2000	175
3	C=60, F=400	C=32, F=1800	C=50, F=2300	C=40, F=1000	225

Tabel 2 menunjukkan biaya transportasi dari setiap grosir ke setiap retail dan kapasitas grosir. Baris menunjukkan grosir, kolom menunjukkan retail. C menyatakan biaya variabel, sedangkan F menunjukkan biaya tetap. Tabel 3 menunjukkan biaya transportasi dari setiap distributor ke setiap grosir dan kapasitas distributor. Baris menunjukkan distributor, kolom menunjukkan grosir. C menyatakan biaya variabel, sedangkan F menunjukkan biaya tetap. Tabel 4 menunjukkan biaya transportasi dari setiap manufaktur ke setiap distributor dan kapasitas manufaktur. Baris menunjukkan manufaktur, kolom menunjukkan distributor. C menyatakan biaya variabel, sedangkan F menunjukkan biaya tetap.

Tabel 3 Tabel biaya transportasi distributor-grosir dan kapasitas distributor

Grosir Distributor	1	2	3	Kapasitas Distributor
1	C <sub>jk</sub> =10 F <sub>jk</sub> =1000	25 400	30 1150	250
2	5 900	35 200	14 1300	350

Tabel 4 Tabel biaya transportasi manufaktur-distributor dan kapasitas manufaktur

Distributor Manufaktur	1	2	Kapasitas Manufaktur
1	C <sub>ij</sub> =55 F <sub>ij</sub> =3500	25 1500	175
2	45 2000	60 3000	300
3	20 900	50 2500	150

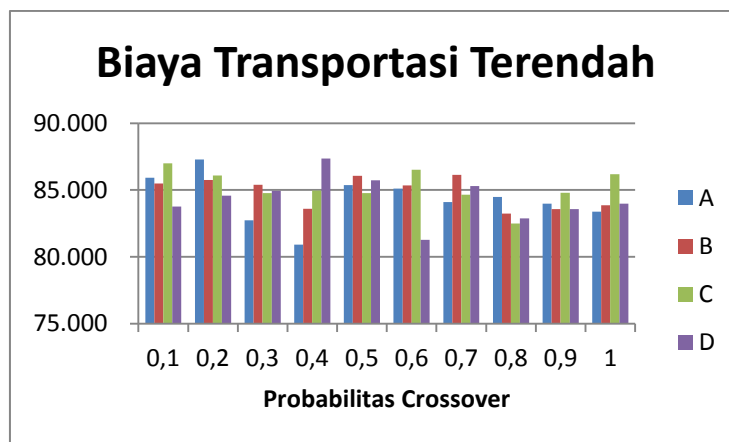
### 3.2. Analisa Hasil Percobaan

Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan berbagai kombinasi parameter genetika, maka diperoleh grafik perbandingan nilai biaya transportasi untuk setiap probabilitas *crossover* pada berbagai probabilitas mutasi, probabilitas migrasi dan *migration rate*. Gambar 5 menunjukkan grafik biaya transportasi terendah yang dihasilkan dari percobaan untuk setiap



kombinasi parameter genetika. A menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.1, probabilitas migrasi 0.1 dan *migration rate* sebesar 0.1. B menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.2, probabilitas migrasi 0.1 dan *migration rate* sebesar 0.1. C menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.1, probabilitas migrasi 0.2 dan *migration rate* sebesar 0.1. D menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.2, probabilitas migrasi 0.2 dan *migration rate* sebesar 0.1. Untuk setiap A, B, C dan D dilakukan pengamatan untuk nilai probabilitas *crossover* 0.1 hingga 1, dengan peningkatan sebesar 0.1. Setiap percobaan dilakukan masing-masing 30 kali untuk setiap kombinasi parameter genetika. Dari hasil percobaan diperoleh biaya transportasi terbaik pada A dengan probabilitas *crossover* sebesar 0.4 yaitu 80,910. Biaya transportasi terburuk diperoleh pada D dengan probabilitas *crossover* 0.4 yaitu sebesar 87,369.

Tabel yang menunjukkan rangkuman nilai biaya terbaik untuk setiap kombinasi parameter genetika, ditunjukkan pada Tabel 5. Tabel 5 memuat biaya transportasi terbaik yang diperoleh dalam 30 kali percobaan. Warna biru pada Tabel adalah biaya transportasi terendah, sedangkan warna merah adalah biaya transportasi tertinggi.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Biaya Transportasi Terendah

Tabel 5 Biaya Transportasi Terendah pada Setiap Parameter Genetika

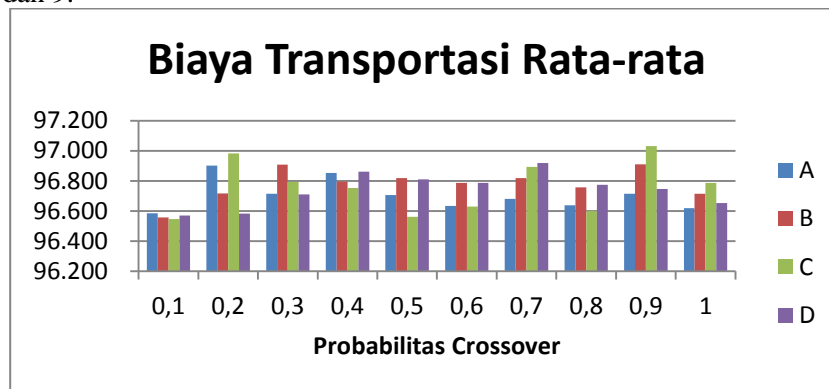
PC	A	B	C	D
0.1	85,913	85,487	87,003	83,754
0.2	87,295	85,749	86,100	84,576
0.3	82,727	85,404	84,771	84,928
0.4	80,910	83,602	84,958	87,369
0.5	85,358	86,061	84,777	85,731
0.6	85,096	85,337	86,525	81,267
0.7	84,092	86,131	84,657	85,294
0.8	84,494	83,227	82,504	82,883
0.9	83,986	83,577	84,787	83,572
1	83,392	83,856	86,182	83,985

Grafik pada Gambar 6 memperlihatkan perbandingan biaya rata-rata dari seluruh percobaan untuk setiap parameter genetika. A menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.1, probabilitas migrasi 0.1 dan *migration rate* sebesar 0.1. B menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.2, probabilitas migrasi 0.1 dan *migration rate* sebesar 0.1. C menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.1, probabilitas migrasi 0.2 dan *migration rate* sebesar 0.1. D menunjukkan probabilitas mutasi sebesar 0.2, probabilitas migrasi 0.2 dan *migration rate* sebesar 0.1. Untuk setiap A, B, C dan D dilakukan pengamatan untuk nilai probabilitas *crossover* 0.1 hingga 1, dengan peningkatan sebesar 0.1. Setiap percobaan dilakukan masing-masing 30 kali untuk setiap kombinasi parameter genetika. Dari hasil percobaan diperoleh biaya

transportasi rata-rata terendah pada C dengan probabilitas *crossover* sebesar 0.1 yaitu 96,546. Biaya transportasi terburuk diperoleh pada C dengan probabilitas *crossover* 0.9 yaitu sebesar 97,031. Dari grafik terlihat bahwa rata-rata antar setiap parameter tidak berbeda jauh. Rata-rata biaya transportasi terlihat stabil untuk setiap probabilitas mutasi, probabilitas migrasi dan *migration rate* pada probabilitas 0.1.

Tabel yang menunjukkan rangkuman nilai biaya rata-rata untuk setiap parameter genetika ditunjukkan pada Tabel 6. Tabel 6 memuat biaya transportasi rata-rata yang diperoleh dalam 30 kali percobaan. Warna biru pada Tabel adalah biaya transportasi rata-rata terendah, sedangkan warna merah adalah biaya transportasi rata-rata tertinggi.

Dari Grafik pada Gambar 5 terlihat bahwa biaya transportasi terendah diperoleh sebesar 80,910 pada probabilitas *crossover* 0.4, probabilitas mutasi 0.1, probabilitas migrasi 0.1 dan *migration rate* 0.1. Matriks Transportasi yang dihasilkan oleh kromosom terbaik ditunjukkan pada Tabel 7, 8 dan 9.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Biaya Transportasi Rata-rata

Tabel 6 Biaya Transportasi Rata-Rata pada Setiap Parameter Genetika

PC	A	B	C	D
0.1	96,586	96,557	96,546	96,569
0.2	96,901	96,717	96,982	96,583
0.3	96,714	96,907	96,792	96,710
0.4	96,853	96,795	96,752	96,861
0.5	96,707	96,818	96,560	96,810
0.6	96,633	96,786	96,629	96,787
0.7	96,680	96,818	96,894	96,918
0.8	96,638	96,757	96,600	96,773
0.9	96,714	96,911	97,031	96,747
1	96,619	96,715	96,786	96,652

Tabel 7 Jumlah Pengiriman Barang dari Manufaktur ke Distributor

	Distributor 1	Distributor 2
<b>Manufaktur 1</b>	3	172
<b>Manufaktur 2</b>	120	155
<b>Manufaktur 3</b>	127	23

Tabel 7 menunjukkan jumlah barang yang dikirimkan dari setiap manufaktur kepada setiap distributor. Baris mewakili manufaktur, sedangkan kolom mewakili distributor. Terdapat 3 manufaktur dan 2 distributor. Manufaktur 1 mengirim barang sejumlah 3 unit kepada distributor 1 dan 172 unit kepada distributor 2. Manufaktur 2 mengirim barang sejumlah 120 unit kepada distributor 1 dan 155 unit kepada distributor 2. Manufaktur 3 mengirim barang sejumlah 127 unit kepada distributor 1 dan 23 unit kepada distributor 2.

Tabel 8 menunjukkan jumlah barang yang dikirimkan dari setiap distributor kepada setiap grosir. Baris mewakili distributor, sedangkan kolom mewakili grosir. Terdapat 2 distributor dan 3 grosir. Distributor 1 mengirim barang sejumlah 158 unit kepada grosir 1, 87 unit kepada grosir 2 dan 5 unit kepada grosir 3. Distributor 2 mengirim barang sejumlah 42 unit kepada grosir 1, 88 unit kepada grosir 2 dan 220 unit kepada grosir 3.

Tabel 8 Jumlah Pengiriman Barang dari Distributor ke Grosir

	Grosir1	Grosir2	Grosir3
<b>Distributor 1</b>	158	87	5
<b>Distributor 2</b>	42	88	220

Tabel 9 menunjukkan jumlah barang yang dikirimkan dari setiap grosir kepada setiap retail. Baris mewakili grosir, sedangkan kolom mewakili retail. Terdapat 3 grosir dan 4 retail. Grosir 1 mengirim barang sejumlah 12 unit kepada retail 1, 78 unit kepada retail 2, 100 unit kepada retail 3 dan 10 unit kepada retail 4. Grosir 2 mengirim barang sejumlah 116 unit kepada retail 1, 0 unit kepada retail 2, 0 unit kepada retail 3 dan 59 unit kepada retail 4. Grosir 3 mengirim barang sejumlah 22 unit kepada retail 1, 2 unit kepada retail 2, 0 unit kepada retail 3 dan 201 unit kepada retail 4.

Tabel 9 Jumlah Pengiriman Barang dari Grosir ke Retail

	Retail 1	Retail 2	Retail 3	Retail 4
<b>Grosir 1</b>	12	78	100	10
<b>Grosir 2</b>	116	0	0	59
<b>Grosir 3</b>	22	2	0	201

### 3.3 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja algoritma genetika adaptif dan terdistribusi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan biaya transportasi yang dihasilkan oleh algoritma genetika adaptif dan terdistribusi dengan metode *stepping stone*.

Perhitungan biaya dengan metode *stepping stone* diperoleh sebesar 89,825. Algoritma genetika adaptif dan terdistribusi menghasilkan biaya terbaik sebesar 80,910 yaitu pada probabilitas mutasi 0.1, probabilitas migrasi 0.1, *migration rate* 0.1 dan probabilitas *crossover* sebesar 0.4. Dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa algoritma genetika mampu menghasilkan biaya transportasi yang lebih rendah daripada metode *stepping stone*.

Biaya transportasi rata-rata yang diperoleh merupakan nilai yang lebih representatif, karena kebanyakan hasil percobaan akan mengacu pada rata-rata. Rata-rata terbaik yang diperoleh pada percobaan dengan algoritma genetika adaptif dan terdistribusi yaitu sebesar 96,546 pada probabilitas mutasi 0.1, probabilitas migrasi 0.2, *migration rate* 0.1 dan probabilitas *crossover* sebesar 0.1. Jika dibandingkan dengan metode *stepping stone*, nilai ini memang lebih buruk.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan tentang distribusi tiga tingkat dengan algoritma genetika adaptif dan terdistribusi, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Algoritma genetika adaptif dan terdistribusi mampu memberikan solusi untuk menyelesaikan rantai pasok tiga tingkat pada distribusi barang dari manufaktur-distributor-grosir-retail.
2. Biaya distribusi minimal diperoleh pada kombinasi parameter probabilitas *crossover* 0.4, probabilitas mutasi 0.1, probabilitas migrasi 0.1 dan *migration rate* 0.1 yaitu sebesar 80,910. Biaya transportasi yang diperoleh lebih baik jika dibandingkan dengan *stepping stone*, yaitu sebesar 89,825.
3. Biaya transportasi rata-rata terbaik diperoleh sebesar 96,546 pada probabilitas mutasi 0.1, probabilitas migrasi 0.2, *migration rate* 0.1 dan probabilitas *crossover* sebesar 0.1. Nilai rata-rata ini lebih buruk jika dibandingkan dengan *stepping stone*.

## 5. SARAN

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, terdapat saran yang perlu dipertimbangkan, yaitu transportasi melibatkan lebih dari satu buah produk.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siagian, Y.M., 2005, *Supply Chain Management Dalam Dunia Bisnis*, Penerbit PT Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- [2] Indrajit, R. E., dan Djokopranoto, R., 2002, *Konsep Manajemen Supply Chain*, PT Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- [3] Sunil, C., dan Peter, M., 2001, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, Prentice-Hall, New Jersey:
- [4] Zhu, Z., Yunlong, Z., dan Xiaoming, Z., 2008, A Integrated Contract Strategy in a Three-Echelon Supply Chain with Capacity Limitation under the Forecast
- [5] Hua, J., dan Junhu, R., 2008, An Optimization Model of Multi-echelon Stochastic Inventory System in the Supply Chain, *International Conference on Risk Management and Engineering Management*, pp:20-25.
- [6] Yu, J. C., Lin, Y. S., Wang, K. J., dan Wee, H. M., 2009, Using AI Approach to Solve an Integrated Three-Echelon Supply Chain Model with Strategic Alliances, *First Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*, pp.259-264.
- [7] Gupta, A., Narayan, V., Raj, A., Harsh, dan Nagaraju, D., 2012, A Comparative Study of Three Echelon Inventory Optimization using Genetic Algorithm and Particle Swarm optimization, *International Journal of Trade Economics and Finance*, 3(3), pp. 205-208.
- [9] Király, A., Varga, T., Abonyi, J. 2012. Constrained Particle Swarm Optimization of Supply Chains, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 67.
- [8] Che, Z. H., Chiang, T. A., dan Kuo, Y. C., 2012, Multi-Echelon Reverse Supply Chain Network Design With Specified Returns Using Particle Swarm Optimization, *International Journal of Innovative Computing Information and Control*, 8(10), pp. 6719-6731.
- [10] Yoshizumi, T. Okano, H. 2007, A Simulation-Based Algorithm for Supply Chain Optimization, *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*. Pg. 1924-1931
- [11] Mastrocinque, E., Yuce, B., Lambiase, A., Packianather, M. S., 2013. A Multi-Objective Optimization for Supply Chain Network Using the Bees Algorithm, *International Journal of Engineering Business Management*. 5(38). Pg 1-11
- [12] Chan, C., Lee, H.W.J., 2005. Successful Strategies in Supply Chain Management. Idea Group Publishing : USA
- [13] Bäck, Th., Eiben, A.E., van der Vaart, N.A.L. 2000. An Empirical Study on Gas Without Parameters. *Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Conference on Parallel Problem Solving from Nature*.
- [14] Loraschi, A., Tettamanzi, A., Tomassini, M., Verda, P. 1995. *Distributed Genetic Algorithms with an Application to Portfolio Selection Problems*. Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms. Springer-Verlag. pp 384-387.
- [15] Mejía-Olvera, M., Cantú-Paz, E., 1994. DGENESIS-Software for the Execution of Distributed Genetic Algorithms. *Proceedings of the XX Conferencia Latinoamericana de Informática*, pp. 935-946, Monterrey, México. Update, *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, pp :62-65.
- [16] Mahmudy, W.F., Rahman, M. A. 2011, Optimasi Fungsi Multi-Obyektif Berkendala Menggunakan Algoritma Genetika Adaptif dengan Pengkodean Real, *Jurnal Ilmiah Kursor. Jawa Timur*