

# PENGEPAKAN PALLET DALAM KONTAINER DENGAN FORKLIF MENGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Ira Prasetyaningrum

Jurusan Teknik Informatika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS

Email : ira@eepis-its.edu

## ABSTRAK

Pengepakan barang adalah salah satu aktifitas penting dalam industri distribusi. Barang-barang yang akan dikirim tersebut dapat dikemas dalam pallet-pallet untuk mempermudah pengepakan. Pallet-pallet tersebut kemudian akan disusun dalam kontainer. Pallet dan kontainer pada skripsi ini berbentuk *rectangular box* (berbentuk balok atau kubus).

Optimasi pengepakan pallet dalam kontainer diharapkan menghasilkan suatu solusi konfigurasi pengepakan yang memperhatikan kapasitas berat yang dapat diangkat oleh alat pengangkut (forklif), mempertimbangkan kestabilan pallet dan menjaga agar tidak ada konfigurasi pallet yang melayang sehingga diperoleh sisa ruang yang optimum. Pada skripsi ini permasalahan pengepakan pallet dalam kontainer akan diselesaikan dengan algoritma genetika. Pencarian solusi dimulai dengan proses inialisasi yang menghasilkan populasi awal, kemudian populasi tersebut akan dikenai operasi tukar silang dan mutasi yang nantinya menghasilkan populasi baru. Kemudian dipilih kromosom terbaik sebagai solusi optimal. Dalam hal ini untuk mengetahui posisi pallet dalam kontainer maka digunakan koordinat posisi.

Hasil uji coba perangkat lunak menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat dijadikan metode alternatif untuk menyelesaikan Optimasi Pengepakan Pallet Dalam Kontainer.

**Kata Kunci:** *pallet, kontainer, forklif, algoritma genetika.*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan perekonomian di Indonesia yang semakin pesat, perkembangan industri distribusi semakin meningkat. Dengan peningkatan ini diharapkan industri distribusi dapat meningkatkan kinerja dan kualitas pelayanan jasa pengiriman barang. Untuk menghemat biaya pengiriman barang mereka berusaha mengoptimalkan armada pengiriman dengan memaksimalkan daya angkut. Oleh karena itu suatu industri diharapkan dapat mengoptimalkan pengepakan barang dalam alat transportasi pengangkut barang sehingga barang yang diangkat dapat maksimal, dan dapat meminimumkan jumlah kendaraan alat pengangkut.

Barang-barang yang akan dikirim tersebut akan dikemas dalam pallet-pallet dan alat transportasi yang digunakan untuk mengangkut pallet-pallet tersebut adalah kontainer. Pallet dan kontainer berbentuk *rectangular box* (balok atau kubus). Agar pengepakan pallet dengan berbagai ukuran dalam kontainer optimal maka perlu dilakukan optimasi. Optimasi tersebut diharapkan menghasilkan suatu solusi konfigurasi pengepakan yang mempertimbangkan kestabilan pallet, menjaga agar tidak ada konfigurasi pallet yang melayang dan saling tumpang tindih (*over lapping*).

Masalah pengepakan merupakan masalah yang rumit sehingga sampai saat ini masih terus dipelajari secara intensif dan terus dikembangkan.

Berbagai pendekatan dan algoritma ditawarkan untuk mendapatkan solusi yang optimal. Untuk mendapatkan solusi yang optimal tentunya perlu algoritma yang dapat memberikan ruang solusi yang besar, dan dalam perkembangannya banyak masalah optimasi yang dapat dicari penyelesaiannya dengan algoritma genetika.

Permasalahan yang hendak dibahas dalam penelitian ini adalah mendesain pengepakan pallet dalam kontainer menggunakan algoritma genetika sehingga dapat ditentukan banyaknya kontainer yang dibutuhkan dengan sisa ruang yang minimum.

Tujuan dari penelitian ini adalah menyelesaikan optimasi pengepakan pallet dalam kontainer dengan menggunakan algoritma genetika, sehingga diperoleh sisa ruang yang minimum.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif metode dalam menyelesaikan masalah optimasi pengepakan pallet dalam kontainer.

Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pallet dan kontainer keduanya berbentuk *rectangular box* (balok atau kubus).
2. Setiap kontainer hanya boleh mengangkut untuk satu order dengan ukuran kontainer yang sama, artinya semua pallet yang dikirim tidak disusun berdasarkan jarak pengiriman dan jenis kontainer yang akan mengangkut satu tiap order.
3. Tidak menghitung biaya pengiriman.

4. Barang yang dikirim sejenis.
5. Metode crossover yang digunakan adalah PMX (*partial-mapped crossover*), OX (*order crossover*) dan CX (*cyclic crossover*).

Asumsi–asumsi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Semua pallet memiliki ketahanan yang kuat sehingga tidak terjadi perubahan. bentuk jika ditumpuk dan memungkinkan adanya pallet yang lebih berat diatas pallet lain.
2. Jumlah kontainer yang tersedia diasumsikan tidak terbatas.
3. Bila pallet yang berada diatas pallet yang lain memiliki luas penampang yang lebih besar maka disumsikan pallet akan jatuh.
4. Semua pallet yang akan dikirim memiliki *top side* sehingga pallet tidak dapat dijungkirbalikkan.

## 2. Tinjauan Pustaka

Sejak tahun 1960an, banyak orang mulai tertarik untuk meniru atau mencontoh kehidupan mahluk hidup untuk menyelesaikan beberapa permasalahan yang sulit. Dengan mensimulasikan proses evolusi alamiah dari mahluk hidup maka dihasilkanlah tehnik optimasi yang disebut *Evolutionary Algorithms*. Salah satunya adalah *Genetic Algorithm (GA)*.

Berkenaan dengan kemampuannya sebagai tehnik optimasi untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks, saat ini Algoritma genetika sudah banyak diaplikasikan dalam beberapa permasalahan seperti pengepakan, pemotongan, penjadwalan dan lain sebagainya. Algoritma genetika merupakan algoritma yang amat populer digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengepakan barang. Algoritma genetika didasarkan pada proses evolusi mahluk hidup, dimana didalam proses evolusi tersebut mahluk hidup mengalami seleksi alam untuk dapat bertahan hidup. Bagi yang mampu beradaptasi dengan lingkungannya maka ia akan memiliki peluang hidup yang lebih besar dan melakukan reproduksi, sedangkan individu yang tidak mampu lama-lama akan punah, artinya gen dari individu yang paling sesuai yang mampu berkembang menjadi individu-individu yang lebih banyak untuk generasi berikutnya.

### 2.1 Struktur Umum Algoritma Genetika

Bentuk umum dari algoritma genetika diuraikan pertama kali oleh Goldberg. Algoritma genetika ini memiliki empat elemen dasar, yaitu:

Solusi awal, pada tahap ini algoritma genetika akan mencari sejumlah  $n$  solusi awal pada umumnya dengan metode random, disini  $n$  dianggap sebagai individu awal. Algoritma genetika berbeda dengan tehnik searching konvensional, dimulai dengan

himpunan dari solusi yang diambil secara acak atau biasa disebut populasi. Setiap individu yang ada dalam populasi disebut kromosom, yang mewakili sebuah solusi untuk suatu permasalahan.

2) Solusi lain, elemen ini berusaha mencari solusi yang telah baik disekitar solusi awal. Adapaun solusi ini didapat dengan dua cara yaitu dengan melakukan persilangan (crossover) antara dua individu awal dan dengan melakukan mutasi. Persilangan dalam hal ini dalam istilah genetik disebut perkawinan antar dua individu awal (parent). Persilangan menggunakan 3 metode sebagai cara letak pertukaran gen. Metode tukar silang yang digunakan adalah PMX (*partial-mapped crossover*), OX (*order crossover*) dan CX (*cyclic crossover*). Sedang mutasi dilakukan dengan maksud mencapai solusi yang benar-benar lain dari solusi awalnya, sehingga dapat mencegah terjebaknya solusi pada pencarian pada lokal optimum yang disebabkan solusi awal yang kurang baik. Setelah beberapa generasi, algoritma menuju ke kromosom dengan fitness terbaik, yang mana diharapkan dapat mewakili solusi optimal untuk permasalahan yang ada.

3) Metode pemilihan,

Elemen ini berfungsi untuk memilih solusi mana yang paling baik dari beberapa solusi yang dihasilkan dari kedua elemen sebelumnya. Biasanya pemilihan ini didasarkan pada nilai pada fungsi tujuan.

4). Penghentian iterasi

Elemen ini berisi tentang aturan penghentian iterasi, dalam hal ini algoritma genetika akan terus mencari solusi yang lebih baik sampai mencapai suatu kondisi untuk menghentikan iterasi.

## 3. Model optimasi pengepakan pallet dalam kontainer

Agar pengepakan pallet dengan berbagai ukuran dalam kontainer optimal maka perlu dilakukan optimasi. Pada penelitian ini akan digunakan algoritma genetika yang nantinya menghasilkan suatu solusi konfigurasi pengepakan yang mempertimbangkan kestabilan pallet, menjaga agar tidak ada konfigurasi pallet yang melayang dan saling tumpang tindih (*over lapping*).

Dalam perkembangan algoritma genetika telah dibuktikan sebagai pendekatan efektif untuk memecahkan permasalahan optimasi. Karena dengan algoritma genetika ada banyak peluang solusi dan dengan fungsi evaluasi yang disesuaikan dengan parameter tertentu bisa diperoleh solusi yang paling optimal. Dalam menyelesaikan optimasi pengepakan pallet dalam kontainer

menggunakan algoritma genetika, kromosom dipresentasikan dalam bentuk array posisi. Dimana setiap array posisi memiliki beberapa gen yang memiliki atribut panjang, lebar, tinggi dan berat suatu pallet.

Fungsi obyektif adalah sebagai berikut:

$$Z = \text{minimize } (L \times W \times H \times m) -$$

$$\sum_{i=1}^n (p_i \times q_i \times r_i)$$

konstrain sebagai berikut :

$$1. x_i + p_i l_{xi} + q_i w_{xi} + r_i h_{xi} \leq L, \text{ untuk semua } i,$$

$$2. y_i + p_i l_{yi} + q_i w_{yi} + r_i h_{yi} \leq W, \text{ untuk semua } i,$$

$$3. z_i + p_i l_{zi} + q_i w_{zi} + r_i h_{zi} \leq H, \text{ untuk semua } i,$$

$$4. \sum_{i=1}^N w_{gi} \leq WG, \text{ untuk semua } i,$$

$$5. w_{g \text{ tot}} \leq Wf, \text{ untuk semua } i,$$

$$l_{xi}, l_{yi}, l_{zi}, w_{xi}, w_{yi}, w_{zi}, h_{xi}, h_{yi}, h_{zi} = 0 \text{ atau } 1, x_i, y_i, z_i \geq 0$$

dengan:

$n$  = jumlah pallet yang akan dikemas.

$m$  = jumlah kontainer yang digunakan.

$(p_i, q_i, r_i, w_{gi})$  = parameter yang menunjukkan panjang, lebar, tinggi, dan berat pallet  $i$ .

$(L, W, H, WG)$  = parameter yang menunjukkan panjang, lebar, tinggi dan kapasitas berat kontainer.

$(x_i, y_i, z_i)$  = variabel kontinu yang mengidentifikasi koordinat sudut bagian kiri depan bawah untuk pallet  $i$ .

$(l_{xi}, l_{yi}, l_{zi})$  = variabel biner yang mengidentifikasi panjang dari pallet paralel terhadap sumbu  $x, y$ , atau  $z$ . Bila nilai  $l_{xi}$  maka panjang pallet  $i$  paralel terhadap sumbu  $x$ .

$w_{g \text{ tot}}$  = berat pallet-pallet yang tersusun dalam satu kolom.

$Wf$  = kapasitas berat yang dapat diangkat oleh forklif (alat angkut).

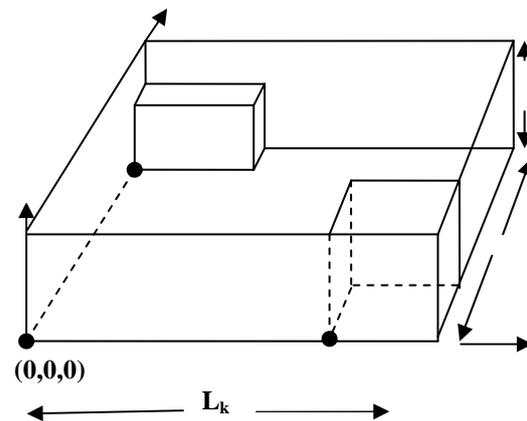
Algoritma akan menuju ke kromosom dengan nilai fitness terbaik yang nantinya dijadikan solusi permasalahan. Fitness dikatakan terbaik jika nilainya paling minimum dibandingkan kromosom-kromosom yang lain. Hasil yang diperoleh adalah optimasi pengepakan pallet dalam kontainer

#### 4. Penyelesaian Optimasi Pengepakan Pallet Dalam Kontainer Menggunakan Algoritma Genetika

#### 4.1 Perkembangan Masalah Pengepakan

Algoritma genetika adalah metode pencarian solusi yang didasarkan pada genetika populasi. Konsep dasar dari algoritma genetika dikembangkan oleh Holland pada tahun 1975, dan kemudian algoritma mulai digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan optimasi yang cukup kompleks.

Masalah pengepakan merupakan masalah yang rumit sehingga sampai saat ini masih terus dipelajari secara intensif dan terus dikembangkan. Beberapa peneliti yang mendalami masalah pengepakan ini antara lain: Chin Sheng Chen dan John A. George. Chin Sheng Chen membahas secara khusus permasalahan pengepakan kotak baik 2 atau 3 dimensi. John A.G membuat penelitian tentang pengepakan silinder pejal pada kontainer dengan menggunakan metode heuristik, ia menggunakan angka posisi untuk mencari solusi awal dan meneruskannya dengan memakai operasi genetika untuk mencari solusi yang lebih baik. Penyelesaian permasalahan optimasi pengepakan pallet dalam kontainer menggunakan algoritma genetika akan diuraikan berikut ini.



Gambar 1 Kontainer  $k$

(Sumber :Chen C.S *et al* (1995))

$$(l_{am}, l_{bm}, l_{cm}) = (1, 0, 0) ; (w_{am}, w_{bm}, w_{cm}) = (0, 0, 1) ;$$

$$(h_{am}, h_{bm}, h_{cm}) = (0, 1, 0);$$

$$(l_{ae}, l_{be}, l_{ce}) = (0, 0, 1) ; (w_{ae}, w_{be}, w_{ce}) = (1, 0, 0) ;$$

$$(h_{ae}, h_{be}, h_{ce}) = (0, 1, 0)$$

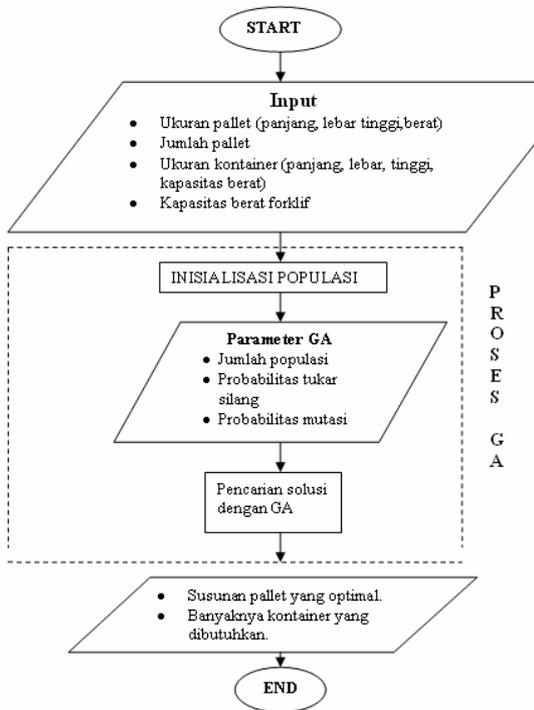
#### 4.2 Representasi kromosom

Dalam menyelesaikan optimasi pengepakan pallet dalam kromosom menggunakan algoritma genetika, langkah yang pertama adalah merepresentasikan kromosom maksudnya kromosom seperti apa yang nantinya hendak dilibatkan dalam proses genetik. Dalam permasalahan ini kromosom dipresentasikan dalam bentuk list, yang merepresentasikan pallet-pallet. Setiap kromosom harus memenuhi batasan-batasan yang sudah dijelaskan sebelumnya. Representasi kromosom

dapat digambarkan sebagai berikut: Misal hasil dari 10 pallet yang akan dikemas dalam kontainer maka dipresentasikan sebagai berikut:

5	1	2	7	9	4	6	8	#	3	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Gambar 2** Representasi bentuk kromosom  
 Pemberian tanda # disini untuk membatasi pembagian pallet sesuai dengan kontainer yang mengangkut. Nomor yang tertulis pada representasi kromosom tersebut adalah nama pallet. Urutan pengepakan pallet tersebut diatas adalah pallet 5, pallet 1, pallet 2, pallet 7, pallet 9, pallet 4, pallet 6, pallet 8, pallet 3 dan pallet 10, dimana pallet 3 dan 10 pada kontainer kedua. Setiap pallet diatas memiliki atribut panjang, lebar, tinggi dan berat. Kemudian setelah mendapatkan urutan pallet tersebut akan dihitung koordinat x, y, z, nomor lantai dan nomor kontainer. Dari koordinat x,y,z serta nomor lantai dapat diketahui posisi pallet dalam kontainer. Dari nomor kontainer kita dapat melihat pada kontainer berapa pallet tersebut diletakkan. Jika pallet diletakkan pada kontainer dengan posisi diputar maka status akan bernilai 1, maksudnya panjang pallet sejajar dengan lebar kontainer dan lebar pallet sejajar dengan panjang kontainer.



**Gambar 3** Diagram alir Penyelesaian optimasi pengepakan pallet dalam kontainer

#### 4.3 Proses Inisialisasi

Proses inisialisasi adalah proses pembentukan populasi awal yang diperoleh dengan cara rekombinasi kromosom sebanyak ukuran populasi yang ditentukan. Dalam permasalahan ini proses

rekombinasi kromosom ini harus tetap memperhatikan batasan kapasitas dan waktu yang telah ditetapkan. Pembentukan 4 kromosom awal dilakukan dengan mengurutkan pallet berdasarkan luas, volume, panjang dan lebar. Pallet-pallet akan diurutkan dari yang besar ke yang kecil. Untuk kromosom ke-5 dan seterusnya akan dilakukan dengan cara random.

#### 4.4 Operator Tukar Silang

Dalam tahap ini populasi akan dikenakan operator tukar silang untuk mendapatkan kromosom baru (offspring). Proses ini melibatkan dua kromosom yang dijadikan sebagai *parent* untuk memproduksi kromosom baru. Metode tukar silang yang digunakan adalah PMX (*partial-mapped crossover*), OX (*order crossover*) dan CX (*cyclic crossover*). Setelah dihasilkan kromosom-kromosom baru dari proses tukar silang akan dilakukan seleksi kromosom yang nantinya dimasukkan dalam populasi baru. Untuk OX dan PMX pemilihan substring dipilih pallet-pallet yang telah tersusun dalam satu baris.

#### 4.5 Operator Mutasi

Selain dikenakan operator tukar silang kromosom juga akan dikenakan operator mutasi. Proses mutasi yang dilakukan pada kromosom adalah menukar ukuran salah satu gen sehingga didapatkan posisi yang berbeda. Dalam hal ini yang menjadi panjang pallet adalah lebar pallet dan lebar pallet menjadi panjang pallet. Setelah dihasilkan kromosom-kromosom baru dari proses reproduksi akan dilakukan seleksi kromosom yang nantinya dimasukkan dalam populasi baru. Kromosom yang telah dikenakan tukar silang ataupun mutasi harus memenuhi batasan-batasan yang telah ditetapkan.

#### 4.6 Seleksi

Proses seleksi di antara kromosom dilakukan sesuai dengan nilai fitness tiap kromosom. Pada proses seleksi ini kromosom dengan nilai fitness yang lebih kecil dari nilai fitness kromosom pada proses sebelumnya akan dipilih sebagai kromosom-kromosom dead dan digantikan oleh kromosom-kromosom baru (offspring) jadi populasi baru nantinya akan terdiri parent dan kromosom-kromosom baru.

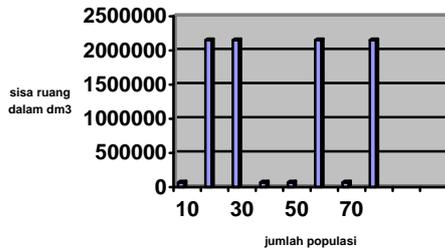
### 5. UJI COBA PERANGKAT LUNAK

#### 5.1 Uji Coba Pengaruh Parameter Algoritma Genetika

- Jumlah Populasi

Uji coba pengaruh parameter algoritma genetika dilakukan dengan memvariasi jumlah populasi (jumlah kromosom tiap populasi) sedangkan tukar silang dan mutasi tetap. Dengan jumlah pallet 10, dikenakan pada parameter algoritma genetika sebagai berikut:

Probabilitas tukar silang = 0.4, probabilitas mutasi = 0.6, metode tukar silang = OX. Ketiga parameter diatas dan metode tukar silang yang digunakan akan dibuat sama sebanyak 8 kali selain uji perangkat lunak, yang akan diubah-ubah adalah jumlah populasi . Pengaruh dari hasil uji coba tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



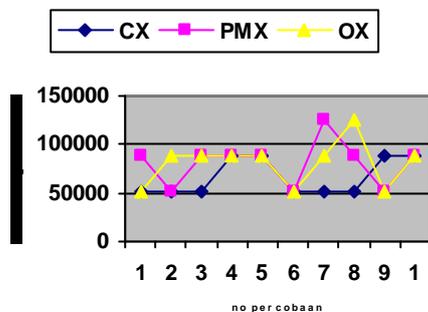
**Gambar 5** Grafik Pengaruh jumlah populasi terhadap solusi optimal

- Dari uji coba diatas dapat dilihat bahwa perubahan parameter jumlah populasi memang berpengaruh pada solusi optimal yang diperoleh, akan tetapi dalam hal ini perubahannya tersebut tidak dapat disimpulkan menuju ke solusi yang lebih baik atau lebih buruk.

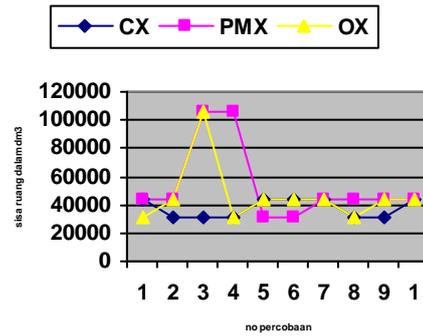
• Metode Tukar Silang

Uji coba pengaruh parameter algoritma genetika dilakukan dengan memvariasi metode tukar silang sedangkan jumlah generasi, jumlah populasi, tukar silang dan mutasi tetap. Dari contoh pada bab sebelumnya dengan jumlah pallet 15 dan 27 dikenakan pada parameter algoritma genetika sebagai berikut: Jumlah populasi = 50, Probabilitas tukar silang = 0.4, Probabilitas Mutasi = 0.6.

Ketiga parameter diatas akan dibuat sama sebanyak 10 kali selama uji perangkat lunak, yang akan diubah-ubah adalah jenis metode tukar silang yang digunakan. Pengaruh dari hasil uji coba tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:



**Gambar 6** Grafik Pengaruh metode tukar silang terhadap solusi optimal pada 15 pallet



**Gambar 7** Grafik Pengaruh metode tukar silang terhadap solusi optimal pada 27 pallet

Dari hasil percobaan diatas ,dengan membandingkan antara 3 metode tukar silang yang digunakan pada perangkat lunak ini maka metode tukar silang OX lebih baik dari pada PMX, CX untuk mendapatkan hasil optimal

**5.2 Uji Coba Permasalahan**

Pada uji coba permasalahan berikut ini akan diambil 3 contoh .

1. Diberikan tabel ukuran pallet dalam desimeter an berat dalam koligram berikut ini:

Nama	1	2	3	4	5	6	7
Panjang	20	10	15	14	20	15	12
Lebar	10	10	10	10	10	10	12
Tinggi	12	10	5	10	10	12	12
Berat	20	20	20	20	20	20	20
Nama	9	10	11	12	13	14	15
Panjang	14	16	11	17	13	12	13
Lebar	12	11	10	12	10	10	10
Tinggi	11	11	5	11	10	10	10
Berat	20	20	20	20	20	20	20

**Tabel 1** Data ukuran untuk 15 pallet

Panjang kontainer = 50 dm ,Tinggi kontainer = 25 dm, Lebar kontainer = 25 dm, Kapasitas berat kontainer=1000 kg, Daya angkut forklif = 300 kg, Pop\_size = 50 , Metode tukar silang = OX, Probabilitas tukar silang ( $P_c$ ) = 0.8 , Probabilitas Mutasi ( $P_m$ ) = 0.6

Maka didapatkan output sebagai berikut:

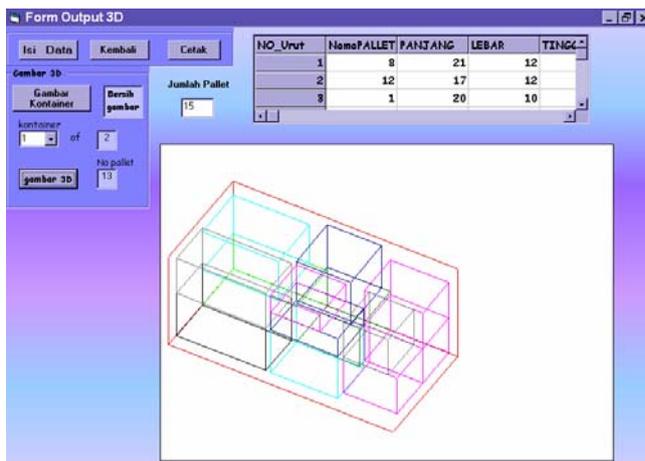
Jumlah generasi = 20, Volume sisa ruang = 44774 dm<sup>3</sup>

Didapatkan hasil urutan pengepakan pallet berikut ini:

NO	NA-MA	X	Y	Z	Status	Lantai	No. Kon-tainer
1	8	0	0	0	0	0	1
2	12	0	0	10	0	1	1
3	1	0	12	0	0	0	1
4	5	0	12	12	0	1	1
5	9	21	0	0	0	0	1
6	7	21	0	11	0	1	1
7	6	21	12	0	0	0	1
8	3	21	12	12	0	1	1
9	11	21	12	17	0	2	1
10	15	35	0	0	0	0	1
11	13	35	0	10	0	1	1
12	14	36	10	0	0	0	1
13	2	36	10	10	1	1	1
14	10	0	0	0	0	0	2
15	4	0	0	11	0	1	2

Tabel2 Hasil untuk 15 pallet

Dapat dilihat hasil susunan pallet dalam kontainer 1



Gambar 8 Kontainer 1 untuk pengepakan 15 pallet

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari beberapa uraian sebelumnya dan uji coba perangkat lunak tentang pendekatan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah optimasi pengepakan pallet dalam kontainer, maka dapat disimpulkan:

1. Algoritma genetika dapat digunakan sebagai metode alternatif untuk menyelesaikan permasalahan pengepakan pallet dalam kontainer .
2. Prameter-parameter yang digunakan mempengaruhi proses pencarian solusi terbaik dan diuraikan sebagai berikut :
  - Perubahan parameter jumlah populasi memang berpengaruh pada solusi optimal

yang diperoleh, akan tetapi dalam hal ini perubahannya tersebut tidak dapat disimpulkan menuju ke solusi yang lebih baik atau lebih buruk.

- Dari hasil uji coba dengan membandingkan nilai fitness antara 3 metode tukar silang yang digunakan pada perangkat lunak ini maka metode tukar silang OX lebih baik dari pada PMX, dan CX untuk mendapatkan hasil optimal.
3. Jika algoritma genetika pada perangkat lunak ini dibandingkan dengan algoritma *Backtrack* dari solusi optimal yang diperoleh pada uji coba perangkat lunak maka belum bisa dikatakan bahwa dari perangkat lunak yang dikerjakan dalam penelitian ini ini diperoleh solusi optimal yang lebih baik, karena dengan algoritma *Backtrack* memerlukan waktu komputasi yang lebih lama tetapi lebih baik dalam mendapatkan solusi yang optimum.

### 6.2 Saran

Permasalahan optimasi pengepakan pallet dalam kontainer pada penelitian ini ini diselesaikan dengan menggunakan algoritma genetika, akan tetapi karena belum menghasilkan hasil terbaik maka masih bisa dilakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan metode-metode yang lain sehingga dapat dibandingkan metode mana yang lebih baik untuk menyelesaikan permasalahan optimasi pengepakan pallet dalam kontainer.

### 7. Daftar Pustaka

1. Chen C.S (1995), "An Analytical Model For The Container Loading Problem", European Journal Of Operational Research 80, 68-75.
2. G. Abdou dan M.Elmasry (1999), "3D random stacking of weakly heterogeneous palletization problem", International journal of production research 37,1505-1527.
3. George A.John (1995), "Packing Different Sized circles into a Rectangular Container", European Journal of Operational Reserch 84, 693-72.
4. Gen Mitsuo dan Runwei Cheng(1997), "Genetic Algorithms And Engineering Design", John Wiley & Son, Inc.
5. Jacobs.S (1996), " On Genetic Algorithms For The Packing Of Polygons", European Journal Of Operational Research 88, 165-181.
6. Michalewicz Zbigniew (1992), "Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Program", Third, Revised and Extended Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.