

Penyelesaian *Unequal Area Facility Layout Problem (UA-FLP)* dengan *Evolutionary Algorithm & Excel Solver* (Studi Kasus: *CartonPacks Instance*)

*¹Ekra Sanggala, ²Muhammad Ardhya Bisma, ³Gugum Gumilang Wirakanda
^{1,2,3}Universitas Logistik & Bisnis Internasional
Bandung, Indonesia

*¹ekrasanggala@mail.ru, ²bisma@ulbi.ac.id, ³gugum@ulbi.ac.id

*Penulis Korespondensi

Diajukan : 24/12/2023

Diterima : 10/01/2024

Dipublikasi : 11/01/2024

ABSTRAK

Facility Layout Design (FLD) bertujuan menentukan susunan departemen-departemen pada sebuah *layout* agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai. Sebuah pendistribusian antar departemen yang baik dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya sebanyak 20% hingga 50%. Berdasarkan hal tersebut maka *FLD* merupakan masalah yang sangat penting untuk dipertimbangkan agar dapat mengurangi biaya dan mengurangi penggunaan sumber daya. Dalam *FLD* terdapat berbagai jenis *Facility Layout Problem (FLP)*. *FLP* merupakan salah satu bagian dari *Operations Research* yang fokus pada optimalisasi susunan departemen-departemen pada sebuah fasilitas. *FLP* termasuk *NP-Hard Problem* dimana jika diselesaikan dengan menggunakan *exact method* akan memerlukan waktu yang sangat lama. Salah satu *FLP* yang paling menarik, karena dapat langsung diaplikasikan pada kasus nyata adalah *Unequal Area Facility Layout Problem (UA-FLP)*. *Evolutionary Algorithm (EA)* merupakan sebuah *metaheuristic* yang dapat diaplikasikan pada berbagai permasalahan optimasi, termasuk *UA-FLP*. *Solver* merupakan *Excel Add-In* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. *Solver* menggunakan tiga algoritma, yaitu *LP Simplex*, *GRG Nonlinear* dan *EA*. Dengan adanya kemampuan *EA* untuk menyelesaikan *UA-FLP* dan *Solver* yang mampu menjalankan *EA*, maka dapat disimpulkan bahwa penyelesaian *UA-FLP* dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Solver*. *CartonPacks Instance* merupakan sebuah *UA-FLP Instance* yang dibuat berdasarkan kasus nyata pendirian pabrik daur ulang karton. Dengan menggunakan *EA & Solver*, *Total Cost* terkecil dari *CartonPacks Instance* adalah 99,902878069166 Peso.

Kata Kunci: *Algorithm, CartonPacks Instance, Evolutionary, Excel Solver, UA-FLP*

I. PENDAHULUAN

Facility Layout Design (FLD) bertujuan untuk menentukan susunan departemen-departemen pada sebuah *layout* agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai (Garcia-Hernandez et al., 2020). Sebuah pendistribusian antar departemen yang baik dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya sebanyak 20% hingga 50% (Tompkins et al., 2010). Berdasarkan hal tersebut maka *FLD* merupakan masalah yang sangat penting untuk dipertimbangkan agar dapat mengurangi biaya dan mengurangi penggunaan sumber daya (Kouvelis et al., 1992). Dalam *FLD* terdapat berbagai jenis *Facility Layout Problem (FLP)* (Tang et al., 2022).

FLP merupakan salah satu bagian dari *Operations Research* yang fokus pada optimalisasi susunan departemen-departemen pada sebuah fasilitas. *FLP* termasuk *NP-Hard Problem* dimana jika diselesaikan dengan menggunakan *exact method* akan memerlukan waktu yang sangat lama (Anjos & Vieira, 2017). Salah satu *FLP* yang paling menarik, karena dapat langsung diaplikasikan pada kasus nyata adalah *Unequal Area Facility Layout Problem (UA-FLP)*

(Domínguez-Casasola et al., 2023). Dengan demikian *UA-FLP* pun termasuk ke dalam *NP-Hard Problem*. Tentunya perlu dikembangkan sebuah algoritma yang dapat menyelesaikan *UA-FLP* dengan lama waktu perhitungan yang wajar. Salah satu algoritma yang populer dalam menyelesaikan berbagai permasalahan *NP-Hard Problem* adalah *Evolutionary Algorithm*.

Evolutionary Algorithm (EA) merupakan sebuah *metaheuristic* yang dapat diaplikasikan pada berbagai permasalahan optimasi, termasuk *UA-FLP*. *Evolutionary Algorithm* merupakan sebuah *metaheuristic* yang terinspirasi dari teori evolusi, dimana individu yang terkuat yang akan bertahan hidup (Vikhar, 2017).

Solver merupakan *Excel Add-In* untuk menyelesaikan permasalahan optimasi, yang bertugas untuk menemukan nilai-nilai untuk sekumpulan variabel keputusan dengan tujuan memaksimalkan atau meminimumkan tujuan (Selvi et al., 2022). *Solver* menggunakan beberapa algoritma untuk menemukan nilai optimal yang akan digunakan pada variabel-variabel keputusan. Tiga algoritma tersebut adalah sebagai berikut ini (Gilbert et al., 2023):

- (a) *Linear Programming Simplex*
- (b) *GRP Nonlinear*
- (c) *Evolutionary Algorithm*

Dengan adanya kemampuan *Evolutionary Algorithm* untuk menyelesaikan *UA-FLP* dan *Solver* yang mampu menjalankan *Evolutionary Algorithm*, maka dapat disimpulkan bahwa penyelesaian *UA-FLP* dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Solver*.

Kemampuan *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dalam menyelesaikan *UA-FLP* perlu diuji, agar dapat dibuktikan kemampuannya dalam menyelesaikan *UA-FLP*. Untuk membuktikan kemampuan tersebut maka diperlukan sebuah *UA-FLP Instance* yang akan diselesaikan oleh *Evolutionary Algorithm & Solver*.

CartonPacks Instance merupakan sebuah *UA-FLP Instance* yang dibuat berdasarkan kasus nyata pendirian pabrik daur ulang karton. (García-Hernández et al., 2020). *CartonPacks Instance* terdiri dari 11 departemen dan memperhitungkan beberapa faktor, yaitu *material flow* antar departemen, keamanan, kebisingan dan *relationship* antar departemen (Luque-Rodríguez et al., 2018). *CartonPacks Instance* ini menjadi menarik untuk diselesaikan karena jumlah departemennya yang tidak terlalu banyak, hanya 11 departemen saja. Dengan jumlah departemen sebanyak 11 departemen, menjadikan *CartonPacks Instance* sebagai permasalahan yang menarik karena waktu perhitungannya yang relatif cepat dan mempunyai kemungkinan solusi yang sangat banyak.

CartonPacks Instance pernah diselesaikan dengan menggunakan *Means of An Interactive Genetic Algorithm* (García-Hernández et al., 2013). Diharapkan *Evolutionary Algorithm & Solver* dapat menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan *Means of An Interactive Genetic Algorithm*. Dengan demikian pada *paper* ini akan dibahas mengenai *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* untuk menyelesaikan *CartonPacks Instance*.

II. STUDI LITERATUR

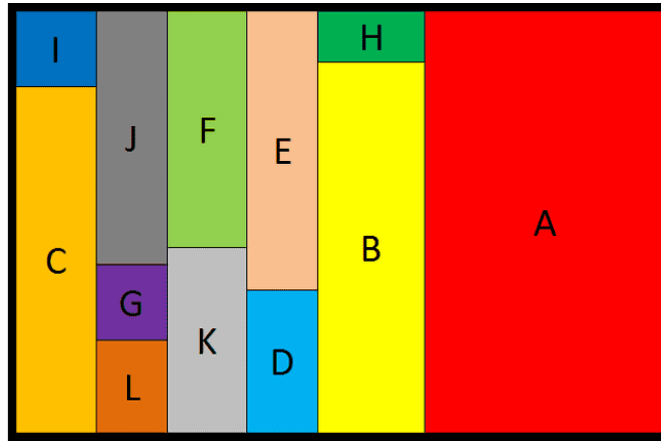
Unequal Area Facility Location Problem (UA-FLP)

Pada *UA-FLP* diasumsikan ada sebuah fasilitas berbentuk segiempat dengan dimensi tetap, panjang horizontal dan panjang vertikal diketahui. Kemudian ada sejumlah departemen yang harus disusun dan diletakkan ke dalam fasilitas tersebut. Jumlah departemen, luas setiap departemen dan banyaknya *material flow* antar departemen diketahui. Tujuan untuk *UA-FLP* ini adalah meminimumkan biaya total *material flow* (Komarudin & Wong, 2010).

Flexible Bay Structure (FBS)

Flexible Bay Structure (FBS) merupakan sebuah model untuk meletakkan departemen-departemen ke dalam fasilitas secara baris dan kolom. Tiap kolom tidak harus mempunyai lebar yang sama dan tidak harus mempunyai jumlah departemen yang sama. Lebar kolom ditentukan oleh departemen-departemen yang terkandung dalam kolom tersebut. Dengan demikian, permasalahan *UA-FLP* menjadi lebih sederhana untuk diselesaikan karena hanya dituntut untuk menentukan jumlah kolom pada fasilitas, mengatur urutan departemen untuk diletakkan ke dalam kolom dan menentukan jumlah departemen yang akan terdapat pada tiap-tiap kolom (Zapata-

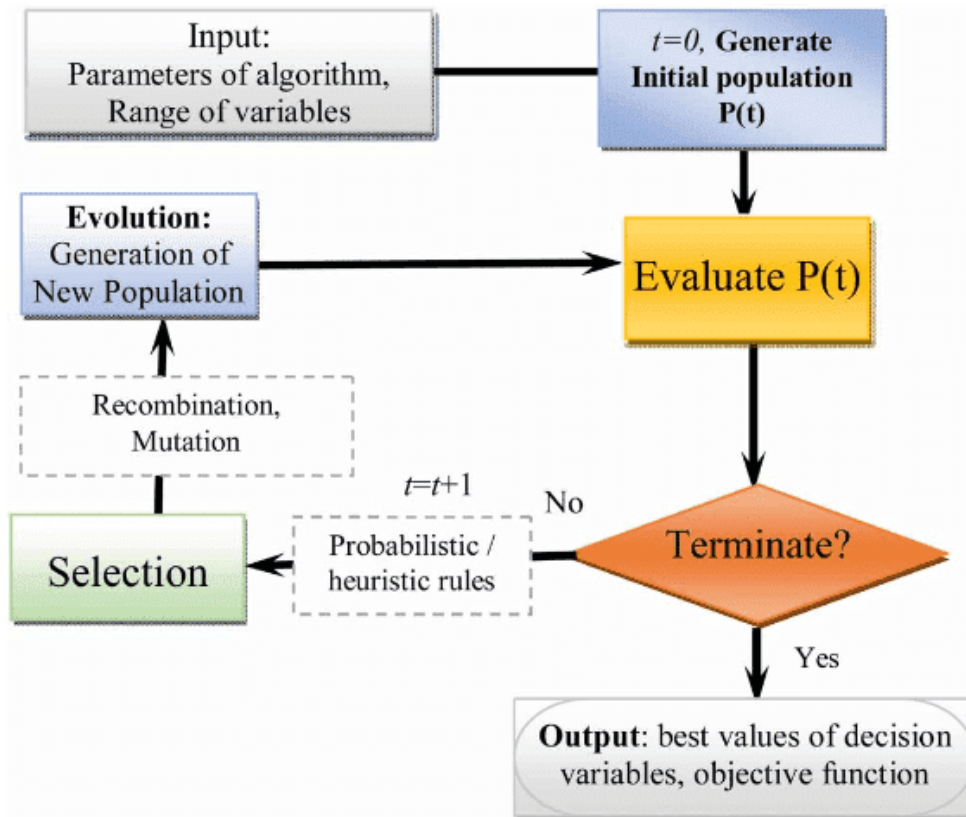
Cortés et al., 2022).



Gambar 1: Contoh Solusi UA-FLP dengan Flexible Bay Structure

Evolutionary Algorithm

Evolutionary Algorithm terdiri dari sekumpulan individu yang disebut populasi, setiap individu mewakili sebuah *feasible solution*. Individu-individu pada generasi awal dibentuk dengan cara *random* dan akan mengalami proses *selection*, *recombination* dan *mutation* sehingga menghasilkan individu-individu baru yang akan hidup pada generasi selanjutnya, proses ini akan terus berlangsung hingga sejumlah generasi. Proses-proses tersebut dilakukan dengan cara mengevaluasi nilai *fitness* (kekuatan) setiap individu. Individu-individu dengan nilai *fitness* lebih baik akan terpilih untuk dikombinasikan hingga diharapkan dapat menghasilkan individu-individu baru yang mempunyai nilai *fitness* yang lebih baik. Setelah melalui sejumlah generasi, nilai *fitness* akan konvergen pada sebuah nilai, dan individu dengan nilai *fitness* terbaik akan menjadi solusi (Badar, 2021).



Gambar 2: Struktur Dasar Sebuah Evolutionary Algorithm (Janga Reddy & Nagesh Kumar, 2020)

Berikut ini merupakan langkah-langkah utama pada *Evolutionary Algorithm* (Janga Reddy & Nagesh Kumar, 2020):

1. Secara *random* bangkitkan individu-individu sebagai populasi awal.
2. Evaluasi nilai *fitness* setiap individu.
3. Ulangi langkah-langkah evolusi hingga kriteria selesai terpenuhi:
 - (a) Pilih individu-individu untuk melakukan reproduksi.
 - (b) Lakukan *genetic operations* untuk menghasilkan keturunan.
 - (c) Evaluasi nilai *fitness* setiap keturunan.
 - (d) Individu-individu dengan nilai *fitness* terlemah diganti oleh individu-individu baru yang mempunyai nilai *fitness* terkuat.
4. Diperoleh solusi berdasarkan individu dengan nilai *fitness* terkuat.

CartonPacks Instance

Fasilitas pada *CartonPacks Instance* ini merupakan segiempat dengan panjang horizontal 20 m dan panjang vertikal 15 m. Terdapat 11 departemen yang akan disusun dan diletakkan ke dalam fasilitas tersebut (García-Hernández et al., 2019).

Tabel 1: Sebelas Departemen Pada *CartonPacks Instance* (García-Hernández et al., 2019)

No	Department	Area (m2)	Aspect Ratio Max
1	Store Of Raw Material	40	4
2	Finished Product Warehouse	40	4
3	Mechanical Workshop	20	4
4	Offices	50	4
5	Staff Bathroom	20	4
6	Expedition	40	4
7	Hydraulic Press 1	20	4
8	Hydraulic Press 2	20	4
9	Crushing Machine	20	4
10	Circular Saw	10	4
11	Heat Exchanger	10	4

Pada *CartonPacks Instance* ini ada beberapa aspek yang diharapkan dapat terpenuhi, aspek-aspek tersebut adalah sebagai berikut ini (Garcia-Hernandez et al., 2013):

- (a) Departemen *Store of Raw Material* dan departemen *Expedition* harus berada di sisi luar fasilitas.
- (b) *Material flow cost* seminimal mungkin.
- (c) Departemen *Offices* harus berdekatan dengan departemen *Staff Bathroom*, departemen *Expedition* dan departemen *Store of Raw Material*.
- (d) Departemen *Mechanical Workshop* harus berdekatan dengan departemen *Circular Saw*, *Crushing Machine*, *Hydraulic Press 1* dan *Hydraulic Press 2*.

Euclidean Distance

Untuk menghitung jarak antara setiap departemen digunakan *Euclidean Distance formula* yang bentuk persamaannya seperti berikut ini (Sanggala & Putra, 2022):

$$d_{ij} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

- d_{ij} : Jarak antara departemen i dengan departemen j
- x_i : Nilai absis dari titik pusat departemen i
- x_j : Nilai absis dari titik pusat departemen j
- y_i : Nilai ordinat dari titik pusat departemen i

y_j : Nilai ordinat dari titik pusat departemen j

III. METODE

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Menentukan sebuah *UA-FLP Instance* yang akan digunakan untuk menguji *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dalam menyelesaikan *UA-FLP*.
2. Membuat *Spreadsheet* untuk menyimpan data dari *CartonPacks Instance*. Data tersebut diperlukan saat perhitungan untuk menentukan tata-letak departemen-departemen di dalam fasilitas.
3. Membuat *Spreadsheet* untuk menyimpan *chromosome* yang menjadi representasi dari susunan departemen-departemen di dalam fasilitas.
4. Membuat *Spreadsheet* untuk menghitung *properties* dari departemen-departemen. *Properties* tersebut antara lain: Nomor kolom (*Bay*) dari departemen, panjang horizontal departemen, panjang vertikal departemen, titik pusat departemen, *Aspect Ratio* departemen, lokasi departemen dan *Penalty* departemen
5. Membuat *Spreadsheet* untuk menghitung *Material Flow Cost*, *Relationship Cost* dan *Total Cost*.
6. Pada *Solver* dimasukkan *objective function* dan *constraints* dari *UA-FLP Instance* yang akan diselesaikan.
7. Menjalankan *Solver* sebanyak 10 kali.
8. Menampilkan solusi yang dihasilkan.
9. Membandingkan solusi yang dihasilkan dengan solusi yang diperoleh dengan *Means of An Interactive Genetic Algorithm*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

***UA-FLP Instance* Yang Akan Digunakan**

CartonPacks Instance akan digunakan untuk menguji *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dalam menyelesaikan *UA-FLP*. Pada *CartonPacks Instance* ini terdapat 11 departemen, dengan total luas yang dibutuhkan adalah 290 m², sedangkan luas fasilitas yang tersedia adalah 300 m², maka ditambahkan satu departemen yang diberi nama “*Dummy*” dengan luas 10 m².

Spreadsheet Untuk Data CartonPacks Instance

Berikut ini merupakan *Spreadsheet* untuk menyimpan data dari *CartonPacks Instance*:

Tabel 2: *Spreadsheet Untuk Data CartonPacks Instance*

No	Department	Area (m2)	Aspect Ratio Max	Side Min (m)	Location Required	Aspect Ratio Max Penalty (Peso)	Side Min Penalty (Peso)	Location Required Penalty (Peso)
1	Store Of Raw Material	40	4	0	Perimeter	10	0	10
2	Finished Product Warehouse	40	4	0	Anywhere	10	0	0
3	Mechanical Workshop	20	4	0	Anywhere	10	0	0
4	Offices	50	4	0	Anywhere	10	0	0
5	Staff Bathroom	20	4	0	Anywhere	10	0	0
6	Expedition	40	4	0	Perimeter	10	0	10
7	Hydraulic Press 1	20	4	0	Anywhere	10	0	0
8	Hydraulic Press 2	20	4	0	Anywhere	10	0	0
9	Crushing Machine	20	4	0	Anywhere	10	0	0
10	Circular Saw	10	4	0	Anywhere	10	0	0
11	Heat Exchanger	10	4	0	Anywhere	10	0	0
12	Dummy	10	1000000	0	Anywhere	0	0	0

Material Flow (Unit)

Dept_No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2: Spreadsheet Untuk Data CartonPacks Instance (Lanjutan)

Material Handling Cost (Peso)

Dept_No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Relationship

Dept_No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Relationship Cost (Peso)

Dept_No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Spreadsheet Untuk Menyimpan Chromosome

Berikut ini merupakan Spreadsheet untuk menyimpan Chromosome:

Tabel 3: Spreadsheet Untuk Menyimpan Chromosome

Departments												Chromosome										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	12	3	5	7	9	11	10	8	6	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Urutan departemen-departemen pada Chromosome ini menjadi representasi susunan dan peletakkan departemen-departemen pada fasilitas, oleh karena itu urutan departemen-departemen

ini yang akan diatur sedemikian rupa oleh *Evolutionary Algorithm & Solver* agar *Total Cost* menjadi seminimal mungkin.

Spreadsheet Untuk Menghitung Properties Dari Departemen-Departemen

Berikut ini merupakan *Spreadsheet* untuk menghitung *Properties* dari Departemen-departemen:

Tabel 4: Spreadsheet Untuk Menghitung Properties Dari Departemen-Departemen

Departments											Bays			
No	Department	Top Department	Bay	Area (m2)	Width (m)	Height (m)	Center Point X	Center Point Y	Aspect Ratio	Location	Bay	Area (m2)	Width (m)	Height (m)
1	Store Of Raw Material	0	1	40	4,6667	8,5714	2,3333	4,2857	1,8367	Perimeter	1	70	4,6667	15,0000
12	Dummy	0	1	10	4,6667	2,1429	2,3333	9,6429	2,1778	Perimeter	2	230	15,3333	15,0000
3	Mechanical Workshop	1	1	20	4,6667	4,2857	2,3333	12,8571	1,0889	Perimeter	-	-	-	-
5	Staff Bathroom	0	2	20	15,3333	1,3043	12,3333	0,6522	11,7556	Perimeter	-	-	-	-
7	Hydraulic Press 1	0	2	20	15,3333	1,3043	12,3333	1,9565	11,7556	Perimeter	-	-	-	-
9	Crushing Machine	0	2	20	15,3333	1,3043	12,3333	3,2609	11,7556	Perimeter	-	-	-	-
11	Heat Exchanger	0	2	10	15,3333	0,6522	12,3333	4,2391	23,5111	Perimeter	-	-	-	-
10	Circular Saw	0	2	10	15,3333	0,6522	12,3333	4,8913	23,5111	Perimeter	-	-	-	-
8	Hydraulic Press 2	0	2	20	15,3333	1,3043	12,3333	5,8696	11,7556	Perimeter	-	-	-	-
6	Expedition	0	2	40	15,3333	2,6087	12,3333	7,8261	5,8778	Perimeter	-	-	-	-
4	Offices	0	2	50	15,3333	3,2609	12,3333	10,7609	4,7022	Perimeter	-	-	-	-
2	Finished Product Warehouse	-	2	40	15,3333	2,6087	12,3333	13,6957	5,8778	Perimeter	-	-	-	-

Penalty (Peso)

No	Department	Width (m)	Side Min (m)	Side Min Penalty (Peso)	Width Status (m)	Width Penalty (Peso)	Height (m)	Side Min (m)	Side Min Penalty	Height Status (m)	Height Penalty (Peso)	
1	Store Of Raw Material	4,6667	0	0	0	0,0000	8,5714	0	0	0	0,0000	
12	Dummy	4,6667	0	0	0	0,0000	2,1429	0	0	0	0,0000	
3	Mechanical Workshop	4,6667	0	0	0	0,0000	4,2857	0	0	0	0,0000	
5	Staff Bathroom	15,3333	0	0	0	0,0000	1,3043	0	0	0	0,0000	
7	Hydraulic Press 1	15,3333	0	0	0	0,0000	1,3043	0	0	0	0,0000	
9	Crushing Machine	15,3333	0	0	0	0,0000	1,3043	0	0	0	0,0000	
11	Heat Exchanger	15,3333	0	0	0	0,0000	0,6522	0	0	0	0,0000	
10	Circular Saw	15,3333	0	0	0	0,0000	0,6522	0	0	0	0,0000	
8	Hydraulic Press 2	15,3333	0	0	0	0,0000	1,3043	0	0	0	0,0000	
6	Expedition	15,3333	0	0	0	0,0000	2,6087	0	0	0	0,0000	
4	Offices	15,3333	0	0	0	0,0000	3,2609	0	0	0	0,0000	
2	Finished Product Warehouse	15,3333	0	0	0	0,0000	2,6087	0	0	0	0,0000	
						Total	0,0000				Total	0,0000

Penalty (Peso)

No	Department	Aspect Ratio	Aspect Ratio Max	Aspect Ratio Max Penalty	Aspect Ratio Status	Aspect Ratio Penalty (Peso)	Location	Location Required	Location Penalty (Peso)	Location Status	Location Penalty (Peso)	Department Penalty (Peso)	
1	Store Of Raw Material	1,8367	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Perimeter	10	0	0,0000	0,0000	
12	Dummy	2,1778	1000000	0	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000	
3	Mechanical Workshop	1,0889	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000	
5	Staff Bathroom	11,7556	4	10	7,7556	77,5556	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	77,5556	
7	Hydraulic Press 1	11,7556	4	10	7,7556	77,5556	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	77,5556	
9	Crushing Machine	11,7556	4	10	7,7556	77,5556	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	77,5556	
11	Heat Exchanger	23,5111	4	10	19,5111	195,1111	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	195,1111	
10	Circular Saw	23,5111	4	10	19,5111	195,1111	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	195,1111	
8	Hydraulic Press 2	11,7556	4	10	7,7556	77,5556	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	77,5556	
6	Expedition	5,8778	4	10	1,8778	18,7778	Perimeter	Perimeter	10	0	0,0000	18,7778	
4	Offices	4,7022	4	10	0,7022	7,0222	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	7,0222	
2	Finished Product Warehouse	5,8778	4	10	1,8778	18,7778	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	18,7778	
						Total	745,0222				Total	0,0000	745,0222

Spreadsheet Untuk Menghitung Material Flow Cost, Relationship Cost Dan Total Cost

Berikut ini merupakan *Spreadsheet* untuk menghitung *Material Flow Cost*, *Relationship Cost* dan *Total Cost*:

Tabel 5: Spreadsheet Untuk Menghitung Material Flow Cost, Relationship Cost Dan Total Cost



Matrix Distance (m)

No	Department	Center Point X	Center Point Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Store Of Raw Material	2,3333	4,2857	0,0000	13,7312	8,5714	11,9133	10,6397	10,6082	10,2677	10,1247	10,0524	10,0183	10,0001	5,3571
2	Finished Product Warehouse	12,3333	13,6957	13,7312	0,0000	10,0351	2,9348	13,0435	5,8696	11,7391	7,8261	10,4348	8,8043	9,4565	10,7900
3	Mechanical Workshop	2,3333	12,8571	8,5714	10,0351	0,0000	10,2174	15,7785	11,1943	14,7927	12,1994	13,8596	12,7849	13,2011	3,2143
4	Offices	12,3333	10,7609	11,9133	2,9348	10,2174	0,0000	10,1087	2,9348	8,8043	4,8913	7,5000	5,8696	6,5217	10,0623
5	Staff Bathroom	12,3333	0,6522	10,6397	13,0435	15,7785	10,1087	0,0000	7,1739	1,3043	5,2174	2,6087	4,2391	3,5870	13,4474
6	Expedition	12,3333	7,8261	10,6082	5,8696	11,1943	2,9348	7,1739	0,0000	5,8696	1,9565	4,5652	2,9348	3,5870	10,1637
7	Hydraulic Press 1	12,3333	1,9565	10,2677	11,7391	14,7927	8,8043	1,3043	5,8696	0,0000	3,9130	1,3043	2,9348	2,2826	12,6127
8	Hydraulic Press 2	12,3333	5,8696	10,1247	7,8261	12,1994	4,8913	5,2174	1,9565	3,9130	0,0000	2,6087	0,9783	1,6304	10,6882
9	Crushing Machine	12,3333	3,2609	10,0524	10,4348	13,8596	7,5000	2,6087	4,5652	1,3043	2,6087	0,0000	1,6304	0,9783	11,8630
10	Circular Saw	12,3333	4,8913	10,0183	8,8043	12,7849	5,8696	4,2391	2,9348	2,9348	0,9783	1,6304	0,0000	0,6522	11,0715
11	Heat Exchanger	12,3333	4,2391	10,0001	9,4565	13,2011	6,5217	3,5870	3,5870	2,2826	1,6304	0,9783	0,6522	0,0000	11,3666
12	Dummy	2,3333	9,6429	5,3571	10,7900	3,2143	10,0623	13,4474	10,1637	12,6127	10,6882	11,8630	11,0715	11,3666	0,0000

Tabel 5: Spreadsheet Untuk Menghitung Material Flow Cost, Relationship Cost Dan Total Cost (Lanjutan)

Distance Material Handling Cost (Peso)

No	Department	Center Point X	Center Point Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Store Of Raw Material	2,3333	4,2857	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	20,0366	0,0000	0,0000
2	Finished Product Warehouse	12,3333	13,6957	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	11,7391	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	Mechanical Workshop	2,3333	12,8571	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Offices	12,3333	10,7609	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Staff Bathroom	12,3333	0,6522	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Expedition	12,3333	7,8261	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Hydraulic Press 1	12,3333	1,9565	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,2826	0,0000
8	Hydraulic Press 2	12,3333	5,8696	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,6304	0,0000
9	Crushing Machine	12,3333	3,2609	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,3043	2,6087	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Circular Saw	12,3333	4,8913	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	3,2609	0,0000	0,0000	0,0000
11	Heat Exchanger	12,3333	4,2391	0,0000	18,9130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	Dummy	2,3333	9,6429	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total (Peso)				61,7758											

Distance Relationship Cost (Peso)

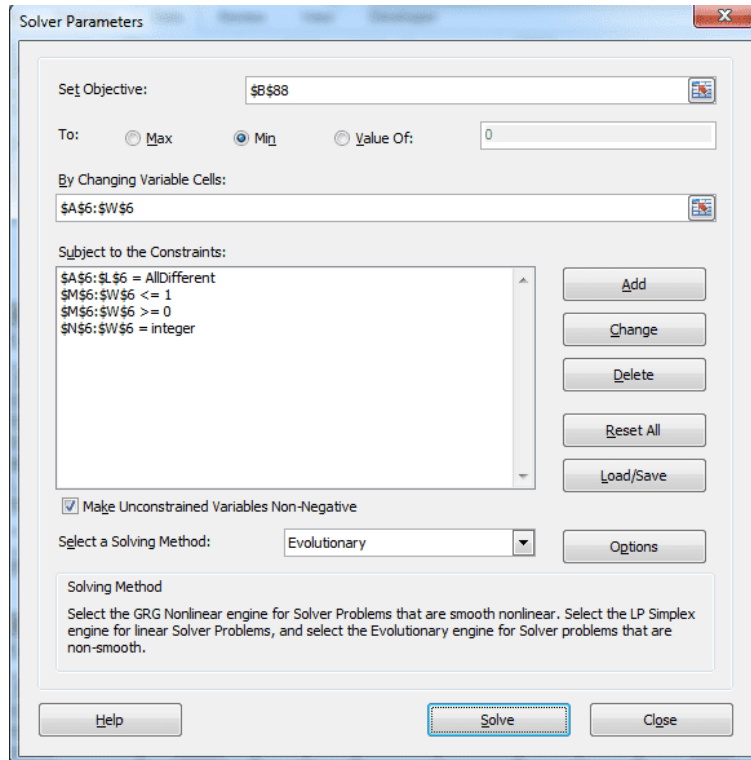
No	Department	Center Point X	Center Point Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Store Of Raw Material	2,3333	4,2857	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	Finished Product Warehouse	12,3333	13,6957	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	Mechanical Workshop	2,3333	12,8571	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	14,7927	12,1994	13,8596	12,7849	0,0000
4	Offices	12,3333	10,7609	11,9133	0,0000	0,0000	0,0000	10,1087	2,9348	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Staff Bathroom	12,3333	0,6522	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Expedition	12,3333	7,8261	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Hydraulic Press 1	12,3333	1,9565	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Hydraulic Press 2	12,3333	5,8696	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	Crushing Machine	12,3333	3,2609	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Circular Saw	12,3333	4,8913	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	Heat Exchanger	12,3333	4,2391	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	Dummy	2,3333	9,6429	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total (Peso)				78,5915											
Total Cost (Peso)				885,3915											

Formula yang digunakan dalam Spreadsheet ini cukup panjang, sehingga sulit untuk dituliskan dalam paper ini, oleh karena itu bagi pembaca yang membutuhkan file dari Spreadsheet ini dapat menghubungi penulis melalui surat elektronik.

Memasukkan Objective Function Dan Constraints Pada Solver

Berikut ini merupakan tampilan Solver setelah dimasukkan Objective Function dan Constraints:





Gambar 3: Solver Setelah Dimasukkan Objective Function Dan Constraints Melakukan Perhitungan Dengan Solver Sebanyak 10 Kali

Dikarenakan *Evolutionary Algorithm* dalam perhitungannya menggunakan bilangan *random*, maka setiap perhitungannya dapat menghasilkan solusi yang berbeda-beda, oleh karena itu perlu dilakukan beberapa kali perhitungan dengan harapan dapat diperoleh solusi seoptimal mungkin. Berikut ini merupakan *Total Cost* yang dihasilkan dari 10 kali perhitungan:

Tabel 6: Total Cost Yang Dihasilkan Dari 10 Kali Perhitungan

Perhitungan	Total Cost (Peso)
1	103,984914745102
2	105,042357646076
3	105,554346599534
4	101,738038911349
5	105,021689463958
6	102,286309135812
7	99,902878069166
8	103,235274331189
9	104,205948035955
10	109,711017691850

Dari tabel 6 dapat dilihat bahwa *Total Cost* terkecil yang diperoleh adalah *Total Cost* yang dihasilkan dari perhitungan ke-7, yaitu senilai 99,902878069166 Peso.

Solusi CartonPacks Instance Yang Dihasilkan Oleh Evolutionary Algorithm & Solver
 Berikut ini merupakan *Chromosome* dari solusi:

Tabel 7: Chromosome Dari Solusi

Chromosome																						
Departments												Top Departments										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	9	10	1	7	11	8	4	2	5	6	12	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0

Berikut ini merupakan *Properties* dari Departemen-departemen:

Tabel 8: *Properties* Dari Departemen-Departemen

Number of Bays: 4

Departments											Bays			
No	Department	Top Department	Bay	Area (m2)	Width (m)	Height (m)	Center Point X	Center Point Y	Aspect Ratio	Location	Bay	Area (m2)	Width (m)	Height (m)
3	Mechanical Workshop	0	1	20	6,0000	3,3333	3,0000	1,6667	1,8000	Perimeter	1	90	6,0000	15,0000
9	Crushing Machine	0	1	20	6,0000	3,3333	3,0000	5,0000	1,8000	Perimeter	2	100	6,6667	15,0000
10	Circular Saw	0	1	10	6,0000	1,6667	3,0000	7,5000	3,6000	Perimeter	3	60	4,0000	15,0000
1	Store Of Raw Material	1	1	40	6,0000	6,6667	3,0000	11,6667	1,1111	Perimeter	4	50	3,3333	15,0000
7	Hydraulic Press 1	0	2	20	6,6667	3,0000	9,3333	1,5000	2,2222	Perimeter	-	-	-	-
11	Heat Exchanger	0	2	10	6,6667	1,5000	9,3333	3,7500	4,4444	Inside	-	-	-	-
8	Hydraulic Press 2	0	2	20	6,6667	3,0000	9,3333	6,0000	2,2222	Inside	-	-	-	-
4	Offices	1	2	50	6,6667	7,5000	9,3333	11,2500	1,1250	Perimeter	-	-	-	-
2	Finished Product Warehouse	0	3	40	4,0000	10,0000	14,6667	5,0000	2,5000	Perimeter	-	-	-	-
5	Staff Bathroom	1	3	20	4,0000	5,0000	14,6667	12,5000	1,2500	Perimeter	-	-	-	-
6	Expedition	0	4	40	3,3333	12,0000	18,3333	6,0000	3,6000	Perimeter	-	-	-	-
12	Dummy	-	4	10	3,3333	3,0000	18,3333	13,5000	1,1111	Perimeter	-	-	-	-

Tabel 8: *Properties* Dari Departemen-Departemen (Lanjutan)

Penalty (Peso)

No	Department	Width (m)	Side Min (m)	Side Min	Width Status	Width Penalty	Height (m)	Side Min (m)	Side Min	Height Status	Height Penalty
3	Mechanical Workshop	6,0000	0	0	0	0,0000	3,3333	0	0	0	0,0000
9	Crushing Machine	6,0000	0	0	0	0,0000	3,3333	0	0	0	0,0000
10	Circular Saw	6,0000	0	0	0	0,0000	1,6667	0	0	0	0,0000
1	Store Of Raw Material	6,0000	0	0	0	0,0000	6,6667	0	0	0	0,0000
7	Hydraulic Press 1	6,6667	0	0	0	0,0000	3,0000	0	0	0	0,0000
11	Heat Exchanger	6,6667	0	0	0	0,0000	1,5000	0	0	0	0,0000
8	Hydraulic Press 2	6,6667	0	0	0	0,0000	3,0000	0	0	0	0,0000
4	Offices	6,6667	0	0	0	0,0000	7,5000	0	0	0	0,0000
2	Finished Product Warehouse	4,0000	0	0	0	0,0000	10,0000	0	0	0	0,0000
5	Staff Bathroom	4,0000	0	0	0	0,0000	5,0000	0	0	0	0,0000
6	Expedition	3,3333	0	0	0	0,0000	12,0000	0	0	0	0,0000
12	Dummy	3,3333	0	0	0	0,0000	3,0000	0	0	0	0,0000
Total							0,0000	Total			0,0000

Penalty (Peso)

No	Department	Aspect Ratio	Aspect Ratio Max	Aspect Ratio Max Penalty	Aspect Ratio Status	Aspect Ratio Penalty (Peso)	Location	Location Required	Location Penalty (Peso)	Location Status	Location Penalty (Peso)	Department Penalty (Peso)
3	Mechanical Workshop	1,8000	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
9	Crushing Machine	1,8000	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
10	Circular Saw	3,6000	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
1	Store Of Raw Material	1,1111	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Perimeter	10	0	0,0000	0,0000
7	Hydraulic Press 1	2,2222	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
11	Heat Exchanger	4,4444	4	10	0,4444	4,4444	Inside	Anywhere	0	0	0,0000	4,4444
8	Hydraulic Press 2	2,2222	4	10	0,0000	0,0000	Inside	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
4	Offices	1,1250	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
2	Finished Product Warehouse	2,5000	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
5	Staff Bathroom	1,2500	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
6	Expedition	3,6000	4	10	0,0000	0,0000	Perimeter	Perimeter	10	0	0,0000	0,0000
12	Dummy	1,1111	1000000	0	0,0000	0,0000	Perimeter	Anywhere	0	0	0,0000	0,0000
Total							4,4444	Total			0,0000	4,4444

Berikut ini merupakan *Material Flow Cost*, *Relationship Cost* dan *Total Cost* dari solusi:

Tabel 9: *Material Flow Cost*, *Relationship Cost* Dan *Total Cost* Dari Solusi



Matrix Distance (m)

No	Department	Center Point X	Center Point Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Store Of Raw Material	3,0000	11,6667	0,0000	13,4371	10,0000	6,3470	11,6964	16,3469	11,9780	8,4984	6,6667	4,1667	10,1383	15,4425
2	Finished Product Warehouse	14,6667	5,0000	13,4371	0,0000	12,1335	8,2163	7,5000	3,8006	6,3792	5,4263	11,6667	11,9315	5,4779	9,2571
3	Mechanical Workshop	3,0000	1,6667	10,0000	12,1335	0,0000	11,4870	15,9208	15,9339	6,3355	7,6739	3,3333	5,8333	6,6672	19,3685
4	Offices	9,3333	11,2500	6,3470	8,2163	11,4870	0,0000	5,4779	10,4193	9,7500	5,2500	8,8980	7,3603	7,5000	9,2770
5	Staff Bathroom	14,6667	12,5000	11,6964	7,5000	15,9208	5,4779	0,0000	7,4629	12,2247	8,4080	13,8694	12,6930	10,2473	3,8006
6	Expedition	18,3333	6,0000	16,3469	3,8006	15,9339	10,4193	7,4629	0,0000	10,0623	9,0000	15,3659	15,4065	9,2770	7,5000
7	Hydraulic Press 1	9,3333	1,5000	11,9780	6,3792	6,3355	9,7500	12,2247	10,0623	0,0000	4,5000	7,2361	8,7242	2,2500	15,0000
8	Hydraulic Press 2	9,3333	6,0000	8,4984	5,4263	7,6739	5,2500	8,4080	9,0000	4,5000	0,0000	6,4118	6,5085	2,2500	11,7154
9	Crushing Machine	3,0000	5,0000	6,6667	11,6667	3,3333	8,8980	13,8694	15,3659	7,2361	6,4118	0,0000	2,5000	6,4555	17,5317
10	Circular Saw	3,0000	7,5000	4,1667	11,9315	5,8333	7,3603	12,6930	15,4065	8,7242	6,5085	2,5000	0,0000	7,3603	16,4655
11	Heat Exchanger	9,3333	3,7500	10,1383	5,4779	6,6672	7,5000	10,2473	9,2770	2,2500	2,2500	6,4555	7,3603	0,0000	13,2689
12	Dummy	18,3333	13,5000	15,4425	9,2571	19,3685	9,2770	3,8006	7,5000	15,0000	11,7154	17,5317	16,4655	13,2689	0,0000

Distance Material Handling Cost (Peso)

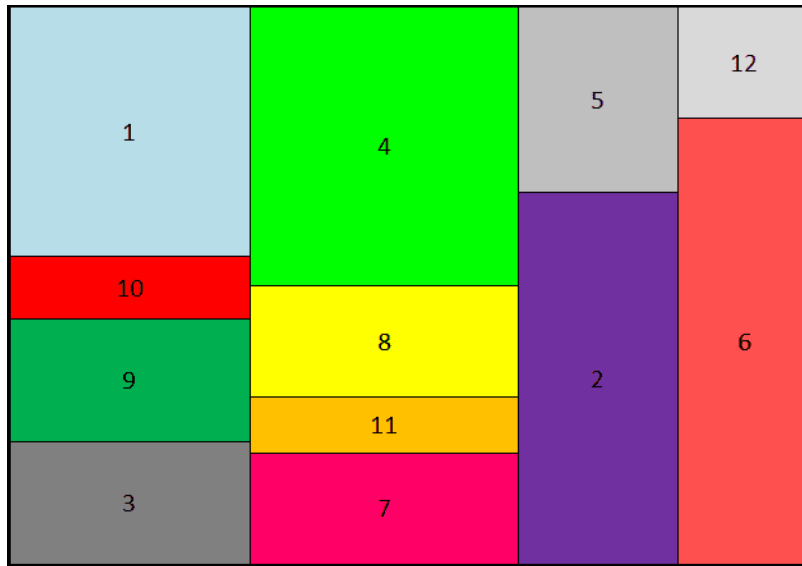
No	Department	Center Point X	Center Point Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Store Of Raw Material	3,0000	11,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	8,3333	0,0000	0,0000
2	Finished Product Warehouse	14,6667	5,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7,6012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	Mechanical Workshop	3,0000	1,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Offices	9,3333	11,2500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Staff Bathroom	14,6667	12,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Expedition	18,3333	6,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Hydraulic Press 1	9,3333	1,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Hydraulic Press 2	9,3333	6,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	2,2500	0,0000
9	Crushing Machine	3,0000	5,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	7,2361	6,4118	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Circular Saw	3,0000	7,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	5,0000	0,0000	0,0000
11	Heat Exchanger	9,3333	3,7500	0,0000	10,9557	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	Dummy	18,3333	13,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total (Peso)		50,0381													

Tabel 9: Material Flow Cost, Relationship Cost Dan Total Cost Dari Solusi (Lanjutan)

Distance Relationship Cost (Peso)

No	Department	Center Point X	Center Point Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Store Of Raw Material	3,0000	11,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	Finished Product Warehouse	14,6667	5,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	Mechanical Workshop	3,0000	1,6667	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	6,3355	7,6739	3,3333	5,8333	0,0000
4	Offices	9,3333	11,2500	6,3470	0,0000	0,0000	0,0000	5,4779	10,4193	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5	Staff Bathroom	14,6667	12,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Expedition	18,3333	6,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Hydraulic Press 1	9,3333	1,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Hydraulic Press 2	9,3333	6,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	Crushing Machine	3,0000	5,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Circular Saw	3,0000	7,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
11	Heat Exchanger	9,3333	3,7500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
12	Dummy	18,3333	13,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total (Peso)		45,4201													
Total Cost (Peso)		99,9029													

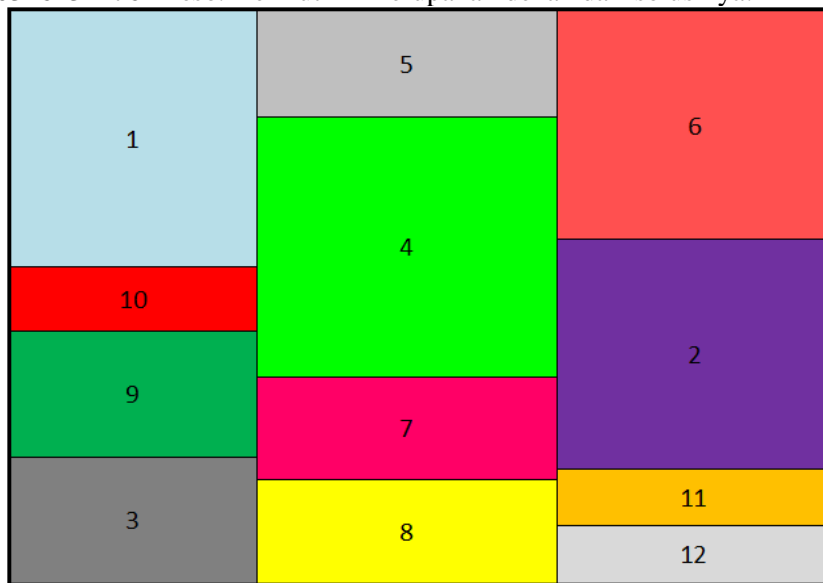
Berikut ini merupakan denah dari solusi untuk *CartonPacks Instance*:



Gambar 4: Denah Dari Solusi Untuk *CartonPacks Instance*

Perbandingan Hasil

Solusi berdasarkan *Means of An Interactive Genetic Algorithm* menghasilkan *Total Cost* senilai 108,503162344761 Peso. Berikut ini merupakan denah dari solusinya:



Gambar 5: Denah Solusi Berdasarkan *Means of An Interactive Genetic Algorithm* (Garcia-Hernandez et al., 2013)

Dikarenakan solusi berdasarkan *Evolutionary Algorithm & Solver* menghasilkan *Total Cost* senilai 99,902878069166 Peso, maka solusi berdasarkan *Evolutionary Algorithm & Solver* lebih baik dibandingkan solusi berdasarkan *Means of An Interactive Genetic Algorithm*.

V. KESIMPULAN

Kombinasi *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dapat digunakan untuk menyelesaikan *UA-FLP*. Dikarenakan *Evolutionary Algorithm* bekerja dengan menggunakan nilai *random*, solusi yang dihasilkan pada setiap perhitungan dapat berbeda-beda, oleh karena itu perlu dilakukan beberapa kali perhitungan agar dapat diperoleh solusi terbaiknya. Semakin banyak perhitungan yang dilakukan, akan memperbesar peluang didapatkannya solusi terbaik, walaupun mengakibatkan waktu penentuan solusi terbaiknya menjadi lebih lama. Untuk *CartonPacks Instance* berdasarkan hasil penyelesaian oleh *Evolutionary Algorithm* dan *Solver*, *Total Cost* terkecilnya adalah 99,902878069166 Peso, *Total Cost* tersebut lebih rendah dibandingkan *Total*

Cost berdasarkan *Means of An Interactive Genetic Algorithm* yaitu 108,503162344761 Peso. Pengujian pada satu *UA-FLP Instance* belum mampu memberikan gambaran mengenai kehandalan *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dalam menyelesaikan *UA-FLP*. Dengan demikian perlu dilakukan pengujian terhadap *Evolutionary Algorithm* dan *Solver* dalam menyelesaikan berbagai *UA-FLP Instance* lainnya sehingga kehandalannya dapat lebih diketahui.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Paper ini didukung oleh Direktorat Riset, PPM, Inovasi, Kewirausahaan & Kemitraan (RPIKK) Universitas Logistik & Bisnis Internasional. Melalui programnya yang bernama “Hibah Penelitian Internal” telah mendanai *paper* ini. Ucapan terima kasih diberikan kepada Direktorat RPIKK ULBI atas segala dukungannya.

VII. REFERENSI

- Anjos, M. F., & Vieira, M. V. C. (2017). Mathematical optimization approaches for facility layout problems: The state-of-the-art and future research directions. *European Journal of Operational Research*, 261(1), 1–16.
- Badar, A. Q. H. (2021). *Evolutionary Optimization Algorithms*. CRC Press.
- Domínguez-Casasola, S., Velasco, J., & Urbán-Rivero, L. E. (2023). A Mixed Integer Programming Approach for the Unequal Area Facility Layout Problem. Available at SSRN 4494076.
- Garcia-Hernandez, L., Arauzo-Azofra, A., Salas-Morera, L., Pierreval, H., & Corchado, E. (2013). Recycling Plants Layout Design by Means of an Interactive Genetic Algorithm. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 19(3), 457–468. <https://doi.org/10.1080/10798587.2013.803679>
- García-Hernández, L., Salas-Morera, L., Carmona-Muñoz, C., Abraham, A., & Salcedo-Sanz, S. (2020). A hybrid coral reefs optimization—Variable neighborhood search approach for the unequal area facility layout problem. *IEEE Access*, 8, 134042–134050.
- Garcia-Hernandez, L., Salas-Morera, L., Carmona-Muñoz, C., Garcia-Hernandez, J. A., & Salcedo-Sanz, S. (2020). A novel Island Model based on Coral Reefs Optimization algorithm for solving the unequal area facility layout problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 89(November 2019), 103445. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103445>
- García-Hernández, L., Salas-Morera, L., Garcia-Hernandez, J. A., Salcedo-Sanz, S., & de Oliveira, J. V. (2019). Applying the coral reefs optimization algorithm for solving unequal area facility layout problems. *Expert Systems with Applications*, 138, 112819.
- Gilbert, J., Koska, O., & Oladi, R. (2023). Excel Sheet for Demonstrating the Specific Factors Model (Solver). *Excel Models for Trade Theory*.
- Janga Reddy, M., & Nagesh Kumar, D. (2020). Evolutionary algorithms, swarm intelligence methods, and their applications in water resources engineering: A state-of-the-art review. *H2Open Journal*, 3(1), 135–188. <https://doi.org/10.2166/h2oj.2020.128>
- Komarudin, & Wong, K. Y. (2010). Applying Ant System for solving Unequal Area Facility Layout Problems. *European Journal of Operational Research*, 202(3), 730–746. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.06.016>
- Kouvelis, P., Kurawarwala, A. A., & Gutierrez, G. J. (1992). Algorithms for robust single and multiple period layout planning for manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 63(2), 287–303.

-
- Luque-Rodríguez, M., Arauzo-Azofra, A., Gata-Moreno, L., García-Hernández, L., & Salas-Morera, L. (2018). *ALGORITMOS COEVOLUTIVOS PARA EL DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA*.
- Sanggala, E., & Putra, R. R. (2022). Pengembangan Aplikasi Berbasis Octave dan VBA Excel Untuk Media Pembelajaran Penyelesaian TSP Dengan Nearest Neighbour. *Jurnal Logistik Bisnis*, 12(2), 76–86.
- Selvi, A. A., Selvabharathi, S. M., & Lavanya, S. (2022). Real Life Optimization Problem using Excel and Solver. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 5(5), 155–157.
- Tang, H., Ren, S., Jiang, W., & Chen, Q. (2022). Optimization of Multi-Objective Unequal Area Facility Layout. *IEEE Access*, 10, 38870–38884.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2010). *Facilities planning*. John Wiley & Sons.
- Vikhar, P. A. (2017). Evolutionary algorithms: A critical review and its future prospects. *Proceedings - International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication, ICGTSPICC 2016, figure 1*, 261–265. <https://doi.org/10.1109/ICGTSPICC.2016.7955308>
- Zapata-Cortés, J. A., Arango-Serna, M. D., & Cáceres-Gelvez, S. (2022). Genetic Algorithm for the Optimization of the Unequal-Area Facility Layout Problem. In *Handbook on Decision Making: Volume 3: Trends and Challenges in Intelligent Decision Support Systems* (pp. 399–418). Springer.