

APLIKASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENENTUAN TATA LETAK MESIN

Hari Purnomo, Sri Kusumadewi

Teknik Industri, Teknik Informatika

Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta

ha_purnomo@fti.uui.ac.id, cicie@fti.uui.ac.id

ABSTRACT

Facility layout has very important relation with material handling systems. One of the most problem in production systems is caused by unsystematic material handling. In this research, we will try to implement genetic algorithm to layout machines. Input of this research are machine number, each machine dimension (length and width), sequence of machines in each part, production volume in each part, and batch size in each part. Output of this research is machine layout with minimum total flow cost. This research solved the case with 15 machines and 25 parts. The result on this case is sequence of machines 15, 3, 1, 11, 8, 6, 4, 2, 9, 14, 13, 5, 7, 10 and 12 with total flow cost 6255.5.

Keywords: genetic algorithm, machine layout

1. PENDAHULUAN

Perencanaan fasilitas merupakan rancangan dari fasilitas-fasilitas industri yang akan dibangun. Di dunia industri, perencanaan fasilitas dimaksudkan sebagai sarana untuk perbaikan layout fasilitas yang digunakan dalam penanganan material (*material handling*), penentuan peralatan dalam proses produksi, dan perencanaan fasilitas secara keseluruhan. Ada 2 hal pokok dalam perencanaan fasilitas yaitu, berkaitan dengan perencanaan lokasi pabrik (*plant location*) dan perancangan fasilitas produksi yang meliputi perancangan struktur pabrik, perancangan tata letak fasilitas dan perancangan sistim penanganan material [1].

Pengaturan fasilitas pabrik memegang peranan penting dalam kelancaran proses produksi, sehingga akan tercapai suatu aliran kerja yang teratur, aman dan nyaman. Keberhasilan perusahaan secara profit salah satunya merupakan refleksi langsung dari kelancaran proses produksi dan pemindahan bahan yang ditangani secara bijaksana, sehingga akan menghasilkan output yang optimal. Tata letak pabrik berhubungan dengan perencanaan dan pengaturan tata letak mesin, peralatan, aliran bahan, dan orang-orang yang bekerja di masing-masing stasiun kerja [6]. Pengaturan fasilitas memegang peranan penting dalam kelancaran proses produksi agar tercapai suatu aliran yang teratur, aman dan nyaman. Kesalahan dalam pengaturan fasilitas akan berdampak negatif secara terus menerus yang berakibat ketidak beraturan pada sistem produksi.

Pada penelitian ini, algoritma genetika akan diimplementasikan untuk menentukan tata letak mesin (15 mesin yang digunakan oleh 25 part) untuk mendapatkan *total flow cost* yang minimum.

2. DASAR TEORI

2.1 Konsep Dasar Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma pencarian heuristik yang didasarkan atas mekanisme evolusi biologis. Keberagaman pada evolusi biologis adalah variasi dari kromosom antar individu organisme. Variasi kromosom ini akan mempengaruhi laju reproduksi dan tingkat kemampuan organisme untuk tetap hidup. Pada algoritma ini, teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang mungkin yang dikenal dengan istilah **populasi**. Individu yang terdapat dalam satu populasi disebut dengan istilah **kromosom**. Kromosom ini merupakan suatu solusi yang masih berbentuk simbol. Populasi awal dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan hasil evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi yang disebut dengan istilah **generasi**. Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut dengan fungsi **fitness**. Nilai fitness dari suatu kromosom akan menunjukkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Generasi berikutnya dikenal dengan istilah anak (**offspring**) terbentuk dari gabungan 2 kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (**parent**) dengan menggunakan operator penyilangan (**crossover**). Selain operator penyilangan, suatu kromosom dapat juga dimodifikasi dengan menggunakan operator **mutasi**. Populasi generasi yang baru dibentuk dengan cara menyeleksi nilai fitness dari kromosom induk (parent) dan nilai fitness dari kromosom anak (offspring), serta menolak kromosom-kromosom yang lainnya sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom terbaik [5].

Misalkan $P(\text{generasi})$ adalah populasi dari satu generasi, maka secara sederhana algoritma genetika terdiri-dari langkah-langkah [4]:

1. Generasi=0 (generasi awal).
2. Inisialisasi populasi awal, $P(\text{generasi})$, secara acak.
3. Evaluasi nilai fitness pada setiap individu dalam $P(\text{generasi})$.
4. Kerjakan langkah-langkah berikut hingga generasi mencapai maksimum generasi:
 - a. generasi = generasi+1 (tambah generasi).
 - b. Seleksi populasi tersebut untuk mendapatkan kandidat induk, $P'(\text{generasi})$.
 - c. Lakukan crossover pada $P'(\text{generasi})$.
 - d. Lakukan mutasi pada $P'(\text{generasi})$; mutasi ini bersifat optional.
 - e. Lakukan evaluasi fitness setiap individu pada $P'(\text{generasi})$.
 - f. Bentuk populasi baru: $P(\text{generasi}) = \{P(\text{generasi-1}) \text{ yang survive, } P'(\text{generasi})\}$

2.2 Metode Seleksi dengan Roda Roulette

Seleksi ini bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang memiliki fitness tinggi untuk melakukan reproduksi. [5]

Algoritma seleksi roda roulette:

1. Hitung total fitness (F):

- o $TotFitness = \sum F_k; k=1,2,\dots,popsize.$
- 2. Hitung fitness relatif tiap individu:
 - o $p_k = F_k/TotFitness$
- 3. Hitung fitness komulatif:
 - o $q_1 = p_1$
 - o $q_k = q_{k-1} + p_k; k=2,3,\dots,popsize$
- 4. Pilih induk yang akan menjadi kandidat untuk di-crossover dengan cara:
 - o Bangkitkan bilangan random r .
 - o Jika $q_k \leq r$ dan $q_{k+1} > r$, maka pilih kromosom ke $(k+1)$ sebagai kandidat induk.

2.3 Crossover

Crossover (penyilangan) dilakukan atas 2 kromosom untuk menghasilkan kromosom anak (*offspring*). Kromosom anak yang terbentuk akan mewarisi sebagian sifat kromosom induknya. Metode crossover yang akan digunakan untuk kasus ini adalah Metode *Order* (OX). Pada metode ini, *offspring* dibentuk dengan cara memilih sebagian jalur dari suatu induk, kemudian menata ulang jalur berdasarkan urutan tertentu dari induk yang lainnya [3].

Misalkan ada 2 induk:

$$p_1 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \hline \end{array}$$

$$p_2 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 5 & 7 & 1 & 3 & 8 & 2 & 4 & 6 \\ \hline \end{array}$$

Pertama-tama kita pilih 2 bilangan bulat positif pada range 1 sampai jumlah fasilitas secara acak untuk menentukan posisi persilangan. Misalkan: $r_1=2$ dan $r_2=5$.

$$p_1 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \hline \end{array}$$

$$p_2 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 5 & 7 & 1 & 3 & 8 & 2 & 4 & 6 \\ \hline \end{array}$$

Kemudian kita copy-kan bagian tengah (antara kedua titik persilangan) ke setiap kromosom anak (o_1 dan o_2).

$$o_1 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & x & 3 & 4 & 5 & x & x & x \\ \hline \end{array}$$

$$o_2 = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline x & x & 1 & 3 & 8 & x & x & x \\ \hline \end{array}$$

Kemudian, dimulai dari titik persilangan kedua pada suatu induk, copy-kan fasilitas-fasilitas dengan urutan yang sama dari induk yang lain. Apabila sudah sampai pada fasilitas terakhir, lanjutkan mulai dari fasilitas pertama. Sehingga urutan fasilitas untuk induk kedua adalah:

$$2 - 4 - 6 - 5 - 7 - 1 - 3 - 8$$

Fasilitas ke-3, 4, dan 5 sudah ada pada anak pertama (o_1), sehingga hapus fasilitas ini dari urutan induk kedua, hasilnya:

2 – 6 – 7 – 1 – 8

Letakkan urutan ini ke anak pertama (o_1) dimulai dari titik persilangan kedua, sehingga anak pertama (o_1) menjadi:

$o_1 =$

1 8	3 4 5	2 6 7
-----	-------	-------

Dengan cara yang sama, urutan fasilitas untuk induk pertama adalah:

6 – 7 – 8 – 1 – 2 – 3 – 4 – 5

Fasilitas ke-1, 3, dan 8 sudah ada pada anak kedua (o_2), sehingga hapus fasilitas ini dari urutan induk pertama, hasilnya:

6 – 7 – 2 – 4 – 5

Letakkan urutan ini ke anak kedua (o_2) dimulai dari titik persilangan kedua, sehingga anak kedua (o_2) menjadi:

$O_2 =$

4 5	1 3 8	6 7 2
-----	-------	-------

Pada crossover ada satu parameter yang sangat penting yaitu peluang crossover (p_c). Peluang crossover menunjukkan rasio dari anak yang dihasilkan dalam setiap generasi dengan ukuran populasi.

Metose seleksi dalam algoritma genetika dilakukan secara random, sehingga ada kemungkinan bahwa kromosom yang sebenarnya sudah baik tidak bisa turut serta pada generasi berikutnya karena tidak lolos seleksi. Untuk itu perlu kiranya ada pelestarian kromosom-kromosom terbaik, sehingga kromosom-kromosom yang sudah baik tersebut bisa lolos seleksi. Mühlenbein mengusulkan adanya perbaikan pada algoritma genetika yang dikenal dengan nama *Breeder GAs* (BGA). Pada BGA ini digunakan parameter *kept best* (kb) yang menunjukkan peluang kromosom-kromosom terbaik yang akan dilestarikan dan kromosom-kromosom yang akan digantikan. Misalkan probabilitas kromosom terbaik yang akan dilestarikan adalah 0,2 yang berarti bahwa paling tidak 20% kromosom dalam populasi yang telah terjadi akan diganti dengan kromosom terbaik pada populasi awal generasi yang bersangkutan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan variabel-variabel input properti sistem, yang meliputi: jumlah mesin, dimensi setiap mesin (panjang dan lebar), mesin-mesin yang digunakan pada setiap part, volume produksi, dan ukuran batch;
- b. Merepresentasikan solusi dan inisialisasi populasi awal
- c. Menentukan parameter-parameter Algoritma Genetika, yang meliputi: maksimum generasi, ukuran populasi (popsize), peluang crossover (p_c), peluang pelestarian kromosom terbaik setiap generasi.
- d. Mengaplikasikan algoritma genetika.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Input Sistem

Input data yang dibutuhkan oleh sistem adalah jumlah mesin, dimensi setiap mesin, dan urutan mesin yang digunakan dalam setiap part. Misalkan terdapat 15 mesin dengan dimensi seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Dimensi mesin.

Mesin	Panjang (unit)	Lebar (unit)
1	6	5
2	5	3
3	5	4
4	7	6
5	10	8
6	4	2
7	2	5
8	3	4
9	8	10
10	9	7
11	4	2
12	5	5
13	7	10
14	4	8
15	6	2

Ada 25 part, dengan urutan pengerjaan mesin, volume produksi, dan ukuran batch, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Part dan urutan mesin yang digunakan.

Part	Urutan Mesin							Volume Produksi	Ukuran Batch
1	2	1	3	4				200	10
2	3	10	5	9	8	6	11	300	60
3	1	3	5	7	8			80	20
4	4	1	7	5				160	80
5	1	6	4	2	5			300	100
6	8	3	2	7	1			200	40
7	5	3	13	1				150	50
8	3	5	2	6	4	12		350	50
9	1	9	6	6	2			220	10
10	4	7	5	15				60	30
11	6	1	3	9	12			120	60
12	1	7	5	4				50	50
13	1	10						120	40
14	2	3	8					200	100
15	1	7	3	10	5	14		550	50
16	4	4	2					400	100
17	1	3						300	25
18	5	6	13					220	20
19	10	9						130	10
20	12	12	2	6				450	90
21	15	10	4					750	75
22	12	10	3	3	2			600	30

23	10	13	15	2	200	20
24	4	7	7		400	40
25	15	10			510	51

4.2 Membentuk Matriks Jarak dan Matriks Aliran (Rate)

Pembentukan matriks jarak (D) dilakukan dengan menghitung jarak antar mesin i dengan mesin j secara rectilinear:

$$D_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

dengan (x_i, y_i) adalah koordinat pusat mesin ke-i.

Pembentukan matriks aliran (M) didapat dari volume produksi dengan ukuran batch pada setiap mesin yang dilalui. Sebagai contoh aliran dari mesin 1 ke mesin 3 atau sebaliknya adalah 38 didapat part-1, 3, 11, dan 17 (Tabel 2); dengan perhitungan berikut :

$$M_{13} = \frac{200}{10} + \frac{80}{20} + \frac{120}{60} + \frac{300}{25} = 38$$

Dengan cara yang sama aliran seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Matriks aliran (*rate*).

	i=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
j=1	0	20	38	2	0	5	19	0	22	3	0	0	3	0	0
2	20	0	27	7	10	34	5	0	0	0	0	5	0	0	10
3	38	27	40	20	14	0	11	7	2	36	0	0	3	0	0
4	2	7	20	8	1	10	12	0	0	10	0	7	0	0	0
5	0	10	14	1	0	11	9	0	5	16	0	0	0	11	2
6	5	34	0	10	11	44	0	5	22	0	5	0	11	0	0
7	19	5	11	12	9	0	20	4	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	7	0	0	5	4	0	5	0	0	0	0	0	0
9	22	0	2	0	5	22	0	5	0	13	0	2	0	0	0
10	3	0	36	10	16	0	0	0	13	0	0	20	10	0	20
11	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	5	0	7	0	0	0	0	2	20	0	10	0	0	0
13	3	0	3	0	0	11	0	0	0	10	0	0	0	0	10
14	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	10	0	0	2	0	0	0	0	20	0	0	10	0	0

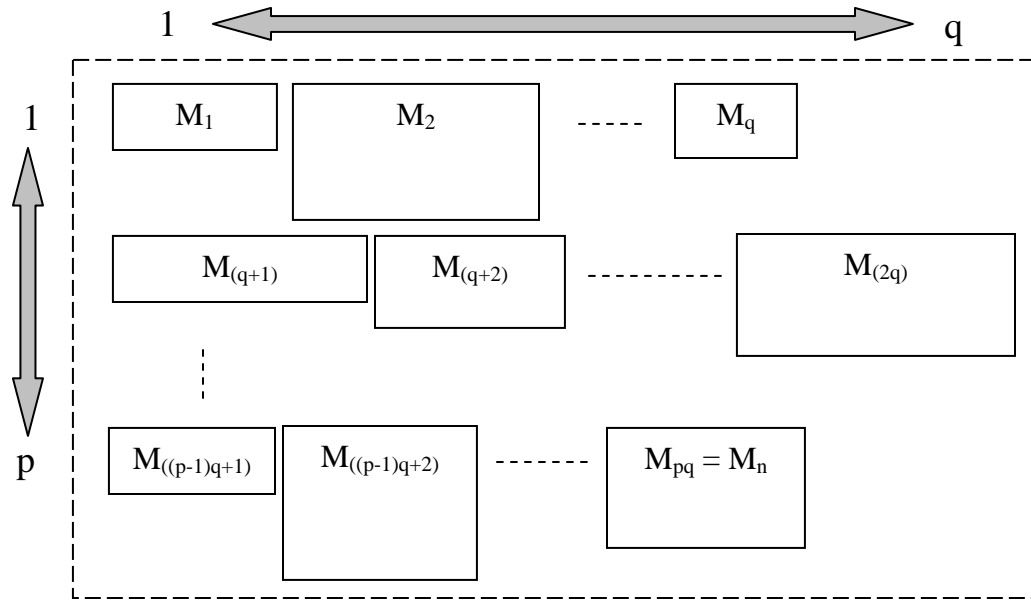
4.3 Representasi solusi

Solusi yang diharapkan dari permasalahan ini adalah tata letak mesin sedemikian rupa sehingga:

- Lokasi yang ditempati mesin memiliki dimensi yang cukup untuk mesin tersebut.
- Tata letak meminimumkan *total flow cost*.

Diasumsikan bahwa area yang akan ditempati oleh semua mesin berbentuk empat persegi panjang. Banyaknya mesin yang akan disusun adalah n mesin. Banyaknya mesin yang diperbolehkan dalam setiap kolom adalah p, dan banyaknya mesin yang diperbolehkan

dalam setiap baris adalah q . Dengan demikian $p \times q = n$ [6]. Gambar 1 menunjukkan layout tata letak untuk n mesin.



Gambar 1 Layout tata letak mesin.

Satu kemungkinan solusi direpresentasikan sebagai suatu barisan:

$$M_1 \quad M_2 \quad M_3 \quad \dots \quad M_n$$

Kemudian barisan itu disusun dengan urutan seperti pada Gambar 1. Sehingga hanya dengan mengambil nomor mesinnya saja, barisan tersebut dapat diimplementasikan sebagai barisan bilangan integer positif:

$$1 \quad 2 \quad 3 \quad \dots \quad n$$

Total flow cost dicari dengan menggunakan formula [6]:

$$C(L) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i}^n M_{ij} D(L(i), L(j)) \quad (1)$$

dengan:

- $C(L)$ = *total flow cost*.
- M_{ij} = aliran dari mesin ke- i ke mesin ke- j .
- $D(L(i), L(j))$ = jarak antara mesin ke- $L(i)$ dengan mesin ke- $L(j)$ (rectilinear).

4.4 Penentuan Fungsi Fitness

Nilai fitness untuk suatu barisan L ditetapkan sebagai:

$$f(L) = \frac{1}{C(L)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_i^n M_{ij} D(L(i), L(j))} \quad (2)$$

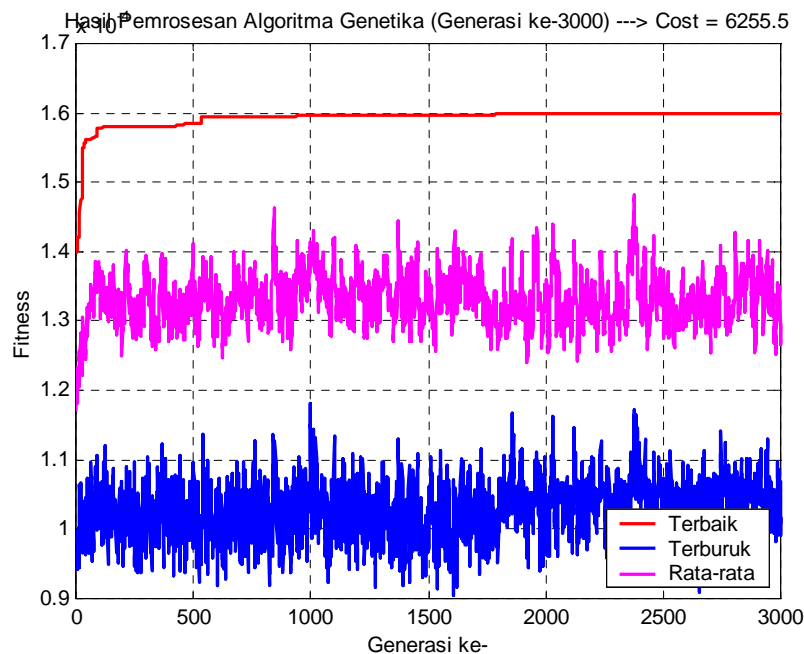
4.5 Penetapan Parameter

Algoritma genetika yang diaplikasikan dengan menggunakan metode seleksi dengan roda rolet, dan crossover dengan Metode Order (OX), dan tidak dilakukan mutasi. Pada penelitian ini digunakan Breeder GA's, yang akan melestarikan kromosom-kromosom terbaik dari setiap generasi. Parameter-parameter ditetapkan:

- a. Popsize : 100
- b. Peluang Crossover (pc) : 0,75
- c. Maksimum Generasi : 3000
- d. Peluang pelestarian : 0,1

4.6 Hasil Penelitian

Pemrosesan dengan menggunakan algoritma genetika dengan parameter-parameter di atas sampai pada generasi ke-3000 terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil pemrosesan dengan algoritma genetika di setiap generasi.

Layout tata letak fasilitas seperti pada Gambar 3, dengan urutan mesin:

15 3 1 11 8 6 4 2 9 14 13 5 7 10 12

dan *total flow cost* sebesar. 6255,5.

