

Penyelesaian Masalah Penugasan dengan Algoritma Genetika

Zainudin Zuhri

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, UII
Jl. Kaliurang KM 14 Yogyakarta, Telp. (0274)895287, Faks. (0274)895007
e-mail: zainudin@fti.uui.ac.id

Abstract

The object of this research is to solve assignment problem (AP) with genetic algorithm. The AP is solved by travelling salesman problem (TSP) approach. It can be done, because there is a similarity between representation of AP solution and representation TSP solution. There are two operators in TSP can be applied in AP, those are crossover operator and mutation operator. The experiments show that TSP approach can find the solutions of AP. In this research, the Genetic Algorithm is implemented with order crossover and reciprocal exchange mutation. According to this research, it can be concluded that the software with modification of genetic algorithm to solve TSP, can give alternative optimum solution of AP.

Keywords: *assignment problem, crossover, genetic algorithm, mutation, travelling salesman problem.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Masalah penugasan merupakan masalah penjadwalan sumberdaya dan aktifitas berdasarkan penugasan satu-ke-satu, sedemikian sehingga dapat menghemat total biaya yang dibutuhkan. Masalah ini merupakan masalah permutasi suatu himpunan obyek dan termasuk *NP hard Problem*. Dalam pemecahannya, banyak sumberdaya dianggap sama dengan banyak aktifitas. Jika salah satu mempunyai banyak yang berlebih, maka yang lain harus ditambah agar banyaknya sama. Jadi jika banyak sumberdaya kurang dari banyak aktifitas, maka perlu ditambah sumberdaya khayal, demikian juga dengan sebaliknya jika banyak aktifitas yang kurang dari banyak sumberdaya perlu ditambah aktifitas fiktif. Dalam masalah ini aktifitas i dilakukan dengan sumberdaya j, dan biaya yang dibutuhkan untuk aktifitas i dengan sumberdaya j (c_{ij}) sudah diketahui. Penjadwalan setiap sumberdaya pada suatu aktifitas harus dilakukan untuk mendapatkan total biaya minimum sedemikian sehingga semua aktifitas dapat diselesaikan (Bronson, 1982).

Salah satu aplikasi masalah penugasan adalah manajemen spektrum frekuensi dalam jaringan GSM. Dalam manajemen spektrum frekuensi ini, dikenal istilah penugasan frekuensi. Untuk menghasilkan kualitas pelayanan yang bagus, interferensi antar saluran harus dioptimasi agar seminim mungkin (Renaud, 1997).

Masalah penugasan dalam kenyataannya tidak hanya terbatas untuk meminimasi biaya saja, tetapi dapat diperluas penerapannya untuk kasus maksimasi. Misalnya maksimasi keuntungan penjualan bermacam-macam produk oleh banyak sales. Dalam masalah ini setiap sales harus memasarkan satu macam produk. Setiap sales mempunyai keahlian yang berbeda-beda dalam memasarkan produk-produk tersebut, seorang sales memperoleh lebih banyak keuntungan untuk suatu produk, sedangkan sales-sales yang lain ternyata memperoleh lebih

banyak keuntungan untuk produk yang lain. Dengan demikian perlu dilakukan penentuan pasangan sales dan produk yang yang tepat, agar diperoleh keuntungan yang paling banyak.

Beberapa algoritma sudah dikembangkan untuk penyelesaian masalah penugasan, diantaranya adalah metode Hongaria (Bronson, 1982), algoritma *simulated annealing* (Kapsalis, Smith, dan dan Rayward-Smith, 1994), *tabu search* (Boyce, Dimitripoulos, dan Taylor, 1995) dan algoritma genetika (AG). Dalam penelitian ini akan dicoba untuk menggunakan AG dengan pendekatan yang berbeda dari apa yang dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Jika Tate dan Smith telah mengembangkan representasi dan operator algoritma genetika (AG) khusus untuk penyelesaian masalah ini (Gen, dan Cheng, 1997), maka dalam penelitian ini dilakukan pemanfaatan modifikasi AG yang pernah diuji Zukhri, (2002) untuk penyelesaian TSP. Penggunaan pendekatan TSP untuk menyelesaikan masalah ini pernah dilakukan oleh Purnomo, (2001), tetapi dalam bidang yang berbeda, yaitu modifikasi penggunaan AG untuk penyelesaian TSP, untuk membentuk sel manufaktur.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menguji penggunaan operator-operator AG dalam penyelesaian TSP, untuk menyelesaikan masalah penugasan. Dengan pendekatan ini diharapkan dapat memberi nilai tambah bagi implementasi AG untuk penyelesaian TSP, dengan unjuk kerja yang sebanding dengan metode lain yang sudah berkembang.

2. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah penugasan ini adalah:

- a. Analisis masalah penugasan.
- b. Perancangan sistem dengan pendekatan AG.
- c. Implementasi dan Pengujian sistem

Software diuji dengan sampel data fiktif yang dibuat secara khusus untuk pengujian ini, dengan penyelesaian yang sudah diketahui.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Masalah Penugasan

Dalam masalah penugasan, harus dilakukan penjadwalan terhadap n sumberdaya untuk menangani n aktifitas, sedemikian sehingga biaya yang dibutuhkan untuk semua aktifitas adalah minimum. Tabel 1 merupakan contoh matriks biaya yang dibutuhkan oleh setiap sumberdaya untuk menangani setiap aktifitas.

Tabel 1. Matriks biaya bagi setiap sumberdaya untuk setiap aktifitas (dalam satuan biaya)

A\R *)	1	2	3	4
1	13	15	18	20
2	15	16	14	17
3	16	17	16	18
4	19	18	17	20

*) A=Aktifitas, R=Sumberdaya

Semua aktifitas dalam Tabel 1 harus dilakukan satu persatu dengan sumberdaya tertentu dan total biaya yang dibutuhkan harus seminim mungkin. Beberapa penjadwalan yang mungkin misalnya:

- Jika A_1 dengan R_1 , A_2 dengan R_2 , A_3 dengan R_3 dan A_4 dengan R_4 , maka total biaya yang dibutuhkan adalah 65 satuan biaya ($=13+16+16+20$).
- Jika A_1 dengan R_4 , A_2 dengan R_3 , A_3 dengan R_2 dan A_4 dengan R_1 , maka total biaya yang dibutuhkan adalah 70 satuan biaya ($=20+14+17+19$).
- Jika A_1 dengan R_1 , A_2 dengan R_3 , A_3 dengan R_4 dan A_4 dengan R_2 , maka total biaya yang dibutuhkan adalah 63 satuan biaya ($=13+14+18+18$).

Di antara ketiga contoh penjadwalan di atas ternyata kemungkinan ketiga yang memberikan total biaya minimum.

3.2 Perancangan Sistem

Rancangan sistem untuk penyelesaian masalah penugasan dengan pendekatan AG dapat diperinci menjadi perancangan berikut:

- Kromosom
- Fungsi fitness
- Operator Genetika

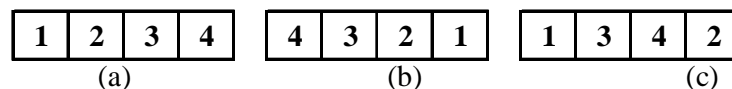
3.2.1 Kromosom

Kromosom yang menyatakan sebuah individu digunakan untuk menyatakan sebuah alternatif solusi. Solusi masalah penugasan adalah himpunan pasangan aktifitas dengan sumberdaya. Sebagai contoh adalah solusi yang didapat dari kemungkinan ketiga pada kasus dalam Tabel 1 adalah pasangan sumberdaya dan aktifitas sebagai berikut:

- Aktifitas 1 : sumberdaya 1
- Aktifitas 2 : sumberdaya 3
- Aktifitas 3 : sumberdaya 4
- Aktifitas 4 : sumberdaya 2

Bila ditulis secara berurutan mulai dari aktifitas 1, aktifitas 2, aktifitas 3 dan aktifitas 4, diperoleh urutan sumberdaya 1-3-4-2. Dengan cara yang sama, dari kemungkinan pertama dan kedua dapat diperoleh urutan sumberdaya 1-2-3-4 dan 4-3-2-1. Dengan demikian, solusi masalah penugasan adalah urutan bilangan yang menyatakan urutan sumberdaya, dengan bilangan pada urutan ke-i adalah sumberdaya dari aktifitas ke-i. Sehingga urutan sumberdaya tersebut dapat digunakan untuk menyatakan kromosom.

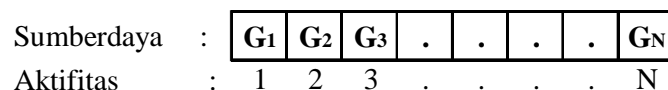
Kromosom dirancang sebagai urutan bilangan yang menyatakan sumberdaya. Gen kromosom pada posisi ke-i menyatakan sumberdaya dari aktifitas ke-i. Gambar 1 adalah kromosom untuk menyatakan solusi dari kasus pada Tabel 1.



Gambar 1. Rancangan kromosom untuk:

- Kemungkinan pertama.
- Kemungkinan kedua.
- Kemungkinan ketiga

Panjang kromosom ditentukan berdasarkan banyak aktifitas/sumberdaya. Dalam hal banyak aktifitas tidak sama dengan banyak sumberdaya, maka panjang kromosom ditentukan dengan mana yang lebih banyak. Misalkan banyak aktifitas adalah M dan banyak sumberdaya N , dimana $N > M$, maka panjang kromosom adalah N . Untuk melengkapi matriks biaya bagi aktifitas fiktif, maka diberlakukan asumsi bahwa biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan aktifitas fiktif adalah nol. Secara umum rancangan kromosom untuk N aktifitas/sumberdaya diperlihatkan sebagaimana Gambar 2. Aktifitas ke-i dilakukan dengan sumberdaya pada gen ke-i (G_i).



Gambar 2. Rancangan kromosom untuk N pasangan aktifitas dan sumberdaya.

3.2.2 Fungsi Fitness

Fungsi fitness digunakan untuk mengevaluasi setiap kromosom dalam suatu populasi. Nilai dari fungsi fitness inilah yang menentukan tetap bertahan atau tidaknya suatu kromosom. Sebagaimana telah diuraikan pada bagian sebelumnya bahwa gen ke- i atau G_i pada sebuah kromosom menunjukkan urutan sumberdaya yang menangani aktifitas ke- i dengan biaya C_{iG_i} , maka secara umum biaya yang dibutuhkan untuk menangani aktifitas ke- i oleh sumberdaya pada gen ke- i dinyatakan sebagai C_{iG_i} .

Tabel 2. Matriks biaya bagi penyelesaian setiap aktifitas A_i dengan sumberdaya R_i .

A\R	1	2	.	.	.	N
1	C_{11}	C_{12}	.	.	.	C_{1N}
2	C_{21}	C_{22}	.	.	.	C_{2N}
.
.
.
N	C_{N1}	C_{N2}	C_{NN}

Total biaya yang dibutuhkan untuk mengerjakan semua aktifitas dengan sumberdaya-sumberdaya yang dinyatakan dalam kromosom x untuk masalah penugasan dengan matriks biaya sebagaimana

Tabel 2 dinyatakan sebagai:

$$t(x) = \sum_{i=1}^N C_{iG_i}(x) \quad \dots\dots (1)$$

Dalam kasus optimasi masalah penugasan untuk mencari harga minimum, kromosom dengan $t(x)$ paling kecil mempunyai peluang yang paling besar untuk terpilih dalam proses seleksi. Dengan demikian fungsi fitness untuk kromosom x dinyatakan sebagai

$$f(x) = \frac{1}{\sum_{i=1}^N C_{iG_i}(x)} \quad \dots\dots (2)$$

Sedangkan untuk kasus optimasi masalah penugasan untuk mencari harga maksimum, fungsi fitness untuk kromosom x dinyatakan sebagai

$$f(x) = \sum_{i=1}^N C_{iG_i}(x) \quad \dots\dots (3)$$

3.2.3 Operator Genetika

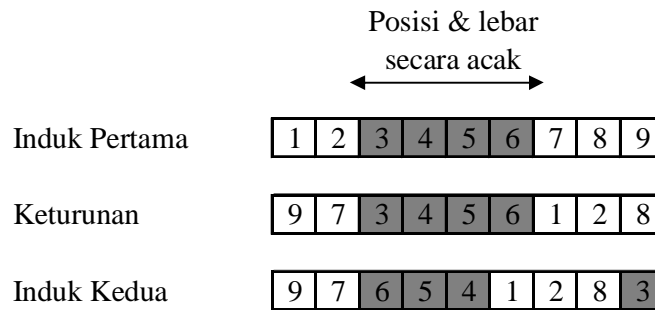
Perancangan operator genetika meliputi perancangan operator persilangan (*crossover*) dan operator mutasi. Jika memperhatikan representasi solusi dalam bentuk kromosom, ternyata representasi solusi tersebut sama dengan representasi solusi TSP. Mengingat dalam pemecahan TSP sudah terdapat banyak metode untuk melakukan operasi persilangan dan operasi mutasi, maka dalam penelitian ini dipilih salah satu metode yang sudah sering dipakai. Penjelasan setiap operator adalah sebagai berikut:

a. Operator Persilangan

Telah berkembang berbagai metode untuk melakukan persilangan, diantaranya adalah metode *order crossover*, yang dilakukan dengan urutan langkah sebagai berikut :

- Pilih sub kromosom secara acak (pilih beberapa gen berurutan secara acak, baik posisi maupun lebarnya) pada induk pertama.

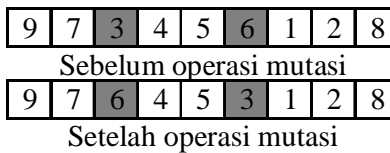
- Gen-gen yang terpilih dari kromosom induk pertama, merupakan gen-gen penyusun kromosom keturunan yang menempati posisi dan dengan urutan sebagaimana urutannya dalam kromosom induk pertama.
- Gen-gen kromosom keturunan yang didapat harus dilengkapi dengan gen-gen kromosom induk kedua yang belum termasuk dalam sub kromosom langkah a dengan urutan yang sama dengan urutannya dalam kromosom induk kedua dan menempati posisi gen-gen yang belum terisi.



Gambar 3. Contoh operasi persilangan dengan metode OX (*Order Crossover*)

b. Operator Mutasi

Operasi mutasi dilakukan dengan metode *reciprocal exchange*, merupakan tahapan pembentukan kromosom populasi selanjutnya dengan saling menggantikan dua gen secara acak pada suatu kromosom.



Gambar 4. Contoh operasi mutasi dengan metode *Reciprocal Exchange*

3.3 Implementasi dan Pengujian Sistem

Implementasi penelitian dilakukan dengan pembuatan *software* aplikasi yang dapat menyelesaikan masalah penugasan dengan pendekatan AG. *Software* tersebut dikembangkan menggunakan pemrograman aplikasi konsol Delphi 5.0. Masukan *software* berupa file bertipe teks yang menyimpan data matriks masukan.

Software aplikasi dalam pengujian ini diuji untuk dapat memecahkan masalah penugasan dengan kasus minimasi. Adapun data yang diujikan adalah matriks yang secara khusus dibuat untuk pengujian ini, dengan penyelesaian yang sudah diketahui. Untuk membentuk matriks ini, pada awalnya setiap elemen diisi dengan bilangan secara acak yang berharga antara 40 sampai 60. Kemudian tentukan pasangan sumberdaya dan aktifitas yang merupakan solusi dari matriks tersebut. Elemen untuk pasangan sumberdaya dan aktifitas yang merupakan solusi, diisi dengan bilangan secara acak antara 1 sampai 10. Ukuran matriks paling kecil 6x6 dan paling besar 15x15. Semua matriks yang diujikan diperlihatkan dalam Tabel 3.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa AG dapat menemukan semua solusi dari setiap data yang diujikan. Solusi setiap masalah penugasan didapat dengan memilih parameter algoritma sebagai berikut:

- Peluang persilangan sebesar 50 %.
- Peluang mutasi sebesar 5 %.

- c. Ukuran populasi disesuaikan dengan ukuran matriks masukan dengan harga antara 20 sampai 200.
- d. Banyak generasi disesuaikan dengan ukuran matriks masukan dengan harga antara 20 sampai 300.

Tabel 3. Data pengujian

Tabel 3. a Pengujian Pertama

A\R	1	2	3	4	5	6
1	52	50	60	6	48	54
2	43	50	5	56	58	42
3	5	47	47	46	49	57
4	50	44	47	48	7	53
5	42	45	40	51	53	8
6	56	2	50	57	44	47

Tabel 3. b Pengujian Kedua

A\R	1	2	3	4	5	6	7
1	7	58	47	42	42	42	50
2	52	52	50	60	6	48	54
3	60	43	50	5	56	58	42
4	57	5	47	47	46	49	57
5	47	50	44	47	48	7	53
6	47	42	45	40	51	53	8
7	58	56	2	50	57	44	47

Tabel 3. c Pengujian Ketiga

A\R	1	2	3	4	5	6	7	8
1	49	7	58	47	42	42	42	50
2	52	52	52	50	60	6	48	54
3	54	60	43	50	5	56	58	42
4	60	57	5	47	47	46	49	57
5	57	47	50	44	47	48	7	53
6	54	47	42	45	40	51	53	8
7	56	58	56	2	50	57	44	47
8	2	55	54	55	47	54	47	42

Tabel 3. d Pengujian Keempat

A\R	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6	54	45	60	45	54	53	46	60
2	42	49	7	58	47	42	42	42	50
3	41	52	52	52	50	60	6	48	54
4	49	54	60	43	50	5	56	58	42
5	60	60	57	5	47	47	46	49	57
6	57	57	47	50	44	47	48	7	53
7	45	54	47	42	45	40	51	53	8
8	53	56	58	56	2	50	57	44	47
9	53	2	55	54	55	47	54	47	42

Tabel 3. e Pengujian Kelima

A\R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	46	3	44	49	48	45	49	47	50	56
2	8	59	54	45	60	45	54	53	46	60
3	44	42	49	7	58	47	42	42	42	50
4	43	41	52	52	52	50	60	6	48	54
5	57	49	54	60	43	50	5	56	58	42
6	58	60	60	57	5	47	47	46	49	57
7	48	57	57	47	50	44	47	48	7	53
8	45	45	54	47	42	45	40	51	53	8
9	56	53	56	58	56	2	50	57	44	47
10	49	53	2	55	54	55	47	54	47	42

Tabel 3. f Pengujian Keenam

A\R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	51	3	51	59	41	52	51	41	50	42	47
2	9	60	44	48	43	51	50	51	50	43	41
3	44	59	55	9	50	48	46	44	58	47	50
4	52	57	59	44	43	57	43	8	45	53	57
5	41	51	40	56	53	54	7	43	44	58	46
6	47	55	51	50	10	41	50	59	48	52	57
7	44	57	57	45	47	43	56	60	9	56	52
8	58	40	45	41	52	42	47	47	54	4	52
9	42	43	49	41	55	2	42	48	52	56	44
10	48	48	2	59	58	48	43	55	52	45	47
11	42	46	52	60	57	56	52	58	45	47	7

Tabel 3. g Pengujian Ketujuh

A\R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	51	3	51	59	41	52	51	41	50	42	47	55
2	9	60	44	48	43	51	50	51	50	43	41	41
3	44	59	55	9	50	48	46	44	58	47	50	56
4	52	57	59	44	43	57	43	8	45	53	57	57
5	41	51	40	56	53	54	7	43	44	58	46	53
6	47	55	51	50	10	41	50	59	48	52	57	40
7	44	57	57	45	47	43	56	60	9	56	52	56
8	58	40	45	41	52	42	47	47	54	4	52	48
9	42	43	49	41	55	2	42	48	52	56	44	51
10	48	48	2	59	58	48	43	55	52	45	47	58
11	42	46	52	60	57	56	52	58	45	47	7	52
12	55	57	46	49	42	51	52	45	54	60	54	7

Tabel 3. h Pengujian Kedelapan

A\R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	51	3	51	59	41	52	51	41	50	42	47	55	57
2	9	60	44	48	43	51	50	51	50	43	41	41	43
3	44	59	55	9	50	48	46	44	58	47	50	56	59
4	52	57	59	44	43	57	43	8	45	53	57	57	58
5	41	51	40	56	53	54	7	43	44	58	46	53	44
6	47	55	51	50	10	41	50	59	48	52	57	40	52
7	44	57	57	45	47	43	56	60	9	56	52	56	45
8	58	40	45	41	52	42	47	47	54	4	52	48	58
9	42	43	49	41	55	2	42	48	52	56	44	51	49
10	48	48	2	59	58	48	43	55	52	45	47	58	54
11	42	46	52	60	57	56	52	58	45	47	7	58	51
12	55	57	46	49	42	51	52	45	54	60	54	7	52
13	60	52	40	54	54	51	41	40	48	51	47	59	3

Tabel 3. i Pengujian Kesembilan

AKR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	54	2	60	48	55	46	50	55	58	55	52	44	43	56
2	3	43	41	45	60	43	44	47	47	42	44	52	54	41
3	57	59	55	4	49	43	56	57	45	50	52	46	55	41
4	52	40	51	48	43	59	48	5	43	57	47	59	60	57
5	42	56	50	48	54	41	9	50	55	43	53	56	52	57
6	43	41	59	50	8	60	40	41	51	53	43	59	47	48
7	47	55	44	58	51	52	51	54	8	54	58	41	41	44
8	54	40	47	50	48	53	42	48	56	4	49	43	45	56
9	55	42	60	58	49	5	47	58	43	52	41	55	45	56
10	57	42	7	40	55	48	56	53	43	41	58	48	47	56
11	52	45	46	60	57	48	54	48	45	56	5	42	56	52
12	50	57	41	42	58	47	45	46	49	45	43	43	51	9
13	52	54	45	54	48	45	48	44	59	49	44	59	8	46
14	58	42	45	50	50	43	51	57	59	43	48	6	50	59
15	58	56	53	45	48	52	53	54	52	59	43	43	57	60

Tabel 3. j Pengujian Kesepuluh

AKR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	54	2	60	48	55	46	50	55	58	55	52	44	43	56	49
2	3	43	41	45	60	43	44	47	47	42	44	52	54	41	53
3	57	59	55	4	49	43	56	57	45	50	52	46	55	41	42
4	52	40	51	48	43	59	48	5	43	57	47	59	60	57	44
5	42	56	50	48	54	41	9	50	55	43	53	56	52	57	59
6	43	41	59	50	8	60	40	41	51	53	43	59	47	48	
7	47	55	44	58	51	52	51	54	8	54	58	41	41	44	41
8	54	40	47	50	48	53	42	48	56	4	49	43	45	56	56
9	55	42	60	58	49	5	47	58	43	52	41	55	45	56	44
10	57	42	7	40	55	48	56	53	43	41	58	48	47	56	51
11	52	45	46	60	57	48	54	48	45	56	5	42	56	52	44
12	50	57	41	42	58	47	45	46	49	45	43	43	51	9	48
13	52	54	45	54	48	45	48	44	59	49	44	59	8	46	47
14	58	42	45	50	50	43	51	57	59	43	48	6	50	59	44
15	58	56	53	45	48	52	53	54	52	59	43	43	57	60	6

Tabel 4. Hasil pengujian

No.	Ukuran Matriks	Solusi (aktifitas-sumberdaya)	Harga Optimum	UkPop	Banyak Generasi	Solusi pada Generasi ke-
1	6x6	1-4,2-3,3-1,4-5,5-6,6-2	33	20	20	8
2	7x7	1-1,2-5,3-4,4-2,5-6,6-7,7-3	40	20	20	3
3	8x8	1-2,2-6,3-5,4-3,5-7,6-8,7-4,8-1	42	25	40	19
4	9x9	1-1,2-3,3-7,4-6,5-4,6-8,7-9,8-5,9-2	48	40	60	50
5	10x10	1-2,2-1,3-4,4-8,5-7,6-5,7-9,8-10,9-6,10-3	53	60	60	55
6	11x11	1-2,2-1,3-4,4-8,5-7,6-5,7-9,8-10,9-6,10-3,11-11	70	75	75	66
7	12x12	1-2,2-1,3-4,4-8,5-7,6-5,7-9,8-10,9-6,10-3,11-11,12-12	77	80	120	92
8	13x13	1-2,2-1,3-4,4-8,5-7,6-5,7-9,8-10,9-6,10-3,11-11,12-12,13-13	80	100	120	91
9	14x14	1-2,2-1,3-4,4-8,5-7,6-5,7-9,8-10,9-6,10-3,11-11,12-14,12-13,14-12	83	150	200	132
10	15x15	1-2,2-1,3-4,4-8,5-7,6-5,7-9,8-10,9-6,10-3,11-11,12-14,13-13,14-12,15-15	89	200	300	268

Tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian untuk setiap data masukan. Terlihat bahwa bertambahnya ukuran matriks mengharuskan untuk memperlebar ruang pencarian dengan menambah besar ukuran matriks atau banyak generasi. Semua pengujian menunjukkan bahwa ruang pencarian yang dibutuhkan AG jauh lebih kecil dari pada semua kemungkinan kombinasi yang harus diperiksa jika dilakukan secara manual (untuk matriks berukuran n harus diperiksa n! kombinasi). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan AG dapat mengurangi beban komputasi yang sangat berarti.

4. Kesimpulan

- Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:
- Operator-operator AG untuk pemecahan TSP terbukti dapat dipakai untuk penyelesaian masalah penugasan.
 - Solusi masalah penugasan yang diperoleh dengan pendekatan penyelesaian TSP dengan AG dalam penelitian ini dapat memberikan solusi yang optimum.
 - Kemampuan modifikasi AG untuk pemecahan AP ini, masih perlu diuji lagi dengan penelitian lebih lanjut menggunakan data-data yang berukuran lebih besar.
 - Perlu dikaji masalah-masalah lain yang berbasis TSP untuk diselesaikan dengan pendekatan TSP menggunakan AG.

Daftar Pustaka

- Boyce, J.F., Dimitripoulos, C.H.D., dan Taylor, J.G., (1995). Genet and Tabu search for combinatorial optimization problems, in Word conf. On Neural Network, *WCNN'95*, Washington.
- Bronson, R., (1982). *Theory And Problems Of Operations Research*, McGraw-Hill, Inc.
- Gen, M., dan Cheng, R., (1997). *Genetic Algorithms and Engineering Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kapsalis, A., Smith, G.D., dan Rayward-Smith, V.J., (1994). *A unified approach to Tabu search, simulated annealing and genetic algorithms, in Application of Modern Heuristic Methods*, Mc.Graw Hill Editor.
- Michalewics, Z., (1996). *Genetic Algorithm+Data Structure=Evolution Programs*. New York:Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Purnomo, M.R.A., (2001). Pembentukan Sel Manufaktur Berbasis TSP yang dimodifikasi Menggunakan Algoritma Genetika, *Jurnal Teknoin*, 6(3), 213-223.
- Renaud, D., (1997). *Evolutionary Methods and Operators for Frequency Assignment*, <http://ingenet.ulpgc.es/functional/eurogenxx/eurogen97/contributed/caminada/ht/caminada.html>.
- Zukhri, Z., (2002). Penerapan Algoritma Genetika untuk Mengoptimasi Rute Perjalanan, *Jurnal Pakar*, 2(4), 245-257.