



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Genetic Algorithm: Mutation, Update Generation, and GA Parameters

Aina Musdholifah, S.Kom., M.Kom, Ph.D.

How to solve problem using GA ?



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Generate Population ..done
- Encoding □ Chromosome...done
- Define Fitness Function ...done
- Define GA Operator
 - Selection ...done
 - Cross Over ...done
 - Mutation
- **Generation Update**



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Mutasi

- Setelah tahap rekombinasi terhadap semua pasangan kromosom pada *mating pool* yang menghasilkan N (ukuran populasi) kromosom, maka GA menjalankan operator mutasi terhadap setiap kromosom tersebut.
- Banyak metode mutasi yang telah diusulkan.
- Masing-masing metode memiliki ciri khusus dan mungkin saja hanya bisa digunakan pada jenis representasi tertentu.
- Misalnya, mutasi untuk representasi permutasi memerlukan metode khusus yang menjamin kromosom hasil mutasi tetap valid.

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Mutasi

- Proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu genome
- Proses mengubah isi *alel* gen pada suatu lokus dengan alel lain
- Mutasi menghindari konvergensi prematur, yaitu pencapaian suatu nilai/hasil yang belum atau bukan maksimal
- Populasi baru hasil mutasi belum tentu lebih baik dari populasi sebelumnya

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED

Mutasi pada EAs



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Mutasi untuk representasi Biner
- Mutasi untuk representasi Integer
- Mutasi untuk representasi Real
- Mutasi untuk representasi Permutasi

Mutasi: bisa lebih baik?

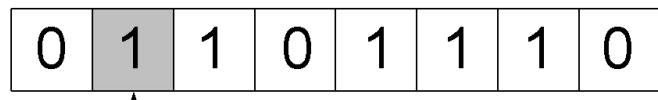
- Bisa. Mengapa?
- Representasi individu pada EAs jauh lebih sederhana
- Mutasi sebagian kecil gen mungkin menghasilkan individu yang lebih baik

Mutasi untuk Representasi Biner

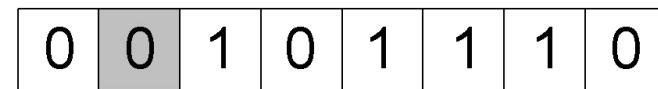


UNIVERSITAS GADJAH MADA

Kromosom awal



Kromosom hasil mutasi



$$a \leq P_m$$

Membalik bit: $1 \rightarrow 0$ dan sebaliknya.



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Mutasi untuk representasi Integer

- Membalik nilai integer
- Pemilihan nilai secara acak
- Mutasi *Creep* (Perlahan)

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED



Mutasi untuk Representasi Integer

Membalik nilai integer

Penggunaan operasi matematis : +, -, *, / untuk merubah nilai

Kromosom awal

3	6	1	0	5	1	2	9
---	---	---	---	---	---	---	---



$$a \leq P_m$$

Kromosom hasil mutasi

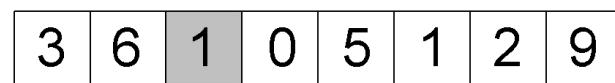
3	6	8	0	5	1	2	9
---	---	---	---	---	---	---	---



Mutasi untuk Representasi Integer

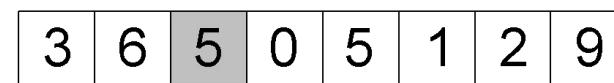
Pemilihan nilai secara acak

Kromosom awal



$$a \leq P_m$$

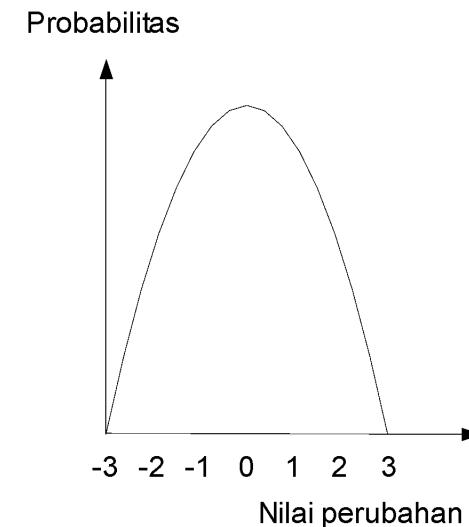
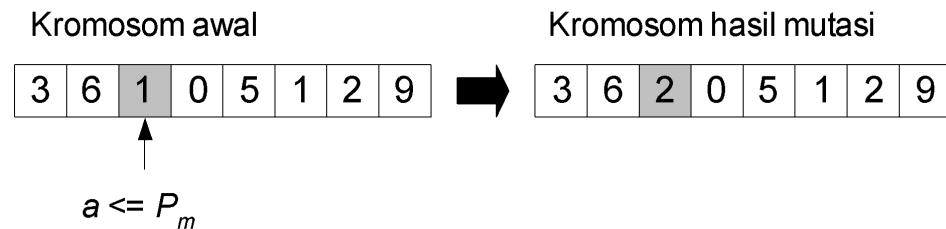
Kromosom hasil mutasi





Mutasi untuk Representasi Integer

Mutasi *Creep* (Perlahan)





UNIVERSITAS GADJAH MADA

Mutasi untuk Representasi Real

- Representasi real memiliki karakteristik yang berbeda dengan biner ataupun integer.
- Nilai-nilai gen pada representasi real bersifat kontinyu sedangkan representasi biner dan integer bersifat diskrit.
- Oleh karena itu, representasi real memerlukan mutasi khusus yang berbeda dengan sebelumnya.

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Mutasi untuk Representasi Real

- Mutasi *Uniform*

Nilai-nilai x_i didapat dari pembangkitan bilangan secara acak dengan distribusi seragam (*uniform distribution*)

- Mutasi *Non-uniform* dengan distribusi tetap

Mutasi jenis ini paling umum digunakan. Caranya mirip dengan metode *Creep* pada representasi integer. Bedanya di sini digunakan penambahan nilai real (bukan integer).

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Mutasi untuk Rep. Permutasi

- Mutasi pada representasi permutasi harus menghasilkan kromosom yang valid.
- Sehingga, proses mutasi dilakukan dengan suatu cara tertentu yang menjamin kromosom hasil mutasi tetap valid.
- Banyak cara yang bisa digunakan, diantaranya adalah:
 - Mutasi pertukaran (*Swap Mutation*)
 - Mutasi penyisipan (*Insert Mutation*)
 - Mutasi pengacakan (*Scramble Mutation*)
 - Mutasi pembalikan (*Inversion Mutation*)

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED

Mutasi pertukaran (Swap Mutation)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Contoh:

- Pemilihan dua posisi gen secara acak menghasilkan posisi 2 dan 7.
- Sehingga gen bernilai 5 dipertukarkan dengan gen bernilai 8.

Kromosom awal

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



Kromosom hasil mutasi

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

Mutasi penyisipan (Insert Mutation)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Contoh:

- Pemilihan dua posisi gen secara acak menghasilkan posisi 2 dan 7.
- Kemudian gen bernilai 8 disisipkan setelah gen bernilai 5.

Kromosom awal

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



Kromosom hasil mutasi

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

Mutasi pengacakan (*Scramble Mutation*)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Contoh:

- Pemilihan segmen kromosom menghasilkan {5, 2, 7, 6}.
- Kemudian pengacakan gen dalam segmen menghasilkan {2, 6, 5, 7}

Kromosom awal

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

Kromosom hasil mutasi



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

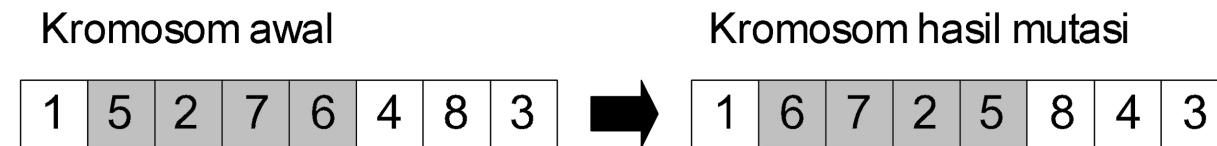
Mutasi pembalikan (Inversion Mutation)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Contoh:

- Pemilihan segmen kromosom menghasilkan {5, 2, 7, 6}.
- Kemudian pembalikan posisi gen dalam segmen tersebut menghasilkan {6, 7, 2, 5}.



Latihan



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Diketahui sepasang parent berikut:

1	2	7	3	4	9	8	6	5
5	4	3	9	1	2	6	8	7

- Lakukan *partial map crossover* (PMX) dengan *cut point crossover* adalah 2 dan 5!
- Kemudian lakukan *inversion mutation* dengan *mutation segment* adalah locus 2 sampai dengan 5!

Latihan



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Lakukan *partial map crossover* (PMX) dengan *cut point crossover* adalah 2 dan 5!

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

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

	2	7	3	4				
--	---	---	---	---	--	--	--	--

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

Mapping untuk offspring-1:

- $9(4) \rightarrow 3(4) \rightarrow 3(3) \rightarrow 7(3) \rightarrow 7(8)$:
9 di posisi ke-9
- $1(5) \rightarrow 4(5) \rightarrow 4(2) \rightarrow 2(2) \rightarrow 2(6)$:
1 di posisi ke- 6

Latihan



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Lakukan *partial map crossover* (PMX) dengan *cut point crossover* adalah 2 dan 5!

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

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

	4	3	9	1				
--	---	---	---	---	--	--	--	--

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

Mapping untuk offspring-2:

- $2(2) \rightarrow 4(2) \rightarrow 4(5) \rightarrow 1(5) \rightarrow 1(1)$:
2 di posisi ke-1
- $7(3) \rightarrow 3(3) \rightarrow 3(4) \rightarrow 9(4) \rightarrow 9(5)$:
7 di posisi ke- 5

Latihan



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Kemudian lakukan *inversion mutation* dengan *mutation segment* adalah locus 2 sampai dengan 5!

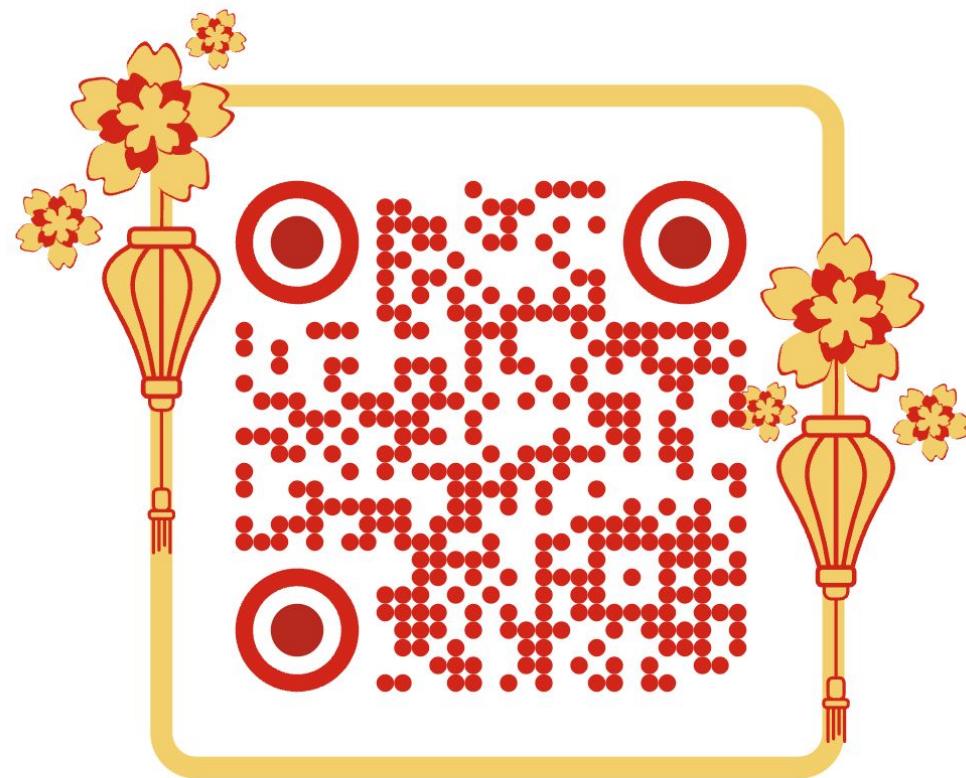
5	2	7	3	4	1	6	8	9
2	4	3	9	1	7	8	6	5

5	4	3	7	2	1	6	8	9
2	1	9	3	4	7	8	6	5

Video



UNIVERSITAS GADJAH MADA



UPDATE GENERASI / SELEKSI SURVIVOR

Setelah proses seleksi, crossover dan mutasi pada suatu populasi generasi, maka dilakukan update generasi untuk menentukan genome yang masih bertahan(survive) pada populasi tersebut.



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Update Generasi (Holland)

Genome yang dipilih/dianggap survive adalah genome hasil/offspring, sedangkan genome parents dianggap mati (keluar) dari populasi

Ketika ada populasi baru populasi awal dianggap hilang baik yang sudah pernah melakukan mutasi atau belum

LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED

Continuous Update



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Memungkinkan berkumpulnya genome offspring dan parents dalam satu generasi

Dipilih secara acak baik itu dari gen offspring maupun parents



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Generational Model

- Suatu populasi berukuran N kromosom/individu pada suatu generasi diganti dengan N individu baru pada generasi berikutnya.
- Untuk menjaga kromosom terbaik, digunakan Elitism.

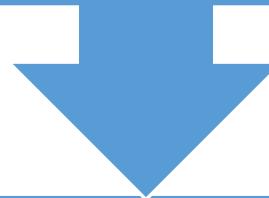
LOCALLY ROOTED, GLOBALLY RESPECTED

Steady State Update



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Pada model ini, tidak semua kromosom diganti. Penggantian dilakukan hanya pada sejumlah kromosom tertentu, misal $M < N$.



Memilih 2 genome sebagai parents dari genome offspring digunakan untuk mengganti :

Orangtua

Genome terjelek dari populasi

Genome tertua dari populasi

Video



UNIVERSITAS GADJAH MADA



Next...



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- GA Parameters

PARAMETER UTAMA GA

Probabilitas Crossover (Pc)

Probabilitas Mutasi (Pm)



1. Probabilitas Crossover (Pc)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Probabilitas genome parents melakukan proses crossover

Pc = 100% → semua genome offspring dihasilkan dari proses crossover

Pc = 0% → tidak pernah terjadi crossover

Pc biasanya berkisar antara (65 s/d 90) % untuk menghasilkan keturunan yang baik

2. Probabilitas Mutasi (Pm)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Probabilitas gen dalam genome offspring melakukan proses mutasi

Pm=100% → seluruh genome dirubah

Pm=0% → tidak ada genome yang diubah

Pm biasanya diambil sebagai rata-rata mutasi=1/pjg genome.

Nilai 0.5 % - 1 % dianggap sesuai untuk menghasilkan generasi yang baik



PARAMETER GA

Stopping Criteria (Sc)
Ukuran Populasi (N)
Cacah Generasi (G)

1. Stopping Criteria (SC)



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Konvergen → sulit
- Epsilon atau Cacah Generasi
- Epsilon
 - Selisih nilai kualitas best genome/chromosom/individu pada generasi ke-i dan ke-(i-1)
 - $\varepsilon = |f(best_i) - f(best_{i-1})|$
- ε biasanya:
 - ❖ tergantung pada domain fungsi fitness
 - ❖ nilai yang kecil yang mendekati 0
 - ❖ 10^{-4}

2. Ukuran Populasi (N)



UNIVERSITAS GADJAH MADA



N proporsional terhadap volume ruang pencarian (search space problem)



Kecil sulit mencapai global optimal → local optimal



Mendekati ukuran search space problem → komputasi berat dan tidak sesuai dengan konsep evolusi GA



Experiment-based



3. Cacah Generasi (G)

Proposisional dengan ukuran populasi dan ukuran ruang pencarian

Misalkan:

- $N=100$ dan Ukuran ruang pencarian mendekati 10^5 maka
- $G = 100$

Experiment-based

Setting parameter GA



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Tidak ada panduan yang pasti
- Hanya dengan Intuisi dan Experiment-based
- Umumnya:
 - Representasi kromosom = biner/integer/real/permutasi
 - Jumlah bit per variabel → presisi yang diinginkan
 - Ukuran Populasi = $N = 50 - 100$
 - Probabilitas Crossover (Pc) = $0,8$
 - Probabilitas Mutasi (Pm) = $1/NL$ sampai $1/L$
 N = Ukuran Populasi
 L = Panjang Kromosom (Jumlah Gen)

Observasi parameter GA



UNIVERSITAS GADJAH MADA

- Minimasi fungsi $h = x_1^2 + x_2^2$, x_1 dan x_2 elemen $[-10, 10]$
- Fitness = $1/(x_1^2 + x_2^2 + 0.001)$

- Ukuran Populasi = [50 100 200]
- Jumlah bit = [10 50 90]
- Prob Rekombinasi = [0.5 0.7 0.9]
- Prob Mutasi = [0.5/JumGen 1/JumGen 2/JumGen]

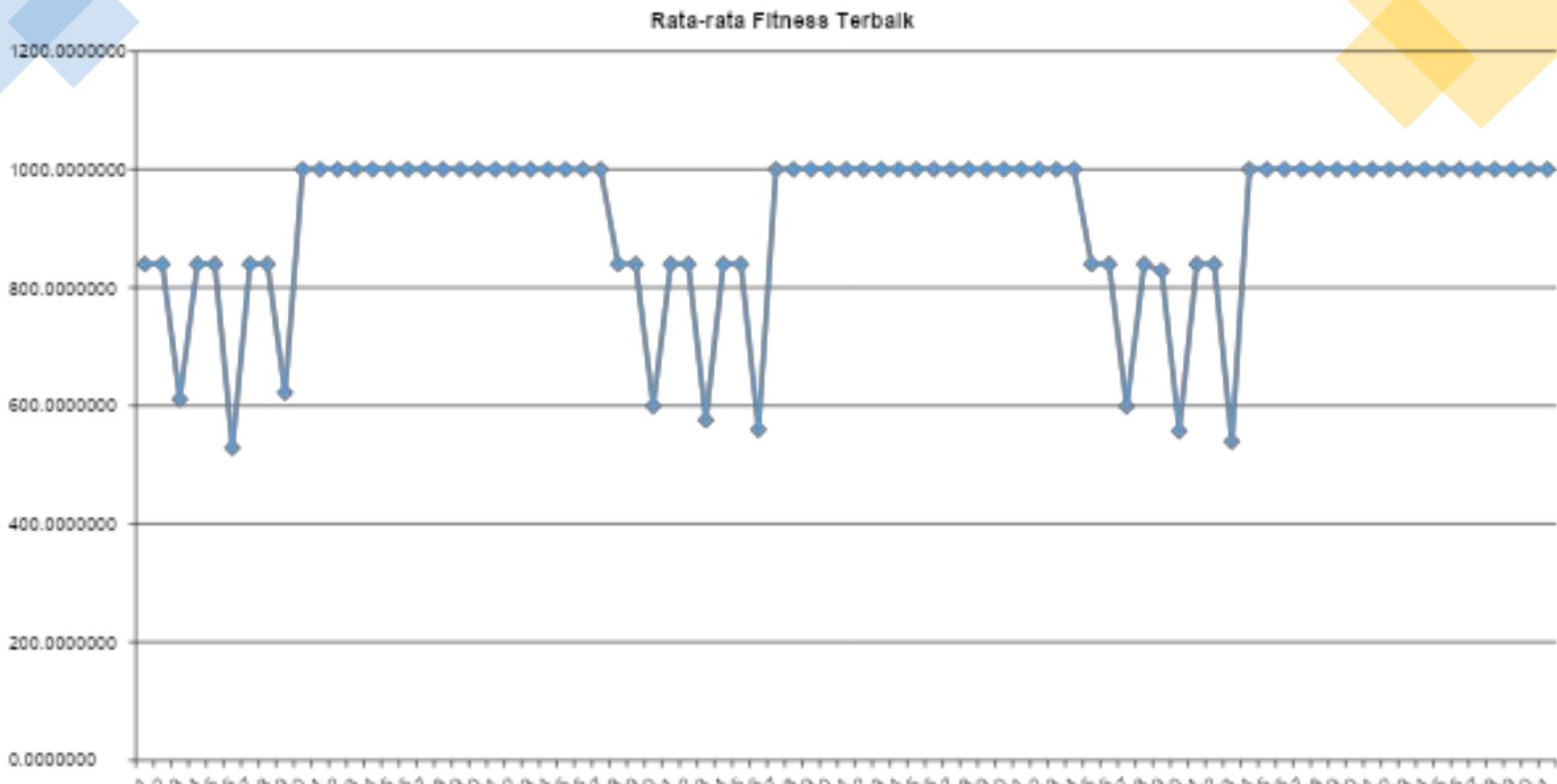
- Jumlah Individu maksimum = 20000 (*fairness*)
- Jumlah running/percobaan = 30 (*valid*)

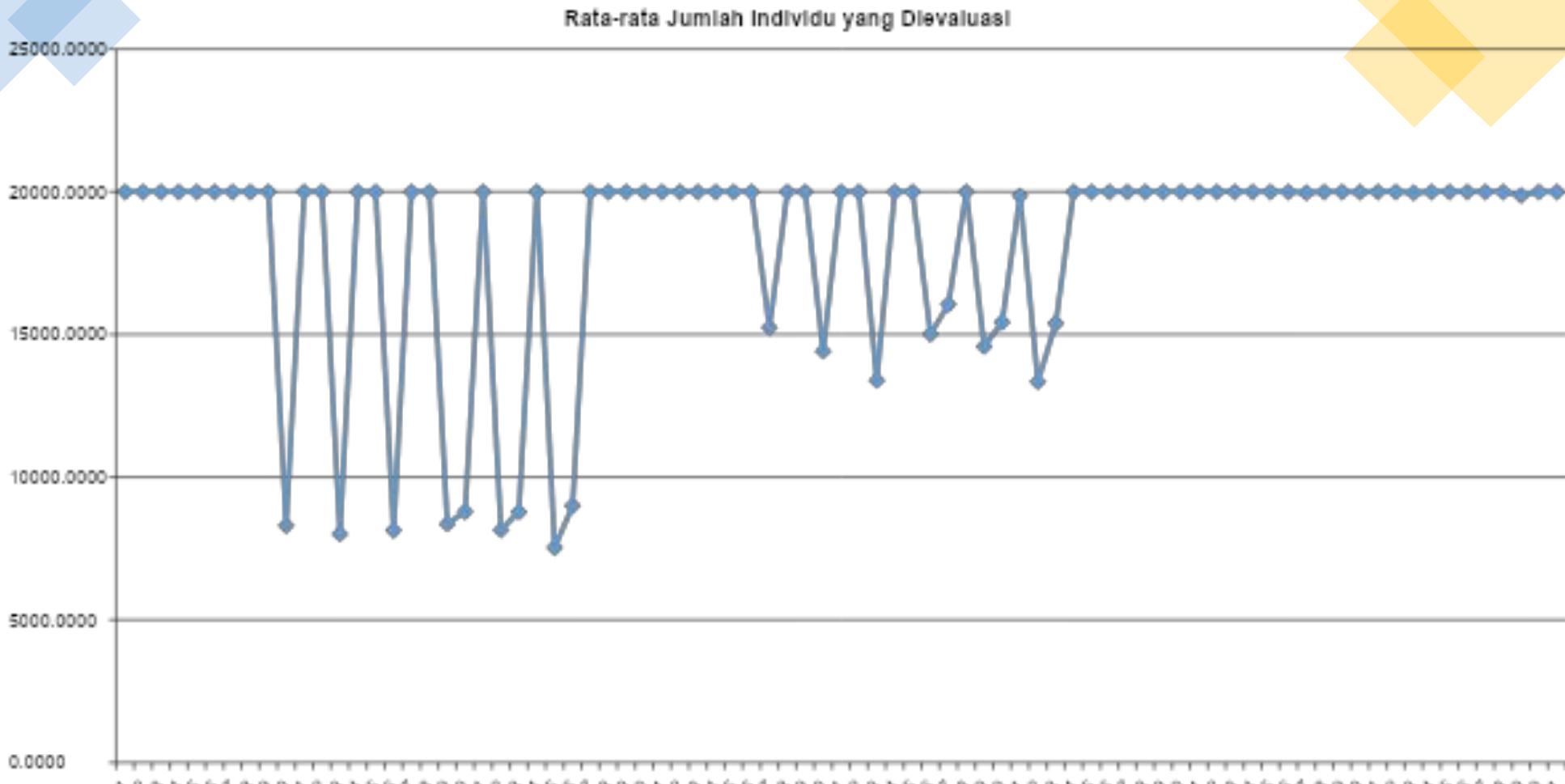
No Observasi	Ukuran populasi	Jumlah bit	Probabilitas Pdh Silang	Probabilitas Mutasi	Rata-rata Fitness terbaik	Rata-rata Jml Individu yang dievaluasi
1	50	10	0,5	0,0250	839,5544749	20000,0000
2	50	10	0,5	0,0500	839,5544749	20000,0000
3	50	10	0,5	0,1000	611,0770624	20000,0000
4	50	10	0,7	0,0250	839,5544749	20000,0000
5	50	10	0,7	0,0500	839,5544749	20000,0000
6	50	10	0,7	0,1000	528,7161733	20000,0000
7	50	10	0,9	0,0250	839,5544749	20000,0000
8	50	10	0,9	0,0500	839,5544749	20000,0000
9	50	10	0,9	0,1000	622,2201392	20000,0000
10	50	50	0,5	0,0050	1000,0000000	8301,6667
11	50	50	0,5	0,0100	1000,0000000	20000,0000
12	50	50	0,5	0,0200	999,9987777	20000,0000
13	50	50	0,7	0,0050	1000,0000000	8013,3333
14	50	50	0,7	0,0100	1000,0000000	20000,0000
15	50	50	0,7	0,0200	999,9982015	20000,0000
16	50	50	0,9	0,0050	1000,0000000	8133,3333
17	50	50	0,9	0,0100	1000,0000000	20000,0000
18	50	50	0,9	0,0200	999,9988782	20000,0000
19	50	90	0,5	0,0028	1000,0000000	8361,6667
20	50	90	0,5	0,0056	1000,0000000	8796,6667
21	50	90	0,5	0,0111	1000,0000000	20000,0000
22	50	90	0,7	0,0028	1000,0000000	8151,6667
23	50	90	0,9	0,0056	1000,0000000	8780,0000
24	50	90	0,7	0,0111	1000,0000000	20000,0000
25	50	90	0,9	0,0028	1000,0000000	7538,3333
26	50	90	0,9	0,0056	1000,0000000	8995,0000
27	50	90	0,9	0,0111	1000,0000000	20000,0000
28	100	10	0,5	0,0250	839,5544749	20000,0000
29	100	10	0,5	0,0500	839,5544749	20000,0000
30	100	10	0,5	0,1000	599,4452769	20000,0000

Paket parameter terbaik 😊

No Observasi	Ukuran populasi	Jumlah bit	Probabilitas Pdh Silang	Probabilitas Mutasi	Rata-rata Fitness terbaik	Rata-rata Jml Individu yang dievaluasi
31	100	10	0,7	0,0250	839,5544749	20000,0000
32	100	10	0,7	0,0500	839,5544749	20000,0000
33	100	10	0,7	0,1000	575,8472869	20000,0000
34	100	10	0,9	0,0250	839,5544749	20000,0000
35	100	10	0,9	0,0500	839,5544749	20000,0000
36	100	10	0,9	0,1000	559,6804844	20000,0000
37	100	50	0,5	0,0050	1000,0000000	15246,6667
38	100	50	0,5	0,0100	1000,0000000	20000,0000
39	100	50	0,5	0,0200	999,9986429	20000,0000
40	100	50	0,7	0,0050	1000,0000000	14416,6667
41	100	50	0,7	0,0100	1000,0000000	20000,0000
42	100	50	0,7	0,0200	999,9988459	20000,0000
43	100	50	0,9	0,0050	1000,0000000	13390,0000
44	100	50	0,9	0,0100	1000,0000000	20000,0000
45	100	50	0,9	0,0200	999,9987118	20000,0000
46	100	90	0,5	0,0028	1000,0000000	15010,0000
47	100	90	0,5	0,0056	1000,0000000	16056,6667
48	100	90	0,5	0,0111	1000,0000000	20000,0000
49	100	90	0,7	0,0028	1000,0000000	14580,0000
50	100	90	0,7	0,0056	1000,0000000	15430,0000
51	100	90	0,7	0,0111	1000,0000000	19860,0000
52	100	90	0,9	0,0028	1000,0000000	13346,6667
53	100	90	0,9	0,0056	1000,0000000	15390,0000
54	100	90	0,9	0,0111	1000,0000000	20000,0000
55	200	10	0,5	0,0250	839,5544749	20000,0000
56	200	10	0,5	0,0500	839,5544749	20000,0000
57	200	10	0,5	0,1000	599,0108676	20000,0000
58	200	10	0,7	0,0250	839,5544749	20000,0000
59	200	10	0,7	0,0500	828,6149185	20000,0000
60	200	10	0,7	0,1000	557,3828866	20000,0000

No Observasi	Ukuran populasi	Jumlah bit	Probabilitas Pdh Silang	Probabilitas Mutasi	Rata-rata Fitness terbaik	Rata-rata Jml Individu yang dievaluasi
61	200	10	0,9	0,0250	839,5544749	20000,0000
62	200	10	0,9	0,0500	839,5544749	20000,0000
63	200	10	0,9	0,1000	539,1055371	20000,0000
64	200	50	0,5	0,0050	1000,0000000	20000,0000
65	200	50	0,5	0,0100	999,9999995	20000,0000
66	200	50	0,5	0,0200	999,9986789	20000,0000
67	200	50	0,7	0,0050	1000,0000000	19966,6667
68	200	50	0,7	0,0100	999,9999997	20000,0000
69	200	50	0,7	0,0200	999,9947933	20000,0000
70	200	50	0,9	0,0050	1000,0000000	19986,6667
71	200	50	0,9	0,0100	999,9999996	20000,0000
72	200	50	0,9	0,0200	999,9939550	20000,0000
73	200	90	0,5	0,0028	999,9999988	19966,6667
74	200	90	0,5	0,0056	999,9999999	20000,0000
75	200	90	0,5	0,0111	999,9999976	20000,0000
76	200	90	0,7	0,0028	999,9999995	20000,0000
77	200	90	0,7	0,0056	1000,0000000	20000,0000
78	200	90	0,7	0,0111	999,9999979	20000,0000
79	200	90	0,9	0,0028	1000,0000000	19866,6667
80	200	90	0,9	0,0056	1000,0000000	19993,3333
81	200	90	0,9	0,0111	999,9999988	20000,0000







Kesimpulan

- Individu pada GA yang sifatnya numerik, terdapat empat representasi berbeda:
 - Biner,
 - Integer,
 - Real, dan
 - Permutasi.
- Operasi Seleksi Orang tua dan Seleksi Survivor tidak bergantung pada representasi individu.
- Rekombinasi dan Mutasi harus dipilih sesuai dengan representasi individu.