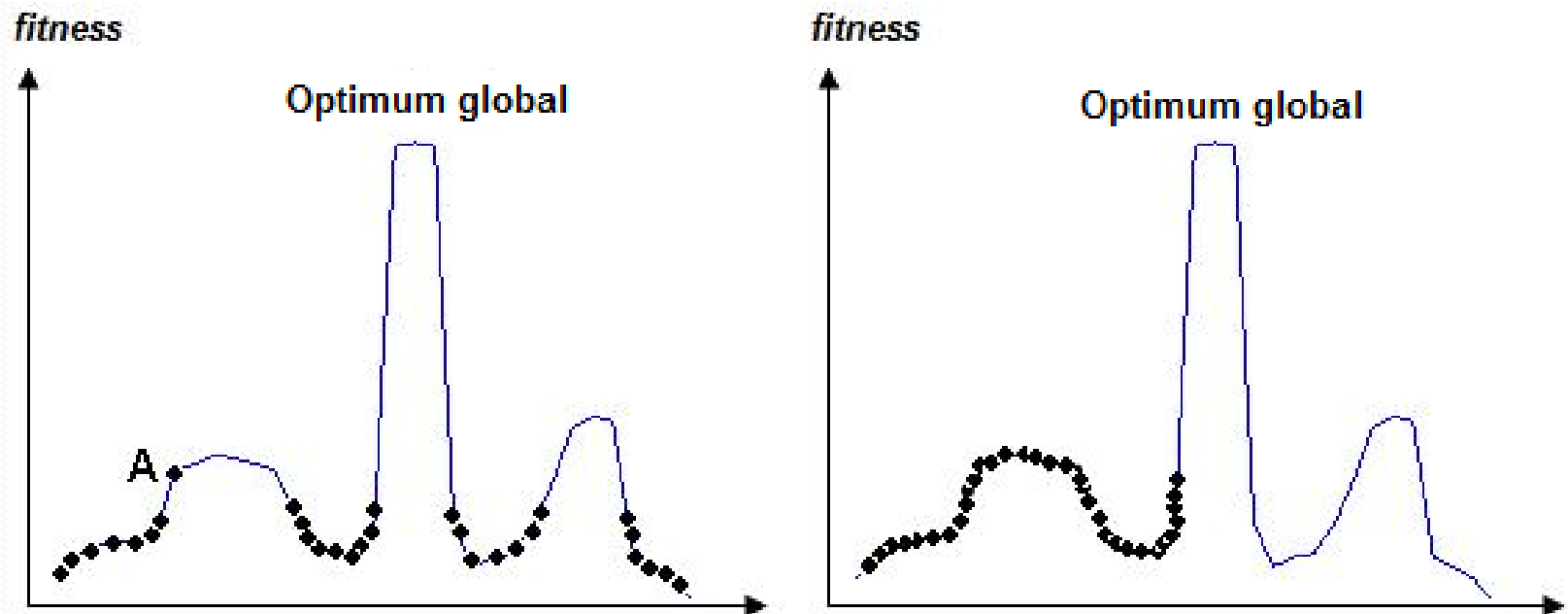


Konvergensi Prematur dan Pencegahannya

Dr. Suyanto, S.T., M.Sc.
HP/WA: 0812 845 12345

Intelligence Computing Multimedia (ICM)
Informatics faculty – Telkom University

Konvergensi Prematur



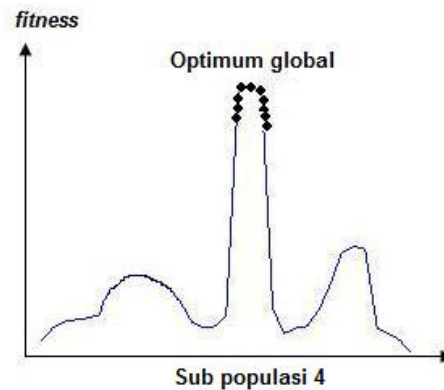
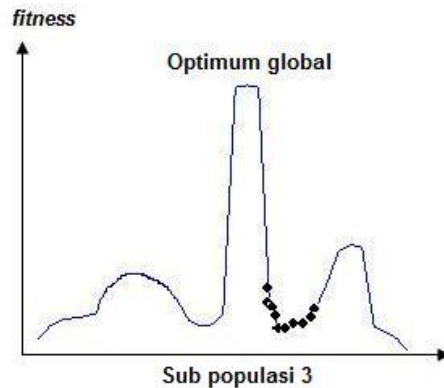
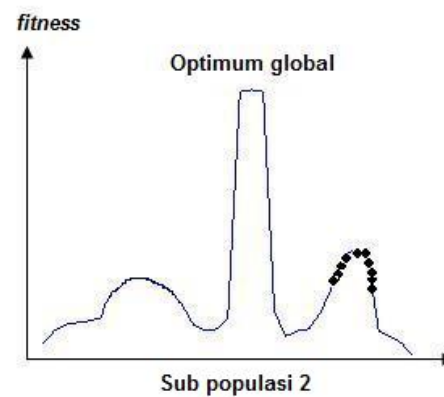
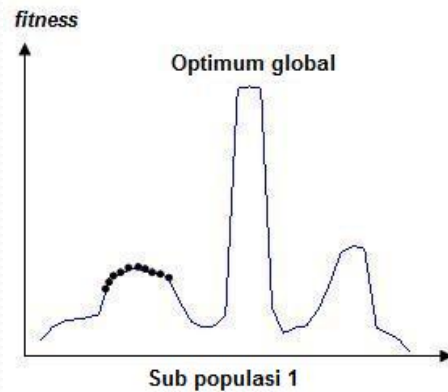
Solusi

- *Island model* EAs
- Representasi Rumit (*Messy Encoding*)
- *Adaptive* EAs

Island model EAs

- Pada metode ini, sejumlah N individu dalam suatu populasi dibagi menjadi N_k kelompok (sub populasi). Masing-masing kelompok berisi individu [SUYO5a].
- Pada model ini, pindah silang dan/atau mutasi hanya terjadi di dalam setiap sub populasi saja.
- Dengan sub populasi, dapat dikurangi adanya kemungkinan bahwa semua sub populasi konvergen pada lokal optimum yang sama.
- Hal ini kemungkinan bisa menghindarkan EAs dari konvergensi prematur.

Island model EAs



Pertukaran individu antar sub populasi

- Jika tidak ada interaksi antar individu dari sub populasi yang berbeda, maka EAs berbasis sub populasi akan sama saja dengan mengerjakan sejumlah N_k sub populasi yang masing-masing berisi v individu.
- Tanpa interaksi antar individu dari sub populasi berbeda, kemungkinan sub populasi EAs akan cepat konvergen juga.
- Oleh karena itu, perlu ada pertukaran individu-individu antar sub populasi.
- Hal ini bisa meningkatkan variasi individu pada sub populasi sehingga bisa mencegah konvergensi prematur.

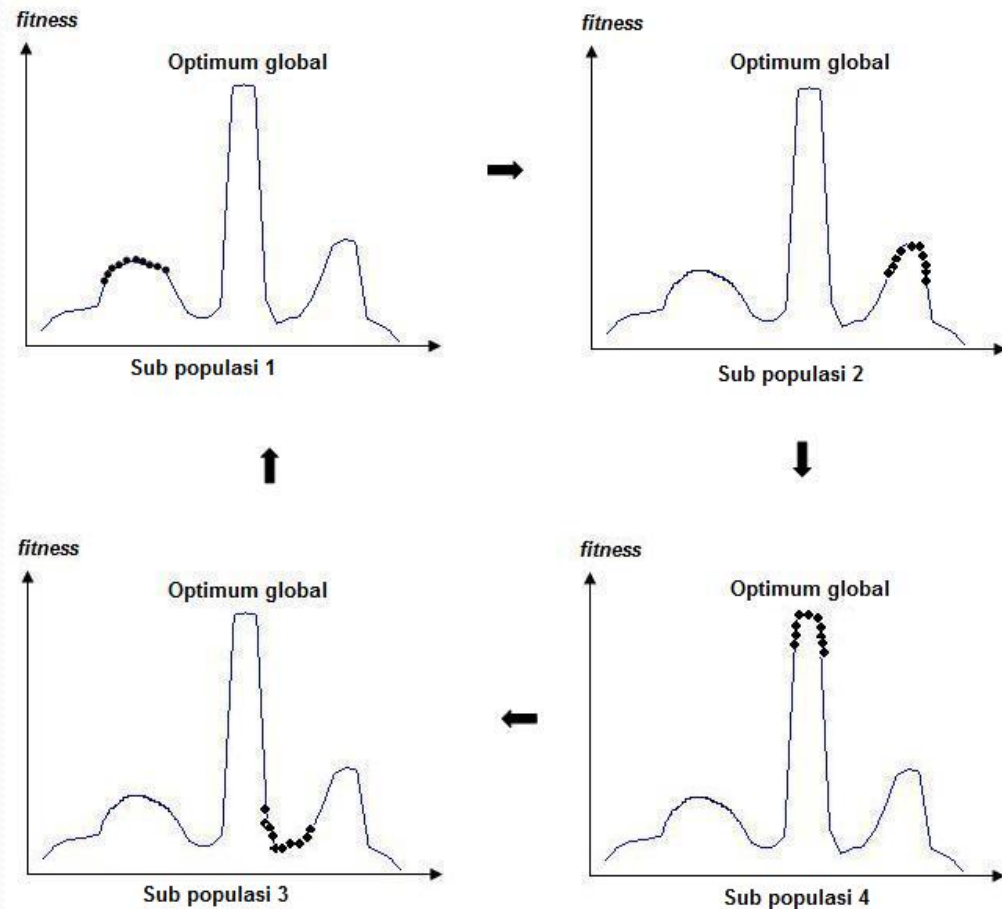
Pertukaran individu antar sub populasi

- **Bagaimana cara pertukaran individu yang baik?** Secara periodik pada sejumlah generasi tertentu dan berdasarkan *tunneling probability* p_t , dua individu dipilih secara acak dari dua sub populasi berbeda kemudian dipertukarkan.
- **Seberapa besar periode pertukaran yang baik?** Jika terlalu cepat, sub populasi bisa konvergen pada optimum lokal yang sama. Jika terlalu lama, tentu saja hanya membuang-buang waktu. Kebanyakan praktisi EAs menggunakan periode pertukaran antara 25 sampai 150 generasi. Tetapi periode ini bisa didefinisikan secara adaptif.
- **Berapa jumlah individu yang sebaiknya dipertukarkan?** Biasanya hanya 2 sampai 5 individu yang dipertukarkan. Tetapi, tentu saja bisa lebih besar dari rentang tersebut dan disesuaikan pada ukuran populasi.

Pertukaran individu antar sub populasi

- **Yang dipertukarkan harus individu terbaik?**
 - Martin, WN menemukan bahwa individu-individu yang dipilih secara acak untuk dipertukarkan lebih baik dibandingkan pertukaran yang dilakukan pada individu-individu terbaik saja [MAR97].
 - Interaksi antar sub populasi biasanya dilakukan secara melingkar. Ketika diperlukan pertukaran individu, sejumlah n individu pada sub populasi 1 yang terpilih secara acak menggantikan n individu pada sub populasi 2 (bisa dipilih yang paling rendah nilai *fitness*-nya). Kemudian n individu pada sub populasi 2 yang terpilih secara acak menggantikan n individu pada sub populasi 3. Demikian seterusnya sampai n individu pada sub populasi terakhir yang terpilih secara acak menggantikan n individu pada sub populasi 1.

Pertukaran individu antar sub populasi



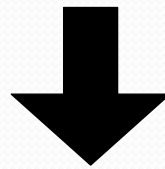
Representasi Rumit (*Messy Encoding*)

- Schema $S_1 = 1xxxxxx0$ sangat mudah dirusak
- Bagaimana mempertahankan S_1 dari kerusakan?
 - Suatu representasi individu yang disebut pengkodean rumit (*messy encoding*) bisa digunakan untuk tujuan ini [SUY05a].
 - Idenya adalah dengan membuat representasi kromosom yang tidak bergantung pada posisi.
 - Jika *schema* S_1 diubah menjadi xxxxxx01 (bit pertama dipindah ke belakang), maka *schema* tersebut tidak akan mudah rusak karena *defining length* menjadi jauh lebih pendek (yang tadinya 7 menjadi 1).
 - Bagaimana caranya? Masukkan posisi gen sebagai bagian dari kromosom.

Representasi Rumit (*Messy Encoding*)

Messy encoding:

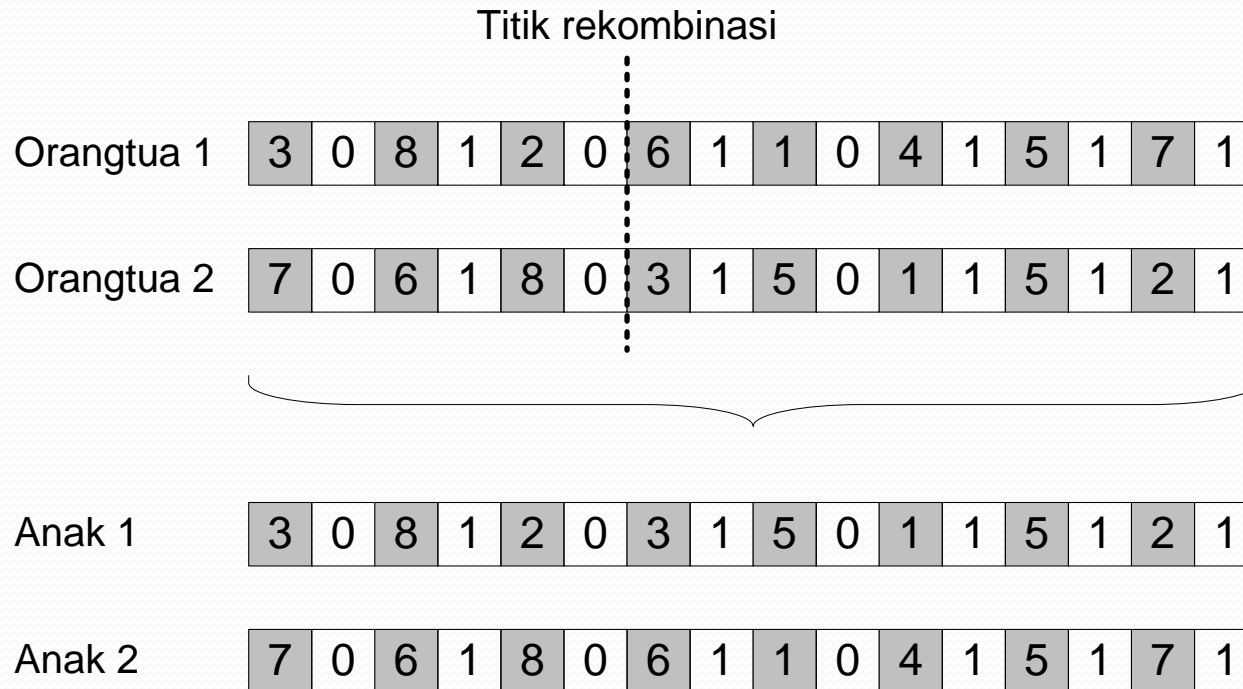
3	0	8	0	2	1	6	1	1	0	4	1	5	1	7	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Binary encoding:

0	1	0	1	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

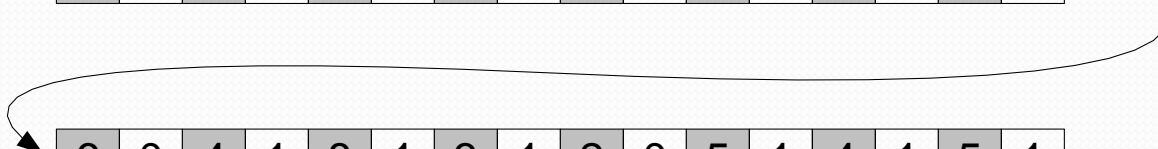
Representasi Rumit (*Messy Encoding*)



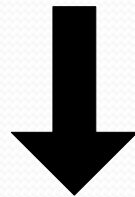
Representasi Rumit (*Messy Encoding*)

Messy encoding:

3	0	8	1	2	0	3	1	5	0	1	1	5	1	2	1	...
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----



6	0	4	1	8	1	3	1	2	0	5	1	4	1	5	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



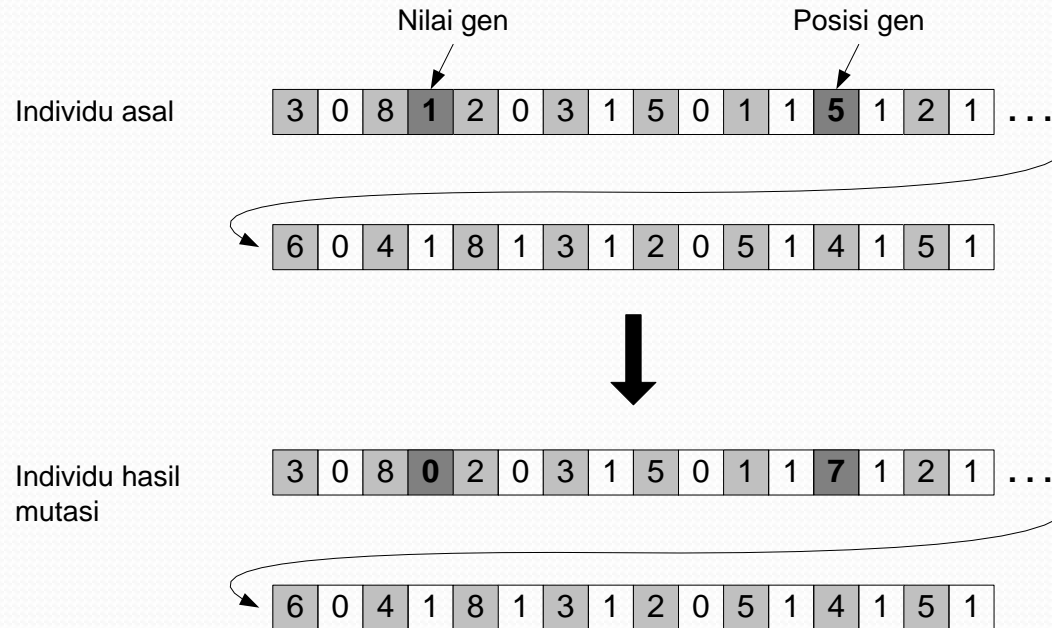
Nilai gen untuk posisi 7 = 0
(dibangkitkan secara acak)

Binary encoding:

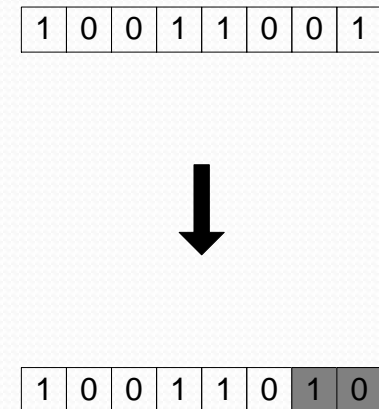
1	0	0	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Representasi Rumit (*Messy Encoding*)

Messy encoding:



Binary encoding:

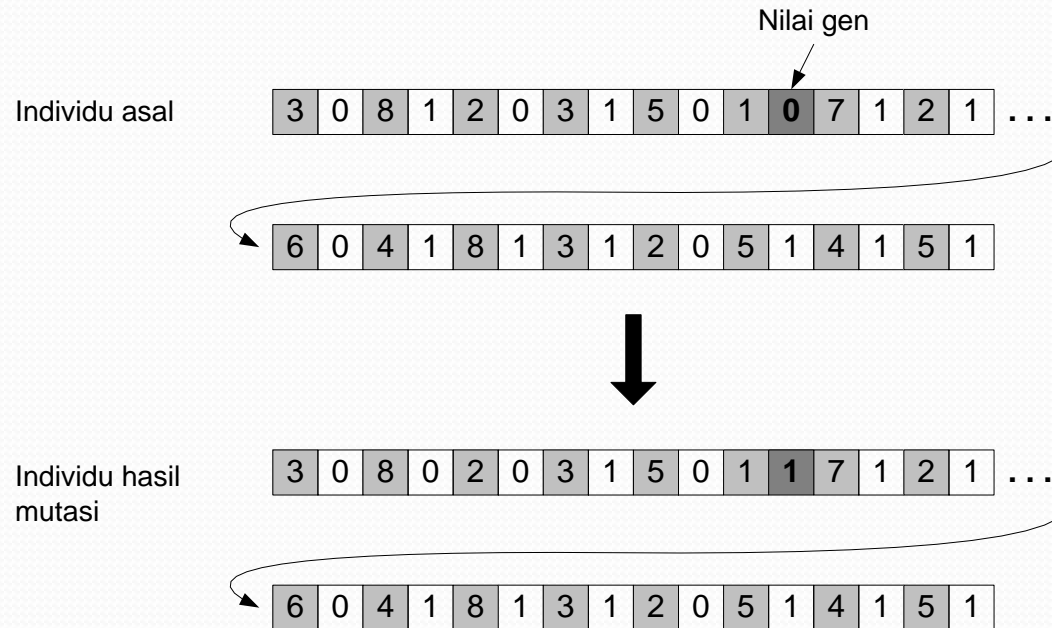


Representasi Rumit (*Messy Encoding*)

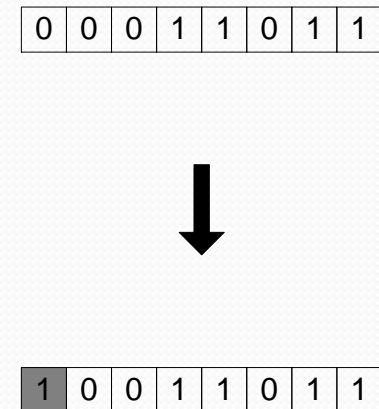
- Keuntungan penggunaan *messy encoding* sangat terlihat pada proses mutasi.
- Kemungkinan untuk terjadinya mutasi pada suatu gen tertentu menjadi lebih besar. Misalkan, individu terbaik pada suatu populasi adalah {0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1} dan individu terbaik yang merupakan optimum global adalah {1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1}.
- Artinya, hanya diperlukan mutasi satu gen saja (yaitu gen ke-1) untuk mendapatkan solusi optimum global. Jika kita menggunakan *binary encoding*, probabilitas termutasinya gen ke-1 adalah sebesar $1/8$ dikali dengan probabilitas mutasi ($p_m/8$). Hal ini karena posisi gen pada *binary encoding* bersifat statis. Gen ke-1 selalu berada di posisi ke-1 kromosom.
- Tetapi, jika kita menggunakan *messy encoding*, maka probabilitas termutasinya gen ke-1 akan lebih besar karena posisi gen ke-1 bisa berada dimana saja (tidak harus di posisi ke-1 kromosom). Hal ini karena posisi gen pada *messy encoding* bersifat dinamis.

Representasi Rumit (*Messy Encoding*)

Messy encoding:



Binary encoding:



Adaptive EAs

- Algoritma-algoritma pada EAs memiliki parameter-parameter yang harus didefinisikan secara hati-hati agar bisa konvergen pada optimum global dengan cepat.
- Terdapat empat parameter yang cukup sensitif terhadap performansi EAs, yaitu: ukuran populasi, *selective pressure* pada pemilihan orangtua, probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi.
- Seringkali kita merasa kesulitan dalam menentukan nilai parameter tersebut karena nilai parameter sangat bergantung pada kasus yang dihadapi.

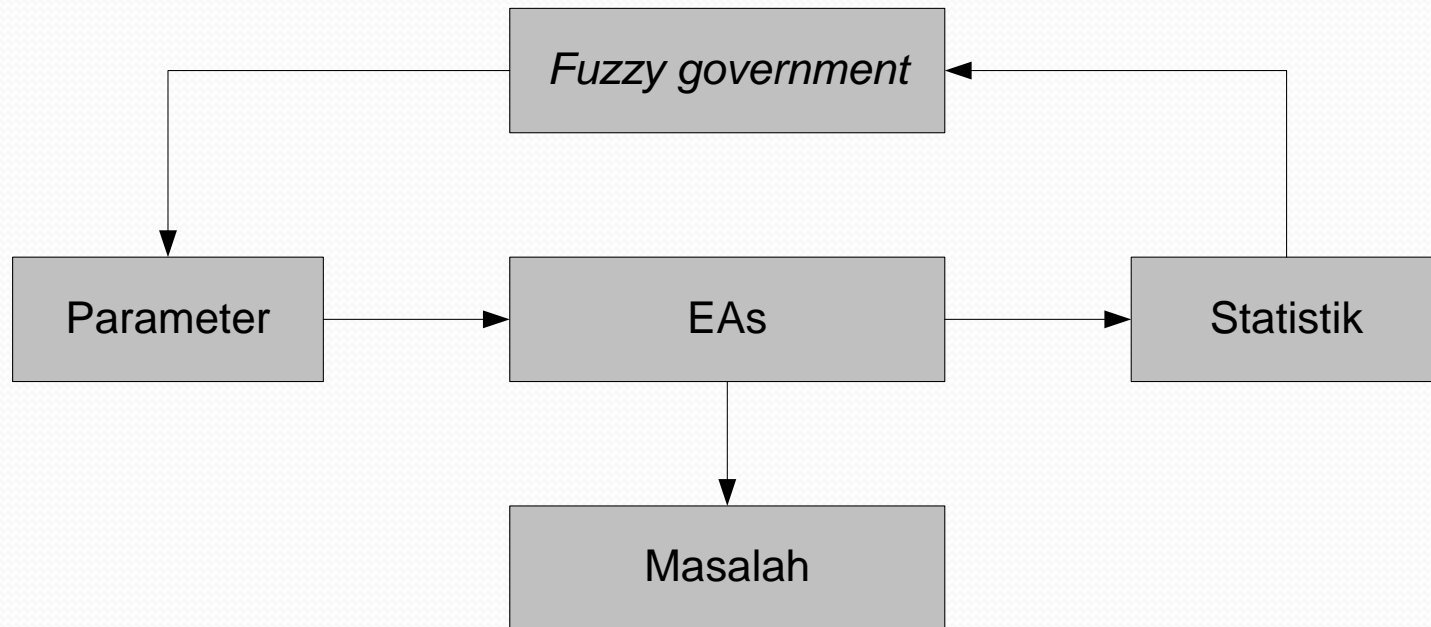
Adaptive EAs

- Interaksi yang terjadi pada parameter-parameter tersebut sangat kuat, kompleks dan sulit dipahami. Sehingga bisa dikatakan parameter-parameter tersebut seolah-olah menjadi satu kesatuan paket.
- Misalnya, suatu paket parameter (ukuran populasi = 100, probabilitas *crossover* = 0,8 dan probabilitas mutasi = 0,01) bisa memberikan performansi yang sangat baik untuk suatu masalah. Solusi optimum global selalu ditemukan dengan konvergensi yang sangat cepat. Tetapi, untuk masalah yang sama dengan kasus yang sedikit berbeda, paket parameter tersebut justru mengakibatkan konvergensi prematur maupun konvergensi yang sangat lambat.

Adaptive EAs

- Bagaimana solusinya?
- Bangun EAs adaptif menggunakan *Fuzzy Government*.
- *Fuzzy Government* (FG) adalah kumpulan *fuzzy rules* dan *routines* yang berfungsi untuk: mengontrol proses evolusi, mendeteksi kemunculan solusi, mengubah-ubah (*tuning*) parameter EAs pada saat *running* sehingga dapat mencegah konvergensi prematur maupun konvergensi yang sangat lambat.

Adaptive EAs



Adaptive EAs

- Masukan (*input*) untuk FG adalah data-data statistik EAs yang diperoleh secara periodik pada sejumlah generasi tertentu (*sampling rate*), misalnya r generasi.
- Statistik EAs bisa berupa:
 - *genotype statistic*, yang merupakan kesimpulan atas aspek-aspek yang berhubungan dengan *genotypes* dari individu-individu dalam suatu populasi tanpa memperhatikan arti dari aspek-aspek tersebut. *Genotype statistic* yang umum digunakan adalah *fuzzy similarity measure*.
 - *phenotype statistic*, yang fokus pada nilai *fitness* individu untuk masalah yang dihadapi. *Phenotype statistic* bisa berupa *phenotype diversity measure* yang berupa *fitness range*, rasio *fitness terbaik* terhadap rata-rata *fitness*, variansi *fitness*, dan sebagainya.

Adaptive EAs

- Keluaran (*output*) dari FG adalah nilai-nilai parameter EAs yang paling sesuai untuk kondisi populasi saat ini.
- Parameter-parameter EAs yang bisa menjadi output FG adalah ukuran populasi, probabilitas *crossover*, probabilitas mutasi, dan *selective pressure* (jika memungkinkan).
- Keluaran FG ini bisa berubah-ubah pada setiap periode generasi sehingga membuat EAs bersifat adaptif.

Contoh Himpunan aturan fuzzy untuk pengontrolan probabilitas *crossover* (p_c) [TET01]

p_c	Ukuran populasi		
Generasi	Kecil	Sedang	Besar
Singkat	Sedang	Kecil	Kecil
Sedang	Besar	Besar	Sedang
Lama	Sangat besar	Sangat besar	Besar

Contoh Himpunan aturan fuzzy untuk pengontrolan probabilitas *crossover* (p_c) [TET01]

1. **IF** Generasi = Singkat **AND** Ukuran populasi = Kecil
THEN p_c = Sedang
2. **IF** Generasi = Singkat **AND** Ukuran populasi = Sedang
THEN p_c = Kecil
- ...
9. **IF** Generasi = Lama **AND** Ukuran populasi = Besar
THEN p_c = Besar

Himpunan aturan fuzzy untuk pengontrolan probabilitas mutasi (p_m) [TET01]

p_m	Ukuran populasi		
Generasi	Kecil	Sedang	Besar
Singkat	Besar	Sedang	Kecil
Sedang	Sedang	Kecil	Sangat kecil
Lama	Kecil	Sangat kecil	Sangat kecil

Himpunan aturan fuzzy pengontrolan *exploitation-oriented crossover rate* [TET01]

Δp_e	<i>Phenotype diversity</i>		
<i>Genotype diversity</i>	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	Sedang	Kecil	Kecil
Sedang	Besar	Besar	Sedang
Tinggi	Besar	Besar	Sedang

Himpunan aturan fuzzy untuk pengontrolan *selective pressure* [TET01]

$\Delta\eta_{\min}$	<i>Phenotype diversity</i>		
<i>Genotype diversity</i>	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	Kecil	Sedang	Besar
Sedang	Kecil	Besar	Besar
Tinggi	Kecil	Kecil	Besar

Kesimpulan

- Masalah utama EAs adalah Konvergensi Prematur
- Cara pencegahannya:
 - Island model EAs
 - Messy encoding
 - Adaptive EAs

Daftar Pustaka

- [SUYo8] Suyanto, 2008, Evolutionary Computation: Komputasi Berbasis “Evolusi” dan “Genetika”, penerbit Informatika Bandung.
- [SUYo5a] Suyanto, 2005, “Algoritma Genetika dalam MATLAB”, Andi Publisher, Yogyakarta, Indonesia, ISBN: 979-731-727-7.
- [TETo1] Tettamanzi A., Tomassini M., ”Soft Computing”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001. Printed in Germany.
- [MAR97] Martin WN, Liegnic Jens, and Cohon James P, 1997, “Handbook of Evolutionary Computation”, IOP publishing Ltd and Oxford University Press.