

# Differential Evolution (DE)

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

Intelligence Computing Multimedia (ICM)  
Informatics faculty – Telkom University

# Intro

- *Differential Evolution* (DE) merupakan suatu metode optimasi dengan pendekatan heuristik untuk mencari nilai minimum dari fungsi ruang kontinu yang nonlinier dan *non-differentiable* [STO95a]
- Termasuk kelas *evolution strategies* (ES)
- Bisa menemukan minimum global dari fungsi multidimensional dan multimodal, yaitu fungsi yang memiliki lebih dari satu nilai minimum, dengan probabilitas tinggi.

# Intro

- Apa yang membedakan DE dengan EAs yang lain?
- Satu kata kunci = *differential mutation*
- yang merupakan mutasi semi terarah dan bisa dianggap sebagai operasi pra-seleksi khusus

$f(x_1, x_2)$

$x_2$



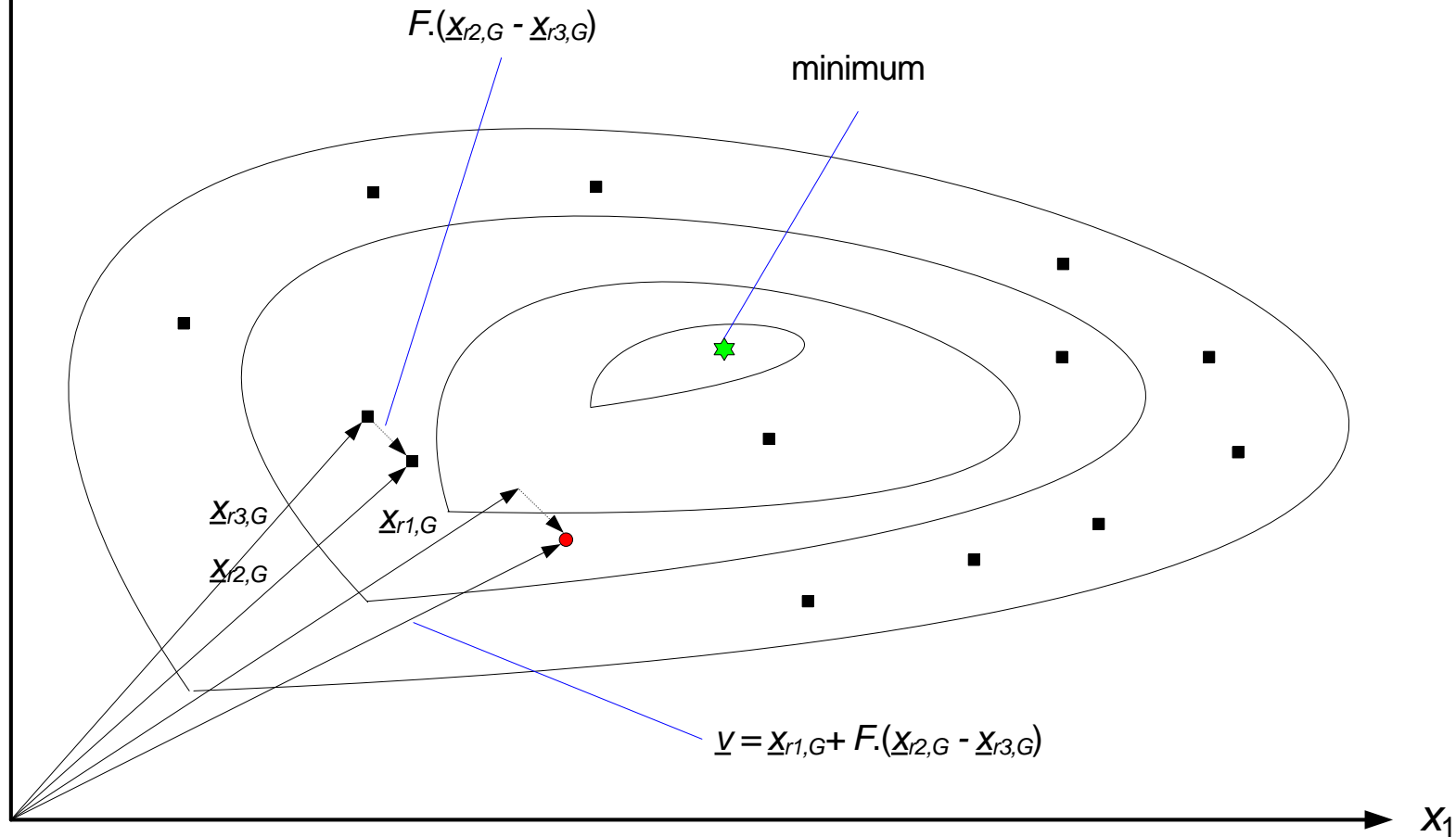
$x_1$

$x_2$ 

- Sejumlah  $NP$  vektor parameter pada generasi  $G$
- Vektor parameter  $\underline{v}$  baru yang dihasilkan
- ★ Nilai minimum global yang dicari

**Differential mutation**

**Skema DE1**

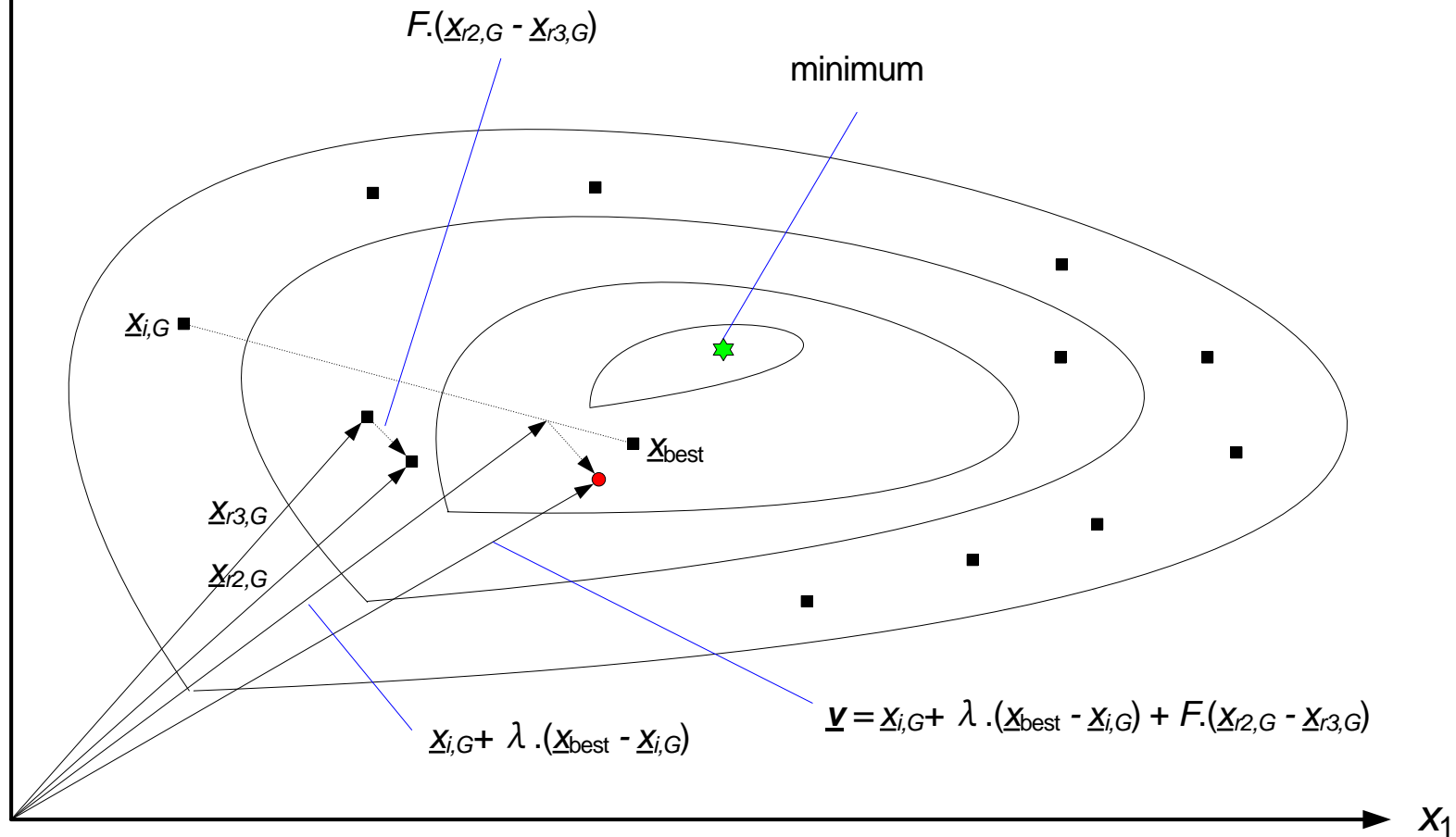


$x_2$ 

- Sejumlah  $NP$  vektor parameter pada generasi  $G$
- Vektor parameter  $\underline{v}$  baru yang dihasilkan
- ★ Nilai minimum global yang dicari

**Differential mutation**

**Skema DE2**

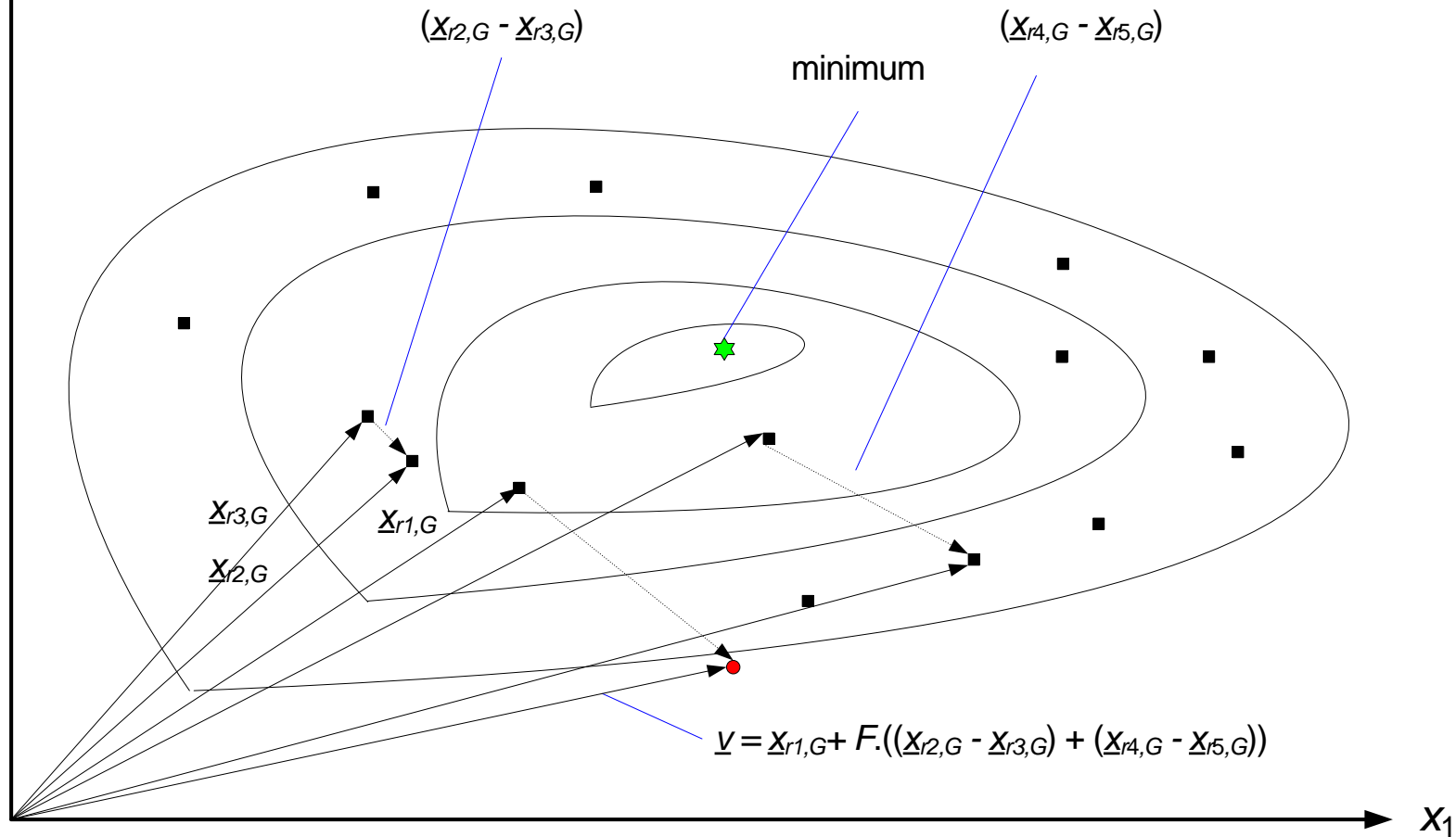


$x_2$ 

- Sejumlah  $NP$  vektor parameter pada generasi  $G$
- Vektor parameter  $\underline{v}$  baru yang dihasilkan
- ★ Nilai minimum global yang dicari

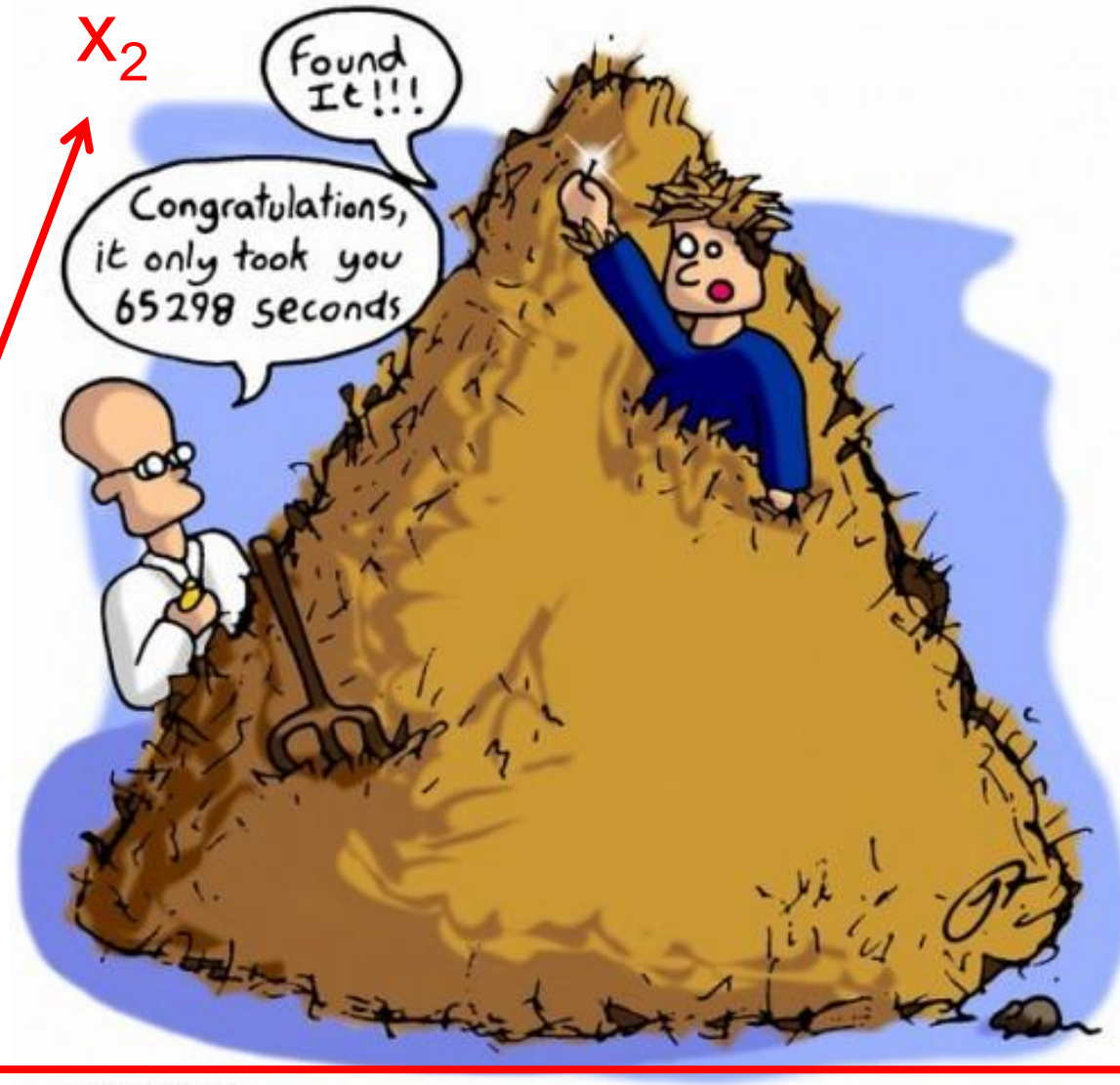
**Differential mutation**

**Skema DE3**



$f(x_1, x_2)$

$x_2$



$x_1$

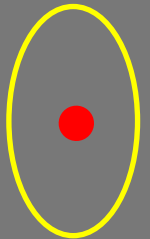


# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

## Populasi = 1



Global maximum



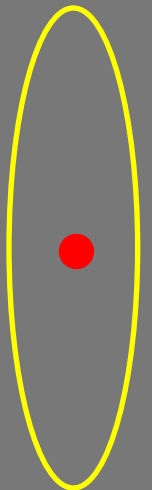
Generasi 1

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

## Populasi = 1



Global maximum



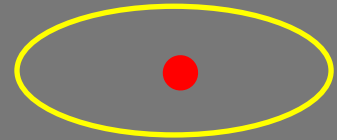
Generasi 2

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

## Populasi = 1



Global maximum



Generasi 3

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

## Populasi = 1

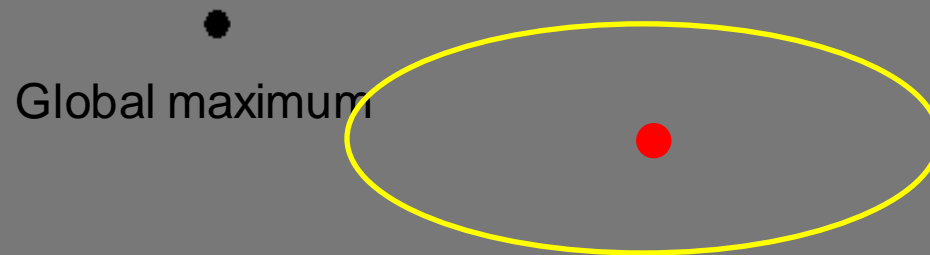


Global maximum

Generasi 10

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

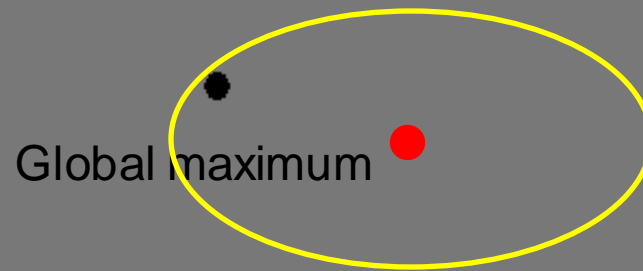
## Populasi = 1



**Generasi 50**

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

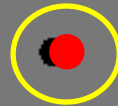
## Populasi = 1



**Generasi 100**

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

## Populasi = 1



Global maximum

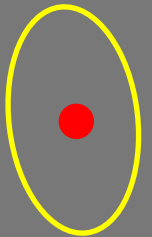
Generasi 200

# ES: Mutasi dengan Korelasi

## Populasi = 1



Global maximum



Generasi 1

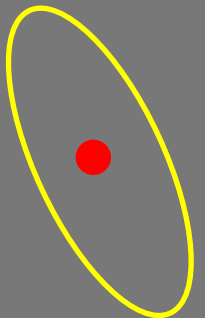


# ES: Mutasi dengan Korelasi

## Populasi = 1



Global maximum



Generasi 2

# ES: Mutasi dengan Korelasi

## Populasi = 1



Global maximum

The diagram illustrates a search space on a gray background. A black dot, representing the global maximum, is located in the upper-middle part of the image. Below it, the text 'Global maximum' is written. In the lower-right corner, there is a red dot representing the current population. This red dot is enclosed within a yellow ellipse, which indicates the spread or variance of the population. The text 'Generasi 3' is positioned at the bottom right of the image.

Generasi 3

# ES: Mutasi dengan Korelasi

## Populasi = 1

Global maximum

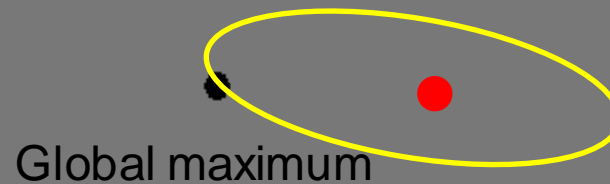


The diagram illustrates a search space on a gray background. A black dot is labeled 'Global maximum'. A red dot is enclosed within a yellow ellipse, representing the population at generation 10. The red dot is positioned to the right of the global maximum, indicating that the population has not yet reached the optimal solution.

Generasi 10

# ES: Mutasi dengan Korelasi

## Populasi = 1



Generasi 20

# ES: Mutasi dengan Korelasi

## Populasi = 1

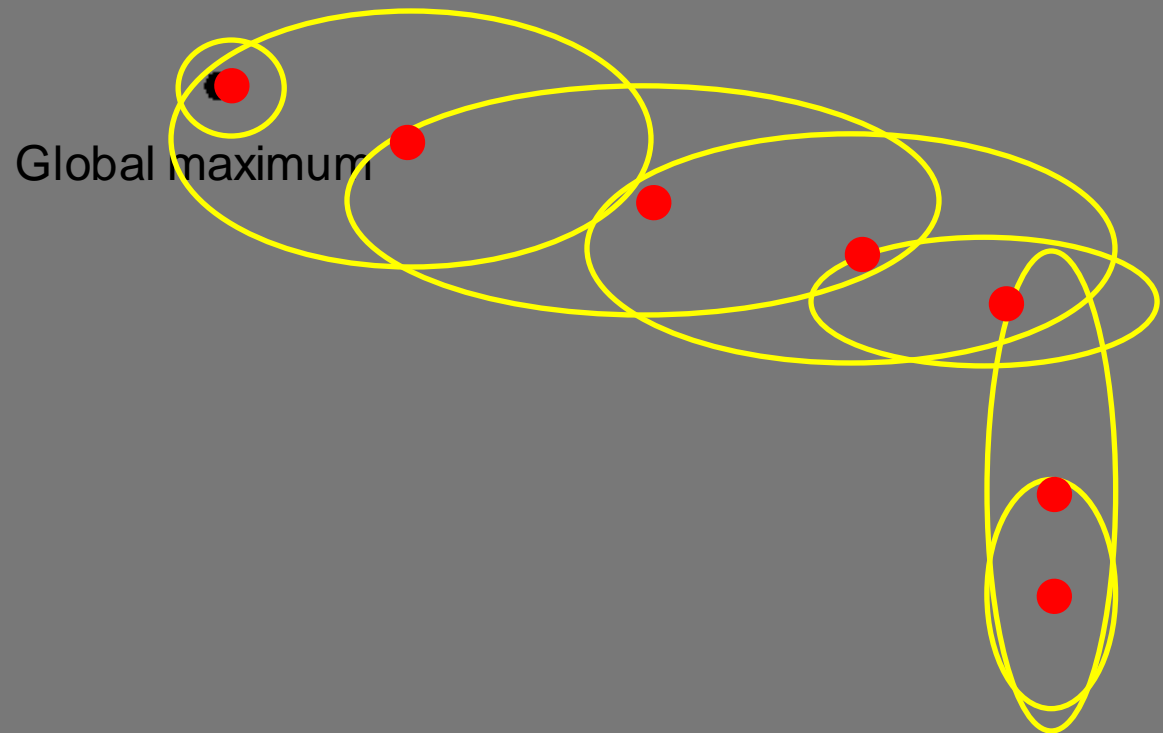


Global maximum

Generasi 50

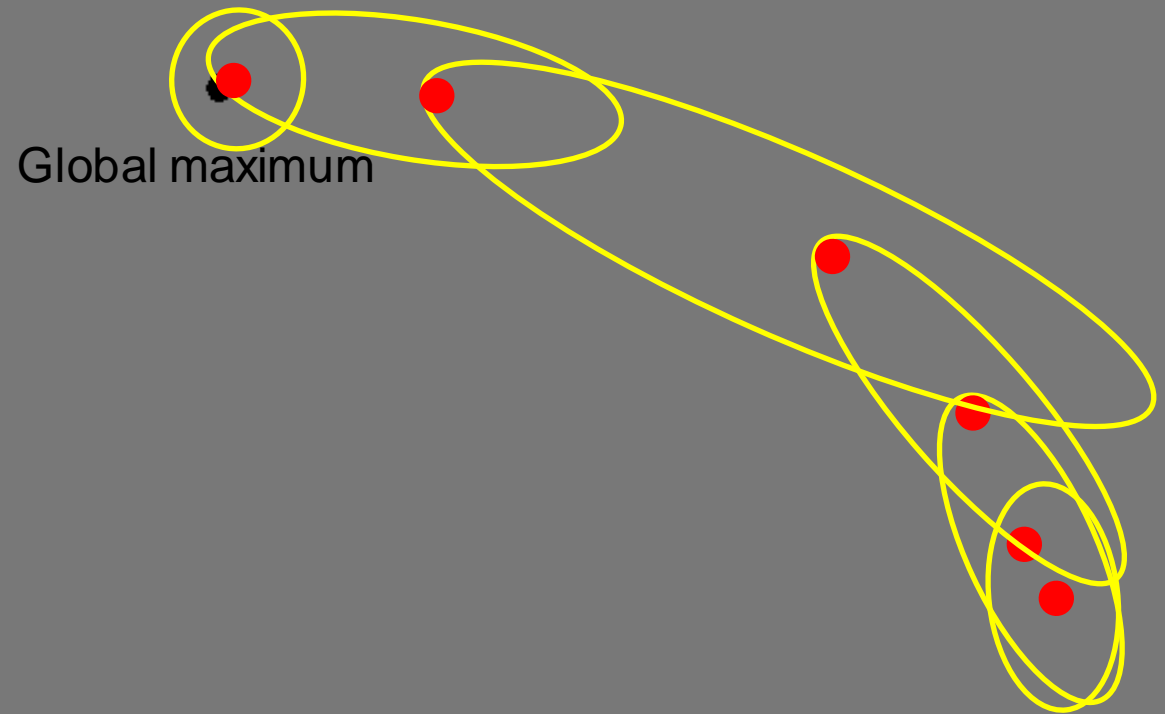
# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

Populasi = 1

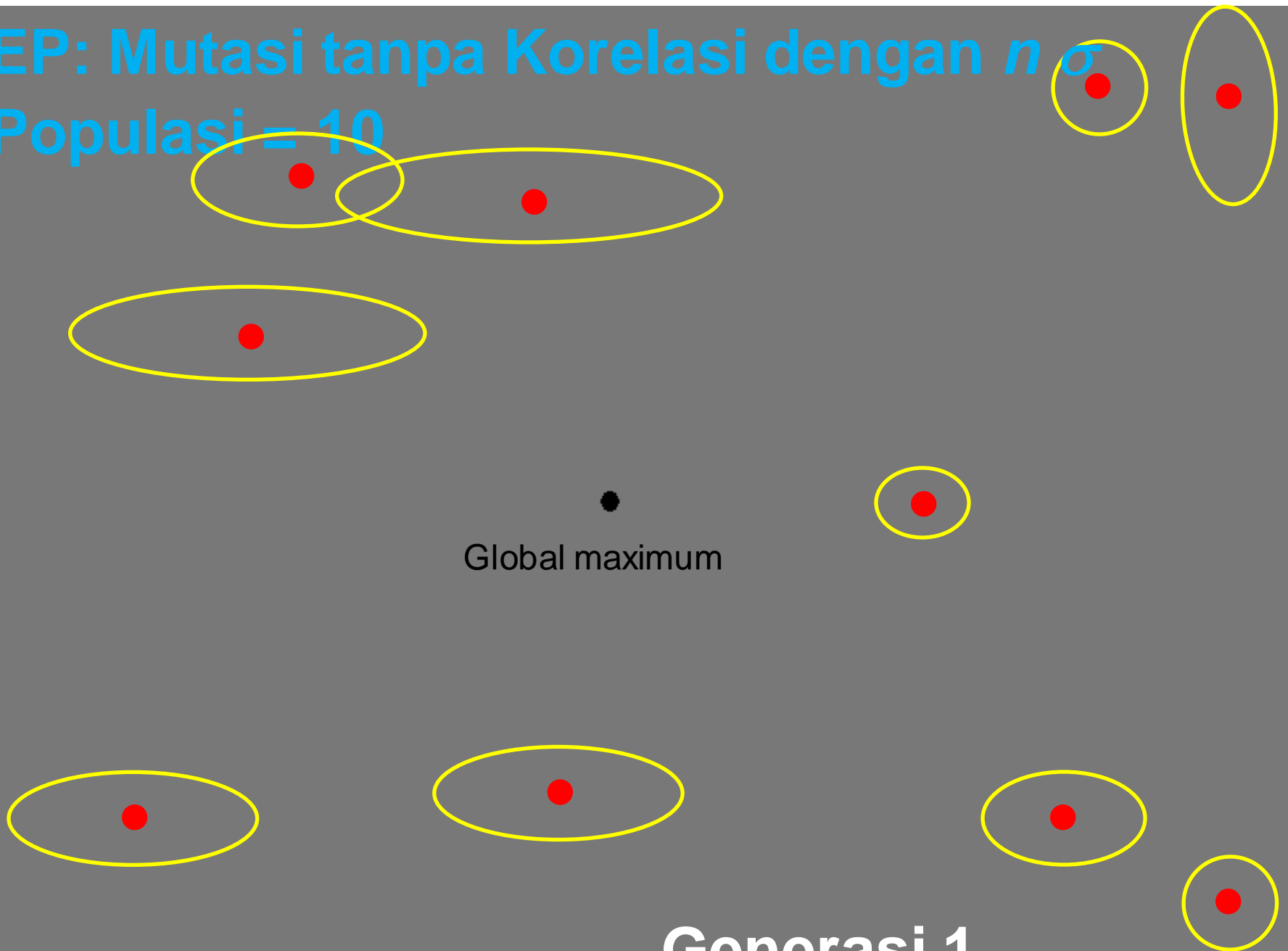


# ES: Mutasi dengan Korelasi

Populasi = 1



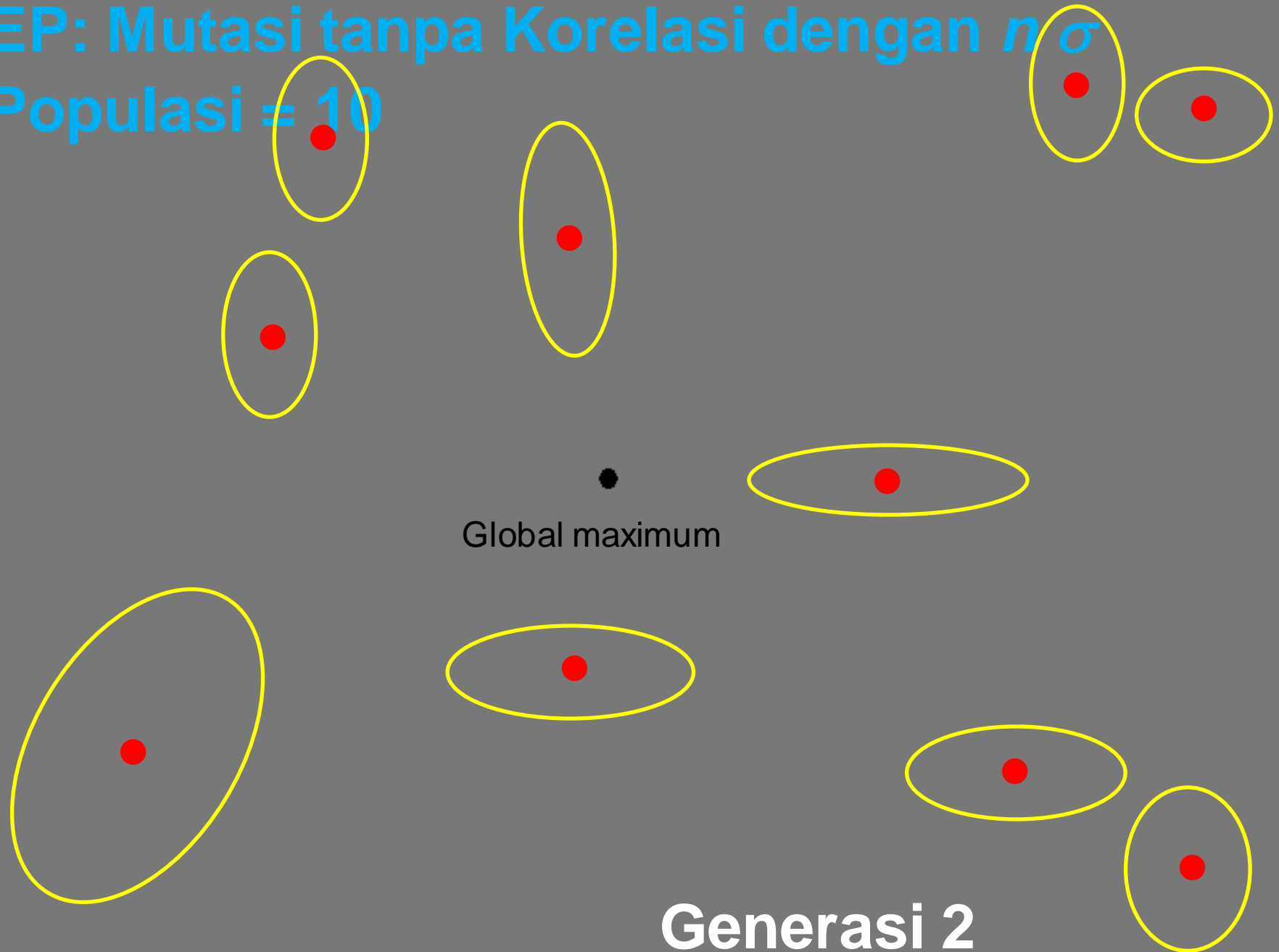
EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan  $n \sigma$   
Populasi = 10



Generasi 1

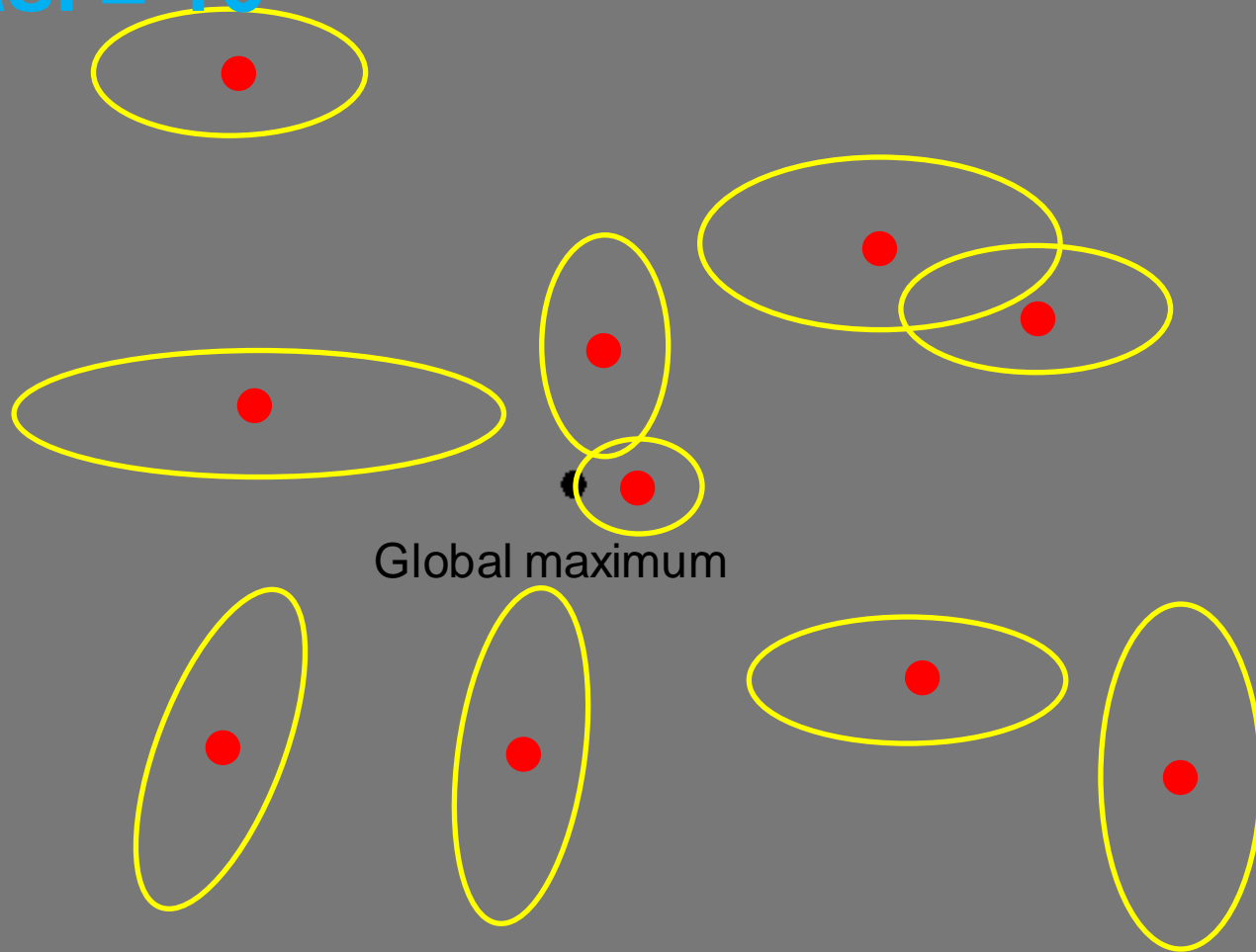


EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan  $n\sigma$   
Populasi = 10



# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

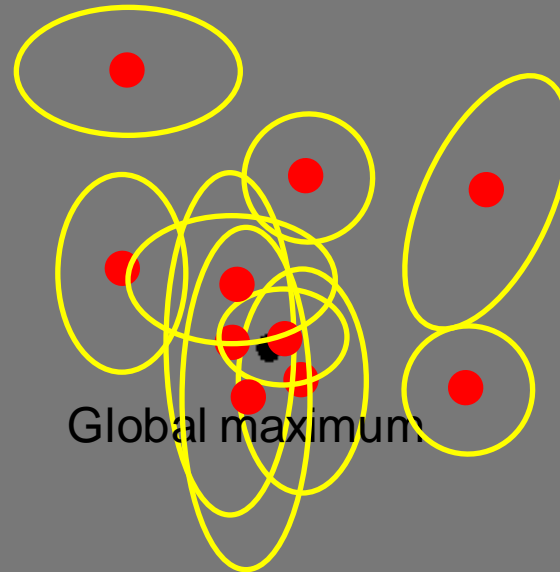
Populasi = 10



Generasi 10

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

Populasi = 10



Generasi 50

# EP: Mutasi tanpa Korelasi dengan $n \sigma$

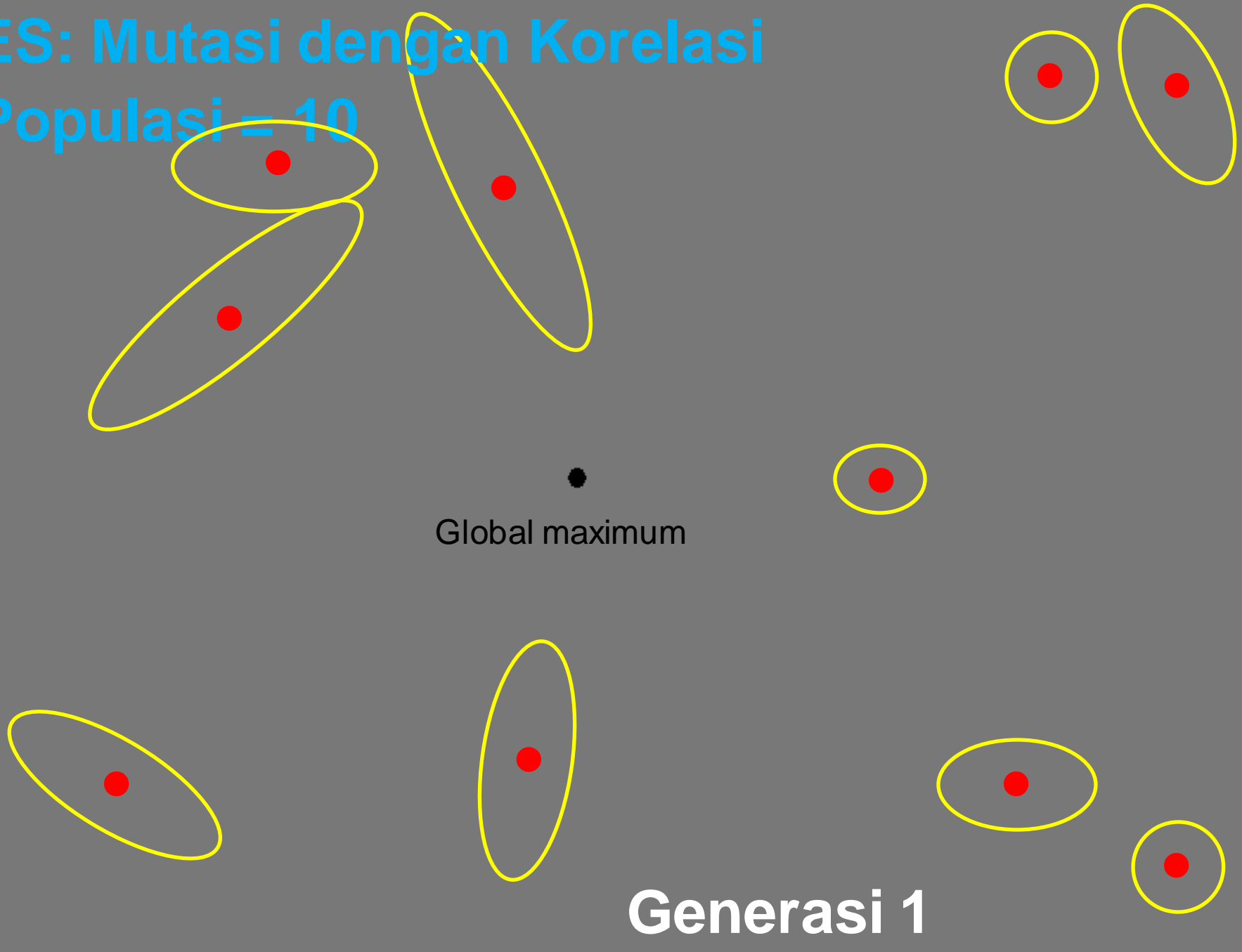
Populasi = 10

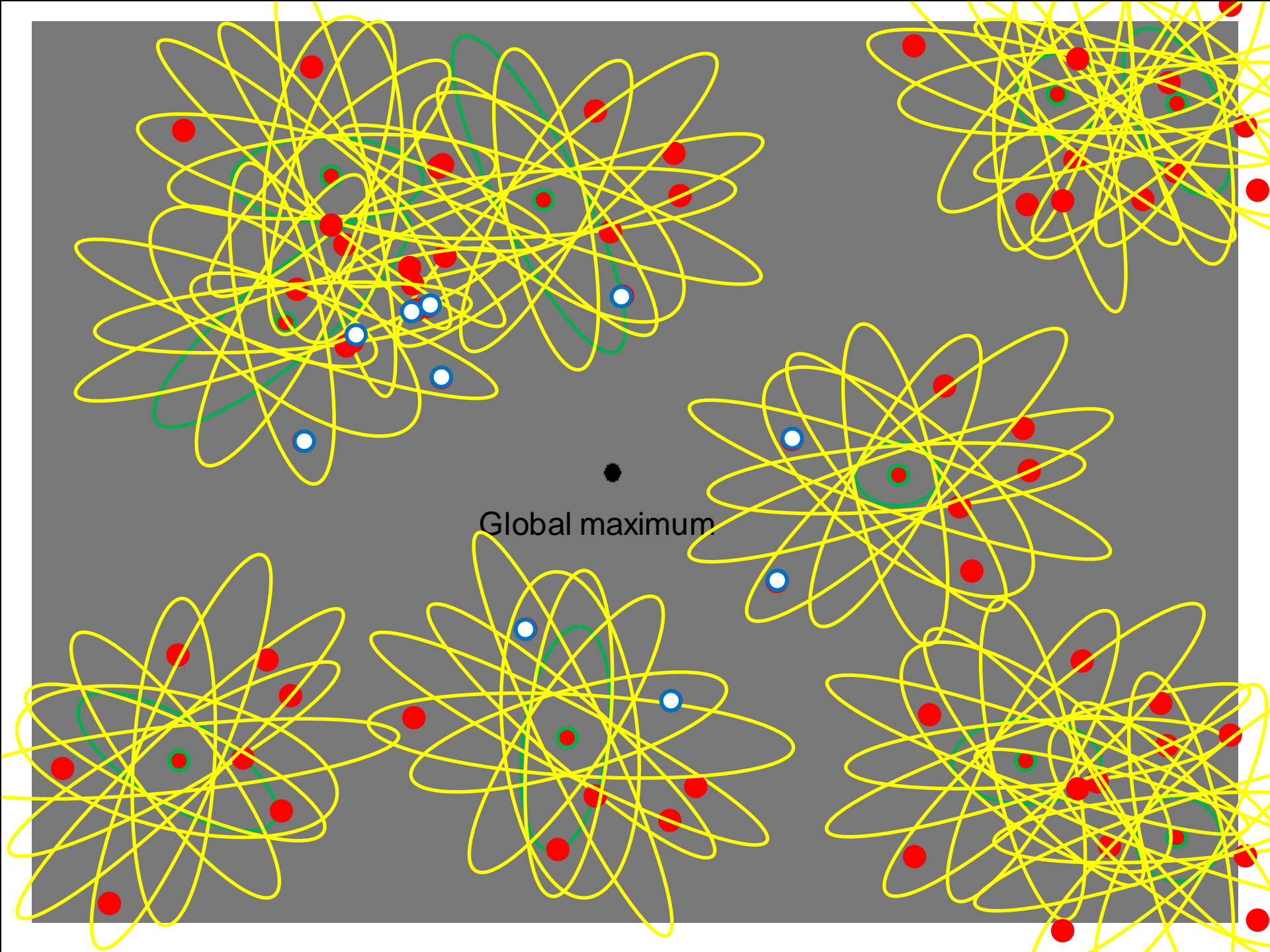


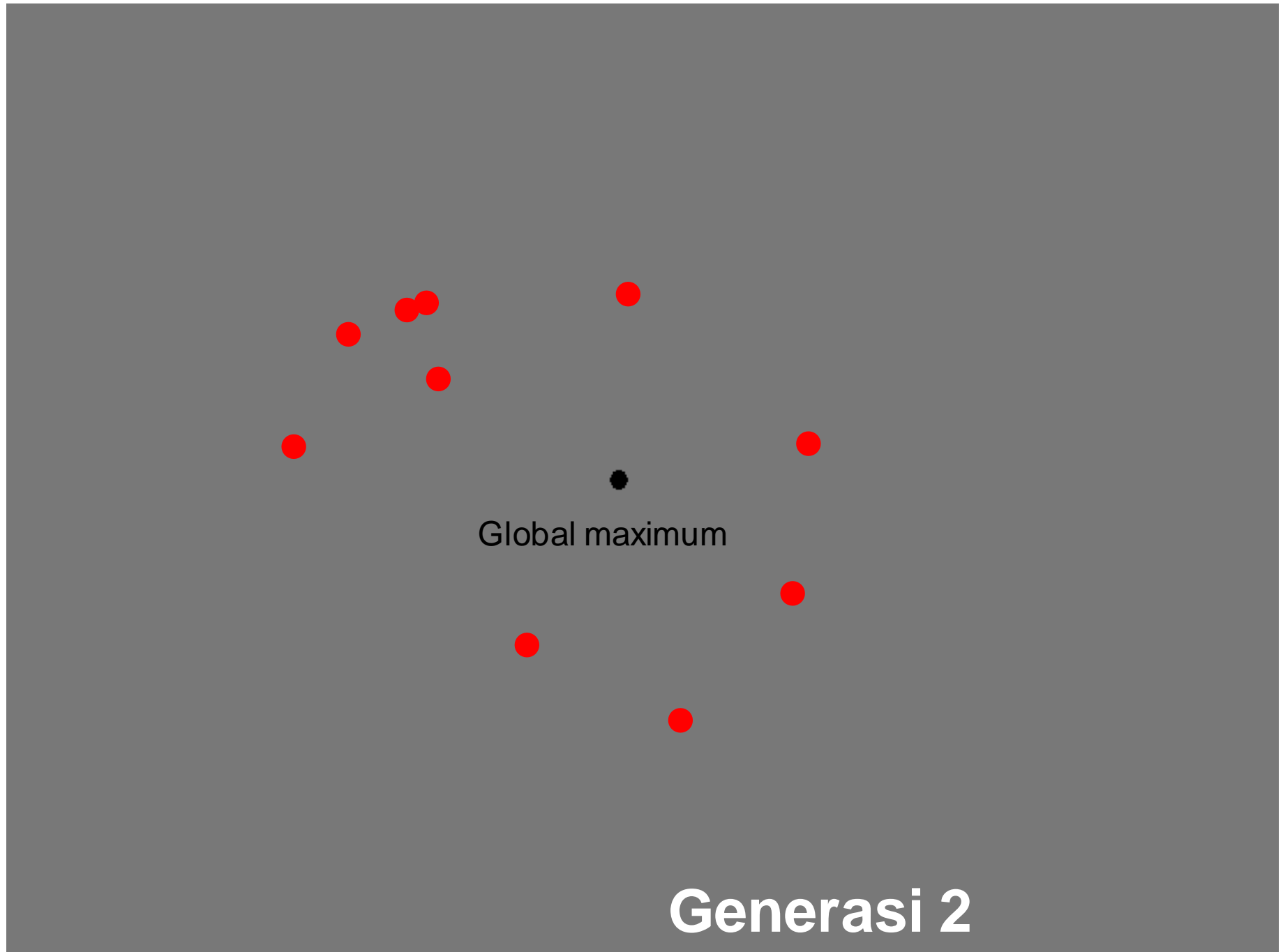
Generasi 100

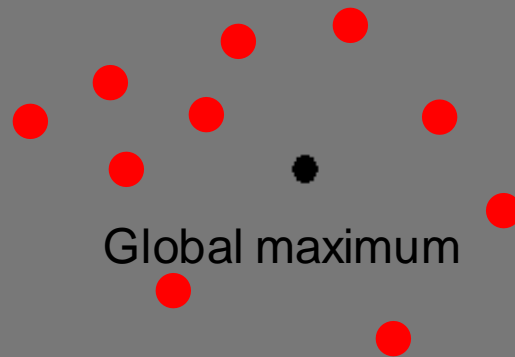
# ES: Mutasi dengan Korelasi

Populasi = 10



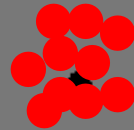






**Generasi 10**





Global maximum

**Generasi 20**

# Skema DE1

Untuk meningkatkan keberagaman vektor-vektor parameter, maka vektor  $\underline{v}$  direkombinasi dengan suatu vektor sembarang dalam populasi, misal  $x_{i,G}$ . Proses *crossover* ini menghasilkan vektor  $\underline{u}$  berikut ini

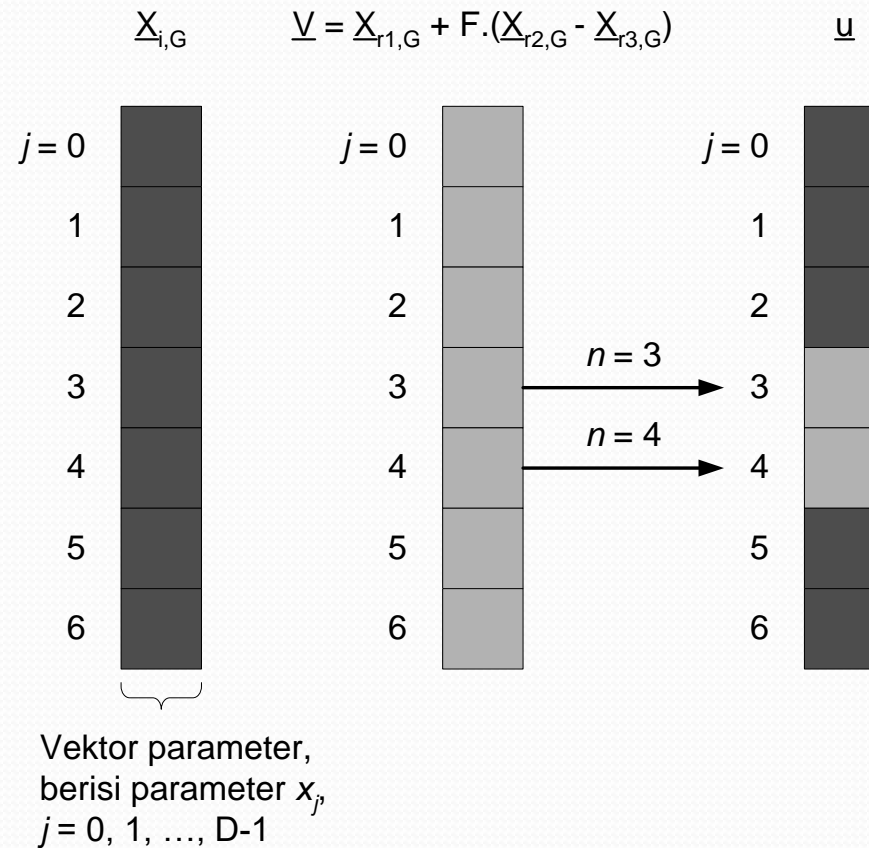
$$\underline{u} = (u_1, u_2, \dots, u_D)^T$$

dengan

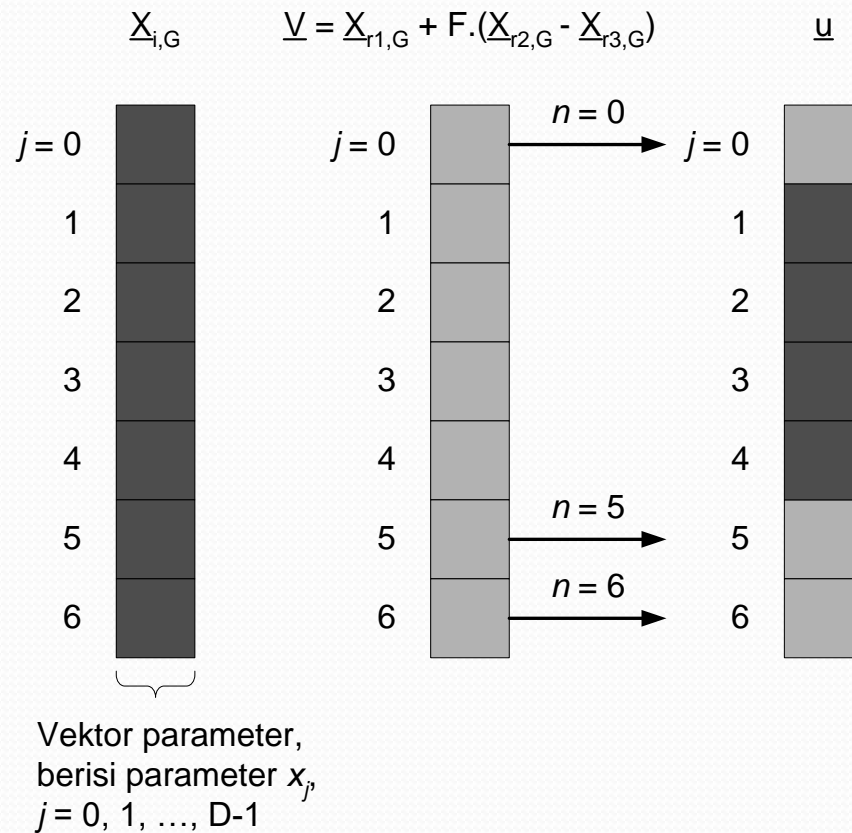
$$u_j = \begin{cases} v_j & \text{untuk } j = \langle n \rangle_D, \langle n+1 \rangle_D, \dots, \langle n+L-1 \rangle_D \\ (x_{i,G})_j & \text{untuk } j \text{ yang lain} \end{cases}$$

dimana simbol  $\langle \rangle_D$  menyatakan fungsi modulo dengan modulus  $D$ .

# Rekombinasi ( $D = 7$ , $n = 3$ , dan $L = 2$ )



# Rekombinasi ( $D = 7$ , $n = 5$ , dan $L = 3$ )



# Variasi-variasi DE

- Mutasi
  - Gunakan individu terbaik
  - Gunakan lebih banyak individu
- Crossover
  - Skema yang mirip *uniform crossover*
  - Banyak variasi yang bisa digunakan

# Setting Parameter

- Ukuran Populasi?
  - 5 kali dimensi
  - 10 kali dimensi
- Konstanta F?
  - $0,2 < F \leq 1$
  - $0 < F \leq 2$
- CR?
  - $0,9 < CR \leq 1$

# Performansi

- Pada banyak kasus, DE biasanya dapat menemukan minimum global.
- DE biasanya konvergen (menemukan minimum global) lebih cepat dibandingkan algoritma lain seperti *Annealed version of the Nelder&Mead strategy* (ANM) dan *Adaptive Simulated Annealing* (ASA), khususnya untuk fungsi-fungsi yang sulit diminimasi.

# Performansi

- Berdasarkan penelitian Derviş Karaboğa dan S. Ökdem, DE memiliki tiga kelebihan, yaitu:
  - biasanya menemukan minimum global tanpa terpengaruh oleh nilai-nilai parameter awal;
  - cepat konvergen (memerlukan sedikit generasi atau evaluasi fungsi untuk menemukan minimum global); dan
  - sangat mudah digunakan karena hanya terdapat satu parameter yang sensitif, yaitu faktor penskalaan  $F$ .



# Kesimpulan

- DE menggunakan proses mutasi **semi deterministik**
- DE memiliki performansi yang sangat baik dibandingkan berbagai algoritma optimasi lainnya, terutama untuk permasalahan yang sulit diminimasi

# Daftar Pustaka

- [SUYo8] Suyanto, 2008, Evolutionary Computation: Komputasi Berbasis “Evolusi” dan “Genetika”, penerbit Informatika Bandung.
- [STO95a] Storn, Rainer and Price, Kenneth (1995). Differential Evolution - a Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces. Technical Report TR-95-012, ICSI, March 1995.
- [WIKo7] Wikipedia, the free encyclopedia, 2007, “Differential Evolution”. Di-download pada bulan Desember 2007.