



IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

# IKI 30320: Sistem Cerdas

## Kuliah 6: Local Search

Ruli Manurung

Fakultas Ilmu Komputer  
Universitas Indonesia

19 September 2007



# Outline

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- 1 Local search
- 2 Hill-climbing search
- 3 Local maximum
- 4 Genetic algorithm
- 5 Ringkasan



# Outline

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- 1 Local search
- 2 Hill-climbing search
- 3 Local maximum
- 4 Genetic algorithm
- 5 Ringkasan



# Sebuah pendekatan yang berbeda...

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- Algoritma search yang telah kita pelajari: **sistematis**
  - Teoritis: seluruh *search space* ditelusuri
  - Kiat-kiat melakukan *pruning* → *heuristics*
- Bisa menyelesaikan masalah  $10^{100}$  state. Tetapi dalam kenyataan ada masalah dengan  $10^{10000}$  state, bahkan lebih!
- Perlu pendekatan yang berbeda: **local search**.



# Masalah yang bisa dipecahkan *local search*

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- Ada banyak masalah di mana solusinya adalah **konfigurasi goal state**. **Path**-nya tidak penting:
  - Contoh “mainan”:  $n$ -queens, mewarnai wilayah, ...
  - Contoh “betulan”: penjadwalan kereta, VLSI layout, ...
- Definisi masalah sedemikian sehingga *state space* = himpunan konfigurasi “**lengkap**”.
- Solusi:
  - Cari konfigurasi **optimal**, mis: travelling salesperson.
  - Cari konfigurasi yang memenuhi semua syarat (**constraint satisfaction**), mis:  $n$ -queens.



# Konsep dasar local search

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- Untuk masalah seperti ini, kita bisa melakukan algoritma *random search* berikut:
  - 1 Pilih secara *random* suatu state (berupa konfigurasi lengkap).
  - 2 Lakukan modifikasi terhadap *current state*.
  - 3 Ulangi langkah 2 sampai *goal* ditemukan (atau waktu habis).
- Yang dibutuhkan:
  - Menghasilkan *calon solusi* secara acak (tidak optimal)
  - Menilai “kebaikan” calon tersebut
  - Memodifikasi calon tersebut (*action* → pindah ke state lain)
  - Lakukan semua ini dengan **CEPAT**...



# Contoh: Travelling Salesperson Problem

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

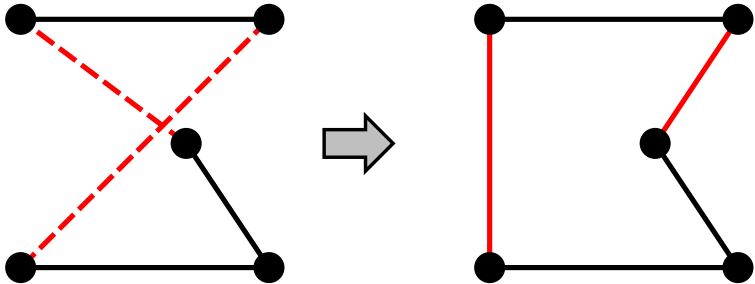
Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- **Tujuan:** cari rute yang mengunjungi tiap kota (node) tepat sekali
- **Mulai** dengan rute lengkap *random*, tukar pasangan secara acak.





# Contoh: $n$ -queens problem

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

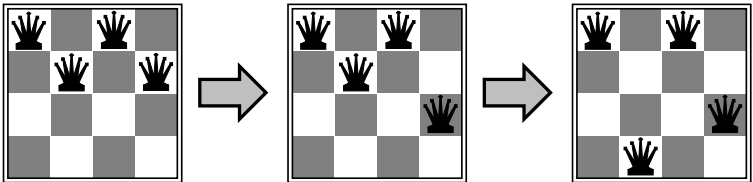
Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- **Tujuan:** pasang  $n$  menteri pada papan  $n \times n$  sehingga tidak ada yang “saling makan”.
- **Mulai** dengan  $n$  menteri secara acak (per kolom), pindahkan sebuah menteri untuk mengurangi “makan”.







# Outline

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- 1 Local search
- 2 Hill-climbing search
- 3 Local maximum
- 4 Genetic algorithm
- 5 Ringkasan



# Hill-climbing search

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

**function** HILL-CLIMBING (*problem*) **returns** *local maximum state*

*current*  $\rightarrow$  MAKENODE(INITIALSTATE[*problem*])

**loop do**

*neighbour*  $\rightarrow$  *successor* dari *current* dengan “nilai” terbaik

**if** NILAI[*neighbour*] < NILAI[*current*] **then return** STATE[*current*]

*current*  $\rightarrow$  *neighbour*

**end**

- NILAI sebuah node  $\rightarrow h(n)$  (heuristic function)
- Bayangkan seorang penderita **amnesia** mendaki gunung dengan kabut tebal ...
  - **State**: posisi koordinat (X,Y)
  - $h(n)$ : ketinggian pendaki
- Konsep penting: *state space* sebagai **landscape**.
- Disebut juga **greedy local search**



# Outline

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- 1 Local search
- 2 Hill-climbing search
- 3 Local maximum**
- 4 Genetic algorithm
- 5 Ringkasan



# Terperangkap di *local maximum*

IKI30320

Kuliah 6

19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

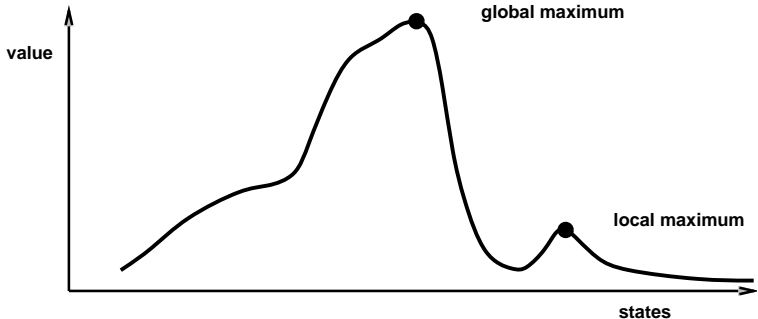
Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

Tergantung pilihan *initial state*, hill-climbing bisa terperangkap dalam *local maximum*.





# Masalah hill-climbing

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- *Local maximum*: tidak ada tetangga yang lebih baik, tetapi bukan solusi *optimal*.
- *Plateau* (dataran): semua tetangga sama baiknya
- Untuk *8-queens problem*, hill-climbing dari konfigurasi lengkap acak “*mentok*” 86%, sukses 14%. Rata-rata solusi 4 langkah (padahal ada  $8^8 \approx 17$  juta state!).
- Kalau kita perbolehkan “bergerak di dataran” (dibatasi 100 langkah), kans sukses naik jadi 94% (rata-rata solusi 21 langkah).



# Beberapa pendekatan alternatif

IKI30320

Kuliah 6

19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- **Stochastic hill-climbing**: dari semua kemungkinan tindakan yang arahnya naik, pilih salah satu secara acak (probabilitas berbanding lurus dengan “kebaikannya”).
- **Random-restart hill-climbing**: kalau mentok, ulangi dengan *initial state* yang baru.  
“If at first you don’t succeed, try and try again”
- **Simulated annealing**: Tentukan *neighbour* secara acak. Kalau lebih bagus, pilih. Kalau lebih jelek, pilih dengan probabilitas berbanding terbalik eksponensial dengan “kejelekannya”. Kurangi probabilitas seiring berjalannya waktu.
- **Local beam search**: Pilih  $k$  buah *initial state*. Pilih  $k$  buah *successor* terbaik.  
→ Berbeda dengan  $k$  kali *random-restart*: mengapa? Tidak independen!



# Outline

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- 1 Local search
- 2 Hill-climbing search
- 3 Local maximum
- 4 Genetic algorithm**
- 5 Ringkasan



# Genetic algorithm

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- Berangkat dari *stochastic local beam search*.
- **Algoritma genetika** = sejenis algoritma optimasi fungsi secara probabilistik: Simpanlah beberapa calon solusi (*population*). Lakukan “evolusi” secara bertahap dengan menerapkan operator *stochastic*.
- Terinspirasi dari proses evolusi biologis → *natural selection* dan *genetic inheritance* (Darwin 1859)
- Dikembangkan pertama kali oleh John Holland (1975)





# Algoritma

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- ① **Initialization:** Buat  $k$  buah calon solusi (*individual*) secara acak = *population*.
- ② **Evaluation:** Nilai setiap *individual* berdasarkan *fitness function*.
- ③ **Selection:** Pilih *individual* terbaik untuk “beranak”
- ④ **Reproduction:** Buat “generasi” *population* berikut dengan operasi *crossover* dan *mutation*.
- ⑤ Ulangi langkah 2-4 sampai berhenti.



# Kapan berhenti?

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- Solusi yang “mencukupi” ditemukan.
- Sudah menjalankan  $N$  buah generasi.
- Nilai *fitness function* tidak berubah lagi (plateau).
- Pengamatan secara manual.



# Operator genetik

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- **Mutation**: pilih sebuah calon solusi, modifikasi secara acak untuk menghasilkan calon solusi baru.
- **Crossover**: pilih dua (atau lebih) calon solusi, kombinasikan secara acak untuk menghasilkan calon solusi baru.



# Contoh: 8-queens problem

IKI30320

Kuliah 6

19 Sep 2007

Ruli Manurung

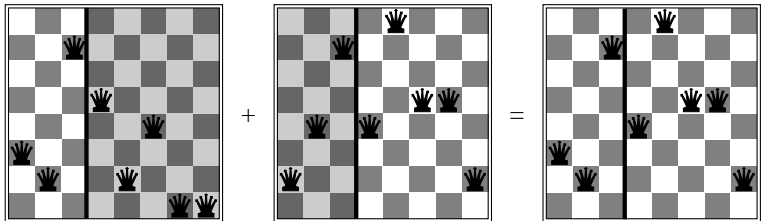
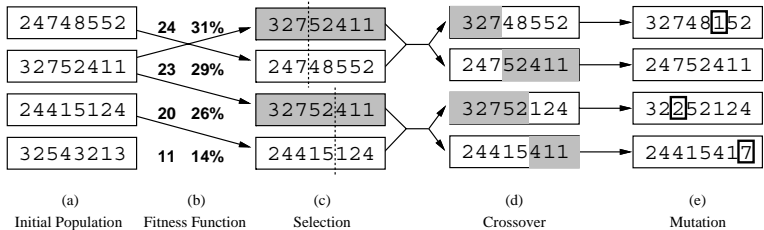
Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan





# Outline

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- 1 Local search
- 2 Hill-climbing search
- 3 Local maximum
- 4 Genetic algorithm
- 5 Ringkasan



# Ringkasan

IKI30320  
Kuliah 6  
19 Sep 2007

Ruli Manurung

Local search

Hill-climbing  
search

Local  
maximum

Genetic  
algorithm

Ringkasan

- Pada umumnya, local search tidak *complete*
- State = konfigurasi lengkap
- Analisis secara formal sulit dilakukan
- Dalam kenyataan, banyak dipakai: **efisien, efektif** (search space \*besar\*)!
- Masalah utama: menghindari ***local maximum*** secara *stochastic*