

Komputasi Sistem Kekebalan Tubuh

Denny Hermawanto

d_3_nny@yahoo.com

Lisensi Dokumen:

Copyright © 2003- 2006 IlmuKomputer.Com

*Seluruh dokumen di **IlmuKomputer.Com** dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarkan secara bebas untuk tujuan bukan komersial (nonprofit), dengan syarat tidak menghapus atau merubah atribut penulis dan pernyataan copyright yang disertakan dalam setiap dokumen. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang, kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari IlmuKomputer.Com.*

Pada saat sekarang ini banyak berkembang yang disebut sebagai *bio-inspired algorithm* yaitu algoritma komputasi yang diinspirasi oleh mekanisme alamiah makhluk hidup seperti misalnya neural network yang didasari oleh mekanisme jaringan syaraf, algoritma genetika yang didasari sistem evolusi, sistem koloni semut dan lainnya. Metode-metode tersebut telah dapat diaplikasikan secara luas untuk berbagai permasalahan teknik sampai ekonomi dan keuangan. Salah satu metode dalam bio-inspired algorithm yang baru berkembang adalah *artificial immune system* yaitu metode yang diinspirasi dari cara kerja sistem kekebalan tubuh pada mamalia (de Castro and Timmis, 2003). Metode ini telah diaplikasikan untuk pengenalan pola dan klasifikasi (Hunt and Cooke, 1996; Carter, 2000; de Castro and Timmis, 2002b), optimasi (Fukuda et. al., 1998; de Castro and Von Zuben, 2000a), analisa data (Timmis and Neal, 2001; de Castro and Von Zuben, 2000b), keamanan komputer (Kephart, 1994; Kim and Bentley, 1999; Hofmeyr and Forrest, 2000) dan robotika (Ishiguro et.al., 1997; Jun et. al., 1999).

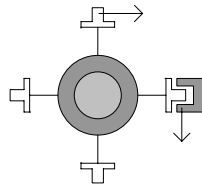
Tulisan ini akan memberikan sedikit pengenalan mengenai artificial immune system, dasar ilmu biologi mengenai sistem kekebalan tubuh dan pemodelan komputasinya.

BIOLOGI SISTEM KEKEBALAN TUBUH

Pada tubuh manusia sistim kekebalan berfungsi untuk mendeteksi masuknya benda asing atau *pathogen* ke dalam tubuh seperti virus, bakteri yang dapat mengganggu kestabilan tubuh. Sistim kekebalan tubuh tidak dapat mendeteksi secara langsung adanya *pathogen* yang masuk ke dalam tubuh, tetapi melalui bagian dari *pathogen* yang disebut dengan *antigen*. Jika terdeteksi adanya *pathogen*, sistim kekebalan tubuh bertugas untuk mengeleminasinya dari tubuh. Agar proses eliminasi *pathogen* berlangsung dengan baik dan benar, sistim kekebalan tubuh harus mampu untuk membedakan antara *antigen* pada *pathogen* yang selanjutnya disebut dengan *nonself-antigen* dengan *antigen* sel-sel tubuh yang disebut dengan *self-antigen*.

Sel-sel kekebalan tubuh yang fungsinya khusus mendeteksi adanya *pathogen* adalah *lymphocytes*. Ada dua tipe *lymphocytes* yaitu *B-cells* dan *T-cells*. Kedua tipe *lymphocytes* mempunyai molekul pada permukaan sel-nya, yang disebut sebagai *receptor*, yang berfungsi untuk mengikat molekul *antigen* dari *pathogen*. *Receptor* dari *T-cells* disebut dengan TCR sedangkan *receptor* *B-cell* disebut dengan BCR atau biasa dikenal dengan antibodi.

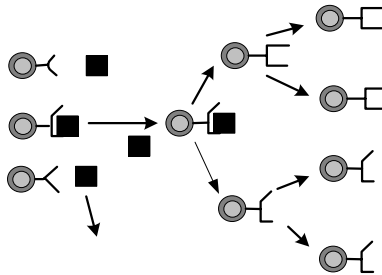
Proses deteksi *pathogen* oleh *B-cells* dan *T-cells* menggunakan prinsip komplemen struktur bentuk (lihat Gambar. 1).



Gambar 1. Proses deteksi antigen oleh receptor

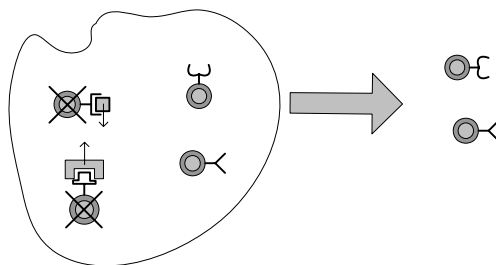
Agar *receptor* mampu mengikat antigen maka *receptor* harus mempunyai struktur bentuk yang berkomplemen terhadap struktur *antigen*. Untuk menyatakan kekuatan ikatan antara *antigen* dengan *receptor* digunakan istilah *affinity*. Semakin besar nilai *affinity* menunjukkan semakin kuatnya ikatan antara *antigen* dan *receptor*, demikian pula sebaliknya jika nilai *affinity* kecil menunjukkan ikatan *receptor* dengan *antigen* yang lemah. Melalui proses yang dinamakan *affinity maturation*, *receptor* melakukan adaptasi terhadap bentuk struktur antigen dengan cara mengikat struktur *antigen-antigen* yang telah dikenali tubuh. Dari banyak sel-sel *lymphocytes* hanya *lymphocytes* yang receptornya mampu mengikat *antigen* saja yang dipertahankan tetap hidup sedangkan yang tidak mampu mengikat antigen akan mati. Jika ada sel *lymphocytes* yang dapat mengikat *antigen* maka sel ini akan diperbanyak dengan cara *mitosis*. Karena adanya mutasi sel-sel hasil perbanyakan tidak semuanya sama persis dengan sel induk tetapi akan ada sedikit perbedaan dalam struktur bentuk

receptor. Keseluruhan proses *affinity maturation* dan perbanyakan sel ini disebut dengan *clonal selection* (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Proses clonal selection

Selain bertugas untuk mendeteksi pathogen, sel lymphocytes juga harus bisa membedakan *self-antigen* dengan *nonself-antigen*. Metode yang digunakan berlawanan dengan *clonal selection* yaitu dengan melatihkan lymphocytes untuk mengikat self-antigen. Jika struktur lymphocytes berkomplemen atau dapat mengikat self-antigen maka lymphocytes tersebut akan dimatikan sedangkan lymphocytes yang tidak dapat mengikat self-antigen akan tetap dipertahankan hidup. Dengan kata lain jika affinity dibawah suatu nilai ambang ikatan maka lymphocytes tetap dipertahankan hidup sedangkan jika nilai affinity diatas batas ikatan maka lymphocytes tersebut akan dimatikan. Proses ini disebut dengan *negative selection* dan nama organ tempat terjadinya proses negative selection adalah *thymus* (lihat Gambar 3). Lymphocytes yang tetap hidup selanjutnya disebut sebagai *detector* akan masuk dalam aliran darah dan bersirkulasi ke seluruh tubuh untuk mendeteksi adanya nonself-antigen yang masuk tubuh.



Gambar 3. Proses *negative selection* dalam *thymus*

PEMODELAN KOMPUTASI SISTEM KEKEBALAN TUBUH

Dari sudut pandang komputasi, *antigen* dan *receptor* dapat direpresentasikan sebagai suatu vektor U , $U = \{u_1, u_2, \dots, u_L\}$, dengan parameter L adalah panjang vektor. *Affinity* antara *antigen* dan *receptor*

tahap proliferasi

Sel dengan
te

Selection

Nonself antigen

direpresentasikan sebagai jarak antara dua vektor. Perhitungan jarak yang dipakai disesuaikan dengan representasi *antigen* yang digunakan. Jika *antigen* direpresentasikan dalam bilangan real sebagai $\mathbf{Ag}=\{ag_1, ag_2, \dots, ag_L\}$ dan *receptor* direpresentasikan sebagai $\mathbf{Ab}=\{ab_1, ab_2, \dots, ab_L\}$. Jika affinity disimbolkan sebagai \mathbf{D} maka untuk menghitung affinity dapat digunakan persamaan *Euclidean distance* (Persamaan 1) atau *Manhattan distance* (Persamaan 2).

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^L (ab_i - ag_i)^2} \quad (1)$$

$$D = \sqrt{|ab_i - ag_i|} \quad (2)$$

Jika representasi antigen dan receptor adalah bilangan biner maka perhitungan *affinity* menggunakan metode *r-contiguous matching rule*. *Affinity* dihitung berdasarkan jumlah komponen vektor yang identik secara berurutan. Misal dua vektor biner \mathbf{Ag} dan \mathbf{Ab} yang komponennya ditunjukkan pada Gambar 4, *affinity* antara \mathbf{Ag} dan \mathbf{Ab} jika dihitung menggunakan metode *r-contiguous matching rule* adalah sebesar 3.



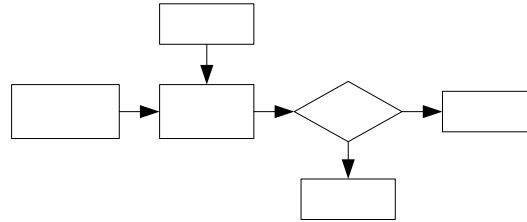
Gambar 4. Perhitungan *affinity* menggunakan metode *r-contiguous matching rule*

ALGORITMA NEGATIVE SELECTION

Mekanisme *negative selection* direpresentasikan sebagai proses pembangkitan *detector* yang dipergunakan untuk mendeteksi pola *nonself-antigen*. Misalkan terdapat pola *self* (\mathbf{P}), melalui proses *negative selection* akan dihasilkan *detector* (\mathbf{M}) yang bertugas untuk mengidentifikasi pola *nonself*.

Langkah-langkah dalam algoritma *negative selection* adalah sebagai berikut (lihat Gambar 5):

1. Bangkitkan kandidat *detector* (\mathbf{C}) secara acak dengan cara representasi yang sama dengan pola *self-antigen*, maksudnya jika komponen dalam pola *self-antigen* direpresentasikan menggunakan bilangan integer maka bilangan acak yang dibangkitkan juga dalam bentuk bilangan integer.
2. Hitung *affinity* (\mathbf{D}) antara pola *self-antigen* \mathbf{P} dengan pola kandidat \mathbf{C} , jika nilai *affinity* lebih besar dari suatu nilai *affinity threshold* (\mathbf{R}) maka hapus pola kandidat dan jika kurang dari *affinity threshold* maka simpan pola kandidat ini sebagai pola *detector* \mathbf{M} .



Gambar 5. Flowchart algoritma *negative selection*

Self (**P**)

DAFTAR PUSTAKA:

- de Castro LN, Timmis J** (2003) Artificial immune system as a novel soft computing paradigm, *Soft Computing* 7, Springer-Verlag, pp. 526-544
- Hunt JE, Cooke DE** (1996) Learning using artificial immune system, *J Network Comp. Application* 19: 189-212
- Carter JH** (2000) The immune system as a model for pattern recognition and classification, *J Amer Medical Informatics Assoc.* 7(1)
- de Castro LN, Timmis J** (2002b) Artificial immune system: a novel paradigm for pattern recognition. In: *Artificial Neural Networks in Pattern Recognition*, Alonso L, Corchado J, Fyfe C (eds), pp. 67-84. University of Paisley
- Fukuda T, Mori K, Tsukusiama M** (1998) Parallel search for multimodal function optimization with diversity and learning of immune algorithm. In: *Artificial Immune Systems and Their Applications*, Dasgupta D (ed), Springer-Verlag, pp.210-220
- de Castro LN, Von Zuben FJ** (2000a) The clonal selection algorithm with engineering applications, *Proc of GECCO'00, Workshop Proceedings*, pp. 36-37
- Timmis J, Neal M** (2001) A resource limited artificial immune system for data analysis. *Knowledge Based Systems* 14(3-4): 121-130
- de Castro LN, Von Zuben FJ** (2000b) An evolutionary immune network for data clustering, *Proc of the IEEE Brazilian Symposium on Neural networks*, pp.84-89
- Keephart JO** (1994) A biologically inspired immune system for computers. In: *Artificial Life IV Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living System*, Brook RA, Maes P (eds) MIT Press, pp.130-139
- Kim J, Bentley P** (1999) The human immune system and network intrusion detection, *Proc of the EUFIT'99, CDROM*
- Hofmeyr SA** (2000) An interpretative introduction to the immune system. In: *Design Principles for the Immune System and Other Distributed Autonomous Systems*, Cohen I, Segel LA (eds), Oxford University Press

Pembangkitan
kandidat (**C**)

Hitung
affinity (**D**)

- Forrest S, Perelson A, Allen L, Cherukuri R** (1994) Self-nonsel self discrimination in a computer, Proc of the IEEE Symposium on Research in Security and Privacy, 202-212
- Forrest S, Javornik B, Smith RE, Perelson AS** (1993) Using genetic algorithms to explore pattern recognition in the immune system, *Evolut Comput* 1(3): 191-211
- Forrest S, Perelson A** (1992) Computation and the immune system, *SIGBIO Newsletter*, Association for Computing Machinery 12(2): 52-57
- Ishiguro A, Watanabe Y, Kondo T** (1997) A robot with a decentralized consensus making mechanism based on the immune system, *Proc of CEC'99*, 2: 1237-1244
- Jun J-H, Lee D-W, Sim K-B** (1999) Realization of cooperative and swarm behaviour in distributed autonomous robotic systems, *Proc of the IEEE SMC'99* 4: 614-619



Denny Hermawanto. Lahir di Kediri, 23 Desember 1980. Lulus dari SMU Negeri 2 Kediri tahun 1998. Melanjutkan ke Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS-ITS) dan lulus 2001. Setelah lulus D3 kemudian melanjutkan studi S1 di Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) mengambil bidang minat teknik sistem komputer dan lulus pada tahun 2004. Setelah lulus S1 kemudian mendaftarkan diri jadi PNS di instansi LIPI. Dan terhitung mulai bulan Februari 2005 mengabdikan diri pada Laboratorium Metrologi Akustik dan Getaran, Pusat Penelitian Kalibrasi Instrumentasi Metrologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (KIM-LIPI).

Riset yang sedang didalami adalah mengenai pengukuran akustik dan komputasinya. Aktif di komunitas soft-computing Indonesia (sc-ina@yahoogroups.com).

Alamat Kontak:

URL: http://www.geocities.com/d_3_nny/

Email: d_3_nny@yahoo.com ; hermawanto.denny@yahoo.com

YM: d_3_nny