

Perkiraan Wujud Komputer Cerdas Masa Depan Melalui Penerapan Kecerdasan Buatan

The Houw Liong
Departemen Fisika, FMIPA, ITB
Jl. Ganesa 10 Bandung 40132
E-mail : the@fi.itb.ac.id

Abstrak

Perkembangan kecerdasan buatan atau inteligensi artifisial (IA) memberi arah bahwa supaya komputer masa depan yang dijalankan dengan program IA mampu menirukan kemampuan otak manusia seperti menalar, mengenali pola, melakukan generalisasi, swatata (selforganized), memori asosiatif, dll. Untuk mencapai tujuan itu ilmuwan meneliti cara kerja otak dan arsitektur otak manusia.

Berdasarkan hasil penelitian itu dibangun model matematik neuron serta susunan neuron (arsitekturnya) yang dapat melakukan fungsi pengenalan pola, generalisasi, memori asosiatif, swatata, dll. Fungsi otak itu dapat disimulasikan dan dikenal sebagai Jaringan Neural Artifisial (JNA) atau Jaringan Sel Saraf Tiruan (JST).

Selain itu dapat juga dibangun perangkat keras yang disebut neural chip yang menirukan fungsi neuron dan dapat disusun menjadi neural card yang dapat dipasang dalam komputer sehingga berlaku sebagai ko-prosesor untuk menangani masalah IA.

Proses penalaran dapat ditiru dengan membangun motor inferensi (search engine) serta basis kaidah atau kaidah samar yang dapat mencari solusi suatu permasalahan melalui penerapan kaidah dan proses pencarian solusi. Perkembangan selanjutnya menyatakan bahwa kaidah dapat dipetakan ke jaringan neural.

Perkembangan itu memungkinkan terbentuknya komputer yang berlandaskan jaringan neural. Untuk dapat menirukan otak manusia diperkirakan diperlukan jumlah neuron yang sangat banyak yaitu sekitar 10^{11} dan jumlah sinapsis sekitar 10^{15} sehingga teknologi mikroprosesor yang sekarang belum mampu melaksanakannya, diperkirakan kita harus beralih ke teknologi fotonik dan komputer optik untuk melaksanakannya.

Perkembangan lain yang menarik perhatian ilmuwan ialah berkembangnya komputer kuantum yang diperkirakan mempunyai kemampuan lebih besar dalam mensimulasikan proses alam dan dalam komputer kuantum. Logika samar yang biasa dipakai oleh manusia dapat diproses secara alamiah karena qubit (quantum bit) dapat disuperposisikan untuk merepresentasikan keadaan samar atau pernyataan samar.

Kata kunci: inteligensi artifisial, JNA, JSST, logika samar, neuron, fotonik, komputer optik, komputer kuantum, qubit

Abstract

The development of Artificial Intelligence shows that the future computer should be able to imitate the abilities of human brain such as to make logical inferences, pattern recognition, generalization, selforganize, associative memory, etc. To realize such abilities scientists are studying the mechanism and architecture of the brain.

Based on this knowledge they build mathematical model of neurons and their architectures, so that they are able to imitate pattern recognition, generalization, self organized, etc. The brain function can be simulated and it is known as Artificial Neural Networks (ANN).

Besides software, scientists can build neural chips and neural cards that can be plug on computers to function as coprocessors to solve problems that needs intelligent solutions.

Logical inferences can be imitated by building inference engine and knowledge based or fuzzy rules based. Further development indicates that these can be map into ANN.

The development makes it possible to build computers based on ANN. To imitate human brain it needs 10^{11} neurodes (artificial neurons) and 10^{15} synapses, and to realize it we needs to develop photonics and optical computers.

The other development is the development of quantum computers which have greater abilities to simulate natures. Fuzzy logic which is used by a human being can be processed naturally by quantum bits (qubits) which can be superposed to represent fuzzy states or fuzzy statements.

Keywords : artificial intelligence, ANN, fuzzy logic, neuron, photonic, optical computer, quantum computer, qubit

1. Pendahuluan

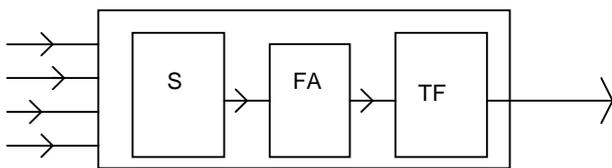
Manusia mampu berpikir, menalar, mengenali pola suara, huruf tulis, dst. karena didukung oleh jumlah neuron yang banyaknya sekitar 10^{11} dan jumlah sinapsis sekitar 10^{15} serta arsitekturnya yang sangat rumit. Kemampuan terbatas, misalnya mengenali huruf tulis dapat disimulasikan dengan memakai komputer saat ini melalui pengembangan model matematik Jaringan

Neural Artifisial (JNA) atau dapat pula dibangun perangkat kerasnya dengan menggunakan teknologi MOS menjadi *neural chip*. Pada masa depan arsitektur otak manusia tiruan ini harus diwujudkan dengan teknologi fotonik/komputer optik.

2. Jaringan Neural Artifisial

Neuron yang sebenarnya seperti yang terdapat dalam benak manusia dan hewan merupakan peranti yang

sangat rumit dengan berbagai bagian, subsistem dan mekanisme kendali. Neuron-neuron ini saling berhubungan dengan memakai berbagai jaringan elektrokimiawi sehingga dapat saling berkomunikasi. Peneliti belum dapat mengerti dengan baik bagaimana neuron itu bekerja, apalagi membuat tiruannya. Jaringan Neural Artificiial belum dapat dinyatakan sebagai model jaringan neural biologis, tetapi jaringan neural artifiisial ini merupakan model yang mengambil berbagai aspek dari jaringan neural biologis yang diperkirakan mempunyai kemampuan intelegensi yang cukup menarik. Salah satu fungsi dari model ialah mereduksi jumlah parameter sistem sehingga kita dapat mengerti dengan baik secara analitis dan komputasi. Neuron artifiisial¹⁾ dapat digambarkan sbb :



Gambar 1. Neuron artifiisial. S menyatakan penjumlahan dengan bobot tertentu. FA= F_A menyatakan Fungsi Aktivasi dan TF= F_T menyatakan Fungsi Transfer.

Kita baca gambar tsb. mulai dari sebelah kiri. Di sini terlihat ada empat garis masukan, sebenarnya jumlah masukan mungkin saja N (suatu bilangan bulat yang besarnya sama dengan satu atau lebih besar daripada satu). Kemudian neuron akan melakukan penjumlahan dengan pembobotan tertentu ini diberi tanda S . Masukan total ini akan diubah oleh fungsi aktivasi menjadi harga aktivasi.

Akhirnya harga aktivasi ini akan diubah oleh fungsi transfer menjadi keluaran dari neuron artifiisial tsb. Keluaran ini akan menjadi masukan bagi neuron yang lain, dst. Fungsi transfernya dapat bermacam-macam, misalnya fungsi linear, fungsi tangga atau sigmoid. Selanjutnya kita akan memakai fungsi transfer sigmoid, karena ternyata fungsi ini menghasilkan sesuatu yang menarik dan menguntungkan.

Dalam model jaringan neural artifiisial, kelompok neuron tersusun dalam suatu satuan struktural yang dikenal sebagai lapisan neuron. Suatu jaringan dapat terdiri dari satu lapisan, beberapa lapisan atau banyak lapisan.

Model yang akan dibahas dalam makalah ini terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran. Masukan dari luar masuk ke neuron pada lapisan masukan. Keluaran neuron dari lapisan ini akan masuk ke neuron pada lapisan tersembunyi dan keluaran dari neuron lapisan tersembunyi akan masuk ke neuron pada lapisan keluaran. Lapisan yang terhubung seperti ini membentuk suatu jaringan neural artifiisial.

Masukan pada jaringan neural ini dapat berupa gambar, simbol atau angka, tetapi kita selalu dapat mengalihkannya menjadi sekumpulan angka yang kita sebut vektor masukan. Keluaran dari jaringan neural akan

berupa vektor pula, tetapi vektor ini dapat kita kembalikan menjadi gambar, simbol, atau angka.

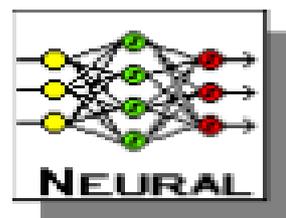
Kuatnya hubungan antara neuron dinyatakan oleh W_{ij} yang disebut bobot antara neuron ke i dan neuron ke j . Untuk suatu neuron selalu terdapat vektor bobot W_i yang berkaitan dengannya

Jadi neuron bekerja dengan masukan dan keluaran numerik¹⁻⁵⁾. Masukan ini diolah oleh neuron ke i dengan melakukan perkalian skalar antara vektor masukan dengan vektor bobot menjadi A_{pi} . Pilih fungsi aktivasi $F_A(A_{pi}) = A_{pi}$, maka harga aktivasi = A_{pi} , kemudian diubah lagi oleh fungsi transfer menjadi keluaran dari neuron itu.

Jika masukannya berbentuk gambar maka setiap neuron masukan menerima suatu angka yang bersesuaian dengan intensitas piksel tertentu. Jadi gambar bersesuaian dengan sekumpulan angka yang kita sebut vektor. Demikian juga simbol dapat kita petakan menjadi sekumpulan angka. Sedangkan pada keluaran kita melakukan pengalihan sebaliknya.

Jaringan neural ini dapat belajar melalui contoh yang diberikan melalui perubahan pembobotan yang menghubungkan antar neuron tsb. Dalam contoh belajar, kita mempunyai pola keluaran vektor P . Jika keluaran dari jaringan neural ialah O , maka galat (*error*) antara P dan O dibuat minimum dengan teknik selisih kuadrat terkecil melalui pengaturan pembobotan.

Sebagai contoh dapat diambil arsitektur 3 lapis dengan umpan maju dan galatnya dijajarkan balik. Misal kita mempunyai N masukan yang harus "dipelajari". Vektor masukannya ialah I_p , dan vektor sasaran ialah P_p . Indeks p bergerak dari 1 sampai dengan N .



Gambar 2 Arsitektur JNA tiga lapis.

Keluaran neuron ke i kita beri simbol O_i dan aktivasinya A_i . Jika fungsi transfernya $TF=F_T$ maka $O_i = F_T(A_i)$. Secara matematis galatnya dapat ditulis sbb.:

$$E_{pi} = (P_{pi} - O_{pi})^2/2$$

Galat total untuk pola ke p ialah

$$E_p = n_i E_{pi}$$

Galat total untuk semua pola ialah

$$E = n_p E_p = n_{pi} E_{pi}$$

Dalam tehnik propagasi balik perubahan pembobotan dihitung sbb. ini. E harus dibuat minimum dengan mengubah pembobotan W_{ij} . Perubahan W_{ij}

$$\Delta_p W_{ij} = -\zeta (dE_{pi} / dW_{ij})$$

dengan ζ tetapan belajar.

Dengan mengambil fungsi aktivasi sama dengan satu, maka harga aktivasi A_{pi} dapat ditulis sbb.:

$$A_{pi} = \eta_j W_{ij} O_{ij}$$

Definisikan $\delta_{pi} = -dE_{pi} / dA_{pi}$, maka

$$\Delta_p W_{ij} = \zeta \delta_{pi} O_{pj}$$

Dengan mengingat definisi fungsi transfer, kita dapat menuliskan

$$O_{pi} = F_T(A_{pi})$$

sehingga

$$\delta_{pi} = -(dE_{pi} / dO_{pi}) F'_T(A_{pi})$$

Jika neuron tsb. terdapat pada lapisan keluaran, maka

$$\delta_{pi} = (P_{pi} - O_{pi}) F'_T(A_{pi})$$

Jika neuron terdapat pada lapisan tersembunyi maka kita gunakan dalil rantai untuk diferensiasi satu kali lagi, sehingga

$$\delta_{pi} = F'_T(A_{pi}) \eta_k \delta_{pk} W_{ki}$$

Jadi

$$\Delta_p W_{ij} = \zeta \delta_{pi} O_{pj}$$

dapat dihitung.

Dengan cara ini, galat akan dijalkan balik selama proses belajar berlangsung dengan memperbaiki pembobotan menurut rumus yang tertulis di atas.

Perkembangan yang penting dalam bidang ini dilakukan oleh Hopfield yang melihat analogi antara sistem JNA dengan sistem spin dalam medan magnetik yang dikenal juga sebagai *spin-glass*, sehingga ia dapat menerapkan metoda mekanika statistik untuk menganalisis sistem neuron dan mengukuhkan bidang ini sebagai *hard science*.

Secara perangkat keras neuron digantikan oleh *operational amplifier* dan bobot digantikan oleh resistor yang dapat diubah besarnya dengan menggunakan medan listrik (*field effect resistor*) atau suatu dapat digunakan teknologi MOS untuk membentuk susunan *neural chip* yang dapat berfungsi seperti itu. Di negara maju sudah dibuat *neural card* yang berfungsi sebagai koprocesor mendampingi prosesor komputer yang kita kenal sehingga komputer hibrid ini mempunyai kemampuan yang lebih manusiawi dari komputer biasa. Dengan cara tsb. beberapa fungsi sederhana seperti pengenalan pola, mengenali suara dan kemampuan generalisasi dapat ditiru. Dalam perkembangan JNA dibangun pula kemampuan lain seperti swatata, kemampuan klasifikasi secara otomatis, kemampuan belajar tanpa guru seperti yang dikembangkan oleh Kohonen²⁾ dan JNA ART (*adaptive resonance*)^{3,4)}.

Selain JNA bidang lain yang berkembang sangat pesat adalah logika samar. Bidang ini berkembang sangat pesat terutama dalam bidang kontrol samar (*fuzzy control*). Jepang telah membuktikan keampuhannya dengan menunjukan penerapannya untuk mengontrol mesin cuci, kulkas, kereta bawah tanah, dll. Dalam bidang komputasi kaidah samar ini dapat dipetakan ke dalam

sistem JNA, sehingga biasanya orang mengenalnya sebagai bidang neurofuzzy yang terbukti sangat ampuh untuk meneruskan deret waktu ke depan sehingga banyak orang memakainya sebagai alat prediksi cuaca/iklim^{6,7)}. Secara perangkat keras dapat dibangun fuzzy chip yang menirukan sistem samar ini.

3. Komputer Masa Depan

Sebenarnya susunan sel saraf dalam otak jauh lebih rumit dari JNA yang telah diuraikan di atas. Sekelompok neuron berlaku sebagai neuron sensori yang menerima sinyal dari sensor, kemudian meneruskannya ke kelompok neuron lain mengolah sinyal yang diterimanya dan melanjutkan prosesnya ke kelompok neuron lain dst. dan akhirnya akan meneruskannya ke kelompok neuron motorik yang dapat meneruskan sinyal ke otot pengerak menjadi suatu tindakan.

Untuk dapat menirukan sistem seperti itu secara perangkat lunak diperlukan komputer dengan pemroses paralel atau membangun komputer dengan arsitektur JSST seperti yang terdapat dalam otak. Menurut perkiraan para ahli teknologi mikroelektronik yang sekarang tidak akan mampu menirukan fungsi otak yang memerlukan sekitar 10^{11} neurod (neuron artifisial) dengan sekitar 10^{15} sinapsis. Untuk menirukan sistem yang demikaian kompleks orang harus beralih ke nanoteknologi serta teknologi fotonik⁵⁾ sehingga komputer masa depan beralih ke komputer optik atau optoelektronik. Penelitian ke arah tsb. sudah dilakukan oleh negara maju terutama di Amerika Serikat dan Jepang seperti yang diungkapkan oleh laporan di bawah ini⁹⁾.

The thin films being developed by NASA are composed of organic molecules, which often are more sensitive than inorganics to changes in light intensity. Organics can perform a large number of functions such as switching, signal processing and frequency doubling, all while using less power than inorganic materials. While silicon and other inorganics are often used in electronic computer hardware, the all-optical computers of the future will probably use mostly organic parts. Frazier sees a gradual hybridization in which computers using both organic and inorganic parts make use of photons and electrons. These hybrid devices will eventually lead to all-optical computer systems.

"In the optical computer of the future," says Frazier, "electronic circuits and wires will be replaced by a few optical fibers and films, making the systems more efficient with no interference, more cost effective, lighter and more compact."

Smaller, more compact computers are often faster because computation time depends on shorter connections between components. In the search for speed, computer chips have grown ever smaller: it is estimated that the number of transistor switches that can be put onto a chip doubles every 18 months. It is now possible to fit 300 million transistors on a single silicon chip, and some scientists have predicted that in the next few decades computer technology will have reached the atomic level.

Di masa depan tentu komputer seperti itu akan tersambung dengan sensor dan aktuator atau dibangun sebagai robot yang manusiawi. Robot tsb. dapat berkomunikasi, berpikir dan berperilaku seperti manusia.

Perkembangan lain yang menarik ialah dalam komputasi kuantum⁸⁾. Di sini orang memperkenalkan qubit sebagai pengganti bit. “Nol” direpresentasikan oleh keadaan kuantum $|0\rangle$ dan “Satu” oleh keadaan kuantum $|1\rangle$. Dalam komputer kuantum kita dapat menyatakan keadaan samar $|p\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle$ dan keadaan ini jika dikenakan operator not (\sim) menjadi $a|1\rangle + b|0\rangle$. Dalam kasus $a=b$, maka $\sim|p\rangle = |p\rangle$ yang menyatakan kontradiksi yang diizinkan dalam logika samar. Dalam logika tegas hal ini tidak diizinkan. Jadi komputasi kuantum secara wajar dapat mengolah logika samar. Komputer kuantum yang dibangun memakai sistem spin dalam medan magnetik, keadaan spin inilah yang menyatakan qubit dan perubahan keadaan dapat dilakukan dengan pulsa gelombang radio seperti pada NMR. Sistem seperti ini sedang dikembangkan di MIT⁸⁾. Gershenfeld dan Chuang dengan memakai sistem 2-spin dari molekul khloroform (CHCl_3) berhasil membentuk *controlled-not logic gate* yang bersama dengan rotasi satu spin akan merupakan *gate* universal, karena dari *gate* ini dapat dibangun operasi logis yang lain. Hal ini membuktikan bahwa bidang ini mungkin sekali akan menjadi sangat penting di masa depan.

Ucapan Terima Kasih

Pengembangan dan penelitian ini dibiayai oleh projek QUE 2001/2002 di Departemen Fisika. Pekerjaan ini memungkinkan mahasiswa mengambil tugas akhir dengan topik yang berkaitan dengan bidang ini.

Daftar Pustaka

1. Jang, *et al.*, *Neuro-Fuzzy and Soft computing*, Prentice Hall, 1998.
2. T. Kohonen, *The "Neural" Phonetic Typewriter*, Computer, Mar. 1988.
3. J.A. Feldman, *et. al.*, *Computing with Structured Neural Networks*, Computer, Mar. 1988.
4. R.C. Eberhart, R.W. Dobbins, *Neural Network PC Tools*, Academic Press, 1990.
5. B. Kosko, *Neural Networks For Signal Processing*. Prentice Hall Int., 1992.
6. Zadrach L. Dupe, The Houw Liong, *Prediction Nino 3.4 using Simple Harmonic Model*, International Conf. For Science and Technology Assesment of Global Climate Change, Jakarta, 1999.
7. Zadrach L. Dupe, The Houw Liong, *El Nino/ La Nina Forcasting Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*, (submitted to a seminar in Beijing, 2001).
8. N.Gershenfeld, I.L. Chuang, *Quantum Computing with Molecules*, Sc. American, June, 1988
9. H. Abdeldayem, *et al.*, *Recent Advances in Photonic Devices for Optical Computing*, Space Sciences Lab, Huntsville, Al 35812.