

PERAN SOFT COMPUTING DI BIDANG TEKNIK SISTEM TENAGA LISTRIK

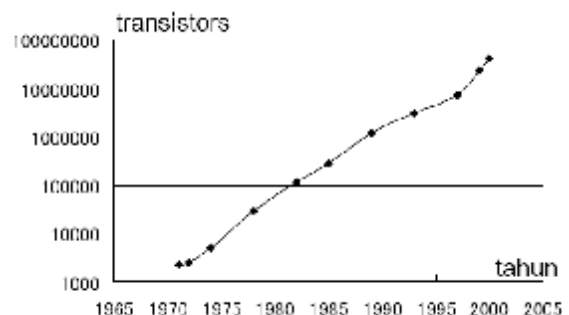
M. Rodhi Faiz

Abstrak: Akhir-akhir ini pemerintah disibukkan dengan permasalahan krisis energi terutama energi listrik. Terlepas dari kendala politik dan ekonomi, memang sangatlah rumit membangun sebuah sistem kelistrikan yang andal. Untuk dapat bersaing selain keandalan dituntut juga suatu sistem kelistrikan yang efisien baik dalam perencanaan, kendali, operasi maupun dalam manajemennya. Dalam sistem tenaga listrik banyak permasalahan yang bersifat uncertainty / acak / stochastic yang tidak dapat dimodelkan matematis dalam penyelesaiannya. Pada sistem tenaga listrik modern, haruslah dilengkapi dengan Decision-making Support System yang mampu secara real time untuk memprediksi, mendiagnosis, mengoptimasi, bahkan memplaning agar tercipta suatu sistem yang andal dan efisien. Pada artikel ini akan diberikan gambaran secara umum suatu metode yang dapat mengolah data-data yang bersifat tidak pasti, impresisi dan dapat diimplementasikan dengan biaya yang murah (low-cost solution). Metode tersebut adalah softcomputing. Beberapa metode yang termasuk dalam kategori softcomputing misalnya fuzzy logic, artificial neural network, probabilistic reasoning. Softcomputing bukanlah suatu metode yang berjalan sendiri dalam menyelesaikan masalah, melainkan lebih pada kerjasama serasi antara metode-metode di atas, sehingga segi positif tiap metode dapat berkontribusi secara aktif.

Kata Kunci: softcomputing, ketakpastian, low-cost solution, fuzzy, artificial neural network, probabilistic reasoning

Komputer merupakan alat yang mungkin tidak dapat lagi kita lepaskan dari kehidupan sehari-hari terutama di bidang industri manufaktur, industri berat, sistem transportasi, perbankan, entertainment, juga dibidang pendidikan. Di masa lampau, komputer selalu diasosiasikan dengan barang yang mahal, super canggih dan dapat menghitung lebih cepat daripada kemampuan manusia. Tapi saat ini ungkapan tersebut sudah banyak mengalami perubahan. Bila disebutkan "komputer", maka yang terbayang saat ini adalah sebuah piranti canggih yang bila dikoneksikan dengan internet, akan membuat sang pengguna dapat berjalan-jalan di dunia virtual yang kaya dengan informasi audio maupun visual. Fenomena ini me-

nunjukkan perubahan fungsi komputer dari sekedar "alat hitung" menjadi sebuah piranti yang lebih "manusiawi". Hal ini merupakan buah yang dipetik dari pesatnya perkembangan teknologi hardware maupun software computer.



Gambar 1. Perkembangan jumlah transistor pada IC dari tahun ke tahun yang menunjukkan kesesuaian dengan Moore's law.

Pada tahun 1965, Gordon Moore telah memberikan prediksi bahwa jumlah transistor pada IC akan selalu berlipat dua setiap 18 bulan. Dengan kata lain, tiap 18 bulan kemampuan komputer akan menjadi duakali lebih cepat. Korelasi ini ditunjukkan pada gambar 1. Ramalan ini secara ajaib masih berlaku hingga saat ini, setidaknya dalam dua dekade terakhir.

Melihat perkembangan pesat dari komputer ini, seringkali timbul pikiran bahwa pada suatu masa, komputer dapat mengatasi berbagai permasalahan. Semua masalah dalam hidup dapat dirumuskan dan dikalkulasikan.

Kalau kita cermati, tidak semua masalah yang kita hadapi dapat dibuat rumusan yang pasti dan eksak. Memang benar, bahwa komputer dapat menghitung secara akurat persamaan differensial, perkalian matriks, perhitungan eigen value secara cepat dan akurat. Akan tetapi terdapat juga masalah dalam kehidupan sehari-hari yang tidak dapat dibuat rumus matematika yang jelas untuk menghitung output yang diinginkan.

Solusi untuk permasalahan jenis kedua ini tidak dapat dirumuskan dengan mudah. Banyak sekali faktor-faktor terlibat, yang mengandung kerancuan, ketidakpastian, kebenaran parsial, dsb. Dalam hal ini, solusi yang diharapkan lebih menitikberatkan pada hal-hal sbb.

- memiliki kemampuan untuk mempelajari trend yang telah ada, dan memprediksi keadaan di masa yang akan datang. (*learning ability*)
- kemampuan menganalisa informasi yang disertai oleh noise.
- robust, sangat unggul
- low cost solution

[Type text]

- praktis dan mudah direalisasikan
Salah satu alternatif solusi yang memenuhi kriteria ini adalah softcomputing

Definisi Softcomputing

Berbagai macam definisi softcomputing diberikan oleh para ahli. Salah satu definisinya adalah sebagaimana disampaikan oleh pencetus softcomputing, yaitu Prof. Lotfi A. Zadeh, di homepage BISC, sbb.

“Berbeda dengan pendekatan konvensional hardcomputing, softcomputing dapat bekerja dengan baik walaupun terdapat ketidakpastian, ketidakakuratan maupun kebenaran parsial pada data yang diolah. Hal inilah yang melatarbelakangi fenomena dimana kebanyakan metode softcomputing mengambil human-mind sebagai model.”

Otak manusia merupakan mesin molekuler, yang terdiri dari dua jenis sel: neuron dan glia. Dalam otak kita terdapat sekitar 1011 sel neuron, sedangkan sel glia sekitar 3 sampai 4 kali lipatnya. Sel neuron berfungsi sebagai pemroses informasi yang diterima oleh otak. Sel neuron terhubung antara satu dengan yang lain dengan benang-benang panjang. Berat otak manusia saat lahir sekitar 400 gram, sedangkan saat dewasa sekitar 1500 gram. Pertambahan berat ini disebabkan oleh bertambah panjangnya benang-benang tersebut, di samping pertambahan sel glia. Pertambahan panjang ini berkaitan erat dengan proses pembelajaran yang dialami oleh manusia. Hal ini merupakan ide awal bagi pengembangan metode softcomputing: artificial neural network, yang memiliki kemampuan pembelajaran terhadap informasi yang telah diterima. Selain

kemampuan pembelajaran, otak manusia juga memiliki kemampuan untuk mengambil keputusan walaupun informasi mengandung unsur ketidakpastian dan kekurangtegasan, seperti “manis”, “pahit”, “tinggi”, “rendah”, dsb. Hal ini merupakan konsep yang mendasari pengembangan metode fuzzy, yang mencerminkan cara berfikir manusia. Selain neural network dan fuzzy, masih banyak lagi jenis-jenis metode softcomputing, yang ide awalnya bersumber dari otak manusia maupun mekanisme biologi yang terdapat di alam semesta.

Metode-Metode Softcomputing

Mengacu pada definisi yang diberikan oleh Zadeh, metode-metode dalam softcomputing dapat dikategorikan ke dalam tiga kategori besar:

- Fuzzy Logic (FL)
- Neural Network Theory (NN)
- Probabilistic Reasoning (PR)

Metode-metode ini sebenarnya bukanlah sesuatu yang baru diadakan setelah konsep softcomputing dirumuskan. Yang terjadi justru sebaliknya. Metode-metode Fuzzy Logic, Neural Network maupun Probabilistic Reasoning telah ada lebih dahulu. Fuzzy Logic telah berkembang sejak tahun 1965. Konsep-konsep dasar neural network telah digali sejak tahun 1940-an. Probabilistic Reasoning juga bukanlah hal yang baru sama sekali. Karena itu, Zadeh menyebut softcomputing sebagai reinkarnasi dari metode-metode di atas.

Lebih lanjut lagi, dalam konsep softcomputing, ketiga jenis metode ini ibarat pilar, saling mendukung dan bekerjasama dalam memecahkan suatu permasalahan. Keunggulan yang diperoleh dari ker-

[Type text]

jasama metode-metode itu lebih ditekankan daripada keunggulan individual salah satu daripadanya. Kekurangan satu metode akan ditutup dengan kelebihan metode yang lain. Keunggulan satu metode disumbangkan, sehingga segi-segi positif dari metode yang ada tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Berikut diuraikan konsep dan gambaran mengenai masing-masing pilar dalam softcomputing.

Fuzzy Logic (FL)

Fuzzy merupakan representasi suatu pengetahuan yang dikonstruksikan dengan *if-then rules*. Karakteristik dari metode ini adalah

- pemecahan masalah dilakukan dengan menjelaskan sistem bukan lewat angka-angka, melainkan secara linguistik, atau variable-variable yang mengandung ketidakpastian/ketidaktegasan.
- Pemakaian *if-then rules* untuk menjelaskan kaitan antara satu variable dengan yang lain.
- Menjelaskan sistem memakai algoritma fuzzy

Berawal dari paper-paper Zadeh di tahun 1965 mengenai fuzzy-sets, ilmu ini berkembang pesat, dan mulai menemukan aplikasinya di bidang control pada tahun 1974. Pada saat itu, Mamdani memperkenalkan aplikasi fuzzy sebagai alat kontrol *steam-engine*. Hal ini merupakan momentum penting, sebagai awal bagi teknologi fuzzy untuk menemukan ladang aplikasi di dunia industri. Fuzzy memiliki kelebihan-kelebihan, diantaranya 1. Dapat mengekspresikan konsep yang sulit untuk dirumuskan, seperti misalnya “suhu ruangan yang nyaman” 2. Pemakaian *membership-function* memungkinkan fuzzy untuk melakukan observasi obyektif

terhadap nilai-nilai yang subyektif. Selanjutnya *membership-function* ini dapat dikombinasikan untuk membuat pengungkapan konsep yang lebih jelas. 3. Penerapan logika dalam pengambilan keputusan Dewasa ini, fuzzy merupakan salah satu metode memiliki aplikasi luas di bidang kontrol. Hal ini disebabkan antara lain:

1. kontrol memiliki potensi aplikasi yang sangat luas dan dibutuhkan di berbagai bidang
2. kuantitas suatu materi dalam sistem kontrol sangat jelas, dan dapat diekspresikan dengan istilah-istilah yang *fuzzy* seperti “besar”, “banyak”
3. aturan dalam kontrol mudah untuk didefinisikan memakai kata-kata. Misalnya “jika suhu dalam ruangan terlalu dingin, naikkan suhu penghangat”
4. perkembangan teori fuzzy sangat pesat, sehingga batas-batasnya dapat dirumuskan dengan jelas.

Secara sederhana prinsip kerja fuzzy logic dapat digambarkan seperti pada gambar 2 di bawah.



Gambar 2 Prinsip Fuzzy Logic

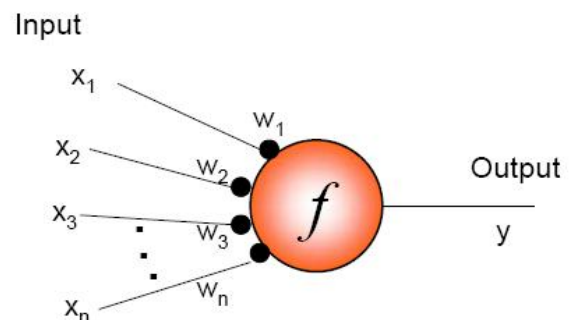
Neural Networks (NN)

Neural Networks (Jaringan Syaraf Tiruan) menurut Haykin didefinisikan sebagai berikut:

[Type text]

“Sebuah *neural network* (JST: Jaringan Saraf Tiruan) adalah prosesor yang terdistribusi paralel, terbuat dari unit-unit yang sederhana, dan memiliki kemampuan untuk menyimpan pengetahuan yang diperoleh secara eksperimental dan siap pakai untuk berbagai tujuan. *Neural network* ini meniru otak manusia dari sudut : 1) Pengetahuan diperoleh oleh *network* dari lingkungan, melalui suatu proses pembelajaran. 2) Kekuatan koneksi antar unit yang disebut *synaptic weights*, berfungsi untuk menyimpan pengetahuan yang telah diperoleh oleh jaringan tersebut.”

Pada tahun 1943, Mc.Culloch dan Pitts memperkenalkan model matematika yang merupakan penyederhanaan dari struktur sel saraf yang sebenarnya.



Gambar 3 McCulloch & Pitts neuron model

Gambar 3 memperlihatkan bahwa sebuah neuron memiliki tiga komponen:

- synapse (w_1, w_2, \dots, w_n) T
- alat penambah (adder)
- fungsi aktivasi (f)

Korelasi antara ketiga komponen ini dirumuskan pada persamaan (1).

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i\right)$$

(1)

Signal \mathbf{x} berupa vektor berdimensi n $(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ akan mengalami penguatan oleh synapse \mathbf{w} $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$. Selanjutnya akumulasi dari penguatan tersebut akan mengalami transformasi oleh fungsi aktivasi f . Fungsi f ini akan memonitor, bila akumulasi penguatan signal itu telah melebihi batas tertentu, maka sel neuron yang semula berada dalam kondisi "0", akan mengeluarkan signal "1". Berdasarkan nilai output tersebut ($=y$), sebuah neuron dapat berada dalam dua status: "0" atau "1". Neuron disebut dalam kondisi *firing* bila menghasilkan output bernilai "1".

Sebuah neural network dapat dianalisa dari dua sisi:

- bagaimana neuron-neuron tersebut dirangkaikan dalam suatu jaringan (arsitektur)
- bagaimana jaringan tersebut dilatih agar memberikan output sesuai dengan yang dikehendaki (algoritma pembelajaran). Algoritma pembelajaran ini menentukan cara bagaimana nilai penguatan yang optimal diperoleh secara otomatis.

Berdasarkan arsitekturnya, neural network dapat dikategorikan, antara lain, *single-layer neural network*, *multilayer neural network*, *recurrent neural network* dsb. Berbagai algoritma pembelajaran antara lain Hebb's law, Delta rule, Back-propagation algorithm, Self Organizing Feature Map, dsb.

Berawal dari diperkenalkannya model matematika neuron oleh McCulloch & Pitts, penelitian di bidang neural network berkembang cukup pesat, dan mencapai puncak keemasan pertama pada era tahun 60, dan puncak kedua pada pertengahan tahun 80-an. Penelitian

[Type text]

dalam bidang ini, dapat dibagi dalam tiga kategori:

1. Riset untuk meneliti proses informasi yang terjadi pada otak dan jaringan saraf. Tema ini merupakan porsi penelitian para ahli medis dan neuroscientist.
2. Penelitian teoritis untuk mendalami konsep dasar proses informasi pada otak. Kategori ini memerlukan ketajaman analisa matematika untuk menggali dasar-dasar teori dari proses tersebut.
3. Penelitian yang bertujuan memanfaatkan teori-teori yang telah ada untuk aplikasi. Dalam hal ini, perlu sekali memperhatikan tingkat akurasi sistem, dan menekan biaya serendah mungkin (*low cost solution*).

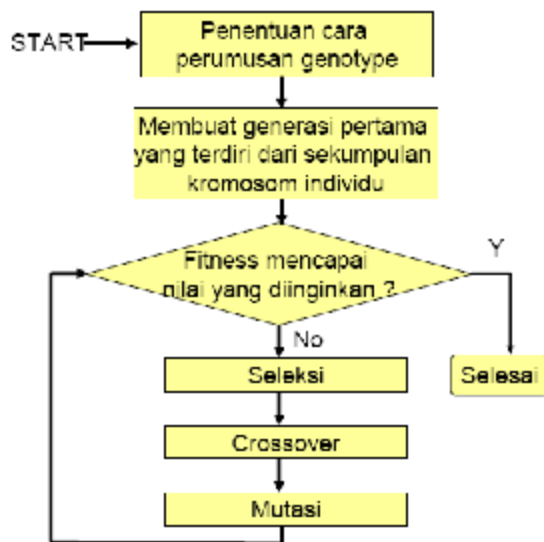
Dewasa ini, neural network telah diaplikasikan di berbagai bidang. Hal ini dikarenakan neural network memiliki kelebihan-kelebihan sbb.

1. Dapat memecahkan problema non-linear yang umum dijumpai di aplikasi
2. Kemampuan memberikan jawaban terhadap pattern yang belum pernah dipelajari (*generalization*)
3. Dapat secara otomatis mempelajari data numerik yang diajarkan pada jaringan tersebut

Probabilistic Reasoning (PR) dan Genetic Algorithm (GA)

Reasoning berarti mengambil suatu keputusan atas suatu alasan atau sebab tertentu. Dua jenis reasoning adalah logical reasoning dan probabilistic reasoning. Salah satu kelebihan probabilistic reasoning dibandingkan logical reasoning terletak pada kemampuan untuk mengambil keputusan yang rasional, walaupun informasi yang diolah

kurang lengkap atau mengandung unsur ketidakpastian. Termasuk dalam kategori PR antara lain teori Chaos, Belief Networks, Genetic Algorithm. Diskusi dalam makalah ini difokuskan pada salah satu metode dalam PR, yaitu Genetic Algorithm (GA).



Gambar 4 Urutan proses pada GA

Dasar-dasar GA digali oleh John Holland pada pertengahan tahun 70-an. GA adalah metode komputasi yang meniru proses evolusi dan seleksi alam. Metode ini sering dimanfaatkan untuk mencari nilai optimal suatu fungsi/permasalahan.

Gambar 4 menunjukkan urutan tahapan dalam GA. Untuk mencari nilai optimal tersebut, pertama-tama parameter-parameter permasalahan ditransfer kedalam bentuk genetik sebuah kromosom individu yang disebut *genotype*. Kromosom ini terdiri dari sederetan *string* (misalnya angka "0" dan "1") yang merupakan analogi dari rantai DNA: A, T, G dan C yang sebenarnya, pada tubuh makhluk hidup. Selanjutnya suatu populasi yang terdiri

dari ribuan kromosom individu ini mengalami proses seleksi, *cross-over* (persilangan) dan mutasi yang meniru proses biologi yang terjadi di alam. Operasi ini diulang-ulang, dari satu generasi ke generasi berikutnya. Kualitas suatu individu ditunjukkan oleh nilai fitness, yang diukur dengan suatu kriteria yang mencerminkan sejauh mana kromosom individu tersebut mendekati nilai optimal yang diinginkan. Kriteria ini menjadi alat kontrol bagi proses evolusi, agar kondisi fitness generasi yang mendatang lebih baik daripada generasi-generasi sebelumnya. Setelah melewati ratusan atau mungkin ribuan generasi, proses evolusi ini akan menghasilkan individu-individu dengan nilai fitness yang tinggi. Hal ini mencerminkan diperolehnya jawaban yang merupakan pendekatan terhadap nilai optimal yang diinginkan.

Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh GA adalah sbb.

1. GA memiliki kemampuan untuk mencari nilai optimal secara paralel, melalui proses kerjasama antara berbagai unit yang disebut kromosom individu.
2. GA tidak memerlukan perhitungan matematika yang rumit seperti differensial yang diperlukan oleh algoritma optimisasi yang lain.

Namun demikian GA memiliki juga kelemahan dan keterbatasan.

1. Tidak memiliki rumusan yang pasti, bagaimana mentransfer parameter permasalahan ke dalam kode genetik. Dengan kata lain, hal ini memerlukan pengalaman dan wawasan dari desainer.
2. Banyak parameter yang perlu diset secara baik agar proses

[Type text]

evolusi dalam GA berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

3. Penentuan rumus menghitung fitness merupakan hal yang sangat penting dan mempengaruhi proses evolusi pada GA.

Sayangnya tidak ada prosedur yang baku bagaimana menentukan rumus tsb. Dalam hal ini pengalaman dari desainer memegang peranan penting.

Terlepas dari kendala yang ada, GA merupakan alternatif solusi yang dikenal cukup handal dalam berbagai masalah optimisasi.

Aplikasi Soft Computing di Bidang Sistem Tenaga Listrik

Dewasa ini penelitian di bidang softcomputing berkembang dengan pesat dan aplikasinya dapat ditemukan di berbagai bidang. Hal ini disebabkan softcomputing menawarkan solusi yang sangat sesuai dengan karakteristik informasi pada *real-life domain* yang senantiasa diikuti dengan faktor impresisi, ketidakpastian, dan memerlukan kemampuan pembelajaran.

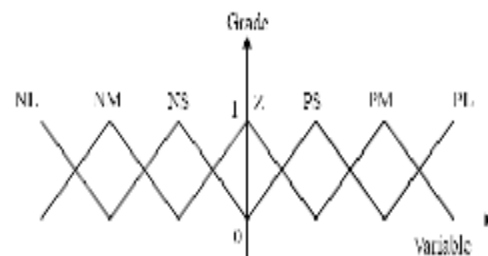
Aplikasi Fuzzy Logic di Bidang Sistem Tenaga Listrik

Fuzzy banyak sekali diterapkan di sistem tenaga listrik terutama di bidang kendali sebagai contoh untuk kendali PSS (Power Sistem Stabilizer). Pada kendali konvensional sistem dimodelkan secara analitis dengan mensetting parameter persamaan defferensial agar mencapai peformansi kendali yang telah ditentukan. Dalam fuzzy logic controller, setting ini dilakukan oleh fuzzy rule-based expert system.

Pertama kali yang dilakukan dalam mendesain fuzzy control untuk PSS (Power Sistem Stabili-

[Type text]

zer) adalah pemilihan variabel linguistik yang sesuai untuk membership function input dan output. Dimana PSS memiliki 2 input yaitu X merupakan deviasi kecepatan dan Y aselerasi. Dan memiliki 1 output signal U yang terhubung governor yang merupakan sinyal stabiliser. Membership function tersebut terdiri dari 7 variabel linguistic yaitu PL (positif large), PM (positif medium), PS (positive small), Z (zero), NS (negative small), NM (negative medium), NL (negative large), . Membership function ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Membership Function

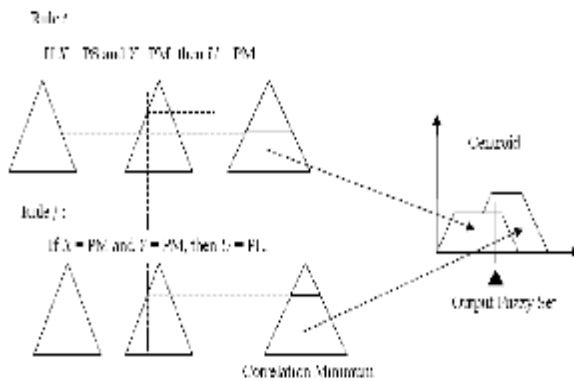
Tabel 1 mengilustrasikan tabel fuzzy decision / rule base untuk PSS, dimana signal positive adalah deceleration control dan signal negative adalah acceleration control.

Ada 49 rule base pada sistem kontrol PSS ini. Semisal ada 2 rule yang bekerja yaitu rule ke i dan rule ke j. Rule ke i: Jika speed deviation X adalah PS dan acceleration Y adalah PM maka output U PSS adalah PM. Rule ke j: jika speed deviation X adalah PM dan acceleration Y adalah PM maka output U PSS adalah PL.

Dari tabel fuzzy decision dan membership function, signal output U dapat ditentukan seperti pada ilustrasi Gambar 6.

Tabel 1. Tabel Fuzzy Decision

X \ Y	NI	NM	NS	Z	PS	PM	PL
PL	Z	PS	PM	PL	PL	PL	PL
PM	NS	Z	PS	PM	PM	PL	PL
PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
NS	NL	NM	NS	NS	Z	PS	PM
NM	NL	NL	NM	NM	NS	Z	PS
NL	NL	NL	NL	NL	NM	NS	Z



Gambar 6. Perhitungan Output

Terlihat pada gambar 6 untuk perhitungan membership function dipilih harga yang minimal, sedangkan untuk keputusan akhir menggunakan perhitungan centroid.

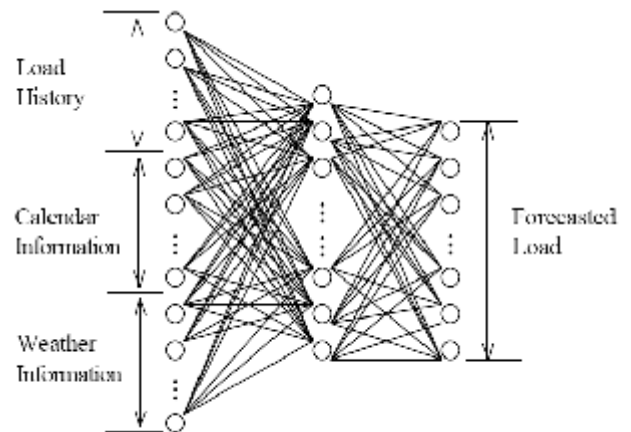
Selain PSS masih banyak aplikasi fuzzy di bidang kendali sistem tenaga antara lain: sebagai kendali di FACTS Device, LFC, Motor Drive, VAR Copensator, Harmonic Filter. Juga di bidang Power System Planning, Long and Midterm Scheduling, Unit Commitment, Dynamic Security Assessment, Load Forecasting, Diagnosis, State Estimation and Stability Evaluation, Decision-making Support Systems, yang mana biasanya fuzzy tidak bekerja sendiri melainkan gabungan dengan NN maupun GA.

Aplikasi NN di Bidang Sistem Tenaga Listrik

Keunggulan NN yang mampu mempelajari suatu trend nonlinier

[Type text]

memungkinkan untuk memecahkan permasalahan load forecasting. Load forecasting ini sangatlah penting dalam perencanaan pengoperasian pembangkit tenaga listrik agar biaya operasi menjadi minimal. Ada beberapa factor yang mempengaruhi load forecasting yang nantinya menjadi data inputan antara lain: trend beban sebelumnya, informasi kalender (hari minggu, hari libur, akhir pekan, musim dll), informasi cuaca (instant temperature, average temperature, peak temperature, kecepatan angin, dll). Contoh arsitektur jaringan NN untuk load forecasting dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Arsitektur Jaringan NN

Aplikasi GA di Bidang Sistem Tenaga Listrik

Dengan keunggulan GA yang memiliki kemampuan mencari nilai optimal secara paralel, banyak diterapkan dibidang sistem tenaga terutama penyelesaian optimasi dengan multi objektif function. Sebagai contoh telah penulis bahas pada artikel sebelumnya yaitu rekonfigurasi jaringan distribusi untuk pemulihan pelayanan. Ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk merubah konfigurasi jaringan distribusi antara lain jumlah out off ser-

vice area yang minimal, jumlah operasi switching yang minimal, besar arus pada feeder tidak boleh melebihi kapasitas, deviasi tegangan bus tidak boleh melebihi 10 %, dan beban transformator tidak boleh melebihi kapasitas. Optimasi ini tidak dapat diselesaikan dengan persamaan differensial karena bukan merupakan permasalahan linier. Selain itu untuk mencapai konfigurasi yang optimal harus memenuhi beberapa persyaratan atau multi objektif.

Berdasarkan penelitian sebelumnya GA mampu dengan cepat menyelesaikan permasalahan ini, sehingga dimungkinkan untuk dilakukan secara real time. Inilah yang menjadikan dasar bahwa rekonfigurasi jaringan distribusi untuk pemulihan pelayanan akibat gangguan disuatu area, dapat dilakukan secara cepat dan secara otomatis dimana GA sebagai supervisor/pengambil keputusan dan tidak lagi dilakukan manusia.

PENUTUP

Makalah ini membahas garis besar konsep-konsep dalam softcomputing dan karakteristik masing-masing metode. Sebagai suatu solusi, softcomputing memiliki kelebihan dalam hal kemampuan mengolah informasi mengandung unsur ketakpastian (*uncertainty*), kebenaran parsial, atau pada masalah yang memerlukan proses pembelajaran terhadap *trend* yang dialami sebelumnya. Softcomputing lebih menekankan pada partnership antara metode-metodenya, sehingga kelebihan metode yang satu akan menutup kelemahan dari metode yang lain. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan softcomputing menjadi suatu alternatif yang menjanjikan

[Type text]

untuk aplikasi yang luas di bidang sistem tenaga listrik.

Ciri khas dari softcomputing adalah penekanan pada partnership atau kerjasama yang saling menguntungkan dari berbagai metode yang ada. Tiap metode memiliki segi positif yang dapat disumbangkan secara komplementer, menutupi kekurangan dari metode yang lain. Contoh populer dari kerjasama komplementer ini adalah sistem *neurofuzzy*. Kombinasi lain dapat ditemukan pada sistem *neuroGA*, dimana GA dimanfaatkan untuk menentukan struktur yang optimal dari suatu neural network. Juga Fuzzy-GA dimana fuzzy digunakan untuk penyederhanaan nilai objektif function.

DAFTAR PUSTAKA

- Anders George J., 1990. *Probability Concepts In Electric Power Systems*. New York: John Wiley & Sons.
- Faiz M.R., 2006. *Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Untuk Pemulihan Pelayanan Menggunakan Metode Fuzzy-Genetic Algorithm*. Malang: Tekno
- Mun, Kyeong Jun, 2003. *Development of Real Time Service Restoration System For Distribution Automation System, IEEE Transaction on Power System*, 0-7803-7090-2/01, 2001
- Nugroho Anto Satriyo, 2003. *Pengantar Softcomputing* .(www.ilmukomputer.com)
- Hiyama Takashi, 2004. *Current Status of Fuzzy System Applications in Power Systems*. Japan: Department of Electrical and Computer Engineering Kumamoto University