

TEKNOLOGI SISTEM FUZZY

Endro Prihastono

Fakultas Teknologi Informasi Universitas Stikubank Semarang

Abstrak

Aplikasi-aplikasi yang menggunakan sistem logika fuzzy sering sekali dianggap atau dinamakan sebagai pengendali fuzzy (fuzzy control). Padahal disamping pengendali fuzzy terdapat bermacam-macam teori yang digunakan pada aplikasi-aplikasi fuzzy seperti klasifikasi fuzzy (fuzzy classification) dan diagnosis fuzzy (fuzzy diagnosis). Pada tulisan ini akan dipaparkan masalah dalam teknologi fuzzy dan perbedaan antes pengendali fuzzy dengan klasifikasi fuzzy dan fuzzy diagnosis.

Kata kunci : sistim logika fuzzy, aplikasi fuzzy

PENDAHULUAN

Dalam perjalanan perkembangan suatu generasi teknologi menjadi lebih mantap dan berdaya gona tinggi, membutuhkan adanya pengembangan drier pengetahuan dan dilakukannya berbagai macam riset atau penelitian yang bersifat eksperimental. Penelitian atau riset ini akan memberikan jawaban terhadap pertanyaan mendasar seperti: teori-teori ape saja yang masih secara praktisi masih relevan untuk kemudian dikembangkan atau teori mane saja yang same sekali tidak bisa digunakan lagi? Teori yang bermanfaat adalah teori yang dianggap mampu menjembatani penggabungan pengendali fuzzy dengan sistem kendali konvensional atau algoritma kendali modern seperti jaringan neural, algoritma genetik, den lain sebagainya.

Pada generasi pertama teknologi fuzzy, terdapat beberapa kendala yang ditemui untuk mengembangkan pada industri-industri atau sistem kendali yang telah ada. Saat itu belum ada metodologi yang sistematis tentang aplikasi pengendali fuzzy, penentuan rancang bangun yang tepat, analisa permasalahan, dan bagaimana pengaruh perubahan parameter sistem terhadap kualitas unjuk kerja sistem. Jadi tidak bisa diharapkan suatu rancang bangun yang universal dan strategi optimasi fuzzy dapat segera digunakan secara praktis.

Saat ini logika fuzzy telah berhasil menerobos kendala-kendala yang dulu pernah ditemui dan segera menjadi basis teknologi tinggi. Penerapan teori logika I'm dianggap mampu rnciptakan sebuah revolusi dalam teknologi. Sebagai contoh, mulai tahun 90-an pare manufaktur industri yang bergerak di bidang *Distributed Control Sistem* (DCSs), *Programmable Controllers* (PLCs), dan *Microcontrollers* (MCUs) telah menyatukan sistem logika fuzzy pada barang produksi mereka dan memiliki prospek ekonomi yang

baik. Sebuah perusahaan mikroprosesor terkemuka, *Motorolla*, dalam sebuah jurnal teknologi, pernah menyatakan "... bahwa logika fuzzy pada masa-masa mendatang akan memainkan peranan penting pada sistem kendali digital" (1). Pada saat yang bersamaan, pertumbuhan yang luar biasa terjadi pada industri perangkat lunak yang menawarkan kemudahan penggunaan logika fuzzy dan penerapannya pada setiap aspek kehidupan sehari-hari.

Perusahaan Jerman *Siemens* yang bergerak diberbagai bidang teknik seperti otomatisasi industri, pembangkit tenaga, semikonduktor, jaringan komunikasi publik dan pribadi, otomotif dan sistem transportasi, sistem audio dan video, dan lain sebagainya, beberapa tahun belakangan ini telah membentuk kelompok riset khusus tentang fuzzy. Tujuannya untuk melakukan penelitian dan pengembangan yang sistematis tentang logika fuzzy pada setiap aspek teknologi (4).

Ada dua alasan utama yang mendasari pengembangan teknologi berbasis sistem fuzzy:

1. Menjadi *state-of-the-art* dalam sistem kendali berteknologi tinggi. Jika diamati pengalaman pada negara-negara berteknologi tinggi, khususnya di negara Jepang, pengendali fuzzy sudah sejak lama dan luas digunakan di industri-industri dan alat-alat elektronika. Daya gunanya dianggap melebihi dari pada teknik kendali yang pernah ada. Pengendali fuzzy terkenal karena kehandalannya, mudah diperbaiki, dan yang lebih penting lagi pengendali fuzzy memberikan pengendalian yang sangat baik dibandingkan teknik lain, yang biasanya membutuhkan usaha dan dana yang lebih besar.

2. Dalam perspektif yang lebih luas, pengendali fuzzy ternyata sangat bermanfaat pada aplikasi-aplikasi sistem identifikasi dan pengendalian *ill-structured*, di mana linieritas dan invariansi waktu tidak bisa ditentukan dengan pasti, karakteristik proses mempunyai faktor *lag*, dan dipengaruhi oleh derau acak. Bentuk sistem seperti ini jika dipandang sistem konvensional sangat sulit untuk dimodelkan.

Beberapa proyek teknologi yang dinilai digunakan dan memiliki prospek ekonomi yang cerah seperti (4)

1. Dalam teknologi otomotif : sistem transmisi otomatis fuzzy dan pengendali kecepatan idle fuzzy.
2. Dalam teknologi transportasi
3. Pengendali fuzzy anti-slip untuk kereta listrik, sistem pengaturan dan perencanaan parkir, sistem pengaturan lampu lalu lintas, dan pengendalian kecepatan kendaraan di jalan bebas hambatan.
4. Dalam peralatan sehari-hari : mesin cuci fuzzy dan *vacuum cleaner* fuzzy dan lain-lain.
5. Dalam aplikasi industri di antaranya : industri kimia, sistem pengolahan kertas, dan lain-lain.
6. Dalam power stations : sistem diagnosis kebocoran-H₂

Masih banyak aplikasi lainnya yang sudah beredar sebagai alat kendali dan barang-barang elektronik berteknologi tinggi.

Perkembangan teknologi saat ini secara tidak terasa mulai bergeser kepada otomatisasi sistem kontrol dengan campur tangan manusia dalam jumlah yang sangat kecil. Semakin banyak peralatan yang dikendalikan secara otomatis mulai dari perangkat rumah tangga, seperti mesin cuci sampai kepada peralatan yang besar yang membawa ratusan jiwa manusia, pesawat terbang, yang dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan kendali 'fly by wire'.

Dengan melihat gejala seperti ini maka sistem kontrol akan menjadi suatu bidang yang menjanjikan dimana sistem kontrol akan menjadi suatu yang harus ada pada setiap peralatan. Berdasarkan kondisi ini bukannya tidak mungkin jika teknologi sistem kontrol berkembang dengan cepat dengan didukung dengan komputer yang sudah sangat canggih saat ini.

Sistem kontrol pada awalnya merupakan rangkaian dari komponen analog yang pada

proses disainnya harus diketahui persamaan matematisnya, seperti pada sistem kontrol PID (proporsional Integral Derifensial). Saat ini sistem kontrol sudah didominasi dengan sistem kontrol digital dimana diharapkan agar pengaturan dari sistem kontrol tersebut semakin baik dan mudah dilakukan, 'user friendly'.

Pada sekitar tahun 1980-an mulai muncul penggunaan ide fuzzy pada sistem kontrol. Ide dasar fuzzy sebenarnya sudah muncul pada awal abad 19 sekitar tahun 1920, dengan tiga kondisi kebenaran yaitu 'benar', 'tidak benar-tidak salah', 'salah'. Pada tahun 1965, Lotfi H Zadeh, memperjelas pengertian ide fuzzy dimana suatu kondisi dapat diklasifikasikan dalam 'multivalued logic' dan akhirnya melahirkan 'fuzzy logic'.

Mengapa Fuzzy Logic

Implementasi fuzzy logic pada sistem kontrol merupakan lompatan inovasi dalam sistem kontrol. Hal ini dikarenakan oleh kontrol dengan menggunakan sistem fuzzy lebih presisi jika dibandingkan dengan sistem kontrol digital yang hanya mengontrol suatu peralatan 'on' atau 'off' saja.

Contoh aplikasi yang tepat untuk perbandingan sistem kontrol fuzzy dengan sistem kontrol digital konvensional adalah pada penyiram tanaman otomatis. Misalnya dengan menggunakan sistem digital biasa maka sistem kontrol hanya dapat mengontrol membuka kran atau menutup kran saja, 2 kondisi. Tetapi dengan menggunakan sistem kontrol fuzzy, besarnya lubang bukaan kran dapat diatur dengan 'rule-rule' yang ada.

Jika menggunakan controller PID maka persamaan karakteristik dari sistem kontrol penyiram tanaman tersebut harus diketahui terlebih dahulu.

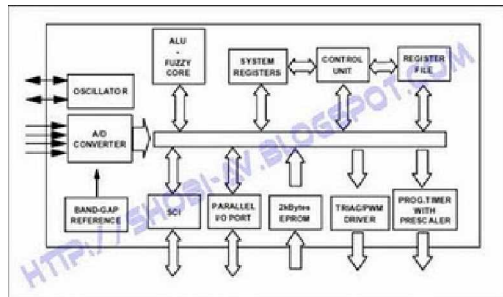
Sistem Fuzzy Controller

Implementasi Sistem kontrol fuzzy secara elektronik saat ini, terdapat dua pilihan :

Dibangun dengan FUZZY PROCESSOR seperti yang dikembangkan oleh SGS THOMPSON.

Dibangun dengan mikrocontroller biasa seperti AT89C51 dari Atmel, 68HC11 dari Motorola, bahkan pada PIC dari MicroChip. Fuzzy processor yang dikembangkan saat ini oleh SGS THOMPSON merupakan processor yang benar-benar hanya digunakan untuk sistem kontrol fuzzy. SGS Thompson memiliki 4 jenis fuzzy processor antara lain : ST52x420,

ST52x430, ST52x301 dan ST6220 dan sedang mengembangkan ST52x440. Semuanya fuzzy processor ST52x mempunyai struktur internal yang sama namun berbeda pada jumlah port I/O, jumlah consequent, jumlah antecedent, EEPROM dan RAM. Dengan menggunakan fuzzy processor ST52x301 (4 antecedent 1 consequent) satu iterasi diperlukan waktu hanya 3.5us, ini termasuk sangat cepat.



Gambar 1 Blok Diagram Fuzzy Processor ST52x

Selain menggunakan fuzzy processor dapat digunakan mikrokontroler biasa, misalnya AT89C51, dengan menanamkan fuzzy kernel di dalam flash ROMnya.

FUDGE (Fuzzy Design Generator)

Pada dasarnya fuzzy kernel ini sudah disediakan oleh Motorola dalam perangkat lunak FUDGE (Fuzzy Design Generator). Perangkat lunak ini digunakan untuk membuat membership function input, rule, dan membership function output. Biasanya membership function output menggunakan metode central of gravity.

Pada dasarnya FUDGE, yang dikeluarkan oleh Motorola, mampu menghasilkan suatu fuzzy kernel dalam bentuk source code. Namun tidak semua mikrokontroler didukung oleh FUDGE. Mikrokontroler yang didukung oleh FUDGE adalah :

- MC68HC05
- MC68HC11
- MC68HC16
- MC68000

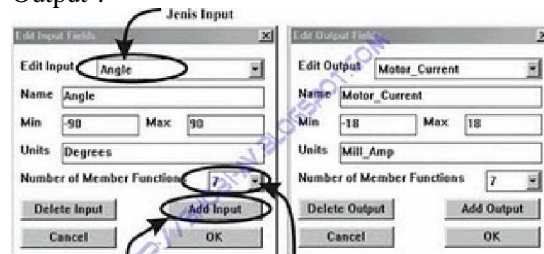
Serta dalam bentuk ANSI-C. Dari keempat mikrokontroler diatas tampak bahwa kesemuanya merupakan mikrokontroler buatan Motorola, yang harganya dipasaran Surabaya termasuk mahal.

FUDGE memiliki 2 fungsi utama :

Merancang/edit membership function input , rules, dan membership function output.

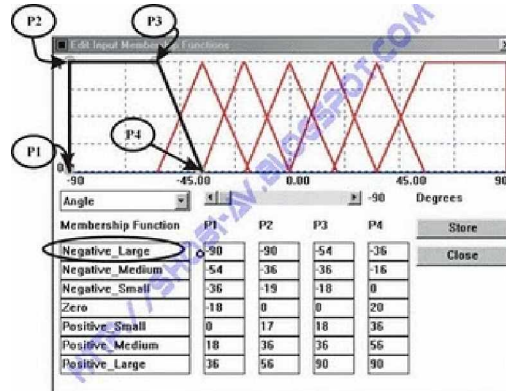
Evaluasi membership function input, rules, dan membership function output.

Jumlah input yang dapat diterima oleh FUDGE adalah 8 input dan mampu mengontrol 4 output. Penentuan jumlah input atau output sistem fuzzy yang sedang didisain dapat dilakukan dengan perintah pada menu ‘Edit’- ‘Crisp Input’ atau ‘Edit’-‘Crisp Output’.



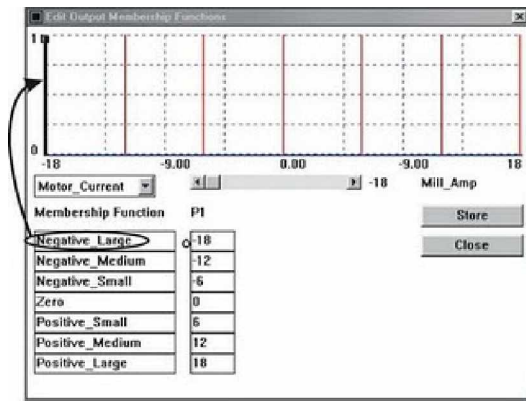
Gambar 2 Tampilan Edit Jumlah Input/Output

Jumlah label per input/per output dibatasi 8 label dan pada pengisian nama dan units tidak diperkenankan menggunakan spasi karena penggunaan spasi akan menyebabkan FUDGE tidak bisa membaca kembali disain tersebut setelah disain tersebut disimpan. File disain FUDGE disimpan dengan ekstension *.FDG. File ini akan menyimpan segala hasil perkerjaan yang telah dilakukan mulai dari disain membership function input, rules, dan membership function output singleton serta setting pada saat Fuzzy Logic Evaluator dan Control Surface.



Gambar 3 Disain Membership Function Input

FUDGE menyatakan bentuk membership function input dalam bentuk trapesium dan segitiga sedangkan untuk membership function output berbentuk singleton.

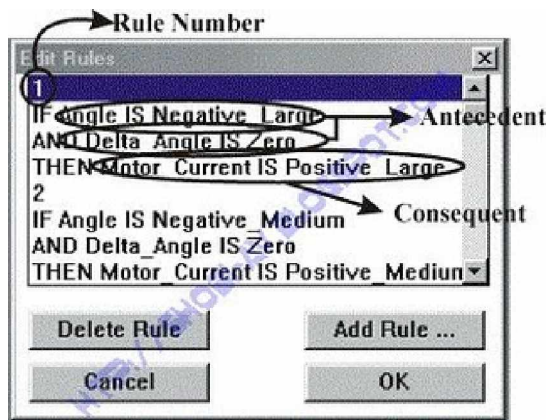


Gambar 4 Membership Function Output Singleton

Jadi secara jelas dapat dikatakan bahwa FUDGE digunakan untuk mendisain sistem fuzzy secara grafis. Hal ini tentu memudahkan dalam mendisain, tidak perlu selalu mengisi tabel dengan angka namun hanya perlu 'drag-n-drop'. Selain itu proses disain akan semakin cepat dan mudah.

Jika pada awal disain sudah lengkap, jumlah input, jumlah output, nama label tiap input maka pada saat pembuatan rule hanya perlu memilih label-label antecedent dan label-label consequent. Rule fuzzy pada dasarnya terdiri antecedent dan consequent dimana jumlah antecedent dan consequent-nya tergantung dari jumlah input/output.

IF antecedent1 AND antecedent2 AND....THEN consequent1 AND consequent 2 AND



Gambar 5 Pembuatan Rule

Sampai tahap ini, sistem fuzzy yang didisain telah selesai dan siap untuk dievaluasi. FUDGE menyediakan fungsi untuk mengevaluasi sistem fuzzy yang didisain pada menu 'Evaluate' - 'Fuzzy Logic Simulator'.

Selain itu FUDGE juga dapat mem-plot hasil output pada grafik 2 dimensi sehingga

jika terdapat 2 input maka untuk dapat melihat outputnya maka harus dilihat bergantian, input1 terhadap output dan input2 terhadap output.

Fuzzy Logic Evaluator merupakan salah satu fungsi FUDGE yaitu untuk mensimulasikan disain membership function input, rules, dan membership function output singleton. Control Surface digunakan untuk menentukan sumbu input dan sumbu output pada grafik hasil sistem fuzzy dalam 2 dimensi.

Yang paling penting di dalam penggunaan FUDGE adalah untuk mendisain membership function input, rules, dan membership function output singleton. Apa yang telah didisain sebelumnya, semuanya berbentuk grafik dan FUDGE merubahnya menjadi tabel-tabel yang nantinya digunakan oleh kernel yang sudah disiapkan oleh Motorola.

Contoh tabel membership function input:

01: FCB \$00,\$00,\$33,\$0a ; Angle is Negative_Large

Contoh tabel rules :

02: ; IF ANGLE is negative_large AND DELTA_ANGLE is zero THEN MOTOR_CURRENT is positive large

03: FCB \$00

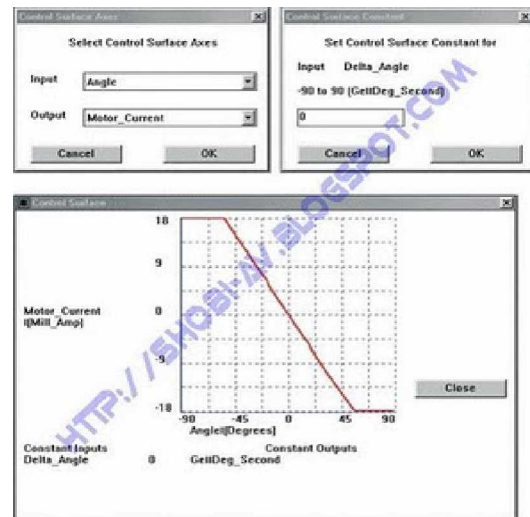
04: FCB \$0B

05: FCB \$86

Contoh tabel membership function output singleton :

06: FCB \$00 ; Motor Current is Negative_Large

07:



Gambar 6 Grafik Input Output Sistem Fuzzy

Jadi pada dasarnya FUDGE memberikan nomor pada setiap label baik input dan output. Nomor ini selanjutnya dijadikan sebagai simbol bagi label yang bersangkutan. Hal nampak pada contoh-contoh tabel rules diatas, pada tabel rule :

01:	FCB	\$00
02:	FCB	\$0B
03:	FCB	\$86

'\$00' berarti Input 'Angle' dengan nama label 'Negative Large' sedangkan '\$0B' berarti Input 'Delta_Angle' dengan nama label 'zero'. '\$86' berarti output 'Motor_Current' dengan nama label 'Negative Large'. Sedangkan pada tabel membership function input maupun output singleton, nilai pada tabel merupakan nilai pada sumbu x pada gambar membership function input maupun output singleton dalam nilai heksadesimal.

Contoh diatas merupakan tabel-tabel yang dihasilkan oleh FUDGE dalam format bahasa 68HC11 dan FUDGE hanya dapat mendukung processor yang dibuat oleh Motorola. Oleh sebab itu jika digunakan mikrokontrolle yang lain, misalnya AT89C51 maka harus dibuat fuzzy kernel tersendiri tetapi tetap dapat menggunakan FUDGE yaitu untuk membuat tabel-tabel tersebut. Walaupun tabel-tabel tersebut dalam format-nya Motorola namun untuk mengkonversi ke format Intel (keluarga MCS 51) tidaklah sulit. Yang menjadi kendala adalah membuat fuzzy kernelnya dengan bahasa MCS-51.

KENDALI PERKEMBANGAN TEKNOLOGI SISTEM FUZZY

Keberhasilan penerapan teknologi fuzzy seperti yang telah dibebankan pada bagian pembahasan sebelumnya, dapat direalisasikan jika terdapat penelitian dan strategi pengembangan riset dan desain oleh sebuah industri untuk menemukan teknik terbaik untuk produknya. Hal tersebut tentunya tidak terlepas dari kesulitan-kesulitan yang ditemui dalam menggunakan dan pengembangan teknologi ini. Secara garis besar beberapa kesulitan yang ditemui oleh industri-industri elektronika adalah sebagai berikut (4):

1. Para enjiner dan ilmuwan generasi sebelumnya dan sekarang banyak yang tidak mengenal teori kendali fuzzy,

meskipun secara teknik praktis mereka memiliki pengalaman untuk menggunakan teknologi dan perkakas kontrol yang sudah ada.

2. Belum banyak terdapat kursus/balai pendidikan dan buku-buku teks yang menjangkau setiap tingkat pendidikan (*undergraduate, postgraduate, dan on site training*)
3. Hingga kini belum ada pengetahuan sistematis yang baik dan seragam tentang metodologi pemecahan problems kendali menggunakan pengendali fuzzy.
4. Belum adanya metode umum/general untuk mengembangkan dan implementasi pengendali fuzzy.

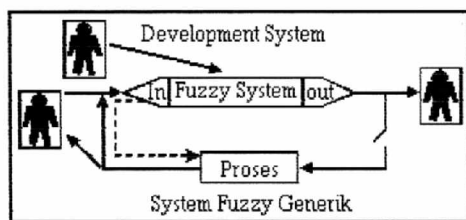
Kendala pertama dan kedua dapat diatasi dengan cara sering diadakannya kursus dan balai pendidikan, memperbanyak penulisan karya-karya ilmiah dan juga pengadaan buku-buku tentang fuzzy di setiap perguruan tinggi atau institusi pendidikan lainnya. Kendala ke tiga dan ke empat dapat diatasi dengan cara membentuk suatu metodologi untuk merancang dan mengembangkan sistem fuzzy. Metodologi ini mencakup fasilitas-fasilitas yang terdapat dalam teori sistem kendali fuzzy seperti : pemilihan fungsi keanggotaan, operator, penggunaan faktor skala, pengembangan basis pengetahuan, penurunan basis aturan, uji coba, dan simulasi sistem.

Perusahaan elektrik *Omron* selain menjual produknya, kini mereka juga tengah mengembangkan metode pendidikan dan pelatihan teknik logika fuzzy. Asisten manajer *Omron FA Sistem Div.* Jim Krill berkata," ..., *Educating potential customers shout the benefits of fuzzy logic and where it can be applied is important for proper development of this technology*" Jadi cara terbaik untuk mencapai teknologi ini menurutnya adalah melalui program pelatihan, seminar, dan pemakaian piranti lunak simulasi sistem fuzzy yang efektif (1). Hingga kini software pengembangan logika fuzzy sudah tidak terhitung banyaknya, mulai dari simulasi sistem yang sederhana hingga sistem yang sangat kompleks dan rumit. Masing-masing menawarkan berbagai kelebihan dan kemudahan pemakaian seperti : *User friendly editor, sistem on-line dan off-line debugging, compilers* untuk setiap bahasa pemrograman termasuk bahasa rakitan mikrokontroler, tampilan 3D dan berbagai macam proyek simulasi yang bisa dilakukan (4).

Kendali Fuzzy, Klasifikasi Fuzzy, dan Diagnosis Fuzzy

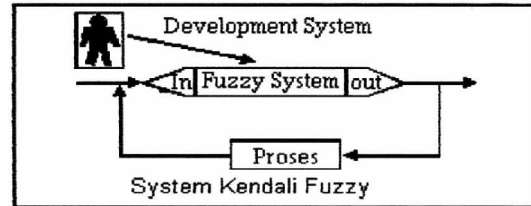
Aplikasi yang menggunakan logika fuzzy, selalu identik dengan pengendalian fuzzy. Walaupun sebenarnya aplikasi itu tergolong dalam klasifikasi fuzzy atau diagnosis fuzzy. Kejadian ini bukanlah masalah yang dominan dan pelik dalam sistem fuzzy, karena istilah "fuzzy" sebenarnya sudah kabur dan sering disamakan dengan istilah-istilah yang ada pada teori himpunan fuzzy, topologi fuzzy, atau dalam pengertian yang lebih sempit lagi sering disebut sebagai *approximate reasoning* dalam logika keputusan. Dengan cara pandang yang sama sistem kendali fuzzy sering sekali dinyatakan sebagai bagian teori himpunan fuzzy yang digunakan pada aplikasi-aplikasi dalam bentuk sistem lingkaran tertutup. Namun tujuan utama tulisan ini adalah membedakan antara sistem kendali fuzzy dengan sistem klasifikasi fuzzy dan sistem diagnosis fuzzy. Pada ruang lingkup yang lebih luas lagi, masih ada sistem lainnya yang cukup sukses digunakan seperti sistem pakar fuzzy, sistem analisa data fuzzy, sistem pengolahan citra fuzzy, dan berbagai ragam aplikasi sistem fuzzy yang sudah ada.

Pada dasarnya penggunaan istilah klasifikasi dan diagnosis bukanlah merupakan penamaan yang baku, karena keduanya mempunyai pengertian atau makna yang hampir sama dan batas-batas perbedaannya juga tidak begitu jelas. Namun yang teramat penting adalah kedua istilah tadi menunjukkan perbedaan antara kedua sistem aplikasi berbasis logika fuzzy.

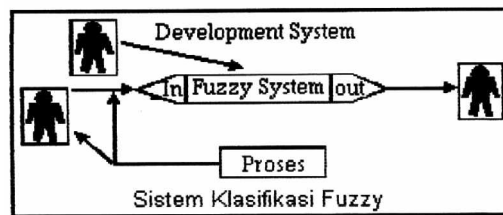


Sistem fuzzy secara umum dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terdapat blok proses, sistem fuzzy, dan sistem pengembangan (*development system*). Pihak developer diletakkan paling atas pada gambar ini. Selain itu, terdapat dua operator, yaitu seorang yang bertanggung jawab atas masukan untuk sistem fuzzy dan keluaran dari proses, dan seorang lagi bertugas membawa masukan

ke dalam proses dan menentukan keluaran dari sistem fuzzy. Operator ini sebenarnya tidak mesti seorang operator manusia, biasanya sistem fuzzy atau non-fuzzy yang berfungsi mengantarkan masukan atau keluaran sinyal proses. Dari gambar ini dapat diturunkan beberapa sistem sistem fuzzy, seperti pengendali fuzzy, klasifikator fuzzy, dan sistem pendagnosisan fuzzy.

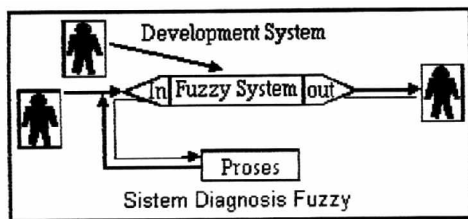


Sebuah kendali fuzzy yang digambarkan pada Gambar 2 merupakan suatu sistem lingkaran tertutup, di mana tidak terdapat operator yang menjadi bagian dari sistem lingkaran kendali (*control loop*). Contoh dari sistem kendali ini adalah vacuum cleaner. Sistem pada alat ini mengatur daya motor penghisap tergantung pada banyaknya debu di lantai atau karpet. Contoh lain dari sistem kendali fuzzy adalah optimisasi torsi dalam sistem anti slip yang digunakan kereta listrik dan sistem kereta bawah tanah. Masukan sistem kendali berupa kecepatan kereta dan koefisien resistansi rel.



Pada sistem klasifikasi fuzzy (Gambar 3) tidak terdapat loop tertutup. Sistem ini hanya menerima masukan dan keluaran dari proses untuk selanjutnya memberikan informasi berupa kondisi (state) dari proses tadi. Informasi kondisi ini dapat digunakan untuk mengendalikan sistem atau memberikan tanggung jawab kendali kepada operator. Secara matematis, sistem klasifikasi lebih dekat pada teori himpunan daripada teori fungsi. Pada sistem ini, sifat kesamaan (*Vagueness*) sering ditemui pada opini pakar dan jarang menggunakan model relasi fuzzy (4).

Contoh dari sistem klasifikasi fuzzy adalah mesin cuci fuzzy. Beberapa variabel/parameter mesin cuci ditentukan berdasarkan jumlah dan jenis pakaian. Keluaran atau informasi dari Sistem klasifikasi ini digunakan untuk menentukan jenis *spin-dry* serta lembut atau kasar gesekan pakaian yang optimal. Contoh ke dua dari sistem fuzzy ini adalah sistem transmisi otomatis fuzzy. Sistem ini menggunakan beberapa sensor yang ditaruh pada sistem ABS, Sistem power steering, sistem kendali motor, dan bagian penting lainnya. Selama kendaraan berjalan, sistem ini akan terus memantau dan menilai kondisi mobil tersebut, seperti beban kendaraan, kondisi mobil pada saat melewati jalan yang menanjak atau menurun dan kondisi kondisi lainnya. Pada Gambar 3, gambar operator manusia pada kiri dan kanan sistem klasifikasi fuzzy, biasanya merupakan suatu sistem khusus yang bertugas memberikan informasi yang diperlukan untuk kemudian di proses.



Dada Sistem diagnosis fuzzy (Gambar 4) peranan manusia/operator lebih dominan. Pengiriman data dilaksanakan oleh operator ke dalam sistem, ketika sistem memerlukan data tambahan. Selain itu operator dapat meminta atau menanyakan informasi dari Sistem diagnosis berupa hasil konklusi diagnosis atau prosedur detail hasil diagnosis oleh sistem. Dari sifat Sistem ini, sistem diagnosis fuzzy dapat digolongkan pada sistem pakar fuzzy. Sistem pakar fuzzy adalah sistem pakar yang menggunakan notasi fuzzy pada aturan-aturan dan proses inferensi (logika keputusan). Salah satu kelebihan sistem pakar fuzzy dibandingkan sistem pakar konvensional adalah jumlah aturan lebih sedikit, sehingga sistem lebih transparan untuk dianalisa. Kekurangannya adalah kehandalan sistem sangat tergantung pada baik-buruknya proses pengumpulan aturan seperti prosedur pertanyaan dan komponen-komponen kuisisioner, serta sering terjadi kesulitan untuk menyimpulkan suatu pernyataan tertentu oleh operator.

Bidang aplikasi sistem diagnosis ini biasanya suatu proses yang besar dan kompleks, sehingga sangat sulit dianalisa menggunakan algoritma eksak dan dimodelkan dengan model matematika biasa. Pada permulaan persiapan sistem, jumlah aturan yang digunakan ini biasanya sangat banyak. Namun pada tahap akhir, jumlah aturan akan lebih sedikit dan mullah dibaca. Ini merupakan sifat sistem pakar fuzzy, seperti yang dikatakan oleh *Prof Zadeh*, bahwa sistem pakar fuzzy akan menggunakan aturan-aturan yang lebih sedikit dibandingkan sistem pakar konvensional sehingga mudah dibaca dan membantu menghindarkan inkonsistensi dan inkomplit sistem pengendali (4). Contoh dari sistem pakar fuzzy ini adalah proyek diagnosa kebocoran- H_2 , pada sistem pendingin *high-performance* generator. Salah satu contoh aturan sistem diagnostik ini adalah “Jika konsumsi H_2 tinggi dan days yang tersedia rendah dan suhu gas rendah dan tekanan HZ generator tidak rendah/menurun, maka tingkatkan konsumsi H_2 (untuk menurunkan temperatur)”

Yang perlu diperhatikan pada sistem diagnostik ini adalah, tidak berlakunya proses defuzzifikasi, karena sistem ini hanya menghasilkan sifat keluaran berupa aproksimasi linguistik yang merupakan suatu pernyataan atau jawaban yang mudah dipahami oleh operator.

KESIMPULAN

Teknologi sistem fuzzy telah berkembang cukup jauh, dan memberikan berbagai keuntungan dan perbaikan unjuk kerja pada sistem kendali yang pernah ada. Perkembangan sistem ini menuntut mutu sumber daya manusia yang berpendidikan, seperti ilmuwan dan enjineer yang ahli di bidang teknik sistem fuzzy dan tidak lepas kondisi pendidikan dan kelengkapan alat-alat yang mendukung pengembangan teknologi ini.

Di bidang aplikasi fuzzy, tidak hanya terdapat sistem kendali fuzzy, melainkan juga ada klasifikasi fuzzy dan diagnosis fuzzy. Jadi sistem fuzzy pada keadaan riil, mempunyai ragam metode dan strategi pengembangan yang dapat diterapkan pada masalah-masalah kendali saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ayub. M, Liem I, ‘*Fuzzy control Application in Computer Assisted Learning*’

- Proceeding CECI-SITIA, C22-C26, Juni 2003.*
- Block, HJ; '*Mastery Learning Theory and Practice; Holt Rinehard and Wiston, Inc , 1971*
- Cordon O, Herrera F, Villar P; *Generation The Knowledge Base of a Fuzzy rule based system by the genetic learning of the data base'* ; [HTTP://decsai.ugr.es/~herrera/pub-GFS. Html # GFS-28](http://decsai.ugr.es/~herrera/pub-GFS.html) Mei 2008
- Goldberg, DE, '*Genetic Algorithms in Search; optimization and machine learning'*; Addison Wesley, 2008
- Zakaria . A; Siraj .F; *Intelegence Tutoring System for web Based Education;* [HTTP://WWW. Aising.uum.edu.my/azizi/TN3060/its2.pdf](http://www.aising.uum.edu.my/azizi/TN3060/its2.pdf) f 31 Juli 2008