

RANCANGAN SISTEM PAKAR DENGAN PENERAPAN TEKNOLOGI FUZZY

Siswanto

ABSTRAK

Sistem Pakar adalah suatu sistem yang dikembangkan dengan meniru cara berpikir seorang pakar/ahli. Sistem ini awalnya dikembangkan khususnya dalam bidang kedokteran, tetapi saat ini sudah dikembangkan pada bidang-bidang lainnya seperti teknik sipil, teknik industri dan lain-lainnya. Sistem pengendali berbasis logika fuzzy pada hakikatnya adalah sistem pakar waktu-nyata (real-time expert system) yang memanfaatkan logika fuzzy untuk memanipulasi variabel-variabel kualitatif. Aplikasi yang menggunakan logika fuzzy, selalu identik dengan pengendalian fuzzy. Walaupun sebenarnya aplikasi itu tergolong dalam klasifikasi fuzzy atau diagnosis fuzzy. 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.

Kata Kunci : Sistem Pakar, Logika Fuzzy, Sistem Kendali Fuzzy, Klasifikasi Fuzzy, Diagnosis Fuzzy

1. PENDAHULUAN

Kecerdasan adalah sesuatu yang hanya dimiliki oleh manusia dan tidak dimiliki oleh benda mati lainnya termasuk komputer. Ini adalah suatu bentuk anugerah yang tak berharga dari Sang Maha Pencipta. Tetapi bukan berarti kecerdasan yang dimiliki manusia tidak bisa diadopsi pada yang lain (dalam hal ini komputer), meskipun hanya sedikit memiru. Itulah sebabnya kecerdasan yang dimiliki komputer seringkali dinamakan dengan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*).

Kecerdasan komputer adalah suatu bentuk adopsi kecerdasan manusia yang dilakukan oleh komputer. Dengan menggunakan kecerdasan komputer itu dimungkinkan sebuah komputer mampu berpikir seperti layaknya manusia. Dalam perkembangannya sangatlah sulit menyamai kecerdasan manusia, tetapi setidaknya komputer mampu melakukan sesuatu dengan cara yang bagi manusia adalah cara yang cerdas.

Sebenarnya yang dinamakan dengan cara cerdas ini adalah sesuatu yang seringkali dilakukan oleh manusia tanpa disadari telah menggunakan suatu cara berpikir yang rumit diterjemahkan. Seperti bagaimana manusia dapat mengenali orang lain baik dengan cara melihat, mendengar suara bahkan sampai sesuatu yang sangat kecil sekalipun seperti mengenali suara langkah sepatunya. Proses ini merupakan suatu proses cerdas yang saat ini banyak diteliti dalam perkembangan kecerdasan komputer, yaitu bagaimana sebuah komputer dapat mengenali seseorang baik dari wajah, maupun suaranya.

Kecerdasan ini digunakan oleh sebuah metode-metode yang antara lain :

- Sistem Pakar
- Logika Fuzzy
- Jaringan Syaraf Tiru
- Algoritma Genetik

Sistem Pakar adalah suatu sistem yang meniru cara berpikir seorang pakar/ahli. Sistem ini awalnya dikembangkan khususnya dalam bidang kedokteran, tetapi saat ini sudah dikembangkan pada bidang-bidang lainnya seperti teknik sipil, teknik industri dan lain-lainnya.

Logika Fuzzy adalah suatu sistem yang meniru cara berpikir manusia terhadap suatu masalah yang BENAR atau SALAH. Logika Fuzzy adalah suatu sistem yang menyeimbangkan antara dua hal yang berlawanan, seperti memperhitungkan kecerdasan manusia dan kecerdasan komputer. Logika fuzzy ini adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang bersifat ambigu.

Jaringan Syaraf Tiru adalah suatu sistem yang meniru cara kerja otak manusia. Jaringan Syaraf Tiru adalah suatu sistem yang meniru cara kerja otak yang diterjemahkan ke dalam bentuk komputer. Jaringan Syaraf Tiru adalah suatu sistem yang meniru keunggulan dalam hal kecerdasan manusia.

Algoritma Genetik adalah suatu sistem yang meniru cara kerja alamiah yang terdapat dalam alam. Algoritma Genetik adalah suatu sistem yang meniru cara kerja alamiah yang terdapat dalam alam. Algoritma Genetik adalah suatu sistem yang meniru keunggulan dalam hal kecerdasan manusia.

Dalam perkembangan kecerdasan komputer, seringkali dinamakan dengan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Kecerdasan komputer adalah suatu bentuk adopsi kecerdasan manusia yang dilakukan oleh komputer. Dengan menggunakan kecerdasan komputer itu dimungkinkan sebuah komputer mampu berpikir seperti layaknya manusia. Dalam perkembangannya sangatlah sulit menyamai kecerdasan manusia, tetapi setidaknya komputer mampu melakukan sesuatu dengan cara yang bagi manusia adalah cara yang cerdas.

Pada generasi kecerdasan komputer, seringkali dinamakan dengan cara cerdas ini adalah sesuatu yang seringkali dilakukan oleh manusia tanpa disadari telah menggunakan suatu cara berpikir yang rumit diterjemahkan. Seperti bagaimana manusia dapat mengenali orang lain baik dengan cara melihat, mendengar suara bahkan sampai sesuatu yang sangat kecil sekalipun seperti mengenali suara langkah sepatunya. Proses ini merupakan suatu proses cerdas yang saat ini banyak diteliti dalam perkembangan kecerdasan komputer, yaitu bagaimana sebuah komputer dapat mengenali seseorang baik dari wajah, maupun suaranya.

Rancangan Sistem Pakar Dengan Penerapan Teknologi Fuzzy

Kecerdasan komputer adalah suatu bentuk metode-metode atau cara-cara yang digunakan oleh sebuah program komputer dengan meniru cara berpikir manusia. Dari metode-metode yang ada, terdapat 4 metode yang saat ini banyak dikembangkan orang antara lain :

- a. Sistem Pakar (*Expert System*)
- b. Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)
- c. Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*)
- d. Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*)

Sistem Pakar adalah suatu sistem yang dikembangkan dengan meniru cara berpikir seorang pakar/ahli(5). Sistem ini awalnya dikembangkan khususnya dalam bidang kedokteran, tetapi saat ini sudah dikembangkan pada bidang-bidang lainnya seperti teknik sipil, teknik industri dan lain-lainnya.

Logika Fuzzy adalah suatu metode yang mengadopsi penilaian yang dilakukan manusia terhadap suatu kebenaran. Pada kebanyakan sistem digital kebenaran dinilai BENAR atau SALAH (0 atau 1). Padahal dalam penilaian manusia terdapat suatu kebimbangan antara benar dan salah. Sistem-sistem yang menggunakan logika fuzzy ini memperhitungkan kebimbangan nilai benar dan salah tersebut. Keunggulan dari logika fuzzy ini adalah membuat sistem menjadi lebih baik.

Jaringan Syaraf Tiruan adalah suatu metode yang mengadopsi proses berpikir dalam otak manusia. Metode ini berisi proses stimulasi-stimulasi yang berlangsung dalam otak yang diterjemahkan dalam simbol, nilai dan bobot. Metode ini mempunyai keunggulan dalam hal proses pembelajaran.

Algoritma Genetika adalah suatu metode yang mengadopsi proses seleksi alamiah yang terdapat dalam teori evolusi. Dasar pemikiran dari metode ini adalah bahwa sesuatu yang baik yang diperoleh dari induk-induk yang baik. Metode ini sangat baik dalam optimasi.

Dalam perjalanan perkembangan suatu generasi teknologi menjadi lebih mantap dan berdaya guna tinggi, membutuhkan adanya pengembangan dasar pengetahuan dan dilakukannya berbagai macam riset atau penelitian yang bersifat eksperimental. Penelitian atau riset ini akan memberikan jawaban terhadap pertanyaan mendasar seperti : teori-teori apa saja yang masih secara praktis masih relevan untuk kemudian dikembangkan atau teori mana saja yang sama 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, dan 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 ini dianggap mampu menciptakan sebuah revolusi dalam teknologi. Sebagai contoh, mulai tahun 90-an para manufaktur industri yang bergerak di bidang *Distributed Control System (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, *Motorola*, 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 perparkiran, sistem pengaturan lampu lalu lintas, dan pengendalian kecepatan kendaraan di jalan bebas hambatan.
4. Dalam peralatan sehari-hari : mesin cuci fuzzy dan *vacum cleaner* fuzzy dan lain-lain.
5. Dalam aplikasi industri di antaranya : industri kimia, sistem pengolahan kertas, dan lain-lain.
6. Dalam power satations ; sistem diagnosis kebocoran- H_2

Masih banyak barang-barang elektronik

2. DASAR TEORI

2.1. LOGIKA FUZZY

Logika fuzzy profesor di University menyatakan hukum opersasi persamaan matematis. hakekatnya adalah memanfaatkan logika sistem yang terlalu persamaan matematis digunakan dalam logika sistem dengan lebih dinyatakan dalam bentuk

Jika temperatur

Ungkapan Parameter nilai-nilai yang dikenal bukan satu nilai tegas dapat dilakukan pengendalian logika fuzzy kendali dengan menanggapi fluktuasi pada variabel

2.2. Pendekatan

Untuk mengimplementasikan pendekatan konvensional pengendali. Misalkan pengendali 'tegas' me

Jika temperatur "1000 rpm"

Jika temperatur rpm"

Dalam sistem kontrol, pengendali bergambaran ini, masukan harus merupakan cara tertentu. Variasi menyebabkan keluaran mencapai 70° F atau kecepatan 1000 rpm. aturannya kedua yakni pengendali dengan

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

2. DASAR TEORI

2.1. LOGIKA FUZZY

Logika fuzzy pertama kali dikenalkan kepada publik oleh Lotfi Zadeh, seorang profesor di University of California di Berkeley. Logika fuzzy adalah metodologi untuk menyatakan hukum operasional dari suatu sistem dengan ungkapan bahasa, bukan dengan persamaan matematis. Dengan kata lain, sistem pengendali berbasis logika fuzzy pada hakekatnya adalah sistem pakar waktu-nyata (*real-time expert system*) yang memanfaatkan logika fuzzy untuk memanipulasi variabel-variabel kualitatif. Banyak sistem yang terlalu kompleks untuk dimodelkan secara akurat, meskipun dengan persamaan matematis yang kompleks. Dalam kasus seperti itu, ungkapan bahasa yang digunakan dalam logika fuzzy dapat membantu mendefinisikan karakteristik operasional sistem dengan lebih baik. Ungkapan bahasa untuk karakteristik sistem biasanya dinyatakan dalam bentuk implikasi logika, misalnya aturan *Jika ? Maka:*

Jika temperatur_ruangan Hangat, maka atur kecepatan_kipas pada posisi Sedang

Ungkapan Panas dan Sedang sebenarnya adalah himpunan yang mendefinisikan nilai-nilai yang dikenal sebagai fungsi keanggotaan. Dengan memilih rentang nilai dan bukan satu nilai tegas untuk mendefinisikan variabel masukan "temperatur_ruangan", dapat dilakukan pengendalian variabel keluaran "kecepatan_kipas" secara lebih akurat. Pengendali logika fuzzy (*fuzzy logic controller*) dapat meningkatkan kinerja sistem kendali dengan menekan munculnya fungsi-fungsi liar pada keluaran yang disebabkan oleh fluktuasi pada variabel masukannya.

2.2. Pendekatan Konvensional

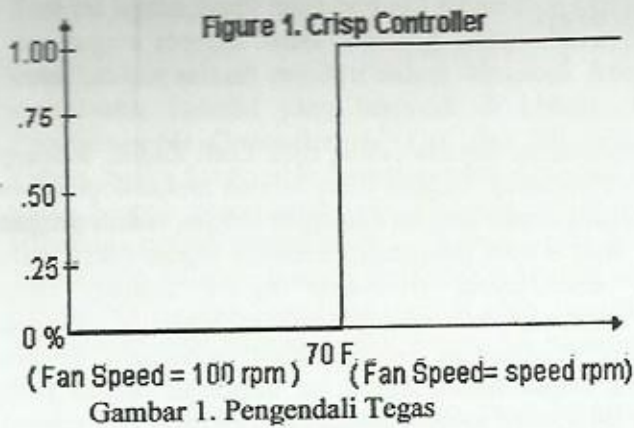
Untuk menggambarkan perbedaan antara pendekatan logika fuzzy dengan pendekatan konvensional, di bawah ini dibahas contoh masalah dalam suatu sistem pengendali. Misalkan, untuk pernyataan logika berikut ini akan dijelaskan bagaimana pengendali 'tegas' menanganinya.

Jika temperatur_ruangan ≥ 70 Fahrenheit, maka atur kecepatan_kipas pada "1000 rpm"

Catatan : (\geq lebih besar sama dengan)

Jika temperatur_ruangan < 70 Fahrenheit, maka atur kecepatan_kipas pada "100 rpm"

Dalam sistem kendali konvensional yang sering disebut sebagai 'kendali tegas' -, pengendali bergantung pada titik-titik keputusan atas dasar nilai-nilai tegas. Pada sistem ini, masukan harus mencapai nilai pasti tertentu sebelum sistem kendali bereaksi dengan cara tertentu. Variasi yang sangat kecil sekalipun pada nilai masukannya dapat menyebabkan keluaran bereaksi sangat berbeda. Misalnya, jika temperatur ruangan mencapai 70° F atau lebih, maka dipakai aturan pertama yakni kipas diatur pada kecepatan 1000 rpm. Jika temperatur berubah menjadi di bawah 70° F, maka berlaku aturan kedua yakni kipas diatur pada kecepatan 100 rpm. Dalam bentuk diagram, pengendali dengan nilai tegas diperlihatkan pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Pengendali Tegas

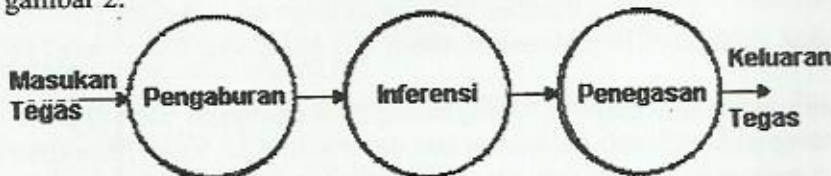
Apa yang terjadi bila temperatur menjadi 69.5° F? Atau, lebih-lebih, apa yang akan terjadi pada sistem pengendali bila temperatur berubah dari nilai 70° F menjadi di atas 70° F? Bisa jadi juga temperatur berfluktuasi antara sedikit di atas atau di bawah 70° F (misalnya antara 69.0° F sampai 71.0° F)? Pada sistem kendali tegas, kejadian ini akan menyebabkan putaran kipas berubah-ubah secara liar menanggapi perubahan pada variabel masukan temperatur ruangan, meskipun sebenarnya perubahan temperatur tidak begitu terasa. Fluktuasi kecil pada masukan seperti kasus yang di-paparkan sangat sulit ditanggapi oleh kendali 'tegas', sebaliknya pada kondisi demikian inilah logika fuzzy menunjukkan kelebihanya.

2.3. Pendekatan Logika Fuzzy

Logika fuzzy diimplementasikan dalam tiga tahapan :

1. Tahap pengaburan (*fuzzification*), yakni pemetaan dari masukan tegas ke himpunan fuzzy.
2. Tahap inferensi, yakni pembangkitan aturan fuzzy.
3. Tahap penegasan (*defuzzification*), yakni transformasi keluaran dari nilai kebur ke nilai tegas.

Ketiga tahapan logika fuzzy tersebut dapat digambarkan dalam diagram blok seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Proses dalam Logika Fuzzy

a. Pengaburan

Pada tahap pengaburan, nilai masukan nyata terukur dipetakan ke dalam fungsi keanggotaan fuzzy. Sebagai contoh, dalam bahasan berikut pengendali temperatur ruangan di atas dikembangkan dengan metode logika fuzzy.

Untuk membuat sistem kendali temperatur ruangan mula-mula dikembangkan fungsi keanggotaan untuk variabel masukan "temperatur ruangan". Fungsi keanggotaan ini didefinisikan dengan rentang nilai dan derajat keanggotaan. Dalam logika fuzzy,

penting untuk mem-
berada tetapi juga
memiliki bobot ke-
memiliki memiliki b-
suatu saat. Sebagai
pada



Gambar 3. Fungsi ke

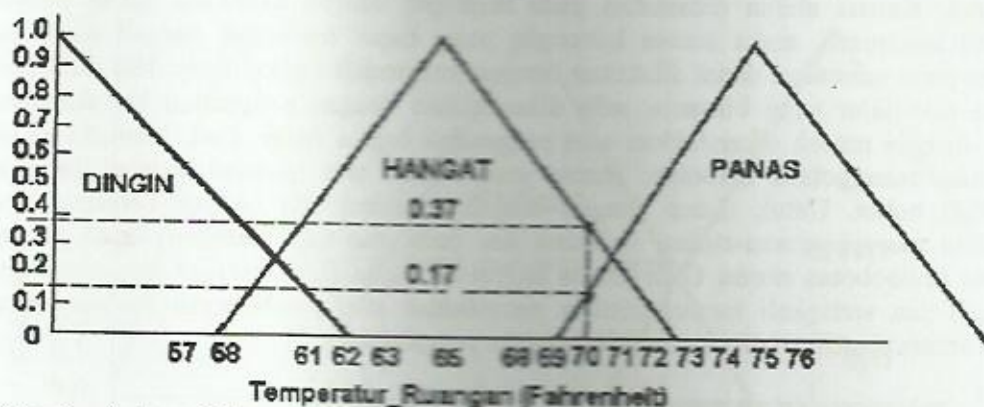
Seperti terlihat nilai yang dapat salin himpunan nilai keang- adalah DINGIN, HAN- diagram tersebut, ad- dengan garis yang perpotongan ini dim- keanggotaan relatif- contoh, nilai 70 p- keanggotaan PANAN- anggota dari fungsi ke-

Tidak seperti sebagai anggota atau- sebagai anggota atau- dasar keanggotaan d- suatu fungsi keanggg- 70° F adalah lebih co- maka pengendali aka- menentukan aksi kelu-

b. Inferensi

Setelah fungsi- basis aturan pengend- pengendali terhadap- yakni bagian penentu- untuk menentukan- diperlakukan untuk pe-

penting untuk membedakan tidak hanya dalam fungsi keanggotaan mana suatu variabel berada tetapi juga derajat keanggotaan relatif variabel tersebut. Jadi tiap variabel memiliki bobot keanggotaan dalam suatu fungsi keanggotaan. Suatu variabel dapat memiliki bobot keanggotaan dalam beberapa fungsi keanggotaan sekaligus pada suatu saat. Sebagai contoh. Fungsi keanggotaan "temperatur_ruangan" mungkin seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel masukan temperatur_ruangan

Seperti terlihat pada gambar 3, fungsi keanggotaan fuzzy memiliki rentang nilai-nilai yang dapat saling tumpang-tindih. Dalam diagram tersebut didefinisikan adanya tiga himpunan nilai keanggotaan untuk variabel "temperatur_ruangan". Ketiga himpunan itu adalah DINGIN, HANGAT, dan PANAS. Derajat keanggotaan suatu nilai tertentu, dalam diagram tersebut, adalah titik perpotongan antara nilai masukan pada sumbu horisontal dengan garis yang mendefinisikan satu atau lebih fungsi keanggotaan fuzzy. Titik perpotongan ini dinyatakan dengan nilai tertentu pada sumbu tegak yang menentukan keanggotaan relatif nilai tersebut di dalam himpunan nilai masukan nyata. Sebagai contoh, nilai 70 pada variabel temperatur_ruangan adalah anggota dari fungsi keanggotaan PANAS dengan keanggotaan relatif 0.17. Nilai 70 tersebut juga adalah anggota dari fungsi keanggotaan HANGAT dengan keanggotaan relatif 0.37.

Tidak seperti pada sistem tegas, di mana suatu nilai secara tegas dapat dinyatakan sebagai anggota atau bukan anggota dari suatu fungsi, sistem logika fuzzy bekerja atas dasar keanggotaan dari suatu himpunan dan derajat keanggotaan nilai tersebut untuk suatu fungsi keanggotaan tertentu. Dalam kasus ini, karena temperatur_ruangan pada 70° F adalah lebih condong pada keanggotaan HANGAT (0.37) daripada PANAS (0.17), maka pengendali akan memperhitungkan derajat keanggotaan HANGAT tersebut dalam menentukan aksi keluaran yang akan dilakukan.

b. Inferensi

Setelah fungsi keanggotaan untuk variabel masukan dan keluarannya ditentukan, basis aturan pengendalian dapat dikembangkan untuk menghubungkan aksi keluaran pengendali terhadap kondisi masukannya. Tahap ini disebut sebagai tahap inferensi, yakni bagian penentuan aturan dari sistem logika fuzzy. Sejumlah aturan dapat dibuat untuk menentukan aksi pengendali fuzzy. Contoh berikut ini, misalnya, dapat diperlakukan untuk pengendali yang sedang dibahas.

- Jika temp_ruangan Dingin, maka atur kecepatan_kipas pada posisi Lambat.
- Jika temp_ruangan Panas, maka atur kecepatan_kipas pada posisi Cepat.
- Jika temp_ruangan Hangat, maka atur kecepatan_kipas pada posisi Sedang.

Aturan-Aturan tersebut dapat menghubungkan banyak variabel masukan dan keluaran. Namun aturan didasarkan pada deskripsi dengan kata-kata bukan dengan definisi matematis, maka semua hubungan yang dapat dijelaskan dengan ungkapan bahasa pada umumnya dapat dilakukan dengan pengendali logika fuzzy. Hal ini berarti sistem non-linear yang biasanya sulit dikendalikan dengan pengendali konvensional, dapat dengan mudah dikendalikan oleh pengendali logika fuzzy. Dan, karena variabel memiliki keanggotaan berbobot, aturan yang terdiri atas variabel-variabel ini juga memiliki bobot. Untuk sistem dengan banyak masukan dan banyak keluaran serta memiliki banyak aturan-aturan, fluktuasi liar pada tiap-tiap masukan dapat ditekan dengan penekanan aturan. Oleh karena itu sistem logika fuzzy bersifat sangat pangkah (robust) dan serbaguna memungkinkan perubahan atau pembuangan banyak aturan tanpa akan signifikan mempengaruhi karakter pengendalian.

c. Penegasan (Defuzzification)

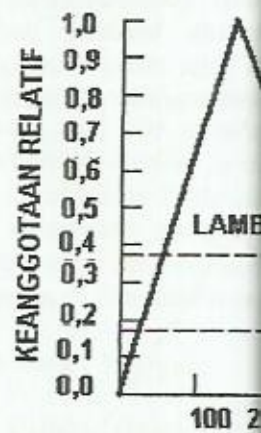
Sebelum dilakukan evaluasi atas masukan dan menerapkan basis aturannya, pengendali logika fuzzy menghasilkan ke-luaran untuk diberikan kepada sistem yang dikendalikannya. Hal ini dilakukan misalnya dengan cara mengeluarkan tegangan atau arus listrik pada nilai tertentu untuk mengendalikan kecepatan putaran kipas pada contoh di atas atau mungkin menentukan kecepatan optimal lengan robot ketika mendekati tujuannya. Pengendali logika fuzzy harus mengubah variabel keluaran fuzzy menjadi nilai-nilai tegas yang dapat digu-nakan untuk mengendalikan sistem. Proses ini disebut sebagai penegasan (*defuzzification*). Telah dikembangkan banyak metode untuk melakukan penegasan ini, diantaranya adalah metode penegasan maksimum (*maximum defuzzification method*) dan metode penegasan dengan penghitungan titik-pusat (*centroid calculator defuzzification*).

Fungsi keanggotaan masukan berbobot dan aturan yang dikenakan padanya menentukan keanggotaan relatif dalam fungsi keluaran. Besarnya keanggotaan relatif yang diberikan pada variabel masukan akan diberikan juga pada variabel keluaran, sebagaimana ditentukan oleh aturan yang diberlakukan. Untuk temperatur_ruangan = 70°, variabel ke-luaran memberikan nilai yang berkorespondensi dengan nilai masukan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara Variabel Masukan, Aturan, dan Variabel Keluaran

Variabel Masukan	Aturan	Variabel Keluaran
temperatur_ruangan (Hangat) = 0.37	Jika temperatur_ruangan = Hangat maka atur kecepatan_kipas pada posisi Sedang	kecepatan_kipas (Sedang) = 0.37
temperatur_ruangan (Panas) = 0.17	Jika temperatur_ruangan = Panas maka atur kecepatan_kipas pada posisi Cepat	kecepatan_kipas (Cepat) = 0.17

Pada gambar ini, nilai pada sumbu vertikal. Pada bobot untuk kecepatan Kecepatan k Kecepatan k



Gambar 4.

Seperti ditur perpotongan garis lu vertikal dengan garis ditarik garis lurus ve tegas.

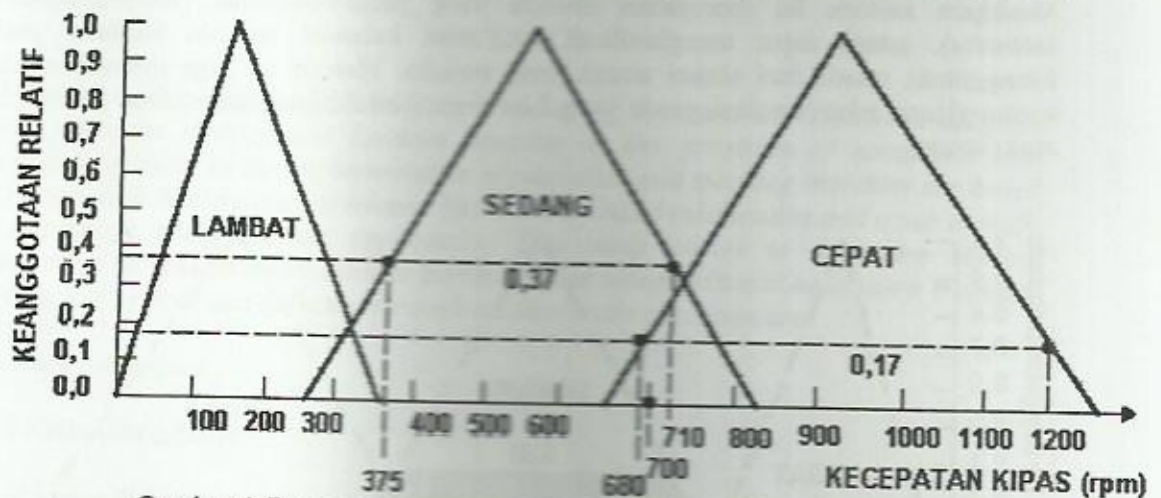
2.4. Metode Pen

Salah satu n adalah metode maks fungsi keanggotaan Pada contoh di ata patan_kipas yakni penegasan maksimum keanggotaan relatif ter berikut dipilih karena

Jika temp_r Kecepatan_k Nilai 0.37 pa dua titik ?- satu pa kemiringan negatif (penyelesaian.

Pada gambar 4 ditunjukkan fungsi keanggotaan variabel keluaran. Dalam kasus ini, nilai pada sumbu horisontal ditentukan oleh keanggotaan relatif yang tertera pada sumbu vertikal. Pada tabel 1, nilai masukan temperatur_ruangan = 70 menghasilkan dua bobot untuk kecepatan_kipas:

Kecepatan_kipas = 0.37 diberikan kepada fungsi keanggotaan keluaran SEDANG.
Kecepatan_kipas = 0.17 diberikan kepada fungsi keanggotaan keluaran CEPAT.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Variabel Keluaran Kecepatan_Kipas

Seperti ditunjukkan pada gambar 4, nilai keluaran nyata digambarkan oleh perpotongan garis lurus horisontal yang ditarik dari nilai faktor pembobotan pada sumbu vertikal dengan garis bidang fungsi keanggotaan terkait. Dari titik perpotongan tersebut ditarik garis lurus vertikal memotong sumbu horisontal untuk menentukan nilai keluaran tegas.

2.4. Metode Penegasan Maksimum

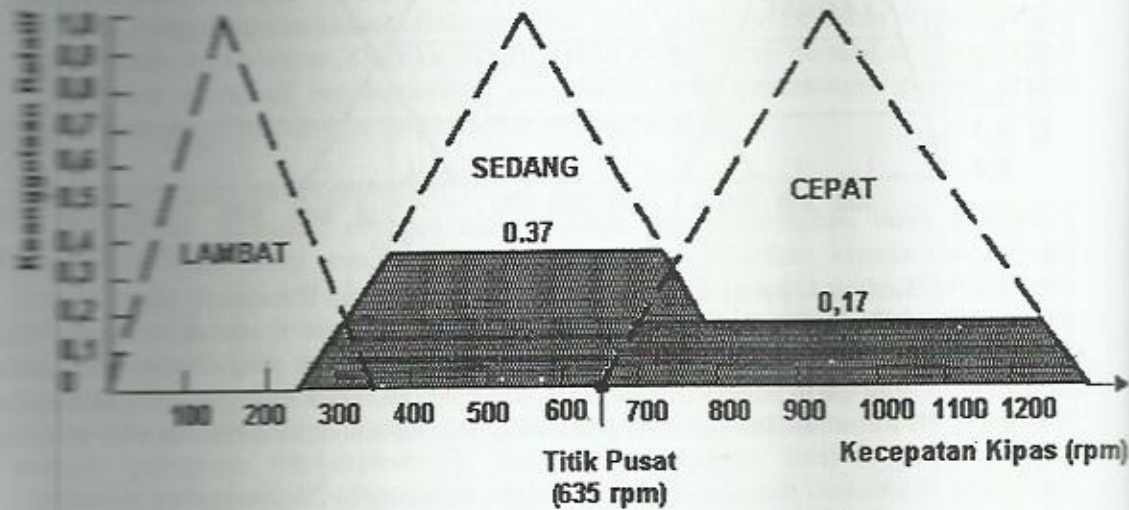
Salah satu metode penegasan yang bisa digunakan pada kendali logika fuzzy adalah metode maksimum. Pada metode ini, bila lebih dari satu aturan yang berlaku, fungsi keanggotaan relatif terbesar yang diambil untuk menentukan nilai keluaran. Pada contoh di atas, temperatur_ruangan = 70° F menghasilkan dua nilai kecepatan_kipas yakni kecepatan_kipas = 0.37 dan kecepatan_kipas = 0.17. Metode penegasan maksimum mengambil satu nilai dengan memilih aturan yang memiliki nilai keanggotaan relatif terbesar dalam fungsi keanggotaan keluaran. Dalam contoh ini, aturan berikut dipilih karena memiliki nilai keanggotaan tertinggi untuk kecepatan_kipas.

Jika temp_ruangan = Hangat, maka atur kecepatan_kipas pada Sedang.
Kecepatan_kipas (Sedang) = 0.37.

Nilai 0.37 pada sumbu vertikal memotong fungsi ke-anggotaan SEDANG pada dua titik ?- satu pada garis kemiringan positif (pada 375 rpm) dan satu pada garis kemiringan negatif (pada 710 rpm). Dua titik tersebut menunjukkan dua kemungkinan penyelesaian.

2.5. Metode Penegasan dengan Penghitungan Titik Pusat

Cara lain untuk menentukan nilai keluaran tegas adalah dengan metode penghitungan titik pusat. Pada metode ini seperti gambar 5, nilai rata-rata terbobot dari semua aturan yang aktif (berlaku) menentukan nilai keluaran, dengan cara menjumlahkan dari semua rata-rata seluruh variabel keluaran pada masing-masing keanggotaan relatif. Meskipun metode ini merupakan metode yang padat-komputasi (*computationally intensive*), tetapi dapat menghasilkan satu nilai keluaran tertentu berdasar pada keanggotaan relatif dari semua aturan yang berlaku. Metode ini juga menghilangkan kemungkinan adanya solusi ganda yang bisa terjadi bila digunakan metode penegasan maksimum.



Gambar 5. Penghitungan Titik Pusat

3. RANCANGAN 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:

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 perangkat 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 sistematik yang baku dan seragam tentang metodologi pemecahan problema kendali menggunakan pengendali fuzzy.

Labkom.bl.ac.id original Along with the development of multimedia devices in the field of Information Technology, the use of e-learning using Moodle increases student satisfaction on a subdomain approach. The data was

Key word : Webqual

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Laboratorium pelaksana teknis yang menggunakan komputer (baik hardware dan pemeliharaan komputer) yakni labkom.bl.ac.id komunikasi antara asisten, mahasiswa labkom.bl.ac.id antara

Sejalan dengan perkembangan sarana komputer dan teknologi dan Pengajaran yang labkom.bl.ac.id dikembangkan menggunakan aplikasi Moodle memfasilitasi. Beberapa fitur yakni Materi moodle yang dapat power point dan acrobats diharapkan dapat semaksimal Budi Luhur.

b. Perumusan masalah

Pada saat ini online.labkom.bl.ac.id web learning ini, terdapat bagaimana cara login.