

## SISTEM PAKAR BERBASIS LOGIKA KABUR UNTUK PENENTUAN PENERIMA BEASISWA

Heru Supriyono<sup>1</sup>, Sujalwo<sup>2</sup>, Tri Sulistyawati<sup>2</sup>, Afada Rio Trikunahyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UMS

<sup>2</sup>Program Studi Informatika Fakultas Komunikasi dan Informatika UMS

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia, 57102

Kontak email: Heru.Supriyono@ums.ac.id

### ABSTRAKSI

Sistem pakar adalah sebuah program komputasi dalam komputer untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks dengan cara meniru cara berpikir manusia yang pakar dibidang tersebut. Pemilihan penerima beasiswa pada sebuah perguruan tinggi adalah permasalahan yang penting karena tawaran beasiswa yang masuk dari berbagai lembaga donor selalu ada setiap tahunnya namun jumlahnya terbatas sedangkan peminatnya selalu lebih banyak dari kapasitas yang tersedia. Sehingga, penelitian mengenai perancangan sebuah sistem pakar untuk penyeleksian calon penerima beasiswa sangat penting dilakukan karena sistem pakar yang diimplementasikan dalam program komputer akan memproses data-data yang masuk apa adanya tanpa dipengaruhi faktor-faktor pribadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan struktur logika kabur sebagai basis sistem pakar untuk pemilihan calon penerima beasiswa. Hasil penelitian berupa sistem pakar berbasis logika kabur untuk seleksi beasiswa yang dirancang dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB/SIMULINK. Hasil pengujian dengan memasukkan data-data cpelamar beasiswa menunjukkan sistem inferensi logika kabur mampu meniru seperti layaknya seorang ahli berpikir menentukan calon penerima beasiswa dan mampu bekerja dengan baik.

**Kata Kunci:** sistem pakar, logika kabur, sistem inferensi fuzzy, seleski penerima beasiswa.

### ABSTRACT

Expert systems is a computer program developed to solve a complex problem by mimicking how human expert think and develop his or her reasoning. Selecting scholarship recipient for university student is an important task because scholarship offered from sponsor is limited compared to number of applicants. So that research in expert systems development is very important because an expert system selects scholarship recipient from all potential candidates based on the data only free from personal bias. The objective of the research is to design and develop a fuzzy logic based expert systems for scholarship recipient selection. The result of the result is a fuzzy logic based expert system implemented using MATLAB/SIMULINK software. Test result showed that the inference system of developed expert system able to mimic human reasoning and able to work well.

Key words: expert system, fuzzy logic, fuzzy inference systems, scholarship selection.

### 1. PENDAHULUAN

Sistem pakar adalah sebuah metode komputasi komputer yang meniru bagaimana manusia menyelesaikan permasalahan, biasanya adalah masalah yang kompleks, yang sesuai dengan keahlian yang dimilikinya. Seperti layaknya manusia, dalam menyelesaikan permasalahan yang diberikan, pertama-tama sistem pakar menerima masukan yaitu permasalahan apa yang akan diselesaikan kemudian menggunakan metode tertentu untuk mempertimbangkan dan menilai masukan-

masukan yang ada tersebut untuk mengambil suatu keputusan.

Setiap tahun banyak tawaran beasiswa yang disediakan untuk mahasiswa dari berbagai instansi seperti Beasiswa Bantuan Mahasiswa (BBM) dan Beasiswa Dan Bantuan Biaya Pendidikan Peningkatan Prestasi Akademik (BBP-PPA) dari Direktorat Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti), Beasiswa Toyota Astra, Djarum dan lain-lain. Pendaftar beasiswa selalu lebih banyak daripada kuota yang disediakan. Metode penentuan penerima

beasiswa yang umum dilakukan adalah dengan menggunakan metode intuisi, yaitu pengelola beasiswa membandingkan data-data pelamar beasiswa kemudian memilih calon penerima. Metode intuisi ini bisa digunakan dengan hasil cukup tepat bagi orang yang sudah berpengalaman atau bisa disebut ahlinya (pakarnya) namun akan kurang tepat apabila dilakukan oleh orang baru atau yang belum berpengalaman. Kekurangan dari ketergantungan terhadap orang yang ahli adalah pakar tersebut bisa pindah kerja, sakit, meninggal atau tingkat kepakarannya menurun karena beberapa faktor misalnya usia. Selain itu seperti layaknya manusia biasa, seorang pakar juga bisa tidak tepat dalam membuat sebuah keputusan karena kecenderungan.

Sebuah sistem pakar dibuat untuk meniru keahlian seorang manusia pakar yang dalam bekerja tanpa mempunyai kecenderungan pribadi karena komputer tidak mempunyai perasaan. Logika kabur adalah salah satu metode komputasi komputer yang mengadopsi istilah bahasa linguistik yang digunakan manusia dalam berkomunikasi dalam proses penalarannya. Sejauh yang peneliti ketahui, sistem pakar berbasis logika kabur Mamdani untuk penyelesaian masalah beasiswa belum pernah dipublikasikan sebelumnya. Berangkat dari kondisi ini, peneliti mengusulkan untuk membuat sistem pakar berbasis logika kabur untuk menentukan calon penerima beasiswa dari pelamar yang ada.

Secara umum, sistem pakar berbasis logika kabur dengan berbagai variasinya mendapatkan perhatian yang besar dari para peneliti untuk menyelesaikan berbagai jenis permasalahan diantaranya adalah untuk membangun sebuah sistem pengambilan keputusan dalam grup untuk studi kasus tumpahnya minyak di laut Brazil (Krohling and Campanharo, 2011), untuk menyelesaikan masalah pemilihan alternatif terbaik untuk pelayanan pasien gagal jantung di taiwan (Kuo *et al*, 2012), untuk penentuan zona kekeringan (Kazemi Rad *et al*, 2012), untuk analisis kualitas pelayanan hotel di Taiwan (Cheng *et al*, 2011), untuk pemodelan alokasi dana penelitian (Ignatius *et al*, 2012), pemilihan mesin yang cocok untuk industri (Yurdakul

dan Tansel, 2009), untuk pengendalian sistem tangki (Yazid, 2009), untuk evaluasi kualitas guru (Trstenjak dan Donko, 2013), untuk penyelesaian masalah investasi properti (Prasetiya dkk, 2012) dan untuk menyelesaikan perencanaan produksi pada perusahaan farmasi (Firmansyah dan Utami, 2013). Untuk aplikasi pada beasiswa, Shofwatul 'Uyun dan Imam Riadi (2011) mempublikasikan hasil penetiannya tentang pembuatan sistem pakar berbasis metode TOPSIS dan *weighted product* (WP) untuk penentuan penerima beasiswa. Selain itu Henry Wibowo dkk (2009) mempublikasikan hasil penelitiannya tentang perancangan sistem pakar berbasis metode *simple additive weighting* (SAW) untuk penentuan penerima beasiswa Bank Rakyat Indonesia (BRI) di Universitas Islam Indonesia.

### 1.1 Pengertian Beasiswa

Definisi beasiswa menurut Wikipedia (diakses pada bulan Juli 2014) adalah sebuah pemberian bantuan dalam bentuk keuangan yang diberikan kepada siswa atau mahasiswa atau perorangan yang bertujuan untuk menunjang demi keberlangsungan pendidikan penerimanya. Beasiswa diberikan oleh donatur baik itu berupa lembaga pemerintah, perusahaan atau yayasan. Secara prinsip, sifat beasiswa dibedakan menjadi dua jenis yaitu beasiswa yang sifatnya tanpa ikatan ataupun beasiswa dengan ikatan dinas.

### 1.2 Sistem Pakar

Menurut Badiru dan Cheung (2002) sistem pakar adalah sebuah program komputer yang mempunyai kemampuan membuat keputusan pada permasalahan yang kompleks dengan cara proses berpikir seperti layaknya manusia yang ahli. Sistem pakar sangat potensial digunakan untuk melakukan prediksi, identifikasi, perancangan, perencanaan, monitoring dan pengendalian. Sistem pakar memiliki tiga buah komponen utama yaitu basis pengetahuan, *memory* kerja dan mesin inferensi.

### 1.3 Logika Kabur

Logika kabur merupakan sebuah metode komputasi yang ditemukan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 (Sivanandam dkk, 2007). Logika kabur adalah salah satu metode dalam

komputasi dimana variabel yang dihitung bukanlah nilai numeriknya secara langsung namun nilai variabel numerik ini ditransformasikan kedalam fungsi keanggotaan yang derajatnya dalam rentang [0,1] melalui proses yang disebut dengan fuzzifikasi. Dengan dilakukannya transformasi ini maka apabila ada ketidaktepatan pada variabel masukan maka tidak akan terlalu berpengaruh pada proses dan hasil komputasi. Kemudian mekanisme penalaran menggunakan skema sistem inferensi dilakukan untuk didapatkan sebuah keluaran. Hasil keluaran dalam sebuah logika kabur masih dalam variabel logika kabur sehingga perlu ada mekanisme yang disebut dengan defuzzifikasi untuk mendapatkan variabel keluaran yang merupakan variabel yang bersifat *crisp* (tegas). Prinsip kerja logika kabur secara keseluruhan dapat dilihat pada diagram blok Gambar 1 (Sivanandam dkk, 2007).

Sistem inferensi logika kabur yang paling populer dan yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem inferensi mamdani. Bentuk struktur inferensi Mamdani mempunyai struktur:

*if (input 1 is membership function 1) and/or (input 2 is membership function 2) and or... then (outputn is output membership function).*

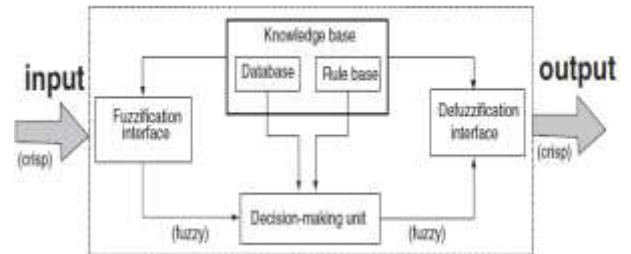
Sebagai contoh:

*if temperature is high and humidity is high then room is hot*

Keluaran sistem inferensi yang masih berupa variabel kabur kemudian harus di-defuzzifikasi. Metode defuzzifikasi yang paling banyak digunakan adalah *centre of gravity* (COG) atau *centre of area* (COA) atau dikenal pula sebagai metode *centroid* yang dapat dilihat pada persamaan 1.

$$z = \frac{\sum_{j=1}^q Z_j \mu_c(Z_j)}{\sum_{j=1}^q \mu_c(Z_j)} \quad (1)$$

dengan  $z$  adalah pusat massa,  $Z_j$  adalah nilai semua inputan, dan  $\mu_c(Z_j)$  adalah nilai derajat keanggotaan pada titik  $Z_j$ .



Gambar 1. Diagram blok logika kabur secara keseluruhan (Sivanandam dkk, 2007).

## 2. METODE PENELITIAN.

Pada penelitian ini, peralatan penelitian yang utama adalah satu unit komputer dengan prosesor Intel Centrino 2.13 Ghz, *random access memory* (RAM) 2 GB, 250 GB HDD, sistem operasi Windows 7 x86 32bit, perangkat lunak MATLAB/SIMULINK dan sambungan internet. Tahapan keseluruhan proses penelitian adalah sebagai berikut: (a) Analisis dan pengumpulan data proses seleksi beasiswa, (b) Perancangan dan pengembangan sistem pakar, dan (c) Pengujian unjuk kerja sistem pakar.

### 2.1. Faktor Penentuan Penerima Beasiswa

Proses pemilihan/penyaringan mahasiswa yang diusulkan untuk mendapatkan beasiswa studi kasus untuk Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) dilakukan pada tingkat fakultas dalam hal ini oleh Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan (WD III). Hasil penyaringan yang dilakukan pada tingkat fakultas kemudian diusulkan kepada rektorat dalam hal ini kepada Kepala Bagian Kemahasiswaan yang selanjutnya diusulkan ke Dikti melalui Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan (WR III).

Proses penyaringan di fakultas dimulai dengan sosialisasi mengenai beasiswa beserta syarat dan kelengkapannya oleh WD III. Mahasiswa yang mendaftar diminta untuk mengisi formulir yang berisi data-data yang akan digunakan untuk proses penyaringan. Berdasarkan hasil pengumpulan data yang dilakukan di beberapa fakultas di UMS

didapatkan data bahwa faktor-faktor yang digunakan untuk proses penentuan beasiswa adalah sebagai berikut: (a) Faktor 1 (F1): Penghasilan orang tua per bulan, (b) Faktor 2 (F2): Jumlah tanggungan kepala keluarga yang biasanya dinyatakan dengan jumlah anak, (c) Faktor 3 (F3): Indeks prestasi Kumulatif (IPK) skala 4, (d) Faktor 4 (F4): Prestasi lomba, dan (e) Faktor 5 (F5): Aktifitas dalam kepengurusan organisasi kemahasiswaan. Pejabat yang berwenang kemudian melakukan seleksi untuk menentukan calon penerima beasiswa berdasarkan faktor-faktor tersebut diatas yang juga merupakan sebuah outputan yaitu Output 1 (O1): Rekomendasi yaitu menyatakan derajat rekomendasi calon penerima beasiswa berdasarkan faktor-faktor yang dipertimbangkan.

## 2.2 Struktur Sistem Pakar

Penggunaan lima buah variabel input dan satu buah keluaran maka struktur sistem pakar untuk seleksi beasiswa dalam penelitian ini dapat disusun seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

## 2.3 Penentuan Fungsi Keanggotaan

Sistem pakar berbasis logika kabur, semua informasi yang diisikan oleh pelamar beasiswa yang berupa angka-angka (yang dikenal dengan besaran crisp) harus diubah menjadi besaran logika kabur dalam bentuk fungsi keanggotaan. Masing-masing faktor yang digunakan untuk pertimbangan penentuan penerima beasiswa dapat mempunyai lebih dari satu fungsi keanggotaan dengan cara membagi rentang faktor tersebut kedalam nilai rentang tertentu. Secara umum dalam logika kabur, semakin banyak fungsi keanggotaan untuk masing-masing faktor akan memungkinkan pembuatan basis aturan yang semakin banyak namun semakin banyak basis aturan akan menyebabkan semakin kompleksnya komputasi pada sistem logika kabur yang dibangun. Dalam penelitian ini masing-masing faktor penentu seleksi beasiswa dibagi kedalam rentang sebagai berikut:

1. F1: Penghasilan orang tua per bulan dibuat tiga fungsi keanggotaan dengan rentang antara 0- Rp. 10 juta dengan mempertimbangkan keumuman tingkat

pernghasilan kebanyakan orang tua mahasiswa. Penghasilan orang tua ini dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan sebagai berikut: (a) Rendah, (b) Sedang, dan (c) Tinggi. Mahasiswa akan mengisikan data berupa angka jumlah penghasilan orang tuanya yang kemudian akan dikonversikan kedalam derajat keanggotaan dalam fungsi keanggotaan.

2. F2: Jumlah tanggungan kepala keluarga (KK), secara spesifik adalah jumlah anak. Dalam penelitian ini jumlah tanggungan dibuat dengan rentang antara 1-10 orang karena mempertimbangkan keumuman yang ada di masyarakat Indonesia. Jumlah tanggungan KK juga dibagi menjadi tiga buah fungsi keanggotaan sebagai berikut: (a) Sedikit, (b) Sedang, (c) Banyak. Mahasiswa akan mengisikan data berupa angka jumlah tanggungan orang tuanya yang kemudian akan dikonversikan kedalam derajat keanggotaan dalam fungsi keanggotaan kabur.

3. F3: Indeks prestasi Kumulatif (IPK) skala 4 dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan sebagai berikut: (a) Rendah, (b) Sedang, (c) Tinggi. Mahasiswa mengisikan data-data IPK yang dipunyai yang terkini sesuai dengan laporan perkembangan studi yang dipunyai, kemudian sistem akan mengkonversikan kedalam derajat keanggotaan.

4. F4: Prestasi lomba. Prestasi lomba yang dimaksud dalam seleksi calon penerima adalah lomba yang berkaitan dengan bidang keilmuan atau bersifat ilmiah yang diadakan oleh sebuah universitas, kopertis atau tingkat nasional (baik oleh sebuah universitas atau lomba tahunan oleh direktorat pendidikan tinggi seperti program kreatifitas mahasiswa (PKM)). Faktor prestasi lomba ini dibagi menjadi tiga buah fungsi keanggotaan sebagai berikut: (a) Tingkat Lokal Universitas, (b) Tingkat Kopertis, (c) Tingkat Nasional. Agar dapat diolah dalam proses komputasi, mahasiswa yang mempunyai prestasi lomba dikonversikan dulu kedalam bilangan antara 0-10 seperti pada Tabel I. berikut:

5. F5: Aktifitas dalam kepengurusan organisasi kemahasiswaan. Cakupan organisasi kemahasiswaan yang dimaksud adalah organisasi intra kampus yaitu meliputi himpunan mahasiswa jurusan/program studi, himpunan mahasiswa fakultas, dan himpunan mahasiswa tingkat universitas. Untuk kemudahan komputasi, faktor aktifitas dalam kepengurusan organisasi kemahasiswaan dibuat dalam skala 10 yang kemudian dibagi kedalam tiga fungsi keanggotaan sebagai berikut: (a) Tingkat Jurusan/program studi, (b) Tingkat Fakultas, (c) Tingkat Universitas. Agar dapat diolah dalam proses komputasi maka jenis-jenis kepengurusan mahasiswa dalam organisasi harus dinyatakan dalam angka dengan melakukan konversi seperti yang dapat dilihat pada Tabel II.

Faktor-faktor tersebut diatas (F1-F5) merupakan variabel masukan logika kabur. Berdasarkan lima buah variabel masukan tersebut, logika kabur akan menghasilkan satu keluaran yaitu nilai rekomendasi yang juga dinyatakan dalam bentuk fungsi keanggotaan sebagai berikut:

Output 1 (O1): Derajat rekomendasi. Semua calon penerima beasiswa dikelompokkan menjadi tiga tingkat rekomendasi sebagai berikut: (a) Rendah, (b) Sedang, (c) Tinggi

Ada beberapa bentuk fungsi keanggotaan yang bisa diaplikasikan untuk membuat struktur logika kabur untuk sistem pakar seleksi beasiswa ini. Tiga fungsi keanggotaan yang sangat populer digunakan diantaranya adalah fungsi keanggotaan segitiga, trapesium dan Gauss. Fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium sangat populer dan sering digunakan dalam pengembangan logika kabur karena sederhana dalam komputasinya. Kekurangan penggunaan fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium adalah tidak memungkinkan perubahan yang halus dan kurang bisa mengakomodasi ketidaktepatan dalam pengukuran. Kekurangan dari fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium ini bisa diselesaikan dengan menggunakan fungsi keanggotaan Gauss (Kreinovich et al., 1992).

Oleh karena itu, fungsi keanggotaan Gauss akan digunakan dalam penelitian ini.

Fungsi keanggotaan Gauss memiliki bentuk umum seperti dinyatakan dalam persamaan 2.

$$\mu(x) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

Dengan  $m$  adalah nilai rata-rata yang menyatakan titik tengah dari fungsi keanggotaan dan  $\sigma$  adalah deviasi standar yang menyatakan lebar fungsi keanggotaan.

#### 2.4 Perancangan Basis Aturan

Basis aturan merupakan suatu proses pengambilan keputusan pada logika kabur yang meniru proses berpikir manusia ahli ketika mengambil keputusan. Pada logika kabur proses pengambilan keputusan dibuat dengan metode inferensi yang dinyatakan dengan pernyataan linguistik yang dikenal dengan sebutan aturan logika kabur. Karena pada penelitian ini terdapat lima variabel masukan dengan masing-masing variabel mempunyai tiga buah fungsi keanggotaan maka kemungkinan jumlah total aturan logika kabur adalah  $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$  aturan.

Berdasarkan hasil wawancara dan data pendaftar dan yang diterima dari penanggung jawab di beberapa fakultas di UMS, didapatkan kesimpulan bahwa untuk beasiswa PPA (BBP-PPA) faktor yang paling dominan adalah IPK, maka dalam penelitian ini IPK (F3) juga dijadikan faktor yang paling dominan. Kemudian faktor dominan berikutnya adalah penghasilan orang tua (F2) dan jumlah tanggungan KK (F2). Dua faktor lainnya yaitu prestasi lomba (F4) dan aktifitas dalam organisasi (F5) mempunyai bobot yang sama.

Pada penelitian ini perancangan logika kabur untuk seleksi calon penerima beasiswa dilakukan dengan perangkat lunak MATLAB yang mempunyai toolbox fuzzy logic. Tampilan struktur logika kabur untuk seleksi beasiswa ini dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 4 menunjukkan tampilan Rule Editor yang digunakan untuk menyusun basis aturan logika kabur untuk menyeleksi calon penerima beasiswa.

### 3. HASIL DAN ANALISA

Pengujian unjuk kerja sistem pakar yang dibuat, sistem pakar yang dibuat diuji dengan cara memberikan masukan berupa data pendaftar beasiswa yang dibuat mewakili kondisi yang seperti data asli. Pada tahap ini, data yang dibuat merupakan data 11 orang mahasiswa dengan lima buah faktor yang digunakan untuk menentukan penerima beasiswa. Data ini dapat dilihat pada Tabel III. Hasil eksekusi program aplikasi yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil pengujian menunjukkan sistem pakar sudah bisa bekerja dengan baik tanpa adanya kesalahan dengan mahasiswa ke-8 (M8) mempunyai nilai rekomendasi yang tertinggi.

Faktor yang sangat menentukan pada pembuatan sistem pakar berbasis logika kabur adalah basis aturan. Seperti pada pengujian dengan data pada Tabel 4.3, kalau IPK adalah satu-satunya faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan beasiswa tanpa mempertimbangkan faktor lainnya maka mahasiswa nomor 4 (IPK 3.90) dan nomor 10 (IPK 3.80) akan memperoleh nilai yang paling tinggi, namun karena sistem pakar mempertimbangkan semua faktor maka justru mahasiswa nomor 8 yang memperoleh nilai rekomendasi paling tinggi. Apabila basis aturannya berubah akan memungkinkan didapatkan hasil yang berbeda.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diketahui bahwa struktur sistem pakar berbasis logika kabur yang dibuat dapat memodelkan seperti layaknya seorang pakar berpikir dalam menentukan calon penerima beasiswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pakar sudah bekerja dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2014). Wikipedia:Beasiswa, <http://id.wikipedia.org/wiki/Beasiswa>, (Diakses tanggal 10 Juli 2014).

Badiru, Adedeji and Cheung, John Y. (2002). *Fuzzy engineering expert systems with*

*neural network*. New York: John Wiley and Sons Inc.

Cheng, Yi-Li; Lin, Yuan-Hsu and Ming-Lang Tseng, Ming-Lang. (2011). Analysis of Hotel Service Quality Perceptions Using Fuzzy TOPSIS. *Progress in Business Innovation & Technology Management*, volume 2011 no. 001, pp. 090-109

Firmansyah, Iman and Utami, Silvia Firda. (2013). Tsukamoto fuzzy logic application in production planning at PT. Kimia Farma (Persero) Tbk. plant Bandung Indonesia. *Proceedings The 2nd International Conference On Global Optimization and Its Applications 2013 (ICoGOIA2013)*. Avillion Legacy Melaka Hotel, Malaysia 28-29 August 2013, pp. 70 – 78.

Ignatius1, Joshua; Mustafa, Adli and Goh, Mark. (2012). Modeling funding allocation problems via ahp-fuzzy topsis. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, volume 8, number 5(A), May 2012, pp. 3329-3340.

Kazemi Rad, L; Ghamgosar, M; dan Haghyghy, M. (2012). Multicriteria Decision Making Based on TOPSIS Method in Drought Zoning: A Case Study of Gilan Province. *World Applied Programming*, Vol. (2), No. (2), February 2012. pp. 81-87.

Kreinovich,, V., Quintana, C. and Reznik, L. (1992). Gaussian membership functions are most adequate in representing uncertainty in measurements. *Proc. NAFIPS'92: North American Fuzzy Information Processing Society Conf., Puerto Vallarta, Mexico Vol. II*, NASA Johnson Space Center, Houston, TX (1992), pp. 618–624.

Krohling, Renato A. and Campanharo, Vinicius C. (2011). Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for



- accidents with oil spill in the sea. *Expert Systems with Applications*, Vol 2011 No.38, pp. 4190–4197.
- Kuo, Ren-Jieh; Yung-Hung Wu, Yung-Hung, and Hsu, Tsung-Shin, Integration of fuzzy set theory and TOPSIS into HFMEA to improve outpatient service for elderly patients in Taiwan. *Journal of the Chinese Medical Association*. Vol 2012 no. 75, pp. 341 – 348.
- Prasetya, Hadi; Usadha, I Gusti Ngurah Rai; dan Irawan, Mohammad. (2012). Penerapan Fuzzy Expert System sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk Investor Properti. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, Vol. 1, No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-928X, pp. A-1 – A-6.
- Sivanandam, S. N.; Sumathi, S. dan Deepa, S. N. (2007). *Introduction to fuzzy logic using matlab*. Berlin: Springer-Verlag.
- Trstenjak, Bruno and Donko, Dzenana. (2013). Teacher quality evaluation in HEI using a fuzzy logic. *2nd International Conference of Informatics and Management Sciences March, 25. - 29. 2013 (ICTIC 2013) Section 7. Information and Communication Technology*, pp. 319 – 326.
- Uyun, Shofwatul dan Riadi, Imam. 2011, A fuzzy TOPSIS multiple-attribute decision making for scholarship selection. *Telkomnika*, Vol.9, No.1, April 2011, ISSN: 1693-6930 accredited by DGHE (DIKTI), Decree No: 51/Dikti/Kep/2010, pp. 37 – 46.
- Wibowo, Henry; Amalia, Riska; Fadlun, Andi dan Arivanty, Kurnia. (2009). Sistem pendukung keputusan untuk menentukan penerima beasiswa Bank BRI menggunakan FMADM (studi kasus: mahasiswa Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia), *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009) ISSN: 1907-5022 Yogyakarta, 20 Juni 2009*, pp. B-62 – B-67.
- Yazid, Edwar. (2009). Penerapan kendali cerdas pada sistem tangki air menggunakan logika fuzzy. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*, ISSN No. 0854-3046 Volume 9 No 2 Desember 2009, pp. 11 – 23.
- Yurdakula, Mustafa dan Tansel İc, Yusuf. (2009). Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems. *Journal of Materials Processing Technology*, volume 2009 no. 209, pp. 310–317.