

FUZZY LOGIC ALGORITHM: REVIEW AND IMPLEMENTATION

Aditya Sofyan Maulana, Agung Bella Putra Utama, Anis Nikmatul Kasanah, Aprilia Fauziah, Della Murbarani Prawidya Murti

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No.5, Sumber Sari, Kota Malang, Jawa Timur 65145

*Corresponding author, email: Adityasm1997@gmail.com

doi: 10.17977/um068.v4.i9.2024.3

Kata kunci Keywords

Algorithm
Fuzzy Logic
Sistem Pendukung Keputusan,
Fuzzification
Inference Rules
De-Fuzzification.

Abstrak

SPK atau yang lebih dikenal sebagai sistem pendukung keputusan merupakan sebuah sistem yang dapat membantu manusia pengambilan keputusan dengan memanfaatkan data dan suatu model untuk memberikan keputusan. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) mempunyai beberapa kelebihan yaitu Sistem Pendukung Keputusan (SPK) mampu mendukung dalam mencari solusi dari masalah yang kompleks. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) juga dapat merespon secara cepat dalam situasi yang tidak diharapkan atau dalam kondisi yang dapat berubah-ubah. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) dapat menghasilkan sebuah keputusan yang lebih tepat dan dapat meningkatkan produktivitas dalam sistem analisis. Karena logika fuzzy sesuai dengan proses penalaran pada pemikiran manusia maka logika fuzzy sering digunakan sebagai sistem pendukung keputusan (SPK). Penggunaan dari Fuzzy logic salah satunya adalah untuk menyampaikan informasi data yang bersifat ambiguous. Dalam Logika fuzzy terdapat beberapa metode yaitu metode Sugeno, metode mamdani dan metode tsukamoto. Pemanfaatan logika fuzzy terdapat di berbagai bidang, seperti pada bidang kesehatan yang diterapkan pada pendagnosisan penyakit, pada bidang bencana dapat digunakan untuk memprediksi adanya gempa bumi, dan dalam bidang pendidikan dapat diterapkan pada pemilihan jurusan. Beberapa tahapan dalam logika fuzzy antar lain adalah fuzzification, Inference rules atau pemberian aturan pada logika fuzzy, fungsi keanggotaan atau membership function yaitu mempresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang pasti dan yang terakhir adalah metode defuzzification.

1. Pendahuluan

Logika merupakan suatu studi tentang penalaran. Biasanya pada teorinya, logika dinyatakan dengan salah atau benar. Namun, dalam kenyataannya, dalam kehidupan sehari-hari sering ditemukan kasus yang tidak dapat dinyatakan sebagai salah atau benar, tapi dinyatakan harus dengan agak benar, hampir benar, dan semacamnya. Dalam logika fuzzy, hal seperti itu dapat dinyatakan dengan suatu nilai antara salah dan benar. Logika fuzzy merupakan logika kabur atau logika yang mengandung ketidakpastian didalamnya. Pada tahun 1965 pertama kali logika fuzzy dikenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh (Syaeful Anas Aklani, 2014), (Gayathri & Sumathi, 2016). Teori himpunan fuzzy merupakan dasar dari logika fuzzy, dimana derajat keanggotaan memiliki peran penting sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan (Syaeful Anas Aklani, 2014), (Nilashi et al., 2017). Ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy ialah nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan ataupun membership function (Syaeful Anas Aklani, 2014).

Dibandingkan dengan variable set biner tradisional yang dapat mengambil nilai false atau true, variabel logika fuzzy mungkin memiliki nilai kebenaran yang berkisar antara 0 dan 1 (Omar et al., 2015). Meskipun logika fuzzy dikembangkan di Amerika, namun saat ini logika fuzzy sudah banyak digunakan di negara-negara maju, terutama di Jepang. Logika fuzzy digunakan sebagai pengendali pada berbagai alat, misalnya pendingin ruangan dan mesin cuci (Meana-Ilorián et al., n.d.), (Singhala et al., 2014), (Nundrakwang et al., 2005). Logika fuzzy pada umumnya memang cenderung lebih

praktis untuk digunakan dalam semua hal karena fleksibel, sederhana, mudah dimengerti, serta memiliki hasil yang lebih baik dan hemat (Panjaitan & Hartoyo, 2011), (Y. V. P. Kumar et al., 2017).

Logika Fuzzy menyediakan cara yang sangat sederhana untuk menarik kesimpulan yang pasti dari informasi yang samar, ambigu, atau tidak tepat (Omar et al., 2015). Logika fuzzy pada hakikatnya memiliki beberapa keunggulan, diantaranya yaitu penalaran logika fuzzy sangat sederhana sehingga mudah dimengerti secara baik, dapat mengaplikasikan serta membangun pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, dapat memodelkan klasifikasi fungsi-fungsi nonlinear yang kompleks, dan terhadap data-data yang tidak tepat memiliki sifat toleransi (Petropoulos et al., 2017), (Nurmaini & Tutuko, 2011), (Godoy et al., 2013), (Rjlf & Khohg, 2017). Selain keunggulan, logika fuzzy juga memiliki sedikit kekurangan, utamanya dalam penerapannya karena hingga kini belum ada pengetahuan sistematik yang baku serta seragam tentang metodologi pemecahan problema kendali menggunakan pengendali fuzzy dan belum adanya metode umum untuk mengembangkan implementasi pengendali fuzzy (Nurmaini & Tutuko, 2011), (Dharma et al., 2011).

2. Metode Fuzzy Logic

Pada logika tegas fuzzy, fungsi keanggotaan merupakan pernyataan untuk sebuah nilai keanggotaan pada himpunan tertentu. Pada nilai keanggotaan terdapat dua nilai kemungkinan, yaitu bernilai 0 dan bernilai 1. Nilai 0 disini menyatakan x adalah bukan bagian himpunan A, sedangkan nilai 1 menyatakan x adalah anggota dari himpunan A. Berikut rumus yang didapat dari penjelasan diatas : (Korol, 2014), (Duminda et al., 2014), (Çekmi, 2016), (Memmedova, 2018), (Tanasijevic et al., 2014).

$$\chi_A : x \rightarrow \{0,1\}$$

Sedangkan dalam logika fuzzy, fungsi keanggotaan merupakan pernyataan untuk sebuah derajat keanggotaan suatu himpunan (Sagnak & Kazancoglu, 2015), (Basjaruddin et al., 2016), (Tanasijevic et al., 2014). Nilai fungsi keanggotaan itu berada pada selang [0,1], kemudian dinyatakan dengan μ_A . Berikut rumus yang didapat dari penjelasan berikut : (Korol, 2014), (Duminda et al., 2014), (Çekmi, 2016).

$$\mu_A : x \rightarrow [0,1]$$

Fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ memiliki nilai 0 jika x bukan anggota himpunan A, dan memiliki nilai 1 jika merupakan anggota himpunan A. Sedangkan jika pada derajat keanggotaan berada pada selang (0,1), maka $\mu_A(x) = \mu$, menyatakan jika x termasuk dalam anggota bagian dari himpunan A dengan derajat keanggotaan sebesar μ (Korol, 2014), (Howells & Ertugan, 2018), (Çekmi, 2016), (Anshari et al., 2013). Untuk mendeskripsikan suatu himpunan fuzzy, ada 3 cara yang dilakukan:

2.1. Himpunan pasangan urut

Cara ini hanya dapat digunakan pada himpunan fuzzy yang anggotanya memiliki nilai diskrit. Misal pada himpunan fuzzy A didefinisikan dalam semesta $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, maka himpunan pasangan berurutan menyatakan himpunan fuzzy sehingga $A = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\}$ (Haq et al., 2015), (Tanasijevic et al., 2014).

2.2. Menyebut fungsi keanggotaan

Misal pada himpunan fuzzy A didefinisikan dalam semesta X yang anggotanya memiliki nilai berkelanjutan, maka pada himpunan pasangan yang berurutan akan menyatakan himpunan fuzzy sehingga $A = \{(x, \mu_A(x)) \mid \mu_A(x) = \dots, x \in X\}$ (Haq et al., 2015), (Tanasijevic et al., 2014).

2.3. Menulisnya dalam rumus berikut

2.3.1. Untuk fungsi X diskrit ->

$$A = \{\mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n\} = \left\{ \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)/x_i \right\}$$

}

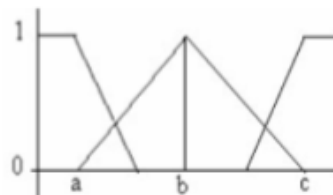
b. Untuk X berkelanjutan (kontinu) dilambangkan yang berarti tidak memiliki nilai integral (Haq et al., 2015),(Tanasijevic et al., 2014).

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy ditentukan menggunakan berbagai fungsi, yaitu fungsi triangul (segitiga), trapezoidal (trapesium), atau gaussian (gauss) (Memmedova, 2018),(Tanasijevic et al., 2014).

- Persamaan pada fungsi keanggotaan (Haq et al., 2015),(Çekmi, 2016),(Memmedova, 2018),(Tanasijevic et al., 2014).

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x \leq c \\ 1 & x > c \end{cases}$$

Representasi dalam grafik

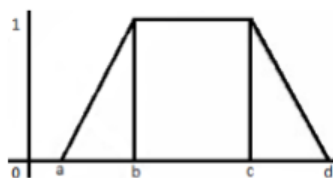


2.3.2. Fungsi keanggotaan trapezoidal (trapesium)

- Persamaan pada fungsi keanggotaan (Korol, 2014),(Eyupoglu et al., 2016),(Duminda et al., 2014),(Nurmaini & Tutuko, 2011),(Tanasijevic et al., 2014).

$$\mu(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

Representasi bentuk grafik

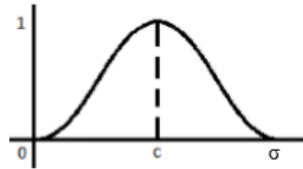


2.3.3. Fungsi keanggotaan Gaussian (gauss)

- Persamaan pada fungsi keanggotaan

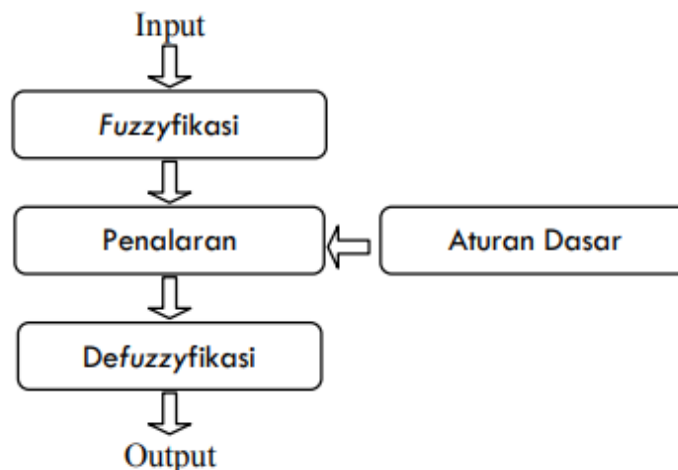
$$\mu(x; c, \sigma) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2}$$

Representasi dalam grafik



2.3.4. Tahapan Fuzzy Logic

Logika fuzzy disebut sebagai Fuzzy Inference System (FIS) dan yang kerap disebut dengan fuzzy inference engine (Syaeful Anas Aklani, 2014),(Fajar Rohman Hariri, 2016),(Yazid, 2009).(Isi, 2006). Fuzzy logic merupakan sebuah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan sebuah prinsip atau aturan (Abiyev et al., 2016). Berikut merupakan proses dari logika fuzzy:



Gambar 1. Tahapan logika fuzzy

Gambar diatas merupakan gambar tahapan dari logika fuzzy. Input yang diberikan pada logika fuzzy merupakan sebuah bilangan tertentu dan dengan output yang dihasilkan juga bilangan tertentu.

2.4. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi merupakan tahapan pertama yang digunakan setelah memasukkan data. Fuzzyfikasi adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam keanggotaan himpunan fuzzy yang kemudian akan diolah didalam mesin penalaran (Balaji & Srinivasan, 2011),(Chekired et al., 2017),(Jia et al., 2016),(Prasetyo et al., 2015). Pada tahap ini dilakukan proses untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel fuzzy yang kemudian akan dimasukkan pada kontroler fuzzy yang dapat dipeakan kedalam jenis yang sesuai dengan himpunan fuzzy.

$$\text{Fuzzyfikasi : } x \rightarrow \mu(x)$$

2.5. Aturan Dasar

Proses selanjutnya adalah proses aturan dasar. Aturan dasar ini adalah aturan implikasi dalam bentuk "jika... maka..." (Reshmalakshmi & Sasikumar, 2017),(Priyono & Surendro, 2013). Aturan

dasar ini ditentukan dengan bantuan dari seorang pakar yang sudah mengetahui karakteristik objek yang akan dikendalikan. Berikut merupakan contoh dari bentuk implikasi dalam bentuk jika maka

Jika $A = X$ dan $B = Y$ maka $C = Z$.

2.6. Penalaran

Tahap ketiga adalah tahap penalaran. Pada tahap ini sistem menalar nilai masukan untuk menentukan nilai output sebagai bentuk pengambilan keputusan (M. Yucel et al., 2014). Dalam logika fuzzy terdapat beberapa aturan, maka hasil output diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Terdapat 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi atau penalaran dalam fuzzy yaitu max, additive, dan probabilitas OR.

2.7. Metode Maximum

Pada metode maximum, solusi dari himpunan fuzzy didapatkan dari mengambil nilai maksimum aturan, kemudian nilai tersebut digunakan untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengimplementasikannya ke hasil keluaran dengan memakai operator OR atau Union. Metode maximum dapat didefinisikan sebagai berikut

$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[X_i], \mu_{kf}[X_i])$$

Dengan $\mu_{sf}[X_i]$ = nilai keanggotaannya solusi fuzzy sampai aturan ke i $\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuan fuzzy aturan ke i (Syaeful Anas Aklani, 2014).

Pada metode Additive (Sum)

Metode Additive (Sum) solusi dari himpunan fuzzy diperoleh dari hasil melakukan bounded-sum terhadap semua keluaran daerah fuzzy. Metode additive ini dapat didefinisikan sebagai berikut

$$\mu_{sf}(x_i) = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i))$$

dengan : $\mu_{sf}[X_i]$ = nilai keanggotaannya solusi fuzzy sampai aturan ke i

$\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuan fuzzy aturan ke i (Syaeful Anas Aklani, 2014), (Priyono & Surendro, 2013).

Metode Probabilitas OR (probor)

Pada metode ini, solusi yang diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output dalam daerah anggota fuzzy (Prasetyo et al., 2015), (Haq et al., 2015). Metode probabilitas OR dapat didefinisikan sebagai berikut Metode

$$\mu_{sf}(x_i) = (\mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) - (\mu_{sf}(x_i) * \mu_{kf}(x_i))$$

dengan : $\mu_{sf}[X_i]$ = nilai keanggotaannya solusi fuzzysampai aturan ke i

$\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuan fuzzy aturan ke i (Syaeful Anas Aklani, 2014), (Priyono & Surendro, 2013), (Zitouni & Guinhouya, 2016).

2.8. Defuzzyfikasi

Proses yang terakhir adalah proses defuzzyfikasi. Defuzzyfikasi adalah suatu proses kebalikan dari proses fuzzyfikasi dimana pemetaan dari himpunan fuzzy ke dalam himpunan tegas (Priyono & Surendro, 2013), (Haq et al., 2015), (Duminda et al., 2014). Masukan dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang telah diperoleh dari komposisi-kompisi aturan fuzzy yang didapatkan dari proses penalaran. Hasil dari defuzzyfikasi ini merupakan keluaran dari proses fuzzy logic. Ada 2 beberapa cara untuk proses defuzzyfikasi yaitu height method dan weight average (Kazan et al., 2015), (Taha & Ibrahim, 2012), (Wardhani & Nurdini, 2014). A firm Application Jika dengan cara height method, maka defuzzyfikasi dilakukan dengan cara memilih nilai predikat terbesar dari seluruh rule yang disediakan. Sementara itu, jika menggunakan weight average, maka terlebih dahulu nilai

outputnya (α) ditentukan, setelah itu gunakan rumus berikut untuk menentukan nilai tegasnya (Priyono & Surendro, 2013).

$$z^* = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \quad (2.14)$$

Terdapat 5 jenis metode defuzzifikasi yaitu :

1. Metode Maximum

Metode ini dikenal sebagai metode puncak yang nilai keluarannya dibatasi oleh sebuah fungsi $\mu_c(z^*) > \mu_c(z)$.

2. Metode titik tengah

Metode titik tengah ini sering disebut dengan metode pusat area. Metode ini sering digunakan dalam proses defuzzifikasi dengan hasil keluarannya adalah sebuah titik tengah dari hasil proses penalaran.

3. Metode rata-rata

Metode rata-rata ini digunakan untuk sebuah fungsi keanggotaan keluaran berbentuk yang simetris. Keluaran dari metode ini diperoleh dari nilai rata-rata dari hasil proses penalaran

4. Metode penjumlahan titik tengah

Hasil keluaran dari metode ini adalah sebuah penjumlahan dari titik tengah dari hasil proses penalaran.

5. Metode titik tengah area terbesar

Hasil keluaran dari metode ini hanyalah titik pusat dari area yang terbesar.

2.9. Metode Fuzzy Logic

2.9.1. Metode Mamdani

Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Dian et al., 2014). Metode ini juga dikenal dengan metode Max-Min (Prasetyo et al., 2015). Metode ini merupakan sistem penalaran yang menyerupai instuisi manusia (Putri & Effendi, 2017). Struktur Mamdani dibentuk oleh aturan IF-THEN dengan atribut-atribut linguistik (Godoy et al., 2013). Pada metode fuzzy terdapat 4 tahapan yang dilakukan, antara lain (Putri & Effendi, 2017) :

Fuzzifikasi

Pada tahapan ini, variabel input diperoleh dari himpunan fuzzy. Kemudian akan ditentukan derajat keanggotaan berupa variabel linguistik untuk kemudian dilakukan proses defuzzifikasi. Pada metode ini variabel input maupun output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy (Djunaidi, 2005), (Danny Prabowo Soetanto, 2000).

Fungsi implikasi

Pada tahapan ini diperoleh sebuah kesimpulan yang diperoleh dari aturan IF-THEN dengan menggunakan derajat kebenaran. Pada tahap ini digunakan fungsi MIN dimana aturan diproses kemudian output yang dihasilkan akan digabungkan dengan fungsi MAX pada tahap selanjutnya (Sadikoglu, 2018).

Proses Inferensi

Tahap ini merupakan pengambilan kesimpulan tunggal yang diperoleh dari hasil semua aturan IF-THEN . Jika terdapat dua atau lebih kesimpulan yang diperoleh maka dilakukan proses agregasi dengan menggunakan logika fuzzy OR. Agregasi merupakan kombinasi dari output yang dihasilkan dari aturan IF-THEN sehingga menjadi kesimpulan tunggal (Purba et al., 2013). Mesin inferensi akan mengubah satu set keluaran yang sesuai (Honamore & Rath, 2016). Pada tahapan ini digunakan fungsi Max sehingga sering disebut dengan MAMDAI (Syaeful Anas Aklani, 2014).

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses terjemahan dari atribut linguistik menjadi atribut numeric (Memmedova, 2018). Output yang dihasilkan berupa nilai tegas atau nilai pasti yang diperoleh dari tahap sebelumnya yakni proses inferensi (tahap pengambilan keputusan tunggal) (Venkata Ratnam et al., 2017).

Kelebihan yang dimiliki oleh Metode Fuzzy Mamdani adalah aturan-aturan yang sesuai dan defuzzifikasi atau nilai tegas yang diperoleh sehingga ketika terdapat perubahan pada suatu himpunan fuzzy maka mudah dalam perhitungannya. (Syaeful Anas Aklani, 2014),(Valdez et al., 2011). Metode Mamdani juga lebih efektif dan efisien (Wardhani & Nurdini, 2014). Sebagian peneliti menyimpulkan bahwa metode Fuzzy Mamdani cocok untuk diimplementasikan masalah yang menyangkut manusia dan ilmu-ilmu social (Ozdemir & Tekin, 2016), seperti penerapan dalam diagnosis penyakit dan daya tahan tubuh (Nilashi et al., 2017),(Amza & Cicic, 2015) maupun dalam dunia teknologi.(Nasir et al., 2017),(Series & Science, 2018),(Nasir et al., 2017).

2.10. Metode Sugeno

Metode Sugeno atau Fuzzy Sugeno diperkenalkan pertama kali oleh Takagi-Sugeno pada tahun 1985. Sehingga metode ini dikenal dengan metode TSK (Takagi-Sugeno Kang) (Fajar Rohman Hariri, 2016),(dos Santos et al., 2017). Dengan adanya metode fuzzy Sugeno ini dapat memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh metode fuzzy logic dengan adanya bagian tambahan pada perhitungan (Putri & Effendi, 2017). Langkah - langkah metode Sugeno hampir sama dengan metode Mamdani, namun berbeda pada output yang dihasilkan yakni persamaan linear atau kontanta. Kelebihan yang dimiliki oleh metode Sugeno adalah mampu mengelompokkan dan menyesuaikan antar data satu dengan yang lainnya (Belakang et al., 1988) sesuai jika digunakan dalam sistem linier (Wibowo, 2015),(Aisjah, Aulia Siti; Arifin, 2011) memiliki performa yang baik (Anshari et al., 2013),(Ramdhani et al., 2012),(Aryansah, 2015).

2.11. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan metode dimana konsekuen dari aturan IF-THEN harus dipresentasikan pada himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan yang monoton (Kaswidjanti et al., 2014). Pada proses defuzzifikasi, metode ini menggunakan rata-rata terpusat (Center Average Defuzzifier) dengan rumus sebagai berikut :

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}$$

Sehingga metode ini memilih mean dari range yang ditentukan. Sedangkan metode Mamdani memilih nilai min dan max. Metode lainnya yakni metode Sugeno memberikan nilai menggunakan perhitungan linier. Sehingga metode Sugeno tidak memenuhi kebutuhan metode Tsukamoto (Bustoni et al., 2017). Kelebihan yang dimiliki metode ini adalah dapat memberikan informasi yang bersifat kualitatif, ambigu, tidak akurat,

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Bidang Teknologi

Metode fuzzy logic digunakan untuk mengambil keputusan dari sesuatu yang dianggap kabur atau bersifat ambigu. Adanya metode logika fuzzy ini dapat membantu manusia dalam menentukan pilihan yang bersifat belum pasti. Tidak terlepas dari manfaatnya, logika fuzzy juga dapat digunakan

di dunia teknologi. Mengingat saat ini, teknologi sudah menjadi bagian dari manusia. Logika fuzzy ini dapat diimplementasikan pada dunia teknologi seperti pada implementasi web dan database (Honamore & Rath, 2016),(Škrbić et al., 2013),(Duka, 2012),(Rikos et al., 2017). Lalu juga dapat diimplementasikan pada dunia robotik untuk teknik navigasi yang dilakukan robot (Nurmaini & Tutuko, 2011),(Vuong et al., 2006),(Comp, 2018),(Sariff & Wahab, 2014). Tidak hanya itu, logika fuzzy juga dapat diterapkan pada robot untuk mendeteksi lingkungan sekitar dengan jarak jauh (Novianti et al., 2015),(Sariff & Wahab, 2014). Implementasi lainnya dapat diterapkan di bidang gelombang suara seperti mengurangi adanya noisy antara penyiar radion dan pendengar (Meana-llorián et al., n.d.),(Rjlf & Khhog, 2017),(Manuscript & Engineering, 2017). Fuzzy logic juga dapat digunakan dalam sistem kontrol atau remote control (Yazidi & Sivert, 2016),(Shahriyel et al., 2017),(K. S. Kumar et al., 2014),(Guo et al., 1996). Penggunaan metode logika fuzzy dapat menentukan suhu dan temperatur suatu ruangan maupun cuaca (Meana-llorián et al., n.d.),(Isizoh et al., 2012), . Image processing juga menjadi bagian dari adanya teknologi dimana dengan adanya image processing membuat teknologi menjadi lebih efisien , dimana dapat mendeteksi wajah setiap orang (Sujono & Gunawan, 2015),(Lalouni et al., 2009). Teknologi juga berkaitan dengan adanya jaringan karena melalui jaringan dapat mentransmisikan data. Fuzzy logic juga dapat diimplementasikan untuk menentukan transfer bandwidth dan pengiriman sinyal (Bustoni et al., 2017),(Bin & Bakar, 2010),(Alomari et al., 2017),(Robotika & Journal, 2017). Selain itu dapat digunakan untuk mengetahui musuh permainan (Game) (Purba et al., 2013),(Damousis et al., 2002). Pendektasian air juga dapat menggunakan teknologi dan penerapan dari metode logika fuzzy (Yazid, 2009), (Sistem et al., 2016),(Dey et al., 2013), (Rezeka et al., 2015). Dalam sistem kontrol juga dapat diimplementasikan metode logika fuzzy (Tanasijevic et al., 2014),(Zhang et al., 2012),(Salam et al., 2011), (Sistem et al., 2016). Dalam dunia teknologi lainnya dapat diterapkan metode logika fuzzy untuk membantu aktivitas manusia (Zitouni & Guinhouya, 2016),(Petropoulos et al., 2017),(Bezdek, 2014),(Wang et al., 2014).

3.2. Bidang Kesehatan

Sekarang ini keberadaan bidang kesehatan atau medis sangat diperlukan oleh semua orang, dengan berkembang pesatnya situasi teknolgi yang ada masih banyak fasilitas-fasilitas kesehatan dan peralatan medis yang belum bisa ikut berkembang bersama (Panjaitan & Hartoyo, 2011). Menyikapi kurangnya pelayanan yang maksimal terhadap pasien yang ada, maka dalam bidang Logika fuzzy saat ini banyak digunakan dalam system informasi ataupun aplikasi medis yang bermunculan (Patel et al., 2013),(G. Yucel et al., 2012),(R. Kumar & Sanghi, 2015),(Grati et al., 2017). Hal tersebut memiliki banyak manfaat sehingga dapat meminimalisir kesamaran gejala yang dirasakan pasien salah satunya karena keterbatasan waktu untuk berkonsultasi, baik mengenai gejala penyakit, rekomendasi, ataupun pengambilan keputusan (Putra & Prihatini, 2012),(Dian et al., 2014),(Priyono & Surendro, 2013),(Yazidi & Sivert, 2016). Belakangan ini para ahli telah merancang sistem pakar fuzzy untuk mengidentifikasi penyakit jantung, tumor otak, kanker paru-paru dll (Wardhani & Nurdini, 2014),(Licata, 2010),(Gayathri & Sumathi, 2016). Utamanya yang paling banyak ialah sistem pakar tentang kanker payudara yang merupakan penyakit utama pada wanita. Tujuan dari usulan banyaknya system pakar yang menggunakan logika fuzzy ini yaitu untuk mengurangi input data secara manual, mendiagnosis pasien apakah pasien tersebut terklarifikasi dalam bagian kanker payudara yang jinak atau ganas, serta untuk mengoptimalkan sistem fuzzy dengan menggunakan titik operasi untuk mendeteksi dan mendiagnosis kemungkinan terjadinya kanker payudara. (Nilashi et al., 2017),(Kurrotul, 2016),(Gayathri & Sumathi, 2016)Oleh karena itu algoritma ini dilatih dan hasilnya memberi akurasi hingga 93,6% (Gayathri & Sumathi, 2016).

3.3. Bidang Pendidikan

Pendidikan merupakan ujung tombak untuk mencerdaskan suatu bangsa meliputi proses pembelajaran pengetahuan dan keterampilan. Pada sistem pendidikan, umumnya menggunakan metode klasik yaitu aturan matematika konstan untuk melakukan evaluasi kinerja pendidikan dalam pembelajaran teoritis untuk mendapatkan siswa dapat berhasil atau tidak tergantung pada hasil ujian (Gokmen et al., 2010),(Vonglao, 2017). Pendidikan terus berkembang dalam hal pembelajaran, pendataan dan penilaian evaluasi terhadap kinerja para pelaku pendidikan (Ozdemir & Tekin, 2016). Sehingga dapat melihat potensi dari pihak pendidikan dan melakukan peningkatan. Saat ini metode fuzzy logic dapat digunakan untuk menganalisis system pendidikan antara lain, pengambilan keputusan terhadap pemilihan kelas untuk siswa(Fajar Rohman Hariri, 2016), melakukan evaluasi kinerja guru dan siswa serta mengevaluasi keterampilan pelayanan guru (Ozdemir & Tekin, 2016),

performa siswa dalam pendidikan (Noronha et al., 2013),(Gokmen et al., 2010), (Valdez et al., 2011) untuk melakukan penjadwalan waktu kuliah (Wibowo, 2015) menganalisis dan memahami perilaku kesesuaian siswa dikelas sehingga pendidik dapat memahami tingkah laku dan dapat mengarahkan menuju perilaku yang lebih baik(Wang et al., 2014) , dapat digunakan untuk peningkatan resolusi citra gambar (Reshmalakshmi & Sasikumar, 2017), dapat digunakan sebagai tutor elektronik guna pengajaran yang lebih efisien sesuai dengan kebutuhan siswa (Machado et al., 2016), dan mengevaluasi pengaruh penggunaan teknologi terhadap kecemasan dan agresi pada siswa (Memmedova, 2018),(Saner et al., 2016).

Berdasarkan paparan jenis-jenis metode yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya terdapat 2 metode logika fuzzy yang kerap kali digunakan untuk sistem pendukung keputusan. Dua metode tersebut adalah fuzzy logic mamdani dan fuzzy logic sugeno. Dari kedua metode tersebut yang paling sering digunakan adalah metode mamdani. Output dalam metode mamdani ini lebih kompleks jika dibandingkan dengan metode fuzzy yang lain. Sehingga metode mamdani ini sering disebut sebagai metode yang mirip dengan cara kerja otak manusia. Metode mamdani memiliki sifat intuitif, sehingga metode mamdani dapat mencakup area yang luas dan metode ini memiliki proses inputan informasi yang menyerupai tingkah laku atau pikiran manusia. Dan metode mamdani ini sangat cocok digunakan untuk berbagai aplikasi dalam bidang industri seperti penggunaan metode mamdani yang digunakan untuk menentukan jumlah produksi dari suatu perusahaan dengan cara yang paling efisien. Sedangkan metode sugeno merupakan metode yang hampir mirip dengan metode mamdani. Hanya berbeda pada bagian output, output dari metode sugeno berupa konstanta ataupun persamaan linear. Pada metode sugeno ini memiliki nilai rata-rata yang tertimbang atau yang sering disebut Weight Average Values) yang berada dalam aturan fuzzy IF THEN. Metode sugeno ini merupakan metode yang efisien secara komputasi. Metode ini juga bekerja dengan baik dengan teknik linier misalnya digunakan untuk kontrol PID. Pada Metode ini juga bekerja dengan baik dengan teknik optimasi dan adaptif. Dan metode sugeno ini sangat sesuai untuk digunakan pada analisis matematis. Dari penggunaan kedua metode diatas masing-masing memiliki kelemahan dan kelebihan. Untuk penggunaan kedua metode ini tergantung pada kebutuhan terhadap penelitian yang akan dilakukan (Laras Purwati Ayuningtias, Mohamad Irfan, 2017).

4. Kesimpulan

Logika fuzzy adalah logika kabur yang mengandung unsur ketidakpastian. Logika fuzzy disebut sebagai Fuzzy Inference System dimana system yang melakukan penalaran sesuai penalaran manusia. Fungsi keanggotaan di dalam logika fuzzy ini dinyatakan dalam derajat keanggotaan pada suatu himpunan. Suatu nilai dapat menjadi anggota dua himpunan dengan derajat yang berbeda. Logika fuzzy dilakukan dengan tiga proses utama yaitu proses fuzzifikasi, penalaran sesuai aturan dan de-fuzzifikasi. Logika fuzzy memiliki beberapa kelebihan dalam pengaplikasiannya di berbagai bidang antara lain, daya gunanya dianggap lebih baik dari pada teknik kendali yang ada, penendali logika fuzzy dikenal karena keandalannya, mudah untuk diperbaiki, kendali logika fuzzy memberikan pengendalian yang sangat baik dibandingkan teknik lain, dan dana yang digunakan kecil.

Daftar Rujukan

- Abiyev, R. H., Günsel, I., Akkaya, N., Aytac, E., Çağman, A., & Abizada, S. (2016). Robot Soccer Control Using Behaviour Trees and Fuzzy Logic. *Procedia Computer Science*, 102(August), 477–484. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.430>
- Aisjah, Aulia Siti; Arifin, S. (2011). Maritime Weather Prediction using Fuzzy Logic in Java Sea. 2011 2nd International Conference on Instrumentation Control and Automation, 27(November), 205–208. <https://doi.org/10.1109/ICA.2011.6130157>
- Alomari, A., Phillips, W., Aslam, N., & Comeau, F. (2017). Dynamic Fuzzy-Logic Based Path Planning for Mobility-Assisted Localization in Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 17(8), 1904. <https://doi.org/10.3390/s17081904>
- Amza, C. G., & Cacic, D. T. (2015). Industrial image processing using fuzzy-logic. *Procedia Engineering*, 100(January), 492–498. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.404>
- Anshari, M. K., Arifin, S., & Iklim, A. C. (2013). Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan User Interface Android. *Teknik Pomits*, 2(2), 324–328.
- Aryansah. (2015). Implementasi Logika Fuzzy Untuk Penentuan Peminatan Dengan Menggunakan Metode Sugeno Pada Sma N 1 Pemali. 1–8.

- Balaji, P. G., & Srinivasan, D. (2011). Type-2 fuzzy logic based urban traffic management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2010.08.007>
- Basjaruddin, N. C., Saefudin, D., & Putra, G. (2016). Sistem Penghindar Tabrakan Frontal Berbasis Logika Fuzzy. *JNTETI*, 5(3), 228–232.
- Belakang, L., Penelitian, T., Sampel, P., & Sampel, P. (1988). 1 Pendahuluan. *J. Math. and Its Appl.*, 14(Whitlock 1948), 1–2.
- Bezďek, V. (2014). Using Fuzzy Logic in Business. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 124, 371–380. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.498>
- Bin, K., & Bakar, A. (2010). a Fuzzy Logic Classification of Incoming. *Telkomnika*, 8 No. 2, 165–174.
- Bustoni, I. A., Eng, M., Mada, U. G., Hidayah, I., Mada, U. G., Permanasari, A. E., Ph, D., & Hidayatulloh, I. (2017). Fuzzy Logic Tsukamoto for SARIMA On Automation of Bandwidth Allocation. *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(11), 392–397.
- Çekmi, A. Ö. (2016). Fuzzy logic in architectural site planning design. *Procedia Computer Science*, 102(August), 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.386>
- Chekired, F., Mahrane, A., Samara, Z., Chikh, M., Guenounou, A., & Meflah, A. (2017). Fuzzy logic energy management for a photovoltaic solar home. *Energy Procedia*, 134, 723–730. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.566>
- Comp, P. (2018). ScienceDirect ScienceDirect obile Rob bot Navi igation Using uzzy Log gic in St tatic Enviro nments. *Procedia Computer Science*, 125, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.004>
- Damousis, I. G., Satsios, K. J., Labridis, D. P., & Dokopoulos, P. S. (2002). Combined fuzzy logic and genetic algorithm techniques — application to an electromagnetic yield problem. *Scientific Series*, 129(2), 371–386.
- Danny Prabowo Soetanto. (2000). Implementing Fuzzy Logic in Determining Selling Price. *Jurnal Teknik Industri*, 2(1), 43–52.
- Dey, N., Mandal, R., & Subashini, M. M. (2013). Design and Implementation of a Water Level Controller using Fuzzy Logic. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 5(3), 2277–2285.
- Dharma, A., Robandi, I., & Purnomo, M. H. (2011). Application of Interval Type-2 Fuzzy Logic System in Short Term Load Forecasting on Special Days. *IPTEK, The Journal for Technology and Science*, 22(2), 110–116.
- Dian, D., Wijayanto, K., Purnomo, H. D., & Tampake, H. S. (2014). Pemberian Rekomendasi Menu Makanan Menggunakan Logika Fuzzy. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 12–16.
- Djunaidi, M. (2005). Penentuan Jumlah Produksi Dengan. *Jurnal Ilmiah Teknik Insudtri*, 4(2), 95–104.
- dos Santos, A. R., Paterlini, E. M., Fiedler, N. C., Ribeiro, C. A. A. S., Lorenzon, A. S., Domingues, G. F., Marcatti, G. E., de Castro, N. L. M., Teixeira, T. R., dos Santos, G. M. A. D. A., Juvanhol, R. S., Branco, E. R. F., Mota, P. H. S., da Silva, L. G., Pirovani, D. B., de Jesus, W. C., Santos, A. C. de A., Leite, H. G., & Iwakiri, S. (2017). Fuzzy logic applied to prospecting for areas for installation of wood panel industries. *Journal of Environmental Management*, 193, 345–359. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.049>
- Duka, A. (2012). Plc implementation of a fuzzy system. *Interdisciplinarity in Engineering International Conference*, 1, 317–321.
- Duminda, E., Perera, P., & Lahat, L. (2014). ScienceDirect Fuzzy logic based flood forecasting model for the Kelantan River basin. *Journal of Hydro-Environment Research*, December, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2014.12.001>
- Eyupoglu, S. Z., Gardashova, L. A., Allahverdiyev, R. A., & Saner, T. (2016). Application of fuzzy logic in job satisfaction performance problem. *Procedia - Procedia Computer Science*, 102(August), 190–197. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.388>
- Fajar Rohman Hariri. (2016). Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Pendaftaran Siswa Baru di SDN Sonopatik 1 Nganjuk. *Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri*, 3(1), 41–46.
- Gayathri, B. M., & Sumathi, C. P. (2016). Mamdani fuzzy inference system for breast cancer risk detection. *2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, ICCIC 2015*. <https://doi.org/10.1109/ICCIC.2015.7435670>
- Godoy, W. F., Da Silva, I. N., Goedtel, A., & Palácios, R. H. C. (2013). Fuzzy logic applied at industrial roasters in the temperature control. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 450–455. <https://doi.org/10.3182/20130522-3-BR-4036.00028>

- Gokmen, G., Akinci, T. Ç., Tektaş, M., Onat, N., Kocyigit, G., & Tektaş, N. (2010). Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy logic. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 902–909. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.124>
- Grati, R., Boukadi, K., & Ben-Abdallah, H. (2017). Business Adaptation for BPaaS Using Fuzzy Logic Systems. 2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA), Mcdm, 645–651. <https://doi.org/10.1109/AICCSA.2017.148>
- Guo, S., Peters, L., & Surmann, H. (1996). Design and application of an analog fuzzy logic controller. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 4(4). <https://doi.org/10.1109/91.544303>
- Haq, I., Anwar, S., Shah, K., & Khan, M. T. (2015). Fuzzy Logic Based Edge Detection in Smooth and Noisy Clinical Images. *PLOS ONE*, September, 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138712>
- Honamore, S., & Rath, S. K. (2016). A Web Service Reliability Prediction Using HMM and Fuzzy Logic Models. *Procedia Computer Science*, 93(September), 886–892. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.273>
- Howells, K., & Ertugan, A. (2018). ScienceDirect ScienceDirect Applying fuzzy logic for sentiment analysis of social media network data in marketing. *Procedia Computer Science*, 120, 664–670. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.293>
- Isi, D. (2006). Aplikasi logika fuzzy. *Seminar Nasional TEknologi Dan Komunikasi*, 2013(Sentika), 21–22.
- Isizoh, an, Okide, S., Anazia, A., & Ogu, C. (2012). Temperature Control System Using Fuzzy Logic Technique. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 1(3), 27–31.
- Jia, X., Morel, G., Martell-Flore, H., Hissel, F., & Batoz, J. L. (2016). Fuzzy logic based decision support for mass evacuations of cities prone to coastal or river floods. *Environmental Modelling and Software*, 85, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.07.018>
- Kaswidjanti, W., Aribowo, A. S., & Wicaksono, C. B. (2014). Implementasi Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Pada Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Pemilikan Rumah. *Telematika*, 10, 137 – 146.
- Kazan, H., Çiftçi, C., & Hobikoğlu, E. H. (2015). The Fuzzy Logic for the Selection of the Transportation Type A firm Application. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 1593–1601. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.199>
- Korol, T. (2014). Knowledge-Based Systems A fuzzy logic model for forecasting exchange rates. *Knowledge-Based Systems*, 67, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.06.009>
- Kumar, K. S., Rasheed, M., & Kumar, R. M. M. (2014). Design and Implementation of Fuzzy Logic Controller for Quad Rotor UAV. *2nd International Conference on Research in Science, Engineering and Technology (ICRSET'2014)*, 114–120.
- Kumar, R., & Sanghi, A. (2015). Improved Performance for Stability of Screw down System by implement Fuzzy Logic. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 3(June), 3947–3950.
- Kumar, Y. V. P., Member, S., & Bhimasingu, R. (2017). Fuzzy Logic Based Adaptive Virtual Inertia in Droop Control Operation of the Microgrid for Improved Transient Response. *IEEE PES Asia-Pacific Power Adn Energy Engineering Conference (APPEEC)*.
- Kurrotul, A. (2016). Optimization of Fuzzy System Using Point Operation Intensity Adjustment for Diagnosing Breast Cancer. *Journal of Innovative Technology and Education*, 3(1), 159–168.
- Lalouni, S., Rekioua, D., Rekioua, T., & Matagne, E. (2009). Fuzzy logic control of stand-alone photovoltaic system with battery storage. *Journal of Power Sources*, 193(2), 899–907. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2009.04.016>
- Laras Purwati Ayuningtias, Mohamad Irfan, J. (2017). Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung). *Jurnal Teknik Informatika*, April, 19. <https://doi.org/10.15408/jti.v10i1.6810>
- Licata, G. (2010). Employing fuzzy logic in the diagnosis of a clinical case. *Health*, 02(03), 211–224. <https://doi.org/10.4236/health.2010.23031>
- Machado, M. A. S., Moreira, T. D. R. G., Gomes, L. F. A. M., Caldeira, A. M., & Santos, D. J. (2016). A Fuzzy Logic Application in Virtual Education. *Procedia Computer Science*, 91(Itqm), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.037>
- Manuscript, O., & Engineering, T. (2017). Adaptive Hysteresis Margin Based on Fuzzy Logic for Handover in Mobile Networks with Dense Small Cells. *IEEE Access*, 3536(c). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2811047>

- Meana-Ilorián, D., García, C. G., G-bustelo, B. C. P., Manuel, J., Lovelle, C., & Garcia-fernandez, N. (n.d.). IoFClime : The fuzzy logic and the Internet of Things to control indoor temperature regarding the outdoor ambient conditions. *Future Generation Computer Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.020>
- Memmedova, K. (2018). ScienceDirect ScienceDirect Fuzzy logic modelling of the impact of using technology on anxiety and aggression levels of students. *Procedia Computer Science*, 120, 495–501. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.270>
- Nasir, J., Suprianto, J., Studi, P., Informatika, T., & Putera, U. (2017). ANALISIS FUZZY LOGIC MENENTUKAN. *Jurnal Edik Informatika*, 2, 177–186.
- Nilashi, M., Ibrahim, O., Ahmadi, H., & Shahmoradi, L. (2017). A knowledge-based system for breast cancer classification using fuzzy logic method. *Telematics and Informatics*, 34(4), 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.01.007>
- Noronha, L., Carlos, J., Filho, S., & Marcos, J. (2013). Project Portfolio Selection in Public Administration Using Fuzzy Logic. *Physics Procedia*, 74, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.036>
- Novianti, A., Sunarya, U., & Terapan, F. I. (2015). BERBAHAYA BERBASIS LOGIKA FUZZY DAN KONTROL ANDROID ROBOT DESIGN OF HAZARDOUS ENVIRONMENT DETECTION. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, Juli, 31–39.
- Nundrakwang, S., Cahyadi, A. I., Isarakorn, D., Benjanarasuth, T., Ngamwiwit, J., & Komine, N. (2005). ICCAS2005 June 2-5, KINTEX, Gyeonggi-Do, Korea. *ICCAS*, 0(6), 2–5.
- Nurmaini, S., & Tutuko, B. (2011). A New Classification Technique in Mobile Robot Navigation. *Telkomnika*, 9(3), 453–464. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v9i3.736>
- Omar, A. S., Waweru, M., & Rimiru, R. (2015). Application of Fuzzy Logic in Qualitative Performance Measurement of Supply Chain Management. *International Journal of Information and Communication Technology Research*, 5(6).
- Ozdemir, O., & Tekin, A. (2016). Evaluation of the presentation skills of the pre-service teachers via fuzzy logic. *Computers in Human Behavior*, 61, 288–299. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.013>
- Panjaitan, S. D., & Hartoyo, A. (2011). A Lighting Control System in Buildings based on Fuzzy Logic. *Telkomnika*, 9(3), 423–432.
- Patel, A., Gupta, S. K., Rehman, Q., & Verma, M. K. (2013). Application of Fuzzy Logic in Biomedical Informatics. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 4(1), 57–62.
- Petropoulos, S., Karavas, C. S., Balafoutis, A. T., Paraskevopoulos, I., Kallithraka, S., & Kotseridis, Y. (2017). Fuzzy logic tool for wine quality classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142(May), 552–562. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.11.015>
- Prasetyo, E. E., Wahyunggoro, O., & Sulisty, S. (2015). DESAIN PENGATUR LAMPU LALU LINTAS ADAPTIF. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia 2015 STMIK*, Februari, 6–8.
- Priyono, R. A., & Surendro, K. (2013). Nutritional Needs Recommendation based on Fuzzy Logic. *Procedia Technology*, 11(Iceei), 1244–1251. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.320>
- Purba, K. R., Nur, R., & Muslim, M. A. (2013). Implementasi Logika Fuzzy Untuk Mengatur Perilaku Musuh dalam Game Bertipe Action-RGP. *Jurnal EECIS*, 7(1), 15–20.
- Putra, I. K. G. D., & Prihatini, P. M. (2012). Fuzzy Expert System for Tropical Infectious Disease by Certainty Factor. *Telkomnika*, 10(4), 825–836. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v10i4.426>
- Putri, A., & Effendi. (2017). Fuzzy Logic Untuk Menentukan Lokasi Kios Terbaik Di Kepri Mall Dengan Menggunakan Metode Sugeno. *Teknik Informatika*, 3, 49–59.
- Ramdhani, I., Rifkan, I. S., Endarsari, N., & Huda, S. N. (2012). Fuzzy Inference System Dengan Metode Sugeno Untuk. *Seminar, 2012(Snati)*, 15–16.
- Reshmalakshmi, C., & Sasikumar, M. (2017). Image Edge Orientation Estimation via Fuzzy Logic. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 4274–4282. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.131>
- Rezeka, S. F., Attia, A. H., & Saleh, A. M. (2015). Management of air-conditioning systems in residential buildings by using fuzzy logic. *Alexandria Engineering Journal*, 54(2), 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.03.014>
- Rikos, E., Syed, M., Caerts, C., Rezkalla, M., Marinelli, M., & Burt, G. (2017). Implementation of fuzzy logic for mitigating conflicts of frequency containment control. *CIREd - Open Access Proceedings Journal*, 2017(1), 1206–1210. <https://doi.org/10.1049/oap-cired.2017.0788>

- Rjlf, F. X., & Khohog, R. I. R. U. (2017). fuzzy logic controller for two wheeled EV# lego robot. IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC 2017), December, 15–17.
- Robotika, I., & Journal, O. (2017). Fuzzy Logic Implementasi dari Photo Catalytic Sensor. Internasional Robotika & Otomasi Journal Fuzzy.
- Sadikoglu, G. (2018). ScienceDirect ScienceDirect Modeling of the travelers ' shopping motivation and their buying behavior using fuzzy logic. *Procedia Computer Science*, 120, 805–811. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.311>
- Sagnak, M., & Kazancoglu, Y. (2015). Shift scheduling with fuzzy logic : an application with an integer programming model. *Procedia - Procedia Computer Science*, 26(15), 827–832. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00888-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00888-6)
- Salam, Z., Taeed, F., & Shahrin, M. (2011). Design and implementation of a single input fuzzy logic controller for boost converters. *Journal of Power Electronics*, 11(4), 542–550. <https://doi.org/10.6113/JPE.2011.11.4.542>
- Saner, T., Gardashova, L. A., Allahverdiyev, R. A., & Eyupoglu, S. Z. (2016). Analysis of the Job Satisfaction Index Problem by Using Fuzzy Inference. *Procedia Computer Science*, 102(August), 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.368>
- Sariff, N. B., & Wahab, N. H. B. A. (2014). Automatic Mobile Robot Obstacles Avoidance in a Static Environment by using a Hybrid Technique based on Fuzzy Logic and Artificial Neural Network. *International Conference on Artificial Intelligence with Applications in Engineering and Technology Automatic*, 137–142. <https://doi.org/10.1109/ICAET.2014.31>
- Series, I. O. P. C., & Science, M. (2018). Implementation of Mamdani Fuzzy Method in Employee Promotion System Implementation of Mamdani Fuzzy Method in Employee Promotion System. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 288. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012147>
- Shahriyel, M., Aras, M., Wahyuddin, M., Azmi, N., & Kamaruddin, M. N. (2017). A study of Tuning Process of Fuzzy Logic Controller Output Membership Function for AUV- pitch control. *IEEE 7th International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications A*.
- Singhala, P., Shah, D. N., & Patel, B. (2014). Temperature Control using Fuzzy Logic. *International Journal of Instrumentation and Control Systems (IJICS)*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.5121/ijics.2014.4.101>
- Sistem, S., Pengontrolan, U., Dan, L., & N, N. S. (2016). Conditioner Dengan Menggunakan Logika Fuzzy. *JURNAL INFORMATIKA*, 10(1), 1164–1172.
- Škrbić, S., Racković, M., & Takači, A. (2013). Prioritized fuzzy logic based information processing in relational databases. *Knowledge-Based Systems*, 38, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2012.01.017>
- Sujono, & Gunawan, A. A. S. (2015). Face Expression Detection on Kinect Using Active Appearance Model and Fuzzy Logic. *Procedia Computer Science*, 59(Iccsci), 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.558>
- Syaeful Anas Aklani. (2014). Metode Fuzzy Logic Untuk Evaluasi Kinerja Pelayanan Perawat (Studi Kasus : RSIA Siti Hawa Padang). *EDikInformatika*, 1(1), 30.
- Taha, M. A., & Ibrahim, L. (2012). Traffic simulation system based on fuzzy logic. *Procedia Computer Science*, 12, 356–360. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.09.084>
- Tanasijevic, M., Milic, V., Lilic, N., Stojadinovic, S., & Petrovic, D. V. (2014). Expert Systems with Applications Risk assessment model of mining equipment failure based on fuzzy logic. *Expert Systems with Applications*, 41, 8157–8164. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.06.042>
- Valdez, F., Melin, P., & Castillo, O. (2011). An improved evolutionary method with fuzzy logic for combining Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithms. *Applied Soft Computing Journal*, 11(2), 2625–2632. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2010.10.010>
- Venkata Ratnam, D., Vindhya, G., & Dabbakuti, J. R. K. K. (2017). Ionospheric forecasting model using fuzzy logic-based gradient descent method. *Geodesy and Geodynamics*, 8(5), 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.05.003>
- Vonglao, P. (2017). Application of fuzzy logic to improve the Likert scale to measure latent variables. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 38(3), 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.01.002>
- Vuong, P. T., Madni, A. M., & Vuong, J. B. (2006). VHDL Implementation For a Fuzzy Logic Controller. *Automation Congress, 2006. WAC '06. World*, 818, 1–8. <https://doi.org/10.1109/WAC.2006.375968>
- Wang, G., Chen, S., Yang, X., & Liu, J. (2014). Modeling and analyzing of conformity behavior: A fuzzy logic approach. *Optik*, 125(21), 6594–6598. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2014.07.082>

- Wardhani, D. R., & Nurdini, Y. (2014). KONTRASEPSI UNTUK KELUARGA BERENCANA DENGAN. Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia 2014 STMIK, 55-58.
- Wibowo, S. (2015). Penerapan Logika Fuzzy Dalam Penjadwalan Waktu Kuliah. Jurnal Informatika UPGRIS, 1(1), 59-77. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26877/jiu.v1i1%20Juni.809>
- Yazid, E. (2009). Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan. Himpunan Fisika Indonesia, 2009(2), 11-23.
- Yazidi, A., & Sivert, A. (2016). FUZZY LOGIC CONTROL DESIGN FOR. International Journal of Electrical Engineering & Technology (IJEET), 7(3), 14-24.
- Yucel, G., Cebi, S., Hoegel, B., & Ozok, A. F. (2012). A fuzzy risk assessment model for hospital information system implementation. Expert Systems with Applications, 39(1), 1211-1218. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.07.129>
- Yucel, M., Goktas, H. H., & Celebi, F. V. (2014). Design and implementation of fuzzy logic based automatic gain controller for EDFAs. Optik, 125(18), 5450-5453. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2014.07.003>
- Zhang, H., Davigny, A., Colas, F., Poste, Y., & Robyns, B. (2012). Fuzzy logic based energy management strategy for commercial buildings integrating photovoltaic and storage systems. Energy and Buildings, 54, 196-206. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.022>
- Zitouni, D., & Guinhoya, B. C. (2016). Fuzzy logic for characterizing the moderate intensity of physical activity in children. Journal of Science and Medicine in Sport, 19(2), 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.010>