

Konstruksi Sistem Inferensi *Fuzzy* Menggunakan *Subtractive Fuzzy C-Means* pada Data Parkinson

Rida Deana*, Didi Suhaedi, Erwin Harahap

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*ridadeana@gmail.com, dsuhaedi@unisba.ac.id, erwin2h@unisba.ac.id

Abstract. *Fuzzy* Inference System requires several stages to get the *output*, 1) formation of *Fuzzy* sets, 2) formation of rules, 3) application of implication functions, 4) composition of rules, and 5) defuzzification. *Fuzzy* Clustering is useful in forming *Fuzzy* sets and identifying rules in a *Fuzzy* Inference System. *Subtractive Fuzzy C-Means* is a method of *Fuzzy* Clustering, which is a combination of Subtractive Clustering and *Fuzzy C-Means* methods to overcome the weakness of *Fuzzy C-Means* in determining the number of clusters, initializing the initial membership matrix and inconsistency problems. In this study, the biomedical voice measurement data from healthy subjects and subjects with Parkinson's disease made by Max Little were classified using the Mamdani *Fuzzy* Inference System which was formed from the cluster center generated by the *Subtractive Fuzzy C-Means* Method. The results of the *Fuzzy* Inference System formed, the highest accuracy for training data is 85.62% with a radius of 0.8 and 9 rules. The highest accuracy for test data is 85.71% with a radius of 0.84 and 8 rules. The highest average accuracy is 85.01% with a radius of 0.8 and 8 rules.

Keywords: *cluster, Subtractive Fuzzy C-Means, mamdani, parkinson.*

Abstrak. Sistem Inferensi *Fuzzy* memerlukan beberapa tahap untuk mendapatkan *output*, 1) pembentukan himpunan *Fuzzy*, 2) pembentukan aturan, 3) aplikasi fungsi implikasi, 4) komposisi aturan dan 5) defuzifikasi. *Fuzzy* Clustering berguna dalam pembentukan himpunan *Fuzzy* dan identifikasi aturan pada Sistem Inferensi *Fuzzy*. *Subtractive Fuzzy C-Means* merupakan salah satu metode dari *Fuzzy* Clustering yang merupakan penggabungan antara metode Subtractive Clustering dan *Fuzzy C-Means* untuk mengatasi kelemahan *Fuzzy C-Means* dalam menentukan jumlah *cluster*, inialisasi matriks keanggotaan awal dan masalah inkonsistensi. Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi data pengukuran suara biomedis dari subjek sehat dan subjek dengan penyakit Parkinson yang dibuat oleh Max Little menggunakan Sistem Inferensi *Fuzzy* Mamdani yang terbentuk dari pusat *cluster* yang dihasilkan oleh Metode *Subtractive Fuzzy C-Means*. Sistem inferensi *Fuzzy* yang terbentuk menghasilkan tingkat akurasi tertinggi sebesar 85,62% pada data latih dengan radius 0,8 dan jumlah aturan sebanyak 9 aturan, akurasi tertinggi untuk data uji sebesar 85,71% pada radius 0,84 dengan 8 aturan dan total akurasi tertinggi sebesar 85,01% pada radius 0,84 dengan jumlah aturan sebanyak 8 aturan.

Kata Kunci: *cluster, Subtractive Fuzzy C-Means, mamdani, parkinson.*

A. Pendahuluan

Konsep logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof Pada tahun 1965. Lotfi A Zadeh. Dasar dari konsep logika *Fuzzy* adalah teori himpunan *Fuzzy* dimana keberadaan suatu elemen dalam suatu himpunan ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Konsep logika *Fuzzy* saat ini telah digunakan dalam berbagai persoalan salah satunya klasifikasi. Logika *Fuzzy* digunakan karena memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian terkait dengan data atau informasi [1].

Fuzzy clustering adalah salah satu Teknik *clustering* dengan menggunakan konsep logika *Fuzzy*. *Fuzzy clustering* sangat berguna bagi pemodelan *Fuzzy* terutama dalam mengidentifikasi aturan-aturan *Fuzzy* [1]. Salah satu metode dalam *Fuzzy clustering* yaitu *Fuzzy C-Means*. *Fuzzy C-Means* memiliki kelebihan, yaitu tingkat akurasi yang tinggi. Beberapa kelemahan dari *Fuzzy C-Means*, antara lain membutuhkan banyaknya kelompok dan matriks keanggotaan kelompok yang ditetapkan sebelumnya. Biasanya matriks keanggotaan kelompok awal ditetapkan secara acak yang menyebabkan metode *Fuzzy C-Means* memiliki masalah inkonsistensi [2]. Untuk mengatasi kelemahan *Fuzzy C-Means*, Liu dalam penelitiannya mengusulkan metode gabungan *Fuzzy C-Means* dengan Subtractive Clustering yang disebut *Subtractive Fuzzy C-Means* [3]. *Subtractive Fuzzy C-Means* berhasil menetapkan jumlah *cluster*, matriks keanggotaan awal dan mengatasi masalah inkonsistensi dari *Fuzzy C-Means* [4].

Sistem Inferensi *Fuzzy* merupakan kerangka komputasi dalam penarikan kesimpulan yang didasarkan pada teori himpunan *Fuzzy*, aturan berbentuk IF – THEN dan penalaran *Fuzzy*. Sistem Inferensi *Fuzzy* memiliki beberapa proses, yaitu pembentukan himpunan *Fuzzy*, pembentukan aturan, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzifikasi. Salah satu metode dalam Sistem Inferensi *Fuzzy* adalah Metode Mamdani. Metode mamdani sering dikenal sebagai metode MAX-MIN karena menerapkan fungsi implikasi MIN dan metode MAX dalam melakukan komposisi aturan [1].

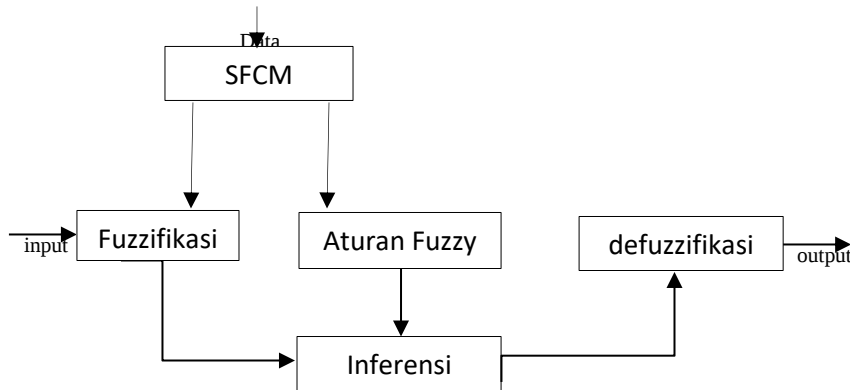
Penyakit Parkinson disebabkan terjadinya penurunan jumlah dopamin pada otak yang berperan dalam mengontrol gerakan sebagai akibat kerusakan sel saraf di *substantia nigra pars*. Gejala yang mungkin terjadi adalah tubuh merasakan kaku, melemahnya gerakan, gangguan pada suara, dan merasa kurang bergairah [5]. Sampai saat ini belum ada pengobatan yang dapat menghentikan progresivitas penyakit Parkinson. Tujuan dari pengobatan penyakit Parkinson adalah untuk memperlambat progresivitas penyakit [6], maka diagnosis dan perawatan yang tepat waktu penting untuk mengelola gejalanya.

Bagi pasien penyakit Parkinson, kunjungan fisik untuk pemantauan dan pengobatan sulit dilakukan. Pelebaran akses internet dan sistem telekomunikasi menawarkan kemungkinan pemantauan jarak jauh [7]. Penelitian telah menunjukkan bahwa sekitar 90% dari pasien penyakit Parkinson menunjukkan beberapa gangguan vokal [8]. Little pada penelitiannya melakukan pengukuran pada rekaman suara dari pasien dengan penyakit Parkinson dan orang sehat untuk kemudian dilakukan klasifikasi pada data pengukuran suara [9].

Pada sekumpulan data dapat mengandung informasi yang bersifat eksklusif dan mengalami ketidakpastian atau ketidakjelasan, untuk menangani ini logika *Fuzzy* dapat menjadi alat yang efektif [10]. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, peneliti bermaksud untuk membentuk Sistem Inferensi *Fuzzy* Mamdani menggunakan *Subtractive Fuzzy C-Means* untuk klasifikasi data pengukuran suara biomedis dari pasien dengan penyakit Parkinson dan orang sehat yang dibuat oleh Max Little dari University of Oxford bekerjasama dengan National Centre for voice and Speech, Denver, Colorado, yang merekam sinyal ucapan. Maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana akurasi dari model *Fuzzy* mamdani dengan menggunakan *Subtractive Fuzzy C-Means* sebagai pembentuk aturan dalam klasifikasi data Parkinson?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini yaitu, menguji akurasi dari model *Fuzzy* mamdani dengan *Subtractive Fuzzy C-Means* sebagai pembentuk aturan dalam klasifikasi Parkinson.

B. Metodologi Penelitian

Klasifikasi data pada penelitian ini dilakukan menggunakan Sistem Inferensi Fuzzy metode Mamdani. Sistem Inferensi Fuzzy memiliki beberapa proses, yaitu pembentukan himpunan Fuzzy, pembentukan aturan, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan dan defuzzifikasi. Himpunan Fuzzy dan aturan dibentuk menggunakan pusat *cluster* yang didapat melalui proses *clustering* menggunakan metode *Subtractive Fuzzy C-Means*. Secara singkat berikut diagram proses Sistem Inferensi Fuzzy menggunakan *Subtractive Fuzzy C-Means*:



Gambar 1. Proses Sistem Inferensi Fuzzy menggunakan *Subtractive Fuzzy C-Means*

Subtractive Fuzzy C-Means

Subtractive Fuzzy C-Means adalah metode gabungan antara *Subtractive Clustering* dan *Fuzzy C-Mean*. Metode *Subtractive Clustering* digunakan untuk menentukan jumlah kelompok dan matriks keanggotaan awal *Fuzzy C-Means* sehingga tidak perlu dilakukan inisialisasi secara acak.

Algoritma *Subtractive Fuzzy C-Means* adalah sebagai berikut:

1. Input data yang akan dicluster X_{ij} , dengan $i=1,2,\dots,n$; dan $j=1,2,\dots,m$
2. Tetapkan nilai:
 - a. r_a (jari-jari setiap variabel data)
 - b. r_b (jari-jari b setiap variabel data)
 - c. Accept ratio
 - d. Reject ratio
 - e. m (pangkat)
 - f. MaxIter (maksimum iterasi)
 - g. ε (error terkecil yang diharapkan)
3. Menormalisasi setiap data

$$X_{ijnorm} = \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \quad (2.1)$$

4. Menghitung nilai potensi P_i , dari data x_i
 - a. Hitung:

$$Dist_{ij} = \frac{X_j^* - X_{ij}}{r_a}$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n e^{-4(\sum_{j=1}^m Dist_{ij}^2)}, i = 1, 2, \dots, n \quad k = 1, \dots, c \quad (2.2)$$

5. Menetapkan data x_i dengan nilai potensi tertinggi sebagai pusat *cluster* pertama (v_i) dan P_i sebagai nilai potensinya.
6. Kemudian memperbarui nilai potensi data
 - a. Hitung:

$$S_{ij} = \frac{V_j - X_{ij}}{r_b} \quad (2.3)$$

- b. Hitung potensi baru untuk setiap data:

$$P_{i,k} = P_{i,k-1} - P_{i,k-1}^* e^{-4(\sum_{j=1}^m S_{ij}^2)} \quad (2.4)$$

7. Menetapkan data x_i dengan nilai potensi tertinggi sebagai calon pusat *cluster* selanjutnya (v_k) dan P_i^* sebagai nilai potensinya.
8. Membandingkan rasio nilai potensi ($\frac{P_i^*}{P_i}$) dengan *accept ratio* dan *reject ratio*. Jika ($\frac{P_i^*}{P_i}$) > *accept ratio* maka data dengan nilai potensi tertinggi ditetapkan menjadi pusat *cluster* dan kembali ke langkah (6). Jika *accept ratio* $\geq (\frac{P_i^*}{P_i}) > \text{reject ratio}$ maka data ditetapkan menjadi pusat *cluster* hanya jika memenuhi

$$(\frac{P_i^*}{P_i}) + \frac{d_{\min}(v_k - v_j)}{r_a} \geq 1 \quad (2.5)$$

Dengan $d_{\min}$ dituliskan sebagai

$$d_{\min}(v_k - v_j) = \min \left\{ \sqrt{(v_k - v_j)^2} \right\} \quad (2.6)$$

Jika ($\frac{P_i^*}{P_i}$) $\leq \text{reject ratio}$ maka sudah tidak ada lagi data yang dipertimbangkan menjadi calon pusat *cluster* baru dan dilanjutkan ke langkah (9).

9. Menghitung nilai keanggotaan awal FCM berdasarkan pusat *cluster* yang didapatkan melalui metode SC

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - v_{ij})^2]^{-\frac{1}{m-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - v_{ij})^2]^{-\frac{1}{m-1}}} \quad (2.7)$$

Jika terdapat jarak d_{ik} yang bernilai nol maka μ_{ik} (nilai keanggotaan data $ke - i$ pada *cluster* $ke - k$) akan bernilai 1 dan μ_{ij} (nilai keanggotaan data $ke - i$ pada kelompok lainnya) akan bernilai 0.

10. Menambah iterasi $t = t + 1$ kemudian membarui pusat *cluster*

$$v_k = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^m x_i}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^m} \quad (2.8)$$

11. Menghitung nilai fungsi objektif awal

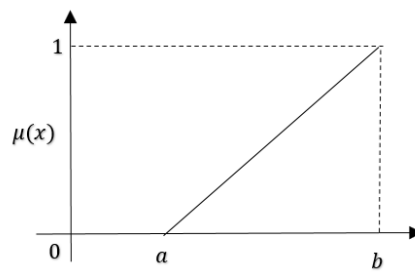
$$J_{m,t} = \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^m (d_{ik})^2 \quad (2.9)$$

12. Memperbarui nilai keanggotaan dengan menggunakan persamaan (2.7).
13. Memperbarui nilai fungsi objektif dengan persamaan (2.9).
14. Jika $|J_{m,t} - J_{m,t-1}| < \varepsilon$ atau $t > \text{MaxIter}$ maka langkah berhenti. Jika tidak memenuhi $|J_{m,t} - J_{m,t-1}| < \varepsilon$ dan $t > \text{MaxIter}$ maka kembali ke langkah (10).

Fuzzifikasi

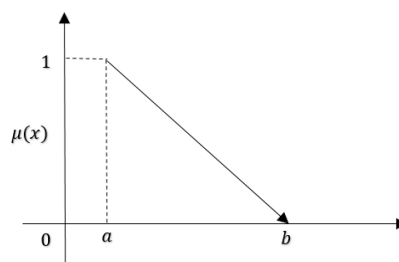
Fungsi keanggotaan yang digunakan untuk proses fuzzifikasi dalam penelitian ini adalah fungsi keanggotaan Gauss untuk variabel *input* dan fungsi keanggotaan Linear untuk variabel *output*.

Pada representasi linear, pemetaan *input* kederajat keanggotaannya digambarkan sebagai sebuah garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan *Fuzzy* yang linear. Pertama, yaitu himpunan *Fuzzy* linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



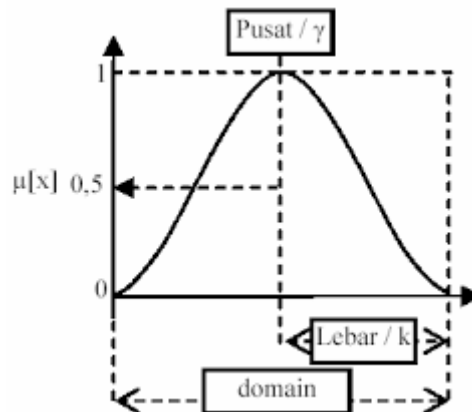
Gambar 2. Represenasi Linear Naik

Kedua, fungsi linear turun, yaitu garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Reperesentasi Linear Turun

Kurva Gauss menggunakan (γ) untuk menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, (k) yang menunjukkan lebar kurva dan x sebagai nilai dari domain seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Gauss

Inferensi Fuzzy

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan Fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi Fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF \ x \text{ is } A \text{ Then } y \text{ is } B$$

Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan Fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Menurut Cox (1994) [11] proposisi dapat diperluas dengan menggunakan operator Fuzzy, seperti:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) o (x_2 \text{ is } A_2) o \dots o (x_n \text{ is } A_n) THEN y \text{ is } B$$

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min dan metode Max pada proses komposisi aturan.

Defuzzifikasi

Metode yang dipergunakan dalam proses defuzzifikasi ini adalah metode *Centroid*. Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *Fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz}$$

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari *University of California, Irvine* (UCI) Machine Learning Repository, yaitu dataset Parkinson yang dibuat oleh Max Little dari Universitas Oxford bekerjasama dengan *National Centre for voice and Speech*, Denver, Colorado yang merekam sinyal ucapan. Dataset ini terdiri dari serangkaian pengukuran suara biomedis, memiliki 22 variabel dan 195 sampel data yang dibagi menjadi 2 kelas, yaitu 147 data subjek dengan penyakit Parkinson dan 48 data subjek sehat.

Pada penelitian ini akan dibentuk model *Fuzzy* mamdani untuk klasifikasi data pasien Parkinson dengan orang sehat. Data dibagi menjadi 153 data latih dan 42 data uji. Data latih digunakan untuk membentuk model *Fuzzy* sedangkan data uji digunakan untuk menguji model *Fuzzy*. Selanjutnya dilakukan proses *clustering* pada data latih menggunakan *Subtractive Fuzzy C-Means* untuk mencari jumlah dan pusat *cluster* dimana jumlah dan pusat *cluster* akan digunakan sebagai pembentuk aturan *Fuzzy* mamdani. Dalam membentuk *cluster*, parameter yang digunakan adalah sebagai berikut: $r_a = \{0.8, 0.82, 0.84, 0.86, 0.88, 0.9\}$, $r_b = 1.5r_a$, $accept\ ratio = 0.5$, $reject\ ratio = 0.15$, $m = 2$, $MaxIter = 1000$, $\varepsilon = 10^{-5}$.

Membentuk Sistem Inferensi *Fuzzy* dari *Cluster*

Pertama, identifikasi himpunan semesta untuk setiap variabel *input* dan *output* yang diambil dari data terbesar dan terkecil dari setiap variabel *input* dan *output*. Langkah kedua, mendefinisikan himpunan *Fuzzy* untuk variabel *input* dan variabel *output*. Untuk himpunan *Fuzzy* pada variabel *input* fungsi keanggotaan yang digunakan adalah kurva gauss. Himpunan *Fuzzy* pada variabel *output* fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi linear naik untuk *output* Parkinson dan fungsi linear naik untuk *ouput* sehat. Langkah ketiga, mendefinisikan aturan berdasarkan hasil *clustering* data latih.

Akurasi Sistem Inferensi *Fuzzy*

Kinerja dari model Mamdani diukur dengan membandingkan data hasil perhitungan dari model dengan data asli menggunakan persamaan berikut:

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ benar}{Jumlah\ seluruh\ data} \times 100\%$$

Didapatkan hasil perhitungan dari model *Fuzzy* untuk data latih dan data uji pada Lampiran 4 dan hasil akurasinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan model *Fuzzy*

$r(a)$	$r(b)$	<i>cluster</i>	fobj	Akurasi (%)		
				Data latih	Data uji	Total
0.8	1.2	9	69479.72627	85.62	80.95	83.29
0.82	1.23	9	69479.72627	85.62	80.95	83.29
0.84	1.26	8	80213.16407	84.31	85.71	85.01
0.86	1.29	7	94546.17755	84.31	83.33	83.82
0.88	1.32	6	109774.05319	83.01	83.33	83.17
0.9	1.35	5	137175.83463	83.06	83.33	83.45

D. Kesimpulan

Aturan dan pembentukan himpunan Fuzzy model Mamdani untuk klasifikasi data pengukuran suara biomedis yang dibuat oleh Max Little dibentuk berdasarkan jumlah dan pusat *cluster* yang dihasilkan oleh Metode Subtractive Fuzzy C-Means pada radius $r_a = \{0.8, 0.82, 0.84, 0.86, 0.88, 0.9\}$. Hasil pengujian pada data latih dan data uji, Sistem Fuzzy Mamdani yang terbentuk memiliki tingkat akurasi tertinggi sebesar 85,62% pada data latih dengan radius 0,8 dan jumlah aturan sebanyak 9 aturan. Akurasi tertinggi untuk data uji didapat pada radius 0,84 dengan 8 jumlah aturan menghasilkan akurasi sebesar 85,71% dan total akurasi tertinggi dihasilkan pada radius 0,84 dengan 8 jumlah aturan sebesar 85,01%.

Acknowledge

Puji serta syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kepada kedua orang tua yang telah memberikan segala bentuk kasih sayang dan dukungannya. Terimakasih kepada seluruh dosen Matematika Unisba atas ilmu dan bimbingannya, khususnya Bapak Dr. Didi Suhaedi, S.Si., M.Kom dan Bapak Erwin Harahap, S.Si., M.Sc atas bimbingannya selama penyelesaian skripsi ini, serta semua pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian studi.

Daftar Pustaka

- [1] S. Kusumadewi and H. Purnomo, Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [2] T. Le and T. Altman, "A new initialization method for the Fuzzy C-Means," in *International Conference on Information and Knowledge Engineering*, Las Vegas, 2011.
- [3] W. Y. Liu, C. J. Xiao and B. W. Wang, "Study on Combining Subtractive Clustering With Fuzzy C-Means Clustering," in *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.03EX693)*, Xi'an, 2003.
- [4] B. N. Haqiqi and R. Kurniawan, "Analisis Perbandingan Metode Fuzzy C-Means dan Subtractive Fuzzy C-Means," *Media Statistika*, vol. vol 8, no. no. 2, pp. 59-67, 2015.
- [5] Perhimpunan Dokter Spesialis Saraf Indonesia, Panduan Praktik Klinis Neurologi, Jakarta: PERDOSSI, 2016.
- [6] Y. Oktariza, L. Amalia, S. and M. Y. Kurniawati, "Evaluasi Kualitas Hidup Pasien Parkinson Berdasarkan Terapi Berbasis Levodopa," *Jurnal Farmasi Klinik Indonesia*, vol. 8, no. 4, pp. 246-255, 2019.
- [7] M. A. Little, P. E. McSharry, E. J. Hunter, J. Spielman and L. O. Ramig, "Suitability of Dysphonia Measurements for Telemonitoring of Parkinson's Disease," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 56, no. 4, pp. 1015 - 1022, 2009.
- [8] A. K. Ho, R. Ianse, C. Marigliani, J. L. Bradshaw and S. Gates, "Speech impairment in a large sample of patients with Parkinson's disease," *Behav Neurol*, pp. 131-137, 1998.
- [9] M. A. Little, P. A. McSharry, S. J. Roberts, D. A. Costello and I. M. Moroz, "Exploiting Nonlinear Recurrence and Fractal Scaling Properties for Voice Disorder Detection," *BioMedical Engineering OnLine*, vol. 6, no. 23, pp. 1-9, 2007.
- [10] G. Raju, B. Thomas, S. Tobgay and S. Kumar, "Fuzzy clustering methods in data mining: a comparative analysis," in *ICACTE*, Phuket, 2008.
- [11] E. Cox, *The Fuzzy Systems Handbook (A Prscitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems)*, Massachusetts: Academic Press, Inc, 1994.
- [12] R. Kurniawan and B. N. Haqiqi, "PENGELOMPOKAN MENGGUNAKAN METODE SUBTRACTIVE FUZZY C-MEAN (SFCM), STUDI KASUS DEMAM BERDARAH DI JAWA TIMUR," *Media Statistika*, vol. 3, no. 2, pp. 59-67, 2015.
- [13] S. Kusumadewi and S. Hartati, *Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*, Yogyakarta:

Graha Ilmu, 2010.

- [14] B. Santoso, A. I. S. Azis and Z. , Machine Learning Reasoning *Fuzzy Logic*, Yogyakarta: Deepublish Publisher, 2020.
- [15] Pajriati Nurul Hani, Kurniati Eti, Suhaedi Didi, (2021). *Penerapan Metode Average Based Fuzzy Time Series Lee Untuk Peramalan Harga Emas Di PT. X*. Jurnal Riset Matematika, 1(1), 73-81.