

EVALUASI KINERJA AKADEMIK MAHASISWA S1 MATEMATIKA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA ANGGARAN 2019 MENGGUNAKAN TEKNIK LOGIKA FUZZY

Febby Adella Putri

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email : febby.17030214031@mhs.unesa.ac.id

Raden Sulaiman

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email : radensulaiman@unesa.ac.id

Abstrak

Seiring berjalannya waktu, kehidupan manusia akan terus berkembang, termasuk juga dalam bidang pendidikan. Salah satu contohnya yaitu manusia bisa memanfaatkan teknologi yang berbasis komputerisasi untuk melakukan penilaian atau mengevaluasi kinerja mahasiswa. Hal ini bisa dilakukan melalui sistem kecerdasan buatan seperti logika fuzzy. Penelitian ini membahas tentang evaluasi kinerja akademik mahasiswa menggunakan sistem kecerdasan buatan pendekatan logika fuzzy yang disebut *Fuzzy Expert System* (FES) atau Sistem Pakar Fuzzy. Evaluasi kinerja akademik mahasiswa perlu dilakukan guna untuk mengetahui kemampuan mahasiswa dalam memahami suatu materi dalam bidang akademik. Kinerja akademik mahasiswa berarti capaian yang diperoleh oleh mahasiswa dalam bidang akademik. Salah satu indikator pencapaian mahasiswa dalam bidang akademik adalah dari indeks prestasi mahasiswa. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengevaluasi kinerja akademik mahasiswa menggunakan sistem kecerdasan buatan berbasis logika fuzzy dan membandingkan hasilnya dengan metode klasik. Metode klasik disini adalah metode statistika dengan menggunakan nilai rata-rata. Hasil yang diperoleh adalah terdapat perbedaan nilai kinerja akademik mahasiswa antara metode klasik dengan hasil yang didapat dengan menggunakan *Fuzzy Expert System*. Jadi dapat disimpulkan bahwa logika fuzzy bisa digunakan untuk evaluasi kinerja akademik mahasiswa.

Kata kunci: Logika Fuzzy, Sistem Pakar, Evaluasi Kinerja Akademik, Fungsi Keanggotaan

Abstract

Over time, human life will continue to develop, including in the field of education. One example is that humans can take advantage of computerized-based technology to assess or evaluate student performance. This can be done through artificial intelligence systems such as fuzzy logic. This study discusses the evaluation of student academic performance using an artificial intelligence system with a fuzzy logic approach called the Fuzzy Expert System (FES) or Fuzzy Expert System. Evaluation of student academic performance needs to be done in order to determine the ability of students to understand a material in the academic field. Student academic performance means the achievements obtained by students in the academic field. One indicator of student achievement in the academic field is the student achievement index. The purpose of this study was to evaluate student academic performance using an artificial intelligence system based on fuzzy logic and compare the results with classical methods. The classic method here is a statistical method using the average value. The results obtained are that there is a difference in student academic performance scores between the classical method and the results obtained using the Fuzzy Expert System. So it can be concluded that fuzzy logic can be used to evaluate student academic performance.

Keywords: Fuzzy Logic; Expert System; Academic Performance Evaluation; Membership Functions

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, kehidupan manusia akan terus berkembang, termasuk juga dalam bidang pendidikan. Salah satu contohnya yaitu manusia bisa memanfaatkan teknologi yang berbasis komputerisasi untuk melakukan penilaian atau

mengevaluasi kinerja mahasiswa. Hal ini bisa dilakukan melalui sistem kecerdasan buatan seperti logika fuzzy. Logika fuzzy merupakan salah satu jenis Artificial Intelligence (AI) atau kecerdasan buatan yang telah digunakan di banyak aplikasi teknik, medis, dan juga di bidang pendidikan (Shah dkk., 2019). Kecerdasan buatan (Artificial

Intelligence) adalah suatu sistem kecerdasan yang memiliki keahlian seperti manusia yang terus dilatih dan dikembangkan agar dapat bekerja lebih baik serta dapat menyelesaikan masalah yang rumit (Turban, 2005). Logika fuzzy ini digunakan untuk menilai suatu derajat ketidakpastian yang ditunjukkan dengan kata-kata atau variabel linguistik seperti tinggi, rendah, baik, buruk, sukses, memuaskan dan lain sebagainya.

Penelitian ini membahas tentang evaluasi kinerja akademik mahasiswa menggunakan sistem kecerdasan buatan pendekatan logika fuzzy yang disebut Fuzzy Expert System (FES) atau Sistem Pakar Fuzzy. Sistem pakar adalah sekumpulan program dimana pengetahuan manusia akan diadopsi ke dalam komputer untuk menyelesaikan masalah tertentu agar permasalahan tersebut dapat diselesaikan oleh komputer sebagaimana dilakukan oleh ahli (Kusumadewi, 2003). Pengetahuan ahli harus didapat dari spesialis atau sumber keahlian lain seperti artikel, jurnal, maupun database. Menurut Fahmi (2013), capaian atau hasil yang diperoleh oleh suatu kelompok atau organisasi dalam waktu tertentu disebut dengan kinerja. Kinerja akademik mahasiswa berarti capaian yang diperoleh oleh mahasiswa dalam bidang akademik. Salah satu indikator pencapaian mahasiswa dalam bidang akademik adalah dari indeks prestasi. Indeks prestasi ini untuk menilai apakah mahasiswa tersebut memenuhi standar sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan oleh suatu universitas atau institut. Evaluasi kinerja akademik mahasiswa perlu dilakukan guna untuk mengetahui kemampuan mahasiswa dalam memahami suatu materi dalam bidang akademik, Jadi penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah mahasiswa tersebut sukses atau tidak dalam pencapaiannya di bidang akademik sehingga kedepannya mahasiswa bisa meningkatkan prestasi belajarnya. Hal ini diharapkan agar tenaga pendidik seperti dosen, guru atau tutor bisa mengevaluasi dan menentukan bagaimana mengatasi pembelajaran berikutnya agar dapat meningkatkan prestasi mahasiswa.

Ada tiga macam jenis metode yang terkenal pada logika fuzzy yaitu metode mamdani, metode sugeno, dan metode tsukamoto. Pada penelitian ini menggunakan metode mamdani karena menurut Salman (2010), metode fuzzy mamdani ini paling sesuai dengan logika manusia sehingga paling

mudah dimengerti manusia dalam hal penarikan kesimpulan. Penelitian sebelumnya yang membahas tentang evaluasi kinerja akademik siswa diantaranya adalah Yadav dan Singh (2011) yang bertujuan untuk mengembangkan sistem pakar berbasis aturan fuzzy. Kemudian penelitian tersebut dilanjutkan oleh Pal (2014) yang juga membahas tentang evaluasi kinerja siswa dengan mengembangkan New Fuzzy Expert System.

Variabel input yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu indeks prestasi mahasiswa S1 Matematika angkatan 2019 Universitas Negeri Surabaya semester 1 dan semester 2. Sedangkan untuk variabel outputnya adalah nilai kinerja akademik mahasiswa. Masing-masing variabel masukan dikategorikan ke dalam beberapa kategori variabel linguistik. Begitu pula dengan variabel keluaran yang juga dibentuk ke dalam beberapa variabel linguistik. Pembentukan variabel linguistik ini dilakukan oleh para ahli yang sudah melakukan penelitian ini sebelumnya. Penelitian ini akan menggunakan tiga macam Fuzzy Expert System yaitu fuzzy 1, fuzzy 2 dan fuzzy 3. Pada fuzzy 1 dan fuzzy 2 akan mengadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Yadav dan Singh (2011). Pada fuzzy 3 mengadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Pal dkk. (2014) yang membuat New Fuzzy Expert System dan dalam penelitian akan disebutkan sebagai fuzzy 3. Tujuan dari penggunaan tiga macam fuzzy ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan hasil nilai output dan bagaimana perbedaannya jika menggunakan fungsi keanggotaan, interval, dan rules yang berbeda. Harapannya, penelitian ini dapat memberikan informasi yang tepat dalam menghitung guna mengevaluasi kinerja mahasiswa khususnya dalam bidang akademik.

KAJIAN TEORI

INDEKS PRESTASI

Indeks prestasi atau yang biasa dikenal dengan sebutan IP adalah sebuah bilangan yang merupakan salah satu alat ukur di bidang akademik untuk mengetahui seberapa baik pencapaian atau prestasi seseorang. Skala pada indeks prestasi biasanya antara 0 sampai 4 dimana 0 adalah nilai yang terendah dan 4 merupakan nilai yang tertinggi. Indeks prestasi ini untuk menilai apakah kriteria

yang ditentukan oleh suatu universitas atau institut dapat dipenuhi oleh mahasiswa tersebut.

LOGIKA FUZZY

Prof. Lutfi A. Zadeh, seorang peneliti di Universitas California Barkley dalam bidang ilmu komputer, mengenalkan logika fuzzy pertama kali melalui artikelnya yang berjudul *Fuzzy Sets* pada tahun 1965. Secara bahasa fuzzy memiliki arti kabur atau samar-samar. Landasan teori logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy.

HIMPUNAN FUZZY

Himpunan fuzzy sendiri merupakan perluasan dari himpunan klasik. Dalam himpunan klasik, suatu obyek dapat diketahui secara jelas apakah obyek tersebut merupakan anggota dari suatu himpunan tersebut atau tidak. Sedangkan pada himpunan fuzzy memiliki nilai kesamaran antara benar atau salah. Derajat keanggotaan dapat menentukan keberadaan elemen dalam suatu himpunan. Derajat keanggotaan ini dinotasikan dengan $\mu_A(x)$. Himpunan fuzzy A yang anggotanya dinotasikan dengan x, didefinisikan sebagai berikut.

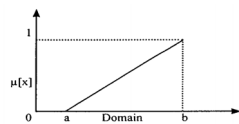
$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\} \text{ dengan } \mu_A(x) \in [0,1]$$

FUNGSI KEANGGOTAAN

Fungsi keanggotaan logika fuzzy digunakan dalam menghitung derajat keanggotaan suatu himpunan fuzzy. Fungsi keanggotaan ada beberapa macam, diantaranya adalah :

Fungsi Keanggotaan Linear

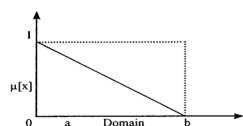
Fungsi keanggotaan linear ada dua macam, yaitu Linear Naik



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan Linear Naik

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{cases}$$

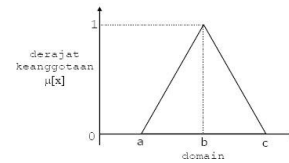
Linear Turun



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Linear Turun

$$\mu[x, a, b] = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases}$$

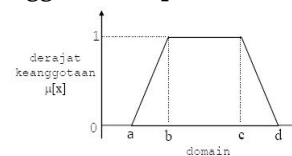
Fungsi Keanggotaan Segitiga



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Segitiga

$$\mu[x, a, b, c] = \begin{cases} 0, & x \leq a, x \geq c \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c - x}{c - b}, & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Fungsi Keanggotaan Trapezium



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Trapezium

$$\mu\mu[x, a, b, c, d] = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d - x}{d - c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$$

OPERATOR PADA HIMPUNAN FUZZY

Operator AND

Operator yang berhubungan dengan operasi irisan pada himpunan fuzzy adalah operator AND. Derajat keanggotaan dari hasil operasi menggunakan operator AND dinotasikan sebagai berikut.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Operator OR

Operator yang berhubungan dengan operasi gabungan pada himpunan fuzzy adalah operator OR. Derajat keanggotaan dari hasil operasi menggunakan operator OR dinotasikan sebagai berikut.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Operator NOT

Operator yang berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan fuzzy adalah operator NOT. Derajat keanggotaan dari hasil operasi menggunakan operator NOT dinotasikan sebagai berikut.

$$\mu_{A^c} \mu_{A^c} = 1 - \mu_A(x)$$

SISTEM PAKAR

Sistem pakar adalah sekumpulan program dimana pengetahuan manusia akan diadopsi ke dalam komputer untuk menyelesaikan masalah tertentu agar permasalahan tersebut dapat diselesaikan oleh komputer sebagaimana dilakukan oleh ahli (Kusumadewi, 2003). Pengetahuan ahli harus didapat dari spesialis atau sumber keahlian lain seperti artikel, jurnal, maupun *database*. Sebelum digunakan, pengetahuan ahli yang telah cukup harus dikodekan ke dalam beberapa bentuk, dimuat ke dalam basis pengetahuan kemudian diuji. Sistem pakar ini bisa terus dikembangkan dan disempurnakan selama masa pakai sistem.

METODE FUZZY MAMDANI

Metode mamdani atau yang biasa dikenal dengan sebutan metode max-min ini merupakan bagian dari *Fuzzy Inference System*. Metode mamdani pertama kali diperkenalkan pada tahun 1975 oleh Ebrahim Mamdani. Agar mendapat suatu keputusan yang tepat, ada empat langkah yang digunakan pada metode mamdani, yaitu :

Pembentukan Himpunan Fuzzy (*Fuzzyfikasi*)

Fuzzyfikasi merupakan proses pembentukan himpunan fuzzy yang dilakukan dengan mengubah nilai input himpunan klasik ke dalam variabel fuzzy. Variabel fuzzy ini berupa variabel linguistik yang akan dikelompokkan menjadi beberapa himpunan fuzzy. Pada tahap ini menggunakan bantuan fungsi keanggotaan agar memperoleh nilai keanggotaan tiap variabel linguistik.

Aplikasi Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi adalah susunan logika yang terdiri dari satu atau beberapa asumsi dan sebuah simpulan. Pada tahap ini yaitu mengombinasikan semua variabel input menggunakan sistem aturan dengan operator AND (DAN). Secara umum, bentuk aturan fuzzy adalah sebagai berikut,

JIKA (x_1 adalah A_1) DAN (x_2 adalah A_2) DAN ... DAN (x_n adalah A_n) MAKA y adalah B , dengan x_1, x_2, \dots, x_n dan y adalah nilai skalar, serta A_1, A_2, \dots, A_n dan B adalah himpunan fuzzy. Nilai n adalah jumlah dari variabel input fuzzy yang digunakan.

Komposisi Aturan

Sistem fuzzy biasanya terdiri dari beberapa aturan, oleh karena itu diperlukan sebuah simpulan dari hubungan antar aturan tersebut untuk

mengambil sebuah keputusan atau *inference*. Ada tiga metode yang bisa digunakan pada proses ini, yaitu metode *max (maximum)*, *additive (sum)*, dan *probabilistic OR (probor)*.

Penegasan (*Defuzzyfikasi*)

Penegasan atau *defuzzyfikasi* adalah suatu proses untuk memperoleh nilai *crisp* dari himpunan fuzzy. Salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai tersebut diantaranya adalah metode *centroid*. Pada metode ini adalah mencari nilai tengah dari suatu kurva pada daerah fuzzy. Beberapa metode lain yang bisa digunakan dalam proses defuzzifikasi diantaranya adalah metode *bisector*, *mean of maximum*, *largest of maximum* dan *smallest of maximum*.

METODE

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Terdapat dua variabel masukan yang digunakan yaitu indeks prestasi mahasiswa S1 Matematika Universitas Negeri Surabaya angkatan 2019 pada semester 1 dan 2. Data ini diambil melalui *website* SSO UNESA admin jurusan Matematika UNESA.

Tabel 1. Data yang Digunakan

No	Indeks Prestasi		No	Indeks Prestasi	
	Semeste r 1	Semeste r 2		Semeste r 1	Semeste r 2
1	3.25	3.88	34	2.81	3.77
2	3.58	3.74	35	3.65	3.79
3	3.21	3.68	36	2.90	3.62
4	3.34	3.85	37	3.48	3.75
5	3.46	3.83	38	3.20	3.90
6	3.43	3.70	39	3.31	3.57
7	3.70	3.98	40	3.59	3.95
8	3.13	3.58	41	3.39	3.86
9	3.51	4.00	42	3.11	3.92
10	3.29	3.65	43	3.19	3.80
11	3.15	3.65	44	2.56	3.55
12	3.58	3.69	45	3.09	3.42
13	3.58	3.90	46	3.11	3.92
14	3.43	3.81	47	3.26	3.58
15	3.16	3.88	48	3.36	3.87
16	3.05	3.64	49	3.28	3.77
17	2.94	3.70	50	3.11	3.86
18	3.54	3.77	51	3.13	3.42
19	3.08	3.77	52	3.21	3.69
20	3.11	3.77	53	2.45	2.70
21	3.46	3.95	54	2.70	3.77
22	3.76	3.92	55	2.53	2.45
23	3.68	3.94	56	3.18	3.68
24	3.43	3.90	57	3.05	3.85

25	3.46	3.81	58	2.78	3.51
26	3.46	3.90	59	3.11	3.65
27	3.65	3.85	60	3.31	3.86
28	3.59	4.00	61	3.16	3.79
29	3.30	3.50	62	2.68	3.43
30	3.33	3.92	63	3.01	3.61
31	2.76	3.01	64	2.81	3.68
32	3.56	3.77	65	3.46	3.61
33	3.36	3.76	66	3.28	3.71

PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian ini akan membandingkan tiga macam *Fuzzy Expert System* dengan menggunakan himpunan fuzzy dan aturan implikasi yang berbeda. Fungsi keanggotaan yang digunakan juga berbeda. Pada Fuzzy 1 dan 2 hanya menggunakan fungsi keanggotaan segitiga sedangkan pada fuzzy 3 menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium. Pembentukan himpunan fuzzy, fungsi keanggotaan, interval, dan aturan implikasi ini sudah dilakukan oleh ahli pada penelitian pendahulu. Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut.

STUDI LITERATUR

Melakukan observasi dan identifikasi permasalahan dengan mempelajari landasan teori yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas. Literatur yang digunakan berupa jurnal dan juga buku yang berkaitan dengan logika fuzzy dan penerapannya.

PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah tentang evaluasi kinerja mahasiswa berdasarkan indeks prestasi menggunakan teknik logika fuzzy.

PENGAMBILAN DATA

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah indeks prestasi mahasiswa S1 Matematika Universitas Negeri Surabaya angkatan 2019 pada semester 1 dan 2 yang didapat dari *website* SSO UNESA melalui admin jurusan Matematika UNESA.

PEMROSESAN DATA

Berdasarkan tabel indeks prestasi semester 1 dan 2, interval semester 1 dan semester 2 pada fuzzy 1 sama sehingga menyebabkan jika IP mahasiswa ditukar antara semester 1 dan 2 maka nilai kinerja

mahasiswa juga masih sama oleh karena itu dibentuklah model fuzzy 2 dengan interval dan bentuk segitiga yang berbeda agar jika nilai IP mahasiswa ditukar antara semester 1 dan 2 maka hasil kinerjanya juga berbeda. Dibentuk fuzzy 3 karena model ini lebih sederhana hanya menggunakan 9 *rules* dan tiga variabel linguistik pada variabel input dan output sehingga memudahkan dalam menghitung. Model ini juga menggunakan fungsi keanggotaan yang berbeda yaitu trapesium dan segitiga.

Penelitian ini menggunakan metode mamdani dengan bantuan *software* MATLAB.

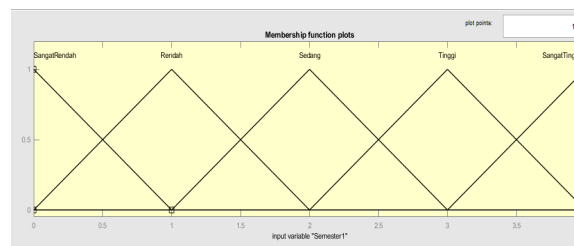
Pembentukan Himpunan Fuzzy (*Fuzzyfikasi*)

Pada tahap ini membagi variabel input dan output menjadi beberapa himpunan fuzzy serta menentukan fungsi keanggotaan yang akan digunakan.

Fuzzy 1

Tabel 2. Himpunan Fuzzy 1 dari Variabel Input (Semester 1 dan Semester 2)

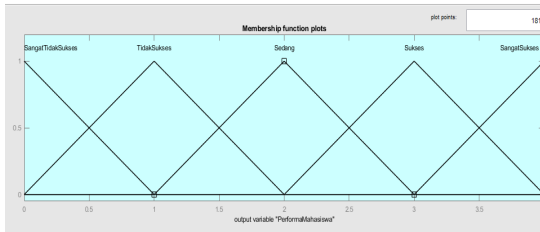
Variabel Linguistik	Interval
Sangat Rendah	(0, 0, 1)
Rendah	(0, 1, 2)
Sedang	(1, 2, 3)
Tinggi	(2, 3, 4)
Sangat Tinggi	(3, 4, 4)



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Variabel Input (Fuzzy 1)

Tabel 3. Himpunan Fuzzy 2 dari Variabel Output

Variabel Linguistik	Interval
Sangat Tidak Sukses	(0, 0, 1)
Tidak Sukses	(0, 1, 2)
Sedang	(1, 2, 3)
Sukses	(2, 3, 4)
Sangat Sukses	(3, 4, 4)



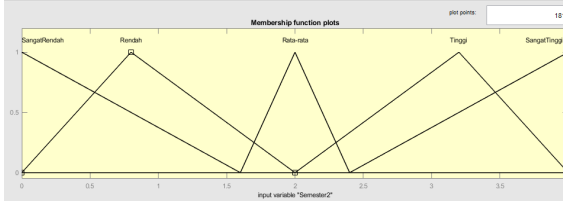
Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Kinerja Mahasiswa (Fuzzy 1)

Fuzzy 2

Pada bagian ini hanya merubah interval pada himpunan fuzzy untuk variabel input pada semester 2, sedangkan untuk variabel input semester 1 dan variabel output sama dengan fuzzy 1.

Tabel 4. Himpunan Fuzzy 2 dari Variabel Input (Semester 2)

Variabel Linguistik	Interval
Sangat Rendah	(0, 0, 1.6)
Rendah	(0, 0.8, 2)
Sedang	(1.6, 2, 2.4)
Tinggi	(2, 3.2, 4)
Sangat Tinggi	(2.4, 4, 4)

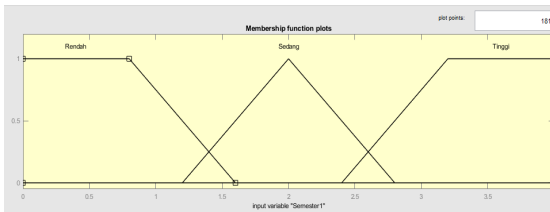


Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Semester 2 (Fuzzy 2)

Fuzzy 3

Tabel 5. Himpunan Fuzzy 3 dari Variabel Input (Semester 1 dan 2)

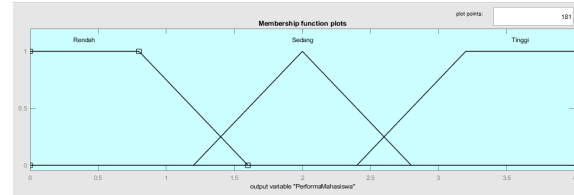
Variabel Linguistik	Interval
Rendah	(0, 0, 0.8, 1.6)
Sedang	(1.2, 2, 2.8)
Tinggi	(2.4, 3.2, 4, 4)



Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Variabel Input (Fuzzy 3)

Tabel 6. Himpunan Fuzzy 3 dari Variabel Output

Variabel Linguistik	Interval
Tidak Sukses	(0, 0, 0.8, 1.6)
Sedang	(1.2, 2, 2.8)
Sukses	(2.4, 3.2, 4, 4)



Gambar 9. Fungsi Keanggotaan dari Kinerja Mahasiswa (Fuzzy 3)

Aplikasi Fungsi Implikasi

Karena sistem ini menggunakan operator AND maka aturan yang digunakan adalah min. Aturan fuzzy yang digunakan adalah sebagai berikut.

Fuzzy 1 dan 2

1. Jika semester-1 sangat rendah dan semester-2 sangat rendah maka kinerja mahasiswa sangat tidak sukses.
2. Jika semester-1 sangat rendah dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa sangat tidak sukses.
3. Jika semester-1 sangat rendah dan semester-2 sangat sedang maka kinerja mahasiswa tidak sukses.
4. Jika semester-1 sangat rendah dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa tidak sukses.
5. Jika semester-1 sangat rendah dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sedang.
6. Jika semester-1 rendah dan semester-2 sangat rendah maka kinerja mahasiswa sangat tidak sukses.
7. Jika semester-1 rendah dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa tidak sukses.
8. Jika semester-1 rendah dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa tidak sukses.
9. Jika semester-1 rendah dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sedang.
10. Jika semester-1 rendah dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sedang.
11. Jika semester-1 sedang dan semester-2 sangat rendah maka kinerja mahasiswa tidak sukses.
12. Jika semester-1 sedang dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa tidak sukses.

13. Jika semester-1 sedang dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa sedang.
14. Jika semester-1 sedang dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sukses.
15. Jika semester-1 sedang dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sukses.
16. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 sangat rendah maka kinerja mahasiswa tidak sukses.
17. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa sedang.
18. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa sukses.
19. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sukses.
20. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sangat sukses.
21. Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 sangat rendah maka kinerja mahasiswa sedang.
22. Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa sukses.
23. Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa sukses.
24. Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sangat sukses.
25. Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sangat sukses.

Fuzzy 3

1. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa tinggi.
2. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa sedang.
3. Jika semester-1 tinggi dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa sedang.
4. Jika semester-1 sedang dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa tinggi.
5. Jika semester-1 sedang dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa sedang.
6. Jika semester-1 sedang dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa rendah.
7. Jika semester-1 rendah dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sedang.
8. Jika semester-1 rendah dan semester-2 sedang maka kinerja mahasiswa rendah.
9. Jika semester-1 rendah dan semester-2 rendah maka kinerja mahasiswa rendah.

$$\alpha_i = \min(\mu_A(\text{input}(1)), \mu_B(\text{input}(2)))$$

Komposisi Aturan

Pengambilan keputusan pada penelitian ini menggunakan aturan max.

Penegasan (*Defuzzifikasi*)

Setelah melakukan proses pengambilan keputusan fuzzy, maka perlu mengubah nilai fuzzy menjadi nilai crisp melalui proses *defuzzifikasi* atau penegasan. Pada penelitian ini menggunakan metode *centroid* dengan rumus sebagai berikut.

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

MENGHITUNG MENGGUNAKAN METODE KLASIK

Pada tahap ini menggunakan rumus statistika yaitu menghitung nilai rata-rata indeks prestasi mahasiswa pada semester satu dan dua. Dalam hal ini menggunakan indeks prestasi kumulatif yang juga didapat dari website SSO UNESA dengan bantuan admin jurusan Matematika UNESA.

ANALISIS

Setelah didapat nilai kinerja mahasiswa sebagai variabel output pada fuzzy 1, fuzzy 2 dan fuzzy 3, kemudian membandingkan ketiga sistem pakar fuzzy tersebut lalu menganalisis hasil yang diperoleh dan membuat simpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini menggunakan tiga macam *Fuzzy Expert System* yang berbeda untuk mengevaluasi kinerja akademik mahasiswa. Data yang digunakan adalah indeks prestasi semester 1 dan semester 2 mahasiswa S1 Matematika angkatan 2019, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya sebanyak 66 mahasiswa. Penelitian ini menggunakan metode mamdani dengan bantuan *software* MATLAB. Kedua indeks prestasi mahasiswa tersebut di bentuk ke dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan yang berbeda-beda. Pada Fuzzy 1 dan fuzzy 2 dibagi menjadi lima variabel linguistik yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Variabel output yang dihasilkan juga menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan membagi himpunan fuzzy menjadi lima variabel linguistik yaitu sangat tidak sukses, tidak sukses, sedang, sukses, dan sangat sukses. Pada fuzzy 2 merubah interval pada himpunan fuzzy untuk variabel input pada semester

1, sedangkan interval untuk variabel input semester 2 dan variabel output sama dengan fuzzy 1. Indeks prestasi mahasiswa pada fuzzy 3 juga dibentuk ke dalam himpunan fuzzy dan membaginya menjadi tiga variabel linguistik yaitu rendah, sedang, dan tinggi dengan menggunakan dua fungsi keanggotaan trapesium dan satu fungsi kenggotaan segitiga. Variabel output yang dihasilkan juga menggunakan dua fungsi keanggotaan trapesium dan satu fungsi keanggotaan segitiga dengan membagi himpunan fuzzy menjadi tiga variabel linguistik yaitu tidak sukses, sedang, dan sukses. Setelah membentuk himpunan klasik tersebut menjadi himpunan fuzzy kemudian membuat aturan IF THEN. Lalu menggunakan teknik *inference* untuk mengambil keputusan yang akan menghasilkan nilai output yang masih berbentuk fuzzy. Kemudian mengubah nilai fuzzy tersebut menjadi nilai crisp menggunakan metode *centorid* pada tahap penegasan (*defuzzifikasi*) yang akan menghasilkan nilai kinerja akademik mahasiswa. Langkah tersebut diulangi dengan menggunakan indeks prestasi pada setiap mahasiswa hingga sebanyak 66 mahasiswa.

PERHITUNGAN MANUAL

Akan ditunjukkan cara perhitungan manual menggunakan fuzzy 1 pada mahasiswa no 1.

Fuzzy 1

Pembentukan Himpunan Fuzzy

IP Semester 1 = 3.25

IP Semester 2 = 3.88

Himpunan Fuzzy untuk Semester 1 dan 2

$$\mu_{SRendah}[x, 0,0,1] = \begin{cases} \frac{1-x}{1-0}, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & x \geq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{Rendah}[x, 0,1,2] = \begin{cases} \frac{x-0}{1-0}, & 0 \leq x \leq 1 \\ \frac{2-x}{2-1}, & 1 \leq x \leq 2 \\ 0, & x \leq 1, x \geq 3 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}[x, 1,2,3] = \begin{cases} \frac{x-1}{2-1}, & 1 \leq x \leq 2 \\ \frac{3-x}{3-2}, & 2 \leq x \leq 3 \\ 0, & x \leq 2, x \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}[x, 2,3,4] = \begin{cases} \frac{x-2}{3-2}, & 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{4-3}, & 3 \leq x \leq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{STinggi}[x, 3,4,4] = \begin{cases} 0, & x \leq 3 \\ \frac{x-3}{4-3}, & 3 \leq x \leq 4 \end{cases}$$

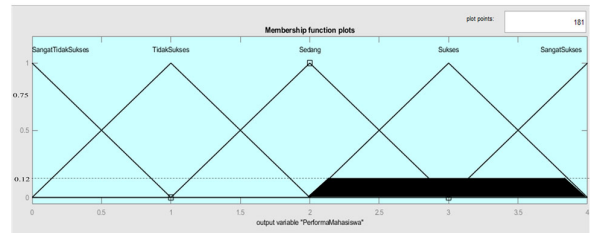
$$\begin{aligned} \mu_{SangatRendah}(3.25) &= 0 \\ \mu_{Rendah}(3.25) &= 0 \\ \mu_{Sedang}(3.25) &= 0 \\ \mu_{Tinggi}(3.25) &= \frac{4-3.25}{4-3} = 0.75 \\ \mu_{SangatTinggi}(3.25) &= \frac{3.25-3}{4-3} = 0.25 \\ \mu_{SangatRendah}(3.88) &= 0 \\ \mu_{Rendah}(3.88) &= 0 \\ \mu_{Sedang}(3.88) &= 0 \\ \mu_{Tinggi}(3.88) &= \frac{4-3.88}{4-3} = 0.12 \\ \mu_{SangatTinggi}(3.88) &= \frac{3.88-3}{4-3} = 0.88 \end{aligned}$$

Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada tahap ini menggunakan operator AND. Karena derajat keanggotaan untuk sangat rendah, rendah, dan sedang adalah 0, baik pada variabel input semester 1 maupun semester 2, sehingga nilai α dengan *rules* yang mengandung variabel linguistik sangat rendah, rendah, dan sedang yaitu pada *rules* 1-18 dan 21-23 adalah 0.

[R19] Jika semester-1 tinggi dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sukses.

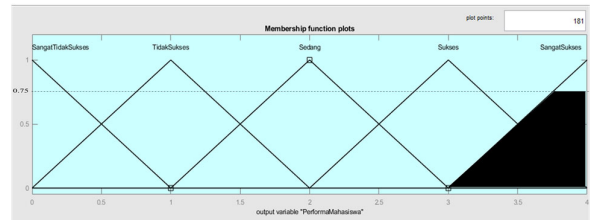
$$\alpha_{19} = \min(0.75, 0.12) = 0.12$$



Gambar 10. Aplikasi Fungsi Implikasi untuk R19

[R20] Jika semester-1 tinggi dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sangat sukses.

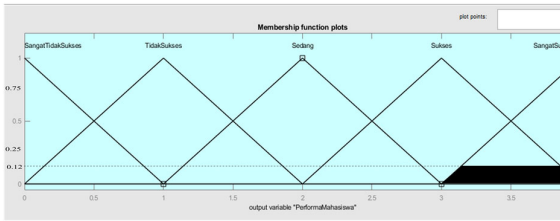
$$\alpha_{20} = \min(0.75, 0.88) = 0.75$$



Gambar 11. Aplikasi Fungsi Implikasi untuk R20

[R24] Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 tinggi maka kinerja mahasiswa sangat sukses.

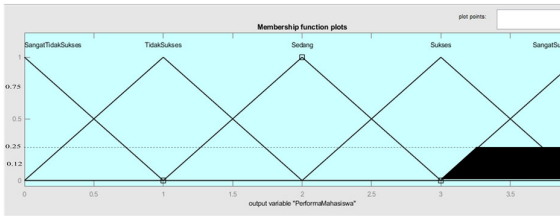
$$\alpha_{24} = \min(0.25, 0.12) = 0.12$$



Gambar 12. Aplikasi Fungsi Implikasi untuk R24

[R25] Jika semester-1 sangat tinggi dan semester-2 sangat tinggi maka kinerja mahasiswa sangat sukses.

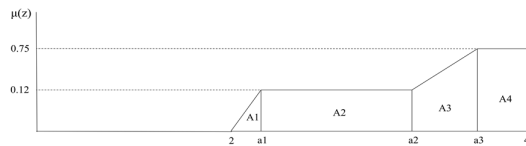
$$\alpha_{25} = \min(0.25, 0.88) = 0.25$$



Gambar 13. Aplikasi Fungsi Implikasi untuk R25

Komposisi Aturan

Karena pada komposisi aturan menggunakan aturan max maka menggabungkan semua daerah output pada tahap 2 sehingga menjadi bentuk seperti berikut.



Gambar 14. Daerah Hasil Komposisi

$$\frac{a1-2}{3-2} = 0.12 \rightarrow a1 = 2.12$$

$$\frac{a2-3}{4-3} = 0.12 \rightarrow a2 = 3.12$$

$$\frac{a3-3}{4-3} = 0.75 \rightarrow a3 = 3.75$$

Penegasan

Kemudian untuk mengubah nilai pada himpunan fuzzy menggunakan metode centroid dengan rumus sebagai berikut.

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

Dimana $\int_z \mu(z) \cdot z \, dz$ merupakan momen dari daerah fuzzy dan $\int_z \mu(z) \, dz$ merupakan luas.

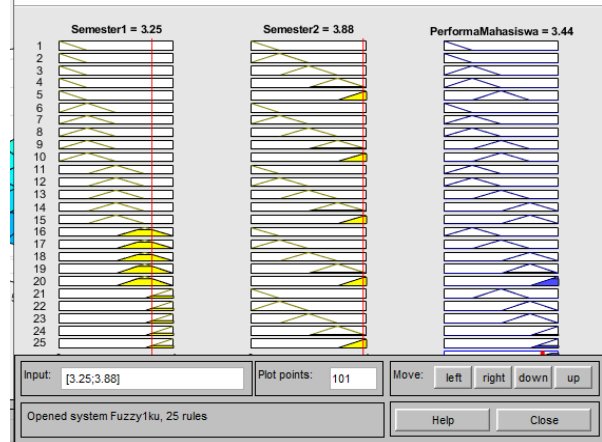
$$z^* = \frac{0.08164+0.3144+0.96217+0.72656}{0.0072+0.12+0.27405+0.1875}$$

$$z^* = \frac{2.08477}{0.58875} = 3.54$$

Jadi nilai kinerja akademik mahasiswa tersebut adalah 3.54

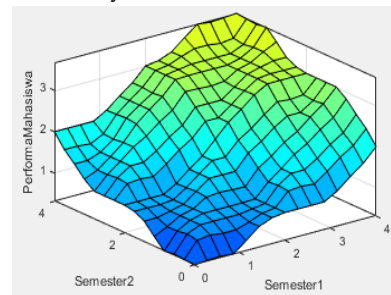
PERHITUNGAN MENGGUNAKAN MATLAB

Proses perhitungan manual hanya memberika satu cobtoh perhitunganm, untuk data yang lain akan diproses menggunakan MATLAB.

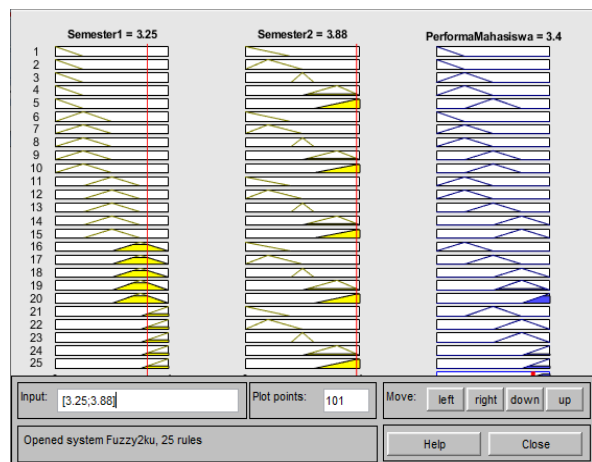


Gambar 15. Nilai Kinerja Mahasiswa No. 1 (Fuzzy 1)

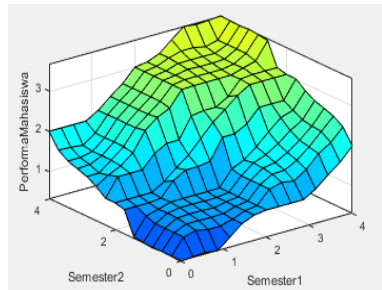
Gambar 15 menunjukkan hasil kinerja mahasiswa no 1 dengan indeks prestasi semester 1 sebesar 3.25 dan indeks prestasi semester 2 sebesar 3.88. Nilai kinerja mahasiswa yang diperoleh menggunakan fuzzy 1 adalah sebesar 3.44.



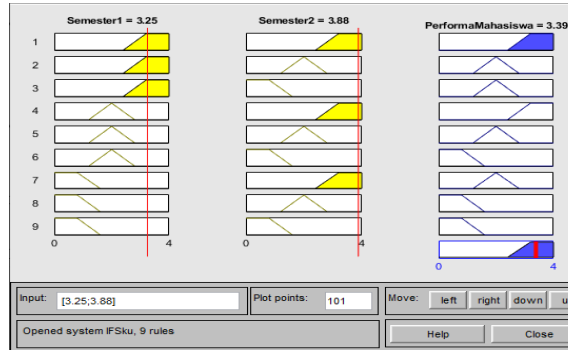
Gambar 16. Surface Viewer Menggunakan Fuzzy 1



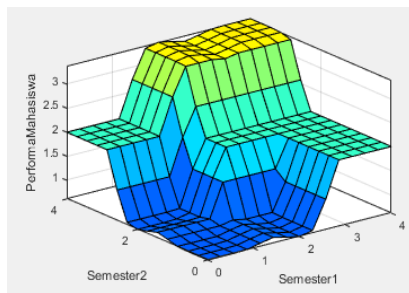
Gambar 17. Nilai Kinerja Mahasiswa No. 1 (Fuzzy 2)



Gambar 18. Surface Viewer Menggunakan Fuzzy 2



Gambar 19. Nilai Kinerja Mahasiswa No. 1 (Fuzzy 3)



Gambar 20. Surface Viewer Menggunakan Fuzzy 3

Tabel 7. Perbandingan Evaluasi Kinerja Akademik Mahasiswa antara metode klasik, Fuzzy 1, Fuzzy 2, Fuzzy 3 Menggunakan Matlab

No.	Indeks Prestasi		Kinerja Akademik Mahasiswa			
	Semeste r 1	Semeste r 2	Klasik	Fuzzy 1	Fuzzy 2	Fuzzy 3
1	3.25	3.88	3.57	3.44	3.40	3.39
2	3.58	3.74	3.66	3.25	3.21	3.39
3	3.21	3.68	3.45	3.25	3.23	3.39
4	3.34	3.85	3.60	3.38	3.34	3.39
5	3.46	3.83	3.65	3.32	3.28	3.39
6	3.43	3.70	3.57	3.22	3.19	3.39
7	3.70	3.98	3.84	3.61	3.60	3.39
8	3.13	3.58	3.36	3.17	3.19	3.37
9	3.51	4.00	3.76	3.62	3.62	3.39
10	3.29	3.65	3.48	3.22	3.21	3.39
11	3.15	3.65	3.41	3.22	3.22	3.38
12	3.58	3.69	3.63	3.22	3.19	3.39
13	3.58	3.90	3.74	3.43	3.39	3.39
14	3.43	3.81	3.62	3.31	3.27	3.39

15	3.16	3.88	3.53	3.46	3.42	3.38
16	3.05	3.64	3.35	3.22	3.21	3.36
17	2.94	3.70	3.33	3.26	3.25	3.34
18	3.54	3.77	3.66	3.26	3.22	3.39
19	3.08	3.77	3.43	3.33	3.30	3.36
20	3.11	3.77	3.45	3.33	3.30	3.37
21	3.46	3.95	3.71	3.51	3.48	3.39
22	3.76	3.92	3.84	3.50	3.47	3.39
23	3.68	3.94	3.81	3.52	3.50	3.39
24	3.43	3.90	3.67	3.43	3.39	3.39
25	3.46	3.81	3.64	3.30	3.26	3.39
26	3.46	3.90	3.69	3.42	3.38	3.39
27	3.65	3.85	3.75	3.38	3.34	3.39
28	3.59	4.00	3.80	3.64	3.64	3.39
29	3.30	3.50	3.40	3.13	3.17	3.39
30	3.33	3.92	3.63	3.49	3.45	3.39
31	2.76	3.01	2.89	3.00	3.07	3.33
32	3.56	3.77	3.67	3.27	3.23	3.39
33	3.36	3.76	3.57	3.29	3.25	3.39
34	2.81	3.77	3.30	3.33	3.29	3.31
35	3.65	3.79	3.72	3.32	3.27	3.39
36	2.90	3.62	3.27	3.20	3.21	3.33
37	3.48	3.75	3.62	3.24	3.20	3.39
38	3.20	3.90	3.56	3.48	3.44	3.39
39	3.31	3.57	3.45	3.17	3.18	3.39
40	3.59	3.95	3.77	3.52	3.50	3.39
41	3.39	3.86	3.63	3.38	3.34	3.39
42	3.11	3.92	3.52	3.52	3.49	3.37
43	3.19	3.80	3.50	3.36	3.32	3.39
44	2.56	3.55	3.07	3.16	3.14	3.27
45	3.09	3.42	3.26	3.09	3.15	3.37
46	3.11	3.92	3.52	3.52	3.49	3.37
47	3.26	3.58	3.43	3.17	3.19	3.39
48	3.36	3.87	3.62	3.4	3.36	3.39
49	3.28	3.77	3.53	3.22	3.28	3.39
50	3.11	3.86	3.49	3.43	3.4	3.37
51	3.13	3.42	3.27	3.09	3.15	3.37
52	3.21	3.69	3.46	3.25	3.24	3.39
53	2.45	2.70	2.58	2.63	3.02	2.98
54	2.70	3.77	3.25	3.26	3.26	3.28
55	2.53	2.45	2.49	2.52	3.00	2.21
56	3.18	3.68	3.43	3.25	3.24	3.38
57	3.05	3.85	3.46	3.42	3.39	3.36
58	2.78	3.51	3.15	3.13	3.17	3.3
59	3.11	3.65	3.39	3.22	3.22	3.37
60	3.31	3.86	3.59	3.40	3.36	3.39
61	3.16	3.79	3.48	3.35	3.32	3.38
62	2.68	3.43	3.06	3.10	3.15	3.28
63	3.01	3.61	3.32	3.19	3.20	3.35
64	2.81	3.68	3.26	3.25	3.24	3.31
65	3.46	3.61	3.54	3.17	3.15	3.39
66	3.28	3.71	3.5	3.27	3.24	3.39

Pada tabel tersebut menunjukkan hasil dari metode klasik, fuzzy 1, fuzzy 2 dan fuzzy 3. Metode klasik pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan perhitungan statistika mencari nilai rata-rata dari kedua indeks prestasi tersebut yang mana pada data ini merupakan indeks prestasi kumulatif mahasiswa. Hal ini menunjukkan bahwa hasil kinerja mahasiswa yang diperoleh dari metode klasik dan ketiga *fuzzy expert system* yaitu fuzzy 1,

fuzzy 2, dan fuzzy 3 adalah berbeda. Namun selisih perbedaan tersebut tidaklah terlalu jauh.

PENUTUP

SIMPULAN

Dalam mengevaluasi kinerja akademik mahasiswa bisa menggunakan teknik logika fuzzy yang disebut *Fuzzy Expert System* atau Sistem Pakar Fuzzy. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja mahasiswa menggunakan sistem kecerdasan buatan berbasis logika fuzzy dan membandingkan hasilnya dengan metode klasik. Dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan hasil nilai kinerja mahasiswa antara metode klasik, fuzzy 1, fuzzy 2 dan fuzzy 3. Dari hasil tersebut juga dapat diketahui bahwa hasil dengan menggunakan metode klasik mayoritas lebih tinggi daripada hasil dengan menggunakan *Fuzzy Expert Sistem*. Evaluasi menggunakan logika fuzzy memiliki fleksibilitas yang tinggi. Hal ini menyebabkan logika fuzzy bisa digunakan untuk evaluasi kinerja akademik mahasiswa.

SARAN

Penelitian ini menggunakan dua variabel input, oleh karena itu bisa dikembangkan lagi dengan menambah variabel input berupa kriteria lain yang mendukung kinerja akademik mahasiswa. Pembaca juga bisa menambahkan data yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andani, S. R. (2015, July). Fuzzy Mamdani Dalam Menentukan Tingkat Keberhasilan Dosen Mengajar. In *Seminar Nasional Informatika (SEMNASIF)* (Vol. 1, No. 4).
- Febriany, N., Agustina, F., & Marwati, R. (2017). Aplikasi metode fuzzy mamdani dalam penentuan status gizi dan kebutuhan kalori harian balita menggunakan software MATLAB. *Jurnal EurekaMatika*, 5(1), 84-96.
- Kusumadewi, S. (2003). Artificial intelligence (teknik dan aplikasinya). *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 278.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 33-34
- Rahmawati, D. A. (2015). Penerapan Fuzzy Logic dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi (Doctoral

- dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Salman, M. A., & Seno, N. I. (2010). A comparison of Mamdani and Sugeno inference systems for a satellite image classification. *Anbar J. Eng. Sci*, 296-306.
- Turban, E. (2005). J. E. Aronson, and Ting-Peng Liang. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wang, C. (2015). *A study of membership functions on mamdani-type fuzzy inference system for industrial decision-making*. Lehigh University.
- Yadav, R. S., & Singh, V. P. (2011). Modeling academic performance evaluation using soft computing techniques: A fuzzy logic approach. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 3(2), 676-686.
- Yadav, R. S., Soni, A. K., & Pal, S. (2014, March). A study of academic performance evaluation using Fuzzy Logic techniques. In *2014 International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*(pp. 48-53). IEEE.
- Zobaer Shah, Q. M., Arefin Kowser, M., & Asaduzzaman Chowdhury, M. (2019). A parametric investigation on the fretting fatigue behaviour of heat treated Al 6061-T6 under rotating bending phenomena *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 1-13.