

Penerapan Metode Logika Fuzzy Dalam Evaluasi Kinerja Dosen

Maria Adelvin Londa[✉], Kristina Sara, Melky Radja

Sistem Informasi, Teknologi Informasi, Universitas Flores

[✉]adelvinmaria@gmail.com

Abstrak: Indonesia terus melakukan perbaikan dan usaha peningkatan kualitas pendidikan, salah satunya pada layanan pendidikan perguruan tinggi. Seorang dosen memiliki peranan penting dalam kemajuan dan perkembangan perguruan tinggi dan selanjutnya berpengaruh pada kualitas pendidikan di Indonesia. Penilaian terhadap dosen oleh mahasiswa dan asesor atau atasan adalah sebagai upaya untuk meningkatkan performa dosen. Dalam melakukan penilaian dosen di Indonesia, terdapat beberapa acuan yang telah diterbitkan oleh Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Penelitian ini berfokus dalam mempelajari fitur fungsi keanggotaan dalam proses inferensi *fuzzy* tipe Mamdani, untuk mempercepat serta meningkatkan akurasi penilaian seorang dosen dengan menggunakan tata cara *scientific* serta menghindari kesalahan penilaian yang dilakukan secara manual. Dalam penelitian ini, percobaan sistematis diimplementasikan berdasarkan *Fuzzy Logic Toolbox* dari MATLAB. Ditemukan sebuah hal positif dalam pemakaian metode ini di mana konteks penilaian dosen hanya diperlukan input variabel yang tidak banyak, tetapi tingkat akurasi penilaian tinggi.

Kata kunci: *logika fuzzy mamdani, fuzzy inference process, defuzzy, fungsi keanggotaan, komposisi aturan*

Abstract: *Indonesia continues to make improvements and efforts to improve the quality of education including the quality of services in university. In a college, a lecturer has an important role in the progress and development of the college and subsequently affects the quality of education in Indonesia. Teacher assessment by students and assessors or superiors is an effort to improve lecturers' performance. There are references made by lecturers in Indonesia issued by the Ministry of Research, Technology and Higher Education. This research focuses on studying the features of membership functions in inference process of mamdani fuzzy, to accelerate and improve the accuracy of lecturers' assessment by using scientific procedures and avoiding errors made by manual assessment. In this study, a systematic experiment was implemented based on the Fuzzy Logic Toolbox from MATLAB. The result of the study found a positive thing in the use of this method where the context of the assessment of lecturers required only a few input variables, but had a high level of accuracy of the assessment.*

Keywords: *fuzzy logic mamdani, fuzzy inference process, defuzzy, membership functions, rule composition*

I. PENDAHULUAN

Masyarakat Asia sering dihadapkan pada sebuah tantangan untuk menangani situasi ketidakpastian. Pada tahun 1965 Logika *fuzzy* mengemuka. Logika ini muncul diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh [1]. Teori ini dapat membantu menangani perhitungan ketidakpastian. Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Dalam banyak kasus, logika *fuzzy* digunakan sebagai cara untuk memetakan masalah dari input ke output yang diharapkan [2]. Dasar dari logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Peranan derajat masing-masing keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Ciri utama penalaran dengan logika *fuzzy* adalah derajat keanggotaan atau *membership function*. Sepuluh tahun kemudian yaitu di tahun 1975 *fuzzy mamdani* diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani [3]. Metode mamdani sering juga dikenal sebagai metode MAX-MIN.

Profesi pengajar atau dosen merupakan suatu profesi yang menuntut performansi baik. Dosen memiliki acuan tertentu dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar di dalam ruang kelas perguruan tinggi.

Aturan untuk dosen ASN dan dosen perguruan tinggi swasta bisa jadi berbeda. Dalam penelitian ini menggunakan aturan penilaian dosen ASN [4]. Untuk melakukan penelitian ini, penulis menggunakan metode mamdani. Dibandingkan dengan metode lain metode mamdani memiliki kelebihan. Mamdani sesuai untuk penilaian dalam penelitian ini untuk mengevaluasi pelayanan kinerja dosen diantaranya adalah pembentukan himpunan *fuzzy* yang sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian, komposisi aturan aturan yang sesuai dan penegasan (*defuzzy*) [5] untuk mencari nilai yang bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan *fuzzy* juga akan berjalan secara halus.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian lainnya, di mana dalam penelitian ini bukan hanya untuk mendapatkan output yang baik, tetapi penelitian ini berfokus dalam mempelajari fitur fungsi keanggotaan dalam proses inferensi *fuzzy* tipe mamdani. Di masa yang akan datang, akan terdapat perubahan variabel penilaian, sehingga penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dasar dalam mengatur ulang fitur fungsi keanggotaan dalam fungsi inferensi *fuzzy*.

II. METODE PENELITIAN

A. Fuzzy Logic dan Fuzzy Inference Process

Fuzzy Logic merupakan sebuah metode komputasi perangkat lunak yang membantu mengatasi ketidaktepatan dalam dunia nyata. Dalam *Fuzzy Logic* mungkin memiliki nilai kebenaran yang berkisar dalam derajat antara 0 dan 1. Alih-alih menggambarkan absolut ya atau tidak, nilai kebenaran, atau keanggotaan dalam *Fuzzy Logic* menjelaskan masalah derajat. Di sini 0 menunjukkan sepenuhnya salah, sementara 1 menyatakan sepenuhnya benar, dan nilai apa pun dalam rentang menunjukkan tingkat benar [6].

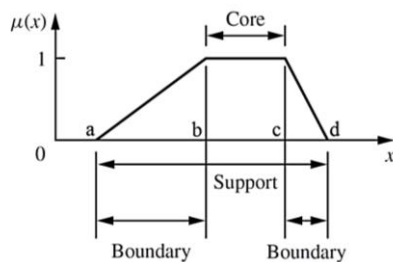
Pendekatan utama inferensi *fuzzy* adalah mengambil variabel input melalui mekanisme yang terdiri dari aturan *If-Then* paralel dan operasi logis *fuzzy*, dan kemudian mencapai ruang output. Aturan *If-Then* diekspresikan langsung oleh kata-kata manusia, dan masing-masing kata dianggap sebagai himpunan *fuzzy*. Semua set *fuzzy* ini harus ditentukan oleh fungsi keanggotaan sebelum digunakan untuk membangun aturan *If-Then*.

B. Fuzzy Set

Dalam teori himpunan *fuzzy*, terdapat elemen dengan tingkat keanggotaan sepenuhnya merupakan himpunan dalam set, dan sepenuhnya bukan termasuk dalam himpunan set. Hal ini dikarenakan himpunan *fuzzy* tidak memiliki batas yang jelas, dan batasan *fuzzy* dijelaskan oleh keanggotaan elemen berkisar antara 0 hingga 1.

C. Fungsi Keanggotaan (Membership Function)

Fungsi keanggotaan adalah kurva yang mendefinisikan fitur himpunan *fuzzy* dengan menetapkan masing-masing elemen nilai keanggotaan yang sesuai, atau tingkat keanggotaan. Fungsi keanggotaan memetakan setiap titik di ruang input ke nilai keanggotaan dalam *closed unit interval* [0, 1]. Kurva fungsi keanggotaan umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. General membership function

D. Mamdani Method

Dalam model *fuzzy* mamdani [7], ada beberapa tahapan yang dilalui untuk mendapatkan output, antara lain, tahapan awal dimulai dengan pembentukan himpunan *fuzzy*. Tahapan ini dalam model mamdani, variabel input dan output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Kemudian, tahap kedua adalah aplikasi fungsi implikasi. Fungsi implikasi yang

digunakan dalam mamdani adalah minimal (MIN), secara umum bisa dituliskan :

$$\mu_{-}(A \cap B) = \min(\mu_{-A}[x], (\mu_{-B}[x])) \quad (1)$$

Di tahap ketiga yaitu komposisi aturan, dimana apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Terdapat tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy* mamdani, yaitu max, additive dan probabilistik OR (probor).

E. Metode MAX

Metode MAX (*Maximum*) mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengapilikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (2)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke- *i*

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke- *i*

F. Metode Additive (SUM)

Metode Additive (SUM) mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \quad (3)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

G. Metode Probabilistik OR (probor)

Metode Probabilistik OR (probor) mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

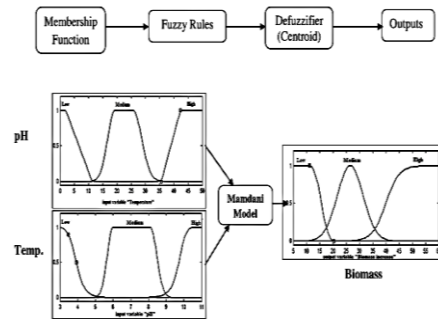
$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow -(\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i]) \quad (4)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-*i*

Tahap keempat merupakan tahap input dari proses defuzzyfikasi yang merupakan suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy* sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Oleh sebab itu, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu sebagai output, maka akan terlihat seperti pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Fuzzy model structure [8]

Tabel 1. Pedoman penilaian perilaku kerja

| Variabel yang Dinilai | Uraian | Nilai |
|-----------------------|---|-------------|
| Orientasi Pelayanan | Selalu dapat menyelesaikan tugas pelayanan sebaik-baiknya dengan sikap sopan dan sangat memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Sangat Baik |
| | Pada umumnya dapat menyelesaikan tugas pelayanan dengan baik dan sikap sopan serta memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Baik |
| | Adakalanya dapat menyelesaikan tugas pelayanan dengan cukup baik dan sikap cukup sopan serta cukup memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Cukup |
| | Kurang dapat menyelesaikan tugas pelayanan dengan baik dan sikap kurang sopan serta kurang memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Kurang |
| | Tidak pernah dapat menyelesaikan tugas pelayanan dengan baik dan sikap tidak sopan serta tidak memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Buruk |
| Integritas | Selalu dalam melaksanakan tugas bersikap jujur, ikhlas, dan tidak pernah menyalahgunakan wewenangnya serta berani menanggung resiko dari tindakan yang dilakukannya. | Sangat Baik |
| | Pada umumnya dalam melaksanakan tugas bersikap jujur, ikhlas, dan tidak pernah menyalahgunakan wewenangnya tetapi berani menanggung resiko dari tindakan yang dilakukannya. | Baik |
| | Adakalanya dapat menyelesaikan tugas pelayanan dengan cukup baik dan sikap cukup sopan serta cukup memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Cukup |
| | Kurang jujur, kurang ikhlas, dalam melaksanakan tugas dan sering menyalahgunakan wewenangnya tetapi kurang berani menanggung resiko dari tindakan yang dilakukannya. | Kurang |
| | Tidak pernah jujur, tidak ikhlas, dalam melaksanakan tugas dan selalu menyalahgunakan wewenangnya serta tidak berani menanggung resiko dari tindakan yang dilakukannya. Tidak sopan serta tidak memuaskan baik untuk pelayanan internal maupun eksternal organisasi. | Buruk |
| Komitmen | Selalu berusaha dengan sungguh-sungguh menegakkan ideologi negara pancasila, UUD 1945, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), Bhinneka Tunggal Ika dan rencana-rencana pemerintah dengan tujuan untuk dapat melaksanakan tugasnya secara berdaya guna dan berhasil guna serta mengutamakan kepentingan kedinasan daripada kepentingan pribadi dan/atau golongan sesuai dengan tugas, fungsi, dan tanggungjawabnya sebagai unsur aparatur negara terhadap organisasi tempat di mana ia bekerja. | Sangat Baik |
| | Pada umumnya berusaha dengan sungguh-sungguh menegakkan ideologi negara pancasila, UUD 1945, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), Bhinneka Tunggal Ika dan rencana-rencana pemerintah dengan tujuan untuk dapat melaksanakan tugasnya secara berdaya guna dan berhasil guna serta mengutamakan kepentingan kedinasan daripada kepentingan pribadi dan/atau golongan sesuai dengan tugas, fungsi, dan tanggungjawabnya sebagai unsur aparatur negara terhadap organisasi tempat di mana ia bekerja | Baik |
| | Adakalanya berusaha dengan sungguh-sungguh menegakkan ideologi negara pancasila, UUD 1945, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), Bhinneka Tunggal Ika dan rencana-rencana pemerintah dengan tujuan untuk dapat melaksanakan tugasnya secara berdaya guna dan berhasil guna serta mengutamakan kepentingan kedinasan daripada kepentingan pribadi dan/atau golongan sesuai dengan tugas, fungsi, dan tanggung jawabnya sebagai unsur aparatur negara terhadap organisasi tempat di mana ia bekerja. | Cukup |

| | | |
|------------|---|-------------|
| | Kurang berusaha dengan sungguh-sungguh menegakkan ideologi negara pancasila, UUD 1945, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), dan rencana-rencana pemerintah dengan tujuan untuk dapat melaksanakan tugasnya secara berdaya guna dan berhasil guna serta mengutamakan kepentingan kedinasan daripada kepentingan pribadi dan/atau golongan sesuai dengan tugas, fungsi, dan tanggungjawabnya sebagai unsur aparatur negara terhadap organisasi tempat di mana ia bekerja. | Kurang |
| | Tidak pernah berusaha dengan sungguh-sungguh menegakkan ideologi negara pancasila, UUD 1945, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI), dan rencana-rencana pemerintah dengan tujuan untuk dapat melaksanakan tugasnya secara berdaya guna dan berhasil guna serta mengutamakan kepentingan kedinasan daripada kepentingan pribadi dan/atau golongan sesuai dengan tugas, fungsi, dan tanggungjawabnya sebagai unsur aparatur negara terhadap organisasi tempat di mana ia bekerja. | Buruk |
| Disiplin | Selalu mentaati peraturan perundang-undangan dan/atau peraturan kedinasan yang berlaku dengan rasa tanggung jawab dan selalu mentaati ketentuan jam kerja serta mampu menyimpan dan/atau memelihara barang-barang milik negara yang dipercayakan kepadanya dengan sebaik-baiknya. | Sangat Baik |
| | Pada umumnya mentaati peraturan perundang-undangan dan/atau peraturan kedinasan yang berlaku dengan rasa tanggung jawab, mentaati ketentuan jam kerja serta mampu menyimpan dan/atau memelihara barang-barang milik negara yang dipercayakan kepadanya dengan baik. | Baik |
| | Adakalanya mentaati peraturan perundang-undangan dan/atau peraturan kedinasan yang berlaku dengan rasa cukup tanggung jawab, mentaati ketentuan jam kerja serta cukup mampu menyimpan dan/atau memelihara barang-barang milik negara yang dipercayakan kepadanya dengan cukup baik, serta tidak masuk atau terlambat masuk kerja dan lebih cepat pulang dari ketentuan jam kerja tanpa alasan yang sah selama 5 (lima) sampai dengan 15 (lima belas) hari kerja. | Cukup |
| | Kurang mentaati peraturan perundang-undangan dan/atau peraturan kedinasan yang berlaku dengan rasa kurang tanggung jawab, mentaati ketentuan jam kerja serta kurang mampu menyimpan dan/atau memelihara barang-barang milik negara yang dipercayakan kepadanya dengan kurang baik, serta tidak masuk atau terlambat masuk kerja dan lebih cepat pulang dari ketentuan jam kerja tanpa alasan yang sah selama 16 (enam belas) sampai dengan 30 (tiga puluh) hari kerja | Kurang |
| | Tidak pernah mentaati peraturan perundang-undangan dan/atau peraturan kedinasan yang berlaku dengan rasa tidak tanggung jawab, mentaati ketentuan jam kerja serta tidak mampu menyimpan dan/atau memelihara barang-barang milik negara yang dipercayakan kepadanya dengan kurang baik, serta tidak masuk atau terlambat masuk kerja dan lebih cepat pulang dari ketentuan jam kerja tanpa alasan yang sah lebih dari 31 (tiga puluh satu) hari kerja. | Buruk |
| Kerja Sama | Selalu mampu bekerjasama dengan rekan kerja, atasan, bawahan baik di dalam maupun di luar organisasi serta menghargai dan menerima pendapat orang lain, bersedia menerima keputusan yang diambil secara sah yang telah menjadi keputusan bersama. | Sangat Baik |
| | Pada umumnya mampu bekerjasama dengan rekan kerja, atasan, bawahan baik di dalam maupun di luar organisasi serta menghargai dan menerima pendapat orang lain, bersedia menerima keputusan yang diambil secara sah yang telah menjadi keputusan bersama. | Baik |
| | Adakalanya mampu bekerja-sama dengan rekan kerja, atasan, bawahan baik di dalam maupun di luar organisasi serta adakalanya menghargai dan menerima pendapat orang lain, kadang-kadang bersedia menerima keputusan yang diambil secara sah yang telah menjadi keputusan bersama. | Cukup |
| | Kurang mampu bekerjasama dengan rekan kerja, atasan, bawahan baik di dalam maupun di luar organisasi serta kurang menghargai dan menerima pendapat orang lain, kurang bersedia menerima keputusan yang diambil secara sah yang telah menjadi keputusan bersama. | Kurang |
| | Tidak pernah mampu bekerjasama dengan rekan kerja, atasan, bawahan baik di dalam maupun di luar organisasi serta tidak menghargai dan menerima pendapat orang lain, tidak bersedia menerima keputusan yang diambil secara sah yang telah menjadi keputusan bersama. | Buruk |

H. Sumber Data dan Variabel Penelitian

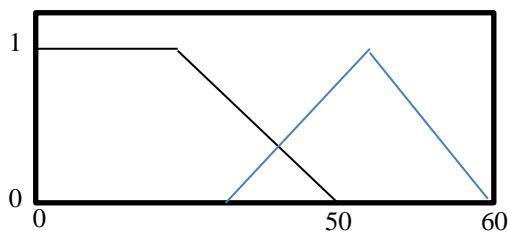
Data pada penelitian ini diperoleh dari KEMENPAN-RB [9] untuk menilai prestasi kerja dosen tetap yayasan penerima sertifikat pendidik.

Unsur-unsur yang dinilai di antaranya orientasi pelayanan, integritas, komitmen, disiplin, dan kerjasama. Untuk uraian lengkap mengenai pedoman

penilaian perilaku kerja PNS dapat dilihat pada Tabel 1.

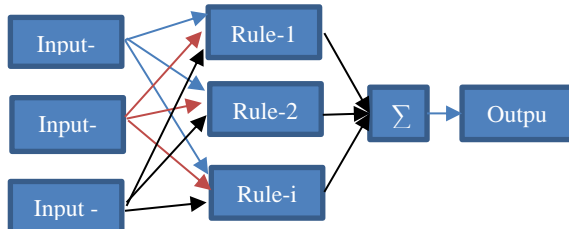
I. Langkah Penelitian dalam Mamdani-Type Fuzzy Inference Process

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah langkah *Fuzzify input variables* yaitu dengan mengubah nilai pada setiap variabel input menjadi nilai keanggotaan yang setara dengan set *fuzzy* yang sesuai melalui fungsi keanggotaan. Gambar 3 merupakan contoh perubahan nilai variabel orientasi pelayanan sesuai dengan domain nilai yang telah ditentukan. Contoh pada gambar merupakan penentuan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* “buruk” (0 - 50) dan “kurang” (40 - 60).



Gambar 3. Penentuan nilai keanggotaan

Langkah kedua yaitu penerapan *Fuzzy operator*. Karena dalam penelitian ini sistem inferensi *fuzzy* mengandung lebih dari satu variabel input, maka aturan *If-Then* diterapkan untuk mencari tahu kesesuaian setiap set *fuzzy* berdasarkan derajat keanggotaan. Pada tahap ini, penentuan *rule* menggunakan aturan *If-Then* dengan menggunakan logika AND. Gambar 4 menunjukkan proses *logic flow*.



Gambar 4. Logic flow

Langkah ketiga adalah implikasi metode. Pada bagian ini konsekuensi dari aturan *If-Then* adalah kumpulan linguistik *fuzzy* lain yang didefinisikan dengan kesesuaian fungsi keanggotaan. Metode inferensi selanjutnya adalah membentuk kembali set *fuzzy* dari bagian konsekuensi sesuai dengan hasil yang terkait dengan hasil sebelumnya. Proses ini disebut dengan metode implikasi. Operasi AND yang diimplementasikan memotong set *fuzzy* dari bagian konsekuensi. Tingkat deformasi dari himpunan *fuzzy* output dalam setiap aturan harus bergantung pada bilangan tunggal spesifik yang berasal dari hasil sebelumnya yang sesuai dari aturan tersebut.

Langkah keempat dilakukan setelah masing-masing aturan *If-Then* menghasilkan set *fuzzy* yang dimodifikasi sebagai output, metode agregasi

diimplementasikan untuk menggabungkan set *fuzzy* ini yang mewakili output aturan menjadi set *fuzzy* tunggal untuk membuat keputusan. Set *fuzzy* gabungan akhir adalah output dari proses agregasi, dan setiap variabel output dari sistem inferensi *fuzzy* akan memiliki satu set *fuzzy* gabungan yang cocok untuk referensi. Semua fungsi MAX, SUM, dan probabilistik OR berlaku untuk operasi agregasi, tetapi dalam penelitian ini fungsi MAX digunakan karena lebih mudah dan dapat diterima dengan baik.

Langkah terakhir dari proses inferensi *fuzzy* adalah defuzzifikasi, di mana himpunan *fuzzy* gabungan dari proses agregasi akan menghasilkan kuantitas skalar tunggal. Defuzzifikasi adalah operasi kebalikan dari fuzzifikasi dan prosedur terakhir adalah mengekstrak jumlah yang tepat dari kisaran set *fuzzy* ke variabel output.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan penerapan logika *fuzzy* mamdani untuk menentukan kinerja kerja dilakukan berdasarkan kriteria dan bobot yang sudah ditentukan. Penelitian ini menggunakan 5 variabel dengan 5 himpunan *fuzzy* yaitu Buruk, Kurang, Cukup, Baik, dan Baik sekali. Sebagai contoh adalah himpunan *fuzzy* pada domain nilai (0-50) dengan derajat keanggotaan “Buruk” tertinggi terdapat pada nilai 40, jika nilai variabel melebihi nilai 40 maka semakin mendekati derajat keanggotaan “Kurang”. Himpunan derajat keanggotaan *fuzzy* adalah sebagai berikut:

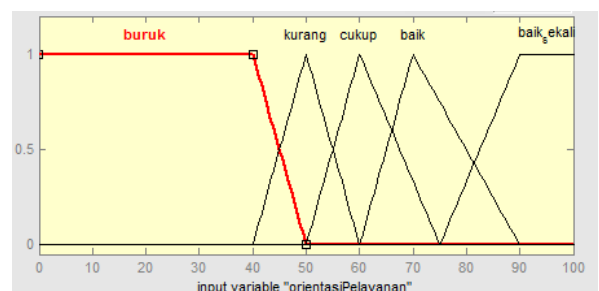
A. Variabel Orientasi Pelayanan

Tabel 2 menunjukkan penentuan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variabel orientasi pelayanan.

Tabel 2. Nilai variabel

| Semesta Pembicaraan | Himpunan Fuzzy | Domain Nilai |
|---------------------|----------------|--------------|
| 0 - 100 | Buruk | 0 - 50 |
| | Kurang | 40 - 60 |
| | Cukup | 50 - 75 |
| | Baik | 60 - 90 |
| | Baik Sekali | 75 - 100 |

Gambar 5 merupakan himpunan keanggotaan dari variabel input orientasi pelayanan dengan nilai domain himpunan bilangan *fuzzy*: buruk [0 0 40 50], kurang [40 50 60], cukup [50 60 75], baik [60 70 90], dan sangat baik [75 90 100 100].



Gambar 5. Himpunan *fuzzy* (variabel “orientasi pelayanan”)

Fungsi keanggotaan pada variabel orientasi pelayanan dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_{buruk}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{40-x}{10}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 40 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{kurang}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \text{ atau } x \leq 60 \\ \frac{x-40}{20}; & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{40-x}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{cukup}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ \frac{x-50}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{75-x}{15}; & 60 \leq x \leq 75 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{baik}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \text{ atau } x \leq 90 \\ \frac{x-60}{10}; & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{90-x}{20}; & 70 \leq x \leq 90 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{sangatbaik}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \text{ atau } x \leq 100 \\ \frac{x-75}{15}; & 75 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10}; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (9)$$

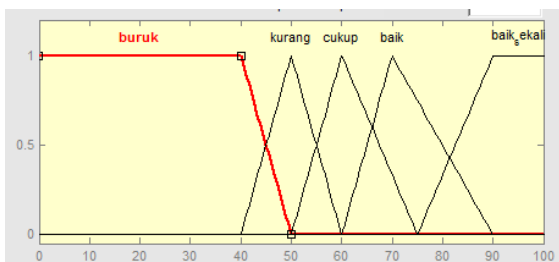
B. Variabel Integritas

Tabel 3 menunjukkan penentuan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variabel integritas.

Tabel 3. Nilai variabel

| Semesta Pembicaraan | Himpunan Fuzzy | Domain Nilai |
|---------------------|----------------|--------------|
| 0 - 100 | Buruk | 0 - 50 |
| | Kurang | 40 - 60 |
| | Cukup | 50 - 75 |
| | Baik | 60 - 90 |
| | Baik Sekali | 75 - 100 |

Gambar 6 merupakan himpunan keanggotaan dari variabel input integritas dengan nilai domain himpunan bilangan *fuzzy*: buruk [0 0 40 50], kurang [40 50 60], cukup [50 60 75], baik [60 70 90], dan sangat baik [75 90 100 100].



Gambar 6. Himpunan *fuzzy* (variabel “integritas”)

Fungsi keanggotaan pada variabel integritas dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_{buruk}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{40-x}{10}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 40 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{kurang}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \text{ atau } x \leq 60 \\ \frac{x-40}{20}; & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{40-x}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{cukup}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ \frac{x-50}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{75-x}{15}; & 60 \leq x \leq 75 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{baik}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \text{ atau } x \leq 90 \\ \frac{x-60}{10}; & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{90-x}{20}; & 70 \leq x \leq 90 \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{sangatbaik}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \text{ atau } x \leq 100 \\ \frac{x-75}{15}; & 75 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10}; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (14)$$

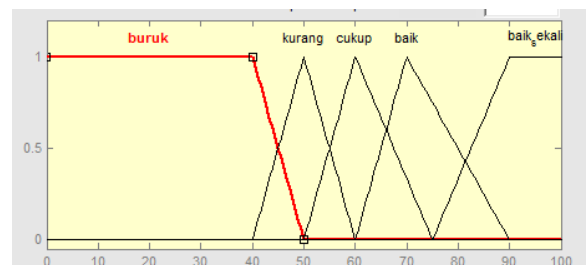
C. Variabel Komitmen

Tabel 4 menunjukkan penentuan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variabel komitmen.

Tabel 4. Nilai variabel

| Semesta Pembicaraan | Himpunan Fuzzy | Domain Nilai |
|---------------------|----------------|--------------|
| 0 - 100 | Buruk | 0 - 50 |
| | Kurang | 40 - 60 |
| | Cukup | 50 - 75 |
| | Baik | 60 - 90 |
| | Baik Sekali | 75 - 100 |

Gambar 7 merupakan himpunan keanggotaan dari variabel input komitmen dengan nilai domain himpunan bilangan *fuzzy*: buruk [0 0 40 50], kurang [40 50 60], cukup [50 60 75], baik [60 70 90], dan sangat baik [75 90 100 100].



Gambar 7. Himpunan *fuzzy* (variabel “integritas”)

Fungsi keanggotaan pada variabel komitmen dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{buruk}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{40-x}{10}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 50 \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu_{kurang}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \text{ atau } x \leq 60 \\ \frac{x-40}{20}; & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{40-x}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{cukup}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ \frac{x-50}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{75-x}{15}; & 60 \leq x \leq 75 \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{baik}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \text{ atau } x \leq 90 \\ \frac{x-60}{10}; & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{90-x}{20}; & 70 \leq x \leq 90 \end{cases} \quad (18)$$

$$\mu_{sangatbaik}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \text{ atau } x \leq 100 \\ \frac{x-75}{15}; & 75 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10}; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (19)$$

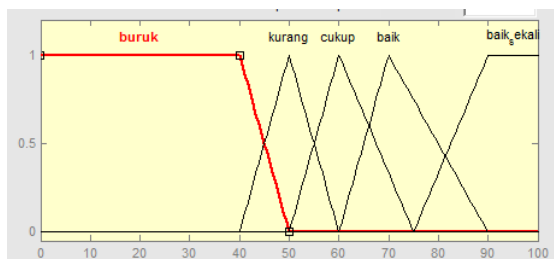
D. Variabel Disiplin

Tabel 5 menunjukkan penentuan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variabel disiplin.

Tabel 5. Nilai variabel

| Semesta Pembicaraan | Himpunan Fuzzy | Domain Nilai |
|---------------------|----------------|--------------|
| 0 - 100 | Buruk | 0 - 50 |
| | Kurang | 40 - 60 |
| | Cukup | 50 - 75 |
| | Baik | 60 - 90 |
| | Baik Sekali | 75 - 100 |

Gambar 8 merupakan himpunan keanggotaan dari variable input disiplin dengan nilai domain himpunan bilangan *fuzzy*: buruk [0 0 40 50], kurang [40 50 60], cukup [50 60 75], baik [60 70 90], dan sangat baik [75 90 100 100].



Gambar 8. Himpunan *fuzzy* (variabel “disiplin”)

Fungsi keanggotaan pada variable komitmen dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_{buruk}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{40-x}{10}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 40 \end{cases} \quad (20)$$

$$\mu_{kurang}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \text{ atau } x \leq 60 \\ \frac{x-40}{20}; & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{40-x}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (21)$$

$$\mu_{cukup}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ \frac{x-50}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{75-x}{15}; & 60 \leq x \leq 75 \end{cases} \quad (22)$$

$$\mu_{baik}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \text{ atau } x \leq 90 \\ \frac{x-60}{10}; & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{90-x}{20}; & 70 \leq x \leq 90 \end{cases} \quad (23)$$

$$\mu_{sangatbaik}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \text{ atau } x \leq 100 \\ \frac{x-75}{15}; & 75 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10}; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (24)$$

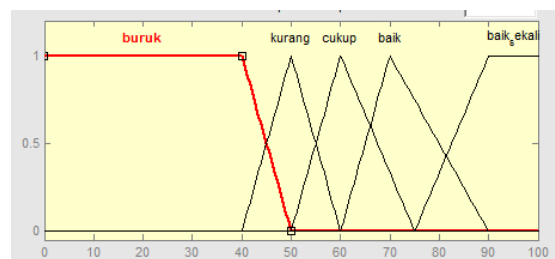
E. Variabel Kerjasama

Tabel 6 menunjukkan penentuan nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* pada variabel kerjasama.

Tabel 6. Nilai variabel

| Semesta Pembicaraan | Himpunan Fuzzy | Domain Nilai |
|---------------------|----------------|--------------|
| 0 - 100 | Buruk | 0 - 50 |
| | Kurang | 40 - 60 |
| | Cukup | 50 - 75 |
| | Baik | 60 - 90 |
| | Baik Sekali | 75 - 100 |

Gambar 9 merupakan himpunan keanggotaan dari variable input kerjasama dengan nilai domain himpunan bilangan *fuzzy*: buruk [0 0 40 50], kurang [40 50 60], cukup [50 60 75], baik [60 70 90], dan sangat baik [75 90 100 100].



Gambar 9. Himpunan *fuzzy* (variabel “kerjasama”)

Fungsi keanggotaan pada variabel kerjasama dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_{buruk}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \\ \frac{40-x}{10}; & 40 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 40 \end{cases} \quad (25)$$

$$\mu_{kurang}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 40 \text{ atau } x \leq 60 \\ \frac{x-40}{20}; & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{40-x}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \end{cases} \quad (26)$$

$$\mu_{cukup}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 50 \text{ atau } x \leq 75 \\ \frac{x-50}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ \frac{75-x}{15}; & 60 \leq x \leq 75 \end{cases} \quad (27)$$

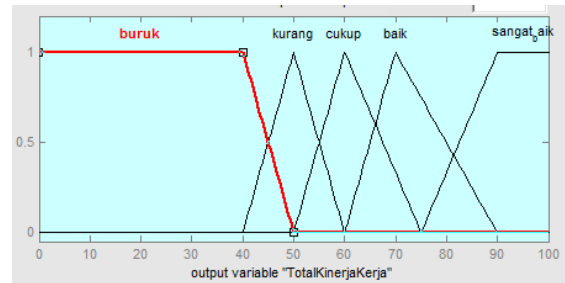
$$\mu_{baik}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 60 \text{ atau } x \leq 90 \\ \frac{x-60}{10}; & 60 \leq x \leq 70 \\ \frac{90-x}{20}; & 70 \leq x \leq 90 \end{cases} \quad (28)$$

$$\mu_{sangatbaik}(x1) = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \text{ atau } x \leq 100 \\ \frac{x-75}{15}; & 75 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10}; & 90 \leq x \leq 100 \end{cases} \quad (29)$$

F. Analisis Penegasan Fuzzy

Tahap yang akan dilakukan setelah menentukan fungsi keanggotaan dari masing masing variabel yaitu menyusun aturan aturan (*rule*).

Gambar 10 merupakan himpunan keanggotaan dari variabel output total kinerja kerja dengan nilai domain himpunan bilangan fuzzy: buruk [0 0 40 50], kurang [40 50 60], cukup [50 60 75], baik [60 70 90], dan sangat baik [75 90 100 100].



Gambar 10. Himpunan fuzzy (variable output total kinerja kerja)

G. Pembentukan Fuzzy Rule

Pembangunan *Fuzzy Rule* berdasarkan 5 variabel dan 5 domain keanggotaan membutuhkan 55 (3125 rule).

Tabel 6. Nilai variabel

| R | Orientasi Pelayanan | Integritas | Komitmen | Disiplin | Kerjasama | Total Kinerja Kerja |
|---------------|---------------------|-------------|----------|----------|-----------|---------------------|
| 1 | Baik | Cukup | kurang | Baik | Cukup | Baik |
| 2 | Baik | Cukup | Cukup | Kurang | Kurang | Kurang |
| 3 | cukup | Baik sekali | Cukup | Baik | Baik | Baik |
| i=3125 | - | - | - | - | - | - |

Pada Tabel 7 dapat dilihat contoh penerapan aturan fuzzy untuk menentukan total kinerja kerja. Hasil output diperoleh dari nilai input yang nantinya dicocokkan dengan 3125 rule yang ada. Berikut ini adalah bentuk *symbolic rule* yang digunakan untuk menentukan output dari total kinerja kerja :

R1:
IF(orientasiPelayanan==baik)&(integritas==cukup)&(komitmen==kurang)&(disiplin==baik)&(kerjasama==cukup) Then
(totalKinerjaKerja==baik)

R2:
IF(orientasiPelayanan==baik)&(integritas==cukup)&(komitmen==cukup)&(disiplin==kurang)&(kerjasama==kurang) Then
(totalKinerjaKerja==kurang)

R3:
IF(orientasiPelayanan==cukup)&(integritas==baik_sekali)&(komitmen==cukup)&(disiplin==baik

)&(kerjasama==baik) Then
(totalKinerjaKerja==baik)

Rule diteruskan hingga
R=3125:
IF(orientasiPelayanan==(domain))&(integritas==(domain))&(komitmen==(domain))&(disiplin==(domain))&(kerjasama==(domain))Then(totalKinerjaKerja==(domain))

Gambar 11 merupakan gambaran pola pengujian input pada setiap 3125 rule yang ada. Contoh pengujian adalah dengan memberikan input pada domain keanggotaan dari 5 variabel yaitu orientasi pelayanan adalah 80,5, integritas adalah 70, komitmen adalah 53,3, disiplin adalah 79, dan kerjasama adalah 73,7. Berdasarkan input tersebut, diperoleh output total kinerja kerja sebesar 74,8. Hasil output tersebut merupakan keanggotaan dari domain himpunan bilangan fuzzy baik yaitu [60 70 90]. Kesimpulan dari input yang diberikan adalah variabel total kinerja kerja dikatakan "baik".



Gambar 11. Editor rule

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* model mamdani dengan lima variabel dan lima himpunan keanggotaan untuk penilaian kinerja dosen. Penelitian ini focus mempelajari fitur fungsi keanggotaan dalam proses inferensi *fuzzy* tipe mamdani, untuk mempercepat serta meningkatkan akurasi penilaian seorang dosen dengan menggunakan tata cara *scientific* serta menghindari kesalahan penilaian yang dilakukan secara manual. Lima variabel penilaian yang digunakan antara lain orientasi pelayanan, integritas, komitmen, disiplin dan kerja sama serta lima himpunan anggota yang digunakan adalah buruk, kurang, cukup, baik, sangat baik. Melalui penelitian yang dilakukan, ditemukan bahwa untuk memastikan hubungan input-output dengan kontinuitas yang diharapkan, dibutuhkan dukungan dari fungsi keanggotaan yang berdekatan. Dalam penelitian ini fungsi keanggotaan didistribusikan secara simetris sepanjang skala input dan skala output, serta penyelesaian *Rule If-Then* dilakukan secara merata. Hal ini menghasilkan model inferensi *fuzzy* dengan kinerja linear yang baik.

Pengembangan selanjutnya diharapkan dapat mencakup proses penelitian inferensi *fuzzy* mamdani dan menemukan metode konstruksi untuk membuat sistem inferensi *fuzzy* mamdani menjadi lebih terkendali dan dapat diandalkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada setiap kontributor yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. D. Riyanto, H. Marcos, Z. Karini, and K. M. Amin, "Fuzzy logic implementation to optimize multiple inventories on micro small medium

enterprises using mamdani method (Case Study: Pekanita, Kroya, Cilacap)," in *Proc. - 2017 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Inf. Syst. Electr. Eng. ICITISEE 2017*, 2018.

- [2] S. Zhang, C. Zheng, Z. Fan, and M. Liu, "Expert system for the design of silk products based on web," in *Proc. - 2014 Int. Conf. Mechatronics Control. ICMC 2014*, 2015.
- [3] E. H. Mamdani, "Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant," in *Proc. Inst. Electr. Eng.*, 1974.
- [4] D. Kustono *et.al.*, *Pedoman Beban Kerja Dosen dan Evaluasi Pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, 2010.
- [5] E. V. Broekhoven and B. D. Baets, "Monotone Mamdani-Assilian models under mean of maxima defuzzification," *Fuzzy Sets and System*, vol. 159, no. 21, 2008.
- [6] C. Wang, *A Study of Membership Functions on Mamdani-Type Fuzzy Inference System for Industrial Decision-Making*. Pennsylvania: Lehigh University, 2015.
- [7] I. Iancu, and A Mamdani, *Type Fuzzy Logic Controller*. Romania: University of Craiova, 2012.
- [8] S. Suthar, R. Verma, S. Deep, and K. Kumar, "Optimization of conditions (pH and temperature) for Lemna gibba production using fuzzy model coupled with Mamdani's method," *Ecol. Eng.*, vol. 83, 2015.
- [9] Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, *Kriteria Penilaian Unsur Perilaku Kerja Pegawai Negeri Sipil*. Jakarta: Kemenpan-RB, 2013.