

FUZZY TSUKAMOTO DAN MAMDANI UNTUK PENENTUAN BONUS GAJI PEGAWAI PT. INDONESIA IT

Donni Prabowo¹⁾, Bety Wulan Sari²⁾

^{1) 2)} Sistem Informasi Universitas AMIKOM Yogyakarta
email : donniprabowo@amikom.ac.id¹⁾, bety@amikom.ac.id²⁾

Abstraksi

Sebuah perusahaan perlu memberikan apresiasi untuk setiap pegawai diperusahaannya agar kualitas kinerja dapat meingkat dan juga memberikan semangat bekerja bagi mereka. Salah satunya PT. Indonesia IT yang bergerak dibidang software development. Perusahaan ini memberikan apresiasi berupa bonus untuk pegawainya. Dengan beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan bonus gaji pegawainya, kriteria-kriteria tersebut akan dihitung menggunakan metode Tsukamoto dan metode Mamdani. Data yang digunakan sebanyak 30 data pegawai dengan kriteria yang digunakan berupa presensi, skill, dan kinerja. Seluruh data dihitung kemudian menghasilkan keputusan berupa variable bonus dapat, dipertimbangkan, dan tidak dapat. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap hasil untuk mengetahui tingkat kesalahan terhadap penentuan bonus gaji pegawai dengan menggunakan metode MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai MAE pada perhitungan metode Tsukamoto sebesar 6.406 dan Mamdani 8.059, nilai MAPE pada perhitungan metode Tsukamoto sebesar 29.577 dan Mamdani 31.035.

Kata Kunci :

Fuzzy Tsukamoto, Fuzzy Mamdani, Bonus Pegawai

Abstract

A company needs to give appreciation to every employee in the company to improve the quality of performance and also give enthusiasm for their work. PT. Indonesia IT is engaged in software development. This company gives appreciation as a bonuses for its employees. With several criteria that can be used to determine employee salary bonuses, these criteria will be calculated using the Tsukamoto method and the Mamdani method. Using 30 employee data with attendance, skills, and performance criteria. All data is calculated then will give a decision to the employee bonuses. The results are tested to determine the level of error in determining employee salary bonuses using the MAE (Mean Absolute Error) and MAPE (Mean Absolute Percentage Error) methods. From these calculations, the MAE value in the Tsukamoto method calculation was 6,406 and Mamdani 8,059, the MAPE value in the Tsukamoto method calculation was 29,577 and Mamdani 31,035.

Keywords :

Fuzzy Tsukamoto, Fuzzy Mamdani, Employee Bonuses

Pendahuluan

Sumber daya manusia (SDM) dalam sebuah perusahaan merupakan hal yang krusial untuk dikelola dengan baik. Hal tersebut dikarenakan dengan sumber daya yang baik, maka roda perusahaan akan berjalan dengan baik pula. SDM atau pegawai harus dikelola agar dapat memberikan hasil terbaik dan loyalitas yang tinggi pada perusahaan tempat mereka bekerja. Selain memberikan pelatihan dan motivasi, pegawai juga perlu diberikan apresiasi terhadap apa yang telah mereka upayakan dan kerjakan selama bekerja diperusahaan.

Setiap pegawai biasanya mendapatkan gaji dari perusahaan tempat bekerja. Selain gaji, bonus gaji

biasanya juga akan diperoleh pegawai dengan mempertimbangkan kinerja yang telah dilakukan. Di PT. Indonesia IT memiliki beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan bonus gaji pegawainya. Kriteria-kriteria tersebut akan dihitung menggunakan logika Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Mamdani. Pada metode tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IFThen harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang menonoton sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat (fire strength). Hasil akhirnya di peroleh dengan menggunakan rata-rata terbobot [1].

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Untuk mendapatkan output, diperlukan empat tahapan yaitu Pembentukan Himpunan Fuzzy, Aplikasi Fungsi Implikasi, Komponen Aturan, dan Penegasan (defuzzy).

Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu penelitian oleh Yogi dan Alfiarini tentang penentuan nilai reward karyawan menggunakan Fuzzy Inference System Tsukamoto. Dengan menggunakan tiga kriteria yaitu Kinerja, Kedisiplinan, dan Kemampuan Karyawan dan alternative sebanyak empat karyawan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dua karyawan masuk dalam kategori Dipertimbangkan, satu karyawan kategori Dapat, dan satu karyawan kategori Tidak dapat. Output yang diberikan dari perhitungan menggunakan Fuzzy Tsukamoto dapat menghasilkan keputusan yang tepat [1].

Penelitian yang dilakukan oleh Munawaroh mengenai penerapan metode Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani dalam penentuan penerima beasiswa di SMA N 1 Parung. Terdapat tiga kriteria yang digunakan yaitu rata-rata nilai raport, pendapatan orangtua, dan jumlah tanggungan orangtua. Dari hasil perhitungan menunjukkan 11 dari 27 siswa berhak menerima beasiswa. Logika Fuzzy Mamdani tepat digunakan untuk menentukan siswa mana yang layak menerima beasiswa [2].

Dari penelitian yang telah terdahulu, penentuan bonus gaji pegawai di PT. Indonesia IT ini akan ditentukan menggunakan Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Mamdani. Keduanya akan dibandingkan untuk mengetahui perbedaan dan melihat hasil yang terbaik.

Metode Penelitian

a. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan studi literatur terkait algoritma yang akan digunakan yaitu Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Mamdani. Selain itu, metode dokumentasi digunakan untuk mendapatkan data dari obyek yang bersangkutan yaitu PT. Indonesia IT. Data yang dimaksudkan adalah data pegawai dan data kriteria dari tahun 2016 hingga saat ini.

b. Logika Fuzzy

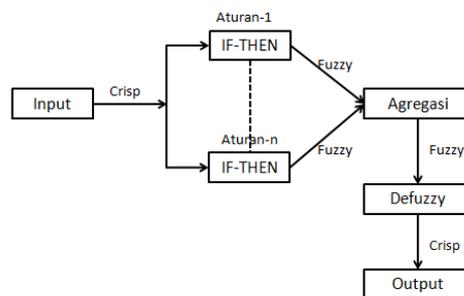
Logika fuzzy adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Inteligent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika fuzzy menginterpretasikan

statemen yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis (Sri Kusumadewi, 2002). Sistem fuzzy merupakan sistem yang berdasarkan aturan-aturan (pengetahuan). Sistem dibangun oleh koleksi aturan IF-THEN. Contoh: IF mesin panas THEN putar kipas lebih cepat.[1]

Logika fuzzy merupakan salah satu cabang dari ilmu komputer yang mempelajari tentang nilai kebenaran yang bernilai banyak. Berbeda dengan nilai kebenaran pada logika klasik yang bernilai 0 (salah) atau 1 (benar). Logika fuzzy mempunyai nilai kebenaran real dalam selang [0,1]. Logika fuzzy pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Berkeley. Meskipun demikian, logika fuzzy lebih banyak dikembangkan oleh praktisi Jepang. [3]

c. Fuzzy Tsukamoto

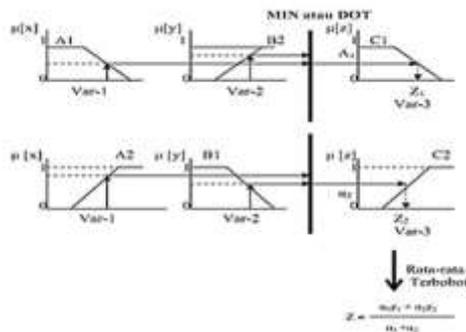
Pada metode Tsukamoto, setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk menentukan nilai output crisp/hasil yang tegas dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Cara ini disebut dengan metode defuzzyfikasi (penegasan). Metode defuzzyfikasi yang digunakan dalam metode Tsukamoto adalah metode defuzzyfikasi rata-rata terpusat (Kusumadewi,2004).



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy [4]

Langkah-langkah penyelesaian dengan metode fuzzy Tsukamoto :

1. Mendefinisikan variabel fuzzy yang berupa variabel input dan variabel output.
2. Inferensi fuzzy yaitu membuat aturan fuzzy atau motor inferensi fuzzy. Gambar 2 memaparkan inferensi fuzzy Tsukamoto.



Gambar 2. Inferensi fuzzy Tsukamoto

- Defuzzyfikasi Proses menggunakan nilai rata-rata terbobot dalam menghasilkan nilai output crisp. Persamaan 1 adalah rumus untuk menentukan nilai rata-rata terbobot.

$$Z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (1)$$

d. Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani merupakan sistem pengaturan pertama yang menggunakan teori himpunan fuzzy. Metode ini pertama kali diusulkan di tahun 1975 oleh Ebrahim Mamdani. Pembuatan metode ini berdasarkan karya ilmiah dari Lotfi Zadeh (tahun 1973) tentang algoritma fuzzy untuk sistem yang kompleks dan digunakan dalam proses pengambilan keputusan .

Metode Mamdani adalah satu jenis inferensi fuzzy dimana himpunan fuzzy yang merupakan konsekuensi dari setiap aturan dikombinasikan menggunakan operator agregasi dan menghasilkan himpunan fuzzy yang kemudian difuzzyfikasikan untuk menghasilkan keluaran tertentu dari suatu sistem. Metode ini menggunakan operator minimum Rc sebagai implikasi fuzzy dan operator maksmin untuk komposisi. Metode Mamdani biasanya digunakan untuk aturan fuzzy yang berbentuk seperti berikut [4]:

Ri: jika u adalah Ai dan v adalah Bi , maka

w adalah Ci , i = 1, 2, ..., n untuk u ∈ U, v ∈ V, dan w ∈ W

Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan, diantaranya:

- Pembentukan himpunan fuzzy
Pada metode mamdani baik variabel masukan maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
- Aplikasi fungsi implikasi
Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min.
- Kaidah dasar (Rule based)
Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu Metode max (maximum). Secara umum dapat dituliskan :

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

dengan:

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

$\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuensi fuzzy aturan ke-i

4. Penegeasan (defuzzy)

Defuzzyfikasi pada komposisi aturan mamdani dengan menggunakan metode centroid. Dimana pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy.

Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan sebanyak 30 data pegawai yang memiliki masa kerja minimal 2 tahun (sebelum tahun 2018). Sejumlah 30 pegawai tersebut dipaparkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pegawai PT. Indonesia IT

No	Nama Pegawai	Masa Kerja (bln)	Variabel		
			Presensi	Skill	Kinerja
1	Donni Prabowo	30	80	90	80
2	Arif Rahman M. Imam	27	74	60	80
3	Budi Laksamana	26	85	85	90
4	Syekh Arpi ageng Ahmad	26	50	65	60
5	Arif Ramadhani	30	86	85	90
6	Izharuddin Malik Ibrahim	25	90	90	85
7	Handika Dwi Putra	25	74	85	80
8	Aquino Tegar	28	68	50	70
9	Ali Rahmat Ismail	29	85	78	80
10	Asrori akhsan	24	85	76	75
11	Eka	26	70	94	80
12	Kikik Chomssan	24	70	85	85
13	Dwi Muji Handono	24	70	80	75
14	Dara Perwitasari	28	65	70	75
15	Vuji Suprihatin	27	80	64	65
16	Nandia	30	88	71	85
17	Khamdan Nahari Pendi	25	75	85	75
18	Ventri Handika	25	73	85	80
19	Sandra Perwitasari	25	40	60	65
20	Ilham Suaib	27	85	90	80
21	Yanuar Aziz	27	86	90	85
22	Erwin Arvianto	24	90	85	86

No	Nama Pegawai	Masa Kerja (bln)	Variabel		
			Presensi	Skill	Kinerja
23	Solihin Febrian Saputra	24	95	80	84
24	Neisy Novishania Dikih Arif	30	81	85	76
25	Wibowo	30	74	90	82
26	M. Hendy Lazuardi Bayu	30	83	85	80
27	Teguh Pamuji	29	62	80	70
28	Barep Setiyadi	28	50	65	72
29	Abdul	24	50	50	64
30	Bety Wulan	30	68	71	65

a. Pengolahan Data Logika Fuzzy

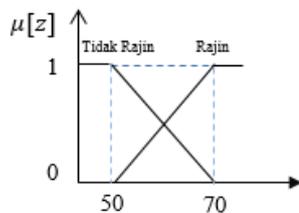
1. Mendefinisikan variable input dan variable output.

Untuk variable input yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah variable Presensi, Skill, dan Kinerja. Sedangkan variable output yaitu Dapat, Dipertimbangkan, dan Tidak Dapat.

2. Inferensi Fuzzy

Fuzzifikasi merupakan tahap pertama dari proses inferensi fuzzy. Pada tahap ini data masukan diterima dan sistem menentukan nilai fungsi keanggotaannya serta mengubah variabel numerik (variabel non fuzzy) menjadi variabel linguistik (variabel fuzzy).

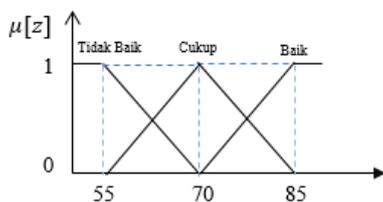
a. Fungsi Keanggotaan Variabel Presensi



$$\mu_{Rajin}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{(x-50)}{(20)} & 50 \leq x \leq 70 \\ 1 & x \geq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{TidakRajin}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 50 \\ \frac{(70-x)}{(20)} & 50 \leq x \leq 70 \\ 0 & x \geq 70 \end{cases}$$

b. Fungsi Keanggotaan Variabel Skill

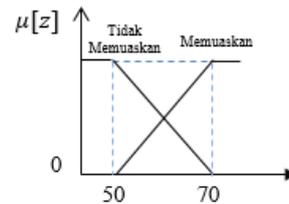


$$\mu_{Baik}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 70 \\ \frac{(x-70)}{(15)} & 70 \leq x \leq 85 \\ 1 & x \geq 85 \end{cases}$$

$$\mu_{Cukup}[x] = \begin{cases} 1 & x = 70 \\ \frac{(x-55)}{(15)} & 55 \leq x \leq 70 \\ \frac{(85-x)}{(15)} & 70 \leq x \leq 85 \\ 0 & x \geq 85, x \leq 55 \end{cases}$$

$$\mu_{TidakBaik}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 55 \\ \frac{(70-x)}{(15)} & 55 \leq x \leq 70 \\ 0 & x \geq 70 \end{cases}$$

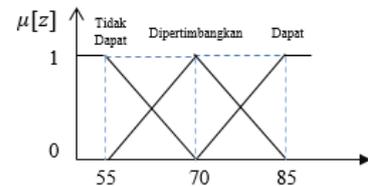
c. Fungsi Keanggotaan Variabel Kinerja



$$\mu_{Memuaskan}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{(x-50)}{(20)} & 50 \leq x \leq 70 \\ 1 & x \geq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{TidakMemuaskan}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 50 \\ \frac{(70-x)}{(20)} & 50 \leq x \leq 70 \\ 0 & x \geq 70 \end{cases}$$

d. Fungsi Keanggotaan Hasil Bonus



$$\mu_{Dapat}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 70 \\ \frac{(x-70)}{(15)} & 70 \leq x \leq 85 \\ 1 & x \geq 85 \end{cases}$$

$$\mu_{Dipertimbangkan}[x] = \begin{cases} 1 & x = 70 \\ \frac{(x-55)}{(15)} & 55 \leq x \leq 70 \\ \frac{(85-x)}{(15)} & 70 \leq x \leq 85 \\ 0 & x \geq 85, x \leq 55 \end{cases}$$

$$\mu_{TidakDapat}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 55 \\ \frac{(70-x)}{(15)} & 55 \leq x \leq 70 \\ 0 & x \geq 70 \end{cases}$$

Selanjutnya pembentukan Fuzzy Rule (aturan dalam bentuk IF...THEN). Terdapat tiga variable input yang akan dimasukkan dalam aturan fuzzy. Dari tiga variable tersebut, terbentuklah sebanyak 12 aturan (rules).

Tabel 2. Fuzzy Rules

Rule	Aturan Fuzzy
R1	IF Presensi Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat
R2	IF Presensi Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Dapat
R3	IF Presensi Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat

Rule	Aturan Fuzzy
R4	IF Presensi Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Dipertimbangkan
R5	IF Presensi Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat
R6	IF Presensi Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Tidak Dapat
R7	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat
R8	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Dipertimbangkan
R9	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat
R10	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Tidak Dapat
R11	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dipertimbangkan
R12	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Tidak Dapat

Akan digunakan salah satu data pegawai yaitu data Bety Wulan dengan nilai variable Presensi sebesar 68, nilai variabel Skill sebesar 71, dan nilai variabel Kinerja sebesar 65. Dengan data tersebut akan dilakukan proses fuzzifikasi.

Nama : Bety Wulan
 Nilai Presensi : 68
 Nilai Skill : 71
 Nilai Kinerja : 65

Proses fuzzifikasi dengan mencari nilai fungsi keanggotaan variabel Presensi :

$$\mu_{Rajin}[68] = \frac{(68-50)}{20} = \frac{18}{20} = 0,9$$

$$\mu_{TidakRajin}[68] = \frac{(70-68)}{20} = \frac{2}{20} = 0,1$$

Proses fuzzifikasi dengan mencari nilai fungsi keanggotaan variabel Skill :

$$\mu_{Baik}[71] = \frac{(71-70)}{15} = \frac{1}{15} = 0,067$$

$$\mu_{Cukup}[71] = \frac{(85-71)}{15} = \frac{14}{15} = 0,93$$

$$\mu_{TidakBaik}[71] = 0$$

Proses fuzzifikasi dengan mencari nilai fungsi keanggotaan variabel Skill :

$$\mu_{Memuaskan}[65] = \frac{(65-50)}{20} = \frac{15}{20} = 0,75$$

$$\mu_{TidakMemuaskan}[65] = \frac{(70-65)}{20} = \frac{5}{20} = 0,25$$

Selanjutnya akan dilakukan pencarian nilai pada setiap aturan menggunakan metode *min*.

Tabel 3. Nilai Pada Setiap Aturan

Rule	Aturan Fuzzy
R1	IF Presensi Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat $= \mu_{PresensiRajin} \cap \mu_{SkillBaik} \cap \mu_{KinerjaMemuaskan}$ $= \min(0,9;0,067;0,75) = 0,067$
a-predikat1	
R2	IF Presensi Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Dapat $= \mu_{PresensiRajin} \cap \mu_{SkillBaik} \cap \mu_{KinerjaTidakMemuaskan}$ $= \min(0,9;0,067;0,25) = 0,067$
a-predikat2	
R3	IF Presensi Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat $= \mu_{PresensiRajin} \cap \mu_{SkillCukup} \cap \mu_{KinerjaMemuaskan}$ $= \min(0,9;0,93;0,75) = 0,75$
a-predikat3	
R4	IF Presensi Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Dipertimbangkan $= \mu_{PresensiRajin} \cap \mu_{SkillCukup} \cap \mu_{KinerjaTidakMemuaskan}$ $= \min(0,9;0,93;0,25) = 0,25$
a-predikat4	
R5	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillTidakBaik} \cap \mu_{KinerjaMemuaskan}$ $= \min(0,9;0,0,75) = 0$
a-predikat5	
R6	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Tidak Dapat $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillTidakBaik} \cap \mu_{KinerjaTidakMemuaskan}$ $= \min(0,9;0,0,25) = 0$
a-predikat6	
R7	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillBaik} \cap \mu_{KinerjaMemuaskan}$ $= \min(0,1;0,067;0,75) = 0,067$
a-predikat7	
R8	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Dipertimbangkan $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillBaik} \cap \mu_{KinerjaTidakMemuaskan}$ $= \min(0,1;0,067;0,25) = 0,067$
a-predikat8	
R9	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dapat $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillCukup} \cap \mu_{KinerjaMemuaskan}$ $= \min(0,1;0,93;0,75) = 0,1$
a-predikat9	
R10	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Cukup AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Tidak Dapat $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillCukup} \cap \mu_{KinerjaTidakMemuaskan}$ $= \min(0,1;0,93;0,25) = 0,1$
a-predikat10	
R11	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Memuaskan THEN Bonus Dipertimbangkan $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillTidakBaik} \cap \mu_{KinerjaMemuaskan}$ $= \min(0,1;0,75) = 0$
a-predikat11	
R12	IF Presensi Tidak Rajin AND Skill Tidak Baik AND Kinerja Tidak Memuaskan THEN Bonus Tidak Dapat $= \mu_{PresensiTidakRajin} \cap \mu_{SkillTidakBaik} \cap \mu_{KinerjaTidakMemuaskan}$ $= \min(0,1;0,25) = 0$
a-predikat12	

- e. Pengolahan Data Logika Fuzzy Tsukamoto Mesin Inferensi, pada fuzzy tsukamoto inferensi proses dengan menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule pada tabel 4. ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Kemudian masing-masing nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (crisp) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$). (ganti kata)

Tabel 4. Perhitungan Crisp Setiap Rule

Hasil Bonus	Nilai z
R1= μ BonusDapat	Z ₁ = 70+(0,067*15) = 71,005
R2= μ BonusDapat	Z ₂ = 70+(0,067*15) = 71,005
R3= μ BonusDapat	Z ₃ = 70+(0,75*15) = 81,25
	Z ₄₁ = 55+(0,25*15) = 58,75
R4= μ BonusDipertimbangkan	Z ₄₂ = 85-(0,25*15) = 81,25
	Z ₄ = (58,75+81,25)/2 = 70
R5= μ BonusDapat	Z ₅ = 70+(0*15) = 70
R6= μ BonusTidakDapat	Z ₆ = 70-(0*15) = 70
R7= μ BonusDapat	Z ₇ = 70+(0,067*15) = 71,005
	Z ₈₁ = 55+(0,067*15) = 56,005
R8= μ BonusDipertimbangkan	Z ₈₂ = 85-(0,067*15) = 83,995
	Z ₈ = (56,005+83,995)/2 = 70
R9= μ BonusDapat	Z ₉ = 70+(0,1*15) = 71,5
R10= μ BonusTidakDapat	Z ₁₀ = 70-(0,1*15) = 68,5
	Z ₁₁₁ = 55+(0*15) = 55
R11= μ BonusDipertimbangkan	Z ₁₁₂ = 85-(0*15) = 85
	Z ₁₁ = (55+85)/2 = 70
R12= μ BonusTidakDapat	Z ₁₂ = 70-(0*15) = 70

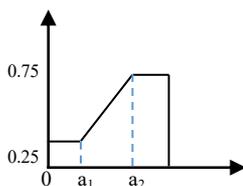
Setelah nilai z diperoleh, selanjutnya adalah melakukan proses Defuzzyfikasi dengan mencari nilai rata-rata.

$$z = \frac{a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_3 + \dots + a_{12}z_{12}}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{12}}$$

$$z = \frac{(0,067 * 71,005) + (0,067 * 71,005) + (0,75 * 81,25) + \dots + (0 * 70)}{0,067 + 0,067 + 0,75 + \dots + 0}$$

$$z = \frac{111,3995}{1,468} = 75,8€$$

- f. Pengolahan Data Logika Fuzzy Mamdani Menerapkan komposisi pada seluruh aturan menggunakan aturan Max.



Fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah sebagai berikut.

$$\mu(z) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,067}{z-55} \\ 15 \\ 0,75 \\ \frac{70-z}{15} \\ 0 \end{array} \left| \begin{array}{l} z \leq 56 \\ 56 \leq z \leq 66 \\ 66 \leq z \leq 74 \\ 74 \leq z \leq 85 \\ z \geq 85 \end{array} \right. \right\}$$

Selanjutnya dilakukan proses defuzzyfikasi unruk fuzzy inference system metode mamdani menggunakan metode centroid.

$$M_1 = \int_0^{55} (0)zdz = 0$$

$$M_2 = \int_{55}^{66} \frac{z-55}{15}zdz = 251.41$$

$$M_3 = \int_{66}^{70} (0.75)zdz = 204$$

$$M_4 = \int_{70}^{72} (0.75)zdz = 106.5$$

$$M_5 = \int_{72}^{74} \frac{85-z}{15}zdz = 116.7$$

$$M_6 = \int_{66}^{72} (0.25)zdz = 103.5$$

Kemudian hitung luas tiap daerah :

$$A1 = 0 * 55 = 0$$

$$A2 = (0+0.75)*(66-55)/2 = 4.13$$

$$A3 = (0.75)*(70-66) = 3$$

$$A4 = (0.75)*(72-70) = 1.5$$

$$A5 = (0.25+0.75)*(74-72) = 2$$

$$A6 = (0.25)*(85-74) = 2.75$$

Kemudian dapat dihitung titik pusatnya :

$$z^* = \frac{0 + 251.41 + 204 + 106.5 + 116.7 + 103.5}{0 + 4.13 + 3 + 1.5 + 2 + 2.75}$$

$$z^* = \frac{782.11}{13.28} = 58.4537$$

- g. Pengujian Hasil

Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan

Pegawai	Rata-Rata	Tsukamoto	Mamdani
Bety Wulan	68.0	75.8852	58.4537
Dwi Muji		76.7335	58.6509
Handono	75.0		
Barep Setiyadi	62.3	76.7335	58.6509
Vuji		74.575	68.437
Suprihatin	69.7		
Nandia	81.3	78.1969	71.8145

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan menggunakan metode Tsukamoto memberikan

hasil lebih tinggi dibandingkan menggunakan metode Mamdani.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap hasil pada tabel 5 untuk mengetahui tingkat kesalahan terhadap penentuan bonus gaji pegawai PT. Indonesia IT. Pengujian yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode MAE (*Mean Absolute Error*) dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Tabel 6. MAE dan MAPE

Metode	MAE	MAPE
Tsukamoto	6.406	29.577
Mamdani	8.059	31.035

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai MAE pada perhitungan metode Tsukamoto sebesar 6.406 dan Mamdani 8.059, nilai MAPE pada perhitungan metode Tsukamoto sebesar 29.577 dan Mamdani 31.035. Dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan metode Tsukamoto memiliki prosentase kesalahan lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode Mamdani.

Kesimpulan dan Saran

Penentuan bonus gaji pegawai PT. IndonesiaIT menggunakan tiga variable yaitu Presensi, Skill, dan Kinerja. Metode Tsukamoto dan metode Mamdani digunakan untuk perhitungan penentuan bonus gaji pegawai dengan sample sebanyak 5 data pegawai. Setelah diperoleh hasil perhitungan berdasarkan kedua metode tersebut terhadap kelima data, dilakukan pengujian menggunakan metode MAE dan MAPE. Kedua metode pengukuran akurasi kesalahan dibandingkan dan menghasilkan nilai MAE pada perhitungan metode Tsukamoto sebesar 6.406 dan Mamdani 8.059, nilai MAPE pada perhitungan metode Tsukamoto sebesar 29.577 dan Mamdani 31.035. Dari pengujian yang telah dilakukan menunjukkan metode Tsukamoto memiliki prosentase kesalahan lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode Mamdani.

Daftar Pustaka

- [1] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo, Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan, Edisi 1, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [2] Munawaroh, Analisa Dan Penerapan Fuzzy Inference System Metode Mamdani Untuk Penentuan Penerima Beasiswa, Jurnal Informatika Universitas Pamulang, Vol. 3 No. 1 Maret, 2018
- [3] Simanjuntak dan Novan Parmonangan., Aplikasi Fuzzy Logic Controller pada Pengontrolan Lampu Lalu Lintas, STEI ITB, 2015

- [4] Kusumadewi, S. dkk, Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM) Graha Ilmu. Yogyakarta, 2006