

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Masalah

Penelitian ini membahas pemilihan pemain pada suatu tim sepak bola menggunakan Bilangan *Triangular Fuzzy* dan Sistem Inferensi *Fuzzy* dengan mengambil data-data pemain dari *game Football Manager*. Jumlah pemain yang akan dipilih adalah 10 pemain tanpa *Goalkeeper* yang akan bertugas sebagai *starting lineup* di setiap posisinya. Formasi yang digunakan adalah formasi *default* atau formasi 3-4-3 agar sesuai dengan kondisi di dunia nyata dengan susunan 3 *Center Back* disingkat CB, 2 *Wing Back* disingkat WB, 2 *Defensive Midfielder* disingkat DM, 2 *Second Stricker* disingkat SS, dan 1 *Stricker* disingkat ST. Pemain yang akan dipilih adalah pemain yang terbaik sesuai kriteria pada semua posisi yang telah ditentukan lalu disusun dengan pertimbangan pengalaman bermain bersama yaitu relasi antar-pemain pada suatu lini dan pengalaman bermain pemain pada suatu posisi.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang *akan* dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Penelitian ini akan mengumpulkan data *attribute* dari *database game Football Manager*, lalu riwayat pertandingan sebelumnya dari aplikasi Sofascore. Yang menjadi data atribut antara lain kemampuan sepak pojok, umpan silang, dan lain-lain yang selengkapnya disajikan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variabel C

Variabel	Deskripsi	Variabel	Deskripsi
C_1	Sepak Pojok	C_{19}	Konsentrasi
C_2	Umpan Silang	C_{20}	Mengambil Keputusan
C_3	Menggiring	C_{21}	Determinasi
C_4	Penyelesaian	C_{22}	Bakat

C_5	Sentuhan Pertama	C_{23}	Kepemimpinan
C_6	Tendangan Bebas	C_{24}	Pergerakan Tanpa Bola
C_7	Sundulan	C_{25}	Penempatan Posisi
C_8	Tembakan Jauh	C_{26}	Kerja sama tim
C_9	Lemparan Jauh	C_{27}	Visi
C_{10}	Penargetan	C_{28}	Kegigihan
C_{11}	Umpan	C_{29}	Akselerasi
C_{12}	Penalti	C_{30}	Kelincahan
C_{13}	Menekel	C_{31}	Keseimbangan Badan
C_{14}	Teknik	C_{32}	Tinggi Lompatan
C_{15}	Agresivitas	C_{33}	Kebugaran Fisik
C_{16}	Antisipasi	C_{34}	Kecepatan
C_{17}	Keberanian	C_{35}	Stamina
C_{18}	Penguasaan Diri	C_{36}	Kekuatan

2. Menentukan Pemain Terbaik dan Susunan tiap lini menggunakan Metode *Rank Bilangan Triangular Fuzzy*

Pada tahapan ini, pemain terbaik berdasarkan skor pada tiap posisi akan dipasangkan terhadap susunan lini yang diisi.

3. Mencari Susunan Terbaik di Semua Lini Menggunakan Sistem Inferensi *Fuzzy Mamdani*

Susunan yang telah didapatkan akan diseleksi menggunakan Sistem Inferensi *Fuzzy Mamdani* untuk mendapatkan susunan dengan pengalaman bermain bersama terbaik.

4. Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan ini akan ditarik kesimpulan berdasarkan hasil yang didapat setelah dilakukan inferensi.

3.3 Menentukan Pemain Terbaik dan Susunan Tiap Lini Menggunakan Metode *Rank Bilangan Triangular Fuzzy*

Pada tahapan ini, data yang telah didapatkan yaitu data atribut akan diubah bentuk ke bilangan *triangular fuzzy*. Lalu, setiap atribut dioperasikan terhadap bobot atribut di setiap posisi menggunakan rumus 3.1. Tahap terakhir adalah mengambil nilai tengah tertinggi dari setiap posisi untuk mendapatkan susunan. Titik tengah dalam Bilangan *Triangular Fuzzy* yaitu b dalam (a, b, c) menjadi nilai paling memungkinkan dan mendekati untuk merepresentasikan kemampuan seseorang (Yaakob & Kawata, 1999).

3.3.1 Model Pemilihan Pemain

Berdasarkan Tavana,dkk. (2013), model *weighted sum* yang digunakan untuk mendapatkan nilai suatu pemain pada sebuah posisi adalah yaitu Persamaan (3.1).

$$e_{total}(PO, i) = \sum_{t=1}^n C_t(i, PO) \cdot W_t(PO) \quad (3.1)$$

Dengan:

$E_{total}(PO, i)$: Skor total pada posisi PO untuk pemain i

$C_t(i, PO)$: Total nilai atribut pemain i pada posisi PO

$W_t(PO)$: Bobot atribut di posisi PO

Setelah diperoleh e_{total} untuk semua pemain pada setiap posisi, akan diambil sejumlah p pemain teratas sebagai himpunan baru.

Fungsi tujuan yang digunakan dalam permasalahan ini adalah memaksimalkan skor e_{total} pemain di setiap posisi yaitu Persamaan (3.2)

Memaksimalkan:

$$\sum_{i \in P} e_{total}(i, PO) \quad (3.2)$$

Adapun kendala-kendala dari model yang digunakan tertera pada Persamaan (3.3), (3.4), (3.5), (3.6), (3.7), (3.8), dan (3.6).

- 1) Seorang pemain hanya bisa mengisi suatu posisi tepat satu kali direpresentasikan sebagai Persamaan (3.3).

$$p_i \leq 1, \forall i \in P \quad (3.3)$$

- 2) Total pemain yang dipilih adalah 10 pemain direpresentasikan sebagai Persamaan (3.4).

$$\sum_{i \in P} p_i = 10 \quad (3.4)$$

- 3) Setiap posisi harus terisi dengan formasi yang telah ditentukan yaitu 3-4-3 dengan komposisi 3 CB, 2 WB, 2 DM, 2 SS, dan 1 ST maka dapat direpresentasikan sebagai Persamaan (3.5) hingga (3.9).

$$\sum_{i \in P_{CB}} p_i = 3 \quad (3.5)$$

$$\sum_{i \in P_{WB}} p_i = 2 \quad (3.6)$$

$$\sum_{i \in P_{DM}} p_i = 2 \quad (3.7)$$

$$\sum_{i \in P_{SS}} p_i = 2 \quad (3.8)$$

$$\sum_{i \in P_{ST}} p_i = 1 \quad (3.9)$$

3.3.2 Penyelesaian Model dengan Metode Rank Bilangan *Triangular Fuzzy*

Pada tahap ini, data atribut pemain yaitu C akan diubah ke dalam bilangan *triangular fuzzy* dan dioperasikan dengan bobot atribut yaitu W di setiap posisi untuk mendapatkan e_{tot} setiap pemain lalu pemain dengan e_{tot} terbaik di setiap posisi akan dimasukkan ke dalam himpunan pemain di setiap posisi.

Setelah e_{total} (skor total) untuk semua pemain di setiap posisi selesai dihitung, semua kemungkinan kombinasi pada setiap posisi diperhitungkan, para kandidat dari setiap posisi akan dikelompokkan menjadi himpunan baru dengan menggabungkan semua posisi. Susunan pemain dianggap valid jika tidak ada pemain yang mengisi lebih dari satu posisi. Jika susunan valid, skor keseluruhan untuk himpunan yang valid tersebut akan dihitung. Susunan dengan skor keseluruhan tertinggi kemudian akan diuji pada tahap selanjutnya.

1. Menentukan nilai Atribut

Data atribut pada tabel 3.1 yang dimiliki pemain diberi nilai 1 sampai 20 berasal dari *database* Football Manager, yang akan dikategorikan ke dalam variabel

linguistik “Sangat Buruk”, “Buruk”, “Sedang”, dan “Baik” sesuai dengan model penilaian yang dilakukan pada penelitian Tavana,dkk. (2013) dengan ketentuan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Variabel Linguistik Atribut

Domain	Himpunan Fuzzy
Nilai 1 sampai 5	Sangat buruk
Nilai 6 sampai 10	Buruk
Nilai 11 sampai 15	Baik
Nilai 16 sampai 20	Sangat baik

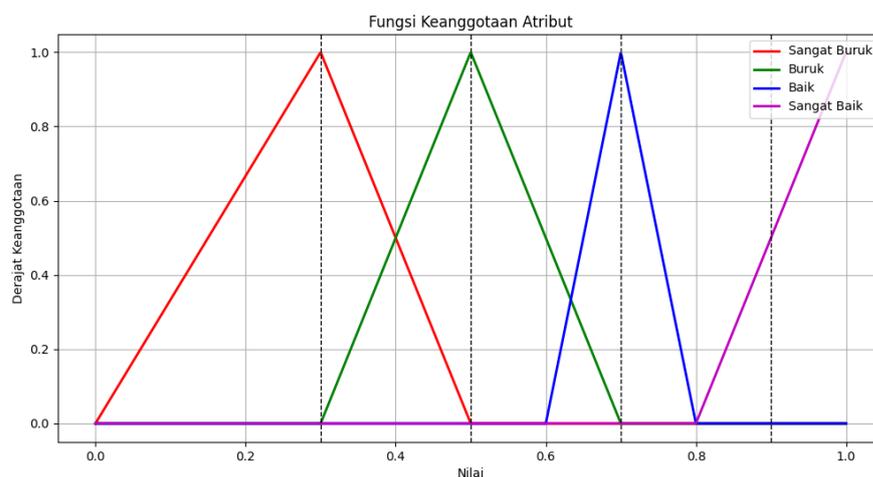
Langkah selanjutnya adalah mengubah variabel linguistik yang telah didapatkan ke Bilangan *Triangular Fuzzy* di mana merepresentasikan derajat keanggotaan yang dipakai dengan bentuk (a, b, c) (Tavana dkk., 2013), yaitu pada Gambar 3.1.

$$e_{SangatBuruk} = (0; 0,3; 0,5)$$

$$e_{Buruk} = (0,3; 0,5; 0,7)$$

$$e_{Baik} = (0,6; 0,7; 0,8)$$

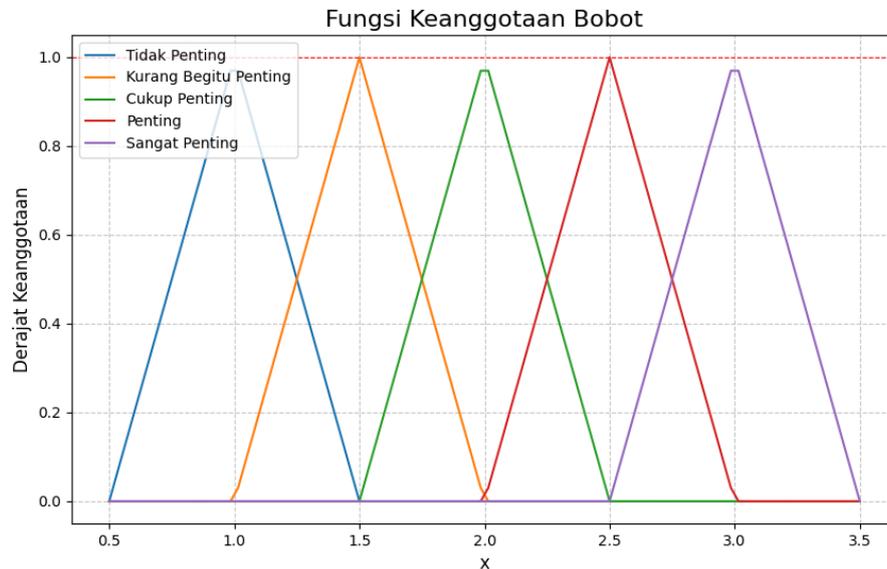
$$e_{SangatBaik} = (0,8; 1; 1)$$



Gambar 3. 1 Fungsi Keanggotaan Atribut

2. Menentukan nilai Bobot Atribut untuk setiap posisi

Tahap selanjutnya adalah menentukan bobot yang akan dioperasikan berbentuk bilangan *triangular fuzzy* terhadap setiap atribut yang telah ada yaitu pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Fungsi Keanggotaan Bobot

$$w_{TP} = (0,5; 1; 1,5)$$

$$w_{KBP} = (1; 1,5; 2,0)$$

$$w_{CP} = (1,5; 2,0; 2,5)$$

$$w_P = (2; 2,5; 3,0)$$

$$w_{SP} = (2,5; 3; 3,5)$$

Bobot dibagi ke lima variabel linguistik yaitu Tidak Penting disingkat TP, Kurang Begitu Penting disingkat KBP, Cukup Penting disingkat sebagai CP, Penting disingkat sebagai P, dan Sangat Penting disingkat sebagai SP. Lalu bobot untuk setiap atribut di tiap posisi menurut Høgli (2024) juga opini penulis disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Bobot Atribut di Tiap Posisi

Posisi C_n	CB	WB	DM	SS	ST
C_1	TP	KBP	CP	CP	TP
C_2	TP	CP	KBP	CP	KBP
C_3	KBP	CP	CP	SP	P
C_4	TP	KBP	KBP	SP	SP
C_5	CP	P	SP	SP	SP

C_6	KBP	KBP	KBP	CP	CP
C_7	SP	KBP	P	CP	SP
C_8	KBP	KBP	P	P	SP
C_9	TP	CP	TP	TP	TP
C_{10}	SP	CP	SP	SP	TP
C_{11}	CP	CP	SP	SP	CP
C_{12}	TP	KBP	TP	CP	P
C_{13}	SP	P	SP	KBP	KBP
C_{14}	CP	P	P	SP	SP
C_{15}	CP	CP	P	CP	P
C_{16}	SP	P	SP	SP	CP
C_{17}	P	CP	P	P	P
C_{18}	P	CP	SP	SP	SP
C_{19}	P	SP	SP	P	P
C_{20}	P	P	SP	SP	SP
C_{21}	P	P	P	P	P
C_{22}	KBP	CP	KBP	SP	KBP
C_{23}	CP	KBP	P	KBP	SP
C_{24}	KBP	CP	SP	SP	SP
C_{25}	SP	CP	SP	SP	P
C_{26}	CP	CP	P	P	P
C_{27}	KBP	CP	SP	SP	P
C_{28}	CP	SP	CP	P	SP
C_{29}	KBP	SP	CP	SP	SP
C_{30}	TP	P	P	SP	SP
C_{31}	CP	P	P	SP	P
C_{32}	CP	CP	P	CP	P
C_{33}	CP	CP	CP	P	P
C_{34}	CP	SP	SP	SP	P
C_{35}	CP	SP	SP	P	P
C_{36}	SP	CP	SP	CP	P

Selanjutnya bobot dan atribut masing-masing sudah berbentuk bilangan *triangular fuzzy* dan bisa dioperasikan sesuai dengan Persamaan (3.1).

3. Menghitung skor untuk setiap pemain dan membentuk susunan

Ketika e_{total} seluruh pemain di setiap posisi telah dihitung, sejumlah $n e_{total}$ akan masuk ke dalam himpunan kandidat setiap posisi. Untuk setiap posisi PO , akan diperhitungkan segala kombinasi yang mungkin terjadi dengan jumlah

kombinasi yaitu $\binom{n}{p_{PO}}$ di mana n adalah jumlah kandidat dan p_{PO} adalah jumlah pemain yang dibutuhkan pada posisi PO .

Setelah semua kemungkinan pada setiap posisi diperhitungkan, kandidat di setiap posisi akan dikumpulkan menjadi himpunan baru sesuai dengan komposisi pada fungsi kendala. Apabila tidak ada pemain yang rangkap di beberapa posisi maka susunan valid. Ketika susunan valid maka akan dihitung skor keseluruhan untuk himpunan yang valid. Skor keseluruhan tertinggi kemudian diujikan ke tahap selanjutnya.

3.4 Mencari Susunan Terbaik di Semua Lini Menggunakan SIF Mamdani

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan variabel *fuzzy* untuk membentuk himpunan *fuzzy* atau disebut fuzzifikasi. Setelah menentukan variabel *fuzzy*, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk setiap variabel input yang relevan dalam proses pemilihan pemain. Selanjutnya menggabungkan dua daerah *fuzzy* menggunakan operator AND dan implikasi IF-THEN, lalu dilakukan defuzzifikasi.

Berikut adalah langkah-langkah yang akan dilakukan dalam metode Mamdani untuk pemilihan pemain.

3.4.1 Fuzzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi, nilai numerik dari semua variabel dari data yang telah dikumpulkan, dikonversi menjadi nilai kabur (himpunan *fuzzy*). Proses ini melibatkan penggunaan nilai keanggotaan untuk mengubah angka-angka menjadi kategori *fuzzy*. Berikut penentuan variabel *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, semesta pembicaraan, dan fungsi keanggotaan dalam penelitian ini.

1. Variabel

Variabel *fuzzy* yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel masukan dan variabel keluaran.

a. Variabel masukan

Variabel yang akan digunakan adalah relasi rata-rata sebuah lini pada p pertandingan terakhir yaitu x yang didapat dengan Persamaan (3.10).

$$x = \frac{\sum_{k=1}^n r_k}{n} \quad (3.10)$$

Dengan:

- x : Relasi rata-rata sebuah lini pada k pertandingan
- $r_k = \frac{p(p-1)}{2}$: Jumlah kombinasi yang bisa dibuat dari sebuah lini dengan p pemain
- k : Pertandingan yang diperhitungkan

Variabel yang selanjutnya digunakan adalah rata-rata jumlah pemain yang bermain di sebuah lini pada n pertandingan terakhir yaitu y dengan Persamaan (3.11).

$$y = \frac{\sum_{k=1}^n p_k}{n} \quad (3.11)$$

Dengan:

- y : Rata-rata jumlah pemain yang bermain di sebuah lini
- p : Jumlah pemain yang bermain pada sebuah lini
- k : Pertandingan yang diperhitungkan

b. Variabel keluaran

Variabel keluaran yang dihasilkan adalah skor susunan akan didefinisikan sebagai z dengan *range* 0 sampai 100.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk x adalah “rendah”, “sedang”, dan “tinggi”. Sedangkan himpunan *fuzzy* yang digunakan pada y adalah “sangat rendah”, “rendah”, “sedang”, dan “tinggi”.

3. Semesta pembicaraan

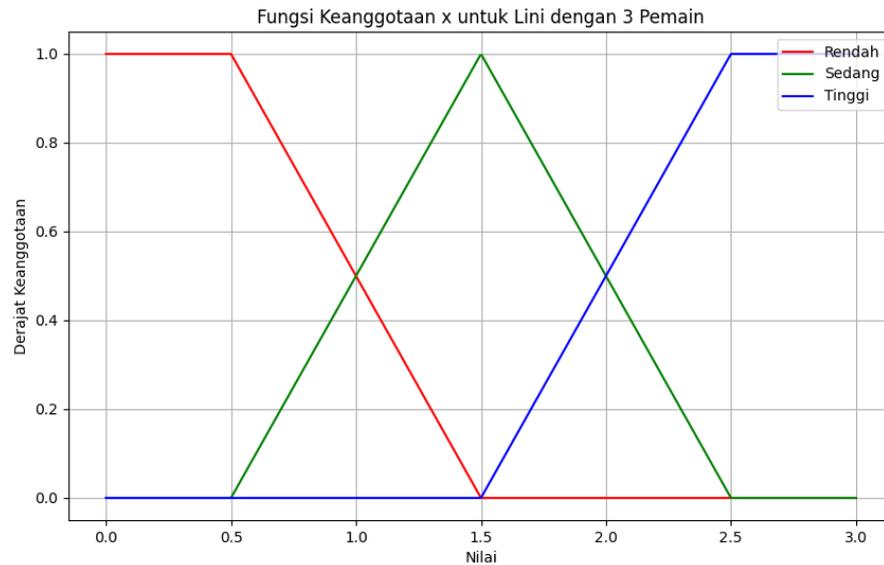
Semesta pembicaraan bergantung terhadap nilai-nilai pada variabel dari data yang telah dikumpulkan. Misalkan p adalah nilai terendah dan q adalah nilai tertinggi, maka semesta pembicaraanya adalah $[p, q]$.

4. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan yang akan digunakan pada dua variabel dalam penelitian ini adalah kurva bahu. Fungsi keanggotaan setiap lini pada formasi 3-4-3 akan berbeda karena jumlah pemain yang dihitung pada setiap lini berbeda. Maka derajat keanggotaan untuk setiap himpunan adalah sebagai berikut.

1) Variabel x

Untuk lini dengan 3 pemain, karena penggunaan persamaan $\frac{n(n-1)}{2}$ maka nilai minimum x adalah 0 dan nilai maksimum yang terbentuk adalah 3. Lalu dibagi ke dalam 3 himpunan *fuzzy* yaitu “rendah” pada Persamaan (3.12), “sedang” pada Persamaan (3.13), dan “tinggi” pada Persamaan (3.14). Grafik fungsi keanggotaan untuk kriteria ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Fungsi Keanggotaan x dengan 3 Pemain

$$\mu_{rendah} = \begin{cases} 1 & , \text{jika } 0 \leq x \leq 0,5 \\ 1,5 - x & , \text{jika } 0,5 < x < 1,5 \\ 0 & , \text{jika } x \geq 1,5 \end{cases} \quad (3.12)$$

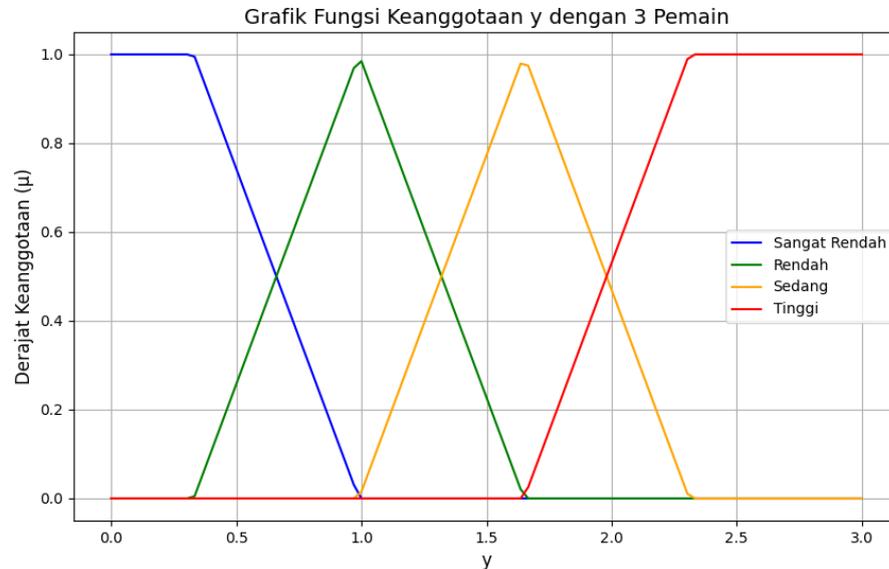
$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & , \text{jika } x \leq 0,5 \text{ atau } x \geq 2,5 \\ x - 0,5 & , \text{jika } 0,5 < x \leq 1,5 \\ 2,5 - x & , \text{jika } 1,5 < x < 2,5 \end{cases} \quad (3.13)$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 1,5 \\ x - 2,5 & \text{jika } 1,5 < x < 2,5 \\ 1 & \text{jika } 2,5 \leq x \leq 3 \end{cases} \quad (3.14)$$

2) Variabel y

Untuk lini dengan 3 pemain, karena jumlah pemain yang bermain pada lini adalah 3 pemain maka nilai minimum y adalah 0 dan nilai maksimumnya adalah 3. Lalu dibagi ke dalam 4 himpunan *fuzzy* yaitu “sangat rendah” pada Persamaan (3.15), “rendah” pada Persamaan (3.16), “sedang” pada Persamaan (3.17), dan

“tinggi” pada Persamaan (3.18). Grafik fungsi keanggotaan untuk kriteria ini dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 4 Fungsi Keanggotaan y dengan 3 Pemain

$$\mu_{sangatrendah} = \begin{cases} 1 & \text{jika } 0 \leq y \leq 0,33 \\ \frac{0,99 - y}{0,66} & \text{jika } 0,3 < y < 0,99 \\ 0 & \text{jika } y \geq 0,99 \end{cases} \quad (3.15)$$

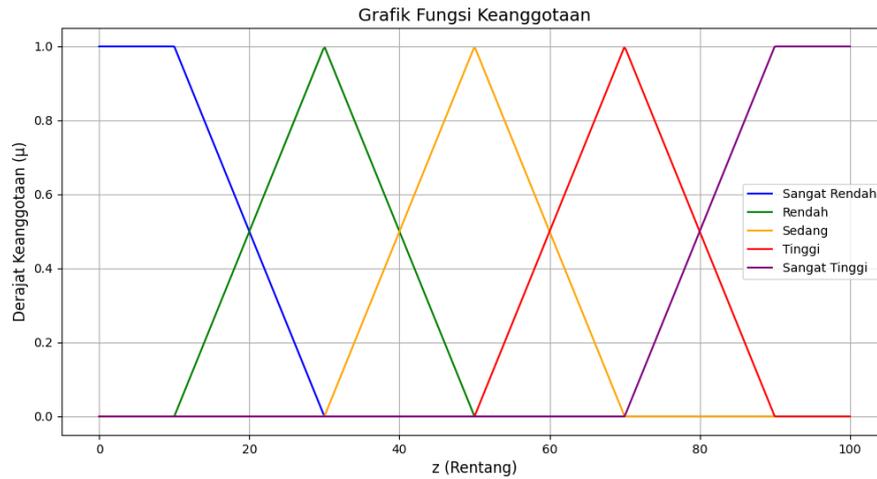
$$\mu_{rendah} = \begin{cases} 0 & \text{jika } y \leq 0,3 \text{ atau } y \geq 1,65 \\ \frac{y - 0,33}{0,66} & \text{jika } 0,33 < y \leq 0,99 \\ \frac{1,65 - y}{0,66} & \text{jika } 0,99 < y < 1,65 \end{cases} \quad (3.16)$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & \text{jika } y \leq 0,99 \text{ atau } y \geq 2,31 \\ \frac{y - 0,99}{0,66} & \text{jika } 0,99 < y \leq 1,65 \\ \frac{2,31 - y}{0,66} & \text{jika } 1,65 < y < 2,31 \end{cases} \quad (3.17)$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 1 & \text{jika } 2,31 \leq y \leq 3 \\ \frac{y - 1,65}{0,66} & \text{jika } 1,65 < y < 2,31 \\ 0 & \text{jika } y \leq 1,65 \end{cases} \quad (3.18)$$

3) Variabel z

Variabel keluaran yang dihasilkan adalah skor susunan akan didefinisikan sebagai z dengan rentang 0 sampai 100. Himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk z adalah “sangat rendah” pada Persamaan (3.19), “rendah” pada Persamaan (3.20), “sedang” pada Persamaan (3.21), “tinggi” pada Persamaan (3.22), dan “sangat tinggi” pada Persamaan (3.23). Grafik fungsi keanggotaan untuk kriteria ini dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 5 Fungsi Keanggotaan z

$$\mu_{sangatrendah} = \begin{cases} 1 & \text{jika } 0 \leq z \leq 10 \\ \frac{30 - z}{20} & \text{jika } 10 < z < 30 \\ 0 & \text{jika } z \geq 30 \end{cases} \quad (3.19)$$

$$\mu_{rendah} = \begin{cases} 0 & \text{jika } z \leq 10 \text{ atau } z \geq 50 \\ \frac{z - 10}{20} & \text{jika } 10 < z \leq 30 \\ \frac{50 - z}{20} & \text{jika } 30 < z < 50 \end{cases} \quad (3.20)$$

$$\mu_{sedang} = \begin{cases} 0 & \text{jika } z \leq 30 \text{ atau } z \geq 70 \\ \frac{z - 30}{20} & \text{jika } 30 < z \leq 50 \\ \frac{70 - z}{20} & \text{jika } 50 < z < 70 \end{cases} \quad (3.21)$$

$$\mu_{tinggi} = \begin{cases} 0 & \text{jika } z \leq 50 \text{ atau } z \geq 90 \\ \frac{z - 50}{20} & \text{jika } 50 < z \leq 70 \\ \frac{90 - z}{20} & \text{jika } 70 < z < 90 \end{cases} \quad (3.22)$$

$$\mu_{\text{sangattinggi}} = \begin{cases} 1 & \text{jika } 90 \leq z \leq 100 \\ \frac{z-70}{20} & \text{jika } 70 < z < 90 \\ 0 & \text{jika } z \leq 70 \end{cases} \quad (3.23)$$

3.4.2 Inferensi Fuzzy Mamdani

Pada tahap ini, aturan fuzzy yang telah ditentukan akan diterapkan pada dua variabel yang telah difuzzifikasi dengan mengambil derajat keanggotaan terkecil. Aturan yang digunakan adalah IF-THEN atau dan menggunakan operasi *fuzzy* AND. Hasil dari aturan yang digunakan dari mengoperasikan dua variabel akan menghasilkan 12 aturan. Selanjutnya daerah dari *output* z akan dibatasi dengan derajat keanggotaan maksimum dua himpunan variabel input dengan ketentuan pada Persamaan (3.24) dan aturan yang disajikan pada Tabel 3.4.

$$\mu(z) = \max \{ \min \mu(x) \cap \min \mu(y) \} \quad (3.24)$$

Tabel 3. 4 Tabel Aturan Fuzzy

$x \backslash y$	Rendah	Sedang	Tinggi
Sangat Rendah	Sangat Rendah	Rendah	Rendah
Rendah	Rendah	Sedang	Sedang
Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi
Tinggi	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 3.4 maka terdapat 9 aturan yang berbunyi:

- [R1] Jika x rendah DAN y sangat rendah, maka z sangat rendah
- [R2] Jika x rendah DAN y rendah, maka z rendah.
- [R3] Jika x rendah DAN y sedang, maka z sedang.
- [R4] Jika x rendah DAN y tinggi, maka z sedang.
- [R5] Jika x sedang DAN y sangat rendah, maka z rendah
- [R6] Jika x sedang DAN y rendah, maka z sedang.
- [R7] Jika x sedang DAN y sedang, maka z sedang.
- [R8] Jika x sedang DAN y tinggi, maka z tinggi.
- [R9] Jika x tinggi Dan y sangat rendah, maka z rendah.
- [R10] Jika x tinggi DAN y rendah, maka z sedang.

[R11] Jika x tinggi DAN y sedang, maka z tinggi.

[R12] Jika x tinggi DAN y tinggi, maka z sangat tinggi.

3.4.3 Defuzifikasi

Pada tahapan ini akan digunakan metode sentroid dari daerah *output* yaitu z^* yang didapat. Nilai sentroid akan dicari menggunakan Persamaan (3.25).

$$z^* = \frac{\int_a^b z\mu(z)dz}{\int_a^b \mu(z)dz} \quad (3.25)$$

Dengan a dan b masing-masing adalah batas bawah dan batas atas dari hasil komposisi aturan sebelumnya.

3.5 Penarikan Kesimpulan

Menurut Tavana dkk., (2013), batas minimal sebuah lini dapat diterima adalah z^* atau nilai *output* dari tahap defuzzifikasi adalah 60 dan apabila nilai tidak terpenuhi maka nilai *output* dari susunan terbaik selanjutnya akan dibandingkan lalu diambil nilai tertinggi di antara dua kombinasi tersebut. Ketetapan tersebut didapatkan melalui pendekatan metode Delphi oleh para pelatih sebagai ahli yang terlibat pada penelitian Tavana dkk.,(2013).

3.6 Contoh Kasus

Pemain yang akan digunakan sebagai sampel adalah 5 pemain berposisi sebagai *Centerback* (CB) sebelum tanggal 4 Desember 2024 dan akan dipilih 3 terbaik. Variabel C yang akan digunakan adalah C_{10} sampai C_{14} . Berikut adalah masing-masing variabel untuk tiap pemain yang menjadi sampel yaitu Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Data Atribut Pemain

C_n \ Nama	Johnny Evans	Lisandro Martinez	Matthijs de Light	Noussair Mazraoui	Harry Maguire
C_{10}	14	15	16	11	15
C_{11}	12	15	13	14	13
C_{12}	5	10	8	10	14
C_{13}	15	16	16	14	15
C_{14}	13	15	12	15	13

Selanjutnya data atribut diubah ke dalam bentuk variabel linguistik dengan ketentuan yang sudah ditentukan pada tabel 3.2, berikut disajikan pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Variabel Linguistik Contoh Kasus

Nama C_n	Johnny Evans	Lisandro Martinez	Matthijs de Light	Noussair Mazraoui	Harry Maguire
C_{10}	Baik	Baik	Sangat Baik	Baik	Baik
C_{11}	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik
C_{12}	Sangat Buruk	Buruk	Buruk	Buruk	Baik
C_{13}	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Baik
C_{14}	Baik	Baik	Baik	Baik	Baik

Tahap selanjutnya adalah mengubah setiap variabel ke dalam *Triangular Fuzzy Number* sesuai dengan ketentuan Gambar 3.1, berikut disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Bilangan *Triangular Fuzzy* Contoh Kasus

Nama C_n	Johnny Evans	Lisandro Martinez	Matthijs de Light	Noussair Mazraoui	Harry Maguire
C_{10}	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,8;1;1)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)
C_{11}	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)
C_{12}	(0,3;0,5;0,7)	(0,3;0,5;0,7)	(0,3;0,5;0,7)	(0,3;0,5;0,7)	(0,6;0,7;0,8)
C_{13}	(0,6;0,7;0,8)	(0,8;1;1)	(0,8;1;1)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)
C_{14}	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)	(0,6;0,7;0,8)

Selanjutnya adalah memilih bobot yang digunakan di posisi yang akan dipilih berdasarkan bobot pada Tabel 3.3 disajikan pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Bobot Contoh Kasus

C_{10}	TP
C_{11}	SP

C_{12}	CP
C_{13}	TP
C_{14}	CP

Dengan bentuk Bilangan *Triangular Fuzzy* sebagai berikut.

$$w_{TP} = (0,5; 1; 1,5)$$

$$w_{KBP} = (1; 1,5; 2,0)$$

$$w_{CP} = (1,5; 2,0; 2,5)$$

$$w_P = (2; 2,5; 3,0)$$

$$w_{SP} = (2,5; 3; 3,5)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung e_{total} untuk setiap pemain pada posisi yang dipilih sesuai dengan model yang telah dibentuk yaitu pada Model persamaan (3.1).

1. Johnny Evans

$$\begin{aligned} e_{total} &= (0,6; 0,7; 0,8) \times (0,5; 1; 1,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\ &\quad + (0; 0,3; 0,5) \times (1,5; 2,0; 2,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\ &\quad + (0,6; 0,7; 0,8) \times (1,5; 2,0; 2,5) \end{aligned}$$

$$e_{total} = (4,2; 6,9; 10,05)$$

Maka e_{total} yang diambil adalah 6,9.

2. Lisandro Martinez

$$\begin{aligned} e_{total} &= (0,6; 0,7; 0,8) \times (0,5; 1; 1,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\ &\quad + (0,3; 0,5; 0,7) \times (1,5; 2,0; 2,5) + (0,8; 1; 1,1) \times (2,5; 3; 3,5) \\ &\quad + (0,6; 0,7; 0,8) \times (1,5; 2,0; 2,5) \end{aligned}$$

$$e_{total} = (5,15; 8,2; 11,25)$$

Maka e_{total} yang diambil adalah 8,2

3. Matthijs de Light

$$\begin{aligned} e_{total} &= (0,8; 1; 1,1) \times (0,5; 1; 1,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\ &\quad + (0,3; 0,5; 0,7) \times (1,5; 2,0; 2,5) + (0,8; 1; 1,1) \times (2,5; 3; 3,5) \\ &\quad + (0,6; 0,7; 0,8) \times (1,5; 2,0; 2,5) \end{aligned}$$

$$e_{total} = (5,1; 8,5; 11,55)$$

Maka e_{total} yang diambil adalah 8,5.

4. Noussair Mazroui

$$\begin{aligned}
e_{total} &= (0,6; 0,7; 0,8) \times (0,5; 1; 1,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\
&\quad + (0,3; 0,5; 0,7) \times (1,5; 2,0; 2,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\
&\quad + (0,6; 0,7; 0,8) \times (1,5; 2,0; 2,5) \\
e_{total} &= (4,65; 7,3; 10,55)
\end{aligned}$$

Maka e_{total} yang diambil adalah 7,3.

5. Harry Maguire

$$\begin{aligned}
e_{total} &= (0,6; 0,7; 0,8) \times (0,5; 1; 1,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\
&\quad + (0,6; 0,7; 0,8) \times (1,5; 2,0; 2,5) + (0,6; 0,7; 0,8) \times (2,5; 3; 3,5) \\
&\quad + (0,6; 0,7; 0,8) \times (1,5; 2,0; 2,5) \\
e_{total} &= (5,1; 7,7; 10,8)
\end{aligned}$$

Maka e_{total} yang diambil adalah 7,7.

Maka susunan terbaik yang didapat adalah Lisandro Martinez, Matthijs de Light, dan Harry Maguire dengan skor keseluruhan E_{total} adalah 24.1 dan susunan kedua terbaik adalah Lisandro Martinez, Matthijs de Light, dan Noussair Mazroui. Selanjutnya adalah memproses hasil dengan data riwayat 5 pertandingan sebelumnya. Berikut adalah Tabel 3.9 yaitu riwayat 5 terakhir Manchester United.

Tabel 3. 9 Riwayat permainan

Nama	Lisandro Martinez	Matthijs de Light	Harry Maguire
vs Arsenal	Tidak Main	Main	Main
vs Everton	Main	Main	Main
vs Bodo/Glint	Main	Main	Tidak Main
vs Ipswich Town	Tidak Main	Main	Tidak Main
vs Leicester City	Main	Main	Tidak Main

Selanjutnya adalah menghitung x yaitu relasi rata-rata pemain pada sebuah lini pada 5 pertandingan terakhir dengan persamaan (3.10) dan rata-rata pemain yang bermain di suatu posisi pada 5 pertandingan terakhir yaitu y dengan persamaan (3.11).

$$x = \frac{2(2 - 1) + 3(3 - 1) + 2(2 - 1) + 1(1 - 1) + 2(2 - 1)}{5} = 1,2$$

$$y = \frac{(2 + 3 + 2 + 1 + 2)}{5} = 2$$

Akan dihitung derajat keanggotaan x untuk masing-masing himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan pada persamaan (3.12), (3.13), dan (3.14).

$$\mu_{rendah}(1,2) = \frac{1,5 - 1,2}{1} = 0,3$$

$$\mu_{sedang}(1,2) = \frac{1,2 - 0,5}{1} = 0,7$$

$$\mu_{tinggi}(1,2) = 0$$

Lalu akan dihitung derajat keanggotaan y untuk masing-masing himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan pada persamaan (3.15), (3.16), (3.17), dan (3.18).

$$\mu_{sangatrendah}(2) = 0$$

$$\mu_{rendah}(2) = 0$$

$$\mu_{sedang}(2) = \frac{2,31 - 2}{0,66} = 0,47$$

$$\mu_{tinggi}(1,2) = \frac{2 - 1,65}{0,66} = 0,53$$

Maka aturan yang digunakan sesuai tabel 3.4 dengan μ_z mengikuti persamaan (3.24) adalah sebagai berikut.

$$\mu_{sedang}(z) = \mu_{rendah}(1,2) \cap \mu_{sedang}(2) = \min(0,3; 0) = 0$$

$$\mu_{sedang}(z) = \mu_{rendah}(1,2) \cap \mu_{tinggi}(2) = \min(0,3; 0,47) = 0,3$$

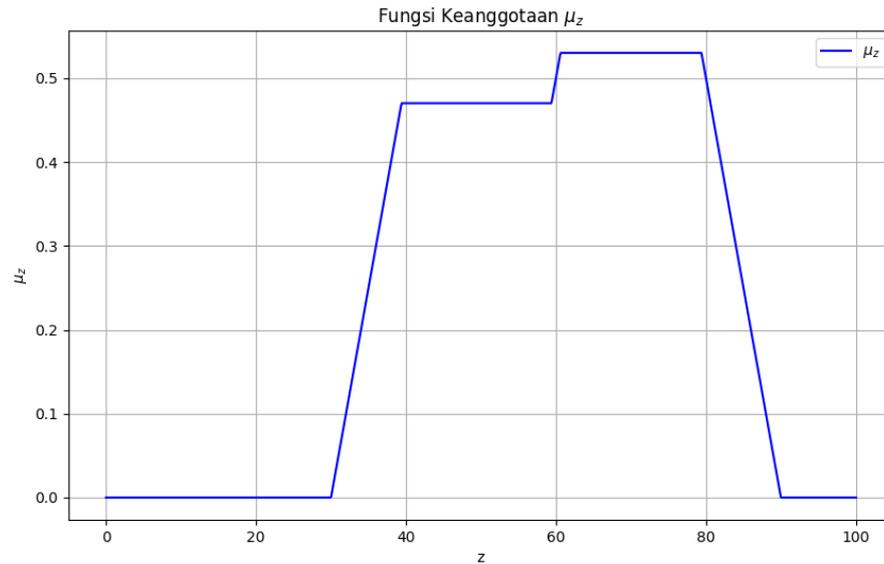
$$\mu_{sedang}(z) = \mu_{sedang}(1,2) \cap \mu_{sedang}(2) = \min(0,7; 0,47) = 0,47$$

$$\mu_{tinggi}(z) = \mu_{sedang}(1,2) \cap \mu_{tinggi}(2) = \min(0,7; 0,53) = 0,53$$

Maka $\mu_z = \max\{\min(0,47; sedang), \min(0,53; tinggi)\}$

Selanjutnya adalah proses defuzzifikasi menggunakan metode sentroid dengan daerah baru yang telah didapatkan disajikan pada Gambar 3.6.

$$\mu_{hasil}(z) = \begin{cases} \frac{z - 30}{20} & ; 30 \leq z < 39,4 \\ 0,47 & \text{untuk } 39,4 \leq z < 59,4 \\ \frac{z - 50}{20} & ; 59,4 \leq z < 60,6 \\ 0,53 & \text{untuk } 60,6 \leq z < 79,4 \\ \frac{90 - z}{20} & ; 79,4 \leq z < 90 \end{cases}$$



Gambar 3. 6 Grafik Defuzzifikasi 1

Selanjutnya digunakan persamaan (3.25) untuk menyelesaikan defuzzifikasi metode sentroid.

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

$$z^* = \frac{\int_{30}^{39.4} z\left(\frac{z-30}{20}\right)dz + \int_{39.4}^{59.4} z(0.47)dz + \int_{59.4}^{60.6} z\left(\frac{z-50}{20}\right)dz + \int_{60.6}^{79.4} z(0.53)dz + \int_{79.4}^{90} z\left(\frac{90-z}{20}\right)dz}{\int_{30}^{39.4} \left(\frac{z-30}{20}\right)dz + \int_{39.4}^{59.4} (0.47)dz + \int_{59.4}^{60.6} \left(\frac{z-50}{20}\right)dz + \int_{60.6}^{79.4} (0.53)dz + \int_{79.4}^{90} \left(\frac{90-z}{20}\right)dz}$$

$$z^* = \frac{\frac{1}{20}\left[\frac{z^3}{3} - 15z^2\right]_{30}^{39.4} + 0.47\left[\frac{z^2}{2}\right]_{39.4}^{59.4} + \frac{1}{20}\left[\frac{z^3}{3} - 25z^2\right]_{59.4}^{60.6} + 0.53\left[\frac{z^2}{2}\right]_{60.6}^{79.4} + \frac{1}{20}\left[45z^2 - \frac{z^3}{3}\right]_{79.4}^{90}}{\frac{1}{20}\left[\frac{z^2}{2} - 30z\right]_{30}^{39.4} + 0.47[z]_{39.4}^{59.4} + \frac{1}{20}\left[\frac{z^2}{2} - 50\right]_{59.4}^{60.6} + 0.53[z]_{60.6}^{79.4} + \frac{1}{20}\left[90z^2 - \frac{z^3}{3}\right]_{79.4}^{90}}$$

$$z^* = \frac{80,05 + 464,36 + 42,7 + 697,48 + 225,13}{2,21 + 9,4 + 0,6 + 9,96 + 2,81}$$

$$z^* \approx \frac{1509,71}{24,98}$$

$$z^* \approx 60,44$$

Karena nilai sudah memenuhi syarat yaitu nilai keluaran melebihi 60 maka susunan ini, yaitu Lisandro Martinez, Matthijs de Light, dan Harry Maguire dianggap layak dan menjadi susunan terpilih untuk lini belakang.