

Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Penentuan Negara Penyuplai Beras Pada Perusahaan Logistik

Eneng Siti Nurjanah¹, Irmayansyah^{2*}, Leny Tritanto Ningrum³

^{1,2,3}Informatika dan Komputer, Sistem Informasi, Universitas Binaniaga Indonesia, Bogor, Indonesia

Email: ¹enengsitinurjanah99@gmail.com, ^{2*}irma@unbin.ac.id, ³lenytrinie@unbin.ac.id

(* : corresponding author)

Abstrak

Penetapan negara pemasok beras yang kurang akurat saat ini menjadi permasalahan yang cukup kompleks. Kondisi ini dipengaruhi oleh beragam faktor yang kerap sulit diperkirakan serta berpotensi mengubah kondisi pasokan beras secara mendadak. Perubahan iklim yang ekstrem serta permintaan domestik yang tidak dapat diprediksi juga dapat mempengaruhi penentuan negara penyuplai beras. Dalam situasi seperti ini, perusahaan logistik perlu menerapkan strategi pasokan yang lebih fleksibel dan responsif terhadap perubahan dalam pasokan beras. Pemilihan negara penyuplai yang tepat dapat mempengaruhi efisiensi operasional dan keberlanjutan bisnis perusahaan logistik. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto sebagai alat bantu dalam proses penentuan negara pemasok beras bagi perusahaan logistik. Implementasi penelitian ini dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dengan mencegah kekurangan atau kelebihan pasokan yang diakibatkan oleh kesalahan dalam pengambilan keputusan mengenai pemilihan negara pemasok beras. Metode Tsukamoto digunakan untuk menghitung kategori pemasok beras dengan memanfaatkan tiga variabel input, yaitu jumlah impor, jumlah permintaan, dan mutu beras sedangkan variabel output dengan klasifikasi rendah, sedang, dan tinggi. Sudah dilakukan uji akurasi hasil pengelompokan negara penyuplai beras menggunakan metode tsukamoto dengan nilai akurasi yang diperoleh sebesar 73,33%. Prototipe aplikasi yang dikembangkan telah melalui pengujian kelayakan oleh pengguna menggunakan instrumen *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ), dan menghasilkan tingkat kelayakan sebesar 91,1%.

Kata Kunci: beras, fuzzy, kategori, logistik, tsukamoto

Abstract

Inaccuracy in determining rice supplier countries is currently a complex issue. This situation is influenced by various factors that are often difficult to predict and have the potential to suddenly change rice supply conditions. Extreme climate change and unexpected fluctuations in domestic demand can also influence decisions regarding rice supplier countries. Under these conditions, logistics companies require a more adaptive and responsive supply strategy to changes in rice availability. Selecting the right supplier country plays a crucial role in the operational efficiency and business sustainability of logistics companies. This study aims to apply the Fuzzy Tsukamoto method as a supporting tool in the process of determining rice supplier countries for logistics companies. The Tsukamoto method is used to calculate rice supplier categories by utilizing three input variables: import quantity, demand quantity, and rice quality. Meanwhile, the output variables are classified into three categories: low, medium, and high. The accuracy of the rice supplier country grouping results using the Tsukamoto method has been tested and obtained an accuracy value of 73.33%. The developed application prototype has also undergone user feasibility testing using the Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) instrument and resulted in a feasibility level of 91.1%.

Keywords: category, fuzzy, logistics, rice, tsukamoto

1. PENDAHULUAN

Industri pangan memerlukan perencanaan rute distribusi yang optimal untuk memastikan pelayanan dapat dilakukan secara efisien. Pemilihan rute distribusi berpengaruh langsung terhadap biaya operasional dan efektivitas penyampaian produk kepada konsumen. Kecepatan serta ketepatan dalam proses distribusi akan berdampak pada peningkatan kualitas layanan. Dalam konteks ini, optimalisasi jalur distribusi memegang peranan penting untuk meningkatkan efisiensi operasional sekaligus menekan biaya. Upaya optimalisasi tersebut dapat dicapai dengan meminimalkan jarak tempuh yang disesuaikan dengan kapasitas kendaraan.

Industri logistik memegang peran krusial dalam menjaga aliran barang dan layanan yang lancar dan efisien dalam rantai pasokan global. Sektor yang menjadi fokus utama dalam industri logistik adalah pengadaan dan distribusi beras berupa bahan makanan pokok yang mejadi bagian penting populasi dunia. Pada lingkup bisnis yang kompleks dan dinamis, industri logistik menghadapi tekanan untuk mengoptimalkan efisiensi operasional mereka, mengurangi biaya, dan merespons perubahan pasar dengan cepat. Hal terpenting untuk mencapai tujuan ini yaitu pengambilan keputusan yang efektif dan tepat waktu. Penentuan negara penyuplai beras adalah salah satu keputusan strategis yang memiliki dampak besar pada efisiensi rantai pasokan, biaya operasional, kualitas produk, dan responsifitas terhadap perubahan pasar. Keputusan ini melibatkan pertimbangan kompleks yang mencakup faktor-faktor seperti, ketersediaan beras, kualitas produk, fluktuasi harga, dan faktor-faktor lingkungan lainnya. Pengambilan keputusan yang berbasis data dan berorientasi pada informasi menjadi sangat penting untuk mengatasi ketidakpastian dalam lingkungan bisnis yang serba cepat berubah. Permasalahan yang dihadapi perusahaan logistik terkait dengan stok beras di gudang mencakup ketidakseimbangan antara penumpukan dan kelangkaan persediaan. Fenomena ini menggambarkan situasi di mana beberapa gudang memiliki stok beras yang berlebihan sementara gudang lain mengalami kekurangan pasokan. Ketidakseimbangan ini dapat mengindikasikan adanya hambatan dalam proses distribusi dan penyimpanan yang perlu diatasi. Dengan demikian, perusahaan perlu mengidentifikasi negara pemasok yang memiliki kestabilan pasokan tertinggi guna mengantisipasi potensi kelangkaan stok serta menentukan alternatif pemasok lainnya.

Pertimbangan dalam penentuan negara penyuplai beras mencakup beberapa faktor penting. Aspek yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan pasokan dan keberlanjutan produksi. Negara-negara yang dapat memastikan pasokan yang cukup dan berkelanjutan akan menjadi prioritas dalam penentuan negara penyuplai beras. Penentuan negara penyuplai beras merupakan faktor kunci dalam menjaga pasokan beras yang stabil dan memadai. Salah satu metode yang menjanjikan dalam mengatasi tantangan ini adalah metode Fuzzy Tsukamoto. Menurut [1] metode Fuzzy Tsukamoto berfokus pada penggabungan pengetahuan manusia dengan logika fuzzy untuk menghasilkan keputusan yang lebih adaptif dan fleksibel. Keunggulan utama dari metode ini adalah kemampuannya untuk mengatasi ketidakpastian dalam data dan pengambilan keputusan dengan memperhitungkan tingkat keanggotaan variabel, sehingga dapat menggambarkan hubungan yang lebih kompleks dan fleksibel antara variabel-variabel. Penerapan metode Fuzzy Tsukamoto dalam penentuan negara penyuplai beras dapat memberikan solusi yang lebih akurat dan adaptif. Dengan menggabungkan data kuantitatif seperti biaya harga beras, ketersediaan, dan kualitas produk.

Beberapa penelitian yang dijadikan referensi dalam penelitian diantaranya terkait implementasi metode Fuzzy Tsukamoto untuk mengetahui tingkat kepuasan konsumen dengan mengelompokannya tingkat kepuasan konsumen berupa variabel input dan variabel output berupa variabel kualitas produk, kualitas pelayanan, harga, garansi sebagai variable input dengan variabel output berupa kategori kepuasan yakni sangat puas, puas dan kurang puas [2] serta penelitian lainnya perihal beasiswa mahasiswa menggunakan 3 variabel input dan 1 variabel output berupa pendapatan, jumlah tanggungan, dan Indeks Prestasi mahasiswa sebagai variable input, sedangkan variabel output terdiri dari kategori beasiswa yakni tidak dapat beasiswa, mendapatkan sebagian dan mendapatkan beasiswa keseluruhan [3].

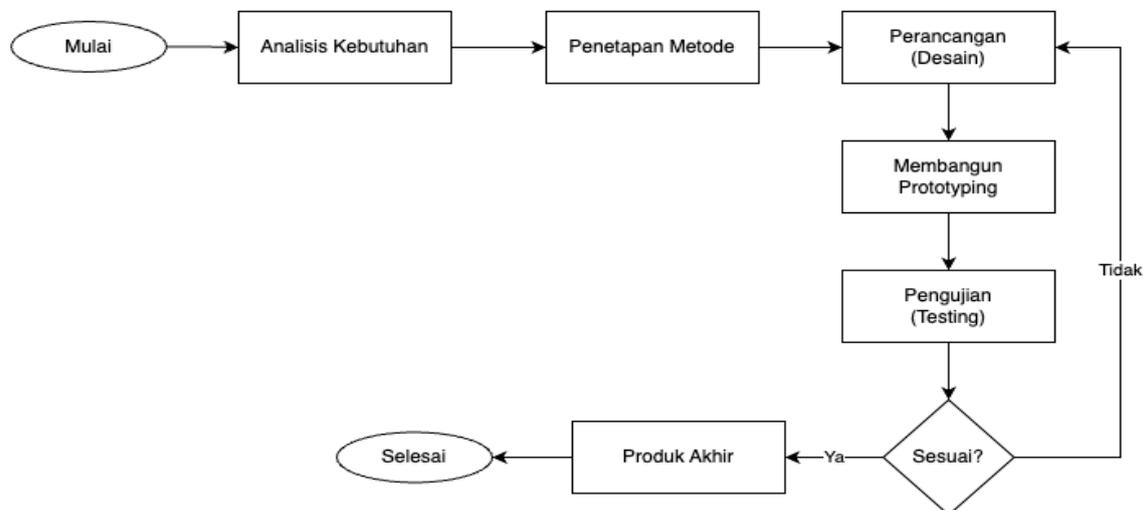
Perbedaan penelitian ini dibandingkan dengan studi sebelumnya terletak pada aspek keaslian, yang berfokus pada negara pemasok beras melalui penggunaan tiga variabel masukan dan satu variabel keluaran. Variabel input meliputi jumlah impor, jumlah permintaan, dan kualitas beras, sedangkan variabel output terdiri dari kategori negara pemasok beras, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Kontribusi baru dari penelitian ini mencakup pengujian hasil penerapan metode Tsukamoto serta analisis kelayakan pada prototipe aplikasi yang telah dikembangkan. Penelitian ini mengembangkan prototipe penerapan Fuzzy Tsukamoto sebagai alat bantu dalam menentukan negara pemasok beras bagi perusahaan logistik untuk memenuhi kebutuhan pasar.

Penelitian ini bertujuan menggabungkan aspek kualitatif dan kuantitatif dalam pengambilan keputusan untuk memberikan panduan yang lebih baik dan lebih akurat bagi

perusahaan logistik dalam memilih negara penyuplai beras yang paling sesuai dengan kebutuhan mereka. Dalam konteks penelitian ini, penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto akan menjadi alat dalam mendukung pengambilan keputusan bagi perusahaan impor beras tersebut. Keputusan yang berhubungan dengan penentuan negara penyuplai beras memiliki implikasi yang luas terhadap efisiensi operasional, biaya, kualitas produk, dan persaingan pada pasar yang semakin ketat. Hal ini akan membantu perusahaan dalam memperoleh pasokan beras yang berkualitas, memenuhi kebutuhan pasar, dan menjaga keberlanjutan bisnis mereka.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa produk [4]. Penelitian dan Pengembangan adalah metode yang dilakukan secara sistematis dengan tujuan menghasilkan pengetahuan baru, menyelesaikan permasalahan, atau menciptakan serta menyempurnakan suatu produk. [5]. Secara garis besar, penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah aplikasi yang mampu menyajikan informasi kelayakan yang dibutuhkan oleh perusahaan logistik dalam menentukan negara pemasok beras. Metodologi penelitian mencakup beberapa tahapan utama, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 yang memaparkan metode pengembangan.



Gambar 1. Metode Pengembangan

2.1 Analisis Kebutuhan

Tahap awal dalam proses pengembangan. Melibatkan identifikasi masalah, tujuan, dan kebutuhan yang akan diselesaikan oleh sistem yang akan dikembangkan. Dalam konteks penelitian ini, berfokus pada pemahaman kebutuhan perusahaan logistik dalam menentukan negara penyuplai beras.

2.2 Penerapan Metode

Tahapan ini melibatkan pemilihan metode yang paling sesuai untuk mengatasi masalah yaitu metode Fuzzy Tsukamoto yang diterapkan untuk penentuan negara penyuplai beras. Proses penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto meliputi:

- Fuzzyfikasi (Proses Menentukan Himpunan Fuzzy). Tahap fuzzyfikasi merupakan proses mengonversi variabel fuzzy menjadi nilai keanggotaan yang tepat [6] dengan menetapkan variabel, semesta pembicara, penyusunan himpunan fuzzy, dan penentuan domain masing-masing himpunan tersebut [7]. Pada tahap fuzzifikasi, kurva fungsi digunakan untuk menentukan nilai dari fungsi keanggotaan. Adapun variabel masukan (input) yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jumlah impor, jumlah permintaan dan kualitas beras dan nilai setiap variabel akan menjadi crisp input.
- Pembentukan Aturan Fuzzy dibentuk melalui kombinasi setiap himpunan pada variabel input. Dalam metode fuzzy, aturan yang digunakan berbentuk pernyataan “jika–maka” (*if–then*) [8],

dengan operator antar variabel input berupa operator “dan” (*and*). Bagian pernyataan setelah kata “jika” adalah *antecedent*, lalu bagian setelah kata “maka” adalah *consequent*. [9] Sistem Inferensi Fuzzy (Proses Fungsi Implikasi), langkah ini merupakan tahap pengambilan kebijakan yang didasarkan pada sekumpulan aturan fuzzy, dengan memanfaatkan informasi yang diperoleh dari variabel input. [10]. Tahap ini melibatkan penerapan aturan-aturan fuzzy yang telah ditentukan pada nilai keanggotaan yang telah dihasilkan dari proses fuzzyfikasi [11]. Setiap aturan memberikan kontribusi pada variabel keluaran berdasarkan tingkat kecocokan antara nilai keanggotaan masukan dan kondisi masukan dalam aturan tersebut Fungsi implikasi mengukur sejauh mana suatu aturan berlaku dan memberikan bobot pada kontribusinya terhadap variabel keluaran. Hasil dari evaluasi aturan tersebut digabungkan sehingga menghasilkan Keputusan yang tepat [12].

- c. Defuzzifikasi (Proses Penegasan). Tahap defuzzifikasi adalah proses mengonversi variabel fuzzy dari mesin inferensi menjadi nilai numerik [13]. Apabila himpunan *fuzzy* diberikan pada rentang tertentu maka harus menghasilkan suatu nilai [14]. Dalam metode Tsukamoto, proses defuzzifikasi yang digunakan adalah metode rata-rata terpusat [15], yang dikenal dengan istilah *Center Average Defuzzifier*. [16].

2.3 Desain Produk

Tahap ini merupakan proses pengembangan desain model atau sistem yang digunakan untuk menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto dalam penentuan negara penyuplai beras. Pada penelitian ini digunakan beberapa diagram pemodelan standar *Unified Modeling Language* (UML) untuk mendesain produk perangkat lunak yang di kembangkan [17]. Adapun diagram UML yang di gunakan adalah diagram *usecase* dan diagram kelas.

2.4 Membangun *Prototype*

Tahap ini melibatkan implementasi praktis dari desain produk menjadi bentuk prototipe yang dapat diuji. Dalam penelitian ini, prototipe berupa model sistem informasi yang menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto dikembangkan menggunakan PHP dan MySQL [18].

2.5 Evaluasi

Tahap evaluasi fuzzy Tsukamoto dilakukan dengan melibatkan pengujian prototipe. Pengujian prototipe dilakukan dengan menyebarkan kuisioner kepada pengguna untuk menilai kebergunaan prototipe sistem informasi [19] yang dikembangkan dan kepada ahli sistem informasi untuk menilai fungsi prototipe sistem informasi yang dikembangkan. Formula untuk menguji kelayakan prototipe sistem informasi yang dikembangkan menggunakan presentase kelayakan yang memiliki lima kategori dengan rentang nilai dalam bentuk persentase, di mana nilai tertinggi yang dapat dicapai adalah 100% dan nilai terendah adalah 0%. [20]. Adapun formula menentukan kelayakan prototipe adalah sebagai berikut:

$$\text{Presentase Kelayakan (\%)} = \frac{\text{skor yang diobservasi}}{\text{skor yang diharapkan}} \times 100$$

2.6 Revisi

Jika diperlukan, tahap revisi melibatkan perbaikan atau perubahan pada prototipe sistem informasi berdasarkan hasil evaluasi. Ini bertujuan untuk memastikan bahwa prototipe sistem informasi sesuai dengan kebutuhan dan memberikan hasil yang diharapkan.

2.7 Produk Akhir

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sistem informasi yang menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto untuk menentukan negara penyuplai beras pada perusahaan logistik.

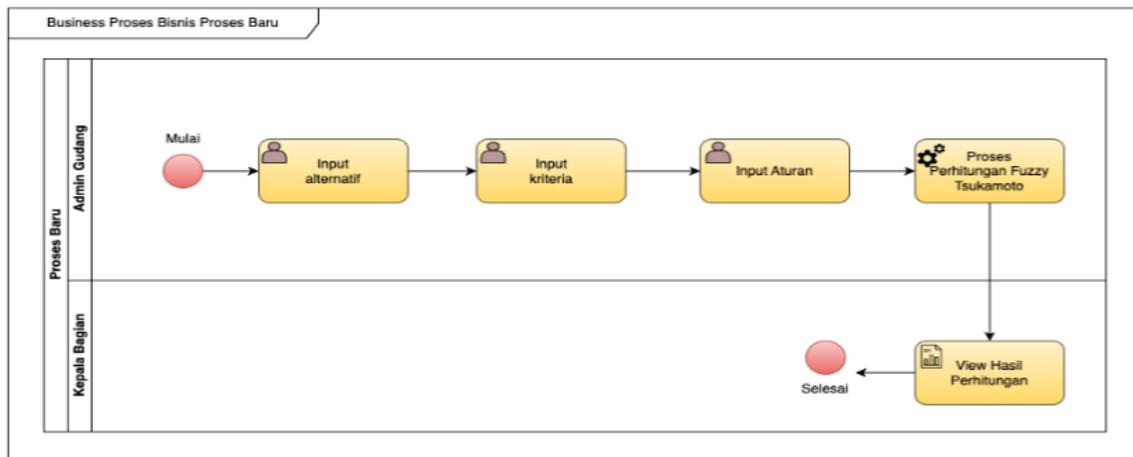
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini terdiri dari beberapa poin berikut:

3.1 Produk Akhir

Pada pelaksanaannya penentuan negara penyuplai beras memiliki 2 faktor yang saling berhubungan sehingga faktor tersebut dapat berpengaruh terhadap persediaan barang. Faktor

tersebut diantaranya adalah jumlah permintaan dan jumlah beras import. Jika persediaan tidak memenuhi permintaan maka akan mengalami kerugian berkurangnya kepercayaan maupun kerugian secara finansial. Berdasarkan analisa tersebut disimpulkan bahwa dalam permasalahan penentuan negara penyuplai beras terjadi karena belum terdapat metode yang digunakan sehingga mengalami kelebihan dan kekurangan dalam menentukan persediaan, oleh karena itu akan dikembangkan sebuah alur bisnis baru dengan menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Proses Bisnis Penentuan Negara Penyuplai Beras dengan Metode Fuzzy Tsukamoto

Berdasarkan alur bisnis yang akan digunakan dalam penentuan negara penyuplai beras dengan metode Fuzzy Tsukamoto dimulai dari admin gudang yang akan menginput data alternatif, input data kriteria (Variabel) kemudian menginput aturan yang digunakan dilanjutkan dengan proses perhitungan yang dilakukan sistem dengan menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto, kepala bagian dapat melihat hasil penentuan negara penyuplai dengan melihat hasil perhitungan untuk selanjutnya dijadikan acuan untuk pengambilan keputusan penentuan negara penyuplai beras. Berdasarkan hasil analisa kebutuhan diperlukan metode yang tepat dan efektif untuk menyelesaikan permasalahan mengenai penentuan negara penyuplai beras. Metode yang digunakan adalah metode Fuzzy Tsukamoto adapun tahapannya yaitu:

a. Input Kriteria

Kriteria yang digunakan adalah variable input diantaranya adalah jumlah impor, jumlah permintaan dan kualitas beras, dan variable output yaitu kategori. Ketentuan terkait variabel input dan variabel output terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Input dan Output

| Fungsi | Nama Variabel | Nama Himpunan | Semesta Pembicara |
|--------|-------------------|---------------|-------------------|
| Input | Jumlah Impor | Rendah | 0 |
| | | Sedang | 50 |
| | | Tinggi | 100 |
| | Jumlah Permintaan | Rendah | 0 |
| | | Sedang | 50 |
| | | Tinggi | 100 |
| | Kualitas Beras | Rendah | 0 |
| | | Sedang | 50 |
| | | Tinggi | 100 |
| Output | Kategori | Rendah | 0 |
| | | Sedang | 50 |
| | | Tinggi | 100 |

b. Inferensi dengan Metode Tsukamoto

Penelitian ini menerapkan 27 aturan fuzzy, yang rinciannya ditunjukkan oleh Tabel 2 berikut ini:

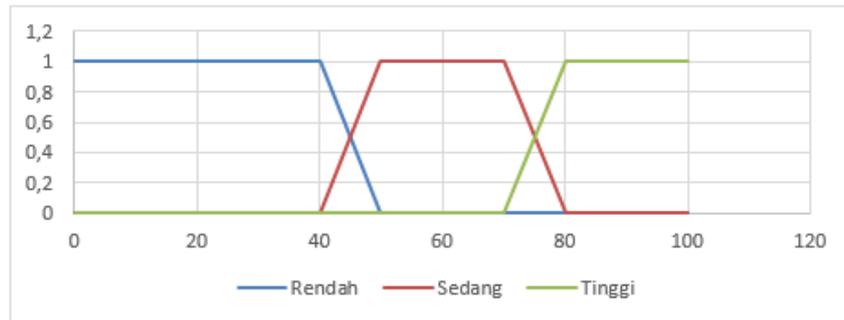
Tabel 2. Aturan Fuzzy Penentuan Negara Penyuplai Beras

| No | Permintaan Beras | Jumlah Import | Kualitas Beras | Keterangan |
|-----|------------------|---------------|----------------|------------|
| 1 | Rendah | Rendah | Rendah | Rendah |
| 2 | Rendah | Rendah | Sedang | Rendah |
| 3 | Rendah | Rendah | Tinggi | Rendah |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 13 | Sedang | Sedang | Rendah | Sedang |
| 14 | Sedang | Sedang | Sedang | Sedang |
| 15 | Sedang | Sedang | Tinggi | Sedang |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 25 | Tinggi | Tinggi | Rendah | Tinggi |
| 26 | Tinggi | Tinggi | Sedang | Tinggi |
| 27 | Tinggi | Tinggi | Tinggi | Tinggi |

Tabel 2 menunjukkan aturan fuzzy sebanyak 9 data dengan keseluruhan terdiri dari 27 data permintaan beras dan 4 kolom variable berupa permintaan beras, jumlah impor, kualitas beras, dan keterangan dengan aturan permintaan beras yaitu rendah, sedang, dan tinggi dan rincian pada masing-masing permintaan beras terdiri dari jumlah impor rendah, sedang, tinggi. Pada setiap jumlah impor memiliki kualitas beras rendah, sedang, tinggi, dan aturan permintaan beras yaitu rendah, sedang, dan tinggi memiliki keterangan rendah, sedang, dan tinggi.

c. Fuzzifikasi

Setelah nilai untuk setiap kriteria diperoleh, proses dilanjutkan ke fuzzifikasi untuk menentukan nilai derajat keanggotaan. Visualisasi variabel input dan output ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan Variabel Input dan Output

Untuk menentukan nilai keanggotaan rendah dapat terlihat dengan menerapkan persamaan (1)

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

Untuk menentukan nilai keanggotaan Sedang dapat terlihat dengan menerapkan persamaan (2)

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 1; & 50 \leq x \leq 80 \\ \frac{x - 40}{50 - 40}; & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{80 - x}{80 - 70}; & 50 \leq x \leq 80 \\ 0; & 40 \geq x \geq 80 \end{cases} \quad (2)$$

Untuk menentukan nilai keanggotaan Tinggi dapat terlihat dengan menerapkan persamaan (3)

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 1; & x \geq 80 \\ \frac{x - 70}{80 - 70}; & 70 \leq x \leq 80 \\ 0; & x \leq 70 \end{cases} \quad (3)$$

Proses perhitungan Fuzzyfikasi dengan membuat fungsi keanggotaan setiap variabel input yaitu jumlah permintaan beras, jumlah impor, dan kualitas beras berdasarkan penentuan variabel fuzzy, menentukan himpunan, membuat rule (aturan-aturan) dan menggambarkan kurva derajat setiap variabel input dan output. Uji coba dilakukan dengan menginput nilai alternatif negara korea dengan nilai jumlah permintaan 76 ton, jumlah impor 82 ton dan kualitas beras 85. Berdasarkan nilai variabel tersebut diperoleh nilai derajat keanggotaan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Keanggotaan

| Derajat Keanggotaan | | |
|---------------------|---|---|
| Jumlah Permintaan | $\mu_{PermintaanBeras_{sedang}[76]}$ = 0,4 | $\mu_{Jumlah\ permintaan\ Beras_{Tinggi}[76]}$ = 0,6 |
| Jumlah Impor | $\mu_{JumlahImpor_{tinggi}[82]}$ = 1 | |
| Kualitas Beras | $\mu_{KualitasBeras_{Tinggi}[85]}$ = 1 | |

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan aturan atau rules yang digunakan seperti pada Tabel 4.

Table 4. Rule yang digunakan

| No | Rule |
|-----|---|
| R18 | IF Permintaan Beras = Sedang AND Jumlah Import = Tinggi AND Kualitas Beras = Tinggi THEN Keputusan = Tinggi |
| R27 | IF Permintaan Beras = Tinggi AND Jumlah Import = Tinggi AND Kualitas Beras = Tinggi THEN Keputusan = Tinggi |

Selanjutnya yaitu menentukan nilai ambang (predikat *alpha*) pada setiap *rule* dengan menerapkan persamaan untuk semua *rule*.

(1) Aturan nomor 18 (R18)

$$\begin{aligned} \alpha_{p18} &= \min(\mu_{PermintaanBeras_{sedang}[76]}; \mu_{JumlahImpor_{tinggi}[82]}; \\ &\quad \mu_{KualitasBeras_{Tinggi}[85]}) \\ &= \min(0,4 ; 1 ; 1) \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

(2) Aturan nomor 27 (R27)

$$\begin{aligned} \alpha_{p27} &= \min(\mu_{PermintaanBeras_{tinggi}[76]}; \mu_{JumlahImpor_{tinggi}[82]}; \\ &\quad \mu_{KualitasBeras_{Tinggi}[85]}) \\ &= \min(0,6 ; 1 ; 1) \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung Z_i , dengan menerapkan fungsi keanggotaan dari kategori. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai *alpha* dan Z_i pada setiap aturan yang terbentuk seperti terlihat pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Predikat alpha dan Z_i

| Rule | Jumlah Permintaan | Jumlah Impor | Kualitas Beras | α_{pi} | Z_i |
|-------|-------------------|--------------|----------------|---------------|-------|
| [R18] | 0,4 | 1 | 1 | 0,4 | 74 |
| [R27] | 0,6 | 1 | 1 | 0,6 | 76 |

Setelah mendapatkan nilai Z_i , selanjutnya menghitung perkalian antara predikat α dengan nilai Z_i . Hasil perhitungan predikat α dan Z_i terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Z Tiap Rule

| Rule | a_{pi} | Z_i | $a_{pi} * Z_i$ |
|----------|----------|-------|----------------|
| [R18] | 0,4 | 74 | 29,6 |
| [R27] | 0,6 | 76 | 45,6 |
| Σ | 1 | 150 | 75,2 |

d. Defuzzifikasi

Tahap berikutnya yaitu proses defuzzifikasi untuk menentukan nilai output berupa nilai crisp (Z). Metode defuzzifikasi yang diterapkan adalah *Center Average Defuzzifier*. Metode ini dapat dilihat pada persamaan (4):

$$Z = \frac{\sum(a_{pi} * z_i)}{\sum a_{pi}} \tag{4}$$

Keterangan:

Z = Defuzzifikasi rata-rata terpusat

a_p = Nilai alpha predikat (nilai minimal dari derajat keanggotaan)

z_i = Nilai Crisp yang didapat dari hasil inferensi

i = jumlah aturan fuzzy

Berikut merupakan hasil defuzzifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

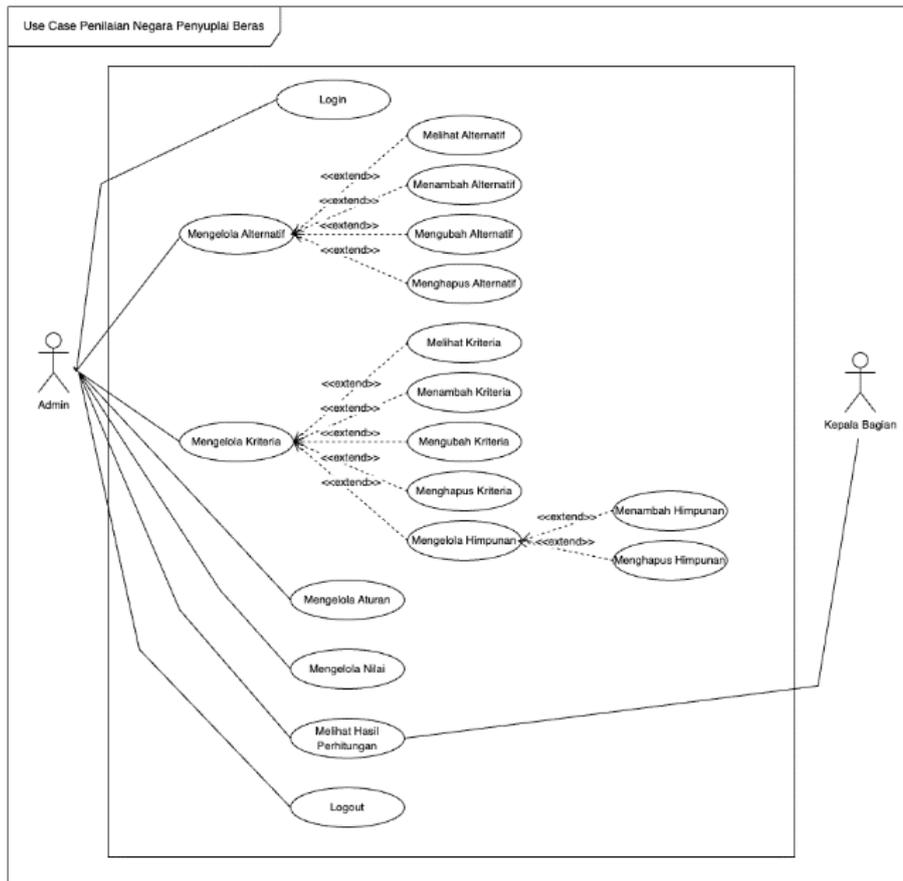
Tabel 7. Hasil Defuzzifikasi

| Negara | $a_{p_{z1}}$ | $a_{p_{z2}}$ | $a_{p_{z3}}$ | ... | $a_{p_{z14}}$ | $a_{p_{z15}}$ | $a_{p_{z16}}$ | $a_{p_{z17}}$ | $a_{p_{z18}}$ | ... | $a_{p_{z27}}$ | a_{pi} | a_{p_z} | Defuzzifikasi | Kategori |
|------------|--------------|--------------|--------------|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|---------------|----------|-----------|---------------|----------|
| Arab | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 60 | 60 | Sedang |
| Bangladesh | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 60 | 60 | Sedang |
| Brunei | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 20 | 20 | Rendah |
| China | 0 | 0 | 0 | ... | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 60 | 60 | Sedang |
| Filipina | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 36 | 0 | 0 | 29,6 | ... | 0 | 1 | 65,6 | 65,6 | Sedang |
| India | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 60 | 60 | Sedang |
| Iran | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 60 | 60 | Sedang |
| Jepang | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 90 | 1 | 90 | 90 | Tinggi |
| Korea | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 29,6 | ... | 45,6 | 1 | 75,2 | 75,2 | Tinggi |
| Malaysia | 0 | 4,9 | 36,9 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 41,8 | 41,8 | Rendah |
| Myanmar | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 20 | 20 | Rendah |
| Pakistan | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 60 | 60 | Sedang |
| Singapura | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 1 | 20 | 20 | Rendah |
| Thailand | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 90 | 1 | 90 | 90 | Tinggi |
| Vietnam | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 90 | 1 | 90 | 90 | Tinggi |

Tabel 7 menunjukkan hasil perhitungan defuzzifikasi dengan keseluruhan z_i sampai dengan nilai crisp ke 27, namun tidak semua nilai crisp ditampilkan, beberapa z_i dengan nilai crisp=0 pada semua negara tidak ditampilkan.

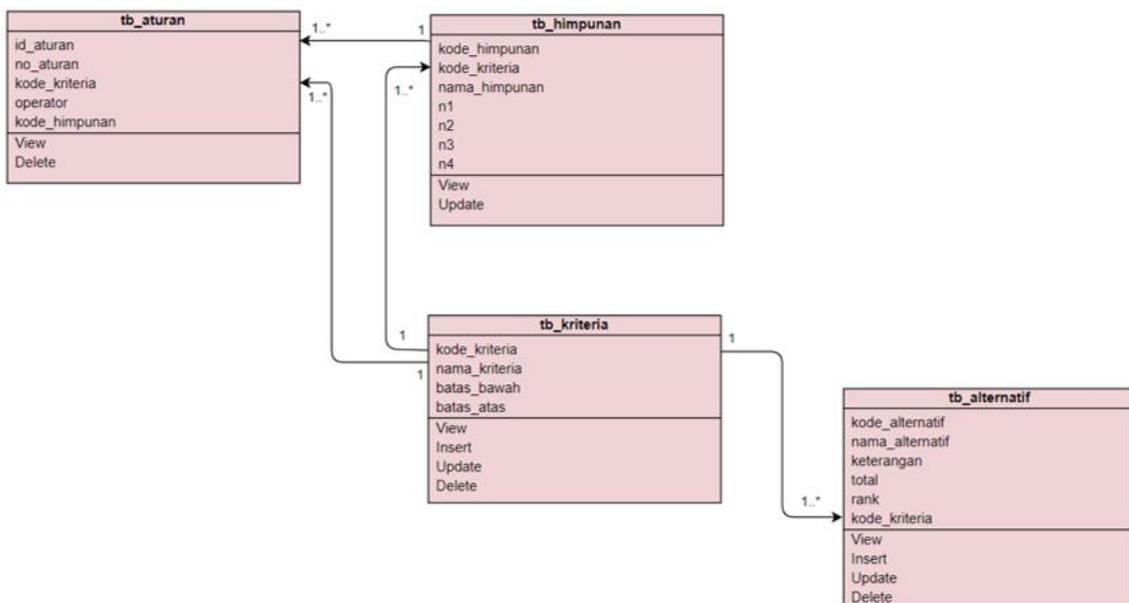
3.2 Desain

Pengambarkan desain model pembuatan sistem penentuan negara penyuplai beras dengan menggunakan metode metode Fuzzy Tsukamoto dapat dilihat pada diagram *use case* dan *diagram class* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Use Case Diagram

Berdasarkan pada Gambar 4 terdapat 2 (dua) aktor yang dapat menjalankan sistem yakni aktor Admin Gudang yang mengelola alternatif dan kriteria serta kepala Bagian yang dalam sistem diberi hak akses untuk melihat hasil akhir rekomendasi negara yang dapat menyuplai beras. Adapun rancangan struktur sistem berdasarkan *class diagram* yang akan dibuat untuk membangun sistem negara penyuplai beras terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Class Diagram

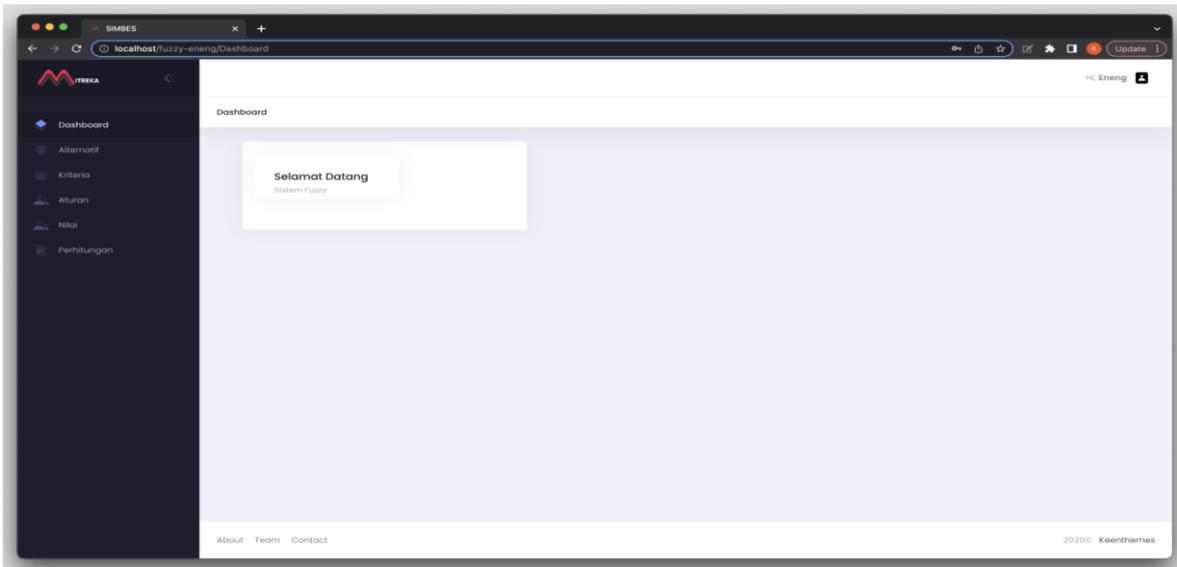
Berdasarkan pada Gambar 5 struktur sistem negara penyuplai beras terdiri dari Enam (6) tabel yakni t_user , $t_alternatif$, $t_kriteria$, $t_himpunan$, t_aturan , dan $t_rel_alternatif$, tujuh (7) interface menu yakni interface login, interface menu alternatif, interface menu kriteria, interface menu aturan, interface menu nilai dan *interface* menu perhitungan, Enam (6) *interface form* yakni *Form input* alternatif, form input kriteria, form input himpunan kriteria, form input aturan, form input nilai dan tampilah hasil defuzifikasi

3.3 Prototype

Berikut merupakan *prototype* aplikasi penentuan negara penyuplai beras pada perusahaan logistik.

a. Tampilan Halaman Dashboard

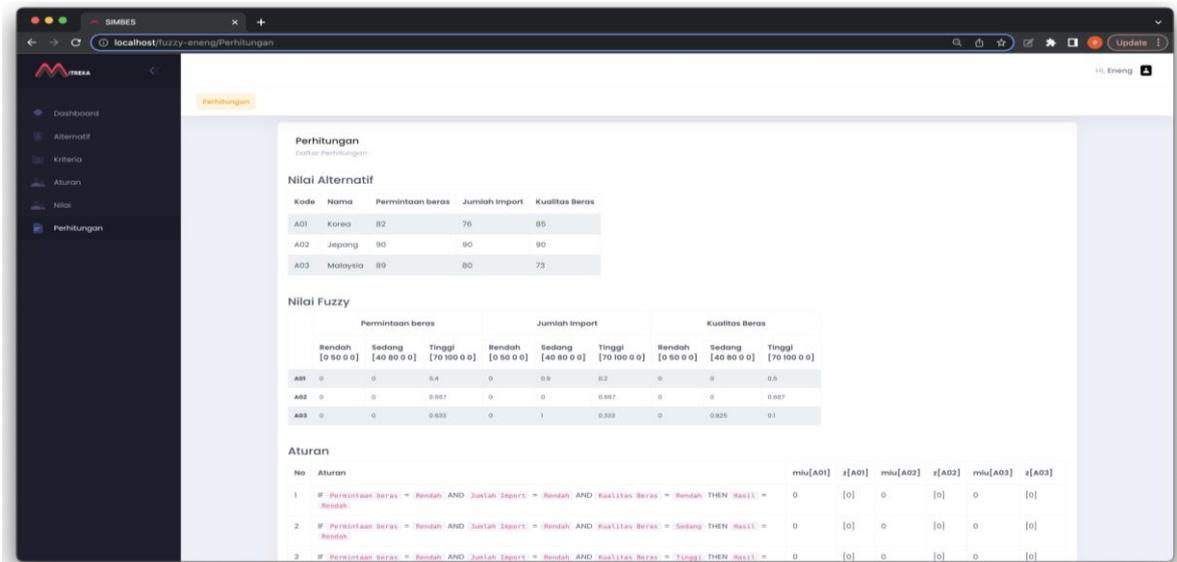
Pada Gambar 6 ditampilkan dashboard berupa fitur-fitur yang dapat digunakan pada *prototype* Aplikasi berikut:



Gambar 6. Halaman Dashboard

b. Tampilan Halaman View Perhitungan

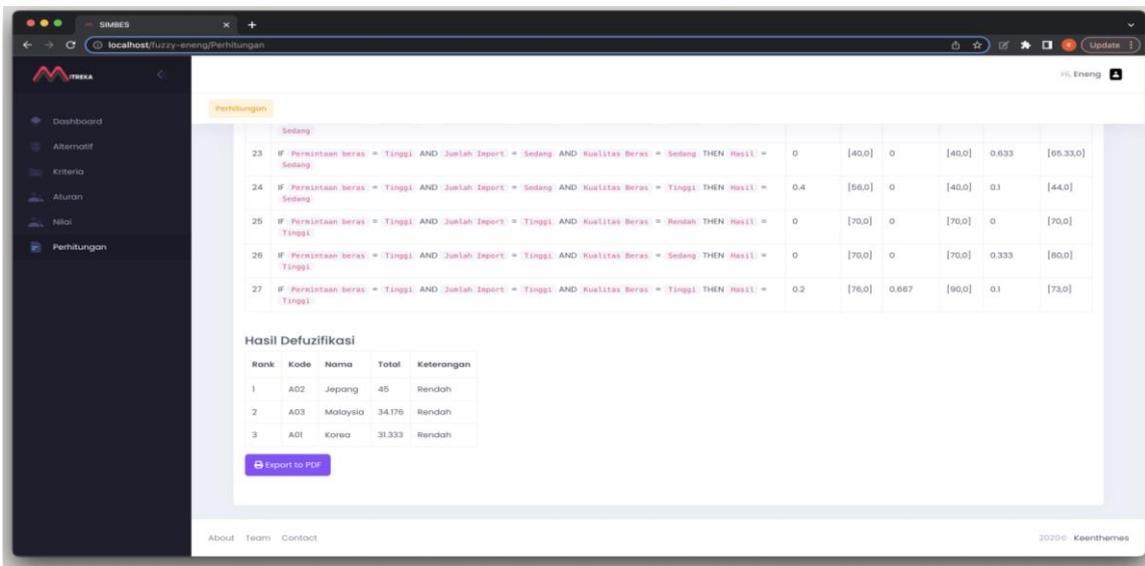
Pada Gambar 7 ditampilkan halaman yang menampilkan perhitungan Fuzzy Tsukamoto.



Gambar 7. View Perhitungan Fuzzy Tsukamoto

c. Tampilan perhitungan defuzzifikasi

Pada Gambar 8 ditampilkan hasil defuzzifikasi yang menyatakan hasil akhir penelitian yang menunjukkan peringkat negara penyuplai beras.



Gambar 9. Hasil Defuzzifikasi

3.4 Evaluasi

Tahap ini dilakukan pengukuran keakuratan antara hasil yang dicapai menggunakan metode akurasi. Akurasi didefinisikan sebagai tingkat ketepatan metode analisis atau hubungan antara nilai yang diukur dan nilai yang diterima dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perbandingan

| Negara | Perkiraan Sebelumnya | Kategori |
|------------|----------------------|----------|
| Jepang | Tinggi | Tinggi |
| Thailand | Tinggi | Tinggi |
| Vietnam | Tinggi | Tinggi |
| Korea | Sedang | Tinggi |
| Filipina | Sedang | Sedang |
| Arab | Rendah | Sedang |
| Bangladesh | Sedang | Sedang |
| China | Sedang | Sedang |
| India | Sedang | Sedang |
| Iran | Rendah | Sedang |
| Pakistan | Sedang | Sedang |
| Malaysia | Rendah | Rendah |
| Brunei | Rendah | Rendah |
| Myanmar | Rendah | Rendah |
| Singapura | Rendah | Rendah |

Berdasarkan hasil analisa pada objek penelitian diperoleh data negara penyuplai beras sebanyak 15 negara yang dijadikan sebagai 15 data uji, diperoleh hasil 12 data sesuai dan 3 data tidak sesuai dan didapatkan tingkat akurasi seperti berikut ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai akurasi} &= \frac{\text{Jumlah Data Akurat}}{\text{Jumlah Seluruh Data}} \times 100\% \\
 &= \frac{12}{15} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian pada implementasi Fuzzy Tsukamoto untuk penentuan negara penyuplai beras dengan 15 data uji dan fungsi keanggotaan segitiga, didapatkan tingkat akurasi sebesar 80%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berkaitan dengan penelitian tentang penentuan negara penyuplai beras dengan metode Fuzzy Tsukamoto dan mengembangkannya dengan aplikasi berbasis web dapat disimpulkan bahwa penerapan metode ini untuk menentukan negara penyuplai beras adalah efektif. Pengembangan prototype dengan menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto di dalam aplikasi berbasis komputer dengan uji coba pada sistem mendapatkan penilaian sebesar 100% (kategori sangat layak), dan hasil uji coba terhadap 2 responden pengguna mendapatkan nilai sebesar 91,1% (kategori sangat layak). Berdasarkan uji coba pada sistem dengan responden ahli dan pengguna maka aplikasi mengenai penentuan negara penyuplai beras layak untuk diimplementasikan. Dengan penerapan metode Fuzzy Tsukamoto penentuan negara penyuplai beras akan lebih tepat dengan pengujian kelayakan metode menggunakan akurasi dengan penilaian sebesar 80%, serta uji coba sistem pengguna menggunakan PSSUQ dan ahli menggunakan *Black Box*. Dalam penerapan sistem informasi penentuan negara penyuplai beras dengan menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto mencakup hal yang dapat dikembangkan agar sistem berjalan dengan lebih baik yaitu pada penelitian selanjutnya aplikasi dapat diakses menggunakan mobile untuk memudahkan pengguna serta dalam penerapan metode Fuzzy Tsukamoto untuk penentuan negara penyuplai beras dapat ditambahkan variabel lainnya untuk mengetahui tingkat keakuratan dalam uji produk menggunakan akurasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. I. Sudipa, *Penerapan Decision Support System (DSS) Dalam Berbagai Bidang (Revolusi Industri 4.0 Menuju Era Society 5.0)*, I. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [2] M. H. Uchyana, "Penilaian Kepuasan Konsumen Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto pada Produk Knalpot di R1 Racing Exhaust Sokaraja," *SAINTEKS*, vol. 17, no 1, pp. 83–93, 2020, doi: 10.30595/sainteks.
- [3] B. T. R. Doni, S. Susanti, and A. Mubarak, "Penerapan Data Mining Untuk Klasifikasi Penyakit Hepatocellular Carcinoma Menggunakan Algoritma Naïve Bayes," *J. Responsif Ris. Sains dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 12–19, 2021, doi: 10.51977/jti.v3i1.403.
- [4] A. Rachman, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, 1st ed., Karawang: CV Saba Jaya Publisher, 2024.
- [5] Hardani *et al.*, *Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*, 1st ed., vol. 5, no. 1. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu, 2020.
- [6] A. Suherman and D. Widyaningrum, "Implementasi Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Internet of Things Budidaya Tanaman Bayam," *Smatika J.*, vol. 14, no. 01, pp. 195–204, 2024, doi: 10.32664/smatika.v14i01.1332.
- [7] D. Setiyawan, A. Arbansyah, and A. J. Latipah, "Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Untuk Penentuan Program Studi Fakultas Sains Dan Teknologi Di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 7, no. 1, pp. 23-29, 2023, doi: 10.26798/jiko.v7i1.657.
- [8] D. Norvindes Dellas, I. Purnamasari, and N. Arista Rizki, "Fuzzy Inference System Using Tsukamoto Method For Making Decision of Production (Case Study: PT Waru Kaltim Plantation)," *Metik J.*, vol. 4, no. 2, pp. 76–82, 2020, doi: 10.47002/metik.v4i2.171.
- [9] S. Basriati, and E. Safitri, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Jumlah Produksi Tahu," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 18, no. 1, pp. 120-125, 2021, doi: 10.24014/sitekin.v18i1.11022.
- [10] M. A. Tanjung, A. Salsabila, R. Amelia, and A. P. Sari, "Sistem Prediksi Pemutusan Kontrak Kerja oleh Karyawan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *Semin. Nas. Inform. Bela Negara*, vol. 3, pp. 122–128, 2023, doi: 10.33005/santika.v3i.
- [11] Y. G. Purba and D. Avianto, "Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto untuk Optimasi Jumlah Produksi Es Batu Kemasan," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 119–129, 2024, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1736.

- [12] N. Khairunnisa, J. Jumadi, and I. Taufik, "Implementasi Fp-Growth Dan Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Persentase Kuota Jalur Masuk Perguruan Tinggi," *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 121–132, 2025, doi: 10.36080/skanika.v8i1.3337.
- [13] I. D. Antoni and Y. Findawati, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Tsukamoto," *Smatika J.*, vol. 14, no. 01, pp. 61–70, 2024, doi: 10.32664/smatika.v14i01.1168.
- [14] C. C. Citra, T. M. S. Mulyana, H. Agung, D. B. Rarasati, and E. M. Sipayung, "Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Supply Bbm Pada Pertashop," *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 157–166, 2022, doi: 10.36080/skanika.v5i2.2946.
- [15] M. N. Lestari, P. A. F. Islami, K. M. Moses, and A. P. Wibawa, "Implementasi metode fuzzy tsukamoto untuk menentukan hasil tes kesehatan pada penerimaan peserta didik baru di sekolah menengah kejuruan," *Regist. J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 7–13, 2018, doi: 10.26594/register.v4i1.718.
- [16] Y. D. Guritno, I. F. Astuti, and A. Suyatno, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Supplier Bahan Baku Katering CV . Riyanisa Sekarsari Mandiri Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto," *Pros. Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 22–26, 2017.
- [17] C. Nisa, A. Wijaya, and F. Rizal, *Teori Uml Dan Implementasi Praktek Panduan Untuk Pengembangan Perangkat Lunak CV Bravo Press Indonesia*, 1st ed., Pekanbaru: CV Bravo Press Indonesia, 2024.
- [18] M. Aditya, W. Nugroho, and A. Prihanto, "Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Pada Aplikasi Findkos Berbasis Web Laravel," *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 06, no. 4, pp. 967–975, 2025.
- [19] M. Irfan, S. Dharma, and D. Saputri, "Perancangan Prototype Interface Sistem Informasi," vol. 14, no. 1, pp. 11–16, 2020.
- [20] S. Arikunto, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, 15th ed. Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2013.