

Pendekatan *Fuzzy* Logic dalam Perhitungan Harga Rental Truck Crane

Avip Kurniawan ^{1*}, Bei Harira Irawan ², Deddy Prihadi ³

^{1*} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Kota Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia.

^{2,3} Fakultas Bisnis & Ekonomi, Departement Bisnis Digital Fakultasi Ekonomi dan Bisnis, Universitas Pancasakti Tegal, Kota Tegal, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia.

article info

Article history:

Received 8 November 2023

Received in revised form

10 December 2023

Accepted 13 December

2023

Available online December

2023

DOI:

<https://doi.org/10.35870/jtik.v7i4.1759>

Keywords:

Fuzzy Mamdani; Business

Forecasting Process; Fuzzy

Logic; Artificial Intelligence;

Intelligent Decision Support.

Kata Kunci:

Fuzzy Mamdani; Business

Forecasting Process; Fuzzy

Logic; Artificial Intelligence;

Intelligent Decision Support.

abstract

Calculating rental prices in the crane rental industry is essential in achieving competitiveness and optimal profits amidst increasingly tight business competition. Applying fuzzy logic, especially the Fuzzy Mamdani method, in calculating truck crane rental prices by Standard Operational Decision Procedures (SPOK) can significantly contribute to overcoming penetration and subjectivity that may be associated with factors that influence truck crane rental prices. The advantage of fuzzy logic, especially the Fuzzy Mamdani method, and its contribution to the crane rental industry lies in its ability to handle ambiguity in data and decision problems. The Fuzzy Mamdani method was chosen because of its high flexibility and ability to handle data tolerance values well. This research shows that applying fuzzy logic can help carry out optimal calculations to determine crane rental prices. Using input variables such as a distance of 40 km and a weight capacity of 25 tons, the calculation results show that the rental price is in the medium category. This reflects the synchronization of calculation results in determining crane rental prices, which can be adjusted to certain conditions and variables.

abstrak

Perhitungan harga sewa dalam industri rental crane merupakan elemen krusial untuk mencapai daya saing dan keuntungan optimal di tengah persaingan bisnis yang semakin ketat. Penerapan logika fuzzy, terutama metode Fuzzy Mamdani, dalam perhitungan harga sewa truck crane sesuai dengan Standar Prosedur Operasional Keputusan (SPOK), dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mengatasi ketidakpastian dan subjektivitas yang mungkin terkait dengan faktor-faktor yang memengaruhi harga sewa truck crane. Keunggulan logika fuzzy, khususnya metode Fuzzy Mamdani, dan kontribusinya terhadap industri rental crane terletak pada kemampuannya untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data serta masalah keputusan. Metode Fuzzy Mamdani dipilih karena kefleksibelannya yang tinggi dan kemampuannya menangani nilai toleransi data dengan baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy dapat membantu dalam melakukan perhitungan yang optimal untuk menetapkan harga sewa crane. Dengan menggunakan variabel input seperti jarak sejauh 40 km dan kapasitas berat sebesar 25 ton, hasil perhitungan menunjukkan bahwa harga sewa berada pada kategori sedang. Hal ini mencerminkan fleksibilitas hasil perhitungan dalam menetapkan harga sewa crane, yang dapat disesuaikan dengan kondisi dan variabel tertentu.

* Corresponding Author. Email: avip.kurniawan@unkris.ac.id ^{1*}.

1. Latar Belakang

Relevansi penerapan logika *fuzzy* dalam industri rental crane menjadi sangat signifikan karena adanya ketidakpastian yang melekat dalam faktor-faktor yang memengaruhi harga sewa. Selain itu, keputusan penentuan harga sewa seringkali harus mempertimbangkan pengetahuan subyektif dari para ahli di lapangan. Logika *fuzzy* memungkinkan untuk memodelkan variabel-variabel ini secara lebih tepat dan dapat mengintegrasikan pengetahuan subyektif dalam proses pengambilan keputusan. Dalam konteks Standar Prosedur Operasional Keputusan (SPOK), penerapan logika *fuzzy* juga memungkinkan untuk mencapai konsistensi dalam pengambilan keputusan, yang sangat penting dalam upaya menjaga kualitas layanan dan kepercayaan pelanggan. Oleh karena itu, penerapan logika *fuzzy* dalam industri rental crane adalah langkah yang relevan dan bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional serta memberikan solusi yang lebih adaptif dalam menghadapi ketidakpastian dan kompleksitas dalam penetapan harga sewa.

Jasa penyewaan saat ini memiliki nilai usaha yang sangat menghasilkan banyak keuntungan finansial. Jasa penyewaan memiliki permasalahan yaitu saat adanya penentuan harga yang dinilai mahal dan dinilai terlalu murah dalam nilai pembayaran, hal ini bisa menyebabkan batalnya pelanggan untuk menyewa atau melakukan transaksi dengan pihak penyewa [1]. Beberapa upaya perlu dilakukan untuk memiliki daya saing agar dalam usahanya terus berkembang pada kegiatan bisnis ini, usaha jasa penyewaan pada *rental truck crane* pada pihak manajemen harus terdepan dalam kegiatan aktifitas manajemen operasionalnya. Adanya kegiatan dengan melakukan efektifitas ini adalah upaya untuk menentukan harga sewa *rental truck crane*, maka pihak manajemen rental *truck crane* perlu untuk membuat suatu sistem penentu harga sewa. Untuk mempermudah dalam pengambilan keputusan untuk menentukan harga sewa [2].

Hal ini menyebabkan beberapa kasus yang dapat terjadi jika tidak sesuai, salah satunya kasus yang terjadi adanya kerugian yang dialami pada pihak rental karena tidak bisa menyesuaikan dengan harga perjanjian sewa yang digunakan dalam menetapkan harga yang tidak mendapat perolehan/keuntungan.

Beberapa hal dari kejadian ini, dapat dinilai sangat penting bagi penyewa untuk dapat menentukan harga dalam perjanjian sewa dapat optimal, agar dapat membuat keuntungan maksimal yang di peroleh [3]. Keuntungan menjadi tujuan utama bagi rental truck crane tanpa mengabaikan aspek-aspek lain dalam usahanya [4].

Menurut beberapa penelitian sebelumnya, keuntungan telah dioptimalkan. Dengan menerapkan suatu metode yang dapat diterapkan pada penelitian ini yaitu dengan upaya menerapkan formulasi dalam menghitung dengan metode *Fuzzy Mamdani*, beberapa penelitian menerapkan perhitungan dengan metode *Fuzzy Mamdani* dengan merujuk dalam memiliki akurasi sangat baik [5]. *Fuzzy Mamdani* menjadi salah satu model dalam penerapan metode logika *fuzzy* yang dinilai fleksibilitasnya sangat baik dan juga menerapkan nilai toleransi dari perolehan data yang didapatkan atau dapat dijelaskan disebut dengan istilah data sekunder [6].

Adapun penjelasan dari langkah kerja dengan menerapkan metode mamdani, yang pertama dapat dilakukan dengan menentukan *fuzzification*, selanjutnya menentukan sistem inferensi dan mendapat suatu value pada hasil akhir berupa nilai *output* sehingga menghasilkan keputusan untuk menentukan suatu bentuk peramalan [7]. Penerapan Logika *fuzzy* ini dapat ditanamkan melalui alur kerja system yang bekerja dengan sangat baik, sehingga akan mendapat hasil yang lebih kompetitif dipasaran tanpa mengurangi keuntungan atau profit yang didapat [8]. Penerapan Logika *fuzzy* memiliki tujuan dengan upaya dapat memecahkan adanya suatu permasalahan yang dimulai dari *input* dan menuju hasil akhir ke *output*. Dalam proses peramalan dari penentuan harga ini dengan pendekatan metode *Fuzzy Mamdani* yang dapat dikenal sebagai metode max-min [9]. Kedua metode ini, ANN dan RSM, berkontribusi terhadap keseluruhan penelitian dengan meningkatkan kemampuan penelitian dalam memodelkan, memprediksi, dan mengoptimalkan harga sewa dalam industri rental crane. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan pandangan yang lebih mendalam tentang cara meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kesalahan penetapan harga, dan meningkatkan kepuasan pelanggan dalam industri ini.

Penelitian ini menerapkan penyesuaian harga sewa pada *truck crane* dengan dengan pendekatan metode *Fuzzy Mamdani*, penerapan ini di gunakan karena perlunya beberapa variabel *input* yang digunakan pada value nilai selanjutnya akan di proses masukan dalam melakukan merumuskan untuk menghitung variabel pada hasil akhir *output* yang dilakukan proses hitung yang akan mendapatkan hasil hitung menggunakan perhitungannya *input* sehingga mendapat harga sewa yang kompetitif dengan harapan mendapatkan keuntungan yang optimum. Peramalan yang di proses menggunakan pendekatan metode *Fuzzy Mamdani Model* (FMM), *Artificial Neural Network* (ANN) serta dengan model *Response Surface Methodology* (RSM), dapat menunjukkan bahwa RSM memberikan prediksi model yang baik, sedangkan *Artificial Neural Network* (ANN), menggunakan *algoritma backpropagation* dan model *fuzzy Mamdani* memberikan prediksi model yang lebih efektif [10].

Selama beberapa tahun terakhir, penggunaan teknik logika *fuzzy* untuk penelitian berkembang pesat. Dalam penelitian ini, ada tiga metode inferensi *fuzzy* yang berbeda : system metode inferensi *fuzzy Mamdani*, model pendekatan inferensi *fuzzy Larsen* dan model pendekatan *inferensi fuzzy Tsukamoto* telah diusulkan untuk variabel multi-*input*. Untuk memperoleh derajat kepuasan, fungsi keanggotaan segitiga digunakan. Hasil percobaan menunjukkan metode inferensi skurasi untuk proses *defuzzifikasi* Metode inferensi *fuzzy Tsukamoto* lebih efisien daripada dua metode lainnya [11]. Salah satu teknik kontrol yang populer adalah logika *fuzzy*, yang diketahui menyediakan pengontrol yang mensimulasikan perilaku operator ahli. Namun, topik yang kurang dibahas adalah pilihan sistem inferensi *fuzzy*. Dalam artikel ini, dua kelas Mamdani dan Sugeno dibahas untuk pengontrol terbaik, yang paling stabil adalah metode Sugeno [12]. Logika *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy Mamdani* yang merupakan salah satu metode inferensi paling umum hingga sampai saat ini digunakan untuk masalah pada kontrol logika *fuzzy*.

Metode ini diusulkan oleh Mamdani dengan Assilian tahun 1975. Adanya metode ini mempunyai kelebihan yaitu sifat intuitif yang tepat digunakan sebagai alur proses pada *input* awal adanya informasi dari manusia dan mencakup bidang yang luas, serta

adanya hal lain yang menjadi keunggulan dibandingkan dengan metode *fuzzy* lainnya. Metode ini dapat dikenal sebagai metode Max-Min, sistem inferensi ini lebih mirip dengan pola berpikir manusia karena fungsi implikasi antara anteseden dan konsekuen yang menyerupai pada himpunan *fuzzy* [13]. Metode *Fuzzy Mamdani* membutuhkan empat tahapan untuk menghitung keluaran kontrol :

- 1) Dilakukan proses *fuzzifikasi* dalam penentuan beberapa fungsi variabel sebagai masukan dan keluaran pada himpunan *fuzzy*-nya. Perumusan dengan pendekatan metode *Fuzzy Mamdani*, memperoleh nilai variabel masukan (*input*) dan proses akhiran (*output*) terjadi pemisahan menjadi satu atau lebih pada himpunan *fuzzy*.
- 2) Fungsi implikasi dnegan menggunakan fungsi MIN. Penerapan kedalam metode ini dibutuhkan fungsi implikasi yang nanti akan digunakan adalah MIN, dengan terjadinya pembentukan basis pengetahuan *Fuzzy* (rulanya di dalam bentuk IF...THEN).
- 3) Aturan komposisi dalam pada keanggotaan *Fuzzy Mamdani* akan dihasilkan dari perolehan adanya proses sistem inferensi. Sehingga ada 3 (tiga) metode pada inferensi tersebut diantaranya : *max*, *additive*, dan *probabilistic OR*. Adanay metode inferensi ini akan menggunakan infrensi nilai *max*.
- 4) *Defuzzifikasi* melalui akhiran melalui aturan komposisi dalam urutan *rule fuzzy Mamdani* menerapkan menggunakan metode *centroid of area* (COA).

Formulasi tahapan ini ditulis dengan menggunakan persamaan (1) berikut ini [6] :

$$\mu_{sf} [x_i] = \max (\mu_{sf} [x_i], \mu_{kf} [x_i]) \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan ini menggambarkan langkah dalam proses defuzzifikasi pada metode *Fuzzy Mamdani*. Berikut adalah penjelasan untuk setiap komponen dalam persamaan:

μ_{sf} : Ini adalah nilai dari fungsi keanggotaan solusi pada aturan *fuzzy* sampai aturan ke-i. $\mu_{sf} [x_i]$ mencerminkan tingkat keanggotaan dari solusi yang diperoleh pada langkah defuzzifikasi, yang merupakan hasil dari penerapan aturan *fuzzy* pada variabel *input*.

$\mu_{kf}[x_i]$: Ini adalah nilai dari fungsi keanggotaan konsekuen $fuzzy$ pada aturan ke- i . $\mu_{kf}[x_i]$ mencerminkan tingkat keanggotaan dari konsekuen $fuzzy$ pada aturan ke- i , yang ditentukan oleh himpunan $fuzzy$ yang relevan terkait dengan variabel *output*

Teori himpunan $fuzzy$ merupakan suatu perluasan dari konsep himpunan pada logika klasik (0 dan 1) atau Boolean. Pada logika klasik, sebuah elemen dapat menjadi anggota atau tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan, diwakili oleh nilai biner 0 (salah atau tidak termasuk) dan 1 (benar atau termasuk). Dalam himpunan $fuzzy$, konsep ini diperluas untuk mengakomodasi tingkatan keanggotaan. Artinya, suatu elemen dapat memiliki tingkat keanggotaan yang berkisar antara 0 dan 1. Terdapat dua nilai kunci dalam himpunan $fuzzy$:

- 1) 1 (Satu): Menunjukkan bahwa suatu elemen dapat menjadi anggota dalam suatu himpunan $fuzzy$ dengan tingkat keanggotaan penuh atau sempurna. Dalam hal ini, elemen sepenuhnya termasuk dalam himpunan $fuzzy$.
- 2) 0 (Nol): Menunjukkan bahwa suatu elemen tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan $fuzzy$ atau memiliki tingkat keanggotaan yang nol. Dalam hal ini, elemen sepenuhnya tidak termasuk dalam himpunan $fuzzy$.

Dalam penerapan teori keanggotaan himpunan *Crisp* (klasik) terdapat nilai pada variabelnya dapat memiliki 2 *probabilitas* (kemungkinan), membuat keanggotaan himpunan *crisp* batasan antara keanggotaan dan tidak menjadikan kedalam keanggotaan sangat jelas sekali [14]. Berdasarkan pada teori yang dikemukakan proses $fuzzy$ mamdani digunakan untuk menerapkan penyesuaian harga sewa di industri rental crane berdasarkan pada beberapa variabel *input* jarak, berat crane, dan *output* harga sewa, Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana menentukan harga sewa, berikut penjelasannya : Dengan menggunakan dua variabel sebagai *input* yaitu jarak dan berat crane, serta menggunakan 1 variabel pada *output* yaitu harga sewa. Dalam formulasi model *Fuzzy* Mamdani untuk menentukan harga sewa truck crane, terdapat tiga variabel *input* yang perlu ditentukan bersama dengan himpunan $fuzzy$ yang sesuai untuk masing-masing variabel tersebut.

Berikut adalah penjelasan lebih lanjut:

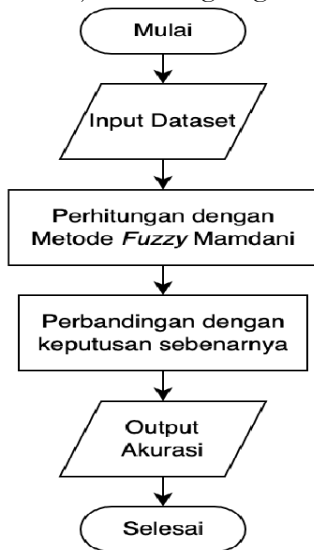
- 1) Variabel *Input*: Jarak
 - a) Jarak ditentukan memiliki tiga himpunan $fuzzy$, yaitu JAUH, SEDANG, dan DEKAT.
 - b) Setiap himpunan $fuzzy$ ini mempunyai fungsi keanggotaan yang ditentukan untuk menggambarkan tingkat jarak. Sebagai contoh, fungsi keanggotaan untuk JAUH dapat mencakup nilai-nilai yang merepresentasikan jarak yang jauh.
- 2) Variabel *Input*: Berat Crane
 - a) Berat crane ditentukan memiliki dua himpunan $fuzzy$, yaitu BERAT dan RINGAN.
 - b) Setiap himpunan $fuzzy$ ini memiliki fungsi keanggotaan yang mencerminkan tingkat berat dari crane. Fungsi keanggotaan untuk BERAT dapat mencakup nilai-nilai yang mengindikasikan berat crane yang signifikan.
- 3) Variabel *Output*: Harga Sewa
 - a) Harga sewa ditentukan memiliki tiga himpunan $fuzzy$, yaitu MAHAL, SEDANG, dan MURAH.
 - b) Setiap himpunan $fuzzy$ ini mempunyai fungsi keanggotaan yang mencerminkan tingkat harga sewa. Sebagai contoh, fungsi keanggotaan untuk MAHAL dapat mencakup nilai-nilai yang menunjukkan harga sewa yang tinggi.

Dengan menentukan himpunan $fuzzy$ dan fungsi keanggotaan untuk setiap variabel *input* dan *output*, kita dapat menggunakan logika $fuzzy$ untuk mengartikan dan mengambil keputusan berdasarkan aturan $fuzzy$ yang telah ditentukan. Pada langkah selanjutnya, variabel *input* (jarak dan berat crane) dapat dimasukkan ke dalam sistem $fuzzy$ untuk mendapatkan nilai *output* (harga sewa) melalui proses inferensi $fuzzy$. Ini memungkinkan penyesuaian harga sewa yang lebih adaptif dan responsif terhadap variasi *input* yang diberikan.

2. Metode Penelitian

Metode Penelitian dimulai dan digunakan untuk menguji metode *Fuzzy* Mamdani, Adapun

penjelasannya ditunjukkan dengan gambar 1.



Gambar 1. Alur metode penelitian yang digunakan [5]

- 1) Membuat Himpunan keanggotaan $Fuzzy$
 Pemrosesan data awal yang perlu diselesaikan dengan menentukan nilai variabel dan semesta pembicaraan, diikuti dengan membentuk kemampuan fungsi keanggotaan himpunan $fuzzy$ yang telah ditunjukkan kedalam tabel 1.
- 2) Fungsi implikasi
 Selanjutnya dapat melakukan fungsi implikasi dalam memberikan kemampuan konsekuensi yang digunakan dalam metode $Fuzzy Mamdani$ adalah fungsi Min. Berdasarkan variabel masukan dan keluaran, dimungkinkan untuk membangun himpunan $fuzzy$.

Tabel 1. Himpunan $Fuzzy$

Variable	Himpunan	Interval
Jarak	JAUH	80 -100
	SEDANG	50 - 75
	DEKAT	≤ 50
kapasitas	BERAT	40 - 50
	SEDANG	25 - 40
	RINGAN	25
Harga sewa (dalam juta Rupiah)	MAHAL	≥ 10.000
	SEDANG	$7.000 \leq x \leq 10.000$
	MURAH	7.000

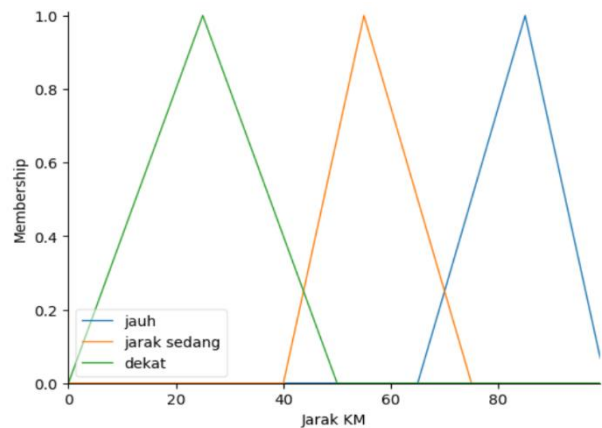
- 3) Variabel Jarak
 Nilai variabel jarak dapat dibagi menjadi 3

penilaian seperti ditunjukkan table2 dibawah :

Tabel 2. Himpunan $Fuzzy$ Variable Jarak

Semesta Pembicara	Nama Himpunan $Fuzzy$	Model MF	Nilai Parmeter
0-100	JAUH	Trimf	[65, 85, 100]
0-100	SEDANG	Trimf	[40, 55, 75]
0-100	DEKAT	Trimf	[0, 25, 50]

Himpunan variable jarak digambarkan dengan gambar 2 :



Gambar 2. Fungsi Derajat Keanggotaan Jarak

Formulasi berikut ini merupakan pembentukan dari himpunan $fuzzy$ jarak :

$$\mu \text{ DEKAT } [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25}; & 25 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 50 \end{cases}$$

$$\mu \text{ SEDANG } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \text{ atau } \geq 75 \\ \frac{x-40}{55-40}; & 40 \leq x \leq 55 \\ \frac{75-x}{75-55}; & 55 \leq x \leq 75 \end{cases}$$

$$\mu \text{ JAUH } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 65 \\ \frac{x-65}{85-65}; & 65 \leq x \leq 85 \\ 1; & 85 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

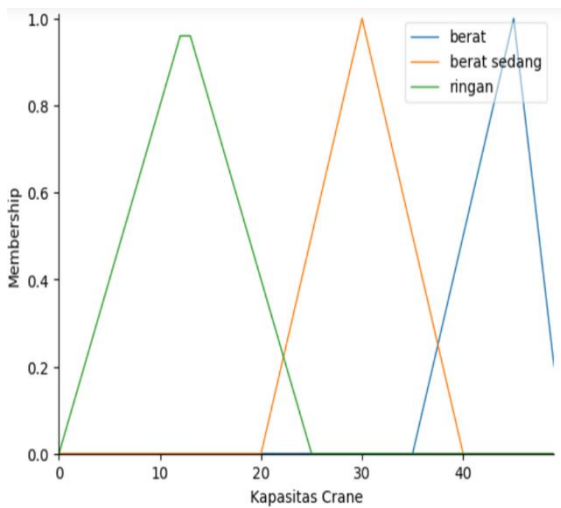
4) Variabel Kapasitas

Nilai variabel kapasitas dapat dibagi menjadi 3 penilaian seperti ditunjukkan Tabel 3 dibawah :

Tabel 3. Himpunan *Fuzzy* Variable Kapasitas

Semesta pembicara	Nama himpunan <i>fuzzy</i>	Model mf	Nilai parameter
0-100	BERAT	Trimf	[35, 45, 50]
0-100	SEDANG	Trimf	[20, 30, 40]
0-100	RINGAN	Trimf	[0, 12.5, 25]

Digambarkan dengan fungsi derajat himpunana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini :



Gambar 3. Fungsi Derajat himpunana *fuzzy* Kapasitas dengan 3 nama himpunan *fuzzy*

$$\mu_{RINGAN}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 12.5 \\ \frac{25-x}{25-12.5}; & 12.5 \leq x \leq 25 \\ 0; & x \geq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \text{ atau } \geq 40 \\ \frac{20-x}{30-20}; & 20 \leq x \leq 30 \\ \frac{40-x}{40-30}; & 30 \leq x \leq 40 \end{cases}$$

$$\mu_{BERAT}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 35 \\ \frac{x-35}{45-35}; & 35 \leq x \leq 45 \\ 1; & 45 \leq x \leq 50 \end{cases}$$

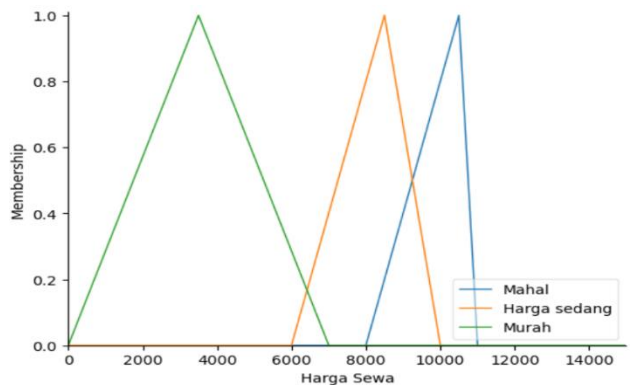
5) Variabel Harga Sewa

Nilai variabel kapasitas dapat dibagi menjadi 3 penilaian seperti ditunjukkan Tabel 4 dibawah :

Tabel 4. Himpunan *Fuzzy* Variable Kapasitas

Semesta Pembicara	Nama Himpunan <i>Fuzzy</i>	Model MF	Nilai Parmeter
0-100	MAHAL	Trimf	[8000, 10500, 11000]
0-100	SEDANG	Trimf	[6000, 8500, 10000]
0-100	MURAH	Trimf	[0, 3500, 7000]

Dapat digambarkan menggunakan fungsi derajat keanggotaan seperti ditunjukkan gambar 4 berikut ini :



Gambar 4. Fungsi Derajat Keanggotaan Harga Sewa dengan 3 nama himpunan *fuzzy*

$$\mu_{MURAH}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 3500 \\ \frac{7000-x}{7000-3500}; & 3500 \leq x \leq 7000 \\ 0; & x \geq 7000 \end{cases}$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 6000 \text{ atau } \geq 10000 \\ \frac{x-6000}{8500-6000}; & 6000 \leq x \leq 8500 \\ \frac{10000-x}{10000-8500}; & 8500 \leq x \leq 10000 \end{cases}$$

$$\mu_{MAHAL}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 8000 \\ \frac{x-8000}{10500-8000}; & 8000 \leq x \leq 10500 \\ 1; & 10500 \leq x \leq 11000 \end{cases}$$

6) Komposisi Aturan

Setelah adanya beberapa langkah dalam menentukan fungsi keanggotaan variabel dalam himpunan fuzzy, maka selanjutnya perlu dijadikan ke dalam pembuatan aturan logika fuzzy. Dari data yang dihimpun pada informasi diatas, maka dibentuk aturan-aturan fuzzynya menjadi bentuk seperti ini :

- rule1 : *if* (jarak['jauh'] *and* kapasitas['berat'], harga_sewa['Mahal'])
 rule2 : *if* (jarak['jauh'] *and* kapasitas['berat sedang'], harga_sewa['Harga sedang'])
 rule3 : *if* (jarak['jarak sedang'] *and* kapasitas['berat'], harga_sewa['Mahal'])
 rule4 : *if* (jarak['jarak sedang'] *and* kapasitas['berat sedang'], harga_sewa['Harga sedang'])
 rule5 : *if* (jarak['dekat'] *and* kapasitas['berat sedang'], harga_sewa['Harga sedang'])
 rule6 : *if* (jarak['dekat'] *and* kapasitas['ringan'], harga_sewa['Murah'])

```
rule1 = ctrl.Rule(jarak['jauh'] & kapasitas['berat'], harga_sewa['Mahal'])
rule2 = ctrl.Rule(jarak['jauh'] & kapasitas['berat sedang'], harga_sewa['Harga sedang'])
rule3 = ctrl.Rule(jarak['jarak sedang'] & kapasitas['berat'], harga_sewa['Mahal'])
rule4 = ctrl.Rule(jarak['jarak sedang'] & kapasitas['berat sedang'], harga_sewa['Harga sedang'])
rule5 = ctrl.Rule(jarak['dekat'] & kapasitas['berat sedang'], harga_sewa['Harga sedang'])
rule6 = ctrl.Rule(jarak['dekat'] & kapasitas['ringan'], harga_sewa['Murah'])
```

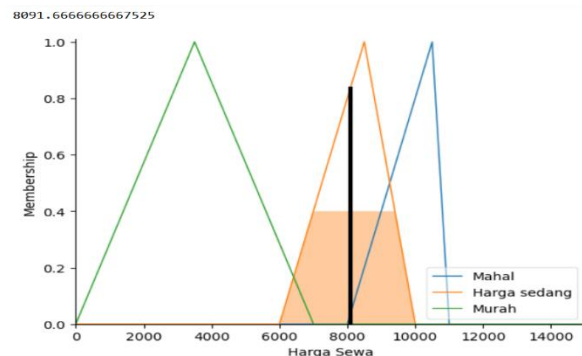
Gambar 5. Aturan-Aturan Logika Fuzzy dengan Python

7) Penegasan (*defuzzifikasi*)

Proses penegasan (*defuzzifikasi*) merupakan langkah terakhir dalam metode Fuzzy Mamdani yang bertujuan untuk mengambil nilai pada himpunan crisp sebagai hasil dari nilai keluaran (*output*). Dalam proses ini, nilai *output* yang dihasilkan berada dalam suatu bilangan dengan domain pada himpunan fuzzy. Pada penjelasan ini, akan digunakan metode Centroid sebagai teknik *defuzzifikasi*. Metode Centroid melibatkan penentuan pusat massa dari area yang tercakup oleh himpunan fuzzy. Terdapat 5 langkah dalam proses penegasan bilangan, namun penjelasan dalam penulisan ini akan fokus pada pencarian nilai *defuzzifikasi* menggunakan metode Centroid.

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan adanya *input* data dan dilakukan perhitungan maka *output* yang dihasilkan dari pendekatan metode fuzzy mamdani maka pada hasil perhitungan dilakukan dengan pemrograman python untuk penyelesaian masalah harga sewa di rental truck crane, dengan menggunakan perhitungan dan perbandingan dari jumlah variable yang telah ditentukan, dari hasil yang diuji, jika *input* pada variable jarak dimasukkan dengan 40, dan kaasitas dengan *input* 25 maka hasil pada harga sewa menunjukkan Rp. 8.091.000,- atau (8901) harga sedang, merupakan hasil perhitungan yang flexible dalam menentukan harga sewa crane.



Gambar 6. Hasil perhitungan.

Pendekatan ini digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan subjektivitas yang terkait dengan faktor-faktor yang memengaruhi harga sewa di industri rental crane. Implementasi logika fuzzy, khususnya metode Fuzzy Mamdani, dalam penetapan harga sewa ini mengacu pada Standar Prosedur Operasional Keputusan (SPOK). Hasil perhitungan dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk memproses input dan menghasilkan output berupa harga sewa. Proses perhitungan dilakukan melalui pemrosesan data input, fungsi keanggotaan, fungsi implikasi, aturan logika fuzzy, dan tahap *defuzzifikasi*. Pada tahap awal, data input seperti jarak dan kapasitas truck crane dimasukkan ke dalam sistem. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy untuk masing-masing variabel dibentuk, dan aturan logika fuzzy diimplementasikan untuk mendapatkan nilai output, yaitu harga sewa. Pemrograman menggunakan Python memudahkan proses ini, memastikan ketepatan dan efisiensi dalam perhitungan.

Hasil perhitungan menunjukkan fleksibilitas dan adaptabilitas sistem dalam menetapkan harga sewa truck crane. Sebagai contoh, ketika nilai input jarak adalah 40 km dan kapasitas truck crane adalah 25 ton, hasil perhitungan menunjukkan harga sewa sebesar Rp. 8.091.000,- atau disebut sebagai harga sedang (8901). Hasil ini mencerminkan responsivitas sistem terhadap variasi input, memungkinkan penyesuaian harga sewa yang optimal. Analisis hasil perhitungan menunjukkan keunggulan logika *fuzzy* Mamdani dalam menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data serta masalah keputusan. Metode ini memberikan hasil yang sesuai dengan Standar Prosedur Operasional Keputusan (SPOK), mencapai konsistensi dalam pengambilan keputusan. Ketika jarak dianggap jauh dan kapasitas berat, harga sewa cenderung menjadi mahal. Sebaliknya, jika jarak dekat dan kapasitas ringan, harga sewa cenderung menjadi murah. Hasil ini sesuai dengan logika intuitif yang dapat diaplikasikan dalam proses keputusan.

Keunggulan logika *fuzzy* Mamdani terletak pada kemampuannya menangani kompleksitas dan ketidakpastian dalam penetapan harga sewa. Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam himpunan *fuzzy* memungkinkan representasi yang lebih akurat terhadap kondisi nyata. Penggunaan aturan logika *fuzzy* memberikan panduan yang lebih adaptif dalam menetapkan harga sewa, menghasilkan keputusan yang sesuai dengan kondisi input yang diberikan. Fleksibilitas sistem terlihat dalam variasi input yang diuji. Dengan menggunakan input jarak 40 km dan kapasitas 25 ton sebagai contoh, sistem memberikan harga sedang. Namun, hasil ini dapat berubah sesuai dengan variasi nilai input. Kemampuan sistem untuk memberikan harga sewa yang fleksibel memungkinkan penyesuaian dengan kondisi pasar dan kebutuhan pelanggan. Penerapan logika *fuzzy* Mamdani dalam penetapan harga sewa truck crane memiliki implikasi positif terhadap efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan dalam industri rental crane. Keputusan yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi pasar dapat meningkatkan daya saing perusahaan. Selain itu, kejelasan aturan logika *fuzzy* Mamdani memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan, mengurangi risiko kesalahan dalam penetapan harga.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan logika *fuzzy* dapat memberikan hasil yang adaptif dan responsif terhadap variabilitas faktor-faktor yang memengaruhi harga sewa dalam industri ini. Implikasi bagi industri adalah bahwa dengan menerapkan pendekatan metode *Fuzzy* Mamdani, perusahaan rental truck crane dapat meningkatkan kemampuan dalam menghitung harga sewa yang lebih sesuai dengan kondisi dan permintaan pasar yang berubah-ubah. Merujuk pada pembahasan dengan hasil yang perhitungan data yang telah dilakukan perumusan, maka dapat disimpulkan yaitu :

- 1) Perlunya variabel *input* dan variabel *output* yang dapat ditentukan dari fungsi implikasi yang sesuai.
- 2) Pendekatan *Fuzzy Logic* dengan metode *Fuzzy Mamdani* dapat membantu dalam melakukan perhitungan yang optimal dalam menentukan harga sewa crane, seperti yang telah ditunjukkan pada hasil yang telah dibahas sebelumnya.
- 3) Perlunya kasus baru dalam perhitungan untuk peramalan dalam menentukan suatu harga bisa dikaji lebih lanjut.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional serta pengambilan keputusan yang lebih baik dalam industrirental truck crane.

5. Daftar Pustaka

- [1] Nurkholis, E., Sanjaya, A. and Setiawan, A.B., 2019. Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Dalam Penentuan Harga Sewa Mobil. In *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)* (Vol. 3, No. 1, pp. 229-234). DOI: <https://doi.org/10.29407/inotek.v3i1.542>.

- [2] Manurung, H., Marbun, M. and No, J.S.I.M., 2021. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Angka Penjualan Berdasarkan Persediaan Dan Jumlah Permintaan Pada Kilang Padi CV. Usaha Bersama. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, 4(6). pp. 509–516, DOI: <https://doi.org/10.32672/jnkti.v4i6.3686>.
- [3] Sarjanako, R.J. and Utami, M., 2019. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Rekomendasi Optimalisasi Penentuan Harga Sewa Kios Di Pasar Citeureup I. *TeknoIS: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains*, 7(1), pp.68-76. DOI: <https://doi.org/10.36350/jbs.v7i1.35>.
- [4] Djatmiko, B., Yulistiyorini, A., Sugandi, R.M. and Setyawan, E., 2019, November. The application of fuzzy logic for profit optimization to contractor project cash flow. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 669, No. 1, p. 012060). IOP Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012060>.
- [5] Rustan, H.A., Ruslianto, I. and Nirmala, I., Determine the Eligibility Level of Village Fund Direct Cash Assistance Recipients using Fuzzy Mamdani Method. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 7(2), pp.526-536.
- [6] Sirait, D.E. and Gultom, B.T., 2022. ANALISIS LOGIKA FUZZY MAMDANI DALAM OPTIMISASI HARGA JUAL JAGUNG. *MES: Journal of Mathematics Education and Science*, 7(2), pp.70-77.
- [7] Rizki, S.N., 2018. Fuzzy logic memprediksi tingkat kecelakaan kerja pada PT. Galang Kapal di kota Batam. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 9(2), pp.151-161. DOI: <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v9i2.1980>.
- [8] Diantry, H., 2020. Penerapan Logika Fuzzy Mamdani Untuk Menentukan Harga Jual Batik Menggunakan Matlab. *Jurnal Ilmu Komputer*, 3(2), pp.1-1.
- [9] Roza, Y., Pernando, Y., Verdian, I., Febrianti, E.L. and Syafrinal, I., 2022. Prediksi Penjualan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Pada PT. XYZ. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), pp.1989-1995. DOI: <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i6.5333>.
- [10] Okwu, M.O., Samuel, O.D., Otanocha, O.B., Tartibu, L.K., Omoregbee, H.O. and Mbachu, V.M., 2020. Development of ternary models for prediction of biogas yield in a novel modular biodigester: a case of fuzzy Mamdani model (FMM), artificial neural network (ANN), and response surface methodology (RSM). *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(2), pp. 917–926. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01113-1>.
- [11] Chaudhari, T.U., Patel, V.B., Thakkar, R.G. and Singh, C., 2023. Comparative analysis of Mamdani, Larsen and Tsukamoto methods of fuzzy inference system for students' academic performance evaluation. *International Journal of Science and Research Archive*, 9(1), pp.517-523. DOI: <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.9.1.0443>.
- [12] Samavat, T., Nazari, M., Ghalehnoie, M., Nasab, M.A., Zand, M., Sanjeevikumar, P. and Khan, B., 2023. A Comparative Analysis of the Mamdani and Sugeno Fuzzy Inference Systems for MPPT of an Islanded PV System. *International Journal of Energy Research*, 2023. pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/7676113>.
- [13] Rachma, S.M., Nishom, M. and Handayai, S.F., 2023. Gastric Disease Diagnostic Expert System Application Using the Fuzzy Mamdani Method. *Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications (INISTA)*, 5(2), pp.104-114. DOI: <https://doi.org/10.20895/inista.v5i2.1057>.

- [14] Jufriadi, J., Nurcahyo, G.W. and Sumijan, S., 2020. Logika Fuzzy dengan Metode Mamdani dalam Menentukan Tingkat Peminatan Tipe Motor Honda. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 3, pp.7-11. DOI: <https://doi.org/10.37034/infeb.v3i1.60>.