



## Aplikasi Logika *Fuzzy* Mamdani Untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Intan Ambarwati<sup>1</sup>, Bambang Djatmiko<sup>2</sup>, N. Bambang Revantoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Malang, [intan.ambarwati.1705236@student.um.ac.id](mailto:intan.ambarwati.1705236@student.um.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Negeri Malang, [bambang.djtmiko.ft@um.ac.id](mailto:bambang.djtmiko.ft@um.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Negeri Malang, [nemesius.bambang.ft@um.ac.id](mailto:nemesius.bambang.ft@um.ac.id)

### Abstrak

Salah satu akibat tidak terpenuhinya mutu proyek konstruksi adalah kegagalan konstruksi. Berdasarkan survey pendahuluan bahwa kendala terbesar dalam pembangunan proyek RSUD Simpang Lima Gumul Tahap 02 terdapat pada kurangnya penerapan sistem manajemen mutu pada saat pelaksanaan proyek konstruksi yang menyebabkan keterlambatan proyek konstruksi sebesar 18%. Optimasi mutu dapat dilakukan untuk mencapai keberhasilan mutu pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk mengetahui tingkat optimasi mutu pada penelitian terdahulu masih memiliki kekurangan, yaitu perhitungan yang rumit maka digunakan metode baru aplikasi logika *fuzzy* Mamdani dengan bentuk susunan *MISO* (*multiple input single output*). Tujuan Penelitian (1) Mendeskripsikan variabel *input* dan *output* logika *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi, (2) Menyusun himpunan *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi, (3) Menghitung secara manual aplikasi logika *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi, (4) Menghitung secara komputasi aplikasi logika *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi, (5) Mengetahui validitas hasil optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi secara manual dan komputasi antara data empiris dan *output fuzzy* Mamdani, (6) Mengetahui hasil simulasi optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi dengan aplikasi *fuzzy* Mamdani menggunakan *software* MATLAB versi R2020a tahun 2020. Rancangan penelitian adalah terapan aplikasi dan eksperimental. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder dan teknik pengumpulan data dengan dokumentasi dan riset internet. Hasil penelitian:

terdapat empat variabel *input* berupa *quality planning*, *quality assurance*, *quality control*, *quality improvement* dan *single output* optimasi mutu (2) diperoleh susunan himpunan *fuzzy* Mamdani dua variabel linguistik maksimum dan minimum, (3) *Output* cara manual dengan 6 tahapan memiliki hasil yaitu 62,8%, (4) *Output* cara komputasi dengan 5 tahapan memiliki hasil 64,8% (5) Uji linieritas diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 0,98, Uji normalitas *Shapiro Wilk* untuk data empiris diperoleh nilai sig. 0,132 dan hasil logika *fuzzy* Mamdani diperoleh nilai sig. 0,082, artinya kedua data berdistribusi normal. Uji homogenitas diperoleh nilai sig 0,450, artinya variansi dari data empiris dan hasil *output* logika *fuzzy* Mamdani adalah sama (homogen). Hasil data uji beda rerata *T-test* diperoleh nilai sig. 0,812, (6) Berdasarkan 3 cara validasi tersebut, maka aplikasi logika *fuzzy* Mamdani valid dan dapat digunakan untuk simulasi

**Kata kunci** : Logika *fuzzy*, Metode Mamdani, Optimasi Mutu

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Pelaksanaan konstruksi merupakan suatu kegiatan yang bisa diartikan sebagai kegiatan yang tidak dapat terulang, dikerjakan pada jangka waktu tertentu untuk memperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan (Junaidi 2012). Mutu proyek konstruksi diartikan sebagai pemenuhan syarat atas penggunaan yang telah ditentukan atau *fit for intended use* (Ferdian, dkk 2018). Salah satu penyebab keterlambatan konstruksi adalah tidak terpenuhinya mutu sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan (Huda, dkk 2013). Berdasarkan survey pendahuluan bahwa

kendala terbesar dalam pembangunan proyek RSUD Simpang Lima Gumul Tahap02 terdapat pada kurangnya penerapan sistem manajemen mutu pada saat pelaksanaan proyek konstruksi yang menyebabkan keterlambatan proyek konstruksi sebesar 18%. Maka diperlukan pengoptimalan mutu pada saat pelaksanaan konstruksi untuk menghindari masalah tersebut.

Beberapa metode penelitian terdahulu yang membahas tentang mutu pelaksanaan proyek konstruksi antara lain: (1) Febriyanto, dkk (2015) menggunakan metode statistika untuk membandingkan manajemen mutu proyek EPC dan proyek tradisional, (2) Bria, dkk (2016) dalam penelitiannya menggunakan uji statistik untuk menilai penerapan manajemen mutu, (3) Rochman, dkk (2017) dalam penelitiannya menggunakan uji statistika untuk mengetahui pengaruh pengendalian kerja pada mutu proyek konstruksi, (4) Manabung, dkk (2018), dalam penelitiannya untuk menilai sistem pengawasan manajemen mutu dalam pelaksanaan proyek konstruksi, menggunakan uji statistik, (5) Prasetiawan, dkk (2019) dalam penelitiannya menggunakan uji statistika untuk mengevaluasi pengendalian mutu.

Beberapa kelemahan dari penelitian terdahulu tentang mutu proyek konstruksi adalah (1) hasil pengujian dari uji statistik berupa nilai dari penilaian saat itu juga, (2) penelitian terdahulu memerlukan waktu yang lebih lama dikarenakan perhitungan dilakukan secara manual belum menggunakan aplikasi (Fajariyanti 2020), untuk itu digunakan aplikasi logika fuzzy Mamdani untuk mengurangi kelemahan tersebut. Adapun beberapa kelebihan *fuzzy Mamdani* antara lain: aplikasi *fuzzy Mamdani* memiliki konsep penalaran yang sederhana, mudah dimengerti dan dipahami, *output* dari *fuzzy Mamdani* lebih mendekati hasil sebenarnya di lapangan (Yulmaini 2018). Penelitian ini menggunakan *fuzzy Mamdani* untuk pengoptimalan mutu pelaksanaan proyek konstruksi. Penelitian ini akan diperoleh hasil simulasi optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi yang dapat digunakan untuk mengontrol nilai optimasi mutu agar tetap maksimal pada pelaksanaan proyek konstruksi.

Pada penelitian ini, logika *fuzzy Mamdani* diimplementasikan menggunakan konsep *Multi Input Single Output (MISO)* artinya variabel *input* yang digunakan lebih dari satu dan variabel *output* yang dihasilkan hanya satu. Variabel *input* yang digunakan tahapan pengendalian mutu. Nilai optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi dihitung dengan cara manual dan cara komputasi, kemudian disimulasikan menggunakan *software MATLAB* versi 2020a. Apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan penggunaan logika *fuzzy Mamdani* di masa yang akan datang dan dapat diterapkan di semua bidang teknik sipil, khususnya dalam pengendalian mutu proyek konstruksi.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendeskripsikan variabel *input* dan *output* pada logika *fuzzy Mamdani* untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi.
- 2) Menyusun himpunan *fuzzy Mamdani* untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi.
- 3) Menghitung secara manual aplikasi logika *fuzzy Mamdani* untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi.

- 4) Menghitung secara komputasi aplikasi logika *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi.
- 5) Mengetahui validitas hasil optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi secara manual dan komputasi antara data empiris dan *output fuzzy* Mamdani.
- 6) Mengetahui hasil simulasi optimasi mutu proyek konstruksi dengan aplikasi
- 7) *fuzzy* Mamdani menggunakan software MATLAB versi R2020a tahun 2020.

### **1.3. Batasan Masalah**

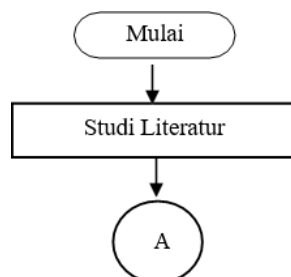
- 1) Penelitian menggunakan aplikasi logika *fuzzy* Mamdani dengan bantuan
- 2) *software* MATLAB versi R2020a.
- 3) Susunan logika *fuzzy* Mamdani yang digunakan berbentuk MISO (Multiple Input Single Output).
- 4) Fungsi keanggotaan yang digunakan fungsi trapesium.
- 5) Penegasan (defuzzifikasi) yang digunakan adalah centroid.
- 6) Nilai yang diperhitungkan hanya optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi.
- 7) Penelitian ini menggunakan data sekunder.

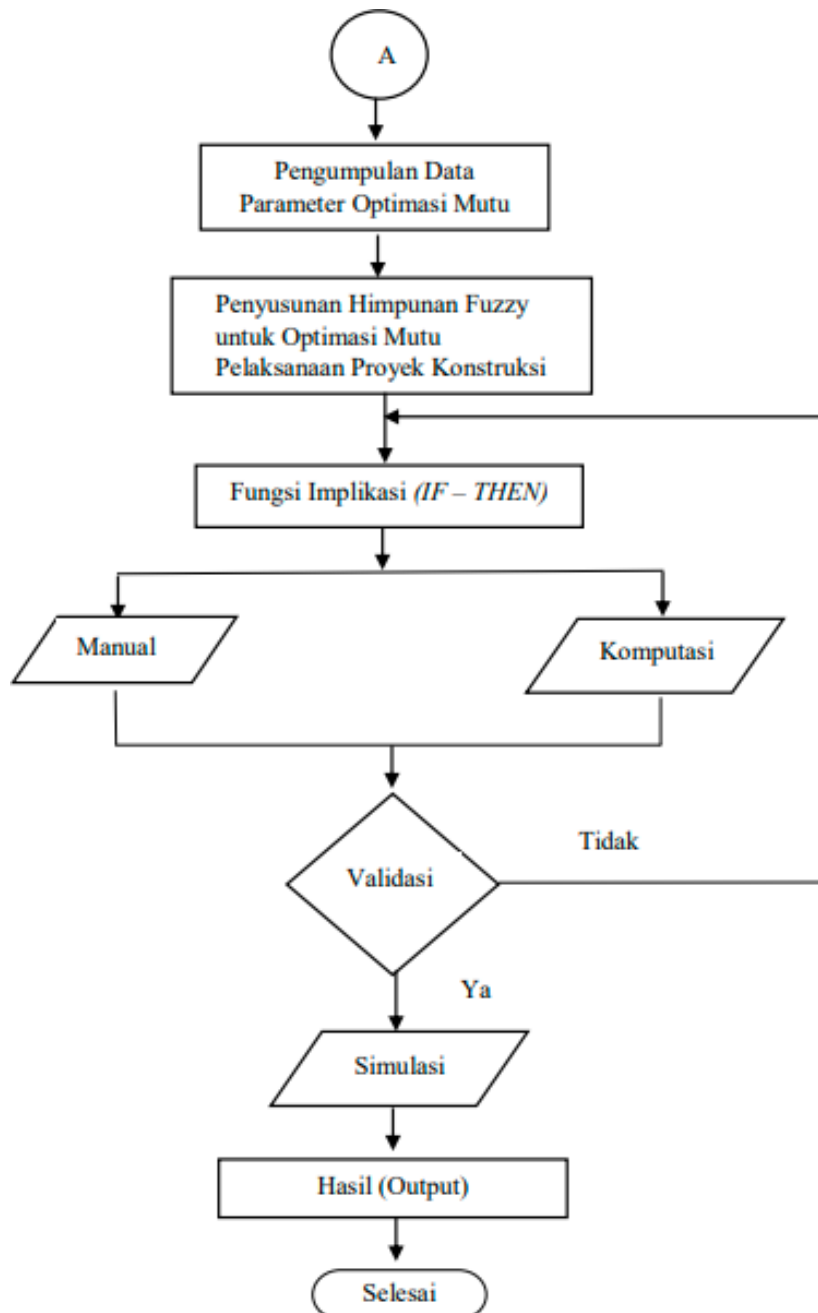
### **1.4. Manfaat Penelitian**

- 1) Dapat menjadi tolak ukur perusahaan jasa konstruksi untuk mengoptimalkan mutu terutama dalam bidang manajemen mutu agar tidak terjadi kegagalan konstruksi dan mencapai mutu atau kualitas yang telah disepakati
- 2) Mengetahui penerapan logika *fuzzy* Mamdani untuk mengetahui optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi
- 3) Penelitian ini dapat dijadikan rujukan untuk penelitian yang lebih lanjut

## **2. METODE**

Metode penelitian yang digunakan adalah terapan aplikasi dan eksperimental. Penelitian terapan aplikasi adalah penelitian yang dilakukan untuk menerapkan atau mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam pemecahan masalah, hasil dari penelitian merupakan pemanfaatan aplikasi baru dari penelitian yang telah ada dengan cara eksperimen sehingga ditemukan pengetahuan yang secara praktis yang dapat diaplikasikan (Mulyatiningsih 2011). Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari penelitian terdahulu sebanyak 20 sampel data. Metode pengambilan data yang digunakan adalah dokumentasi dan riset internet. Pada analisis data penelitian terdapat 6 sub-bab yang akan dibahas mengacu pada tujuan dari penelitian ini. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** di bawah ini





Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Bedasarkan **Gambar 1** diatas, tahapan penelitian dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Studi Literatur  
Sebelum melakukan pemantapan konsep penelitian secara teori, pihak peneliti terlebih dahulu melakukan studi literatur melalui beberapa jurnal ataupun penelitian terdahulu dengan topik serupa atau buku-buku dengan materi yang menunjang pembahasan penelitian.
- 2) Pengumpulan data  
Pada penelitian ini pengambilan data sekunder berupa data untuk parameter penilaian optimasi mutu dari penelitian terdahulu yang diambil dari jurnal dan buku.
- 3) Penyusunan variabel input untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi

Dari data penelitian terdahulu yang telah diambil, selanjutnya akan dibentuk variabel input untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi.

- 4) Pembuatan himpunan fuzzy Mamdani  
Dari data variabel input yang telah didapat, kemudian akan disusun untuk pembuatan himpunan fuzzy Mamdani.
- 5) Perhitungan fungsi implikasi dan komposisi aturan untuk logika fuzzy Mamdani Setelah didapat himpunan fuzzy, selanjutnya akan dihitung untuk langkah selanjutnya dan dibentuk komposisi aturan untuk logika fuzzy.
- 6) Perhitungan manual  
Perhitungan secara manual dilakukan dengan perhitungan aritmatika.
- 7) Perhitungan Komputasi  
Perhitungan secara komputasi menggunakan software MATLAB versi R2020a tahun 2020.
- 8) Uji validasi  
Melakukan uji validasi berupa uji linearitas, uji normalitas, uji homogenitas, uji t-test.
- 9) Simulasi  
Setelah data dinyatakan valid dalam uji validasi, kemudian dilakukan simulasi menggunakan software MATLAB versi R2020a tahun 2020

### 3. Hasil Penelitian

#### 3.1. Deskripsi Variabel *Input* dan Variabel *Output* Himpunan Fuzzy Mamdani pada Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Penelitian ini menggunakan 4 variabel multiple input dan 1 variabel single output yang disusun menggunakan MISO. Multiple input yang terdiri dari QualityPlanning (QP), Quality Assurance (QA), Quality Control (QC), dan Quality Improvement (QI). Sedangkan single output terdiri dari nilai optimasi mutu. Data empiris yang digunakan diperoleh dari data jurnal terkait.

#### 3.2. Susunan Himpunan Fuzzy Mamdani pada Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi

Data penelitian yang telah dikumpulkan akan diklasifikasikan pada himpunan fuzzy linguistik, yaitu Ma dan Mb, dimana Ma adalah nilai terendah data dan Mb adalah nilai tertinggi data. Himpunan fuzzy Mamdani pada optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1 Susunan Himpunan Fuzzy Mamdani Optimasi Mutu**

No	Variabel	Sub Variabel	Himpunan Liguistik	Semesta Pembicaraan	Domain
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1)	<i>Multiple Input</i>	QP (%)	Ma 1	42,5	[0 0 42,5 90,4]
			Mb 1	90,4	[42,5 90,4 90,4 90,4]
		QA (%)	Ma 2	57	[0 0 57 96,4]
			Mb 2	96,4	[57 96,4 96,4 96,4]
		QC (%)	Ma 3	42,5	[0 0 42,5 42,5 91,7]
			Mb 3	91,7	[42,5 91,7 91,7 91,7]
		QI (%)	Ma 4	64	[0 0 64 92,36]
			Mb 4	92,36	[64 92,36 92,36 92,36]
2)	<i>Single Output</i>	OP (%)	Ma 5	90	[0 0 60 90]
			Mb 5	60	[60 90 90 90]

**3.3. Cara Manual Fuzzy Mamdani untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi**

Perhitungan cara manual nilai optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi dicoba dengan nilai *input* yang sama dengan cara komputasi, yaitu QP= 85%, QA=70%, QC= 62%, QI= 75%, didapatkan hasil himpunan *fuzzy* Mamdani terdapat pada **Tabel 2**

**Tabel 2. Hasil Himpunan Fuzzy Mamdani**

Variabel	QP (%)	QA (%)	QC (%)	QI (%)
Nilai Coba	85	70	62	75
HF Ma	0,17	0,67	0,60	0,61
HF Mb	0,83	0,33	0,40	0,39

Aturan (*rules*) yang digunakan dipilih secara acak (berpasangan *Ma-Mb*) dari 16 *rules*,dipilih [R1]: *if QP is Ma and QA is Ma and QC is Ma and QI is Mb then OP is Ma* dan [R2]: *if QP is Mb and QA is Mb and QC is Mb and QI is Ma then OP is Mb*. Selanjutnya diperoleh nilai  $\alpha$ -predikat untuk R1 ( $\alpha_1$ ) adalah 0,17 dan nilai  $\alpha$ - predikat untuk R2 ( $\alpha_2$ ) adalah 0,33. Tahap berikutnya mencari  $z_1$  dan  $z_2$  yang diperoleh dari nilai  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$ . Didapatkan hasil  $z_1$  84,76 dan  $z_2$  69,90. Kemudian diperoleh titik potong ( $z$ ) antara R1 dan R2 sebesar 65,24. Diperoleh nilai defuzzifikasi sebesar 62,8 %.

**3.4. Cara Komputasi Fuzzy Mamdani untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi**

Perhitungan cara komputasi diawali dengan mengatur variabel *multiple input* dan *single output* dalam sistem *MISO*, selanjutnya membuat fungsi keanggotaan trapesium, mengatur himpunan linguistik dan mengatur params pada masing- masing himpunan linguistik. Selanjutnya aturan yang digunakan diambil dari 16 *rules* yang telah dibuat sebelumnya yaitu dipilih 2 *rules* yang sama dengan cara manual. Setelah langkah-langkah pada proses komputasi selesai, maka dimasukkanniali coba yang sama dengan cara manual dan dihasilkan nilai optimasi mutu 64,8%.

**3.5. Uji Validitas Output Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi pada Logika Fuzzy Mamdani**

1) Uji Linieritas



**Gambar 1. Grafik Uji Linieritas dan Grafik Ideal**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)	681.452	17	40.085	53.806	.018
	Linearity	668.229	1	668.229	896.951	.001
	Deviation from Linearity	13.223	16	.826	1.109	.574
Within Groups		1.490	2	.745		
Total		682.942	19			

Gambar 2. Hasil Uji Linearitas

Berdasarkan Gambar 1, dihasilkan, yaitu: (1) Nilai  $R^2 = 0,9785$ , (2) Persamaany=  $1,138x - 10,401$ , dan (3) Titik-titik plot data membentuk pola garis yang jelas dan lurus dari bawah kiri naik ke atas kanan, (4) berdasarkan perhitungan persentase galat (kesalahan maksimum), didapatkan hasil  $1,4\% < 10\%$ . Berdasarkan Gambar 2 didapatkan nilai *Deviation from Linearity* (sig) =  $0,574 > 0,05$ .

2) Uji Normalitas

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
hasil empiris		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
hasil mamdani	kelompok A	.142	20	.200*	.916	20	.082
	kelompok B	.139	20	.200*	.926	20	.132

Gambar 3. Hasil Uji Normalitas

Berdasarkan Gambar 3 dihasilkan uji normalitas *Shapiro Wilk* yaitu: (1) Nilai signifikansi (sig) untuk hasil *fuzzy Mamdani* =  $0,082 > 0,05$  dan, (2) Nilai signifikansi (sig) untuk data empiris optimasi muutu =  $0,132 > 0,05$ .

3) Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Based on Mean	.582	1	38	.450
Based on Median	.411	1	38	.525
Based on Median and with adjusted df	.411	1	37.256	.525
Based on trimmed mean	.549	1	38	.463

Gambar 4. Uji Homogenitas

Berdasarkan uji homogenitas pada Gambar 4.17, dihasilkan nilai signifikansi (sig) =  $0,450 > 0,005$ , artinya variansi dari dua data kelompok tersebut adalah sama (homogen).

4) Uji T-test

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
.582	.450	-239	38	.812	-.4890	2.0436	-4.6260	3.6480
		-239	37.277	.812	-.4890	2.0436	-4.6286	3.6506

Gambar 5. Uji T-test

Berdasarkan Gambar 4.18, didapatkan nilai signifikansi *Sig (2-tailed)* = 0,812 > 0,05, maka hipotesis penelitian yang berbunyi tidak ada perbedaan yang signifikan antara data empiris optimasi mutu dan nilai optimasi mutu hasil *fuzzy* Mamdani diterima.

**3.6. Simulasi Software Fuzzy Mamdani pada MATLAB R2020a**

Simulasi dilakukan sebanyak 5 kali untuk mengetahui hubungan antara variable *multiple input* dan *single output*. Hasil simulasi dapat dilihat pada **Tabel 3**

**Tabel 3. Hasil Simulasi Logika Fuzzy Mamdani untuk Optimasi Mutu**

Simulasi	QP (%)	QA (%)	QC (%)	QI (%)	Hasil Fuzzy Mamdani (%)
1	80	79	90	86	80,2
2	92	80	60	62,5	77,5
3	84	83	91	87	81,7
4	61	57	64	61	62,2
5	79	79	67	68	76

**4. PEMBAHASAN**

**4.1. Deskripsi Variabel *Input* dan Variabel *Output* pada Logika Fuzzy Mamdani untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Konstruksi**

Variabel *multiple Input* terdiri dari: (1) *Quality Planning (%)* disimbolkan dengan QP, (2) *Quality Assurance (%)* disimbolkan dengan QA, (3) *Quality Control (%)* disimbolkan dengan QC, (4) *Quality Improvement (%)* disimbolkan dengan QI, yang didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu seperti penelitian Santoso, dkk (2013), Latief, dkk (2016), Rivelino, dkk (2016), Bria, dkk (2016), Federika, dkk (2017), Fitriyana, dkk (2018), Artha, dkk (2018).

**4.2. Susunan Himpunan Fuzzy Mamdani untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi**

Variabel *input* terdiri dari: (1) QP, diperoleh nilai semesta pembicaraan Ma1- Mb1 (42,5%-90,4%), Ma adalah nilai minimal dan Mb adalah nilai maksimum, (2) QA, diperoleh nilai semesta pembicaraan Ma2-Mb2 (57%-96,4%), (3) QC, diperoleh nilai semesta pembicaraan Ma3-Mb3 (42,5%-91,7%), (4) QI, diperoleh nilai semesta pembicaraan Ma4-Mb4 (64%-92,36%). Berdasarkan susunanhimpunan *fuzzy* Mamdani penelitian Albern, dkk (2020), bahwa himpunan *fuzzy* Mamdani disusun setiap sub-variabel *input* yang terdapat nilai semesta pembicaraan dan domain. Pada variabel *output* terdiri dari OP, diperoleh nilai semesta pembicaraan Ma5-Mb5 (60%-90%), dimana Ma adalah nilai minimum dan Mb adalah nilai maksimum.

**4.3. Cara Manual Fuzzy Mamdani untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi**

Diambil nilai coba variabel *input* yang sama dengan cara komputasi yaitu: QP = 85%, QA = 70%, QC = 62%, QI = 75%. tahap pembentukan himpunan *fuzzy* untuk variabel *multiple input*, yaitu (1) QP = 85% menghasilkan nilai fungsi keanggotaan Ma1-Mb1 (0,17 - 0,85), (2) QA = 70% menghasilkan nilai fungsi keanggotaan Ma2-Mb2 (0,67 - 0,33), (3) QC = 62% menghasilkan nilai fungsi keanggotaan Ma3-Mb3 (0,6 - 0,4), (4) QI = 75% menghasilkan nilai fungsi keanggotaan Ma4-Mb4 (0,61 - 0,39).

Berdasarkan perhitungan cara manual tahap fuzzifikasi penelitian Trinorosimo (2014). Tahap aplikasi operator *fuzzy* (1) (R1) diperoleh nilai  $\alpha_1 = 0,17$  dan (2) (R2) diperoleh nilai  $\alpha = 0,33$ . diperoleh nilai  $\alpha$ - predikat. Sesuai dengan perhitungan cara manual pada penelitian Prastowo (2019). Aplikasi fungsi implikasi dihasilkan (1)  $Z_1 = 84,76$  dan (2)  $Z_2 = 69,90$ . Nilai  $Z_1$  dan  $Z_2$  digunakan untuk Menyusun fungsi keanggotaan pada variabel *output* yang disimbolkan dengan  $\mu_{KFR}$  (OP), sesuai dengan perhitungan cara manual pada penelitian Trinorosimo (2014). komposisi aturan dihasilkan titik potong (Z) antara R1 dan R2 sebesar 65,24. Defuzzifikasi dihasilkan nilai (1)  $M_{total} = 1207,5$ , (2)  $A_{total} = 19,2$ , (3)  $OP = 62,8$ , sesuai dengan perhitungan cara manual pada penelitian Alberni, dkk (2020).

#### **4.4. Cara Komputasi *Fuzzy Mamdani* untuk Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi**

Perhitungan komputasi dengan *software* MATLAB R2020a diperoleh nilai  $OP = 64,8\%$ . Berdasarkan perhitungan cara komputasi untuk *single output* pada penelitian Abrori, dkk (2015), bahwa langkah-langkah kerja cara komputasi *fuzzy Mamdani* terdiri dari 5 tahapan yaitu: (1) *Input data*, (2) Pembentukan himpunan *fuzzy*, (3) Fungsi implikasi, (4) Komposisi aturan, (5) Defuzzifikasi. Sehingga perhitungan cara komputasi himpunan *fuzzy Mamdani* untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi telah sesuai.

#### **4.5. Uji Validasi *Output* Optimasi Mutu Pelaksanaan Proyek Konstruksi pada Logika *Fuzzy Mamdani***

##### 1) Uji Linieritas

Nilai  $R^2_{OP} = 0,98\%$ , artinya  $R^2$  menunjukkan persentase pengaruh variabel *input* terhadap variabel *output* komputasi *fuzzy Mamdani* sebesar 98%, berdasarkan uji  $R^2$  pada penelitian Rochman, dkk (2017), bahwa apabila koefisien determinasi ( $R^2$ ) mendekati 1, maka tingkat kecocokan semakin tinggi, (2) Persamaan linier OP yaitu  $y = 1,138x - 10,4$ , sesuai dengan penelitian linear Eri (2016), (3) Nilai persentase galat maksimum sebesar 1,4 %. Berdasarkan uji linieritas pada penelitian Lestari (2013), bahwa tingkat kebenaran semakin baik jika nilai persentase galat didapatkan hasil  $< 10\%$ , (4) Pada uji linieritas menggunakan *spss* didapatkan hasil nilai *deviation from linearity* ( $sig$ ) = 0,574, sesuai dengan uji linieritas pada penelitian Lestari (2013) yang menyatakan jika nilai  $sig > 0,05$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

##### 2) Uji Normalitas

Uji normalitas *Shapiro Wilk* menggunakan aplikasi *spss* menghasilkan nilai  $sig = 0,082$  untuk hasil *fuzzy Mamdani* dan nilai  $sig = 0,132$  untuk data empiris nilai optimasi mutu. Berdasarkan uji normalitas *Shapiro Wilk* pada penelitian Oktaviani, dkk (2014) bahwa data dapat dikatakan berdistribusi normal jika nilai  $sig$  probabilitas melebihi  $sig 0,05$ .

##### 3) Uji Homogenitas

Uji homogenitas menggunakan aplikasi *spss* menghasilkan nilai signifikansi ( $sig$ ) = 0,45 berdasarkan uji homogenitas pada penelitian Quraisy (2020), bahwa data bersifat homogen apabila nilai  $sig > 0,05$ , sehingga hasil penelitian ini menunjukkan variasi antara data hasil *fuzzy Mamdani* dan data empiris sama atau homogeny.

##### 4) Uji *T-test*

Uji beda rerata *T-test* menggunakan aplikasi *spss* didapatkan hasil nilai signifikansi *sig* (*2-Tailed*) = 0,812, berdasarkan uji beda rerata *T-test* pada penelitian Oktaviani, dkk (2014), bahwa apabila nilai *sig* > 0,05 artinya  $H_0$  (tidak ada perbedaan yang signifikan dua variabel) diterima dan  $H_a$  (adaperbedaan yang signifikan dua variabel) ditolak.

#### **4.6. Hasil Simulasi Fuzzy Mamdani pada MATLAB R2020a**

Berdasarkan **Tabel 3** baris 1 dimasukkan nilai (1) QP = 80%, (2) QA = 79%, QC = 90%, (4) QI = 86%, maka dihasilkan OP = 80,2%. Baris 2 dimasukkan nilai (1) QP = 92%, (2) QA = 80%, (3) QC = 60%, (4) QI = 62,5%, maka dihasilkan OP = 77,5%. Baris 3 dimasukkan nilai (1) QP = 84%, (2) QA = 83%, (3) QC = 91%, (4) QI = 87%. Baris 4 dimasukkan nilai (1) QP = 61%, (2) QA = 57%, (3) QC = 64%, (4) QI = 61%, maka dihasilkan OP = 62,2%. Baris 5 dimasukkan nilai (1) QP = 79%, (2) QA = 79%, (3) QC = 67%, (4) QI = 68%, OP = 76, sesuai dengan penelitian Wartuny, dkk (2018), bahwa semakin baik nilai pengendalian mutu yang mencakup perencanaan mutu (QP), penjaminan mutu (QA), pengendalian mutu (QC), dan peningkatan mutu (QI) maka mutu pelaksanaan proyek konstrusisemakin optimal.

### **5. Kesimpulan**

Bedasarkan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Deskripsi variabel *input* dan *output* pada aplikasi logika *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi pada variabel *multiple input* terdiri dari: (1) *quality planning* (QP) (%), (2) *quality assurance* (QA) (%), (3) *quality control* QC (%), (4) *quality improvement* (QI) (%). Sedangkan variabel *single output* berupa nilai optimasi mutu (OP) (%).
- 2) Susunan himpunan *fuzzy* Mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi terdiri dari: (1) Semesta pembicaraan variabel *multiple input* untuk QP diperoleh Ma1-Mb1 (0,17%-0,83%), untuk QA diperoleh Ma2-Mb2 (0,67%-0,33%), untuk QC diperoleh Ma3-Mb3 (0,6%-0,4%), untuk QI diperoleh Ma4-Mb4 (0,61%-0,39%), (2) Nilai QP ([0 0 42,5 90,4]-[42,5 42,5 42,5 90,4]), QA([0 0 57 96,4]-[57 57 57 96,4]), QC ([0 0 42,5 91,7]-[42,5 42,5 42,5 91,7]), QI([0 0 64 92,36]-[64 64 64 92,36]).
- 3) Perhitungan cara manual aplikasi logika *fuzzy* mamdani untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi, dengan nilai coba QP = 85%, QA = 70%, QC = 62%, QI = 75%, diperoleh nilai OP = 62,8%.
- 4) Perhitungan cara komputasi aplikasi logika *fuzzy* Mamdani dengan *software* MATLAB versi R2020a untuk optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi dengan nilai coba untuk QP = 85%, QA = 70%, QC = 62%, QI = 75%, diperoleh nilai OP = 64,8%.
- 5) Uji validasi dihasilkan: (1) Uji linieritas dihasilkan nilai  $R^2 = 0,98$  hasil nilai persentase galat  $1,4\% < 10\%$  artinya tingkat kebenaran semakin baik, (2) Uji normalitas *Shapiro Wilk* untuk data empiris diperoleh 0,132, sedangkan untuk data *output fuzzy* Mamdani diperoleh nilai 0,082, artinya dua data tersebut berdistribusi normal, (3) Uji homogenitas didapatkan nilai signifikansi (*sig*) = 0,450 > 0,05, artinya variansi dari dua data adalah sama (homogen) (4) Uji bedarerata *T-test* diperoleh nilai *sig* = 0,812 > 0,05, maka hipotesis penelitian yang berbunyi tidak ada perbedaan yang signifikan antara data empiris optimasi mutudan nilai optimasi mutu hasil *fuzzy* Mamdani diterima. Berdasarkan 3 cara validasi yang telah dilakukan, maka aplikasi logika *fuzzy* Mamdani valid dan dapat digunakan untuk simulasi.
- 6) Hasil simulasi sistem *MISO* (*Multiple Input Single Output*) menggunakan *software* MATLAB versi R2020a telah mampu menilai optimasi mutu pelaksanaan proyek konstruksi akurasi sebesar 97%.

**Daftar Rujukan**

- Abrori, M., Prihamayu, H. A.2015.Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi.*Jurnal Teknik Industri*.11(2),91-99
- Alberni, A., Munasih., Kartika, D.2020.Analisis Tingkat Kecelakaan Pekerjaan Konstruksi Gedung Bertingkat pada Kota Malang dan Surabaya dengan Pendekatan Fuzzy Berdasarkan Faktor Internal dan Eksternal.*Jurnal Gelagar*.2(2), 269-277
- Artha, P. G. B., Adnyna, I. B. R., Widhiawati, I. A. R. 2013. Implementasi Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2008 pada Proyek Resort Ubud.*Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*.2(1), 2-8. Dari
- Bria, M., Muda, A. H., Llay, Y. E.2017.Kajian Penerapan Sistem Manajemen Mutu pada Proyek Konstruksi.*Jurnal Teknik Sipil*.1(2), 114-121
- Febriyanto, A. T. W., Wisnu, B. K., Wibowo. M. A.2015.Aplikasi Pengendalian Mutu Proyek EPC (Studi Kasus: Proyek EPC 1, Blok Cepu).*Jurnal Karya Teknik Sipil*.4(1), 24-39.
- Fitriyana, S.N., Lenggogeni, Murtinugraha, R. E.2018.Penerapan Sistem Manajemen Mutu Berdasarkan Standart ISO 9001:2005.*Jurnal Teknik Sipil*.8(1), 1-9
- Frederika, A., Sudipta, G.K., Yoga, H.S.2017.Evaluasi Penerapan Standarisasi Mutu ISO 9001:2008 pada PT.Multi Sarana Propertindo (Studi Kasus: Proyek Hotel Grand Whiz di Legian).*Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.8.(2).129-134
- Ferdian, T., Isya, M., Rani, H. A.2018.Analisis Hubungan dan Pengaruh Faktor-faktor Berkontribusi terhadap Kinerja Mutu Proyek Konstruksi Jalan di Provinsi Aceh.*Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*.1(4), 174-183
- Huda, M., Siswoyo., Rini, T. S. Evaluasi Penerapan Standart Mutu ISO 9001:2008 pada Proyek Perumahan (Studi Kasus di PT. Ciputra Surya Tbk. Surabaya).*Jurnal Teknik Sipil*.1(1).1-8
- Latief,Y&Utami,R.P.2016.Penerapan Pendekatan Metode Six Sigma dalam Penjagaan Kualitas pada Proyek Konstruksi.*Jurnal Teknik Sipil*.13(2), 67-72.
- Lestari, H.2013. Uji Linieritas.*Jurnal Statistika*. 1(1), 1-11. Dari
- Manabung, N., Dundu, A. K. T., Walangitan, D. R. O.2018.Sistem Pengawasan Manajemen Mutu dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi.*Jurnal Sipil Statik*.6(12), 1079-1084
- Prasetiawan, H., Ridwan, A., Cahyo, Y.2019.Evaluasi Pengendalian Mutu pada Proyek Pembangunan Objek Wisata Sedudo di Kabupaten Nganjuk.*JURMATEKS*.2(1),65-74.Dari
- Rivelino&Soekiman, A.2016.Kajian Pengendalian Mutu Konstruksi pada Pengawasan Pelaksanaan Pembangunan Jaringan Irigasi Studi Kasus: Pembangunan Jaringan Irigasi di Leuwigoong.*Jurnal Konstruksi*.8(1), 1-16.
- Rochman, F., Wahyuni, C. H.2017.Analisa pengaruh pengendalian kinerja proyek terhadap mutu proyek konstruksi dengan menggunakan uji statistika.*Jurnal Teknik Industri*.12(1), 1-6.
- Santoso, M., Widhiawati, I., Diputra, G.A.2013.Penerapan Standar Sistem Manajemen Mutu (ISO) 9001:2008 pada Kontraktor PT.Tunas Jaya Sanur.*Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*.2(1),1-6
- Trinorosimo, P., Sumiati.2014.Penerapan Metode Fuzzy dalam Pemilihan Konsultan Manajemen Konstruksi.*Electrans*.13(1), 49-56.
- Waturny. W. R., Mandagi. S. L.2018.Model penerapan Sistem Manajemen Mutu Berbasis ISO 9001:2015 pada Kontraktor di Provinsi Papua Barat.*Jurnal Sipil Statik*.6(8), 579-588
- Yulmaini.2018.*Logika Fuzzy Studi Kasus Dan Penyelesaian Menggunakan Microsoft Excel Dan Matlab*.Yogyakarta:ANDI

