

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1. Hasil dan Pembahasan**

Pada penelitian ini digunakan metode *Fuzzy* dimana pemrosesannya menggunakan *Fuzzy Multi Criteria Decion Analysis* (FMCDA). Dalam penelitian ini telah dilakukan pengumpulan data yang digunakan sebagai pemrosesan dari *Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis* (FMCDA) pada *platform blockchain*. Pemilihan *platform blockchain* berdasarkan dari penelitian terdahulu dimana *platform-platform* inilah yang paling relevan dan sering digunakan dalam dunia Pendidikan untuk implementasi *blockchain* tersebut. Penerapan *blockchain* dalam dunia Pendidikan khususnya di Indonesia belum banyak di terapkan dan bahkan masih dalam tahapan pembahasan sehingga landasan dalam penelitian ini berdasarkan dari jurnal-jurnal penelitian terdahulu yang menggunakan *platform* tersebut dalam penggunaannya pada Pendidikan. Pada tahapan penelitian ini sendiri terdiri dari tahapan pengumpulan data, pemrosesan *fuzzy* yang mana dalam pemrosesan ini terdapat beberapa langkah yang dilakukan seperti penentuan kriteria dan bobot, pengumpulan data dan *fuzzyfikasi*, perhitungan *score*, defuzzifikasi, perhitungan agregasi dan perangkingan.

#### **4.1.1. Hasil Penentuan Kriteria dan Bobot**

Dalam penelitian ini ditemukan lima kriteria evaluasi untuk *platform blockchain* yang digunakan dalam konteks pendidikan. Kriteria-kriteria tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan penting bagi implementasi *blockchain* sebagai indikator dalam penentuan *platform* manakah yang lebih baik dalam dunia Pendidikan. Berikut adalah ke lima kriteria tersebut.

Tabel 4.1 Kriteria dan bobot

KRITERIA	BOBOT
Keamanan ( <i>Security</i> )	0,25
Kinerja ( <i>Performance</i> )	0,2
Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0,2
Biaya ( <i>Cost</i> )	0,2
Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Support</i> )	0,15

Penetapan bobot untuk setiap kriteria dilakukan berdasarkan ulasan pada penelitian terdahulu yang membahas tentang *blockchain* dalam dunia Pendidikan mana yang lebih efektif. Bobot ini mencerminkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria dalam konteks implementasi *blockchain* dalam pendidikan tinggi. Penetapan bobot kriteria ini memungkinkan penelitian untuk memberikan nilai yang lebih besar kepada aspek-aspek yang dianggap lebih krusial dan relevan dalam mendukung tujuan implementasi *blockchain* dalam dunia pendidikan.

#### 4.1.2. Hasil Pengumpulan Data dan Fuzzifikasi

Setelah kriteria dan bobot dari ditemukan selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data dan Fuzzifikasi. Pengumpulan data yang relevan untuk setiap kriteria dari masing-masing *platform blockchain* yang digunakan yaitu *Ethereum*, *NEO*, *Stellar*, *Hyperledger Fabric*, dan *Quorum*. Data ini kemudian defuzzifikasi menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk mengubah nilai numerik menjadi himpunan *fuzzy*. Proses fuzzifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan rentang nilai yang mungkin muncul dalam data dan mengonversinya ke dalam himpunan *fuzzy*, yaitu rendah (*Low*), sedang (*Medium*), dan tinggi (*High*). Hasil pengumpulan data dan fuzzifikasi yang berasal dari keterangan yang didapat pada tabel 3.1 dan juga beberapa penelitian terdahulu yang terdapat pada landasan teori bab dua. Berikut adalah hasil pengumpulan data dan Fuzzifikasi pada setiap *platform* yang sudah dikumpulkan pada masing – masing tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2. Pengumpulan data dan Fuzzifikasi *Platform ETHERUM*

NO	Indikator	Fuzifikasi	
		Pengumpulan Data	Fuzzifikasi
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	Penggunaan Algoritma Kriptografi	Tinggi
		Sejarah Keamanan dan Kontrak Pintar	Sedang
		Kehadiran Kerangka Keamanan dan Tindakan Pencegahan	Tinggi
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	<i>Throughput</i>	Sedang
		Waktu Konfirmasi Transaksi	Rendah
		Latensi Jaringan	Rendah
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	Rencana Pengembangan dan Implementasi Protokol Skala <i>Ethereum</i> 2.0	Tinggi
		Kemampuan untuk Menangani Peningkatan Jumlah Pengguna dan Transaksi	Sedang
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	Biaya Transaksi Rata-rata	Rendah
		Biaya Penggunaan Sumber Daya Komputasi ( <i>Gas Fees</i> )	Tinggi
		Biaya Pengembangan Aplikasi Menggunakan <i>Ethereum</i>	Sedang
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	Ukuran dan Aktivitas Komunitas Pengembang	Tinggi
		Ketersediaan Dokumentasi	Tinggi
		Dukungan Teknis dari Pengembang dan Komunitas	Sedang

Pada pengumpulan data dan Proses fuzzifikasi dalam *platform blockchain Ethereum* diatas dilakukan dengan mempertimbangkan rentang nilai yang mungkin muncul dalam data dan mengonversinya ke dalam himpunan *fuzzy*, yaitu rendah (*Low*), sedang (*Medium*), dan tinggi (*High*). Dan juga dilakukan pada kelima indikator yang ada untuk nantinya dilanjutkan pada proses penghitungan *score fuzzy* pada

setiap kelompok data pada setiap indikator dan hasil dari fuzzifikasinya. Yang selanjutnya adalah hasil pengumpulan data pada *Platform Blockchain Hyperledger Fabric* pada tabel berikut.

Tabel 4.3. Pengumpulan data dan Fuzzifikasi *Platform Hyperledger Fabric*

NO	Indikator	Fuzzifikasi	
		Pengumpulan Data	Fuzzifikasi
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	Model Keamanan yang digunakan dalam jaringan <i>Fabric</i>	Tinggi
		Pengelolaan identitas dan akses	Sedang
		Enkripsi data dan transaksi	Tinggi
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	<i>Throughput</i>	Sedang
		Waktu konfirmasi transaksi	Rendah
		Latensi jaringan	Rendah
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	Kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah peserta dan transaksi	Tinggi
		Kemampuan untuk memperluas jaringan dan kanal-kanal transaksi	Sedang
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	Biaya penggunaan sumber daya komputasi	Tinggi
		Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>hyperledger fabric</i>	Rendah
		Biaya infrastruktur dan manajemen jaringan	Tinggi
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	Ukuran dan aktivitas komunitas pengembang	Tinggi
		Ketersediaan dokumentasi dan tutorial	Tinggi
		Dukungan teknis dan forum komunitas	Tinggi

Pada pengumpulan data dan Proses fuzzifikasi dalam *platform blockchain Hyperledger Fabric* diatas dilakukan dengan mempertimbangkan rentang nilai yang mungkin muncul dalam data dan mengonversinya ke dalam himpunan *fuzzy*, yaitu rendah (*Low*), sedang (*Medium*), dan tinggi (*High*). Dan juga dilakukan pada

kelima indikator yang ada untuk nantinya dilanjutkan pada proses penghitungan *score fuzzy* pada setiap kelompok data pada setiap indikator dan hasil dari fuzzifikasinya. Yang selanjutnya adalah hasil pengumpulan data pada *Platform Blockchain NEO* pada tabel berikut.

Tabel 4.4. Pengumpulan data dan Fuzzifikasi *Platform NEO*

NO	Indikator	Fuzifikasi	
		Pengumpulan Data	Fuzzifikasi
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	Algoritma kriptografi yang digunakan	Tinggi
		Keamanan protokol konsensus	Sedang
		Pengelolaan identitas dan kebijakan akses	Tinggi
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	<i>Throughput</i>	Sedang
		Waktu konfirmasi transaksi	Rendah
		Latensi jaringan	Rendah
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	Rencana dan strategi untuk meningkatkan kapasitas transaksi dan skalabilitas jaringan	Tinggi
		Kemampuan untuk memperluas jumlah node dan partisipan jaringan	Sedang
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	Biaya transaksi rata-rata	Rendah
		Biaya penggunaan sumber daya komputasi	Tinggi
		Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>NEO</i>	Sedang
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	Ukuran dan aktivitas komunitas pengembang <i>NEO</i>	Tinggi
		Ketersediaan dokumentasi dan tutorial	Tinggi
		dukungan teknis dan forum diskusi	Sedang

Pada pengumpulan data dan Proses fuzzifikasi dalam *platform blockchain NEO* diatas dilakukan dengan mempertimbangkan rentang nilai yang mungkin muncul

dalam data dan mengonversinya ke dalam himpunan *fuzzy*, yaitu rendah (*Low*), sedang (*Medium*), dan tinggi (*High*). Dan juga dilakukan pada kelima indikator yang ada untuk nantinya dilanjutkan pada proses penghitungan *score fuzzy* pada setiap kelompok data pada setiap indikator dan hasil dari fuzzifikasinya. Yang selanjutnya adalah hasil pengumpulan data pada *Platform Blockchain Quorum* pada tabel berikut.

Tabel 4.5. Pengumpulan data dan Fuzzifikasi *Platform Quorum*

NO	Indikator	Fuzifikasi	
		Pengumpulan Data	Fuzzifikasi
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	Penggunaan teknologi keamanan	Tinggi
		Keandalan protokol konsensus	Sedang
		Proteksi terhadap serangan 51% dan serangan lainnya	Tinggi
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	<i>Throughput</i>	Tinggi
		Waktu konfirmasi transaksi	Rendah
		Latensi jaringan	Rendah
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	Kemampuan untuk menangani pertumbuhan jumlah pengguna dan transaksi	Tinggi
		Fleksibilitas dalam mengelola <i>node</i> dan partisipan jaringan	Tinggi
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	Biaya penggunaan sumber daya komputasi	Tinggi
		Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>Quorum</i>	Rendah
		Biaya transaksi rata-rata	Tinggi
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	Ukuran dan aktivitas komunitas pengembang	Tinggi
		Ketersediaan dokumentasi dan tutorial	Tinggi
		Dukungan teknis dan layanan konsultasi	Sedang

Pada pengumpulan data dan Proses fuzzifikasi dalam *platform blockchain Quorum* diatas dilakukan dengan mempertimbangkan rentang nilai yang mungkin muncul dalam data dan mengonversinya ke dalam himpunan *fuzzy*, yaitu rendah (*Low*), sedang (*Medium*), dan tinggi (*High*). Dan juga dilakukan pada kelima indikator yang ada untuk nantinya dilanjutkan pada proses penghitungan *score fuzzy* pada setiap kelompok data pada setiap indikator dan hasil dari fuzzifikasinya. Yang selanjutnya adalah hasil pengumpulan data pada *Platform Blockchain Stellar* pada tabel berikut.

Tabel 4.6. Pengumpulan data dan Fuzzifikasi *Platform Stellar*

NO	Indikator	Fuzzifikasi	
		Pengumpulan Data	Fuzzifikasi
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	Protokol keamanan yang digunakan	Sedang
		Sejarah keamanan dan serangan yang dicegah	Rendah
		Validitas dan integritas data transaksi	Tinggi
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	<i>Throughput</i>	Tinggi
		Waktu konfirmasi transaksi	Rendah
		Latensi jaringan	Rendah
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	Kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah pengguna dan transaksi	Tinggi
		Fleksibilitas dalam memperluas jaringan dan aset digital	Tinggi
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	Biaya transaksi rata-rata	Rendah
		Biaya penggunaan sumber daya komputasi	Tinggi
		Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>Stellar</i>	Sedang

5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	Ukuran dan aktivitas komunitas pengembang	Sedang
		Ketersediaan dokumentasi dan tutorial	Tinggi
		Dukungan teknis dan layanan pelanggan	Sedang

Pada pengumpulan data dan Proses fuzzifikasi dalam *platform blockchain Stellar* diatas dilakukan dengan mempertimbangkan rentang nilai yang mungkin muncul dalam data dan mengonversinya ke dalam himpunan *fuzzy*, yaitu rendah (*Low*), sedang (*Medium*), dan tinggi (*High*). Dan juga dilakukan pada kelima indikator yang ada untuk nantinya dilanjutkan pada proses penghitungan *score fuzzy* pada setiap kelompok data pada setiap indikator dan hasil dari fuzzifikasinya. Dengan data yang telah defuzzifikasi maka data siap dilakukan pemrosesan ke dalam *Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis (Fuzzy MCDA)* untuk menentukan *platform blockchain* terbaik berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan.

#### **4.1.3. Hasil Perhitungan *Score Fuzzy***

Setelah dilakukan hasil pengolahan fuzzifikasi sebelumnya maka dilakukan perhitungan skor masing – masing *platform* berdasarkan hasil fuzzifikasi (sedang, rendah, tinggi) dari kriteria-kriteria yang telah dijelaskan sebelumnya. Perhitungan skor dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis (Fuzzy MCDA)* dengan bobot kriteria yang telah ditetapkan (0.25 untuk keamanan, 0.20 untuk kinerja, 0.20 untuk skalabilitas, 0.20 untuk biaya, dan 0.15 untuk komunitas dan dukungan). Namun sebelum menghitung hasil dari fuzzifikasi pada setiap *platform* berdasarkan kriteria indikator maka harus menghitung skor dari sub hasil pengumpulan data terlebih dahulu.

## 1. *Ethereum*

Pada perhitungan *score platform ethereum* terdiri dari lima kriteria yang didalamnya terdapat hasil pengumpulan data yang telah di fuzzifikasi. Perhitungan skor *platform Ethereum* berdasarkan kriteria indikator keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya kemudian komunitas dan dukungan. Berikut adalah nilai bobot yang di tentukan di awal.

- Keamanan (*Security*): 0.25
- Kinerja (*Performance*): 0.20
- Skalabilitas (*Scalability*): 0.20
- Biaya (*Cost*): 0.20
- Komunitas dan Dukungan (*Community and Support*): 0.15

Untuk konversi nilai fuzzifikasi (rendah, sedang dan tinggi) menjadi skor *fuzzy* dengan menentukan skala nilai sebagai berikut.

- Rendah: 0.2
- Sedang: 0.5
- Tinggi: 0.8

Setelah itu dihitung dengan data yang sudah di fuzzifikasi pada hasil pengumpulan data yang telah dilakukan fuzzifikasi sebelumnya. Berikut adalah perhitungannya pada tiap indikator.

### a. Keamanan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria keamanan (penggunaan algoritma kriptografi, sejarah keamanan, dan kehadiran kerangka keamanan) sebagai berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Keamanan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Penggunaan Algoritma Kriptografi	0.4	Tinggi	0.8

Sejarah Keamanan dan Kontrak Pintar	0.3	Sedang	0.5
Kehadiran Kerangka Keamanan dan Tindakan Pencegahan	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam keamanan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator keamanan dari *platform Ethereum*.

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan Ethereum} = (0.8 \times 0.4) + (0.5 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan Ethereum} = 0.32 + 0.15 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan Ethereum} = 0.71$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator keamanan *platform Ethereum* adalah 0.71

#### b. Kinerja

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria kinerja (*throughput*, waktu konfirmasi transaksi, latensi jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.8. Perhitungan Nilai Kinerja

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
<i>Throughput</i>	0.4	Sedang	0.5
Waktu Konfirmasi Transaksi	0.3	Rendah	0.2
Latensi Jaringan	0.3	Rendah	0.2

Perhitungan bobot nilai dalam kinerja merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator kinerja dari *platform Ethereum*.

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja Ethereum} = (0.5 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.2 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja Ethereum} = 0.20 + 0.06 + 0.06$$

Skor *Fuzzy* Kinerja *Ethereum* = 0.32

Skor *fuzzy* untuk Indikator kinerja *platform Ethereum* adalah 0.32

c. Skalabilitas

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Skalabilitas (rencana pengembangan dan implementasi protokol skala *ethereum 2.0*, kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah pengguna dan transaksi ) sebagai berikut.

Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Skalabilitas

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Rencana Pengembangan dan Implementasi Protokol Skala <i>Ethereum 2.0</i>	0.5	Tinggi	0.8
Kemampuan untuk Menangani Peningkatan Jumlah Pengguna dan Transaksi	0.5	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam skalabilitas merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 2 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Skalabilitas dari *platform Ethereum*.

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = (0.8 \times 0.5) + (0.5 \times 0.5)$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.40 + 0.25$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.65$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Skalabilitas *platform Ethereum* adalah 0.65

d. Biaya

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria biaya (biaya transaksi rata-rata, biaya penggunaan sumber daya komputasi (*gas fees*), biaya pengembangan aplikasi menggunakan *ethereum*) sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Biaya

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Biaya Transaksi Rata-rata	0.4	Rendah	0.2
Biaya Penggunaan Sumber Daya Komputasi ( <i>Gas Fees</i> )	0.3	Tinggi	0.8
Biaya Pengembangan Aplikasi Menggunakan <i>Ethereum</i>	0.3	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam biaya merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator biaya dari *platform Ethereum*.

$$\text{Skor Fuzzy Biaya Ethereum} = (0.2 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya Ethereum} = 0.08 + 0.24 + 0.15$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya Ethereum} = 0.47$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator biaya *platform Ethereum* adalah 0.47

e. Komunitas dan Dukungan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Komunitas dan Dukungan (ukuran dan aktivitas komunitas pengembang, ketersediaan dokumentasi dan dukungan teknis dari pengembang dan komunitas) sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai Komunitas dan Dukungan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Ukuran dan Aktivitas Komunitas Pengembang	0.3	Tinggi	0.8
Ketersediaan Dokumentasi	0.3	Tinggi	0.8
Dukungan Teknis dari Pengembang dan Komunitas	0.4	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam komunitas dan dukungan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Komunitas dan Dukungan dari *platform Ethereum*.

$$\text{Skor Fuzzy} = (0.8 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.4)$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.24 + 0.24 + 0.20$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.68$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Komunitas dan Dukungan *platform Ethereum* adalah 0.68

Dari perhitungan skor *fuzzy* untuk *platform Ethereum* yang dilakukan pada ke lima indikator diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Skor *Fuzzy* pada *Platform Ethereum*

NO	Indikator Kriteria <i>Ethereum</i>	Skor <i>Fuzzy</i>
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	0.71
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	0.32
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0.65
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	0.47
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	0.68

## 2. *Hyperledger Fabric*

Pada perhitungan *score platform Hyperledger Fabric* terdiri dari lima kriteria yang didalamnya terdapat hasil pengumpulan data yang telah di fuzzifikasi. Perhitungan skor *platform Hyperledger Fabric* berdasarkan kriteria indikator keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya kemudian komunitas dan dukungan. Perhitungan bobot dan nilai pengkonversian nilai fuzzifikasi sama seperti pada perhitungan *platform Ethereum* sebelumnya. Berikut adalah perhitungannya pada tiap indikator.

a. Keamanan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria keamanan (model keamanan yang digunakan dalam jaringan *fabric*, pengelolaan identitas dan akses, enkripsi data dan transaksi) sebagai berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Keamanan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Model Keamanan yang Digunakan dalam Jaringan <i>Fabric</i>	0.4	Tinggi	0.8
Pengelolaan Identitas dan Akses	0.3	Sedang	0.5
Enkripsi Data dan Transaksi	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam keamanan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator keamanan dari *platform Hyperledger Fabric*.

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = (0.8 \times 0.4) + (0.5 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.32 + 0.15 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.71$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator keamanan *platform Hyperledger Fabric* adalah 0.71

b. Kinerja

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria kinerja (*throughput*, waktu konfirmasi transaksi, latensi jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.8. Perhitungan Nilai Kinerja

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
<i>Throughput</i>	0.4	Sedang	0.5
Waktu Konfirmasi Transaksi	0.3	Rendah	0.2
Latensi Jaringan	0.3	Rendah	0.2

Perhitungan bobot nilai dalam kinerja merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator kinerja dari *platform Hyperledger Fabric*.

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = (0.5 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.2 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.20 + 0.06 + 0.06$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.32$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator kinerja *platform Hyperledger Fabric* adalah 0.32

c. Skalabilitas

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Skalabilitas (kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah peserta dan transaksi, kemampuan untuk memperluas jaringan dan kanal-kanal transaksi) sebagai berikut.

Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Skalabilitas

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Kemampuan untuk Menangani Peningkatan Jumlah Peserta dan Transaksi	0.5	Tinggi	0.8
Kemampuan untuk Memperluas Jaringan dan Kanal-Kanal Transaksi	0.5	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam skalabilitas merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 2 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Skalabilitas dari *platform Hyperledger Fabric*.

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = (0.8 \times 0.5) + (0.5 \times 0.5)$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.40 + 0.25$$

Skor *Fuzzy* Skalabilitas = 0.65

Skor *fuzzy* untuk Indikator Skalabilitas *platform Hyperledger Fabric* adalah 0.65

d. Biaya

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria biaya (biaya penggunaan sumber daya komputasi, biaya pengembangan aplikasi menggunakan *hyperledger fabric*, biaya infrastruktur dan manajemen jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Biaya

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Biaya Penggunaan Sumber Daya Komputasi	0.4	Tinggi	0.8
Biaya Pengembangan Aplikasi Menggunakan <i>Hyperledger Fabric</i>	0.3	Rendah	0.2
Biaya Infrastruktur dan Manajemen Jaringan	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam biaya merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator biaya dari *platform Hyperledger Fabric*.

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = (0.8 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.32 + 0.06 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.62$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator biaya *platform Hyperledger Fabric* adalah 0.62

e. Komunitas dan Dukungan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Komunitas dan Dukungan (ukuran dan aktivitas komunitas pengembang,

ketersediaan dokumentasi dan tutorial, dukungan teknis dan forum komunitas) sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai Komunitas dan Dukungan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Ukuran dan Aktivitas Komunitas Pengembang	0.4	Tinggi	0.8
Ketersediaan Dokumentasi dan Tutorial	0.3	Tinggi	0.8
Dukungan Teknis dan Forum Komunitas	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam komunitas dan dukungan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Komunitas dan Dukungan dari *platform Hyperledger Fabric*.

$$\text{Skor Fuzzy} = (0.8 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.32 + 0.24 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.80$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Komunitas dan Dukungan *platform Hyperledger Fabric* adalah 0.80

Dari perhitungan skor *fuzzy* untuk *platform Hyperledger Fabric* yang dilakukan pada ke lima indikator diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Skor *Fuzzy* pada *Platform Hyperledger Fabric*.

NO	Indikator Kriteria <i>Hyperledger Fabric</i>	Skor <i>Fuzzy</i>
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	0.71
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	0.32
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0.65
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	0.62

5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	0.80
---	--	------

### 3. NEO

Pada perhitungan *score platform NEO* terdiri dari lima kriteria yang didalamnya terdapat hasil pengumpulan data yang telah di fuzzifikasi. Perhitungan skor *platform NEO* berdasarkan kriteria indikator keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya kemudian komunitas dan dukungan. Perhitungan bobot dan nilai pengkonversian nilai fuzzifikasi sama seperti pada perhitungan *platform* sebelumnya. Berikut adalah perhitungannya pada tiap indikator.

#### a. Keamanan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria keamanan (algoritma kriptografi yang digunakan, keamanan protokol konsensus, pengelolaan identitas dan kebijakan akses) sebagai berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Keamanan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Algoritma Kriptografi yang Digunakan	0.4	Tinggi	0.8
Keamanan Protokol Konsensus	0.3	Sedang	0.5
Pengelolaan Identitas dan Kebijakan Akses	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam keamanan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator keamanan dari *platform NEO*.

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = (0.8 \times 0.4) + (0.5 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.32 + 0.15 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.71$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator keamanan *platform NEO* adalah 0.71

b. Kinerja

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria kinerja (*throughput*, waktu konfirmasi transaksi, latensi jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.8. Perhitungan Nilai Kinerja

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
<i>Throughput</i>	0.4	Sedang	0.5
Waktu Konfirmasi Transaksi	0.3	Rendah	0.2
Latensi Jaringan	0.3	Rendah	0.2

Perhitungan bobot nilai dalam kinerja merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator kinerja dari *platform NEO*.

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = (0.5 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.2 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.20 + 0.06 + 0.06$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.32$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator kinerja *platform NEO* adalah 0.32

c. Skalabilitas

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Skalabilitas (rencana dan strategi untuk meningkatkan kapasitas transaksi dan skalabilitas jaringan, kemampuan untuk memperluas jumlah *node* dan partisipan jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Skalabilitas

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Rencana dan Strategi untuk Meningkatkan Kapasitas Transaksi dan Skalabilitas Jaringan	0.5	Tinggi	0.8

Kemampuan untuk Memperluas Jumlah <i>Node</i> dan Partisipan Jaringan	0.5	Sedang	0.5
---	-----	--------	-----

Perhitungan bobot nilai dalam skalabilitas merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 2 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Skalabilitas dari *platform NEO*.

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = (0.8 \times 0.5) + (0.5 \times 0.5)$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.40 + 0.25$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.65$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Skalabilitas *platform NEO* adalah 0.65

#### d. Biaya

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria biaya (biaya transaksi rata-rata, biaya penggunaan sumber daya komputasi, biaya pengembangan aplikasi menggunakan *NEO*) sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Biaya

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Biaya Transaksi Rata-rata	0.4	Rendah	0.2
Biaya Penggunaan Sumber Daya Komputasi	0.3	Tinggi	0.8
Biaya Pengembangan Aplikasi Menggunakan <i>NEO</i>	0.3	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam biaya merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator biaya dari *platform NEO*.

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = (0.2 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.08 + 0.24 + 0.15$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.47$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator biaya *platform NEO* adalah 0.47

e. Komunitas dan Dukungan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Komunitas dan Dukungan (ukuran dan aktivitas komunitas pengembang, ketersediaan dokumentasi dan tutorial, dukungan teknis dan forum diskusi) sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai Komunitas dan Dukungan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Ukuran dan Aktivitas Komunitas Pengembang	0.4	Tinggi	0.8
Ketersediaan Dokumentasi dan Tutorial	0.3	Tinggi	0.8
Dukungan Teknis dan Forum Diskusi	0.3	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam komunitas dan dukungan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Komunitas dan Dukungan dari *platform NEO*.

$$\text{Skor Fuzzy} = (0.8 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.32 + 0.24 + 0.15$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.71$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Komunitas dan Dukungan *platform NEO* adalah 0.71

Dari perhitungan skor *fuzzy* untuk *platform NEO* yang dilakukan pada ke lima indikator diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Skor *Fuzzy* pada *Platform NEO*

NO	Indikator Kriteria <i>NEO</i>	Skor <i>Fuzzy</i>
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	0.71
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	0.32
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0.65
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	0.47
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	0.71

#### 4. *Quorum*

Pada perhitungan *score platform Quorum* terdiri dari lima kriteria yang didalamnya terdapat hasil pengumpulan data yang telah di fuzzifikasi. Perhitungan skor *platform Quorum* berdasarkan kriteria indikator keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya kemudian komunitas dan dukungan. Perhitungan bobot dan nilai pengkonversian nilai fuzzifikasi sama seperti pada perhitungan *platform* sebelumnya. Berikut adalah perhitungannya pada tiap indikator.

##### a. Keamanan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria keamanan (penggunaan teknologi keamanan, keandalan protokol konsensus, proteksi terhadap serangan 51% dan serangan lainnya) sebagai berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Keamanan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Penggunaan Teknologi Keamanan	0.4	Tinggi	0.8
Keandalan Protokol Konsensus	0.3	Sedang	0.5
Proteksi Terhadap Serangan 51% dan Serangan Lainnya	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam keamanan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator keamanan dari *platform Quorum*.

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = (0.8 \times 0.4) + (0.5 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.32 + 0.15 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.71$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator keamanan *platform Quorum* adalah 0.71

#### b. Kinerja

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria kinerja (*throughput*, waktu konfirmasi transaksi, latensi jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.8. Perhitungan Nilai Kinerja

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
<i>Throughput</i>	0.4	Tinggi	0.8
Waktu Konfirmasi Transaksi	0.3	Rendah	0.2
Latensi Jaringan	0.3	Rendah	0.2

Perhitungan bobot nilai dalam kinerja merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator kinerja dari *platform Quorum*.

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = (0.8 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.2 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.32 + 0.06 + 0.06$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.44$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator kinerja *platform Quorum* adalah 0.44

#### c. Skalabilitas

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Skalabilitas (kemampuan untuk menangani pertumbuhan jumlah pengguna

dan transaksi, fleksibilitas dalam mengelola *node* dan partisipan jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Skalabilitas

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Kemampuan untuk Menangani Pertumbuhan Jumlah Pengguna dan Transaksi	0.5	Tinggi	0.8
Fleksibilitas dalam Mengelola <i>Node</i> dan Partisipan Jaringan	0.5	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam skalabilitas merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 2 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Skalabilitas dari *platform Quorum*.

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = (0.8 \times 0.5) + (0.8 \times 0.5)$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.40 + 0.40$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.80$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Skalabilitas *platform Quorum* adalah 0.80

#### d. Biaya

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria biaya (biaya penggunaan sumber daya komputasi, biaya pengembangan aplikasi menggunakan *quorum*, biaya infrastruktur dan manajemen jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Biaya

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Biaya Penggunaan Sumber Daya Komputasi	0.4	Tinggi	0.8
Biaya Pengembangan Aplikasi Menggunakan <i>Quorum</i>	0.3	Rendah	0.2

Biaya Infrastruktur dan Manajemen Jaringan	0.3	Tinggi	0.8
--	-----	--------	-----

Perhitungan bobot nilai dalam biaya merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator biaya dari *platform Quorum*.

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = (0.8 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.32 + 0.06 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.62$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator biaya *platform Quorum* adalah 0.62

e. Komunitas dan Dukungan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Komunitas dan Dukungan (ukuran dan aktivitas komunitas pengembang, ketersediaan dokumentasi dan tutorial, dukungan teknis dan forum diskusi) sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai Komunitas dan Dukungan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Ukuran dan Aktivitas Komunitas Pengembang	0.4	Tinggi	0.8
Ketersediaan Dokumentasi dan Tutorial	0.3	Tinggi	0.8
Dukungan Teknis dan Layanan Konsultasi	0.3	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam komunitas dan dukungan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Komunitas dan Dukungan dari *platform Quorum*.

$$\text{Skor Fuzzy} = (0.8 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.32 + 0.24 + 0.15$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.71$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Komunitas dan Dukungan *platform Quorum* adalah 0.71

Dari perhitungan skor *fuzzy* untuk *platform Quorum* yang dilakukan pada ke lima indikator diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Skor *Fuzzy* pada *Platform Quorum*

NO	Indikator Kriteria <i>Quorum</i>	Skor <i>Fuzzy</i>
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	0.71
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	0.44
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0.80
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	0.62
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	0.71

## 5. *Stellar*

Pada perhitungan *score platform Stellar* terdiri dari lima kriteria yang didalamnya terdapat hasil pengumpulan data yang telah di fuzzifikasi. Perhitungan skor *platform Stellar* berdasarkan kriteria indikator keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya kemudian komunitas dan dukungan. Perhitungan bobot dan nilai pengkonversian nilai fuzzifikasi sama seperti pada perhitungan *platform* sebelum-sebelumnya. Berikut adalah perhitungannya pada tiap indikator.

### a. Keamanan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria keamanan (protokol keamanan yang digunakan, sejarah keamanan dan serangan yang dicegah, validitas dan integritas data transaksi) sebagai berikut.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Keamanan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Protokol Keamanan yang Digunakan	0.4	Sedang	0.5
Sejarah Keamanan dan Serangan yang Dicegah	0.3	Rendah	0.2
Validitas dan Integritas Data Transaksi	0.3	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam keamanan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator keamanan dari *platform Stellar*.

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = (0.5 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.8 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.20 + 0.06 + 0.24$$

$$\text{Skor Fuzzy Keamanan} = 0.50$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator keamanan *platform Stellar* adalah 0.50

b. Kinerja

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria kinerja (*throughput*, waktu konfirmasi transaksi, latensi jaringan) sebagai berikut.

Tabel 4.8. Perhitungan Nilai Kinerja

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
<i>Throughput</i>	0.4	Tinggi	0.8
Waktu Konfirmasi Transaksi	0.3	Rendah	0.2
Latensi Jaringan	0.3	Rendah	0.2

Perhitungan bobot nilai dalam kinerja merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator kinerja dari *platform Stellar*.

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = (0.8 \times 0.4) + (0.2 \times 0.3) + (0.2 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.32 + 0.06 + 0.06$$

$$\text{Skor Fuzzy Kinerja} = 0.44$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator kinerja *platform Stellar* adalah 0.44

### c. Skalabilitas

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Skalabilitas (kemampuan untuk menangani pertumbuhan jumlah pengguna dan transaksi, fleksibilitas dalam memperluas jaringan dan aset digital) sebagai berikut.

Tabel 4.9 Perhitungan Nilai Skalabilitas

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Kemampuan untuk Menangani Pertumbuhan Jumlah Pengguna dan Transaksi	0.5	Tinggi	0.8
Fleksibilitas dalam Memperluas Jaringan dan Aset Digital	0.5	Tinggi	0.8

Perhitungan bobot nilai dalam skalabilitas merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 2 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Skalabilitas dari *platform Stellar*.

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = (0.8 \times 0.5) + (0.8 \times 0.5)$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.40 + 0.40$$

$$\text{Skor Fuzzy Skalabilitas} = 0.80$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Skalabilitas *platform Stellar* adalah 0.80

d. Biaya

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria biaya (biaya transaksi rata-rata, biaya penggunaan sumber daya komputasi, biaya pengembangan aplikasi menggunakan *stellar*) sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan Nilai Biaya

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Biaya Transaksi Rata-rata	0.4	Rendah	0.2
Biaya Penggunaan Sumber Daya Komputasi	0.3	Tinggi	0.8
Biaya Pengembangan Aplikasi Menggunakan <i>Stellar</i>	0.3	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam biaya merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator biaya dari *platform Stellar*.

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = (0.2 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.08 + 0.24 + 0.15$$

$$\text{Skor Fuzzy Biaya} = 0.47$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator biaya *platform Stellar* adalah 0.47

e. Komunitas dan Dukungan

Perhitungan nilai sub-kriteria dari *platform blockchain* berdasarkan fuzzifikasi kriteria Komunitas dan Dukungan (ukuran dan aktivitas komunitas pengembang, ketersediaan dokumentasi dan tutorial, dukungan teknis dan forum diskusi) sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai Komunitas dan Dukungan

Hasil Pengumpulan Data	Bobot Nilai	Fuzzifikasi	Skala Nilai
Ukuran dan Aktivitas Komunitas Pengembang	0.4	Sedang	0.5

Ketersediaan Dokumentasi dan Tutorial	0.3	Tinggi	0.8
Dukungan Teknis dan Layanan Pelanggan	0.3	Sedang	0.5

Perhitungan bobot nilai dalam komunitas dan dukungan merupakan proses subjektif dengan *range* nilai 1 menjadi 3 bagian berdasarkan tingkat urgensinya. Berikut adalah perhitungan skor *fuzzy* pada indikator Komunitas dan Dukungan dari *platform Stellar*.

$$\text{Skor Fuzzy} = (0.5 \times 0.4) + (0.8 \times 0.3) + (0.5 \times 0.3)$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.20 + 0.24 + 0.15$$

$$\text{Skor Fuzzy} = 0.59$$

Skor *fuzzy* untuk Indikator Komunitas dan Dukungan *platform Stellar* adalah 0.59

Dari perhitungan skor *fuzzy* untuk *platform Stellar* yang dilakukan pada ke lima indikator diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Skor *Fuzzy* pada *Platform Stellar*

NO	Indikator Kriteria <i>Stellar</i>	Skor <i>Fuzzy</i>
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	0.50
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	0.44
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0.80
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	0.47
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	0.59

Langkah selanjutnya adalah defuzzifikasi menggunakan *fuzzy* Mamdani dan terakhir adalah *ranking platform*.

#### 4.1.4. Hasil Perhitungan Agregasi dan Defuzzifikasi

Setelah mendapatkan skor *fuzzy* pada langkah sebelumnya untuk setiap *platform*, maka selanjutnya melakukan Agregasi dan defuzzifikasi untuk mengubah skor

*fuzzy* kembali menjadi nilai numerik yang dapat dibandingkan. Beberapa perhitungan agregasi dan metode defuzzifikasi yang akan digunakan nantinya pada perhitungan seperti metode *centroid* atau metode *weighted average*. Himpunan nilai untuk Agregasi dan defuzzifikasi Berdasarkan hasil dari perhitungan skor *fuzzy* yaitu hasil dari nilai *fuzzy* rendah, *fuzzy* sedang dan *fuzzy* tinggi. Sebelum melakukan perhitungan defuzzifikasi berikut adalah hasil dari perhitungan skor *fuzzy* seluruh *platform blockchain*.

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Skor *Fuzzy* pada Semua *Platform*

No	Indikator Kriteria	Skor <i>Fuzzy</i>				
		<i>Ethereum</i>	<i>Hyperledger Fabric</i>	<i>NEO</i>	<i>Quorum</i>	<i>Stellar</i>
1	Keamanan ( <i>Security</i> )	0.71	0.71	0.71	0.71	0.50
2	Kinerja ( <i>Performance</i> )	0.32	0.32	0.32	0.44	0.44
3	Skalabilitas ( <i>Scalability</i> )	0.65	0.65	0.65	0.80	0.80
4	Biaya ( <i>Cost</i> )	0.47	0.62	0.47	0.62	0.47
5	Komunitas dan Dukungan ( <i>Community and Supporting</i> )	0.68	0.80	0.71	0.71	0.59

Pada hasil perhitungan skor *fuzzy* diatas merupakan hasil kriteria pada setiap *platform*. Dalam langkah terakhir dari pemrosesan pada *platform blockchain*, digunakan Metode *Centroid* untuk defuzzifikasi nilai fuzzifikasi yang diperoleh dari penilaian kriteria yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil defuzzifikasi ini digunakan nilai merepresentasikan keseluruhan skor *fuzzy* dari setiap *platform*. Proses defuzzifikasi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih konkret dan jelas terhadap penilaian relatif *platform-platform* tersebut. Pada perhitungan nilai defuzzifikasi menggunakan bobot nilai dalam kriteria yang telah disebutkan sebelumnya pada tabel 4.1. berikut adalah perhitungan Agregasi defuzzifikasi pada setiap *platform*.

## 1. *Ethereum*

Dalam tabel 4.14 telah disebutkan hasil dari perhitungan skor *fuzzy* pada setiap *platform*. Adapun perhitungan defuzzifikasinya adalah sebagai berikut.

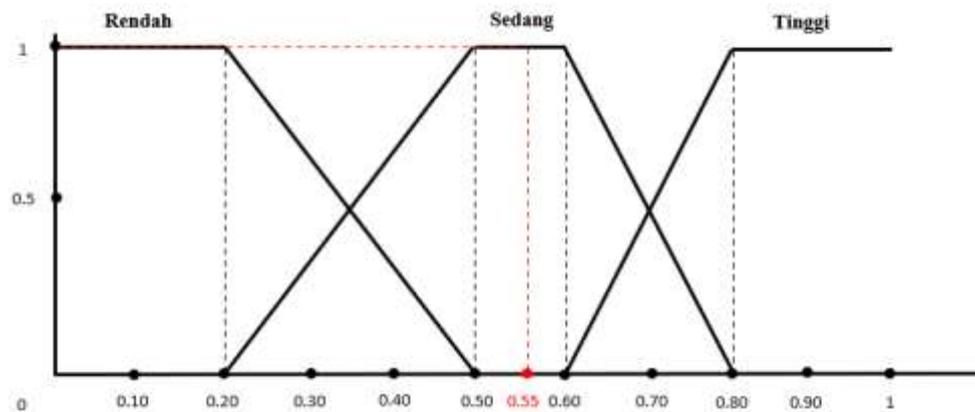
Nilai maksimum *Fuzzyfikasi* = Max (0.71,0.32,0.65,0.47,0.68) = 0.71

$$\text{Defuzzifikasi} = (0.71 \times 0.25) + (0.32 \times 0.20) + (0.65 \times 0.20) + (0.47 \times 0.20) + (0.68 \times 0.15)$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.17 + 0.06 + 0.13 + 0.09 + 0.10$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.55$$

Berikut adalah derajat keanggotaan dalam perhitungan defuzzifikasinya yang menunjukkan apakah kurva pada hasil defuzzifikasi 0.55 rendah, sedang atau tinggi. Berikut hasilnya.



Gambar 4.1 Kurva Derajat Keanggotaan

Dalam kurva fungsi keanggotaan dapat terlihat bentuk fungsi keanggotaan pada nilai 0.56 adalah bentuk trapesium. Berikut adalah fungsinya  $\mu[0.56;0.20, 0.50, 0.60, 0.80]$  Jika dilihat kembali pada rumus fungsi keanggotaan Trapesium yang telah di jelaskan pada bab 2 dimana jika  $(b \leq x \leq c)$  maka nilainya adalah 1. Dapat dilihat pada gambar 4.1 pada hasil kurva derajat keanggotaan *fuzzy* dimana nilai 0.56 berada pada garis antara nilai 0.50 sampai pada nilai 0.60 yang dimana 0.50 adalah nilai a dan 0.60 adalah nilai b maka nilainya adalah 1. Maka pengukuran pada *platform ethereum* untuk pendidikan nilai nilainya adalah sedang.

## 2. *Hyperledger Fabric*

Dalam tabel 4.14 telah disebutkan hasil dari perhitungan skor *fuzzy* pada setiap *platform*. Adapun perhitungan defuzzifikasinya untuk *platform Hyperledger Fabric* adalah sebagai berikut.

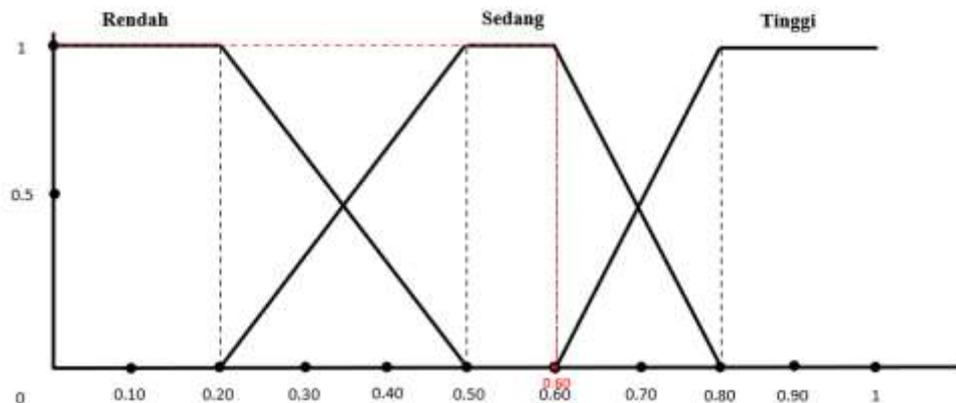
Nilai maksimum *Fuzzyfikasi* =  $\text{Max} (0.71, 0.32, 0.65, 0.62, 0.80) = 0.80$

$$\text{Defuzzifikasi} = (0.71 \times 0.25) + (0.32 \times 0.20) + (0.65 \times 0.20) + (0.62 \times 0.20) + (0.80 \times 0.15)$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.17 + 0.06 + 0.13 + 0.12 + 0.12$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.60$$

Berikut adalah derajat keanggotaan dalam perhitungan defuzzifikasinya yang menunjukkan apakah kurva pada hasil defuzzifikasi 0.60 rendah, sedang atau tinggi. Berikut hasilnya.



Gambar 4.2 Kurva Derajat Keanggotaan

Dalam kurva fungsi keanggotaan dapat terlihat bentuk fungsi keanggotaan pada nilai 0.60 adalah bentuk trapesium. Berikut adalah fungsinya  $\mu[0.60;0.20, 0.50, 0.60, 0.80]$  Jika dilihat kembali pada rumus fungsi keanggotaan Trapesium yang telah di jelaskan pada bab 2 dimana jika  $(b \leq x \leq c)$  maka nilainya adalah 1. Dapat dilihat pada gambar 4.1 pada hasil kurva derajat keanggotaan *fuzzy* dimana nilai 0.60 berada pada garis antara nilai 0.50 sampai pada nilai 0.60 yang dimana 0.50 adalah nilai a dan 0.60 adalah nilai b maka

nilainya adalah 1. Maka pengukuran pada *platform ethereum* untuk pendidikan nilai nilainya adalah sedang.

### 3. *NEO*

Dalam tabel 4.14 telah disebutkan hasil dari perhitungan skor *fuzzy* pada setiap *platform*. Adapun perhitungan defuzzifikasinya untuk *platform NEO* adalah sebagai berikut.

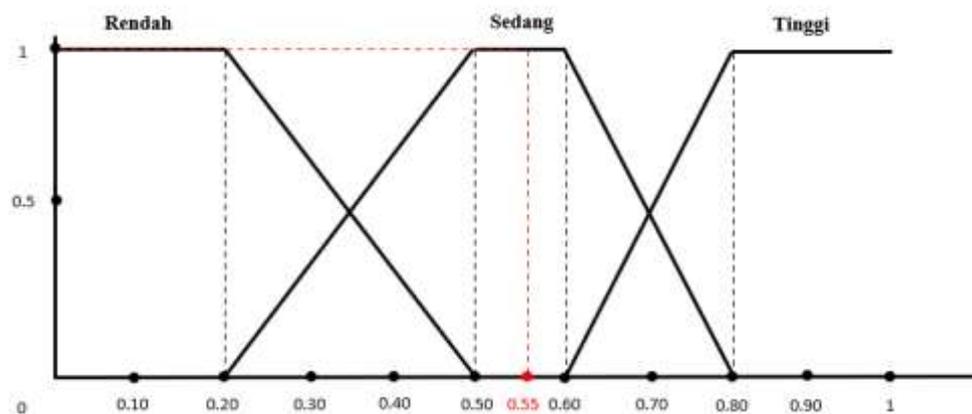
$$\text{Nilai maksimum Fuzzyfikasi} = \text{Max} (0.71, 0.32, 0.65, 0.47, 0.71) = 0.71$$

$$\text{Defuzzifikasi} = (0.71 \times 0.25) + (0.32 \times 0.20) + (0.65 \times 0.20) + (0.47 \times 0.20) + (0.71 \times 0.15)$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.17 + 0.06 + 0.13 + 0.09 + 0.10$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.55$$

Berikut adalah derajat keanggotaan dalam perhitungan defuzzifikasinya yang menunjukkan apakah kurva pada hasil defuzzifikasi 0.55 rendah, sedang atau tinggi. Berikut hasilnya.



Gambar 4.3 Kurva Derajat Keanggotaan

Dalam kurva fungsi keanggotaan dapat terlihat bentuk fungsi keanggotaan pada nilai 0.55 adalah bentuk trapesium. Berikut adalah fungsinya  $\mu[0.55;0.20, 0.50, 0.60, 0.80]$  Jika dilihat kembali pada rumus fungsi keanggotaan

Trapesium yang telah di jelaskan pada bab 2 dimana jika  $(b \leq x \leq c)$  maka nilainya adalah 1. Dapat dilihat pada gambar 4.1 pada hasil kurva derajat keanggotaan *fuzzy* dimana nilai 0.55 berada pada garis antara nilai 0.50 sampai pada nilai 0.60 yang dimana 0.50 adalah nilai a dan 0.60 adalah nilai b maka nilainya adalah 1. Maka pengukuran pada *platform NEO* untuk pendidikan nilai nilainya adalah sedang.

#### 4. *Quorum*

Dalam tabel 4.14 telah disebutkan hasil dari perhitungan skor *fuzzy* pada setiap *platform*. Adapun perhitungan defuzzifikasinya untuk *platform Quorum* adalah sebagai berikut.

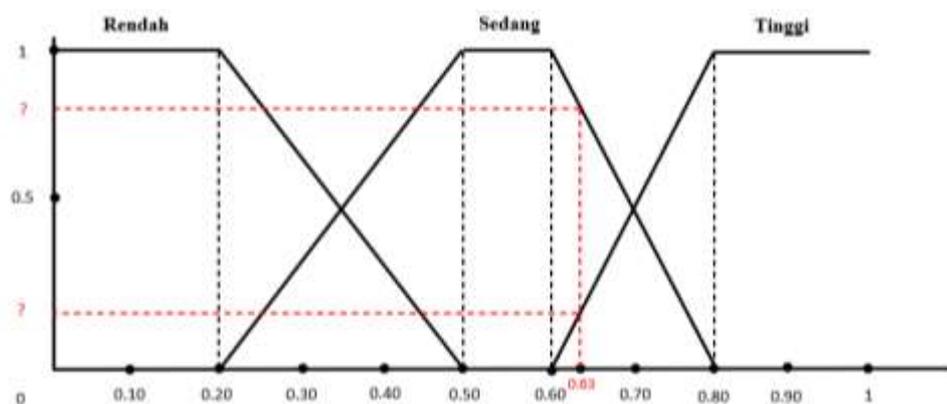
$$\text{Nilai maksimum Fuzzyfikasi} = \text{Max} (0.71, 0.44, 0.80, 0.62, 0.71) = 0.80$$

$$\text{Defuzzifikasi} = (0.71 \times 0.25) + (0.44 \times 0.20) + (0.80 \times 0.20) + (0.62 \times 0.20) + (0.71 \times 0.15)$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.17 + 0.08 + 0.16 + 0.12 + 0.10$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.63$$

Berikut adalah derajat keanggotaan dalam perhitungan defuzzifikasinya yang menunjukkan apakah kurva pada hasil defuzzifikasi 0.63 rendah, sedang atau tinggi. Berikut hasilnya.



Gambar 4.4 Kurva Derajat Keanggotaan

Dapat dilihat pada kurva diatas bahwa nilai 0.63 dapat dihitung dengan nilai fungsi keanggotaan trapesium yaitu sedang dan linier naik pada nilai tinggi. Berikut akan kita hitung terlebih dahulu dengan fungsi keanggotaan trapesium dimana nilai tersebut adalah sedang.

Nilai pada Fungsi keanggotaan hasil dari defuzzifikasi adalah 0.63 dimana nilai tersebut rentang antara nilai 0.60 dan nilai 0.80 maka sesuai pada rumus fungsi keanggotaan trapesium jika  $c \leq x \leq d$  maka rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\mu(x; a, b, c, d) = \left\{ \frac{d - x}{d - c} \right\}$$

$$\mu(0.63; 0.20, 0.50, 0.60, 0.80) = \frac{0.80 - 0.63}{0.80 - 0.60}$$

$$\mu(0.63; 0.20, 0.50, 0.60, 0.80) = \frac{0.17}{0.20}$$

$$\mu = 0.85$$

Maka nilai pada fungsi keanggotaan pada nilai sedang adalah 0.85

Selanjutnya akan dilihat pada derajat keanggotaan pada nilai tinggi dimana jika dilihat pada gambar 4.4 kurva pada nilai tinggi adalah berbentuk linier naik dan nilai 0.63 terletak antara nilai 0.60 sampai dengan 0.80 yang jika kita lihat pada rumus fungsi keanggotaan linier naik adalah sebagai berikut.

$$\mu(x; a, b) = \left\{ \frac{x - a}{b - a} \right\}$$

$$\mu(0.63; 0.60, 0.80) = \frac{0.63 - 0.60}{0.80 - 0.60}$$

$$\mu(0.63; 0.60, 0.80) = \frac{0.03}{0.20}$$

$$\mu = 0.15$$

Maka nilai pada fungsi keanggotaan pada nilai tinggi adalah 0.15 jika dibandingkan dengan nilai sedang yaitu 0.85 maka yang mendekati nilai 1 adalah derajat keanggotaan sedang. Dan nilai 0.63 pada *platform Quorum* adalah sedang.

## 5. Stellar

Dalam tabel 4.14 telah disebutkan hasil dari perhitungan skor *fuzzy* pada setiap *platform*. Adapun perhitungan defuzzifikasinya untuk *platform Stellar* adalah sebagai berikut.

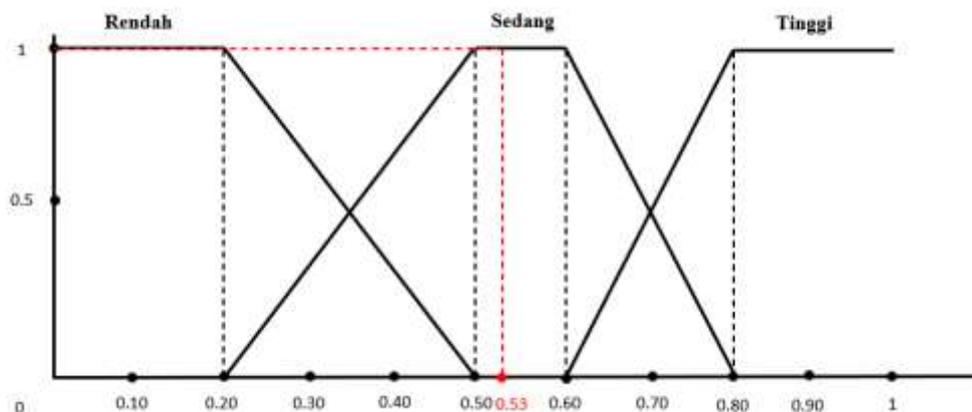
$$\text{Nilai maksimum Fuzzyfikasi} = \text{Max} (0.50, 0.44, 0.80, 0.47, 0.59) = 0.80$$

$$\text{Defuzzifikasi} = (0.50 \times 0.25) + (0.44 \times 0.20) + (0.80 \times 0.20) + \\ (0.47 \times 0.20) + (0.59 \times 0.15)$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.12 + 0.08 + 0.16 + 0.09 + 0.08$$

$$\text{Defuzzifikasi} = 0.53$$

Berikut adalah derajat keanggotaan dalam perhitungan defuzzifikasinya yang menunjukkan apakah kurva pada hasil defuzzifikasi 0.53 rendah, sedang atau tinggi. Berikut hasilnya.



Gambar 4.5 Kurva Derajat Keanggotaan

Dalam kurva fungsi keanggotaan dapat terlihat bentuk fungsi keanggotaan pada nilai 0.53 adalah bentuk trapesium. Berikut adalah fungsinya  $\mu[0.56;0.20, 0.50, 0.60, 0.80]$  Jika dilihat kembali pada rumus fungsi keanggotaan Trapesium yang telah di jelaskan pada bab 2 dimana jika  $(b \leq x \leq c)$  maka nilainya adalah 1. Dapat dilihat pada gambar 4.5 pada hasil kurva derajat keanggotaan *fuzzy* dimana nilai 0.53 berada pada garis antara nilai 0.50 sampai pada nilai 0.60 yang dimana 0.50 adalah nilai a dan 0.60 adalah nilai b maka

nilainya adalah 1. Maka pengukuran pada *platform Stellar* untuk pendidikan nilai nilainya adalah sedang.

#### 4.1.5. *Ranking dan Pemilihan Platform Terbaik*

Setelah perhitungan nilai agregasi dan defuzzifikasi yang dihitung, langkah yang terakhir adalah melakukan *perangkingan* pada *platform-platform* berdasarkan nilai tersebut. *Platform* dengan nilai agregat tertinggi adalah yang dianggap sebagai yang terbaik dalam konteks kriteria dan bobot yang telah ditentukan. Dari perhitungan yang telah dilakukan diatas terdapat kriteria dan nilai sesuai dengan hasil dari masing-masing *platform Blockchain* berikut adalah rangkuman hasil perhitungan nilai menggunakan *Fuzzy MCDA* sebagai berikut.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan *Platform Blockchain*

No	Platform Blockchain	Fuzzyfikasi			Agregasi dan Defuzzifikasi
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	<i>Ethereum</i>	0.00	1.00	0.00	0.55
2	<i>Hyperledger Fabric</i>	0.00	1.00	0.00	0.60
3	<i>NEO</i>	0.00	1.00	0.00	0.55
4	<i>Quorum</i>	0.00	0.85	0.15	0.63
5	<i>Stellar</i>	0.00	1.00	0.00	0.53

Dapat dilihat pada hasil perhitungan *platform* bahwa hasil perhitungan *fuzzy* tertinggi untuk *blockchain* di sektor Pendidikan berdasarkan kategori dan kriteria dari masing-masing *platform* adalah *platform Quorum* dengan nilai Agregasi dan Defuzzifikasi sebesar 0.63 dimana hasil itu memiliki nilai 15% pada *fuzzyfikasi* tinggi dan 85% pada *fuzzyfikasi* sedang dimana yang mendekati nilai tersebut adalah *platform Hyperledger Fabric* dengan nilai Agregasi dan defuzzifikasi sebesar 0.60 kemudian memiliki nilai 0% pada *fuzzyfikasi* tinggi dan 100% pada *fuzzyfikasi* sedang. Maka jika dilakukan *perangkingan* dari urutan pemilihan *platform* terbaik berdasarkan perhitungan menggunakan metode *Fuzzy MCDA* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.15 Perangkingan *Platform Blockchain*

No	Urutan <i>Platform Blockchain</i>	Fuzzyfikasi			Agregasi dan Defuzzifikasi
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	<i>Quorum</i>	0.00	0.85	0.15	0.63
2	<i>Hyperledger Fabric</i>	0.00	1.00	0.00	0.60
3	<i>Ethereum</i>	0.00	1.00	0.00	0.55
4	<i>NEO</i>	0.00	1.00	0.00	0.55
5	<i>Stellar</i>	0.00	1.00	0.00	0.53

Dalam mengevaluasi *platform* terbaik untuk pendidikan berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditentukan, penelitian ini menunjukkan bahwa *Platform Quorum* mendominasi dengan nilai agregasi rata-rata sebesar 0.63. Keunggulan ini didukung oleh sejumlah faktor, termasuk Keamanan (*Security*), Kinerja (*Performance*), Skalabilitas (*Scalability*), Biaya (*Cost*) dan Komunitas dan Dukungan (*Community and Supporting*).

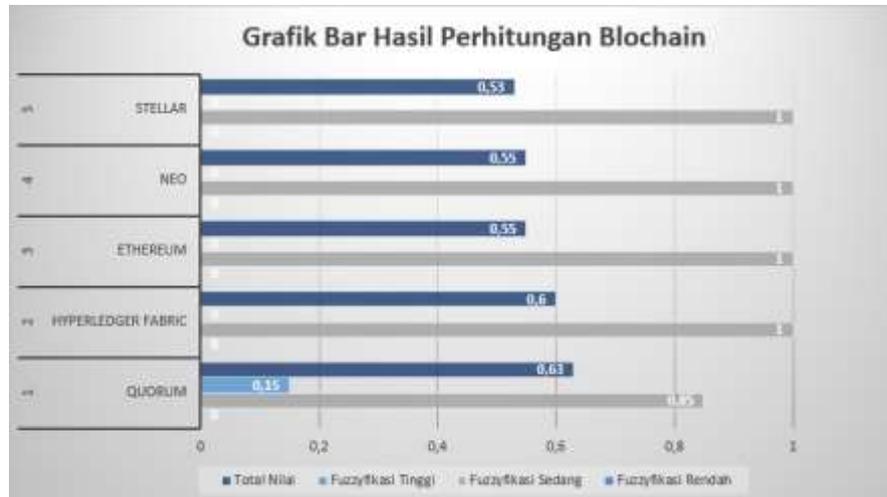
Menyusul *Quorum*, *Hyperledger Fabric* juga memperoleh peringkat tinggi dengan nilai 0.62. *Platform* ini menunjukkan keunggulan dalam beberapa aspek, seperti keamanan dan skalabilitas yang sangat baik kemudian Komunitas dan Dukungan yang sangat baik untuk menangani skala besar, menjadikannya pilihan yang *solid* untuk keperluan pendidikan.

Dalam memilih *platform* terbaik untuk pendidikan, perlu dicatat bahwa kebutuhan dan tujuan spesifik lembaga pendidikan harus diperhitungkan. Penggunaan teknologi *blockchain* dalam pendidikan menjanjikan transformasi signifikan, dan pemilihan *platform* yang tepat akan memastikan tercapainya tujuan pendidikan yang optimal.

#### 4.2. Pembahasan Hasil Penelitian

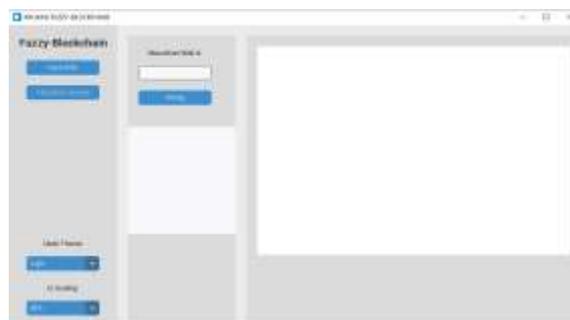
Pembahasan pada hasil penelitian membahas tentang penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini melakukan perhitungan dalam mengukur *platform Blockchain* mana yang terbaik digunakan dalam sektor Pendidikan menggunakan *Fuzzy MCDA*. Pada hasil dan pembahasan telah dilakukan perhitungan hasil dan menghasilkan perhitungan *platform* terbaik menggunakan *Fuzzy MCDA* dimana

*platform Blockchain Quorum* adalah *platform* dengan nilai tertinggi dalam penerapannya di sektor Pendidikan. Berikut adalah Grafik hasil perhitungan pada *Platform Blockchain*.



Gambar 4.6. Grafik Hasil Perhitungan *Platform Blockchain*

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian menggunakan pemrograman untuk menelaraskan hasil pengujian menggunakan aplikasi dengan perhitungan manual pada perhitungan *fuzzy*. Aplikasi ini adalah aplikasi pengolahan menggunakan pemrograman *python* yang telah di konver menjadi aplikasi berbentuk *exe*. Dimana pada aplikasi ini hanya menghitung hasil dari nilai dan agregasi setelah di *inputkan* nilainya akan menampilkan hasil perhitungan *fuzzynya*. Berikut adalah tampilan aplikasinya.

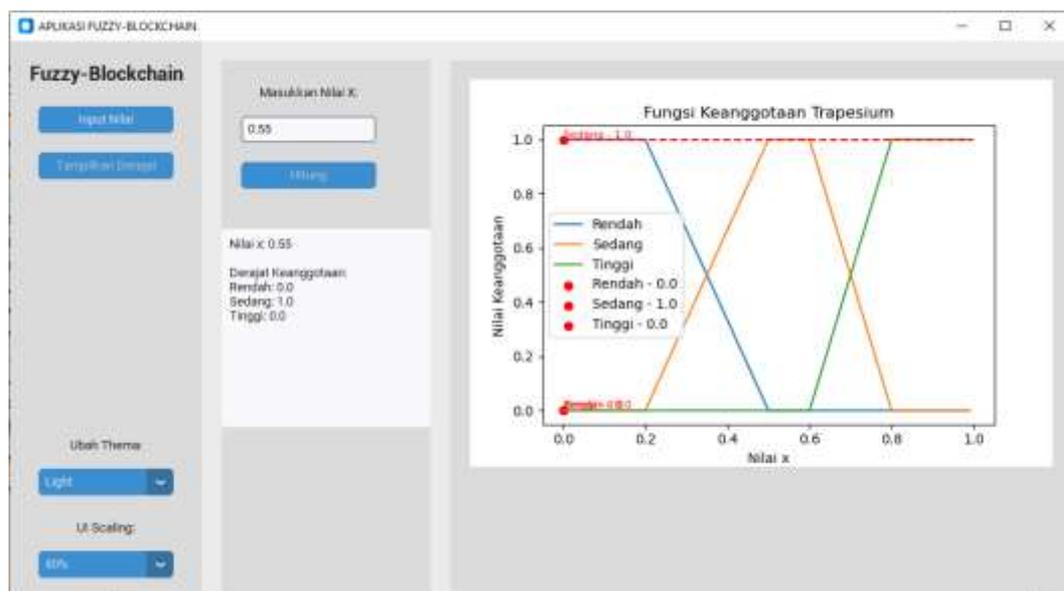


Gambar 4.6. Tampilan aplikasi Perhitungan *Fuzzy*

Dalam hasil perhitungan *fuzzy* pada tabel 4.16 disebutkan hasil dari *perangkingan* perhitungannya setelah dilakukan perhitungan secara manual. Berikut adalah hasil dari perhitungan menggunakan aplikasi pengolahan *fuzzy* sebagai berikut.

#### 4.2.1. Hasil Pengolahan Aplikasi Pada Platform Ethereum

Dalam melibatkan perhitungan manual *fuzzy* pada platform *Ethereum*, ditemukan bahwa hasil agregasi dan defuzzifikasi mencapai angka 0.55. Penting untuk dicatat bahwa nilai *fuzzy* sedang pada tahap ini mencapai 1.00, mencerminkan tingkat ketepatan yang tinggi dalam proses perhitungan. Sementara itu, nilai untuk kategori rendah dan tinggi adalah 0.00, menunjukkan bahwa platform *Ethereum* memperoleh skor yang rendah dalam kedua aspek tersebut. Berikut adalah hasil pengolahan menggunakan aplikasinya.

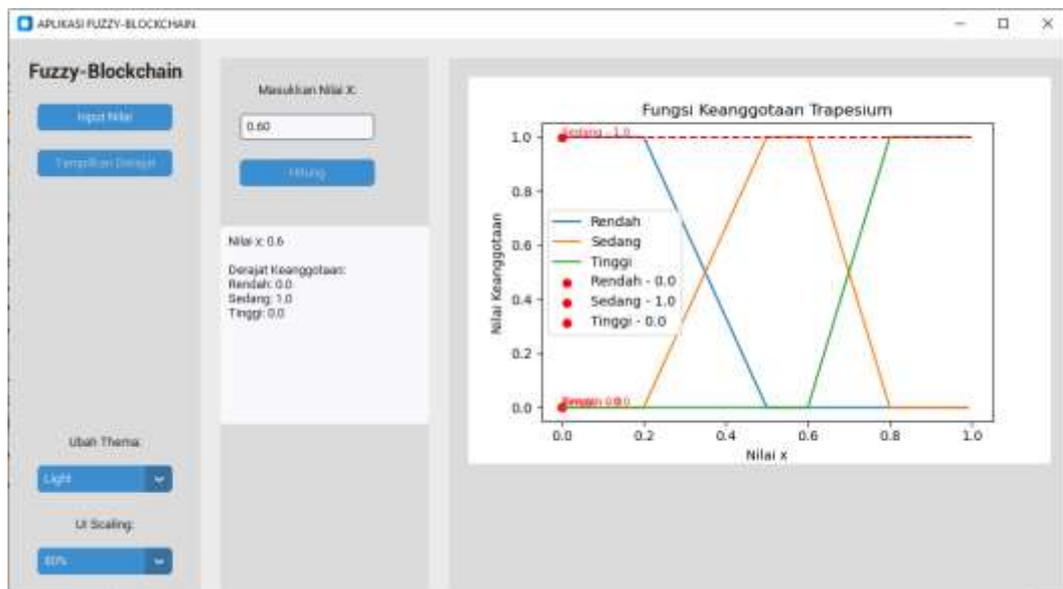


Gambar 4.7. Hasil Perhitungan Aplikasi Pada Platform Ethereum

Dapat dilihat pada hasil pengolahan menggunakan aplikasi nilai hasilnya sama pada perhitungan manual. Hal ini menegaskan bahwa baik perhitungan manual maupun aplikasi dapat diandalkan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan pada hasil platform *Ethereum*.

#### 4.2.2. Hasil Pengolahan Aplikasi Pada Platform Hyperledger Fabric

Dalam melibatkan perhitungan manual *fuzzy* pada platform *Hyperledger Fabric*, ditemukan bahwa hasil agregasi dan defuzzifikasi mencapai angka 0.60. Nilai *fuzzy* sedang pada tahap ini mencapai 1.00, mencerminkan tingkat ketepatan yang tinggi dalam proses perhitungan. Sementara itu, nilai untuk kategori rendah adalah 0.00 dan tinggi adalah 0.00, menunjukkan bahwa platform *Hyperledger Fabric* memperoleh skor yang rendah dalam kedua aspek tersebut. Berikut adalah hasil pengolahan menggunakan aplikasinya.

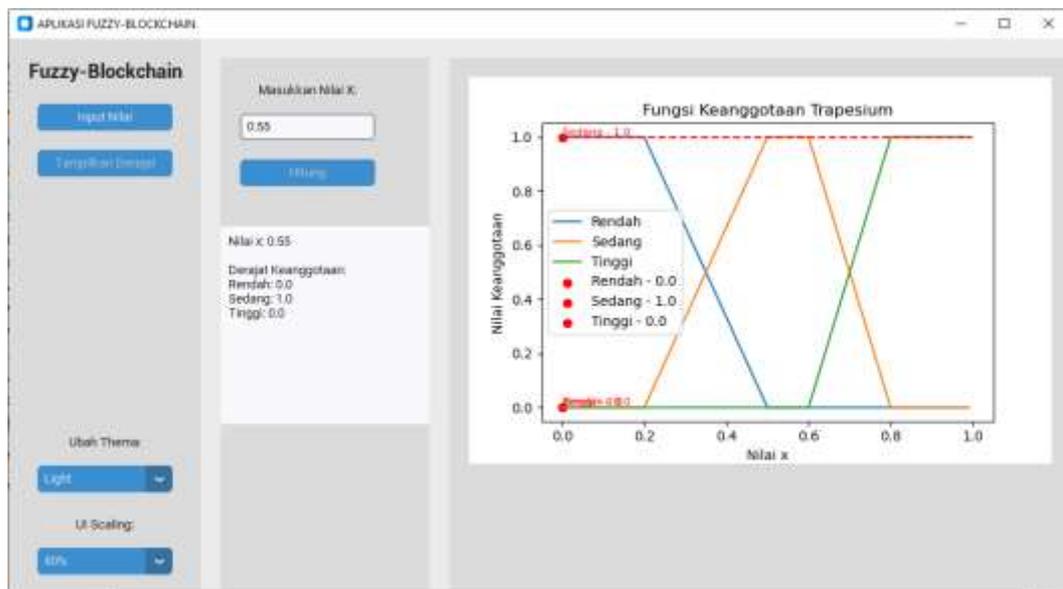


Gambar 4.8. Hasil Perhitungan Aplikasi Pada Platform Hyperledger Fabric

Dapat dilihat pada hasil pengolahan menggunakan aplikasi nilai hasilnya sama pada perhitungan manual. Melalui analisis hasil pengolahan menggunakan aplikasi, ditemukan bahwa nilai hasilnya konsisten dengan perhitungan manual, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini menegaskan bahwa baik perhitungan manual maupun aplikasi dapat diandalkan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan pada hasil platform *Hyperledger Fabric*.

#### 4.2.3. Hasil Pengolahan Aplikasi Pada Platform NEO

Dalam melibatkan perhitungan manual *fuzzy* pada platform NEO, ditemukan bahwa hasil agregasi dan defuzzifikasi mencapai angka 0.55. Penting untuk dicatat bahwa nilai *fuzzy* sedang pada tahap ini mencapai 1.00, mencerminkan tingkat ketepatan yang tinggi dalam proses perhitungan. Sementara itu, nilai untuk kategori rendah dan tinggi adalah 0.00, menunjukkan bahwa platform NEO memperoleh skor yang rendah dalam kedua aspek tersebut. Berikut adalah hasil pengolahan menggunakan aplikasinya.



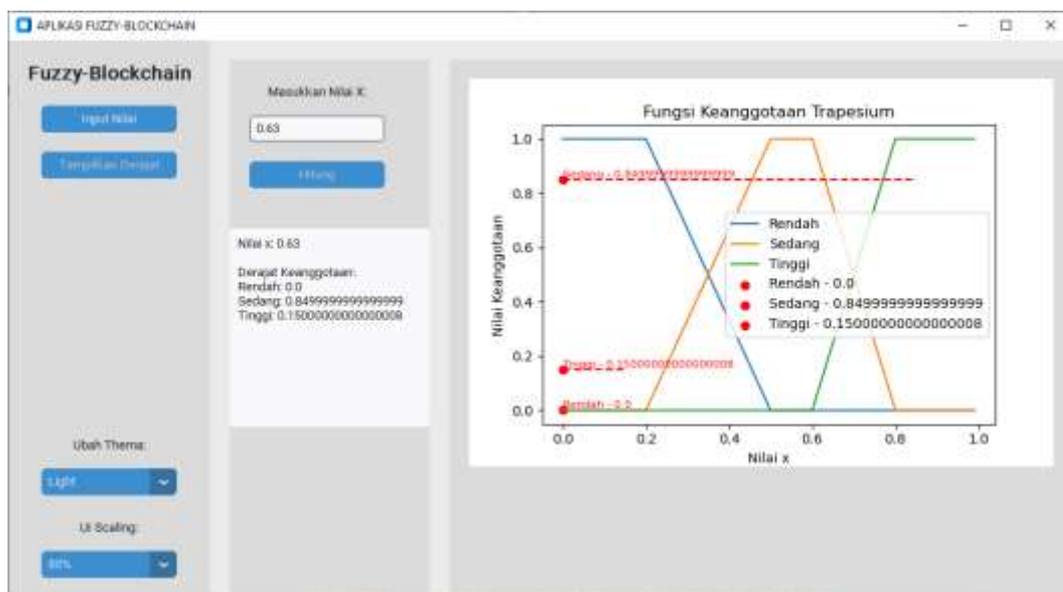
Gambar 4.8. Hasil Perhitungan Aplikasi Pada Platform NEO

Dapat dilihat pada hasil pengolahan menggunakan aplikasi nilai hasilnya sama pada perhitungan manual. Melalui analisis hasil pengolahan menggunakan aplikasi, ditemukan bahwa nilai hasilnya konsisten dengan perhitungan manual, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini menegaskan bahwa baik perhitungan manual maupun aplikasi dapat diandalkan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan pada hasil platform NEO.

#### 4.2.4. Hasil Pengolahan Aplikasi Pada Platform Quorum

Dalam melibatkan perhitungan manual *fuzzy* pada platform Hyperledger Fabric, ditemukan bahwa hasil agregasi dan defuzzifikasi mencapai angka 0.63. Nilai *fuzzy*

sedang pada tahap ini mencapai 0.85, mencerminkan tingkat ketepatan yang tinggi dalam proses perhitungan. Sementara itu, nilai untuk kategori rendah adalah 0.00 dan tinggi adalah 0.15, menunjukkan bahwa *platform Quorum* memperoleh skor yang rendah dalam kedua aspek tersebut. Berikut adalah hasil pengolahan menggunakan aplikasinya.



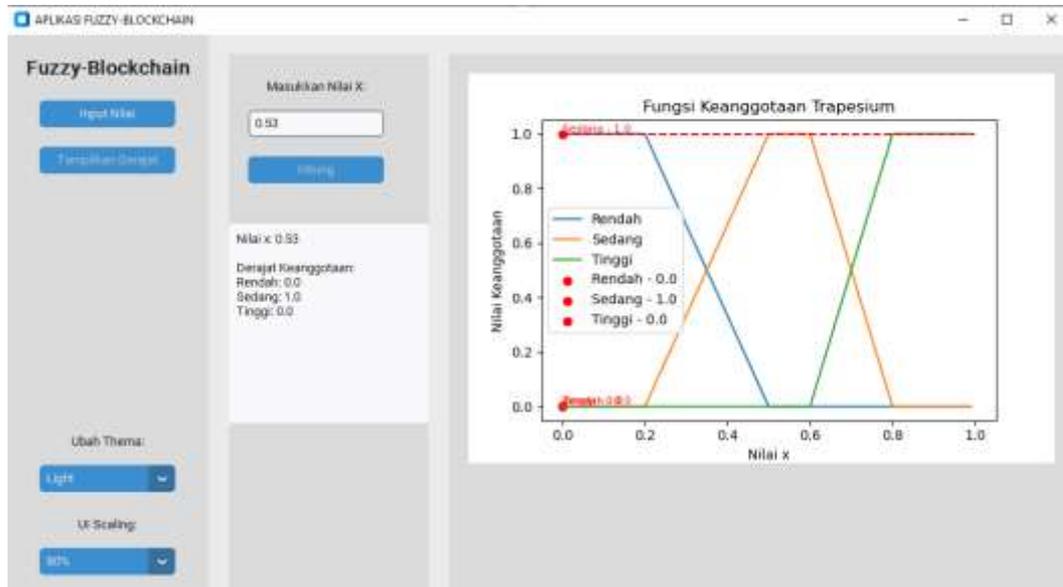
Gambar 4.9. Hasil Perhitungan Aplikasi Pada *Platform Quorum*

Dapat dilihat pada hasil pengolahan menggunakan aplikasi nilai hasilnya sama pada perhitungan manual. Melalui analisis hasil pengolahan menggunakan aplikasi, ditemukan bahwa nilai hasilnya konsisten dengan perhitungan manual, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini menegaskan bahwa baik perhitungan manual maupun aplikasi dapat diandalkan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan pada hasil *platform Quorum*.

#### 4.2.5. Hasil Pengolahan Aplikasi Pada *Platform Stellar*

Dalam melibatkan perhitungan manual *fuzzy* pada *platform Stellar*, ditemukan bahwa hasil agregasi dan defuzzifikasi mencapai angka 0.53. Penting untuk dicatat bahwa nilai *fuzzy* sedang pada tahap ini mencapai 1.00, mencerminkan tingkat ketepatan yang tinggi dalam proses perhitungan. Sementara itu, nilai untuk kategori

rendah dan tinggi adalah 0.00, menunjukkan bahwa *platform Stellar* memperoleh skor yang rendah dalam kedua aspek tersebut. Berikut adalah hasil pengolahan menggunakan aplikasinya.



Gambar 4.10. Hasil Perhitungan Aplikasi Pada *Platform Stellar*

Dapat dilihat pada hasil pengolahan menggunakan aplikasi nilai hasilnya sama pada perhitungan manual. Melalui analisis hasil pengolahan menggunakan aplikasi, ditemukan bahwa nilai hasilnya konsisten dengan perhitungan manual, menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Hal ini menegaskan bahwa baik perhitungan manual maupun aplikasi dapat diandalkan untuk mendapatkan informasi yang akurat dan dapat dipertanggung jawabkan pada hasil *platform Stellar*.

Penggunaan aplikasi khusus untuk memproses data *fuzzy* tersebut memberikan gambaran lebih rinci tentang hasil perhitungan. Aplikasi ini tidak hanya memfasilitasi agregasi dan defuzzifikasi, tetapi juga menyajikan visualisasi yang jelas dan intuitif untuk memahami implikasi dari setiap nilai *fuzzy*. Melalui pengolahan menggunakan aplikasi, dapat diidentifikasi area spesifik di mana *platform Ethereum* mencapai nilai tinggi, serta aspek-aspek tertentu yang mungkin memerlukan peningkatan.

Pada pengujian aplikasi yang telah dilakukan diatas berdasarkan kesamaan pada perhitungan manualnya bahwa pentingnya perhitungan *fuzzy* dalam konteks *platform Blockchain* menjadi semakin jelas melalui proses pengolahan ini, yang memberikan wawasan mendalam tentang kinerja dan tingkat ketepatan *platform*. Analisis yang komprehensif ini dapat menjadi landasan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dan pengembangan strategi perbaikan yang terarah, memastikan bahwa *platform Blockchain* dapat terus berkembang dan memenuhi harapan pengguna dengan lebih baik lagi dalam sektor Pendidikan di Indonesia terlebih Penggunaan teknologi *blockchain* dalam pendidikan menjanjikan transformasi yang signifikan, dan pemilihan *platform* yang tepat akan memastikan tercapainya tujuan pendidikan yang optimal.