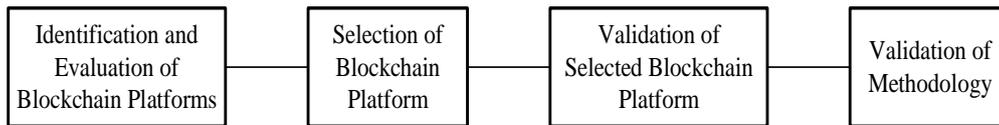


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

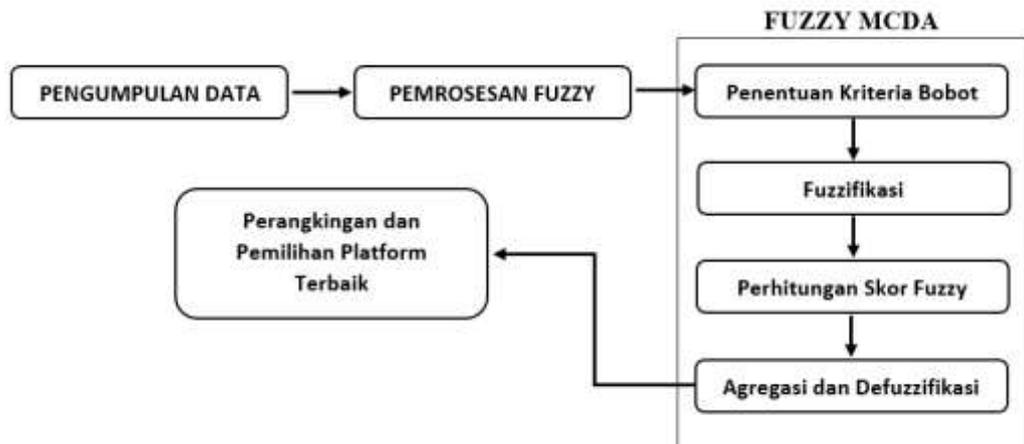
Pada bab ini akan membahas langkah-langkah dari proses penelitian yang akan dilaksanakan, dalam melakukan analisa dan mencari pola rancangan dalam pembuatan penelitian ini untuk memudahkan penelitian dan dapat berjalan dengan sistematis dan memenuhi tujuan yang diinginkan maka dibuat alur penelitian sebagai tahapan dalam penelitian. Studi ini memperkenalkan metodologi untuk memilih *platform blockchain* yang dapat diukur keefektifitasannya dalam bidang pendidikan. Metode penelitian yang diikuti untuk mengembangkan metodologi yang akan diuraikan dalam bagian ini seperti tahapan berikut.



Gambar 3.1. Alur Penelitian Pemilihan Platform *Blockchain*

Dari pemaparan alur penelitian pemilihan platform *blockchain* diatas di sebutkan bahwa *platform blockchain* yang tersedia di industri diidentifikasi dan ditinjau secara rinci antara lain dengan mempertimbangkan jenis jaringan, mekanisme konsensus, bahasa, dan biaya. Selanjutnya digunakan *Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis* untuk mendukung dalam pengambilan keputusan sebagaimana yang telah di sebutkan dalam penelitian [28] bahwa *Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis* adalah metode pendukung atau pengambilan keputusan yang bertujuan untuk menetapkan alternatif peramalan dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu yang akan digunakan dalam model untuk mengambil keputusan untuk menentukan peringkat dan memilih *platform* yang paling sesuai dari *platform* mana yang paling sering digunakan. Dalam penelitian ini digunakan lima platform yang telah di kumpulkan yang dianggap cocok dan dapat diukur keefektifitasnya dalam bidang pendidikan yaitu *Ethereum, Hyperledger Fabric,*

NEO Qourum dan *Stellar*. Platform blockchain ini harus dievaluasi menggunakan metode *Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) untuk memilih platform blockchain yang paling cocok dan efektif digunakan dalam penerapannya pada bidang pendidikan.



Gambar 3.2 Alur Pemrosesan

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data berdasarkan studi literatur pada penelitian terdahulu, sehingga diperoleh kontribusi yaitu pemanfaatan teknologi *blockchain* pada bidang pendidikan. Selanjutnya menyampaikan berdasarkan latar belakangnya penggunaan internet, yang bermanfaat untuk mengungkap pertanyaan-pertanyaan penelitian pertama mengapa *blockchain* menjadi topik yang dapat juga dimanfaatkan bukan saja di keuangan namun juga bisa pada bidang pendidikan. Penelitian ini berfokus pada pemilihan platform Blockchain yang cocok dalam bidang pendidikan dengan menggunakan *Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis* untuk mengukur keefektifitasan terhadap platform *blockchain* yang cocok dalam bidang pendidikan. Dalam pengumpulan data yang dilakukan dalam bab 2 tentang pengumpulan platform Blockchain dari berbagai sumber jurnal yang ditemukan terdapat indikator dimana indikator ini nantinya menjadi tolak ukur dari seberapa efektifnya platform blockchain ini jika disesuaikan dalam dunia Pendidikan. Pada fokus kelima platform blockchain yang telah di tentukan terdapat *Ethereum*, *NEO*, *Stellar*, *Hyperledger Fabric*, dan *Quorum*. Jika dipertimbangkan dalam beberapa referensi penelitian terdahulu dengan pengolahan yang nanti akan menggunakan

Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) dalam konteks penerapan *platform blockchain* dalam Pendidikan terdapat beberapa indikator pada kelima *blockchain* yang dapat diambil yaitu (*keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya, komunitas dan dukungan*). Dalam pengumpulan data yang dilakukan di dapat dari berbagai sumber penelitian yang mengacu pada setiap *platform blockchain*, maka berikut adalah kriteria dari setiap daftar indikator yang telah dikumpulkan dan akan digunakan dalam pemrosesan *fuzzy* pada setiap *platform blockchain*.

Tabel 3.1. Indikator *Platform Blockchain*

Nama Platform	Keamanan	Kinerja	Skalabilitas	Biaya	Komunitas dan Dukungan
<i>Ethereum</i>	Penggunaan algoritma kriptografi	<i>Throughput</i> (jumlah transaksi per detik)	Kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah pengguna dan transaksi tanpa mengorbankan kinerja	Biaya transaksi rata-rata.	Ukuran dan aktifitas komunitas pengembang <i>Ethereum</i> .
	Sejarah keamanan <i>platform</i> dan kontrak pintar	Waktu konfirmasi transaksi	Rencana pengembangan dan implementasi protokol skala <i>Ethereum 2.0</i> .	Biaya penggunaan sumber daya komputasi (<i>gas fees</i>)	Ketersediaan dokumentasi, tutorial, dan sumber daya pendidikan
	Kehadiran kerangka keamanan dan tindakan pencegahan terhadap serangan	Latensi jaringan (waktu yang dibutuhkan untuk transmisi data).	Kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah peserta dan transaksi.	Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>Ethereum</i>	Dukungan teknis dari pengembang dan komunitas.
<i>Hyperledger Fabric</i>	Model keamanan yang digunakan dalam jaringan <i>Fabric</i>	<i>Throughput</i> (jumlah transaksi per detik)	Kemampuan untuk memperluas jaringan dan kanal-kanal transaksi.	Biaya penggunaan sumber daya komputasi.	Ukuran dan aktifitas komunitas pengembang <i>Hyperledger Fabric</i> .
	Pengelolaan identitas dan akses	Waktu konfirmasi transaksi.	Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>Hyperledger Fabric</i>	Ketersediaan dokumentasi dan tutorial.	
	Enkripsi data dan transaksi	Latensi jaringan	Biaya infrastruktur	Dukungan teknis dan	

Nama Platform	Keamanan	Kinerja	Skalabilitas	Biaya	Komunitas dan Dukungan
		dalam jaringan <i>Fabric</i> .		dan manajemen jaringan.	forum komunitas.
<i>NEO</i>	Algoritma kriptografi yang digunakan.	<i>Throughput</i> (jumlah transaksi per detik)	Rencana dan strategi untuk meningkatkan kapasitas transaksi dan skalabilitas jaringan	Biaya transaksi rata-rata.	Ukuran dan aktifitas komunitas pengembang <i>NEO</i> .
	Keamanan protokol konsensus	Waktu blok dan waktu konfirmasi transaksi	Kemampuan untuk memperluas jumlah <i>node</i> dan partisipan jaringan.	Biaya penggunaan sumber daya komputasi.	Ketersediaan dokumentasi dan tutorial.
	Pengelolaan identitas dan kebijakan akses.	Latensi jaringan.		Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>NEO</i> .	Dukungan teknis dan forum diskusi.
<i>Quorum</i>	Penggunaan teknologi keamanan, termasuk enkripsi dan izin akses.	<i>Throughput</i> (jumlah transaksi per detik)	Kemampuan untuk menangani pertumbuhan jumlah pengguna dan transaksi.	Biaya transaksi rata-rata	Ukuran dan aktifitas komunitas pengembang <i>Quorum</i>
	Keandalan protokol konsensus	Waktu blok dan waktu konfirmasi transaksi		Biaya penggunaan sumber daya komputasi	Ketersediaan dokumentasi dan tutorial
	Proteksi terhadap serangan 51% dan serangan lainnya	Latensi jaringan dalam jaringan <i>Quorum</i>	Fleksibilitas dalam mengelola <i>node</i> dan partisipan jaringan	Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>Quorum</i>	Dukungan teknis dan layanan konsultasi
<i>Stellar</i>	Protokol keamanan yang digunakan untuk transaksi dan pertukaran aset.	<i>Throughput</i> (jumlah transaksi per detik).	Kemampuan untuk menangani peningkatan jumlah pengguna dan transaksi.	Biaya transaksi rata-rata.	Ukuran dan aktifitas komunitas pengembang <i>Stellar</i> .

	Sejarah keamanan dan serangan yang berhasil dicegah.	Waktu konfirmasi transaksi	Fleksibilitas dalam memperluas jaringan dan aset digital.	Biaya penggunaan sumber daya komputasi.	Ketersediaan dokumentasi dan tutorial.
	Validitas dan integritas data transaksi.	Latensi jaringan.		Biaya pengembangan aplikasi menggunakan <i>Stellar</i> .	Dukungan teknis dan layanan pelanggan.

Setiap indikator di atas didapat dari beberapa penelitian terdahulu dengan skala numerik atau kualitatif yang sesuai yang dapat diukur, dan kemudian diubah menjadi nilai *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Penggunaan nilai *fuzzy* ini kemudian memungkinkan perbandingan dan analisis lebih lanjut menggunakan teknik *Fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis* (Fuzzy MCDA) untuk menentukan *platform blockchain* terbaik.

3.3. Pemrosesan *Fuzzy*

Setelah melakukan pengumpulan data untuk mendapatkan indikator pada setiap *platform blockchain* yang selanjutnya adalah pemrosesan pada *Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis* FMCD. *Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis* (FMCD) adalah salah satu metode yang bisa membantu pengambil keputusan dalam melakukan pengambilan keputusan terhadap beberapa alternatif keputusan yang harus diambil dengan beberapa kriteria yang menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan *defuzzy* ataupun pengambilan keputusan pada *platform blockchain* untuk keefektifitasan penerapan *blockchain* dalam pendidikan. Penelitian dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan Kriteria dan bobot

Identifikasi kriteria-kriteria yang di pertimbangkan (seperti keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya, komunitas, dan dukungan) pemberian bobot pada masing-masing kriteria sesuai dengan tingkat kepentingannya. Pada penentuan kriteria terdapat lima indikator dimana pada setiap indikator terdapat beberapa kriteria berdasarkan pada ulasan dari penelitian

sebelumnya yang membahas *platform blockchain* yang ada. Berikut adalah kriteria dan bobot yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.2 Kriteria dan Bobot Pada Indikator *Platform Blockchain*

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

Pada penentuan nilai dan bobot diambil berdasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang sudah di jelaskan dalam landasarn teori di bab dua dimana beberapa *platform* seperti *Ethereum*, *Hyperledger Fabric*, *NEO*, *Quorum* dan *Stellar* terdapat beberapa kiteria pada *blockchain* dalam dunia Pendidikan yang dapat diterapkan diantaranya terkait keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya dan sampai pada komunitas dan dukungan. Kemudian dalam penentuan bobot di ambil nilai *range* 100 % dimana pada penilaian bobot dibagi menjadi lima bagian dari indikator pada masing-masing kriteria yang nantinya akan disebutkan. Dalam penelitian sebelumnya yang telah dibahas keamanan dianggap sebagai kriteria yang paling penting sehingga dalam penelitian ini indikator keamanan diberikan nilai bobot terbesar yaitu 0.25, diikuti oleh kinerja, skalabilitas, biaya, dan dukungan komunitas dengan bobot masing-masing 0.2 dan 0.15.

2. Mengumpulkan Data dan Fuzzifikasi

Pada langkah ini adalah mengumpulkan data yang relevan untuk setiap kriteria dari masing-masing *platform blockchain*. Data ini berupa nilai numerik atau kualitatif. Selanjutnya, pemrosesan fuzzifikasi pada data numerik menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy*, yang mengubah nilai numerik menjadi himpunan *fuzzy*. Dalam langkah ini, pengumpulan data

terkait masing-masing kriteria (keamanan, kinerja, skalabilitas, biaya, dan dukungan komunitas) untuk setiap *platform blockchain* yang dievaluasi. Data ini bisa berupa nilai numerik atau kualitatif. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah mengkonversi data numerik tersebut menjadi skor *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy* yang sesuai dengan karakteristik data.

Dalam pengumpulan dan fuzzifikasi untuk menentukan kategori indikator tersebut terdapat dalam kategori rendah, sedang dan tinggi adalah dengan di dasari beberapa hal yaitu penentuan rentang nilai dari masing-masing kategori dimana didalamnya seperti keamanan dalam penggunaan algoritma kriptografi dibagi menjadi tiga kategori : Rendah, Sedang, dan Tinggi, berdasarkan panjang kunci kriptografi yang digunakan. Sebagai contoh jika *platform* menggunakan AES-256 yang merupakan *blokchiptext simetrik* yang dapat mengenkripsi dan dekripsi data/informasi dengan ukuran kunci 256 bit untuk enkripsi, itu akan dianggap memiliki tingkat keanggotaan "Sedang" dalam himpunan *fuzzy* untuk penggunaan algoritma kriptografinya karna memiliki rentang nilai bit 28-256 bit. Berikut adalah contoh fuzzifikasi untuk beberapa indikator pada setiap kriteria.

Tabel 3.3. Fuzzifikasi indikator *platform blockchain* pada setiap kriteria

NO	Kriteria	Fuzifikasi		Indikator
		Kategori	Keterangan	
1	Keamanan (<i>Security</i>)	Rendah	Penggunaan 0 - 128-bit encryption (Tidak Aman)	Penggunaan algoritma kriptografi
		Sedang	Penggunaan 28 - 256-bit encryption (Cukup Aman)	
		Tinggi	Penggunaan 256-bit encryption (Sangat Aman)	
2	Kinerja (<i>Performance</i>)	Rendah	0 - 10 transaksi/detik (Lambat)	<i>Throughput</i> (jumlah transaksi per detik)
		Sedang	10 - 100 transaksi/detik (Cukup Cepat)	
		Tinggi	100 transaksi/detik (Cepat)	
3	Skalabilitas (<i>Scalability</i>)	Rendah	Tidak dapat menangani pertumbuhan (Tidak Scalable)	Kemampuan untuk menangani

		Sedang	Dapat menangani pertumbuhan moderate (<i>Moderately Scalable</i>)	peningkatan jumlah pengguna dan transaksi.
		Tinggi	Dapat menangani pertumbuhan besar (<i>Highly Scalable</i>)	
4	Biaya (<i>Cost</i>)	Rendah	Murah (<i>Low Cost</i>)	Biaya transaksi rata-rata
		Sedang	Terjangkau (<i>Moderate Cost</i>)	
		Tinggi	Mahal (<i>High Cost</i>)	
5	Komunitas dan Dukungan (<i>Community and Supporting</i>)	Rendah	Komunitas kecil dan kurang aktif (Kecil dan Tidak Aktif)	Ukuran dan aktifitas komunitas pengembang
		Sedang	Komunitas sedang aktif (Sedang Aktif)	
		Tinggi	Komunitas besar dan sangat aktif (Besar dan Sangat Aktif)	

Indikator di atas merupakan nilai-nilai numerik atau kualitatif telah diubah menjadi himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang sesuai. Yang selanjutnya adalah mengadaptasi fungsi keanggotaan ini berdasarkan karakteristik dan skala data aktual yang akan dilakukan pemrosesan pada *fuzzy* dan langkah selanjutnya adalah menggabungkan skor *fuzzy* ini dengan bobot kriteria yang telah ditentukan dan melanjutkan dengan langkah-langkah analisis *Fuzzy MCDA*.

3. Menghitung *Score Fuzzy*

pada langkah ini adalah menghitung skor *fuzzy* untuk setiap *platform blockchain* menggunakan nilai fuzzifikasi dan fungsi keanggotaan *fuzzy* yang sesuai. Ini melibatkan perhitungan nilai *fuzzy* untuk setiap kriteria dan setiap *platform*. Perhitungan dilakukan berdasarkan indikator dan kriteria yang telah dilakukan. Berikut adalah rumus perhitungannya berdasarkan kategori rendah, sedang dan tinggi.

Rendah

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 0 \end{array} \frac{\text{Batas Tinggi} - x}{\text{Batas Tinggi} - \text{Batas Rendah}} \right\} \begin{array}{l} \text{jika } x \leq \text{Batas rendah} \\ \text{jika } \text{Batas rendah} < x < \text{Batas tinggi} \\ \text{if } x \geq \text{Batas tinggi} \end{array}$$

Sedang

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 0 \end{array} \frac{x - \text{Batas Rendah}}{\text{Batas Tinggi} - \text{Batas Rendah}} \right\} \begin{array}{l} \text{jika } x < \text{Batas rendah} \text{ atau } x \geq \text{Batas tinggi} \\ \text{jika } \text{Batas rendah} < x < \text{Batas tinggi} \end{array}$$

Tinggi

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 0 \end{array} \frac{x - \text{Batas Rendah}}{\text{Batas Tinggi} - \text{Batas Rendah}} \right\} \begin{array}{l} \text{jika } x \leq \text{Batas rendah} \\ \text{jika } \text{Batas rendah} < x < \text{Batas tinggi} \\ \text{if } x \geq \text{Batas tinggi} \end{array}$$

Dalam rumus-rumus di atas, x adalah nilai indikator, dan "Batas Rendah" dan "Batas Tinggi" adalah nilai batas yang memisahkan antara himpunan *fuzzy* rendah, sedang, dan tinggi. Nilai-nilai batas ini berdasarkan karakteristik data aktual yang telah miliki. Dengan menggunakan rumus-rumus ini dapat menghitung skor *fuzzy* untuk setiap kriteria pada setiap *platform blockchain* yang akan dibandingkan dalam analisis *Fuzzy MCDA*.

4. Agregasi dan Defuzzifikasi

setelah mendapatkan skor *fuzzy* pada langkah sebelumnya untuk setiap *platform*, yang selanjutnya adalah melakukan Agregasi dan defuzzifikasi untuk mengubah skor *fuzzy* kembali menjadi nilai numerik yang dapat dibandingkan. Agregasi menggabungkan informasi *fuzzy* dari berbagai sumber atau aturan menjadi satu nilai *fuzzy* tunggal yang mencerminkan hasil keseluruhan. Ini adalah langkah penting dalam sistem pengontrol *fuzzy* (*fuzzy control systems*) dan sistem kecerdasan buatan lainnya yang menggunakan logika *fuzzy*. Pada tahapan ini akan mengagregasikan nilai dari skor *fuzzy* yang kemudian dilakukan defuzzifikasi untuk setiap *platform* menggunakan bobot kriteria yang telah ditentukan. Ini melibatkan perhitungan nilai agregat yang mencerminkan penilaian *fuzzy* dari setiap kriteria dan bobotnya. Beberapa metode defuzzifikasi yang akan digunakan nantinya pada

perhitungan seperti metode *centroid* atau metode *weighted average*. Pada pemrosesan ini menggunakan nilai numerik dengan metode *centroid* dan berikut adalah rumusnya.

$$\text{Nilai Numerik} = \frac{\sum(\text{Score Fuzzy} \times \text{Nilai Fuzzy})}{\sum \text{Score Fuzzy}}$$

Pada himpunan nilai untuk defuzzifikasi menggunakan nilai *fuzzy* rendah, *fuzzy* sedang dan *fuzzy* tinggi. Seperti tabel berikut.

Tabel 3.4 Himpunan Defuzzifikasi.

NO	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Nilai	Keterangan
1	<i>Fuzzy</i> Rendah	0	FR
2	<i>Fuzzy</i> Sedang	0,5	FS
3	<i>Fuzzy</i> Tinggi	1	FT

Pada perhitungan nilainya adalah sebagai berikut.

- a. Hitungan Nilai Pembilang

$$\text{Pembilang} = (\text{FR} \times 0) + (\text{FS} \times 0,5) + (\text{FT} \times 1)$$

- b. Hitungan nilai Penyebut

$$\text{Penyebut} = \text{FR} + \text{FS} + \text{FT}$$

- c. Hitungan Nilai Numerik (Defuzzifikasi)

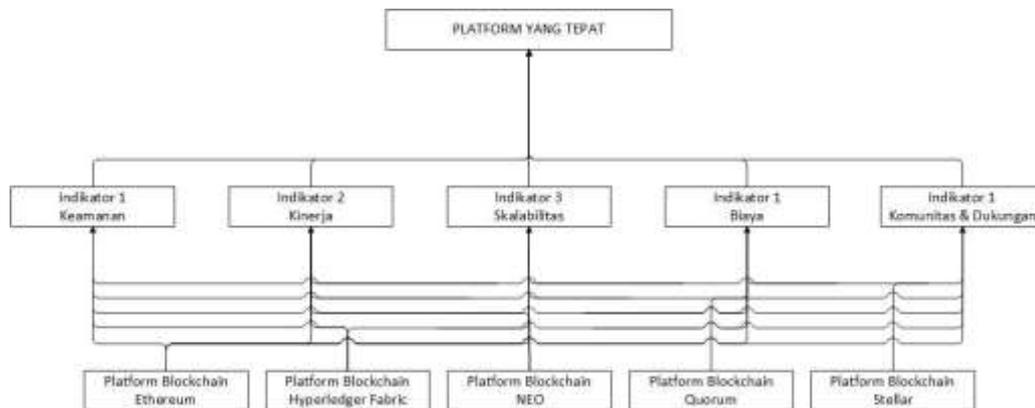
$$\text{Nilai Numerik} = \frac{\text{Pembilang}}{\text{Penyebut}}$$

Perhitungan tersebut dilakukan secara berulang pada setiap indikator dari keamanan hingga dukungan dan komunitas dan dilakukan perhitungan dengan menampilkan hasil grafik dari fungsi keanggotaan.

5. Rangkaing dan Pemilihan *Platform* Terbaik

Setelah nilai agregat dan defuzzifikasi yang dihitung, langkah yang terakhir adalah melakukan perankingan 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.

Pemrosesan *Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis* (FMCD) dilakukan dengan beberapa indikator dan *platform* yang akan di pilih nantinya. Indikator sendiri merupakan *variable-variable* yang akan digunakan untuk menentukan dalam pemilihan *platform* pada proses *fuzzy*. Berikut adalah alur pemrosesan *fuzzy* dengan menggunakan *Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis* (FMCD).



Gambar 3.3 Alur Pemrosesan *Fuzzy*

Dari gambar diatas dapat dilihat alur pemrosesan pada *Fuzzy Multi Criteria Decision Analysis* (FMCD) dimana pada *platform* masing-masing *Blockchain* akan terhubung pada indikator apasaja yang berkaitan dengan pendidikan sehingga dapat menentukan pemilihan *blockchain* untuk keefektifitasannya dalam penerapan *blockchain* pada pendidikan yang tepat.

3.4. Evaluasi dan Hasil

Pada tahap evaluasi dan hasil dilakukan setelah pengolahan dalam pengumpulan data berdasarkan studi literatur pada penelitian terdahulu, sehingga diperoleh kontribusi yaitu pemilihan platform *blockchain* yang cocok pada bidang pendidikan dan juga pada pemrosesan perhitungan *Fuzzy* dalam pengambilan keputusan untuk penerapan *platform blockchain* pada pendidikan. Pada hasil evaluasi perankingan pada *platform-platform* berdasarkan nilai yang didapat pada masing-masing *platform blockchain*. *Platform* dengan nilai agregat tertinggi adalah yang dianggap sebagai yang terbaik dalam konteks kriteria dan bobot yang telah ditentukan.