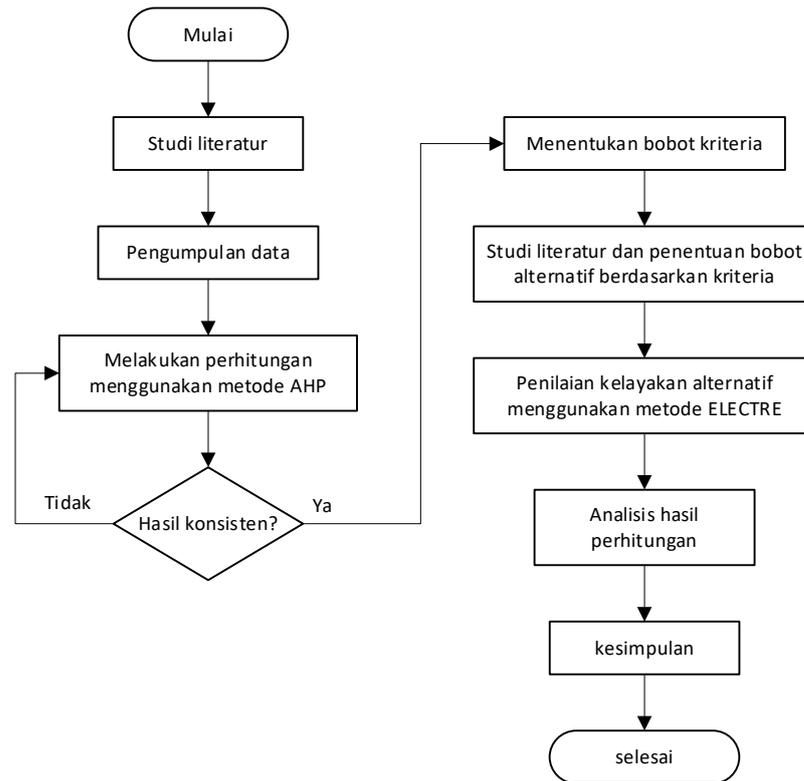


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Panduan dalam melakukan penelitian diperlukan sebagai prosedur penelitian yang terstruktur dan sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mengumpulkan data informasi dari berbagai basis data seperti Google Scholar, IEEE, Research Gate, Science Direct, dan sumber-sumber jurnal internasional dan internasional lainnya. Data informasi tersebut berkaitan dengan topik penelitian yaitu PLTN, *Analytical Hierarchy Process*, *Nuclear Power Plant Site Selection*, dan ELECTRE. Berdasarkan data dan informasi dari studi literatur didapatkan kriteria kriteria pendukung untuk pemilihan lokasi PLTN, penilaian bobot elemen kriteria didasarkan pada pendapat para *expert*. Metode AHP dilakukan untuk menentukan urutan prioritas kriteria dan menentukan bobot kriteria. Perhitungan metode AHP dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel*. Perhitungan matriks perbandingan berpasangan pada metode AHP dapat dikatakan konsisten apabila nilai *Consistency Ratio* (CR) $\leq 0,1$ atau $CR \leq 10\%$. Penentuan bobot alternatif terhadap kriteria dilakukan dengan studi literatur mengenai kondisi lokasi yang ada. Nilai bobot kepentingan kriteria dan vektor prioritas pada metode AHP digunakan untuk perhitungan lanjutan pada metode ELECTRE untuk menentukan alternatif atau lokasi berdasarkan kriteria. **Gambar 3.1** menunjukkan diagram alir dari proses prosedur penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

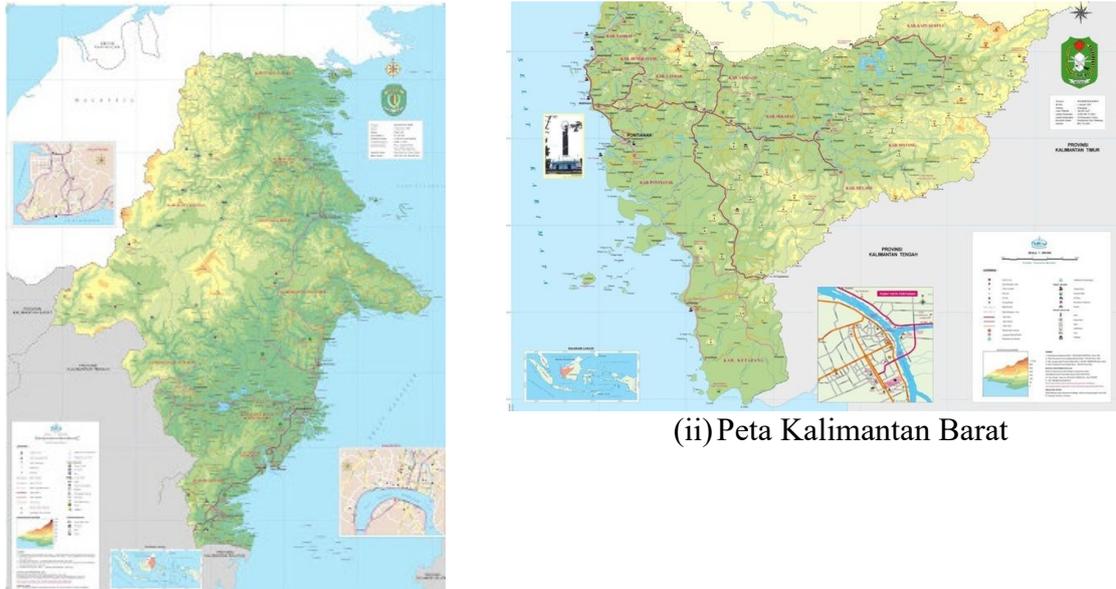
3.2 Karakteristik Area Studi

Penelitian ini berfokus hanya pada Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur sebagai lokasi alternatif yang akan diteliti. Secara geografis Provinsi Kalimantan Barat terletak pada $2^{\circ}08' \text{ LU} - 3^{\circ}05' \text{ LS}$ dan $108^{\circ}0' \text{ BT} - 114^{\circ}10' \text{ BT}$. Sedangkan Provinsi Kalimantan Timur terletak pada $113^{\circ}44' \text{ BT} - 119^{\circ}00' \text{ BT}$ dan $2^{\circ}33' \text{ LU} - 2^{\circ}25' \text{ LS}$.

Tabel 3. 1 Profil Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur

Informasi	Provinsi Kalimantan Barat	Provinsi Kalimantan Timur
Batas Wilayah	Utara : Sarawak (Malaysia) Timur : Kalimantan Timur Selatan : Laut Jawa & Provinsi Kalimantan Tengah Barat : Laut Natuna dan Selat Karimata	Utara : Provinsi Kalimantan Utara Timur : Selat Makasar & Laut Sulawesi Selatan : Provinsi Kalimantan Selatan Barat : Provinsi Kalimantan Tengah, Provinsi Kalimantan Barat
Luas Wilayah	147.037 km ²	126.981,279 km ²

Provinsi Kalimantan Barat memiliki iklim panas dengan kelembaban yang tinggi. 61,78% luas tanah di Kalimantan Barat adalah hutan dan area pemukiman sebesar 0,59%. Suhu maksimum di Kalimantan Barat pada tahun 2022 mencapai 34,20°C dan minimum 21,80°C. Kecepatan Angin paling tinggi mencapai 31,00 m/detik dengan tekanan udara tertinggi 1.014,50 mb. Curah hujan selama tahun 2022 sebanyak 3.040,60 mm dengan 200 hari hujan dan 70% penyinaran matahari. Terdapat penurunan curah hujan dari tahun 2021 sebesar 2.918,20 mm. Jumlah penduduk Provinsi Kalimantan Barat tahun 2022 berjumlah 5,54 juta jiwa dengan kepadatan penduduk sekitar 38 Jiwa per km². Laju pertumbuhan penduduk sekitar 1,33% per tahun selama dua tahun terakhir (2020–2022). Sekitar 89,99% rumah tangga menggunakan listrik dari PLN. Menurut Data PT. PLN (Persero) Wilayah V, terjadi peningkatan daya terpasang pada tahun 2022 yaitu sebesar 111.713 KW dibandingkan dengan kondisi daya terpasang tahun 2021 sebesar 111.407 KW. total produksi listrik yang dihasilkan PLN pada 2022 sebesar 171,72 juta KWh, mengalami penurunan sebanyak 19,06 ribu KWh dibandingkan produksi tahun 2021. Di Kalimantan Barat, sebagian besar tanahnya berwarna kuning, podsolete merah, podsol, dan alluvial. Selain itu, jalan-jalan di wilayah tersebut memiliki aksesibilitas sepanjang 1534,75 km dengan kondisi baik, sedang, rusak, dan rusak berat (BPS, 2023a). Sedangkan Provinsi Kalimantan Timur memiliki luas wilayah sebesar 126.981,279 km². Suhu rata-rata di Kalimantan Timur adalah 27,2°C dengan suhu tertinggi 36,4 °C dan terendah 21,1°C. Kelembaban udara rata-rata 84,2%, dengan nilai tertinggi 100% dan terendah 39%. Jumlah curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2985,0 mm, dan jumlah hari hujan tahunan sebanyak 203 hari. Pada Tahun 2022 penduduk Kalimantan Timur mencapai 3,86 juta jiwa. Terdapat penambahan sebanyak 93,74 ribu jiwa dalam rentang waktu dua tahun (2020-2022). Produksi listrik di 4 Cabang/Ranting PLN di Kalimantan Timur pada tahun 2022 mencapai 4.250,97 juta KWH. Dari jumlah tersebut, 3.983,87 juta KWH terjual; 27,51 juta KWH dipakai sendiri; dan 283 juta KW susut/hilang. Jumlah pelanggan listrik di setiap Kabupaten dan Kota di Kalimantan Timur meningkat(BPS, 2023b).



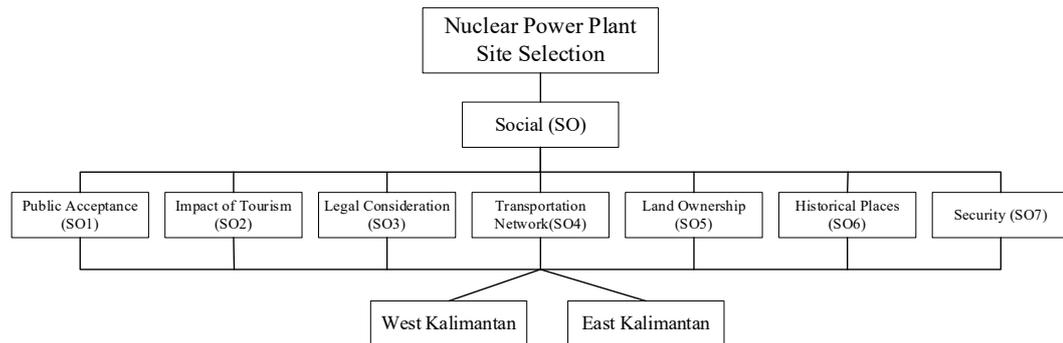
(i) Peta Kalimantan Timur

(ii) Peta Kalimantan Barat

Gambar 3. 2 Peta Lokasi Kandidat PLTN

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini didapatkan dari melakukan *focus group discussion* (FGD). Anggota *panel expert* yang terlibat dalam FGD memiliki lebih dari 10 tahun pengalaman kerja di perguruan tinggi negeri dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dengan latar belakang pendidikan doktoral di bidang sains dan teknik. Para panel expert terlibat dalam menetapkan kriteria pendukung penentuan lokasi dengan aturan yang ada di Indonesia beserta karakteristik dan kebijakannya. Selain melalui diskusi FGD, metode studi literatur yang terstruktur dan sistematis diterapkan sebagai upaya pengumpulan data. Langkah pertama adalah melakukan pencarian dan pengumpulan data dari berbagai sumber yang kredibel seperti jurnal ilmiah, laporan penelitian, buku, sumber informasi daring (internet) yang relevan dengan topik penelitian. Data yang dikumpulkan dapat digunakan sebagai rujukan dan memperluas pemahaman terkait topik penelitian. Langkah berikutnya adalah evaluasi analisis data dengan mendiskusikan hasil studi literatur. Data yang telah dievaluasi kemudian dikelompokkan berdasarkan kriteria, subkriteria, dan alternatif terpilih untuk dijadikan struktur hirarki seperti pada **Gambar 3.2**. Struktur hirarki digunakan untuk teknik *pairwise comparison* dengan metode MCDM untuk membandingkan alternatif terhadap kriteria.



Gambar 3. 3 Pohon Hirarki Pendirian Lokasi PLTN

3.4 Metode Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan metode AHP untuk melakukan analisis data dan menentukan nilai bobot setiap kriteria. Nilai bobot kriteria yang didapat metode AHP juga digunakan sebagai penentu urutan prioritas kriteria. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel yang dapat membantu mengolah data dengan efektif dan dapat diandalkan. Untuk menentukan lokasi pembangunan PLTN yang optimal, metode ELECTRE dapat digunakan sebagai pembandingan dan penentu urutan alternatif yang paling sesuai.

3.4.1 Tahapan AHP

Analytic Hierarchy Process digunakan untuk menentukan bobot dan urutan prioritas kriteria (Saaty, 1987). Kriteria-kriteria ini diperoleh berdasarkan studi literatur mengenai topik terkait menurut pendapat para expert. Pembobotan didapatkan dari membandingkan kriteria dengan kriteria lainnya atau disebut *pairwise comparison*. Untuk menentukan tingkat prioritas masing-masing variabel, dilakukan penilaian berdasarkan pertimbangan para ahli pada bidangnya dengan menggunakan skala AHP. Tabel 3.2 digunakan sebagai skala ketentuan metode AHP untuk penilaian numerik atau pembobotan.

Tabel 3. 2 Skala Nilai AHP

Tingkat Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Sama penting	Kedua elemen memiliki pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Salah satu elemen sedikit lebih penting dari elemen lainnya
5	Lebih penting	Penilaian lebih mendukung salah satu elemen
7	Sangat penting	Salah satu elemen jauh lebih penting
9	Ekstrim sangat penting	Salah satu elemen mutlak kepentingannya
2,4,6,8	Nilai kepentingan jika berada di antara dua nilai	Jika elemen memiliki kepentingan di antara dua kepastian kepentingan
1/3, 1/5, 1/7, 1/9	Nilai perbandingan terbalik	Jika kriteria i memiliki pengaruh yang lebih tinggi daripada kriteria j, maka nilai dari kriteria j merupakan kebalikan yang dibandingkan dengan kriteria i.

Setelah pembobotan pada setiap kriteria, terdapat langkah langkah yang harus dilakukan pada tahap AHP:

1. Pembobotan elemen dilakukan dengan membandingkan kriteria pada baris terhadap kriteria pada kolom untuk menentukan matriks perbandingan berpasangan. Bobot penilaian ditentukan berdasarkan kepentingan prioritas dari setiap elemennya.
2. Langkah berikutnya adalah menormalisasi matriks perbandingan berpasangan dengan menjumlahkan setiap kolom. Kemudian nilai elemen berpasangan dibagi dengan jumlah setiap kolom. Normalisasi dilakukan untuk mendapatkan tingkat prioritas dalam penentuan lokasi npp.
3. Kemudian menghitung nilai *eigen value* (λ_{max}), nilai *consistency index* (CI), dan nilai *consistency ratio* (CR) dari semua kriteria. Hirarki bisa dikatakan konsisten apabila nilai $CR \leq 0,1$.

Rumus penilaian consistency ratio:

$$CR = \frac{CI}{IR}$$

Dimana:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

IR = *Index Random Consistency*

Nilai yang digunakan untuk IR terdapat pada **Tabel 3.2**. n menunjukkan banyaknya kriteria yang digunakan.

Tabel 3. 3 Nilai Index Random (IR)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IR	0	0	0,52	0,89	1,12	1,26	1,36	1,41	1,46

3.4.2 Tahapan ELECTRE

Penelitian ini menggunakan metode *Elimination and Choice Translating Reality* sebagai penentu lokasi pembangunan PLTN. Konsep outranking digunakan sebagai perbandingan berpasangan dari alternatif berdasarkan bobot prioritas dari kriteria kriteria yang sudah ditentukan. Matriks keputusan disusun berdasarkan penilaian pemberi keputusan pada kriteria terhadap alternatif. Setelah menentukan matriks keputusan terdapat langkah-langkah penyelesaian menggunakan metode ELECTRE (Pinem, 2017a; Satria et al., 2019; Setiawan et al., 2015):

Sebelum menghitung Susunlah matriks keputusan alternatif berdasarkan kriteria menggunakan variabel linguistik. Konversi variable linguistic pada matriks menjadi angka.

Tabel 3. 4 Skala Linguistik ELECTRE

<i>Linguistics Variable</i>	N
<i>Very Poor (VP)</i>	1
<i>Poor (P)</i>	2
<i>Moderate (M)</i>	3
<i>Good (G)</i>	4
<i>Very Good (VG)</i>	5

1. *Normalise Decision Matix*

Dilakukan prosedur normalisai agar setiap atribut dapat menjadi nilai yang comparable.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$

r_{ij} = normalisasi pengukuran pilihan berdasarkan alternatif (i) dan kriteria (j)

x_{ij} = bobot alternatif (i) terhadap kriteria (j)

Kemudian didapatkan matriks R hasil normalisasi

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Dimana m menyatakan alternatif, n menyatakan kriteria dan r_{ij} adalah normalisasi pengukuran pilihan dari alternatif ke- i dalam hubungannya dengan kriteria ke- j .

2. Normalisasi bobot kriteria matriks

Setiap kolom dari matriks R dikalikan dengan bobot masing-masing kriteria yang telah ditentukan

$$V = r_{ij} \times w_j \quad (2)$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = RW = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

Dimana

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \cdots & w_n \\ w_1 & w_2 & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & w_n \end{bmatrix}$$

3. Menentukan *concordance* dan *discordance set*.

Menentukan indeks kesesuaian dengan rumus :

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{ij}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Dan indeks ketidaksesuaian dengan rumus:

$$D_{kl} = \{j, y_{kj} < y_{ij}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

4. Hitung matrix *concordance* dan *discordance*

Untuk menentukan nilai dari elemen-elemen pada matriks concordance, bobot subset concordance dijumlahkan dengan rumus:

$$C_{kl} = \sum_{j \in w} w_j \quad (5)$$

Matrix *concordance* dan *discordance*

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & - & c_{23} & \cdots & c_{2n} \\ \cdots & \cdots & & & \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

Untuk menentukan nilai dari elemen-elemen pada matriks discordance adalah dengan membagi maksimum selisih nilai kriteria yang termasuk dalam subset discordance dengan maksimum selisih nilai seluruh kriteria yang ada, secara matematisnya adalah:

$$d_{kl} = \frac{\max \{ |v_{kj} - v_{ij}| \mid j \in D_{kl} \}}{\max \{ |v_{kj} - v_{ij}| \mid \forall j \}} \quad (6)$$

Diperoleh matriks discordance:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & - & d_{23} & \cdots & d_{2n} \\ \cdots & \cdots & & & \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \cdots & - \end{bmatrix}$$

5. Matriks dominan *concordance* dan *discordance*

setiap nilai elemen matriks concordance dengan nilai threshold dibandingkan:

$$c_{kl} \geq c^-$$

Dimana threshold (c^-):

$$c^- = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n c_{kl}}{m * (m - 1)} \quad (7)$$

Elemen matriks f sebagai matriks dominan concordance ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{cases} f_{kl} = 1 & \text{if } c_{kl} \geq c^- \\ f_{kl} = 0 & \text{if } c_{kl} < c^- \end{cases} \quad (8)$$

Untuk menentukan matriks dominan discordance juga menggunakan bantuan nilai threshold:

$$d^- = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n d_{kl}}{m * (m - 1)} \quad (9)$$

Nilai elemen matriks g sebagai matriks dominan discordance ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{cases} g_{kl} = 1 & \text{if } d_{kl} \leq d^- \\ g_{kl} = 0 & \text{if } d_{kl} > d^- \end{cases} \quad (10)$$

6. Menentukan *aggregate dominance matrix*

Setiap elemen matriks f dan elemen matriks g dikalikan untuk menentukan *aggregate dominance matrix*.

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \quad (11)$$

7. Eliminasi Alternatif

Penentuan urutan alternatif terbaik adalah dengan menjumlahkan setiap $e_{kl} = 1$. Matriks e dengan jumlah $e_{kl} = 1$ paling sedikit dieliminasi. Alternatif terbaik adalah alternatif yang mendominasi alternatif lainnya