

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil *review* jurnal, ada beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Penelitian tersebut telah disajikan pada Tabel 2.1. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
1.	(Budianta, 2020)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerawanan tanah longsor di area studi yaitu Desa Tegalrejo dan Mertelu menggunakan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP). Dari parameter yang dipertimbangkan yaitu jenis batuan, kemiringan lereng, tata guna lahan, dan kemiringan lereng menjadi faktor paling dominan, diikuti oleh jenis batuan dan tata guna lahan. Berdasarkan hasil analisis, peta yang dihasilkan menunjukkan bahwa Desa Tegalrejo dan Mertelu memiliki tingkat kerawanan longsor yang tinggi, sementara desa lain berada pada tingkat sedang hingga rendah. Peta kerawanan tanah longsor ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan pemerintah setempat.

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
2.	(Bhagya et al., 2023)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	<p>Penelitian di Distrik Kottayam, India, bertujuan untuk mengevaluasi kerentanan tanah longsor menggunakan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) dan Fuzzy-AHP, serta membandingkannya dengan model TISSA dan NCESS. Memberikan rekomendasi yang lebih akurat untuk perencanaan evakuasi dan infrastruktur dengan mengidentifikasi zona rawan menggunakan metode yang lebih kaya secara spasial dan temporer. Berdasarkan sepuluh faktor pemicu seperti kemiringan lereng, tekstur tanah, dan indeks satelit, hasil validasi menunjukkan bahwa <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) memberikan performa sangat baik dengan nilai AUC sebesar 0,867. Meskipun TISSA memiliki kinerja tertinggi, <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) tetap menonjol sebagai metode yang akurat dan terstruktur, memungkinkan integrasi penilaian pakar dan data spasial dalam pemetaan zona rawan.</p>

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
3.	(Andrian et al., 2022)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bencana tanah longsor dan lokasi rawan bencana tanah longsor di Desa Lubuk Sidup, Kecamatan Sekerak, Kabupaten Aceh Tamiang. Menggunakan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) dan data kuesioner, penelitian ini menghasilkan pemetaan tingkat kerentanan tanah longsor di Desa Lubuk Sidup, Kecamatan Sekerak, Kabupaten Aceh Tamiang. Hasil penelitian menunjukkan daerah rawan tanah longsor terbagi menjadi tiga klasifikasi: kerentanan rendah mencakup 3600,22 Ha (13,96%), kerentanan sedang seluas 13268,40 Ha (51,44%), dan kerentanan tinggi seluas 8926,38 Ha (34,61%). Secara keseluruhan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, Desa Lubuk Sidup, Sekerak Kanan, dan Tanjung Gelumpang teridentifikasi sebagai wilayah dengan kerentanan tanah longsor sangat tinggi, dengan persentase kerentanan berturut-turut sebesar 45,48%, 45,36%, dan 61,29%.</p>

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
4.	(Indahsari et al., 2022)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	Studi ini bertujuan untuk memetakan tingkat kerentanan tanah longsor di Kecamatan Sekincau, Lampung Barat. Pendekatan yang digunakan adalah metode AHP, dengan mengintegrasikan bobot faktor dan peringkat berdasarkan data penginderaan jauh, survei lapangan, dan SIG. Penelitian ini menggunakan sembilan faktor pemicu longsor, meliputi elevasi, orientasi dan sudut kemiringan lereng, jarak dari drainase, jenis tanah, jarak dari kelurusan dan jalan raya, densitas drainase, serta nilai NDVI. Indeks kerentanan longsor dihitung dengan teknik deliniasi yang mempertimbangkan bobot dan peringkat faktor. Peta kerawanan yang dihasilkan kemudian dikelompokkan menjadi tiga tingkatan: rendah, sedang, dan tinggi. Peta kerentanan longsor ini diharapkan dapat menjadi alat yang berguna untuk pencegahan dan mitigasi bahaya longsor, serta mendukung perencanaan penggunaan lahan yang lebih tepat di masa mendatang.

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
5.	(Fitriyah & Saputra, 2024)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	Tujuan dilakukan penelitian adalah untuk menganalisis kerawanan longsor menggunakan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) dan menganalisis faktor dominan penyebab terjadinya longsor di Kecamatan Kemiri Kabupaten Purworejo. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemodelan AHP dan <i>overlay</i> menggunakan ArcGIS. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa Kecamatan Kemiri memiliki 3 kelas kerawanan longsor, kerawanan longsor rendah dengan luas wilayah 33,75 km ² , kerawanan longsor sedang dengan luas wilayah 48,76 km ² , dan kelas kerawanan tinggi 15,52 km ² , penggunaan lahan di daerah kerawanan longsor tinggi ini di dominasi dengan pertanian lahan kering campuran dan hutan tanaman. Penggunaan lahan menunjukkan faktor yang paling dominan terhadap kejadian longsor lahan dengan penggunaan lahan yang memiliki nilai bobot 0,34.

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
6.	(Liu et al., 2024)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	<p>Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona kerawanan tanah longsor di wilayah Great Xi'an, Tiongkok, dengan menggunakan metode AHP yang mengintegrasikan berbagai parameter fisik dan lingkungan seperti elevasi, kemiringan lereng, aspek, kelengkungan, kepadatan sungai, jenis tanah, litologi, dan penggunaan lahan. Melalui analisis berbasis GIS dan pemberian bobot parameter, penelitian ini menghasilkan peta sensitivitas tanah longsor yang mengklasifikasikan wilayah studi ke dalam lima tingkat kerawanan, mulai dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa zona dengan tingkat kerawanan sedang hingga sangat tinggi mencakup 82,58% dari kejadian longsor historis, menandakan akurasi dan efektivitas peta tersebut dalam mengidentifikasi daerah rawan longsor. Peta ini diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi perencanaan pembangunan perkotaan dan strategi mitigasi.</p>

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
7.	(Leonardi et al., 2022)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan tanah longsor di wilayah metropolitan Reggio Calabria, dengan memanfaatkan metode AHP dan GIS. Faktor-faktor yang dianalisis meliputi penggunaan lahan, kemiringan lereng, curah hujan, elevasi, litologi, serta jarak dari infrastruktur. Hasil analisis diklasifikasikan ke dalam empat kategori risiko: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, lalu divisualisasikan dalam bentuk peta kerentanan longsor. Temuan penelitian menunjukkan bahwa 66% dari wilayah tersebut termasuk dalam kategori risiko sedang hingga tinggi, mengindikasikan tingkat kerentanan tanah longsor yang signifikan. Hal ini menegaskan pentingnya integrasi metode multikriteria seperti AHP dengan teknologi spasial dalam mendukung strategi mitigasi bencana dan perencanaan tata ruang yang lebih tanggap terhadap potensi bahaya longsor.</p>

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
8.	(Safira et al., 2024)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerawanan bencana longsor menggunakan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP). Melalui survei wilayah, studi ini menghasilkan peta sebaran dan titik lokasi kerawanan tanah longsor. Peta tingkat kerawanan tersebut dikembangkan berdasarkan tiga parameter utama yaitu kemiringan lereng, intensitas curah hujan, dan jenis tanah di lokasi penelitian. Parameter-parameter ini kemudian dibobot menggunakan metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) dan dilakukan <i>weighted overlay</i> untuk memetakan sebaran kerawanan tanah longsor. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan peta kerawanan tanah longsor yang terbagi menjadi dua kelas: sedang dan tinggi. Dari peta kerawanan tanah longsor tersebut, diketahui bahwa kelas kerawanan tanah longsor sedang mendominasi dengan luas 557 Ha, sedangkan kelas kerawanan tanah longsor tinggi memiliki luas 385 Ha.</p>

No	Peneliti	Metode	Tujuan & Hasil
9.	(Nainggolan & Rio, 2022)	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi daerah yang rentan longsor di wilayah Banjarsari dan sekitarnya dengan menggunakan metode AHP. Objek penelitian dalam penelitian ini adalah faktor-faktor yang menentukan tingkat kerentanan longsor yaitu kondisi lereng, litologi, penggunaan lahan, struktur geologi, curah hujan, gempa bumi. Lokasi penelitian mempunyai morfologi bergelombang sedang-kuat dengan kemiringan lereng yang curam. Zona kerentanan longsor tinggi di daerah penelitian sebagian besar di bagian barat, baratdaya menuju timur laut dengan luas area + 35,1 % dari luasan daerah penelitian. Zona kerentanan longsor sedang di daerah penelitian sebagian besar di bagian selatan, utara dan di bagian timur dengan luasan area + 61,4 % dari luasan daerah penelitian. Zona kerentanan longsor rendah di bagian timur daerah penelitian dengan luasan area + 3,5 % dari luasan daerah penelitian.</p>

B. Landasan Teori

1. Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan jenis bencana yang tergolong dalam kategori bencana hidrometeorologis (Satriagasa et al., 2020). Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/ PRT/M/2007 pasal 1 butir 2 tanah longsor adalah suatu proses perpindahan massa tanah atau batuan dengan arah miring dari kedudukan semula, sehingga terpisah dari massa yang mantap, karena pengaruh gravitasi, dengan jenis gerakan berbentuk rotasi dan translasi. Tanah longsor adalah kejadian alam yang destruktif dan kerap menimbulkan persoalan pelik di kawasan berbukit, menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan kerugian materiil, serta kerusakan signifikan pada lingkungan (Indahsari et al., 2022).

Bencana tanah longsor umumnya terjadi di wilayah yang memiliki karakteristik dataran tinggi dengan lereng yang curam, sehingga kondisi geografis tersebut meningkatkan risiko terjadinya longsor (Fitriyah & Saputra, 2024). Kondisi geologi, topografi, dan iklim yang sangat menonjol di Indonesia menjadikan sejumlah wilayah di negara ini rentan terhadap bencana longsor (Nainggolan & Rio, 2022).

2. Parameter Kerawanan Tanah Longsor

Di wilayah dengan kondisi geografis tertentu, tanah longsor seringkali menjadi bencana alam yang sering terjadi. Tanah longsor umumnya terjadi di wilayah dengan lereng yang curam dan tingkat curah hujan yang tinggi, erta dipengaruhi oleh jenis tanah dan jenis batuan yang berperan penting dalam menentukan tingkat kestabilan lereng dan potensi terjadinya pergerakan massa tanah (Satriagasa et al., 2020).

Parameter kerawanan bencana longsor antara lain kemiringan lereng, curah hujan, jenis batuan, jenis tanah, dan penggunaan lahan ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Parameter Kerawanan Tanah Longsor

Parameter	Range	Skor
Kemiringan Lereng ⁽¹⁾	0 - 8%	1
	8 - 15%	2
	15 - 25%	3
	25 - 40%	4
	>40%	5
Curah Hujan ⁽²⁾	<1000 mm/tahun	1
	1000 - 1500 mm/tahun	2
	1500 - 2500 mm/tahun	3
	2500 - 3500 mm/tahun	4
	> 3500 mm/tahun	5
Jenis Tanah ⁽³⁾	Alluvial	1
	Latosol	2
	Mediteran	3
	Grumosol, Andosol	4
	Litosol, Organosol	5
Jenis Batuan ⁽⁴⁾	Aluvial	1
	Kapur	2
	Granit	3
	Sedimen	4
	Basal, Vulkanik	5

Sumber: ⁽¹⁾(Safira et al., 2024); ⁽²⁾(Mira et al., 2021); ⁽³⁾(Safira et al., 2024); ⁽⁴⁾(Tamrin et al., 2024)

Ke lima parameter tersebut diolah untuk menghasilkan tingkat kerawanan tanah longsor (Tamrin et al., 2024). Skor total kemudian dihitung berdasarkan rumus (1) berikut:

$$S_T = B_1(S_1) + B_2(S_2) + \dots + B_n(S_n) \quad (1)$$

Keterangan:

S_t = Skor total

B_1, B_2, \dots, B_n = Bobot tiap parameter

S_1, S_2, \dots, S_n = Skor tiap parameter

n = Jumlah parameter

Skor total diklasifikasikan menjadi tiga kelas. Rumus yang digunakan dalam menentukan interval tingkat kerawanan longsor ditunjukkan pada rumus (2), yaitu:

$$\text{Interval Kelas} = \frac{\text{Skor Tertinggi} - \text{Skor Terendah}}{\text{Jumlah Kelas Klasifikasi}} \quad (2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kelas dibagi menjadi 3 kategori kerawanan longsor yaitu kategori kerawanan longsor rendah, sedang, dan tinggi. Klasifikasi tingkat kerawanan longsor dengan pembagian 3 kelas ditunjukkan pada Tabel 2.3.

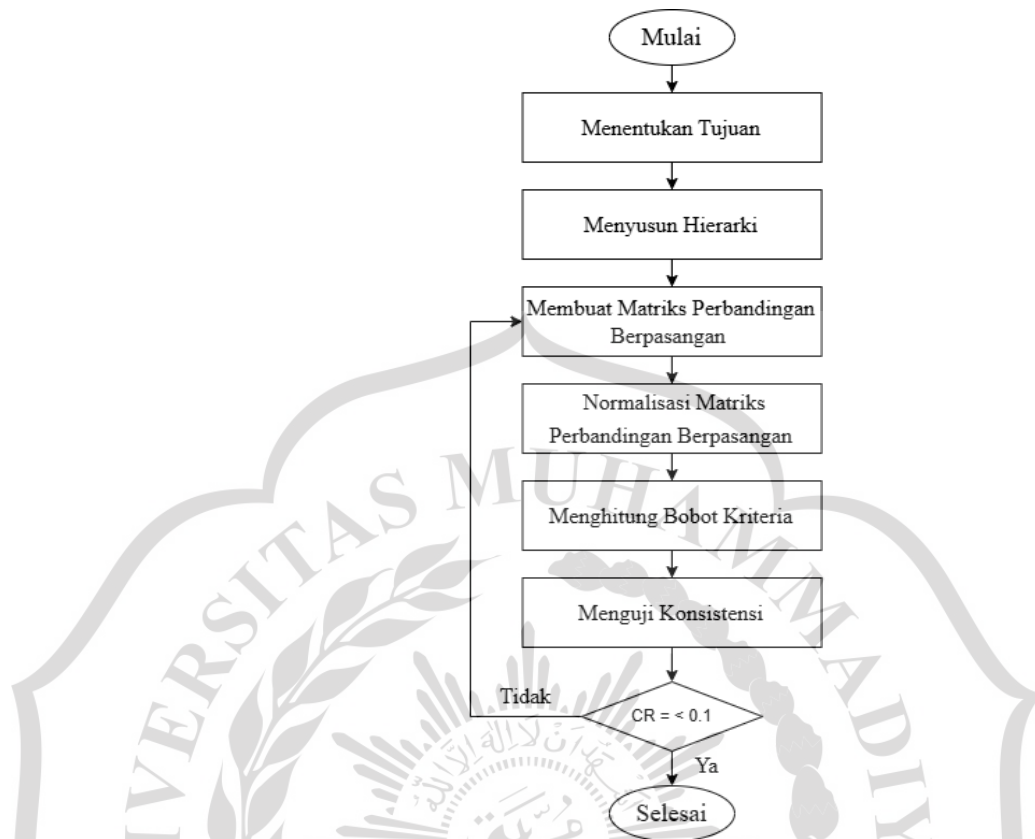
Tabel 2. 3 Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor Lahan

No.	Kelas	Skor	Klasifikasi Kerawanan Longsor
1.	I	1.00 – 2.33	Rendah
2.	II	2.34 – 3.67	Sedang
3.	III	3.68 – 5.00	Tinggi

3. *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah model pendukung keputusan yang menyederhanakan masalah kompleks dengan multi faktor dan multi kriteria menjadi struktur hierarki yang terorganisir (Rachmansyah et al., 2021). Secara visual, masalah keputusan dalam *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digambarkan sebagai diagram hierarki bertingkat, dimulai dari tujuan utama, diikuti oleh kriteria level pertama, subkriteria, dan alternatif keputusan (Rachmansyah et al., 2021). Dalam penerapan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), terdapat empat prinsip utama yang mendasari prosesnya yaitu dekomposisi masalah atau pemecahan masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (*decomposition*), penilaian perbandingan berpasang (*comparative judgement*), penentuan urutan kepentingan (*synthesis of priority*), dan pemeriksaan tingkat keselarasan logika dalam penilaian (*consistency*) (Isneni et al., 2020).

Dalam metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) ada beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Tahapan *Metode Analytical Hierarchy Process*

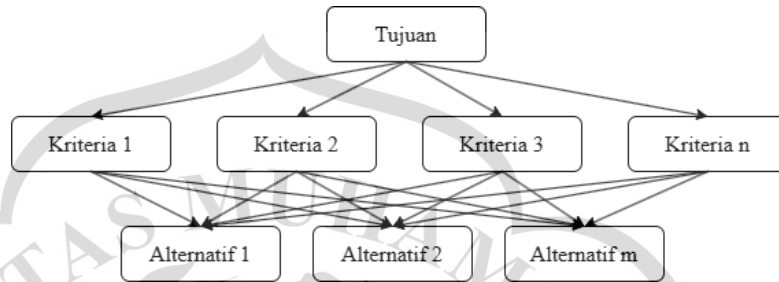
a. Menentukan tujuan

Pada tahap ini, permasalahan yang ingin diselesaikan diidentifikasi secara jelas, terperinci, dan mudah dipahami. Berdasarkan permasalahan tersebut, ditentukan berbagai kemungkinan solusi yang dianggap sesuai (Supriadi et al., 2018). Proses dimulai dengan menetapkan tujuan, kemudian menentukan kriteria, dan selanjutnya memilih alternatif (Sudarmanto et al., 2024). Tujuan utama dari proses pengambilan keputusan harus ditetapkan secara jelas. Selain itu, perlu juga ditentukan kriteria-kriteria yang relevan untuk mencapai tujuan tersebut (Ansyah et al., 2025).

b. Menyusun hierarki

Setelah menetapkan tujuan utama di tingkat teratas, langkah berikutnya adalah mengembangkan hierarki kriteria yang relevan

untuk mengevaluasi dan menilai alternatif-alternatif yang ada. Setiap kriteria memiliki tingkat prioritas atau bobot yang bervariasi. Struktur hierarki kemudian dapat dilanjutkan dengan penambahan subkriteria, apabila diperlukan (Supriadi et al., 2018). Struktur hierarki pada umumnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Stuktur Hierarki

c. Membuat matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrix*)

Tingkat prioritas setiap kriteria ditentukan melalui perbandingan berpasangan antar kriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Data dari hasil perbandingan tersebut kemudian digunakan untuk membentuk matriks perbandingan berpasangan (Aydın et al., 2024). Penentuan nilai-nilai dalam matriks perbandingan berpasangan didasarkan pada landasan teoritis yang relevan, hasil pengamatan langsung di lapangan, serta temuan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan parameter serupa dalam analisisnya (Razi & Retongga, 2024). Matriks perbandingan berpasangan ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Matriks Perbandingan Berpasangan

	Kriteria-1	Kriteria-2	Kriteria-3	Kriteria-n
Kriteria-1	K(1,1)	K(1,2)	K(1,3)	K(1,n)
Kriteria-2	K(2,1)	K(2,2)	K(2,3)	K(2,n)
Kriteria-3	K(3,1)	K(3,2)	K(3,3)	K(3,n)
Kriteria-m	K(m,1)	K(m,2)	K(m,3)	K(m,n)

Nilai perbandingan antara masing-masing elemen dinyatakan dalam skala angka 1 hingga 9 yang merepresentasikan tingkat kepentingan relatif suatu elemen terhadap elemen lainnya. Jika suatu elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri, maka nilainya adalah 1. Nilai hasil perbandingan tersebut kemudian diinput ke dalam sel matriks yang sesuai dengan elemen yang sedang dibandingkan (Supriadi et al., 2018). Skala perbandingan berpasangan untuk pembobotan kriteria kerawanan tanah longsor ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Skala Perbandingan Berpasangan

Skor	Keterangan
1	Kedua elemen memiliki bobot atau pengaruh yang setara.
3	Salah satu elemen sedikit lebih penting, didukung oleh pengalaman dan penilaian sedikit cenderung mengarah satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
5	Satu elemen jauh lebih penting dari yang lain, dengan dukungan kuat dari pengalaman dan penilaian satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
7	Satu elemen secara mutlak lebih dominan, terbukti secara jelas dan menonjol dalam praktiknya.
9	Satu elemen memiliki kepentingan absolut, didukung oleh bukti paling kuat yang dapat menguatkan elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tinggi yang mungkin menguatkan.
2, 4, 6, 8	Nilai ini digunakan sebagai penengah ketika ada kompromi antara dua pilihan atau pertimbangan yang berdekatan.
1/n	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i.

d. Normalisasi matriks perbandingan berpasangan

Normalisasi matriks perbandingan berpasangan adalah proses mengubah nilai-nilai dalam matriks tersebut menjadi bobot relatif dengan cara membagi setiap elemen dalam kolom matriks dengan jumlah total nilai pada kolom tersebut (Anisa et al., 2022). Normalisasi matriks perbandingan berpasangan dilakukan dengan

menjumlahkan nilai pada setiap kolom matriks, yang ditunjukkan pada rumus (1).

$$Total\ kolom_j = \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

Keterangan:

a_{ij} = nilai pada baris ke-i, kolom ke-j

n = jumlah kriteria

Kemudian membagi setiap elemen dalam kolom tersebut dengan total kolomnya untuk memperoleh matriks yang dinormalisasi (Nara et al., 2024). Sehingga diperoleh nilai normalisasi, ditunjukkan pada rumus (2).

$$Normalisasi_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

Keterangan:

a_{ij} = nilai pada baris ke-i, kolom ke-j

n = jumlah kriteria

Matriks normalisasi, yaitu setiap elemen pada kolom sudah dinormalisasi sehingga proporsional terhadap total kolomnya.

e. Menghitung bobot kriteria

Bobot kriteria diperoleh dengan menghitung rata-rata dari nilai-nilai pada masing-masing baris matriks yang telah dinormalisasi. Bobot prioritas merepresentasikan seberapa penting setiap kriteria secara relatif dibandingkan kriteria lainnya (Andreas & Saepudin, 2025). Setelah ditemukan normalisasi matriksnya, jumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah kriteria untuk mendapatkan nilai rata-rata. Nilai rata-rata ini digunakan sebagai bobot prioritas untuk masing-masing kriteria.

Rumus menghitung bobot kriteria ditunjukkan pada rumus (1).

$$Bobot_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Normalisasi_{ij} \quad (1)$$

Keterangan:

n = jumlah kriteria

f. Menguji konsistensi

Langkah awal pengujian konsistensi yaitu setiap elemen pada baris matriks perbandingan berpasangan dikalikan dengan bobot prioritas yang sesuai, lalu hasilnya dijumlahkan. Matriks perbandingan berpasangan awal dikalikan dengan bobot prioritas (hasil rata-rata baris) yang sudah dihitung sebelumnya, ditunjukkan pada rumus (1).

$$Aw_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \times w_i \quad (1)$$

Keterangan:

Aw_i = nilai hasil perkalian

a_{ij} = matriks perbandingan berpasangan

w_i = bobot prioritas kriteria

Setelah itu bagi setiap elemen dari hasil perkalian dengan bobot, dengan rumus ditunjukkan pada rumus (2)

$$\frac{Aw_i}{w_i} \text{ untuk tiap } i \quad (2)$$

Keterangan:

Aw_i = nilai hasil perkalian

w_i = bobot prioritas kriteria

Hasil dari pembagian tersebut, kemudian dirata-rata untuk memperoleh nilai λ maks. Nilai λ maks inilah yang menjadi dasar dalam menentukan konsistensi dari penilaian yang telah dilakukan, karena semakin mendekati jumlah kriteria (n), maka semakin konsisten pula perbandingan yang diberikan oleh pengambil keputusan (Amin, 2025). Rumusnya ditunjukkan pada rumus (3) sebagai berikut:

$$\lambda_{maks} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Aw_i}{w_i} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

n = jumlah kriteria

w_i = bobot prioritas kriteria

Aw_i = hasil perkalian untuk baris ke-i

Perhitungan konsistensi dilakukan untuk mengukur sejauh mana nilai-nilai menyimpang dari konsistensi, dan besarnya penyimpangan tersebut dinyatakan dalam bentuk *Consistency Index* melalui suatu persamaan. CI mengukur sejauh mana matriks perbandingan mendekati konsistensi sempurna (Widowati et al., 2023). Rumus untuk menghitung *Consistency Index* ditunjukkan pada rumus (4):

$$CI = (\lambda_{maks} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

Dengan n = banyak elemen

Penilaian tingkat konsistensi keseluruhan dalam perhitungan perbandingan berpasangan diukur menggunakan *Consistency Ratio* (CR). Nilai CR yang dapat diterima adalah maksimal 10% (atau ≤ 0.10). Jika nilai CR melebihi ambang batas ini, maka penilaian perbandingan berpasangan perlu ditinjau dan diperbaiki untuk meningkatkan konsistensi dalam pengambilan keputusan (Safira et al., 2024). Rumus untuk menghitung *Consistency Ratio* ditunjukkan pada rumus (5):

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (5)$$

Keterangan :

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Index*

IR = *Index Random*

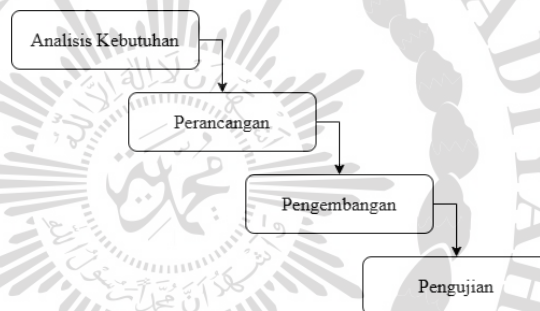
Index Random adalah nilai acuan standar yang digunakan sesuai dengan jumlah kriteria atau ukuran matriks yang dianalisis. Tabel *Random Index* ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 *Index Random*

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

4. Model *Waterfall*

Model *Waterfall* merupakan salah satu model pengembangan aplikasi yang termasuk dalam kategori siklus hidup klasik, yang menekankan pelaksanaan tahapan secara berurutan dan terstruktur (Putri & Taufik, 2014). Tahapan model *waterfall* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Tahapan Model *Waterfall*

★ Berikut adalah penjelasan dari tahapan prosedur pengembangan model *waterfall*.

a. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan cara untuk mengevaluasi dan mendokumentasikan kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem dengan data yang telah dikumpulkan melalui studi literatur (Kusuma et al., 2024).

b. Perancangan

Tahap perancangan berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan, sehingga tahapan ini menjadi dasar dalam proses pengembangan sistem (Syaoqi et al., 2024).

c. Pengembangan

Tahap ini melibatkan proses penulisan kode menggunakan bahasa pemrograman tertentu berdasarkan perancangan yang telah dibuat pada tahap sebelumnya (Syaoqi et al., 2024).

d. Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan sistem berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Jika ditemukan kesalahan atau *error* selama proses ini, maka akan dilakukan perbaikan agar sistem dapat berjalan dengan baik dan layak digunakan (Listiyani & Subhiyanto, 2021).

5. Streamlit

Framework Streamlit banyak digunakan karena memudahkan dan mempercepat pengembangan aplikasi web interaktif (Syafarina & Zaenuddin, 2023). Streamlit adalah pustaka Python sumber terbuka (*open source*) yang dirancang untuk menyederhanakan proses pembuatan dan penyebaran aplikasi web interaktif yang menarik dan fungsional, khususnya untuk proyek *machine learning* dan *data science* (Tholib, 2023). Dengan Streamlit, tidak perlu mengatur tampilan *website* secara manual. Cukup dengan pemahaman dasar bahasa Python, pengguna dapat dengan mudah membangun antarmuka aplikasi yang fungsional dan responsif secara cepat (Jauhari & Wulanningrum, 2024).