



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Penilaian Risiko Keamanan Bendungan dengan Metode Analytical Hierarchy Process untuk Penetapan Prioritas Emergency Action Plan Studi Kasus Bendungan Batu Tegi Lampung

I Kustiani*, R Widyawati, D Despa dan A Purba

Universitas Lampung, Jl. S. Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima 11/11/2024
Direvisi 13/01/2025
Dipublish 22/05/2025

Kata kunci:

Analytical Hierarchy Process
Dam Safety
Emergency Action Plan
Purposive Sampling

ABSTRAK

Bendungan Batu Tegi merupakan elemen infrastruktur yang penting bagi Provinsi Lampung. Kabupaten dan kota di Wilayah Sungai Mesuji Sekampung tergantung pada Bendungan Batu Tegi untuk pasokan air baku, air irigasi dan listrik. Kemanan bendungan merupakan aspek krusial dalam pengelolaan Bendungan Batu Tegi, terutama dalam menghadapi potensi bahaya yang dapat ditimbulkan oleh keruntuhan bendungan. Kegagalan bendungan berpotensi menyebabkan kerugian yang sangat besar, baik dari segi materi maupun kemanan jiwa masyarakat dan lingkungan di sekitar bendungan. Evaluasi kemanan bendungan adalah proses yang sistematis untuk menilai kondisi struktur bendungan dan potensi risiko yang dihadapinya. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi prioritas tindakan preventif guna meminimalkan risiko kegagalan bendungan untuk meningkatkan keamanan operasional bendungan di masa mendatang. Data dikumpulkan melalui kuesioner Pairwise Comparison kepada 30 orang reponden yang berasal dari BBWS Mesuji Sekampung. Data dikumpulkan sepanjang Juli-Agustus 2024. Analisis kemanan bendungan menggunakan metode AHP, dengan hasil akhir berupa penetapan prioritas EAP yang tepat. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor risiko yang relevan untuk Bendungan Batu Tegi adalah: Kondisi Tanah dan Fondasi (17%), Sistem Pengelolaan Air (Operasi Pengeluaran/Pelepasan Air) (16%), dan Faktor Lingkungan (Erosi, Longsor, dll.) (20%). Sedangkan prioritas EAP adalah: Peringatan Dini (Early Warning System) (32%), Evakuasi Penduduk (21%), dan Penanganan Kerusakan Bendungan (15%).

1. Pendahuluan

Bendungan adalah infrastruktur penting dalam penyimpanan air, pembangkit listrik tenaga air, pengendalian banjir, dan penyediaan irigasi. Namun, kegagalan bendungan dapat mengakibatkan dampak yang sangat merugikan, baik dari segi kerugian ekonomi, lingkungan, maupun hilangnya nyawa. Oleh karena itu, dam safety assessment atau evaluasi keamanan bendungan menjadi komponen utama dalam

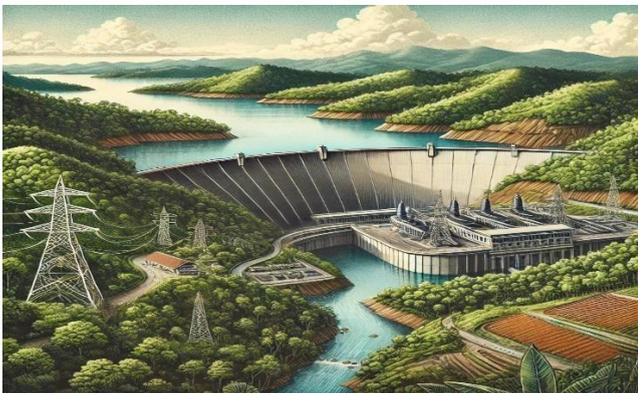
manajemen bendungan, untuk memastikan bahwa bendungan tetap dalam kondisi yang aman dan layak operasi. Evaluasi keamanan bendungan mencakup serangkaian tindakan yang dirancang untuk memantau kondisi bendungan dan mengevaluasi apakah ada risiko potensial yang dapat menyebabkan kegagalan struktur. Proses ini harus dilakukan secara berkala dan melibatkan analisis yang mendalam mengenai komponen bendungan, lingkungan sekitarnya, serta kondisi hidrologi dan geologi yang ada.

* Penulis korespondensi.
E-mail: ika.kustiani@eng.unila.ac.id

Bendungan Batu Tegi merupakan salah satu bendungan terbesar di Indonesia. Bendungan ini difungsikan untuk irigasi, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), penyediaan air baku, dan pengendalian banjir. Berikut ini adalah gambaran umum tentang Risiko Operasional dan Keamanan Bendungan Batu Tegi yang melibatkan beberapa faktor, yang dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama yaitu faktor internal (desain struktur, material bangunan, pemeliharaan rutin, dan sistem peringatan dini); dan eksternal (kondisi hidrologi, kondisi geologi dan aktivitas seismik).

Evaluasi keamanan bendungan dapat dilakukan menggunakan berbagai metode yang melibatkan inspeksi visual, pemantauan instrumental dengan alat canggih dan simulasi komputer untuk menganalisis potensi risiko, analisis hidrologi dan hidrolis, analisis stabilitas struktur serta studi risiko seismik.

Hingga saat ini, tidak tercatat adanya insiden besar terkait kegagalan operasional atau kerusakan serius di Bendungan Batu Tegi. Namun, terdapat beberapa laporan tentang kenaikan debit air yang memerlukan pembukaan spillway untuk mencegah tekanan berlebih pada bendungan, terutama selama musim hujan. Dalam hal ini, koordinasi antara pengelola bendungan dan pihak terkait, termasuk Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), sangat penting.



Gambar 1. Bendungan Batu Tegi mengingat potensi bahaya yang dapat ditimbulkan.

oleh kegagalan bendungan, *Emergency Action Plan* (EAP) merupakan komponen vital dalam pengelolaan bendungan ini. Kajian terhadap EAP Bendungan Batu Tegi penting untuk mengevaluasi kesiapan menghadapi berbagai skenario darurat. Berikut beberapa hal terkait dengan EAP:

1. Tujuan EAP, antara lain:
 - a. Mengurangi risiko terhadap kewanitaan masyarakat yang tinggal di daerah hilir bendungan.
 - b. Mengelola situasi darurat secara terorganisir untuk meminimalisir kerugian materiil, sosial, dan lingkungan.
 - c. Mengkoordinasikan tindakan cepat dan tepat di antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk

pihak manajemen bendungan, pemerintah daerah, dan lembaga terkait.

2. Komponen Utama dalam EAP, antara lain:
 - a. Identifikasi Bahaya dan Risiko
 - b. Skenario Kegagalan Bendungan
 - c. Tingkat Keadaan Darurat
 - d. Sistem Peringatan Dini
 - e. Rencana Evakuasi
 - f. Koordinasi dengan Pemangku Kepentingan
3. Evaluasi Kesiapan EAP Bendungan Batu Tegi
 - a. Sistem Pemantauan dan Peringatan Dini
 - b. Latihan dan Simulasi Evakuasi
 - c. Tingkat Kesadaran Masyarakat
 - d. Kapasitas Infrastruktur dan Titik Pengungsian
4. Rekomendasi Perbaikan EAP, misalnya:
 - a. Peningkatan teknologi pemantauan dengan memasang sensor tambahan untuk memantau risiko gempa dan kebocoran.
 - b. Frekuensi latihan evakuasi harus ditingkatkan, terutama dengan skala yang lebih besar untuk melibatkan seluruh elemen masyarakat.
 - c. Peningkatan kesadaran masyarakat melalui program sosialisasi yang lebih terarah dan penggunaan berbagai platform komunikasi.
 - d. Peningkatan koordinasi antar-lembaga untuk memastikan pelaksanaan EAP berjalan efektif, termasuk BPBD, pemerintah daerah, dan pengelola bendungan.

2. Metodologi

2.1. Sumber data dan teknik pengambilan data

Penelitian ini menggunakan baik data primer maupun data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dan data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada. Data primer pada penelitian ini diperoleh melalui kuisisioner dengan responden yang secara sengaja dipilih (*purposive sampling*).

Kuisisioner atau angket merupakan suatu daftar pertanyaan atau pernyataan tentang topik tertentu yang diberikan kepada subyek, baik secara individual atau kelompok untuk mendapatkan informasi tertentu. Kuisisioner dibedakan menjadi dua jenis yaitu kuisisioner terbuka dan kuisisioner tertutup. Kuisisioner terbuka yaitu kuisisioner yang disajikan dalam bentuk sederhana sehingga responden dapat memberikan isian sesuai dengan kehendak dan keadaannya. Sedangkan kuisisioner tertutup ialah kuisisioner yang disajikan dalam bentuk sedemikian rupa sehingga responden diminta untuk memilih satu jawaban yang sesuai dengan karakteristik dirinya dengan cara memberikan tanda silang atau tanda checklist (Nasution, 2006). Pada penelitian ini kuisisioner yang digunakan adalah kuisisioner tertutup, yang membandingkan antara 2 (dua) pilihan (*pairwise*) (lihat Lampiran 2).

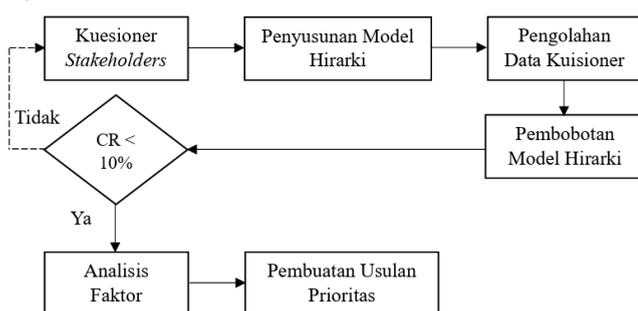
Adapun dalam pemilihan responden, Peneliti menggunakan teknik *sampling* (Sugiyono, 2013), dalam hal ini metode *purposive sampling*. Teknik *sampling* menurut Margono (2004) adalah representasi dari sumber data

sebenarnya, untuk itu perlu dipertimbangkan sifat-sifat dan penyebaran populasi sehingga diperoleh sampel yang representatif. Teknik *sampling* dikelompokkan menjadi dua yaitu probability sampling dan non-probability sampling. Probability sampling meliputi random, proportionate stratified random, disproportionate stratified random dan area random sampling. Non-probability sampling meliputi systematic, quote, incidental, purposive, saturated, dan snowball sampling (Nazir, 2011).

Purposive sampling adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2013). Purposive sampling lebih tepat digunakan oleh para peneliti apabila sebuah penelitian memerlukan kriteria khusus agar sampel yang diambil nantinya sesuai dengan tujuan penelitian dapat memecahkan permasalahan penelitian serta dapat memberikan nilai yang lebih representatif. Contoh: penelitian ini adalah terkait keamanan Bendungan Batu Tegi, maka sampel sumber datanya atau respondennya adalah orang yang ahli/yang setiap hari melaksanakan operasional Bendungan Batu Tegi. Sampel ini lebih cocok digunakan untuk penelitian kualitatif atau penelitian yang tidak melakukan generalisasi.

2.2. Tahapan Penelitian

AHP adalah metode pengambilan keputusan yang memecah masalah kompleks menjadi hierarki yang terdiri dari tujuan, kriteria, sub-kriteria, dan alternatif keputusan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dalam menilai risiko keamanan Bendungan Batu Tegi dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang saling berinteraksi untuk menentukan prioritas tindakan dalam EAP. Berikut adalah gambaran proses AHP yang dapat diterapkan untuk Bendungan Batu Tegi:



Gambar 2. Proses MCDM. (Riza, 2015)

1. Identifikasi Masalah

Langkah pertama dalam menerapkan AHP adalah mengidentifikasi kriteria yang mempengaruhi keamanan bendungan. Dalam penelitian ini, masalah utama yang ingin dipecahkan adalah penilaian risiko keamanan Bendungan Batu Tegi untuk menetapkan prioritas tindakan dalam EAP.

2. Membangun Hierarki AHP

Kriteria-kriteria ini kemudian disusun dalam bentuk hierarki. Struktur hirarki untuk analisis AHP terdiri dari tiga tingkatan:

a. Tingkat 1: Tujuan Utama

Tingkat risiko keamanan bendungan untuk menentukan prioritas EAP.

b. Tingkat 2: Kriteria Risiko (yang mempengaruhi keputusan), mencakup:

- Kondisi struktural bendungan
- Potensi bahaya alam (gempa, curah hujan tinggi dan banjir, kondisi dasar bendungan tidak stabil)
- Pemeliharaan rutin (untuk menjaga kondisi operasional dan mencegah kegagalan teknis)
- Sistem peringatan dini (untuk mendeteksi potensi kegagalan atau kerusakan)
- Kesiapan teknis dan sumber daya manusia (untuk merespons keadaan darurat)

c. Tingkat 3: Sub-kriteria dan/atau Alternatif (yang lebih spesifik), yaitu tindakan EAP yang diperlukan

- Perkuatan struktur bendungan: Melakukan renovasi atau perkuatan pada komponen fisik bendungan
- Peningkatan sistem pemantauan: Menggunakan teknologi baru untuk memantau kondisi air (misalnya sensor getaran dan sistem pemantauan debit air) dan mendeteksi potensi kerusakan
- Peningkatan frekuensi inspeksi struktural: Meningkatkan inspeksi dan pemeliharaan untuk mengurangi risiko kegagalan struktural
- Latihan kesiapsiagaan: Melakukan simulasi dan pelatihan bagi petugas dan masyarakat sekitar
- Pengembangan mitigasi bencana: Memperbaiki dan menambah jalur evakuasi dan titik pengungsian, mengembangkan rencana tanggap darurat, serta meningkatkan kerjasama dengan pihak-pihak terkait.

3. Pembobotan Kriteria dengan *Pairwise Comparison*

Setelah hierarki terbentuk, langkah berikutnya adalah melakukan *pairwise comparison*. Ini melibatkan perbandingan setiap kriteria dan subkriteria secara berpasangan untuk menentukan tingkat kepentingannya relatifnya terhadap elemen lainnya. Responden memberi bobot berdasarkan penilaian subjektif. Misalnya:

‘Seberapa penting kondisi struktural bendungan dibandingkan dengan potensi bahaya alam?’

Misalnya, jika kondisi struktural bendungan dianggap lebih penting dibandingkan dengan potensi bahaya alam, maka bobot kondisi struktural bendungan akan lebih tinggi. Penilaian dilakukan menggunakan skala preferensi (biasanya skala 1-9), di mana:

- a. 1 berarti kedua elemen sama penting.
- b. 9 berarti satu elemen jauh lebih penting dibanding elemen lainnya.

Setiap elemen dalam hirarki AHP kemudian dibandingkan secara berpasangan untuk menentukan tingkat kepentingannya relatifnya terhadap elemen lainnya.

4. Kalkulasi Bobot Prioritas

Setelah perbandingan berpasangan dilakukan, langkah berikutnya adalah menghitung bobot untuk setiap kriteria. Bobot ini menggambarkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria. Perhitungan bobot dilakukan menggunakan metode matematika (metode eigenvector), dan hasilnya adalah nilai bobot yang menunjukkan kepentingan relatif dari setiap kriteria (urutan prioritas tindakan berdasarkan bobot dari setiap kriteria).

5. Pengujian Konsistensi

Dalam AHP, kita perlu memastikan bahwa penilaian perbandingan berpasangan konsisten. Setelah menghitung bobot, penting untuk memeriksa konsistensi penilaian. AHP menggunakan Indeks Konsistensi (CI) untuk memastikan bahwa penilaian berpasangan yang dilakukan cukup konsisten. Rasio Konsistensi (CR) harus berada di bawah 0.1 agar penilaian dapat diterima. Jika tidak, perbandingan berpasangan harus diulang.

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

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

Tabel 1. Random Consistency Index (CI).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49
I										

6. Penentuan Prioritas Tindakan dalam EAP

Berdasarkan hasil bobot yang diperoleh dari perbandingan berpasangan, prioritas tindakan dalam EAP dapat ditetapkan. Langkah-langkah dengan bobot risiko tertinggi akan diberikan prioritas utama. Misalnya, jika kondisi struktural dan potensi bahaya alam mendapatkan bobot tertinggi, maka tindakan seperti perkuatan struktur dan pembangunan sistem pemantauan lebih canggih akan menjadi prioritas utama dalam EAP.

7. Pengambilan Keputusan Berdasarkan Hasil AHP

Bobot setiap kriteria dihitung berdasarkan hasil perbandingan berpasangan. Hasil ini memberikan gambaran mengenai faktor mana yang paling penting dalam menentukan keamanan bendungan. Dengan melihat nilai bobot setiap elemen yang dinilai, manajemen bendungan dapat menentukan tindakan mana yang harus diambil terlebih dahulu (EAP). Sebagai contoh, apabila didapatkan faktor keamanan dari Kondisi Struktural Bendungan memiliki Bobot

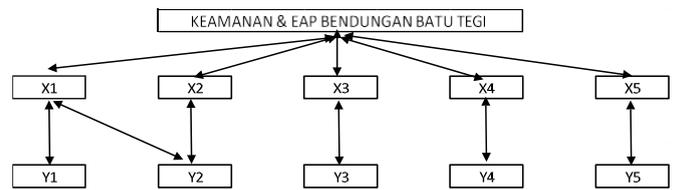
0.4, maka fokus utama EAP adalah Memperkuat Struktur Bendungan (melalui renovasi atau perkuatan pada komponen fisik bendungan).

8. Implementasi Hasil

Hasil dari metode AHP dapat digunakan oleh pengelola Bendungan Batu Tegi untuk:

- Memfokuskan sumber daya pada tindakan yang paling krusial.
- Mengembangkan EAP yang lebih efektif dan terarah.
- Menyesuaikan strategi pemeliharaan dan pengawasan sesuai dengan prioritas yang telah ditetapkan.

2.3. Analisis AHP



Analisis matriks perbandingan untuk penilaian keamanan bendungan didapatkan sebagai berikut:

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7			
X1	1	1	0,2	0,2	0,2	5	5		0,84	12%
X2	1	1	5	0,2	0,2	5	5		1,22	17%
X3	5	0,2	1	5	1	5	0,2			
X4	5	5	0,2	1	0,2	0,2	0,2		0,79	11%
X5	5	5	1	5	1	0,2	0,2		1,10	16%
X6	0,2	0,2	0,2	5	5	1	0,2		0,74	11%
X7	0,2	0,2	5	5	5	5	1		1,37	20%
sum	17,4	12,6	12,6	21,4	12,6	21,4	11,8			100%

Konsistensi analisis matriks tersebut di atas konsisten, diperlihatkan oleh nilai CR berikut ini:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) = (14,93 - 7) / (7 - 1) = 1,322$$

$$RI = 1,32$$

$$CR = CI/RI = 1,00 \leq 1 \quad \square \text{ OK}$$

Sedangkan analisis matriks perbandingan untuk prioritas EAP didapatkan sebagai berikut:

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8			
X1	1	5	5	5	5	5	5	5		2,55	32%
X2	0,2	1	5	5	5	5	5	5		1,66	21%
X3	0,2	0,2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		0,19	2%
X4	0,2	0,2	5	1	5	5	0,2	5		0,91	11%
X5	0,2	0,2	5	0,2	1	5	0,2	5		0,67	8%
X6	0,2	0,2	5	0,2	0,2	1	0,2	5		0,49	6%
X7	0,2	0,2	5	5	5	5	1	5		1,21	15%
X8	0,2	0,2	5	0,2	0,2	0,2	0,2	1		0,33	4%
sum	2,4	7,2	36	16,8	21,6	26,4	12	31,2			100%

Konsistensi analisis matriks tersebut di atas konsisten, diperlihatkan oleh nilai CR berikut ini:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) = (11,54 - 8) / (8 - 1) = 0,51$$

$$RI = 1,41$$

$$CR = CI/RI = 0,36 \leq 1 \quad \square \text{ OK}$$

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor risiko yang relevan untuk Bendungan Batu Tegi adalah: Kondisi

Tanah dan Fondasi (17%), Sistem Pengelolaan Air (Operasi Pengeluaran/Pelepasan Air) (16%), dan Faktor Lingkungan (Erosi, Longsor, dll.) (20%). Sedangkan prioritas EAP adalah: Peringatan Dini (Early Warning System) (32%), Evakuasi Penduduk (21%), dan Penanganan Kerusakan Bendungan (15%). Hasil analisis konsistensi rasio juga menunjukkan nilai ≤ 1 m. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa derajat konsistensinya memuaskan, artinya metode AHP menghasilkan solusi optimal.

3. Hasil dan pembahasan

Metode AHP terbukti efektif dalam penilaian risiko keamanan bendungan dan penetapan prioritas dalam EAP. Metode AHP menawarkan kerangka kerja yang fleksibel dan sistematis yang memungkinkan manajemen bendungan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keamanan bendungan. Dengan analisis yang berbasis data dan perbandingan berpasangan, pengambilan keputusan untuk tindakan mitigasi risiko menjadi lebih terarah dan efisien serta dapat difokuskan pada area yang paling berisiko sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan bendungan secara signifikan

Keunggulan utama AHP adalah kemampuannya mengintegrasikan berbagai jenis data dan preferensi subjektif pengambil keputusan, sehingga menghasilkan keputusan yang lebih transparan dan dapat dipertanggungjawabkan. Namun, beberapa keterbatasan dalam metode ini adalah ketergantungan pada penilaian subjektif dan kesulitan dalam menangani skenario yang sangat dinamis, seperti perubahan cuaca ekstrem.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kondisi struktural bendungan dan potensi bencana alam Memiliki bobot risiko yang signifikan, kesiapan teknis dalam merespons bencana serta perawatan bendungan juga merupakan faktor penting dalam memastikan keamanan jangka panjang. Selanjutnya, EAP Bendungan Batu Tegi merupakan elemen esensial dalam menjaga kewanaman masyarakat di wilayah hilir bendungan. Hasil penelitian menunjukkan pentingnya peningkatan teknologi pemantauan, sistem peringatan dini, infrastruktur jalur evakuasi, serta latihan rutin diperlukan untuk meningkatkan kesiapsiagaan terhadap potensi kegagalan bendungan. Dengan menerapkan rekomendasi ini, pengelola bendungan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas penerapan EAP secara menyeluruh dan berkesinambungan, sehingga risiko kerugian dan korban jiwa serta kerusakan lingkungan dapat diminimalkan jika terjadi keadaan darurat.

4. Kesimpulan

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkaji aplikasi metode AHP dalam skenario yang lebih kompleks, seperti pengelolaan multi-bendungan atau situasi dengan keterbatasan sumber daya yang lebih ketat. Penggunaan teknologi pemantauan real-time juga dapat dipertimbangkan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.

Evaluasi keamanan bendungan adalah proses yang sangat penting untuk mencegah bencana yang disebabkan oleh kegagalan bendungan. Dengan memantau dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas bendungan, serta menerapkan langkah-langkah mitigasi yang tepat, potensi risiko dapat diminimalkan. Teknologi modern seperti simulasi komputer dan pemantauan instrumental memberikan kemampuan yang lebih akurat dalam mendeteksi masalah dan memprediksi kegagalan sebelum terjadi. Di masa depan, evaluasi keamanan bendungan harus semakin mengintegrasikan pendekatan berkelanjutan dan adaptif untuk menghadapi tantangan lingkungan yang terus berkembang. Terutama dalam konteks perubahan iklim dan peningkatan frekuensi bencana alam, penerapan metode ini akan semakin relevan dalam menjaga kewanaman infrastruktur air.

Ucapan terima kasih

Terimakasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Altarejos-García, L., F. Silva-Tulla, I. Escuder-Bueno, and A. Morales-Torres. (2014). "Practical risk assessment for embankments, dams, and slopes." *Risk and Reliability in Geotechnical Engineering* 437.
- Apogee1, A.E., Pertiwi, E.P., Nurwidyaningrum, D., dan Broto, A.B. (2022). *Assessment Greenship Neighborhood pada Pemanfaatan Limbah Padat Kampus - Studi kasus Politeknik Negeri Jakarta*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
- Ascila, R., G. Baecher, D. Hartford, A. Komey, R. Patev, and P. Zielinski. (2015). "Systems analysis of dam safety at operating facilities," *USSD Annual Conference*. Louisville, KY: United States Society on Dams.
- BBWS. (2023). *Emergency Action Plan Batu Tegi Dam Tanggamus Regency Lampung Province*.

- Dam Rehabilitation and Improvement Project. (2019). "Guidelines for Assessing and Managing Risks Associated with Dams". Central Water Commission Ministry of Water Resources, River Development & Ganga Rejuvenation Government of India.
- Ehrgott, M., J. Figuera and S. Greco. (2010). "Trends in Multiple Criteria Decision Analysis". Springer, Germany.
- Margono. (2004). "Metodologi Penelitian Pendidikan". Rineka Cipta, Jakarta.
- Mat Daud, N., S. H. Hassan, N. A. Akbar, A. A. Abu Bakar, N. A. S. Mohamad, E. Abd Manan and A. F. Hamzah. (2021). "Dam failure risk factor analysis using AHP method". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 646.
- McCann, M. (2002). "Fault tree analysis." Guide to Risk Analysis for Dam Safety, D. Hartford, ed., Dam Safety Interest Group, Canadian Electricity Association, Vancouver.
- Nasution. (2006). "Metode Penelitian Naturalistik-kualitatif". Tarsito, Bandung.
- National Research Council. (1983). "Safety of Dams: Evaluation and Improvement. The National Academies Press", Washington, DC.
- National Research Council. (1985). "Safety of Dams: Flood and Earthquake Criteria". The National Academies Press, Washington, DC.
- Nazir, M. (2011). "Metode Penelitian". Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia.
- Parr, N. M. and N. Cullen. (1998) "Risk management and reservoir maintenance." Journal of the Institution of Water and Environmental Management 2, 587– 593.
- Ramik, J. (2020). "Application in Decision Making: Analytical Hierarchy Process - Pairwise Comparison Method: Theory and Application in Decision Making". Springer, Germany.
- Saaty, T. L. (2002). "Decision Making with the Analytical Hierarchy Process". Scientia Iranica 9:3, 215-229.
- Soentoro, E. A., A. B. Purnomo dan S. H. Susantin. (2013). "Study on Dam Risk Assessment as a Decision-Making Tool to Assist Prioritizing Maintenance of Embankment Dam in Indonesia". Proceeding the Second International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment – Bandung 2013.
- Spanish National Committee on Large Dam. (2012). "Risk Analysis Applied to Dam Safety". Professional Association of Civil Engineer.
- Stedinger, J. R., D. C. Heath and K. Thompson. (1996). "Risk Analysis for Dam Safety Evaluation: Hydrological Risk. Cornell University Ithaca, NY.
- Sugiyono. (2013). "Metodelogi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D". Alfabeta, Bandung.
- The Norwegian Geotechnical Institute. (2020). "Dam Safety: Handbook Risk Assessment and Risk Management for Dams". Oslo, Norway.
- Velasques, M. and Hester, P. T. (2013). "An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. International Journal of Operations Research, 10: 2, 56-66.
- Vick, S. G., and R. A. Stewart. (1996). "Risk analysis in dam safety practice." Uncertainty in the Geologic Environment. C. D. Shackelford, P. P. Nelson, and M. J. S. Roth, eds., American Society of Civil Engineers, Madison, WS, 586–603.
- United States Department of Homeland Security. (2012). "Assessing the Consequences of Dam Failure – A How-to Guide". Federal Emergency Management Agency.