

Manajemen Risiko Lingkungan Bendungan Wadaslintang

Alma Hastari Salsabila ^{[1]*}, Ida Ayu Ari Anggraeni ^[1]

^{[1]*} Department of Civil Engineering, Gunadarma University, Jakarta, 10430, Indonesia

Email: almahastrai@student.gunadarma.ac.id*, idaayu@staff.gunadarma.ac.id

*) Correspondent Author

Received: 08 September 2022; Revised: 02 November 2022; Accepted: 08 November 2022

How to cited this article:

Salsabila, Alma H, Anggraeni, Ida A A, (2023). Judul Artikel. Jurnal Teknik Sipil, 19(1), 82–97.

<https://doi.org/10.28932/jts.v19i1.5393>

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor risiko lingkungan apa saja yang terjadi pada Bendungan Wadaslintang, penilaian terhadap risiko tersebut dan mitigasi risiko yang dapat dilakukan. Pengambilan data dilakukan dengan cara pembagian kuesioner. Kuesioner tahap pertama yang ditujukan kepada pakar untuk memvalidasi variabel yang ada. Tahap kedua pembagian kuesioner ditujukan kepada seluruh pegawai bendungan untuk melihat pengaruh frekuensi dan dampak masing-masing variabel. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan beberapa tahap yaitu uji validitas dan reliabilitas, analisis deksriptif, analisis AHP (*Analytical Hierarchy Process*) serta penentuan faktor dan kategori risiko. Pada tahap terakhir dilakukan mitigasi risiko. Berdasarkan analisis AHP, untuk dampak positif seluruh variabel memiliki kategori tinggi kecuali untuk V8 (membentuk ekosistem baru untuk daerah sekitar) dan V11 (mengurangi jumlah polutan air dari aliran sungai di atas bendungan) yang masuk dalam kategori sedang. Sedangkan untuk dampak negatif, berdasarkan analisa yang dilakukan, seluruh variabel masuk ke dalam kategori sedang dan rendah. Variabel dengan nilai risiko tertinggi pada dampak negatif adalah V16 (emisi gas metana), V25 (penguapan air akibat luasnya reservoir), dan V27 (perubahan morfologi sungai). Mitigasi risiko dilakukan dengan cara penjagaan ekosistem di sekitar bendungan, pemasangan saringan dan pemantauan kualitas air, mengurangi material organik yang masuk ke bendungan, pemasangan pemecah angin dan pengaturan aliran air yang keluar dari bendungan.

Kata kunci: Bendungan, Manajemen Risiko, Risiko Lingkungan

ABSTRACT. *Environmental Risk Management of Wadaslintang Dam. This study aims to determine what environmental risk factors occur in the Wadaslintang Dam, so that assessment of these risks and risk mitigation can be done. Data collection was done by distributing questionnaires. The first stage of the questionnaire was addressed to the expert to validate the existing variables. The second stage was addressed to all dam employees to see the effect of the frequency and impact of each variable. Furthermore, data analysis was carried out, validity and reliability tests, descriptive analysis, AHP (Analytical Hierarchy Process) analysis and determination of risk factors and categories. Risk mitigation is last stage. Based on the AHP analysis, for the positive impact all variables have a high category except for V8 (forming a new ecosystem for the surrounding area) and V11 (reducing the amount of water pollutants from the river flow above the dam) which are in the medium category. As for the negative impact, all variables fall into the medium and low categories. The variables with the highest risk values for negative impacts are V16 (methane gas emissions), V25 (water evaporation due to the size of the reservoir), and V27 (changes in river morphology). Risk mitigation is carried out by maintaining ecosystems around the dam, installing filters and monitoring water quality, reducing organic material entering the dam, installing wind breakers and regulating the flow of water out of the dam.*

Keywords: Dam, Risk Management, Environmental Risk.

1. PENDAHULUAN

Manajemen risiko adalah proses pengambilan keputusan proaktif, yang melibatkan penerimaan risiko yang diketahui dan/atau mengambil langkah-langkah untuk mengurangi dampak dan kemungkinan terjadinya risiko, untuk meminimalkan ancaman dan memaksimalkan peluang (Adeleke et al., 2020). Risiko lingkungan merupakan risiko serius dalam industri konstruksi. Meskipun banyak perusahaan konstruksi berpegang teguh pada keyakinan bahwa paparan lingkungan hanya terkait dengan pekerjaan lingkungan, pada kenyataannya, risiko lingkungan ada di setiap aspek praktik pekerjaan konstruksi (Safayet et al., 2018).

Bendungan memberikan sejumlah manfaat bagi masyarakat, membantu menyeimbangkan variabilitas ketersediaan air untuk berbagai penggunaan, memungkinkan penambahan pembangkit listrik, menyediakan dan meningkatkan peluang rekreasi, dan menawarkan perlindungan terhadap banjir. Namun bendungan sering kontroversial karena persyaratan investasinya yang tinggi, efek distribusi yang tidak merata, dan kekhawatiran akan kerusakan yang tidak dapat diperbaiki yang mungkin ditimbulkannya terhadap sungai dan ekosistem yang ada disekitarnya (Jeuland, 2020). Bendungan Wadaslintang yang menjadi lokasi penelitian berada di Sungai Bedegolan, Desa Sumberejo, Kecamatan Wadaslintang Kabupaten Wonosobo.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor risiko lingkungan yang mungkin terjadi akibat pembangunan Bendungan Wadaslintang, melakukan penilaian terhadap faktor risiko lingkungan berdasarkan dampak, dan tingkat frekuensi risiko tersebut serta memberikan solusi pengendalian risiko berupa mitigasi serta tindakan preventif yang dapat dilakukan untuk menghilangkan atau mengurangi risiko yang muncul.

Penelitian ini dilakukan karena masih minimnya penelitian yang berfokus pada risiko lingkungan dan karena sedang maraknya pembangunan bendungan di Indonesia. Diharapkan dengan penelitian ini dapat mengidentifikasi dan menganalisis risiko lingkungan dari bendungan serta memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada, sehingga pembangunan bendungan nantinya dapat lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan karena adanya upaya pengurangan dampak lingkungan.

2. METODOLOGI

2.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Bendungan Wadaslintang pada Gambar 1 berada di Sungai Bedegolan, Desa Sumberejo, Kecamatan Wadaslintang Kabupaten Wonosobo. Bendungan Wadaslintang mulai dibangun pada tahun 1982 dan selesai pada tahun 1987. Pembangunan Bendungan Wadaslintang menggunakan tipe timbunan batu dengan inti kedap air dari tanah. Volume

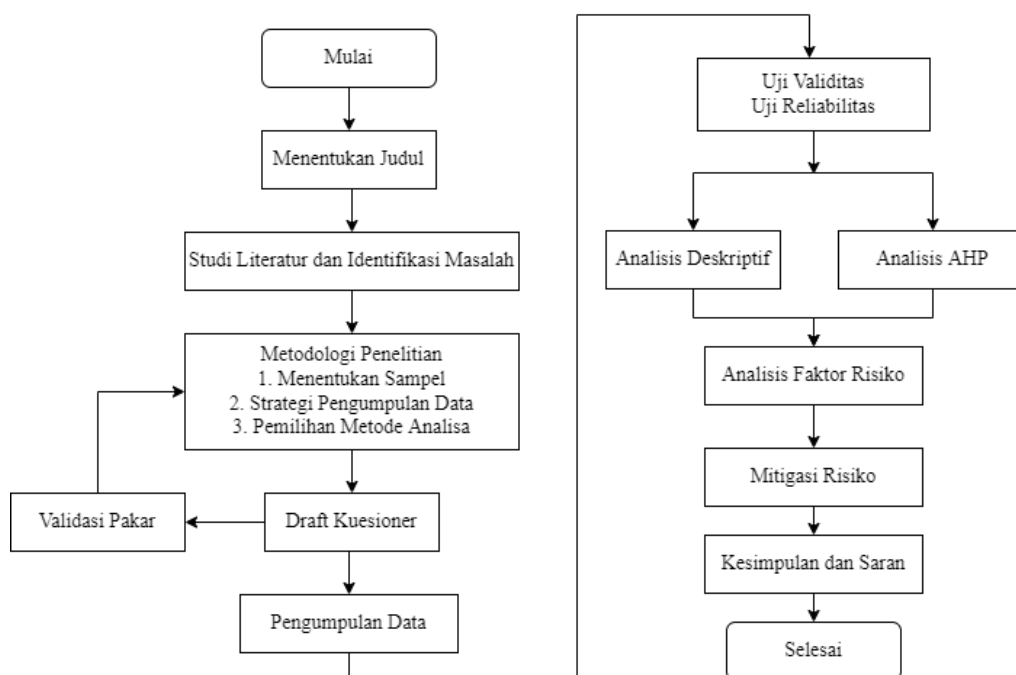
Bendungan 8.200.000 m³ termasuk bendungan pengelak. Tinggi puncak bendungan adalah 125 m, elevasi puncak bendungan +191 m dari dasar bendungan. Kapasitas sambungan waduk maksimum 443.000.000 m³ dengan kapasitas tampung efektif sebesar 408.000.000 m³.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Googel Map*)

2.2. Rancangan Penelitian

Penelitian didasarkan pada data yang diambil dengan cara kuesioner. Sebelumnya dalam pembuatan kuesioner ditentukan variabel-variabel yang akan dimasukkan ke dalam kuesioner dengan mencari penelitian sebelumnya. Langkah-langkah penelitian seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan dua tahap pengambilan data yaitu kusioner tahap pertama yang ditujukan kepada pakar untuk memvalidasi variabel yang ada. Tahap kedua pembagian kusioner ditujukan kepada seluruh pegawai bendungan untuk melihat pengaruh frekuensi dan dampak masing-masing variabel. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan beberapa tahap yaitu uji validitas dan reliabilitas, analisis deksriptif, analisis AHP serta penentuan faktor, dan kategori risiko. Setelah analisis selanjutnya dilakukan mitigasi risiko sebagai solusi dari risiko yang ada.

2.3. Manajemen Risiko

Manajemen risiko dapat didefinisikan sebagai proses sistematis menganalisis, mengidentifikasi, dan menanggapi risiko proyek. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan peluang dan dampak peristiwa positif sambil meminimalkan kemungkinan dan dampak peristiwa negatif, untuk memenuhi tujuan proyek (Milyardi, 2020). Manajemen risiko dapat dianggap sebagai proses pengambilan keputusan, dan itu memerlukan pemahaman penuh tentang risiko yang diketahui dan/atau tindakan yang diperlukan untuk mengurangi efek dan peluang terjadinya risiko tersebut, selain untuk mengurangi komplikasinya dan meningkatkan peluang keberhasilan (Bahamid & Doh, 2017).

2.4. Langkah-langkah Manajemen Risiko

Terdapat tiga langkah utama dalam proses manajemen risiko, yaitu identifikasi risiko, analisis risiko, dan respon atau mitigasi risiko (Bahamid & Doh, 2017).

1. Identifikasi risiko dapat didefinisikan sebagai proses analitis dan identifikasi secara terus-menerus, dimana menilai dan mengkategorikan pentingnya risiko dan keterkaitan yang ada di antara risiko-risiko ini dalam proyek konstruksi. Kegagalan dalam mengidentifikasi potensi risiko dapat mengakibatkan hasil yang tidak akurat dalam keseluruhan proses.
2. Analisis risiko adalah prosedur yang melibatkan evaluasi kritis terhadap risiko prospektif, mengaturnya menurut kepentingannya, dan memungkinkan tim manajemen untuk memilih yang penting. Tujuan utamanya adalah untuk mengevaluasi risiko dengan memisahkan peristiwa yang tidak perlu, kemungkinan terjadinya peristiwa yang tidak diinginkan, dan ukuran peristiwa tersebut.
3. Respon atau mitigasi risiko adalah komponen utama dalam manajemen risiko yang menentukan tindakan apa yang akan diambil untuk mengatasi risiko yang dievaluasi dalam tahap identifikasi, kualifikasi, dan kuantifikasi. Respon risiko adalah tindakan yang diambil untuk menghilangkan, mengurangi atau mentransfer risiko atau konsekuensinya.

2.5. Bendungan

Bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang, atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Penilaian dampak lingkungan bendungan sudah dilakukan pada tahapan perencanaan, namun pada masa operasi bendungan juga diperhatikan dampak lingkungan baik dampak positif ataupun dampak negatif (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan, 2015).

2.6. Risiko Lingkungan

Risiko lingkungan adalah ukuran potensi ancaman terhadap lingkungan dan menggabungkan kemungkinan bahwa peristiwa akan menyebabkan atau menyebabkan degradasi lingkungan dan tingkat keparahan degradasi tersebut. Risiko lingkungan tersebut mencakup berbagai bidang seperti perubahan iklim, kelangkaan air, penggundulan hutan, degradasi lahan, hilangnya keanekaragaman hayati, penipisan ozon, dan polusi kimia (Pritchard, 2015).

Berdasarkan sifatnya, risiko lingkungan dicirikan oleh perambatan spasial, terjadinya jeda waktu, efek pengganda, akumulasi, dan ireversibilitas. Namun, karakteristik risiko lingkungan yang paling mencolok adalah risiko lingkungan tersebut selalu berhubungan satu sama lain. Risiko lingkungan dan penanggulangannya selalu membawa dampak positif dan negatif terhadap lingkungan, ekonomi, dan sosial. Risiko lingkungan tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, karena tidak mungkin mencapai dampak nol pada lingkungan, tetapi perlu ditemukan mekanisme yang meminimalkan risiko lingkungan bagi manusia secara berkelanjutan (Kaneko et al., 2014).

2.7. Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas berfungsi untuk melihat apakah suatu alat ukur atau dalam hal ini pernyataan atau variabel kuesioner apakah valid atau tidak (Janna & Herianto, 2021). Dalam uji validitas setiap pertanyaan diukur dengan menghubungkan jumlah atau total dari masing-masing pertanyaan tersebut dengan jumlah atau total keseluruhan tanggapan dari pernyataan yang digunakan dalam setiap variabel. Kriteria uji validitas dilihat dengan membandingkan nilai koefisien korelasi atau nilai r . Nilai r hitung yang didapatkan dibandingkan dengan dengan nilai r tabel (Darma, 2021). Apabila nilai r hitung lebih besar daripada r tabel maka variabel tersebut valid, namun jika r hitung kurang dari r tabel maka variabel tersebut tidak valid (Sugiyono, 2006).

Uji reliabilitas dapat digunakan untuk mengetahui konsistensi alat ukur apakah alat ukur tetap konsisten jika pengukuran tersebut diulang. Alat ukur dikatakan reliabel jika menghasilkan

hasil yang sama walaupun dilakukan pengukuran berkali-kali (Sugiyono, 2006). Tingkat atau taraf signifikan yang digunakan dalam penelitian ini untuk pengujian reliabilitas adalah 0,75. Sehingga apabila variabel yang diuji memberikan hasil di atas 0,75 data tersebut dapat dipercaya namun apabila kurang dari 0,75 maka data tersebut tidak dapat dipercaya atau tidak dapat digunakan.

2.8. Analisis AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

Analytical Hierarchy Process diciptakan oleh Saaty (1980) untuk menangani masalah pengambilan keputusan dalam situasi yang kompleks dan multikriteria. AHP dapat membantu dalam membuat keputusan yang dicirikan oleh beberapa kriteria yang saling terkait dan sering bersaing. AHP akan menetapkan prioritas di antara kriteria keputusan ketika ditetapkan dalam sebuah tujuan. AHP terdiri dari tiga langkah, yang pertama yaitu pembentukan hierarki. Hierarki AHP pada tingkat pertama berisi tujuan, sedangkan tingkat selanjutnya yang lebih rendah mewakili perincian progresif dari kriteria, subkriteria, dan alternatif untuk mencapai tujuan. Langkah kedua yaitu perbandingan berpasangan. Pengambil keputusan diminta untuk menyelesaikan perbandingan berpasangan dari elemen-elemen di setiap tingkat hierarki, dengan asumsi elemen-elemen tersebut independen satu sama lain dan mempertimbangkan tujuan keputusan, perbandingan dibuat antara kepentingan relatif dari setiap dua kriteria pada tingkat kedua hierarki. Setiap dua subkriteria di bawah kriteria yang sama (pada level dua) juga dibandingkan, dan seterusnya. Perbandingan berpasangan ini sering didasarkan pada skala sembilan poin, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Langkah ketiga AHP adalah verifikasi konsistensi. Pada tahap ini penilaian ahli diperlukan untuk menentukan kepentingan relatif dari setiap kriteria dan setiap alternatif untuk mencapai tujuan keputusan. Karena AHP memungkinkan penilaian subjektif oleh pembuat keputusan, konsistensi penilaian tidak secara otomatis dijamin. Oleh karena itu, verifikasi konsistensi sangat penting untuk memastikan hasil yang optimal (Darko et al., 2018).

Tabel 1. Skala Perbandingan Berpasangan AHP

Bobot Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Salah satu elemen sedikit lebih penting dibanding elemen lainnya
5	Esensial atau memiliki kepentingan yang kuat
7	Sangat penting kepentingannya
9	Penting mutlak
2,4,6,8	Nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan dari nilai sebelumnya	Jika faktor 'i' memiliki salah satu angka yang disebutkan sebelumnya yang ditetapkan apabila dibandingkan dengan faktor 'j', maka j memiliki nilai timbal balik jika dibandingkan dengan i

Sumber: (Darko et al., 2018)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Variabel

Variabel awal risiko lingkungan akibat pembangunan bendungan ditentukan dengan mencari risiko lingkungan bendungan yang terdapat di lokasi lain atau penelitian sebelumnya. Variabel awal yang terpilih selanjutnya dimasukkan ke dalam kuesioner pakar untuk dilakukan validasi. Variabel awal risiko lingkungan terbagi menjadi dua yaitu dampak positif dan negatif. Variabel awal yang terpilih adalah masing-masing 15 variabel untuk dampak positif dan dampak negative seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel Dampak Positif dan Negatif

Variabel	Risiko terhadap Lingkungan	Sumber
Dampak Positif		
V1	Pengendali banjir.	(Boulange et al., 2021) dan (Wibowo, 2016)
V2	Sebagai <i>supply</i> air baku untuk kebutuhan masyarakat dan industri.	(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2021)
V3	Penyedia air <i>supply</i> irigasi bagi daerah sekitar	(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2021)
V4	Penampung cadangan air.	(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2021)
V5	Berfungsi sebagai pembangkit listrik terbarukan (PLTA).	(Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2021)
V6	Membuat lanskap baru untuk daerah tersebut sebagai tempat pariwisata.	Pengamatan Penulis
V7	Menjaga aliran sungai di hilir bendungan dari kekeringan.	(Marques et al., 2019)
V8	Membentuk ekosistem baru untuk daerah sekitar.	Pengamatan Penulis
V9	Memberi ruang terbuka hijau di daerah sekitar bendungan.	Pengamatan Penulis
V10	Peningkatan ekonomi daerah sekitar bendungan.	Pengamatan Penulis
V11	Mengurangi jumlah polutan air dari aliran sungai di atas bendungan.	(Dębska & Rutkowska, 2021)
V12	Sarana olahraga air.	Pengamatan Penulis
V13	Tempat konservasi tumbuhan dan hewan.	Pengamatan Penulis
V14	Tempat budidaya ikan.	Pengamatan Penulis
V15	Tempat rekreasi masyarakat.	Pengamatan Penulis
Dampak Negatif		
V16	Emisi gas metana akibat sedimentasi dan pengambilan air dari bawah <i>thermocline</i> bendungan.	(Maeck et al., 2013) dan (Fearnside, 2016)
V17	Erosi dasar sungai akibat berkurangnya <i>supply</i> sedimen.	(Lai et al., 2017)
V18	<i>Reservoir induced landslide</i> (longsor akibat induksi reservoir) yang disebabkan oleh perubahan tinggi muka air yang menyebabkan perubahan tekanan air ke dinding/ tanah.	(Yin et al., 2016) dan (Kamiruddin et al., 2022)
V19	<i>Reservoir induced earthquake</i> (gempa akibat induksi reservoir) yang disebabkan oleh perubahan tegangan bawah permukaan akibat peningkatan tekanan pori dari air.	(Johann et al., 2018) dan (Zhang et al., 2018)

Tabel 2. Variabel Dampak Positif dan Negatif (Lanjutan)

Variabel	Risiko terhadap Lingkungan	Sumber
Dampak Negatif		
V20	Perubahan temperatur air akibat perlambatan kecepatan aliran dan atau pengambilan air di bawah batas thermocline.	(Xiong et al., 2020)
V21	Penurunan kualitas air (akibat hypoxia, eutrofikasi fosfor dan penurunan <i>water self-purification</i>).	(Winton et al., 2019) dan (Wei et al., 2009)
V22	Penghambatan migrasi ikan karena adanya bendungan.	(Baumgartner & Wibowo, 2018)
V23	Banjir akibat kegagalan bendungan.	(Malekmohammadi, 2018)
V24	Menurunnya biodiversitas sekitar bendungan (mikroorganisme, hewan, tumbuhan).	(Faizal et al., 2017)
V25	Meningkatkan penguapan air permukaan karena luasnya reservoir.	(Friedrich et al., 2018)
V26	Pengurangan vegetasi penutup lahan akibat pergantian tata guna lahan.	(Wu et al., 2019), (Ceschin et al., 2015), dan (Liu et al., 2013)
V27	Perubahan morfologi sungai (lebar, kedalaman dan kecepatan aliran)	(Adib et al., 2016)
V28	Kerusakan situs sejarah dan lanskap alam.	(Heydari & Othman, 2013)
V29	Perubahan iklim lokal disekitar bendungan akibat evaporasi permukaan reservoir.	(Miller et al., 2005)
V30	Pengalihan aliran sungai untuk bendungan	(Farah-pérez et al., 2020)

3.2. Validasi Pakar

Pakar yang dipilih dalam kusioner ini adalah pakar dengan pengalaman kerja yang berkualitas dan dinilai paling mengerti dalam risiko/dampak lingkungan Bendungan Wadaslintang. Pakar yang diminta pendapatnya adalah tiga orang dengan pengalaman kerja yang cukup tinggi seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Pakar yang diambil sejumlah tiga orang sesuai dengan jumlah minimal pakar dan dengan memperhatikan jumlah responden yang tidak terlalu banyak. Ketiga pakar tersebut selanjutnya memberikan pendapatnya, karena jumlah pakar yang ganjil sehingga dapat langsung diketahui apakah variabel yang ada pada kuesioner disetujui atau ditolak.

Tabel 3. Profil Pakar

No	Nama	Pengalaman Kerja
1	A	10 tahun
2	B	20 tahun
3	C	25 tahun

Berdasarkan hasil tanggapan pakar, dari risiko/ dampak positif terdapat satu variabel yang ditolak karena dinyatakan tidak ada oleh ketiga pakar, yaitu variabel 12, sarana olahraga. Variabel tersebut ditolak karena Bendungan Wadaslintang dinilai berbahaya apabila digunakan sebagai sarana olahraga. Selain itu, untuk risiko/ dampak negatif terdapat 3 variabel yang dihapuskan yaitu variabel 17, 19, dan 28. Untuk variabel 17, Erosi dasar sungai akibat berkurangnya suplai sedimen dinyatakan tidak ada risiko oleh ketiga pakar karena sungai di bawah bendungan selalu

menerima sedimen yang cukup. Variabel 19 yaitu *Reservoir induced earthquake* tidak pernah terjadi sehingga dihapuskan oleh ketiga pakar. Variabel 28 yaitu Kerusakan situs sejarah dan lanskap alam dinilai oleh dua pakar tidak ada, karena hanya terjadi perubahan tata guna lahan dan tidak ada situs sejarah atau lanskap alam yang mengalami kerusakan.

3.3. Hasil Uji Validitas

Uji validitas dilakukan pada hasil kuesioner tahap kedua yang dibagikan kepada 32 orang pada kantor pengelola bendungan. Uji ini dilihat dengan menggunakan nilai koefisien korelasi atau nilai r hitung dan disajikan pada Tabel 4 hingga Tabel 7. Nilai r hitung didapatkan dari perhitungan SPSS 26.0. Nilai ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai r tabel. Nilai r tabel yang digunakan dengan 32 responden dan perhitungan dua arah dinilai 0,05 adalah 0,3494. Apabila nilai r hitung lebih besar daripada r tabel maka variabel tersebut valid, namun jika r hitung kurang dari r tabel maka variabel tersebut tidak valid (Sugiyono, 2006).

Tabel 4. Nilai r Hitung Dampak Positif, Frekuensi Kejadian

Variabel	Nilai r hitung
V1	0,66
V2	0,62
V3	0,50
V4	0,46
V5	0,53
V6	0,61
V7	0,62
V8	0,53
V9	-0,19
V10	0,56
V11	0,41
V13	0,41
V14	0,69
V15	0,43

Tabel 5. Nilai r Hitung Dampak Positif, Besarnya Dampak

Variabel	Nilai r hitung
V1	0,77
V2	0,37
V3	0,58
V4	0,51
V5	0,37
V6	0,38
V7	0,49
V8	0,50
V9	0,29
V10	0,48
V11	0,53
V13	0,54
V14	0,52
V15	0,39

Tabel 6. Nilai r Hitung Dampak Negatif, Frekuensi Kejadian

Variabel	Nilai r hitung
V16	0,58
V18	0,43
V20	0,64
V21	0,36
V22	0,49
V23	-0,01
V24	0,47
V25	0,62
V26	0,40
V27	0,50
V29	0,35
V30	0,49

Tabel 7. Nilai r Hitung Dampak Negatif, Besarnya Dampak

Variabel	Nilai r hitung
V16	0,53
V18	0,48
V20	0,58
V21	0,44
V22	0,46
V23	0,10
V24	0,40
V25	0,55
V26	0,50
V27	0,46
V29	0,35
V30	0,40

Berdasarkan hasil uji validasi di atas maka dapat disimpulkan bahwa terdapat dua variabel yang tidak valid dan tidak digunakan selanjutnya yaitu variabel 9 (Memberi ruang terbuka hijau di daerah sekitar bendungan) memiliki nilai r hitung $-0,186$ untuk frekuensi kejadian dan $0,295$ untuk besarnya dampak, dan variabel 23 (Banjir akibat kegagalan bendungan) dengan nilai r hitung $-0,005$ untuk frekuensi kejadian dan $0,102$ untuk besarnya dampak risiko. Untuk nilai koefisien korelasi pada tabel frekuensi kejadian memberikan nilai negatif, yang berarti variabel tersebut memiliki hubungan yang berlawanan. Sedangkan untuk variabel pada besarnya dampak, nilai koefisien korelasi sangat rendah dan berada di bawah standar untuk kuesioner dengan 32 responden.

3.4. Hasil Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Cronbach's Alpha menggunakan aplikasi SPSS 26.0. Tingkat atau taraf signifikan yang digunakan dalam penelitian ini untuk pengujian reliabilitas adalah $0,75$. Berdasarkan hasil uji maka dapat disimpulkan bahwa hasil uji reliabilitas data dapat dipercaya karena memiliki nilai lebih dari $0,75$ yaitu, $0,844$ untuk kedua data dampak positif, $0,800$ untuk frekuensi dampak negatif dan $0,795$ untuk besarnya dampak negatif.

3.5. Hasil Analisis AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

Analisis AHP dilakukan untuk menentukan prioritas peristiwa risiko dari masing-masing sub-risiko. Analisis AHP dilakukan dengan tahapan penentuan matriks berpasangan, perhitungan bobot elemen, lalu menentukan nilai rata-rata frekuensi dan dampak seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Bobot Elemen Frekuensi dan Dampak

	Sangat Besar	Besar	Sedang	Kecil	Sangat Kecil
Bobot	1,006	0,520	0,269	0,136	0,070

3.6. Hasil Analisis Faktor dan Kategori Risiko

Analisis faktor risiko dilakukan untuk memperhitungkan nilai dari faktor risiko tersebut. Faktor risiko merupakan penggabungan atau perkalian dari frekuensi kejadian risiko dengan besarnya dampak risiko. Setelah dilakukan perhitungan faktor risiko selanjutnya dilakukan pengkategorian risiko berdasarkan Tabel 9. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 9. Kategori Risiko

Nilai FR	Kategori Risiko
> 0,7	Tinggi
0,4 – 0,7	Sedang
<0,4	Rendah

Sumber: (SNI, 2006)

Tabel 10. Faktor dan Kategori Risiko Dampak Positif

Variabel	Mean Frekuensi	Mean Dampak	Faktor Risiko	Kategori	Peringkat
V1	0,46	0,60	0,78	Tinggi	8
V2	0,74	0,69	0,92	Tinggi	1
V3	0,37	0,76	0,85	Tinggi	5
V4	0,53	0,66	0,84	Tinggi	6
V5	0,75	0,58	0,89	Tinggi	2
V6	0,66	0,57	0,85	Tinggi	4
V7	0,45	0,55	0,75	Tinggi	10
V8	0,49	0,36	0,68	Sedang	12
V10	0,63	0,46	0,80	Tinggi	7
V11	0,36	0,28	0,54	Sedang	13
V13	0,55	0,43	0,74	Tinggi	11
V14	0,59	0,42	0,76	Tinggi	9
V15	0,70	0,53	0,86	Tinggi	3

Tabel 11. Faktor dan Kategori Risiko Dampak Negatif

Variabel	Mean Frekuensi	Mean Dampak	Faktor Risiko	Kategori	Peringkat
V16	0,34	0,25	0,51	Sedang	3
V18	0,29	0,26	0,48	Sedang	7
V20	0,27	0,32	0,50	Sedang	4
V21	0,17	0,18	0,32	Rendah	10
V22	0,25	0,32	0,49	Sedang	5
V24	0,15	0,17	0,29	Rendah	11
V25	0,35	0,33	0,57	Sedang	1
V26	0,22	0,23	0,41	Sedang	8
V27	0,33	0,32	0,55	Sedang	2
V29	0,20	0,19	0,35	Rendah	9
V30	0,26	0,30	0,49	Sedang	6

3.7. Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko dilakukan untuk mengatasi risiko yang ada. Penelitian ini merupakan risiko lingkungan, sehingga untuk dampak positif mitigasinya dilakukan pada risiko dengan kategori rendah atau sedang untuk dampak negatif dilakukan mitigasi pada kategori sedang atau tinggi. Mitigasi risiko pada dampak positif dilakukan agar dampak positif tersebut dapat terus meningkat hingga mencapai hasil maksimal. Sedangkan mitigasi risiko pada dampak negatif dilakukan agar dampak tersebut dapat dikurangi atau dihilangkan.

Dampak Positif:

1. V8-Membentuk ekosistem baru untuk daerah sekitar.

Untuk meningkatkan dampak positif pada V8 dapat dilakukan penjagaan ekosistem di sekitar bendungan untuk daerah daratan seperti menjaga pepohonan atau hutan di sekitar bendungan dan semua hewan yang ada di dalamnya. Untuk daerah perairan yang ada pada Bendungan dapat dilakukan dengan penebaran benih ikan dan penjagaan kualitas air pada bendungan.

2. V11-Mengurangi jumlah polutan air dari aliran sungai di atas bendungan.

Untuk memaksimalkan dampak positif dari V11 dapat dilakukan dengan pemasangan saringan pada saluran masuk ataupun keluar bendungan, pemantauan kualitas air secara berkala untuk penjagaan kualitas air di dalam bendungan.

Dampak Negatif:

1. V16-Emisi gas metana akibat sedimentasi dan penarikan air dari bawah *thermocline* bendungan.

Emisi gas metana dapat mengakibatkan perubahan iklim, hal ini karena gas metana dapat melubangi lapisan ozon dan mengurangi jumlah oksigen. Pengurangan emisi gas metana dapat dilakukan dengan cara mengurangi sampah atau material organik yang masuk ke dalam bendungan karena gas metana berasal dari pembusukan tanpa adanya oksigen. Selain itu penarikan air ataupun sedimen dari bendungan harus dikontrol agar tidak banyak gas metana yang keluar.

2. V25-Meningkatkan penguapan air permukaan karena luasnya reservoir.

Salah satu cara yang paling mudah dan paling murah untuk mengurangi penguapan air adalah penginstalan pemecahan angin. Penelitian dari *Departemen of Water, Australia* (2007) menunjukkan bahwa penggunaan pemecahan angin untuk memperlambat kecepatan angin permukaan Bendungan dapat mengurangi evaporasi sebesar 20 hingga 30%. Pemecah angin yang dapat digunakan adalah pagar khusus atau pepohonan.

3. V27-Perubahan morfologi sungai (lebar, kedalaman dan kecepatan aliran).

Perubahan morfologi sungai ada karena bendungan sebagian besar dipengaruhi oleh adanya perubahan *supply* dan bentuk sedimen, dan perubahan debit aliran air. Untuk meminimalkan hal tersebut dapat dilakukan pengaturan pengeluaran sedimen dan aliran air dari bendungan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Faktor risiko lingkungan yang mungkin terjadi akibat pembangunan Bendungan Wadaslintang ada 15 variabel untuk dampak positif. Selanjutnya setelah validasi pakar, variabel sarana olahraga air dihilangkan karena tidak sesuai dengan keadaan di lapangan. Selain itu, setelah melalui uji validasi, variabel memberi ruang terbuka hijau di daerah sekitar bendungan juga dihapuskan karena dinilai tidak valid. Sedangkan untuk dampak negatif, pada awalnya juga terdiri dari 15 variabel. Setelah validasi pakar terdapat 3 variabel yang dihilangkan karena tidak sesuai dengan keadaan lapangan atau tidak pernah terjadi. Variabel tersebut adalah erosi dasar sungai akibat berkurangnya suplai sedimen, *reservoir induced earthquake*, dan kerusakan situs sejarah dan lanskap alam. Selain itu pada uji validasi, banjir akibat kegagalan bendungan juga dinilai tidak valid.

Penilaian terhadap faktor risiko lingkungan berdasarkan dampak dan tingkat frekuensi risiko dilakukan dengan analisis data menggunakan AHP. Berdasarkan analisis tersebut, untuk dampak positif seluruh variabel memiliki kategori tinggi kecuali untuk V8 (membentuk ekosistem baru untuk daerah sekitar) dan V11 (mengurangi jumlah polutan air dari aliran sungai di atas bendungan) yang masuk dalam kategori sedang. Sedangkan untuk dampak negatif, berdasarkan analisa yang dilakukan, seluruh variabel masuk ke dalam kategori sedang dan rendah. Variabel dengan nilai risiko tertinggi pada dampak negatif adalah V16 (emisi gas metana), V25 (penguapan air akibat luasnya reservoir), dan V27 (perubahan morfologi sungai).

Mitigasi risiko dilakukan pada dampak positif yang memiliki kategori sedang yaitu V8 dan V11. Pada V8 dapat ditingkatkan dampak positifnya dengan cara dilakukan penjagaan ekosistem di sekitar bendungan untuk daerah daratan seperti menjaga pepohonan atau hutan dan peneraban benih ikan untuk reservoir bendungan. V11 dapat ditingkatkan dengan cara pemasangan saringan dan pemantauan kualitas air. Sedangkan untuk dampak negatif dilakukan mitigasi pada tiga nilai tertinggi yaitu V16, V25 dan V27. Untuk V16 dapat diatasi dengan mengurangi material organik yang masuk ke bendungan, V25 diatasi dengan pemasangan pemecah angin dan V27 dengan cara pengaturan aliran air yang keluar dari bendungan.

4.2. Saran

Penelitian yang penulis lakukan masih belum sempurna, sehingga berikut beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini di masa depan.

1. Penelitian risiko lingkungan selanjutnya dilakukan dengan data nyata yang ada di lapangan, bukan hanya menggunakan kuesioner saja sehingga didapatkan hasil nyata sesuai keadaan di lapangan tanpa adanya bias.
2. Apabila penelitian menggunakan kuesioner, dilakukan tidak hanya pada pengelola bendungan, namun juga masyarakat sekitar ataupun pemerhati lingkungan yang ada di daerah tersebut sehingga didapatkan pendapat yang beragam.
3. Penelitian dilakukan tidak hanya melihat keadaan setelah bendungan beroperasi, namun juga memperhatikan keadaan sebelum bendungan itu ada dan pada saat pembangunan berlangsung. Sehingga akan terlihat lebih jelas bagaimana pengaruh bendungan tersebut terhadap lingkungan di sekitarnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke, A. Q., Bari, S., & Karim, A. (2020). Where Are We ? The Level of Risk Management in Malaysian Construction Industries Where Are We ? The Level of Risk Management in Malaysian Construction Industries. *International Journal of Supply Chain Management IJSCM*, 9(1), 527–535.
- Adib, A., Foladfar, H., & Roozy, A. (2016). Role of construction of large dams on river morphology (case study: the Karkheh dam in Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 9(15). <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2693-2>
- Bahamid, R. A., & Doh, S. I. (2017). A review of risk management process in construction projects of developing countries. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering PAPER*, 271(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012042>
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, K. P. (2021). *Bendungan Wadaslintang*. <https://sda.pu.go.id/balai/bwsserayuopak/projects-item/bendungan-wadaslintang/>
- Baumgartner, L. J., & Wibowo, A. (2018). Addressing fish-passage issues at hydropower and irrigation infrastructure projects in Indonesia. *Marine and Freshwater Research*, 69, 1805–1813.
- Boulangé, J., Hanasaki, N., Yamazaki, D., & Pokhrel, Y. (2021). Role of dams in reducing global flood exposure under climate change. *Nature Communications*, 12(417), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20704-0>
- Ceschin, S., Tombolini, I., & Abati, S. (2015). The effect of river damming on vegetation : is it always unfavourable ? A case study from the River Tiber (Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(301). <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4521-7>
- Darko, A., Ping, A., Chan, C., Ameyaw, E. E., Owusu, K., Pärn, E., Edwards, D. J., Darko, A., Ping, A., Chan, C., & Ameyaw, E. E. (2018). Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction. *International Journal Od Construction Management*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452098>
- Darma, B. (2021). *Statistika Penelitian Menggunakan SPSS*. Guepedia.
- Dębska, K., & Rutkowska, B. (2021). The influence of a dam reservoir on water quality in a small lowland river. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(123), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-08905-6>
- Faizal, M., Fong, L. J., Chiam, J., & Amirah, A. (2017). Energy , Economic and Environmental

- Impact of Hydropower in Malaysia. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 2(4), 33–42.
- Farah-pérez, A., Umaña-villalobos, G., & Anderson, E. P. (2020). An analysis of river fragmentation by dams and river dewatering in Costa Rica. *River Research and Application*, 1–7. <https://doi.org/10.1002/rra.3678>
- Fearnside, P. M. (2016). Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams in tropical forests. In *Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia* (pp. 428–438).
- Friedrich, K., Grossman, R. L., Huntington, J., Blanken, P. d., & Lenters, J. (2018). Reservoir Evaporation in the Western United States. *American Meteorological Society, January*, 167–188. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00224.1>
- Heydari, M., & Othman, F. (2013). A Review of the Environmental Impact of Large Dams in Iran A review of the Environmental Impact of Large Dams in Iran. *International Journal of Advancements Civil Structural and Environmental Engineering*, 1(1).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan, (2015).
- Janna, N. M., & Herianto. (2021). Konsep Uji Validitas dan Reliabilitas dengan Menggunakan SPSS. *OSF Preprint*. <https://doi.org/https://doi.org/10.31219/osf.io/v9j52>
- Jeuland, M. (2020). The economics of dams. *Oxford Review of Economic Policy*, 36(1), 45–68. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grz028>
- Johann, L., Shapiro, S. A., & Dinske, C. (2018). The surge of earthquakes in Central Oklahoma has features of reservoir- induced seismicity. *Scientific Reports*, July, 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29883-9>
- Kamiruddin, A., Chalid, A., Sulaeman, A., & Siregar, C. A. (2022). Pengaruh Permeabilitas Terhadap Stabilitas Keamanan Bendungan Gunungrowo. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 313–327. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4648>
- Kaneko, N., Yoshiura, S., & Masanori, K. (2014). *Sustainable Living with Environmental Risks*. Springer.
- Lai, X., Yin, D., Finlayson, B. L., Wei, T., Li, M., Yuan, W., Yang, S., Dai, Z., & Chen, Z. (2017). Will river erosion below the Three Gorges Dam stop in the middle Yangtze? *Journal of Hydrology*, 221(554), 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.08.057>
- Liu, W., Liu, G., Liu, H., Song, Y., & Zhang, Q. (2013). Subtropical reservoir shorelines have reduced plant species and functional richness compared with adjacent riparian wetlands. *Environmental Research Letters*, 8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044007>
- Maeck, A., Delsontro, T., Mcginnis, D. F., Fischer, H., Flury, S., Schmidt, M., Fietzek, P., & Lorke, A. (2013). Sediment Trapping by Dams Creates Methane Emission Hot Spots. *Environmental Science & Technology*, 47, 8130–8137.
- Malekmohammadi, B. (2018). Application of Bayesian networks in a hierarchical structure for environmental risk assessment : a case study of the Gabric. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(279), 1–17.
- Marques, É. T., Gunkel, G., & Sobral, M. C. (2019). Management of Tropical River Basins and Reservoirs under Water Stress : Experiences from Northeast Brazil. *Environments*, 6(62), 1–22.
- Miller, N. L., Jin, J., & Tsang, C.-F. (2005). Local climate sensitivity of the Three Gorges Dam. *Geophysical Research Letters*, 32.
- Milyardi, R. (2020). Konstruksi Pada Kontraktor Bumh dan Swasta. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 12–37. <https://doi.org/10.28932/jts.v16i1.2399>
- Pritchard, C. L. (2015). *Risk Management*. Taylor & Francis.
- Safayet, A., Islam, H., & Ahmed, S. (2018). A Case Study on Risk Management in Existing Construction Project in Bangladesh. *Journal of Logistics, Informatics and Service Science*, 5(1), 1–16.
- SNI. (2006). *Risk Management Guidelines*.
- Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta.
- Wei, G., Yang, Z., Cui, B., Li, B., Chen, H., Bai, J., & Dong, S. (2009). Impact of Dam

- Construction on Water Quality and Water Self- Purification Capacity of the Lancang River, China. *Water Resources Management*, 23, 1763–1780. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9351-8>
- Wibowo. (2016). *Kajian Kinerja Bendungan Jragung Dalam Pengendalian Banjir Das Jragung Provinsi Jawa Tengah*. Universitas Gajah Mada.
- Winton, R. S., Calamita, E., & Wehrli, B. (2019). Reviews and syntheses : Dams , water quality and tropical reservoir stratification. *Biogeosciences*, 16, 1657–1671.
- Wu, H., Chen, J., Xu, J., Zeng, G., Sang, L., Liu, Q., Yin, Z., Dai, J., Yin, D., Liang, J., & Ye, S. (2019). Effects of dam construction on biodiversity : A review. *Journal of Cleaner Production*, 221, 480–489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.001>
- Xiong, Y. J., Yin, J., U, K. T. P., Zhao, S. H., Qiu, G. Y., & Liu, Z. (2020). How the three Gorges Dam affects the hydrological cycle in the mid-lower Yangtze River : a perspective based on decadal water temperature changes How the three Gorges Dam affects the hydrological cycle in the mid- lower Yangtze River : a perspective based. *Environmental Research Letters*, 15.
- Yin, Y., Huang, B., Wang, W., Wei, Y., Ma, X., & Ma, F. (2016). Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering Reservoir-induced landslides and risk control in Three Gorges Project on Yangtze River , China. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 8(5), 577–595. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2016.08.001>
- Zhang, L., Li, J., Sun, X., & Liao, W. (2018). A Possible Mechanism of Reservoir - Induced Earthquakes in the Three Gorges A Possible Mechanism of Reservoir-Induced Earthquakes in the Three Gorges Reservoir , Central China. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 108(5B), 3016–3028. <https://doi.org/10.1785/0120180015>