

Analisis Risiko Bencana Bendungan dengan Metode Valuasi Ekonomi

Tutik Rachmawati, Stephen Sanjaya
Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
tutikr@unpar.ac.id

Received 07 Mei 2023; Revised 11 Mei 2023; Accepted for Publication 17 Mei 2023; Published 08 Juni 2023

Abstract — Social scientists are often working cross-collaboratively with engineers and other fields of study to predict the potential loss of social and economic values of dam break disasters. However, there are no standardized methods of economic valuation to calculate the potential loss of dam breaks. Whilst regular dam inspection is needed to ensure its safety requires a more robust method of prediction in understanding the potential loss, the lack of a standardized yet comprehensive method led to a weak prediction of loss. Consequently, the dam management was unable to plan strategically the measures to anticipate and reduce the risk of the dam break. This paper focuses on methods of economic valuation in calculating the potential loss of a dam break. It advances the steps of calculating the loss, making it beneficial for any social scientist conducting a similar study.

Keywords — dam break, loss, risks, economic valuation

Abstrak— Ilmuwan sosial sering bekerja secara kolaboratif dengan para insinyur dan bidang studi lainnya untuk memprediksi potensi kerugian nilai sosial dan ekonomi dari bencana jebolnya bendungan. Namun, belum ada metode valuasi ekonomi yang baku namun komprehensif untuk menghitung potensi kerugian jebolnya bendungan. Sementara pemeriksaan bendungan secara teratur diperlukan untuk memastikan keamanannya membutuhkan metode prediksi yang lebih kuat dalam memahami potensi kerugian, kurangnya metode standar menyebabkan prediksi kerugian yang lemah. Akibatnya, pengelola bendungan tidak mampu merencanakan langkah strategis untuk mengantisipasi dan mengurangi risiko jebolnya bendungan. Makalah ini berfokus pada metode valuasi ekonomi dalam menghitung potensi kerugian jebolnya bendungan. Detail langkah-langkah penghitungan kerugian akan dibahas dalam makalah ini dan akan bermanfaat bagi ilmuwan sosial mana pun yang melakukan perhitungan kerugian yang serupa.

Kata Kunci— bencana bendungan, bendungan jebol, risiko, kerugian, valuasi ekonomi

PENDAHULUAN

Bendungan mengandung risiko yang ditunjukkan dengan data bencana bendungan di Indonesia maupun di luar negeri. Selama periode 2019 - 2020 telah terjadi Bencana karena jebolnya bendungan di beberapa tempat. Campbell [1], Ennes [2], Hayes [3] dan Ratnagiri [4] mencatat beberapa bendungan yang jebol selama dua tahun tersebut. Misalnya Bendungan Brumadinho di Brazil, Bendungan Spencer di Amerika Serikat, Bendungan Tiware di India, Bendungan Sanford di Amerika Serikat, dan Bendungan Edenville di Amerika Serikat. Di tahun 2021, Hayes mencatat bahwa bendungan Edenville yang jebol memaksa 10.000 orang mengungsi, 2500 rumah dan bangunan niaga rusak, dan menimbulkan kerugian mencapai total 200 juta dollar amerika atau setara Rp. 2.934.960.009.482,- Dalam

tulisannya tersebut, lebih lanjut Hayes menjelaskan manajemen bendungan pada akhirnya tidak mampu memberi dispensasi kepada penduduk yang terdampak dan mengajukan status pailit. Terlepas bahwa penyebab dari jebolnya bendungan seringkali disebabkan oleh pemeliharaan dan rehabilitasi yang buruk, kesadaran bahwa bendungan mungkin jebol dan menyebabkan kerugian perlu ditunjukkan baik kepada manajemen bendungan, pemerintah maupun kepada publik. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memprediksikan potensi kerugian karena bendungan yang jebol. Prediksi potensi kerugian dalam angka memudahkan pemahaman akan risiko bencana jebolnya bendungan. Selain itu, potensi kerugian yang ditunjukkan dalam angka rupiah akan memudahkan setiap pihak yang bertanggung jawab terhadap keamanan bendungan mengambil langkah-langkah strategis rencana mitigasi bencana jebolnya bendungan (Faturahman) [5]

Prediksi risiko bencana jebolnya bendungan dapat dilakukan dengan menggunakan valuasi ekonomi. Valuasi ekonomi sering digunakan untuk menghitung kerugian yang terjadi pada lingkungan sebagai akibat dari aktivitas manusia (referensi riset empiris). Telah ada beberapa studi perhitungan risiko bencana alam. Prayoga [6] misalnya menggunakan pendekatan statistik untuk mengukur kerugian karena bencana banjir. Pendekatan Prayoga tersebut menggunakan perhitungan curah hujan sebagai penentu jumlah keluarga yang kemungkinan mengalami genangan banjir dari bendungan, sehingga perhitungannya tidak mampu menghasilkan nilai rupiah potensi kerugian.

Nurdin [7] membahas perhitungan kerugian dengan menggunakan metode tata guna lahan (*land use method*) yang berfokus pada digunakannya harga jual tanah sebagai dasar untuk memprediksi kerugian karena bencana jebolnya bendungan. Namun demikian perhitungan kerugian dengan *proxy* harga jual tanah, tidak tepat digunakan karena bangunan yang tergenang mengalami kerusakan, bukan berarti lalu tidak dapat dijual.

Selain dua metode diatas, metode yang paling populer digunakan oleh berbagai sarjana bidang ilmu teknik sipil adalah metode yang diusulkan oleh the Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). Metode oleh ECLAC ini menggunakan dasar efek banjir terhadap kerusakan pada bangunan (Jayantara) [8].

Publikasi oleh Wiguna et al. [9] menjelaskan penggunaan aspek-aspek seperti kerugian jiwa (*loss of life*) dan kerugian hilangnya produktivitas (*productivity loss*) dalam menghitung potensi kerugian karena bencana jebolnya bendungan. Wiguna et.al berpendapat bahwa ‘perkiraan kerugian hanya dapat ditentukan setelah banjir karena jebolnya bendungan terjadi, padahal setiap stakeholders

memerlukan perhitungan kerugian sebelum bencana terjadi.' Dengan mempertimbangkan hal tersebut, paper ini akan berfokus pada valuasi ekonomi untuk menghitung perkiraan (*forecasting*) kerugian akibat bencana jebolnya bendungan secara lebih detail. Selain membahas lebih detail dua dasar perhitungan potensi kerugian yang juga telah dijelaskan oleh Wiguna et al., makalah ini akan menjelaskan penalaran setiap perhitungan risiko serta tahapan-tahapan perhitungan potensi risiko yang dapat menjadi panduan perhitungan bencana karena kerusakan bangunan infrastruktur yang lain.. Selain itu, setiap penjelasan langkah perhitungan akan dilengkapi dengan tabel *template* yang akan bermanfaat bagi bagi ilmuwan bidang ilmu sosial, ekonomi maupun aktuaria. Pembahasan dalam makalah ini didasarkan pada Laporan survei Sosial Ekonomi Bendungan Ketro, Laporan survei Sosial Ekonomi Bendungan Cengklik dan Laporan survei Sosial Ekonomi Bendungan Delingan, yang telah dikerjakan oleh penulis bagi PT Metanna Engineering.

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan perhitungan valuasi ekonomi potensi risiko bencana jebolnya bendungan, beberapa langkah perlu dilakukan. Beberapa langkah tersebut akan dibahas pada bagian metode penelitian ini. Hal mendasar yang perlu dipahami adalah bahwa perhitungan valuasi ekonomi tidak dapat dilakukan hanya oleh satu bidang ilmu saja. Seperti yang telah dijelaskan dalam abstrak, kegiatan menghitung valuasi ekonomi potensi risiko bencana jebolnya bendungan harus merupakan kegiatan kolaborasi lintas bidang studi.

Analisis potensi risiko dan kerugian membutuhkan keahlian dari sarjana dan peneliti sosial, kebijakan publik dan aktuaria yang memahami kebijakan publik dan aspek aspek lain dalam melakukan analisis sosial ekonomi. Meskipun topik bencana jebolnya bendungan (*dam break*) menjadi domain utama para sarjana dan peneliti teknik sipil, namun peran para peneliti sosial dan ekonomi sangat dibutuhkan untuk mendapatkan analisis yang lebih komprehensif.

Langkah pertama : pembuatan peta genangan

Untuk melakukan analisis potensi kerugian bencana bendungan perlu dilakukan langkah pendahuluan yang memerlukan keahlian bidang ilmu teknik sipil terutama teknik sumber daya air yang tergabung dalam tim ahli hidraulik.. Langkah pendahuluan tersebut adalah penentuan peta genangan. Dengan berdasarkan pada peta genangan yang dihasilkan oleh tim ahli hidraulik, maka didapatkan informasi wilayah yang berpotensi tergenang apabila terjadi kebocoran atau luapan bendungan. Wilayah tergenang dapat dibagi menjadi tiga kategori kedalaman genangan, yaitu:

- kategori pertama adalah wilayah dengan ketinggian genangan kurang dari 0.5 meter
- kategori kedua adalah wilayah dengan ketinggian genangan antara 0,5 meter sampai dengan 1,5 meter
- Kategori ketiga adalah wilayah dengan ketinggian genangan lebih dari 1,5 meter

Informasi ketinggian genangan tersebut tentu saja menjadi dasar perhitungan risiko bencana bendungan.

Semakin tinggi genangan tentu saja semakin tinggi risiko risiko hilangnya kesejahteraan bahkan kehilangan nyawa. Selain itu, pemeriksaan silang peta genangan tersebut dengan data kepadatan jumlah penduduk per wilayah administratif juga penting untuk analisis risiko bencana bendungan. Karakteristik kepadatan wilayah tentu saja menentukan kompleksitas potensi kerugian; semakin padat wilayah tergenang, semakin kompleks perhitungan potensi risiko.

Argumentasi Wiguna et al. bahwa perhitungan risiko bencana jebolnya bendungan hanya dapat dilakukan setelah bencana terjadi tidak akan lagi valid dan relevan apabila tim ahli hidraulik dapat menghasilkan peta genangan final sesegera mungkin, sehingga kemudian dapat diikuti dengan penentuan wilayah berpotensi tergenang dan jumlah penduduk terdampak.

Langkah Kedua : Pengumpulan Data Sekunder & Primer (survey persepsi)

Setelah peta genangan dipastikan, maka perlu dilakukan pengumpulan data sekunder tentang wilayah administratif setiap bendungan. Hal ini dilakukan untuk menentukan dengan tepat, setiap bendungan termasuk dalam wilayah administratif yang mana. Data sekunder tersebut berupa data publikasi dari Biro Pusat Statistik (BPS) Indonesia yaitu *Kecamatan dalam Angka*. Dalam publikasi *Kecamatan dalam Angka* tersebut akan didapatkan data yang bermanfaat untuk perhitungan risiko kerugian yaitu jumlah penduduk yang terdampak.

Namun demikian, data jumlah penduduk berpotensi terdampak yang didasarkan pada *Kecamatan dalam Angka* ternyata tidak dapat digunakan untuk menentukan jumlah penduduk terdampak. Pada akhirnya, perhitungan potensi penduduk terdampak dalam makalah ini didasarkan pada *worldpop* [10] yang merupakan data-data demografi spasial. Tabel 1 berikut merupakan tabel acuan kebutuhan data valuasi bencana jebolnya bendungan. Tabel berikut ini dapat digunakan oleh peneliti yang lain dalam merencanakan jenis data, relevansi data untuk analisis dan jenis data.

Tabel 1. Kebutuhan Data Valuasi Ekonomi Bencana Jebolnya Bendungan

Jenis Data	Keterangan Relevansi Data	Jenis Data
Jumlah dan kategori penduduk (berdasar usia, jenis kelamin, memiliki disabilitas atau tidak)	- Untuk mengidentifikasi jumlah penduduk yang termasuk usia produktif/usia angkatan kerja, akan berguna untuk perhitungan <i>loss days of work</i> (hari kerja yang hilang)	Data sekunder & primer

Lanjutan Tabel 1	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengidentifikasi jumlah penduduk berjenis kelamin perempuan, anak-anak, lanjut usia yang pada umumnya memerlukan kebutuhan-kebutuhan khusus di tempat evakuasi - Digunakan sebagai dasar perhitungan risiko hilangnya kesejahteraan saat terjadi bencana bendungan - Digunakan sebagai dasar untuk persiapan penyediaan logistik saat terjadi peristiwa evakuasi 		Jumlah dan luasan lahan wilayah desa	Digunakan sebagai perhitungan risiko kerugian bila terjadi genangan pada wilayah desa	Data sekunder
			Jumlah dan luasan lahan & bangunan rumah/tempat tinggal, fasilitas umum & niaga	Digunakan sebagai perhitungan risiko kerugian bila terjadi genangan pada bangunan rumah/tempat tinggal	Data sekunder
			Jumlah warung/toko/kios	Digunakan sebagai perhitungan risiko kerugian bila terjadi genangan pada asset-aset mata pencaharian warga di wilayah tergenang	Data primer
			Luas lahan produktif	Digunakan sebagai perhitungan risiko kerugian bila terjadi genangan pada lahan produktif sehingga mengakibatkan hilangnya fungsi produksi pada lahan	Data sekunder
UMR (Upah Minimum Regional)	Digunakan sebagai faktor pengali pada perhitungan risiko kerugian yaitu <i>loss days of work</i> (hari kerja yang hilang) bila terjadi genangan dan menyebabkan penduduk usia produktif tidak dapat bekerja	Data sekunder	Nilai Jual Objek Pajak (NJOP), baik untuk rumah tinggal maupun lahan produktif	Digunakan sebagai faktor pengali pada perhitungan risiko kerugian pada lahan & bangunan tempat tinggal, lahan & bangunan fasilitas umum, lahan & bangunan fasilitas niaga/toko/kios, dan lahan produktif	Data primer dan sekunder
Tarif Upah Harian Buruh	Digunakan sebagai faktor pengali pada perhitungan risiko kerugian yaitu <i>loss days of work</i> (hari kerja yang hilang) bila terjadi genangan dan menyebabkan penduduk yang bekerja sebagai petani (atau buruh tani) tidak dapat bekerja	Data primer	Jumlah panen (sekali) dari lahan produktif	Digunakan sebagai faktor pengali pada perhitungan risiko kerugian bila terjadi genangan pada lahan produktif sehingga mengakibatkan gagal panen	Data primer dan sekunder
			Harga rata-rata komoditi hasil panen	Digunakan sebagai faktor pengali pada perhitungan risiko	Data primer

Lanjutan Tabel 1	kerugian bila terjadi genangan pada lahan produktif sehingga mengakibatkan gagal panen	dan sekunder
-------------------------	--	--------------

Sumber: penulis

Untuk memastikan data primer adalah data dengan validitas yang baik, maka data primer dikumpulkan melalui proses triangulasi dua kali. Di setiap desa yang termasuk berpotensi tergenang diwakili dengan 6 orang responden. Dengan asumsi bahwa metode triangulasi sumber data hanya dapat dilakukan terhadap tiga orang responden, maka dengan enam orang responden, data telah melewati triangulasi sebanyak dua kali sehingga validitas data menjadi baik. Pemilihan responden dilakukan secara acak dan setiap responden mewakili setiap rumah. Perlu menjadi catatan bahwa dalam satu rumah dapat terdiri dari beberapa rumah tangga dengan masing-masing kepala keluarga. Dengan demikian, satu responden dapat mewakili beberapa rumah tangga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi kerugian bencana bendungan yang utama terdiri dari dua kerugian yaitu potensi penduduk terdampak yang bisa menyebabkan kerugian hilangnya kesejahteraan (meskipun hanya sementara, dan dapat berujung pada kerugian jiwa) dan kerugian ekonomi. Pada bagian ini akan dibahas tentang metode perhitungan dua potensi kerugian tersebut dengan menggunakan valuasi ekonomi. Untuk mendapatkan hasil analisis potensi kerugian bencana jebolnya bendungan yang dapat diandalkan diperlukan kolaborasi beberapa bidang ilmu yaitu teknik sipil, ekonomi, sosial dan ilmu aktuaria.

ANALISIS POTENSI PENDUDUK TERDAMPAK

Potensi penduduk terdampak adalah jumlah penduduk yang berpotensi terpapar bahaya bencana jebolnya bendungan yaitu genangan. Selanjutnya ketinggian genangan akan berpotensi pada kerugian hilangnya kesejahteraan. Namun potensi penduduk terdampak hanya dapat diidentifikasi apabila terdapat kejelasan wilayah yang berpotensi tergenang. Di setiap wilayah yang berpotensi tergenang akan didiami oleh sejumlah penduduk. Data jumlah penduduk di wilayah tergenang inilah yang akan menjadi dasar perhitungan potensi kerugian hilangnya kesejahteraan.

Penentuan jumlah penduduk tentu harus dilakukan dengan hati-hati dan berdasarkan pada sumber data yang terbaru, valid dan akurat, serta seragam untuk satu wilayah. Data jumlah penduduk harus mendekati kondisi real, untuk itu langkah yang dilakukan adalah dengan melakukan cross check informasi wilayah tergenang berdasar peta genangan dibandingkan dengan data jumlah penduduk sesuai wilayah administratif formal. Data ini bersumber pada rilis data resmi dari pemerintah Indonesia dalam hal ini adalah Biro Pusat

Statistik (BPS). Rilis data tersebut dapat ditemukan pada publikasi BPS yaitu *Kecamatan Dalam Angka*. Hal ini merupakan penggunaan data sekunder untuk mendapatkan informasi jumlah penduduk yang nantinya akan digunakan sebagai dasar penentuan potensi kerugian kesejahteraan (karena harus melakukan pengungisan) atau *welfare loss* [11].

Meski telah didasarkan pada dokumen resmi pemerintah, data jumlah penduduk juga harus di periksa silang dengan kondisi nyata di setiap wilayah. Pemeriksaan ulang data jumlah penduduk dengan data riil yang bersumber pada informasi langsung dari kepala desa masing-masing wilayah tergenang. Informasi langsung ini dapat diperoleh melalui wawancara kepada kepala desa atau pejabat pemerintah desa yang berwenang. Sebagai alternatif bila wawancara tidak dapat dilakukan, maka data riil jumlah penduduk di setiap wilayah dapat bersumber dari data monografi desa. Langkah ini adalah penggunaan data primer untuk mendapatkan informasi jumlah penduduk.

Meski nampaknya data sekunder (publikasi resmi pemerintah dan data monografi desa) dan data primer (hasil wawancara) dapat diandalkan untuk menentukan jumlah penduduk terpapar risiko genangan dan selanjutnya digunakan untuk menghitung potensi kerugian hilangnya kesejahteraan, namun dua sumber data tersebut tidak selalu dapat menjadi dasar rencana analisis potensi risiko yang akurat. Hal ini disebabkan karena data-data jumlah penduduk dalam dokumen *Kecamatan dalam Angka* juga tidak konsisten. Yang dimaksud dengan tidak konsisten adalah bahwa data-data jumlah penduduk tidak tersedia untuk seluruh wilayah yang menjadi cakupan studi. Selain itu, data-data demografis yang diterbitkan oleh BPS hanya merupakan data jumlah penduduk dalam satu wilayah saja tanpa data kepadatan penduduk. Tanpa memperhitungkan data kepadatan maka penentuan jumlah penduduk terpapar risiko genangan akan berlebih (*overestimated*). Dengan demikian menggunakan data demografis yang mempertimbangkan kepadatan penduduk adalah bagian penting untuk menentukan potensi risiko dengan akurasi yang tinggi.

Salah satu sumber data jumlah penduduk yang mengikutkan data kepadatan penduduk adalah data dari *worldpop* yang merupakan data-data demografi spasial. Data-data demografis pada *worldpop* ini merupakan data-data dengan akurasi yang baik karena beberapa hal yaitu:

1. Mencakup data kepadatan penduduk.
2. Data merupakan hasil dari penelitian yang direview oleh sesama peneliti (*peer-reviewed research*).
3. Data dibentuk berbasis data spasial (penginderaan jauh) dengan resolusi yang cukup tinggi yaitu 100 x 100.

Secara lebih lengkap mengenai metode yang digunakan dalam *worldpop* ini dapat dilihat pada link sebagai berikut: <https://www.worldpop.org/methods>. Secara ringkas, data demografis yang ada di *worldpop* juga berdasarkan pada basis data sensus di negara masing-masing. Dengan demikian data demografis penduduk di Indonesia juga berbasis pada data sensus penduduk yang resmi yaitu oleh Biro Pusat Statistik Indonesia.

Dengan menggunakan data kepadatan penduduk yang ditabulasikan dengan data wilayah dengan ketinggian

genangan maka perhitungan risiko hilangnya kesejahteraan dapat dilakukan. Memang tidak semua penduduk yang berada di wilayah tiga kategori genangan perlu diperhitungkan dalam analisis risiko hilangnya kesejahteraan. Hanya penduduk yang menempati wilayah kategori ketinggian genangan ketiga (ketinggian genangan lebih dari 1,5 meter) dan kedua (ketinggian genangan antara 0,5 meter sampai dengan 1,5 meter) saja yang perlu diperhitungkan dalam analisis potensi risiko hilangnya kesejahteraan. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa penduduk yang berada di kedua wilayah genangan inilah yang kemungkinan besar akan memerlukan bantuan evakuasi dan pengungsian.

Jumlah penduduk yang memerlukan evakuasi dan pengungsian ini akan menjadi dasar penentuan jumlah kebutuhan logistik di titik evakuasi. Hal yang penting untuk menjadi pertimbangan penentuan jumlah logistik adalah bahwa penduduk dengan jenis kelamin tertentu (perempuan) memiliki kebutuhan tertentu yang berbeda dibandingkan dengan jenis kelamin yang lain (laki-laki). Apabila penduduk terkena risiko ini harus melakukan pengungsian tentunya kebutuhan yang harus disiapkan berbeda. Untuk menentukan kebutuhan yang perlu disediakan di lokasi evakuasi, diperlukan pendekatan analisis GESI (Kesetaraan Gender dan Inklusi Sosial). Pendekatan Analisis GESI ini amat penting diterapkan dalam konteks penanggulangan bencana. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 7 tahun 2008 sebenarnya telah menerapkan pendekatan GESI. Perlu diperhatikan bahwa dalam Perka No. 7 Tahun 2008 tersebut telah diatur dalam bab IV Jenis Bantuan, Bagian D Bantuan Sandang (halaman 9) sebagai berikut: Bantuan sandang terdiri dari perlengkapan pribadi: Perempuan dan anak-anak setidaknya memiliki dua perangkat lengkap pakaian dengan ukuran yang tepat sesuai budaya, iklim dan musim. Perempuan dan anak-anak gadis setidaknya memiliki dua perangkat lengkap pakaian dalam dengan ukuran yang tepat sesuai budaya, iklim dan musim. Setiap perempuan dan anak gadis yang sudah menstruasi memiliki bahan pembalut.

Data jumlah penduduk juga menyediakan informasi mengenai usia penduduk. Dengan data usia penduduk tersebut maka dapat teridentifikasi jumlah penduduk yang termasuk dalam kategori balita ataupun manula. Perka No.7 tahun 2008, maka paket minimal bantuan untuk balita, harus terdiri dari:

- Botol susu bayi dan susu bayi
- Selimut ukuran 100 x 70 cm
- Pakaian bayi
- Popok cuci sebanyak 12 set

Bagi penduduk usia lanjut, di setiap titik evakuasi paling tidak disediakan disediakan satu kursi roda atau satu alat bantu berjalan/mobilitas atau satu tandu.

Selain paket kebutuhan khusus untuk penduduk usia lanjut dan balita, seharusnya penduduk yang memiliki disabilitas juga dapat teridentifikasi. Namun di Indonesia belum ada sumber data yang dapat dijadikan acuan untuk memperkirakan jumlah penduduk penyandang disabilitas sampai dengan tingkat desa. Tidak adanya data jumlah

penduduk penyandang disabilitas ini mengandung dua makna yaitu memang tidak ada penduduk penyandang disabilitas atau memang tidak terdata. Dalam kondisi dimana diperlukan aktivitas mengevakuasi penduduk, informasi mengenai penduduk yang memiliki disabilitas amat dibutuhkan, sehingga dapat disiapkan peralatan dan perlengkapan untuk membantu penduduk dengan disabilitas.

Setiap infrastruktur fisik yang keberadaannya dapat membawa risiko bencana maka akan berdampak pada hilangnya kesejahteraan dan hilangnya jiwa manusia. Analisis potensi kerugian ekonomi bencana bendungan sebagai infrastruktur fisik seharusnya tidak hanya mengidentifikasi jumlah penduduk yang terkena risiko genangan sehingga harus mengungsi dan menyebabkan hilangnya kesejahteraan selama mengungsi namun juga seharusnya dapat memprediksi potensi kerugian hilangnya jiwa. Dalam perhitungan potensi kerugian jiwa ini, peran bidang ilmu aktuaria akan dibutuhkan. Dengan hasil perhitungan kerugian jiwa, maka pihak-pihak yang bertanggungjawab untuk menanggung risiko dari hilangnya jiwa karena bencana bendungan dapat mulai memikirkan mengenai kesiapan sumber daya finansial untuk mengganti kerugian karena hilangnya jiwa.

Perhitungan potensi kerugian jiwa dapat dilakukan dengan menggunakan asumsi yang biasanya diterapkan dalam perhitungan premi asuransi kerugian jiwa, yaitu sebagai berikut:

- Untuk memperhitungkan potensi kerugian jiwa dalam sebuah komunitas masyarakat maka yang dijadikan dasar adalah 'kepala keluarga sebagai sumber penghasilan utama dalam sebuah keluarga'
- Dasar pertama, kerugian jiwa dihitung apabila sumber penghasilan utama dalam keluarga hilang, dalam hal ini diasumsikan kepala keluarga mengalami kehilangan jiwa karena bencana bendungan.
- Dasar kedua perhitungan risiko kerugian jiwa adalah lama waktu yang dibutuhkan oleh setiap keluarga untuk kembali kepada kondisi normal dalam keluarga tersebut. Kondisi normal berarti bahwa keluarga tersebut mendapatkan kembali sumber penghasilan utama. Dalam perhitungan kerugian jiwa karena bencana jebolnya bendungan ini, acuan yang digunakan mendapatkan variabel lama waktu yang dibutuhkan oleh keluarga untuk kembali dalam kondisi normal adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh rata-rata usia anak-anak dalam masyarakat tersebut untuk mencapai usia produktif sehingga dapat bekerja dan menjadi sumber penghasilan dalam keluarga.
- Dasar ketiga perhitungan risiko kerugian jiwa adalah jumlah rupiah rata-rata yang dibutuhkan oleh keluarga dalam satu tahun. Acuan yang digunakan untuk penentuan jumlah kebutuhan adalah Upah Minimum Regional (Upah Minimum Kabupaten/Kota atau UMK) dimana masyarakat tersebut tinggal.
- Dasar keempat perhitungan risiko adalah tingkat inflasi yang terjadi di wilayah tempat masyarakat tersebut tinggal.

Tabel 2 berikut menggambarkan secara ringkas asumsi dasar dan sumber data untuk perhitungan kerugian jiwa bencana bendungan. Peneliti yang hendak menghitung kerugian jiwa dari bencana jebolnya bendungan dapat menggunakan tabel 2 berikut sebagai acuan untuk memahami setiap variabel perhitungan resiko kerugian jiwa serta sumber data yang dibutuhkan untuk perhitungannya.

Tabel 2. *Template* Perhitungan Risiko Kerugian Jiwa

No.	Variabel	Sumber Data
1	Kepala keluarga sebagai sumber penghasilan utama dalam sebuah keluarga	Total Jumlah penduduk di wilayah terpapar risiko genangan dibagi angka lima (5). Angka lima (5) menunjukkan rata-rata jumlah anggota keluarga berdasarkan asumsi InaSAFE*.
2	Lama waktu yang dibutuhkan oleh setiap keluarga untuk kembali dalam kondisi normal yaitu memiliki penghasilan	Rata-rata usia anak-anak dalam masyarakat di desa di yang terpapar risiko genangan, yaitu 7 tahun**. Untuk mencapai usia produktif (15 tahun) maka dibutuhkan waktu 8 tahun bagi setiap keluarga untuk kembali dalam kondisi normal berpenghasilan. Angka 8 ini akan menjadi dasar perhitungan <i>bunga compound</i> .
3	Tingkat inflasi Regional	Tingkat inflasi Regional mengikuti tingkat inflasi empat wilayah sekitar Bendungan Cengklik. Tingkat inflasi yang digunakan dalam perhitungan dapat bersumber pada data-data yang dipublikasikan oleh BPS.
4	Jumlah Kebutuhan keluarga per bulan	Upah Minimum Regional Kabupaten/Kota/Provinsi

Sumber: Penulis

Keterangan:

*InaSAFE, adalah perangkat lunak (software) gratis yang penggunaannya menjadi syarat dalam menghasilkan skenario bencana alam yang realistis sehingga diharapkan dapat dihasilkan aktivitas-aktivitas perancangan, persiapan dan respon.

**Berdasarkan sumber data jumlah penduduk menurut worldpop.

ANALISIS POTENSI KERUGIAN EKONOMI

Potensi kerugian yang kedua adalah kerugian ekonomi. Metode Valuasi Ekonomi untuk potensi risiko bencana jebolnya bendungan dapat menggunakan empat pengukuran, yaitu risiko hilangnya hari kerja (*loss days of work*), risiko kerugian pada bangunan rumah/tempat tinggal/harta, risiko kerugian pada bangunan publik/niaga dan risiko aspek sosial.

Risiko hilangnya hari kerja

Analisis potensi kerugian ekonomi dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa valuasi. Kerugian ekonomi yang utama dan terjadi lebih dahulu apabila terjadi genangan adalah hilangnya pendapatan bagi penduduk yang terpapar genangan. Hilangnya pendapatan ini disebabkan karena mereka tidak dapat melakukan aktivitas ekonomi atau bekerja. Dengan demikian disebut sebagai *loss days of work*. Untuk melakukan perhitungan hilangnya pendapatan ini aspek penting yang diperlukan sebagai dasar perhitungan adalah informasi/data tentang lamanya genangan yang akan terjadi bila bendungan meluap. Informasi ini seharusnya disediakan di dalam peta genangan. Tabel 3 berikut dapat dijadikan panduan untuk pengukuran potensi risiko hilangnya hari kerja karena genangan yang terjadi sebagai akibat dari jebolnya bendungan.

Tabel 3. *Template* Pengukuran Perkiraan Hari Kerja yang Hilang (*loss days of work*)

Total Jumlah Hari Genangan (Total hari)	2	Hari
Total Jumlah penduduk usia produktif	X	Orang
Jumlah upah minimal	Y	Rupiah/Hari/ Orang
Total kerugian ekonomi karena hilangnya hari kerja	$2 \times X \times Y$	

Sumber: Penulis

Berikut ini adalah beberapa catatan penting untuk perhitungan risiko hilangnya hari kerja.

- Lama hari genangan, ditetapkan dua (2) hari. Ini merupakan hasil pemodelan hidraulik genangan yang dihasilkan oleh tim hidraulik,
- Data orang dapat bersumber dari jumlah penduduk berpotensi terdampak yang didapatkan dari worldpop, dan
- Jumlah upah minimal bisa terdiri dua alternatif yaitu:
 - 1) data upah minimum regional baik kabupaten atau kota atau provinsi, yang akan bermanfaat untuk perhitungan risiko hilangnya hari kerja bila penduduknya bermata pencaharian sebagai pekerja yang menerima upah, atau,

- 2) data tentang tarif upah harian petani atau buruh yang didapatkan dari Data ini didapatkan dari survey persepsi masyarakat. Data ini akan bermanfaat untuk perhitungan risiko hilangnya hari kerja apabila sebagian besar masyarakat terdampak yang berada dalam golongan usia produktif merupakan petani. Namun demikian, untuk perhitungan risiko dengan lama hanya dua hari, penggunaan upah minimum regional sebagai dasar perhitungan risiko kehilangan hari kerja kurang tepat karena UMR berlaku untuk satu bulan (26 hari kerja).

Risiko kerugian pada bangunan rumah/tempat tinggal/harta

Kerusakan pada bangunan rumah/tempat tinggal karena genangan air dari bendungan juga perlu diperhitungkan sebagai risiko ekonomi karena menimbulkan kebutuhan untuk perbaikan terhadap bangunan-bangunan tersebut (biaya renovasi). Namun untuk menentukan faktor-faktor penentu perbaikan bangunan rumah/tempat tinggal yang dapat distandarisasi sangat sulit. Meskipun biaya per meter perbaikan bangunan rumah/tempat tinggal dapat ditentukan dengan mudah dengan menggunakan harga pasar biaya bangunan per meter persegi, namun faktor-faktor yang diperbaiki untuk setiap rumah akan sangat bervariasi dan subyektif. Rumus fungsi kerugian karena kerusakan atau damage-loss function oleh Huizinga et.al [12] dapat digunakan sebagai alternatif dasar perhitungan kerugian karena kerusakan pada bangunan rumah/tempat tinggal. Fungsi kerugian karena kerusakan didasarkan pada:

- Total nilai aset yang dimiliki oleh setiap rumah tangga (per kepala keluarga, terdiri dari 5 orang anggota keluarga). Total nilai aset setiap rumah tangga didasarkan pada perhitungan nilai barang-barang yang pada umumnya dimiliki oleh setiap rumah tangga seperti mebel, pesawat televisi, tempat tidur dan Kasur, lemari es dan kompor. Barang-barang inilah yang kemungkinan besar mengalami kerusakan pada saat terpapar genangan karena bendungan Cengklik. Untuk Indonesia nilai total aset yang meliputi barang-barang tersebut berjumlah Rp. 5.000.000,-
- Kategori kerusakan yang merupakan hasil perkalian dari faktor kerusakan dan kelas genangan.
- Jumlah Kepala Keluarga setiap kelas genangan.

Dengan memahami tiga dasar tersebut, maka perhitungan risiko kerugian pada bangunan rumah/tempat tinggal/harta dapat di lihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. *Template* Pengukuran Risiko Kerugian pada Bangunan Rumah/Tempat Tinggal/Harta

Kategori Genangan	Jumlah KK	Indeks Kerusakan	Kerugian per KK	Kerugian per genangan (jumlah KK x Faktor Kerusakan x Kerugian per KK)
Kelas 1 (< 0,5 m)		0,33	0,33 x Rp. 5.000.000 = Rp 1.650.000,00	
Kelas 2 (0,5 m - 1,5 m)		0,55	0,55 x Rp. 5.000.000 = Rp 2.758.439,49	
Kelas 3 (> 1,5 m)		0,76	0,76 x Rp. 5.000.000 = Rp 3.799.268,29	
Total				

Sumber: Penulis

Keterangan:

- Kategori Genangan sesuai dengan peta genangan
- Jumlah Kepala Keluarga bersumber pada data dari worldpop
- Indeks Kerusakan bersumber pada Huizinga et.al (2017)
- Standard Kerugian per KK adalah Rp. 5.000.000

Risiko kerugian pada bangunan fasilitas umum atau niaga

Perhitungan kerugian karena kerusakan yang disebabkan karena genangan dari bendungan yang jebol seharusnya tidak hanya berlaku untuk bangunan rumah/tempat tinggal saja, namun juga untuk bangunan fasilitas umum dan bangunan niaga. Data jumlah bangunan yang merupakan fasilitas umum seperti jembatan, kantor pemerintahan, tempat peribadatan, tempat pemakaman, sekolah/universitas dan tonggak/Pal KM memang tersedia di dokumen *Kecamatan dalam Angka*. Namun demikian, data-data jumlah bangunan fasilitas umum tersebut tidak dapat digunakan sebagai dasar perhitungan potensi kerugian pada bangunan. Untuk perhitungan potensi kerugian pada bangunan dibutuhkan data tentang luas bangunan fasilitas umum, bangunan niaga, rumah/tempat tinggal. Selain itu, beberapa bangunan fasilitas umum juga merupakan bangunan yang menjadi titik evakuasi dalam peta rencana evakuasi. Hal ini berarti bahwa potensi

kerugian pada bangunan fasilitas umum telah diperkirakan akan kecil karena justru bangunan-bangunan fasilitas umum tersebut yang akan digunakan sebagai lokasi evakuasi bagi penduduk terkena risiko genangan.

Apabila data jumlah luas bangunan fasilitas umum tidak tersedia pada sumber data *Kecamatan dalam Angka* atau sumber data yang lain di Badan Pusat Statistik (BPS), maka perhitungan risiko dapat menggunakan data tata guna lahan yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG) [13] untuk menentukan luas bangunan (baik rumah/tempat tinggal, fasilitas umum maupun bangunan niaga) yaitu data *Built up Area*. Data yang bersumber pada BIG ini memang memerlukan validasi dan perbaikan sehingga menjadi data yang valid untuk dasar perhitungan risiko. Data luas bangunan atau *Built-up Area* ini harus terlebih dahulu di *overlay* dengan peta genangan.

Tabel 5 berikut ini merupakan perhitungan risiko kerugian pada kerusakan bangunan fasilitas umum/fasilitas niaga yang didasarkan pada data guna lahan yang didapatkan dari BIG.

Tabel 5. *Template* Perhitungan Risiko kerugian pada kerusakan bangunan fasilitas umum/fasilitas niaga

Tarif Kerugian (Loss Rate)*	Jumlah Luas Bangunan	Perkiraan Kerugian pada Bangunan (<i>Estimated Loss for Built-Up Area</i>)
(Rupiah/meter persegi)	(Total Area)	Tarif Kerugian (Loss Rate) x Jumlah Luas Bangunan (Total Area)

Sumber: Penulis

Tarif kerugian (*loss rate*) dapat didasarkan pada nilai tanah per meter persegi. Informasi nilai tanah didapatkan dari hasil wawancara dengan masyarakat. Dalam hal ini perhitungan risiko tidak hanya dapat mengandalkan data atau informasi sekunder namun juga primer. Informasi harga tanah berdasarkan kategori wilayah dapat ditemukan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. *Template* Kategori harga tanah

Kategori Wilayah	Keterangan
Dekat dari Jalan Utama	Harga teratas biasanya berlaku untuk wilayah yang dekat dengan jalan utama
Tengah (didalam lingkungan)	
Desa (persawahan) atau jauh dari jalan utama / Lahan Produktif	

Sumber: Penulis

Risiko kerugian pada bangunan fasilitas umum atau niaga

Risiko bencana bendungan juga akan terjadi pada lahan produktif. Lahan produktif didefinisikan sebagai wilayah yang apabila diolah dapat menghasilkan produksi tanaman yang baik dan menguntungkan bagi petani pengolahnya. Tentu saja lahan produktif akan lebih banyak ditemukan di wilayah perdesaan. Dengan demikian perhitungan risiko kerugian pada lahan produktif karena bencana bendungan hanya berlaku bila bendungan dibangun pada wilayah perdesaan.

Perhitungan risiko kerugian pada lahan produktif didasarkan pada beberapa data dan asumsi yaitu:

1. Laju produksi yang bersumber pada data BPS (total hasil panen se-kecamatan dibagi dengan total luas lahan se-kecamatan). Laju produksi ini menunjukkan satu kali siklus tanam dan panen. Dengan berdasarkan pada asumsi bahwa potensi kerugian pada lahan produktif di desa-desa yang berpotensi tergenang terjadi hanya satu kali, maka total estimasi kerugian lahan produktif dibagi dua. Hasil pembagian ini merupakan angka final potensi kerugian dari lahan produktif yang tergenang karena bencana bendungan. Catatan penting adalah bahwa data tentang laju produksi harus ditriangulasikan dengan berbagai sumber data yang lain misalnya data hasil studi dari Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) tentang laju produksi gabah di Indonesia.
2. Jenis panen yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah gabah kering. Tentu saja lahan produktif akan menghasilkan jenis panen yang lain, namun perhitungan risiko pada lahan produktif dapat menggunakan gabah kering sebagai acuan dengan pertimbangan bahwa gabah kering (yang akan menjadi beras) merupakan bahan makanan pokok penduduk Indonesia. Selain itu, harga gabah kering secara nasional juga menjadi acuan dari perhitungan-perhitungan ekonomi yang lainnya.
3. Harga produksi yang digunakan untuk perhitungan potensi kerugian pada lahan produktif adalah harga gabah kering per kilogram. Untuk menjamin validitas data, maka harga produksi harus bersumber pada data primer yaitu hasil survei persepsi masyarakat. Selanjutnya data harga per kg gabah kering ini juga harus ditriangulasikan dengan sumber data sekunder yaitu berita harga gabah.
4. Luas lahan produktif didasarkan pada *overlay* peta genangan terhadap peta tata guna lahan (BIG).

Dengan pemahaman asumsi kerugian pada lahan produktif tersebut maka peneliti lain dapat menggunakan tabel 7 berikut, yaitu tabel perhitungan risiko kerugian pada lahan produktif sebagai panduan.

Tabel 7. *Template* perhitungan risiko kerugian pada lahan produktif

Kerugian Lahan Produktif	
Luas Total Lahan produktif berpotensi tergenang	ha
Laju Produksi	kg/ ha
Harga Produksi	rupiah/ kg
Estimasi Kerugian Lahan Produktif per tahun	rupiah
Estimasi Kerugian Lahan Produktif per panen*	rupiah

Sumber: Penulis

Keterangan:

*Dengan asumsi bahwa dalam satu tahun setiap lahan produktif dapat ditanami dua kali sehingga menghasilkan panen sebanyak dua kali

Risiko kerugian sosial

Keberadaan bendungan sebagai sarana infrastruktur fisik selalu mengundang aktivitas manusia baik aktivitas sosial maupun aktivitas ekonomi. Aktivitas sosial misalnya adalah wisata di lingkungan bendungan yang pada lalu juga akan membawa aktivitas ekonomi yaitu peternakan ikan dan warung-warung. Bencana bendungan tentu akan membawa dampak negatif terhadap aktivitas sosial dan ekonomi tersebut. Dengan demikian, terdapat juga kebutuhan untuk meramalkan risiko atau kerugian sosial dan ekonomi tersebut. Untuk memprediksi risiko tersebut, metode yang tepat adalah dengan menggunakan *proxy* seperti halnya dalam metode perhitungan *social return on investment* (SROI) [14]. *Proxy* adalah sebuah angka yang dapat digunakan untuk menggambarkan nilai dari sebuah hal dalam sebuah perhitungan. Dengan demikian, risiko kerugian sosial dapat didasarkan pada hilangnya manfaat yang dirasakan oleh masyarakat atas bendungan. Untuk dapat mengidentifikasi manfaat yang dirasakan oleh masyarakat, memang harus dilakukan studi persepsi masyarakat sehingga terkumpul data tentang pendapat masyarakat tentang manfaat bendungan.

Apabila teridentifikasi manfaat bendungan adalah sarana wisata maka perhitungan risiko dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *recreational use losses* [15]. Untuk perhitungan tersebut diperlukan pengalihan dua data berikut dalam tabel 8:

Tabel 8. *Template* Risiko Aspek Sosial

Jumlah masyarakat sekitar bendungan yang memanfaatkan bendungan sebagai sarana rekreasi	Besaran rata-rata rupiah yang dikeluarkan setiap keluarga untuk rekreasi	2 hari (Lama hari genangan)
---	--	-----------------------------

Tabel 9 berikut memberikan alternatif lain perhitungan potensi kerugian dengan menggunakan tiga data yaitu jumlah wisatawan berkunjung, jumlah rupiah tiket masuk ke wilayah bendungan dan lama genangan.

Tabel 9. *Template* Risiko Aspek Ekonomi (1)

Jumlah wisatawan berkunjung	Jumlah rupiah tiket masuk ke wilayah bendungan	2 hari (Lama hari genangan)
-----------------------------	--	-----------------------------

Survey persepsi masyarakat juga perlu dilakukan untuk mendapatkan data sebagai dasar perhitungan risiko kerugian ekonomi, yaitu data jumlah dan laba bersih warung yang beroperasi di sekitar bendungan (lihat tabel 10). Risiko ekonomi dapat dihitung dengan menggunakan perkalian tiga data berikut:

Tabel 10. *Template* Risiko Aspek Ekonomi (2)

Jumlah warung	Jumlah rupiah laba bersih per hari	2 hari (Lama hari genangan)
---------------	------------------------------------	-----------------------------

KESIMPULAN

Metode perhitungan valuasi ekonomi potensi kerugian karena bencana jebolnya bendungan yang telah dibahas dalam makalah ini dapat menjadi pedoman standar perhitungan potensi kerugian baik pada bencana bendungan maupun infrastruktur fisik yang lain yang berpotensi menimbulkan bencana. Metode valuasi ekonomi ini meliputi berbagai *proxy* atau dasar perhitungan sehingga bersifat lebih komprehensif. Standar perhitungan yang telah dilengkapi dengan berbagai tabel *template* dapat digunakan oleh berbagai peneliti yang hendak melakukan perhitungan valuasi ekonomi kerugian bencana karena kegagalan infrastruktur fisik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Farah Kristiani, pengajar pada program studi Matematika, Universitas Katolik Parahyangan atas masukan dan diskusinya tentang perhitungan risiko kerugian jiwa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Campbell, "Nebraska's Spencer Dam will not be rebuilt in wake of historic 2019 flood."
- [2] J. Ennes, "After two collapses, a third Vale dam at 'imminent risk of rupture.'"
- [3] J. Hayes, "One Year After the Edenville Dam Failure."

- [4] Ratnagiri, "Tiware Dam breach: 4 still missing as search operation enters fifth day," [Online]. Available: <https://www.indiatoday.in/india/story/tiware-dam-breach-4-still-search-operation-fifth-day-1563815-2019-07-07>.
- [5] Burhanudin Mukhamad Faturahman, "Konseptualisasi mitigasi bencana melalui perspektif kebijakan publik.," *Publisa J. Adm. Publik*, vol. 8, no. 55, 2018, doi: <https://doi.org/10.26905/pjiap.v3i2.2365>.
- [6] Ian Surya Prayoga, "Pemodelan Kerugian Bencana Banjir Akibat Curah Hujan Ekstrem Menggunakan Extreme Value Theory dan Copula."
- [7] Muhammad Feisal Nurdin, "Estimasi nilai kerugian ekonomi akibat banjir bandang di Garut tahun 2016," 2018.
- [8] I. Jayantara, "IMPLEMENTASI QGIS UNTUK MENGESTIMASI KERUGIAN EKONOMI AKIBAT BANJIR DI KABUPATEN BANDUNG," *J. Pendidik. Teknol. Dan Kejuru.*, vol. 18, no. 2, pp. 231–242, 2020, doi: <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i2.25839>.
- [9] F. Wiguna, D. Yudianto, B. M. Ginting, and A. Wicaksono, "A New Approach to Estimate the Potential Assets Loss due to Dam-Break Event in Indonesia," *J. Infrastruct. Facil. Asset Manag.*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [10] "<https://www.worldpop.org/>."
- [11] G. R. Parsons, "The Travel Cost Model," in *A Primer on Nonmarket Valuation*, Springer Science+Business Media New York, 2003, p. 269.
- [12] E. Commission, J. R. Centre, H. Moel, J. Huizinga, and W. Szewczyk, *Global flood depth-damage functions: methodology and the database with guidelines*. Publications Office, 2017.
- [13] "Ina Geoportal." <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web>.
- [14] Neil Rotheroe Adam Richards, "Social return on investment and social enterprise: transparent accountability for sustainable development," *Soc. Enterp. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 31–48, 2007, doi: <http://dx.doi.org/10.1108/17508610780000720>.
- [15] and D. M. Hausman, J. A., G. K. Leonard, "A Utility-Consistent, Combined Discrete Choice and Count Data Model Assessing Recreational Use Losses Due to Natural Resource Damage," *J. Public Econ.*, vol. 56, pp. 1–30, 1995.

PENULIS



Tutik Rachmawati, prodi Administrasi Publik,, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Teknik, Universitas Katolik Parahyangan



Stephen Sanjaya, prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan