

REVIEW KONDISI GEOLOGI PADA EMBUNG KESI DALAM UPAYA PENYIAPAN DAN PENETAPAN IZIN OPERASI BENDUNGAN

Helmi Setia Ritma Pamungkas¹⁾

*Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan.*

helmisetiaritma@unpak.ac.id

Dinta Anindy Ismiralda²⁾

*Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan.*

Wahyu Gendam Prakoso³⁾

*Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan.*

Solihin⁴⁾

*Program Studi Teknik Geologi - Fakultas Teknik
Universitas Pakuan.*

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Barat adalah salah satu Provinsi di Indonesia yang memiliki musim kemarau lebih panjang dibandingkan musim hujan, sehingga Pemerintah Indonesia merencanakan Pembangunan embung maupun bendungan yang lebih banyak di provinsi tersebut. Embung Kesi adalah salah satu embung yang terletak di NTB yang dibangun pada tahun 1998 dengan volume tampungan 570.000 m³ dengan tinggi embung 15 meter dan panjang bendungan 154 meter. Ukuran fisik embung Kesi dalam klasifikasi bendungan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015. Maka perlu diperlukan review kondisi Geologi Pada Embung Kesi Dalam Upaya Penyiapan dan Penetapan Izin Operasi Bendungan. Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau ulang (review) kondisi bendungan dari aspek geologi pada Embung Kesi dalam persiapan bahan kajian teknis untuk mendukung persyaratan teknis dengan tujuan mendapatkan persetujuan Izin Operasi Bendungan. Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi dan analisis deskriptif dari *as built* Embung Kesi, topografi, tutupan lahan, geologi, dan nilai spektrum respon desain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa sesar normal berarah barat-timur pada Satuan Batuan Batupasir Nodul kerikil Sisipan Batulempung menjadi penyebab utama turunnya tubuh Embung Kesi. Gempa sebagai pemicu sesar tersebut kemungkinan aktif kembali. Dari hasil analisis nilai spektrum respon desain, percepatan kegempaan di permukaan pada Embung Kesi memiliki nilai 0,506 gal, artinya wilayah tersebut termasuk dalam klasifikasi zona kerentanan gempabumi tinggi. Akan tetapi kerusakan tubuh Embung Kesi tidak signifikan karena adanya peredam guncangan berupa breksi lahar dan lava andesit yang menjadi batuan dasar dari tubuh Embung Kesi. Dalam syarat sebuah bendungan, Embung Kesi memiliki kesesuaian dalam 3 parameter yaitu tinggi bendungan, daya tampung, dan *in stream*.

Kata kunci : *Review, aspek geologi, Embung Kesi*

ABSTRACT

West Nusa Tenggara Province is one of the provinces in Indonesia that has a longer dry season compared to the rainy season. As a result, the Indonesian Government plans to construct more retention basin and dams in this province. Kesi retention basin is one of the retention basins located in West Nusa Tenggara, built in 1998 with a storage volume of 570,000 m³, a reservoir height of 15 meters, and a dam length of 154 meters. The physical size of Kesi retention basin is classified under the dam classification according to the Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing Number 27/PRT/M/2015. Therefore, it is necessary to review the geological conditions of Kesi retention basin in the effort to prepare and establish an Operating Permit for the Dam. The aims of research is to review the retention basin condition from a geological perspective at Kesi retention basin as part of preparing technical study materials to support the technical requirements for obtaining approval for the Dam Operating Permit. The method used is geological mapping and descriptive analysis of as built Kesi retention basin, topography, land cover, geology, and design response spectrum values. The results of the study indicate that a west-east trending normal fault within the

Gravel Nodule Sandstone with Claystone Intercalations Unit is the main cause of the subsidence of the Kesi retention basin. Earthquakes, which could potentially reactivate this fault, act as a trigger. The design response spectrum analysis results show that the surface seismic acceleration at Kesi retention basin is 0.506 gal, classifying the area as a High earthquake vulnerability zone. However, the damage to the Kesi retention basin body is not significant due to the presence of a shock absorber in the form of lahar breccia and andesite lava which bedrock the Kesi retention basin body. According to the dam criteria, Kesi retention basin meets the requirements in three parameters: dam height, storage capacity, and in-stream suitability.

Keywords: Review, Geological aspect, Kesi retention basin.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pulau Sumbawa adalah salah satu pulau di Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan kondisi topografi, geologi, dan hidrogeologi yang berbeda dari Pulau Lombok. Potensi sumber air di pulau ini rendah karena durasi hujan yang pendek, sehingga musim kemarau lebih panjang dibandingkan musim hujan. Durasi hujan yang singkat menyebabkan perubahan atau pengurangan sumber air dari tahun ke tahun, ditambah kondisi hutan yang memprihatinkan. Maka pada tahun 1981, di Provinsi Nusa Tenggara Barat didirikan Proyek Irigasi Embung yang berkantor di Mataram. Pada tahun 1993, proyek ini berhasil merehabilitasi 400 embung buatan dan membangun 46 embung baru dengan tinggi lebih dari 10 meter dan volume lebih dari 200.000 meter kubik.

Embung memiliki manfaat besar tetapi juga menyimpan potensi bahaya yang signifikan. Embung yang runtuh dapat menyebabkan banjir bandang dahsyat yang mengakibatkan korban jiwa, kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan yang parah di daerah hilir.

Embung Kesi adalah salah satu yang dibangun pada tahun 1998 dengan volume tampungan 570.000 m³ dengan tinggi embung 15 meter dan panjang bendungan 154 meter. Jika dilihat dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 pasal 3 ayat 2, klasifikasi bendungan bendungan dengan tinggi 15 (lima belas) meter atau lebih diukur dari dasar fondasi terdalam. Dalam pasal 2 menyebutkan pula bahwa bendungan dengan tinggi 10 (sepuluh) meter sampai dengan 15 (lima belas) meter diukur dari dasar fondasi terdalam.

Untuk mencegah atau setidaknya mengurangi risiko kegagalan bendungan, pemerintah merasa perlu mengatur keamanan bendungan secara khusus. Tujuan pengaturan ini adalah agar

pembangunan dan pengelolaan bendungan dilakukan dengan tertib dan aman, sehingga fungsi dan keamanan bendungan tetap terjaga.

Bendungan dianggap aman jika pembangunan dan pengelolaannya dilakukan sesuai dengan konsep dan prinsip keamanan bendungan yang tercantum dalam berbagai norma, peraturan perundang-undangan, standar, pedoman, dan manual (NSPM).

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 pasal 2, menyatakan bahwa Pembangunan Bendungan dan managemennya dilakukan berdasarkan Konsep Keselamatan Bendung yang terdiri dari 3 (tiga) pilar, yaitu: a). Keselamatan struktur dalam bentuk aman terhadap kegagalan struktural, aman terhadap kegagalan hidrolik, dan aman terhadap kegagalan rembesan; b). Operasi, pemeliharaan dan pemantauan; c). Kesiapan tindakan darurat.

Untuk mendapatkan konsep tiga pilar keamanan bendungan harus dilengkapi dengan studi dokumen yang berisi konsep keamanan bendungan, antara lain: a). Pemeriksaan Dokumen Kapasitas Bendungan dilakukan oleh manajer bendungan atau pemilik untuk menyimpulkan keamanan struktur bendungan; b). Dokumen Pedoman Operasi dan Pemeliharaan bendung termasuk pemantauan; dan c). Dokumen Rencana Aksi Darurat Bendung

Berdasarkan hasil pemeriksaan dokumen dari tiga pilar akan direkomendasikan kepada Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai dasar untuk menentukan Keputusan Kementerian Pekerjaan Umum dan Izin mengenai pembangunan dan pengelolaan bendungan. Studi dari tiga dokumen dilakukan oleh Komite Keselamatan Bendung (DSC) dibantu oleh Kepala Balai Wilayah Sungai, yang akan melakukan studi pendahuluan dokumen di atas, sebelum melanjutkan ke Tahapan Teknis

dan Sidang Pleno Komite Keselamatan Bendung (DSC).

Dalam pasal 21 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015 dikatakan bahwa Studi kelayakan untuk pembangunan bendungan pengelolaan sumber daya air dituangkan dalam dokumen studi kelayakan yang paling sedikit memuat analisis geologi yang berkaitan dengan tapak bendungan, lokasi material bahan bendungan dan daerah genangan melalui Survei dan investigasi. Untuk meminimalkan risiko bencana dan mengoptimalkan fungsi bendungan Dalam Upaya Penyiapan dan Penetapan Izin Operasi Bendungan, maka perlu mereview kondisi geologi pada bendungan eksisting yakni Bendungan Kesi.

1.2. Rumusan Masalah

Selain memiliki manfaat yang besar, embung memiliki potensi bahaya yang besar, sehingga pada saat akan dinaikan statusnya menjadi sebuah embung, maka perlu pengelolaan sesuai dengan konsep keamanan bendung, baik yang termuat dalam peraturan pemerintah maupun pedoman manual NSPM. Bagaimana kondisi geologi pada Embung Kesi dalam persiapan bahan kajian teknis untuk mendukung persyaratan teknis dengan tujuan mendapatkan persetujuan Izin Operasi Bendungan?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

a. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau ulang (review) kondisi bendungan dari aspek geologi pada Embung Kesi dalam persiapan bahan kajian teknis untuk mendukung persyaratan teknis dengan tujuan mendapatkan persetujuan Izin Operasi Bendungan.

b. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah Pemerintah dapat menilai kondisi bendungan kelayakan bendungan eksisting dalam penyiapan dan penetapan izin operasi bendungan di Embung Kesi

1.4. Batasan Penelitian

Metode penelitian ini hanya sebatas pemetaan geologi permukaan di wilayah penelitian karena data geologi maupun material dari tubuh Embung Kesi tidak teridentifikasi dalam dokumen teknis.

II. LANDASAN TEORI

A. Geologi Pulau Sumbawa

Secara morfologi, Pulau Sumbawa memanjang pada arah barat – timur dan terpotong oleh beberapa lembah yang berarah terutama timurlaut – baratdaya dan baratlaut – tenggara. Sumbawa terdiri atas dua bagian utama, yaitu Sumbawa Barat dan Timur yang dipisahkan oleh Teluk Saleh yang merupakan teluk terbesar. Garis Pantai di Teluk Saleh memberi kesan topografi yang terdepresi.

Jalur Gunungapi Kuartar terdapat di bagian utara pulau Sumbawa dengan puncak tertinggi 2851 mdpl (Tambora). hampir disemua gunungapi di jalur ini terdapat kawah; kawah Gibibanta sebagian terletak dibawah permukaan laut. Kerucut – kerucut parasite yang berketinggian 100–350 meter terdapat di lereng Tambora sebelah timur, tenggara, selatan dan baratdaya serta terletak sepanjang system retakan atau kelurusan gunungapi yang sesuai dengan pola struktur umum Sumbawa.

Struktur geologi di Pulau Sumbawa memiliki arah timurlaut – baratdaya dan timurlaut – Tenggara memotong bagian punggung – punggung selatan Sumbawa sehingga membentuk morfologi yang kasar dan tidak teratur. Ketinggian bukit berkisar antara 800 – 1400 mdpl.

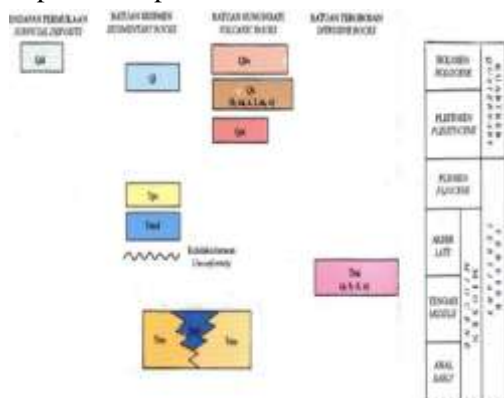
Tatanan stratigrafi regional untuk lembar Sumbawa, Nusatenggara yang disusun oleh Sudradjat dkk. Pada tahun 1998 dari urutan termuda hingga tertua adalah sebagai berikut:

- a. Aluvium dan Endapan Pantai (Qal) terdiri dari kerikil, pasir, lempung, lumpur, dan pasir yang sebagian besar tersusun dari andesit dan mengandung magnetit di beberapa tempat. Satuan ini tersebar di sepanjang pantai utara dan selatan.
- b. Satuan Lava-Breksi (Qhv) terdiri atas lava breksi, lahar, tufa, dan abu gunungapi yang tersusun dari andesit. Batuan ini terutama berkomposisi kalsium alkali dan terdiri dari andesit hornblende, andesit augit-hornblende, andesit batupung, serta andesit augit berbiotit. Dalam penelitian Hedervari tahun 1963, satuan ini merupakan hasil erupsi gunungapi aktif Tambora pada tahun 1815. Satuan ini dapat dikorelasikan dengan hasil gunungapi muda di lembar Komodo.
- c. Satuan Breksi Andesit-Basal (Qv) terdiri dari breksi gunungapi, lahar, tufa, abu,

dan lava yang tersusun dari andesit dan basal. Umur nisbi satuan berdasarkan pada bentuk morfologinya, dari barat ke timur: Hoddo (Qvl) Sekedot (Qvs) lebih muda dari Senggeges (Qvsa) tetapi lebih tua dari Bulupasak (Qvb), Lalumbu (Qvl) lebih muda dari Matua (Qvm) Oromboha (Qvc) lebih muda dari Matua (Qvm). Satuan ini menempati bagian barat laut dan timur laut lembar Sumbawa.

- d. Satuan Breksi-Tufa (Tmv) berisi breksi andesit dengan sisipan tufa pasiran, tufa batuapung, dan batupasir tufaan. Di beberapa tempat dijumpai lahar, lava andesit, dan basal. Secara umum memiliki warna kelabu dan hijau; di beberapa tempat lava memiliki struktur bantal dengan sisipan rijang. Satuan batuan ini di beberapa tempat terpropiltkan, termineralkan, dan terkersikkan; terlihat urat kuarsa dan kalsit. Satuan ini memiliki umur Miosen berdasarkan kandungan fosil pada lensa batugamping. Satuan ini menjemari dengan satuan batupasir tufaan dan satuan batugamping. Secara tidak selaras mengalasi satuan batugamping koral. Sebarannya dapat dijumpai di bagian selatan pulau yang memanjang dari barat ke timur.
- e. **Batulempung Tufaan (Tpc)** disusun oleh batulempung tufaan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi. Satuan batuan ini memiliki lapisan baik, menindih tidak selaras batuan yang lebih tua. Umur satuan ini diduga Tersier Akhir.

Susunan stratigrafi geologi regional dapat dilihat pada Gambar 1 dan sebaran batuan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Korelasi Satuan Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusatenggara



Gambar 2. Peta geologi regional Bendungan Kesi

Daerah Medang dan Moyo disusun oleh perselingan lava basal dengan batugamping berumur Miosen yang mengalami pengangkatan pada jaman Kuartar. Arah garis kedalaman 1000 meter yang cekung ke utara di sebelah utara Medang, kedudukan Medang yang secara struktur naik serta adanya lava bantal di Moyo menyimpulkan bahwa Moyo merupakan sisa kaldera di lereng tenggara gunungapi bawah laut Neogen.

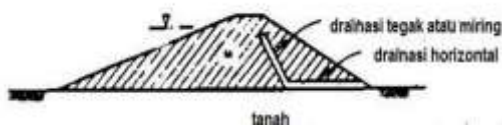
Pulau Sumbawa terletak di dalam lajur gunungapi Indonesia. Gunungapi yang masih aktif di lembar Sumbawa yaitu Gunungapi Tambora. Letusan yang terjadi pada tahun 1815 menghasilkan sekitar 105 km³ material gunungapi terutama dari abu dan tufa lapilli. Dilihat dari material yang dimuntahkan ini merupakan letusan terbesar yang pernah tercatat.

B. Embung

Dalam Modul pengantar perencanaan embung yang disusun oleh Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi (P3SDAK) tahun 2017 bahwa tahapan atau prosedur dalam merencanakan embung sebagai berikut: a. penentuan lokasi dan tempat embung; b. pengukuran dan penyelidikan sederhana geoteknik; c. penentuan tata letak; d. analisis hidrologi; e. penentuan tipe dan tubuh embung; dan f. desain bangunan dan jaringan distribusi. Tujuan dari embung sendiri yaitu memenuhi kebutuhan air bagi keperluan: a). domestik, untuk penduduk; b). ternak; c). kebun; dan d). konservasi DAS atau sub DAS (imbuhan air

tanah). Maka kolam embung menyimpan air di musim hujan dan pada musim kemarau dimanfaatkan sesuai urutan dari penduduk, ternak, dan kebun.

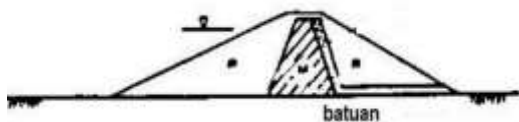
Tipe tubuh embung ada dua yaitu: Tubuh embung urugan tanah dan tubuh embung urugan batu. Untuk segala tipe tanah dan topografi yang tidak mendukung, tipe tubuh embung urugan tanah dapat dibangun. Secara garis besar, embung urugan tanah dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe yaitu: 1). Tipe Urugan Tanah Homogen; dan 2). Tipe Urugan Tanah Berzona (dengan inti tegak atau inti miring). Tipe urugan embung homogen dapat dilihat pada Gambar 3.



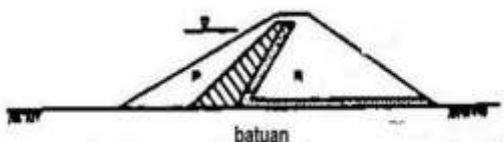
Gambar 3. Urugan tubuh embung homogen dengan drain internal pada fondasi kedap air

Sebagian besar tubuh embung tipe urugan batu tersusun material urugan berupa batu. Fungsi utama dari urugan batu ini adalah membuat tubuh embung menjadi stabil. Membran kedap air yang dipasang pada lapisan kedap air pada tubuh embung di lereng hulu tubuh embung, atau didalam tubuh embung berupa inti kedap air. Tanah, aspal, membran, atau beton merupakan bahan lapisan kedap air. Tipe tubuh embung urugan batu dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Agar membran kedap air tidak rusak, pada embung tipe urugan batu dibutuhkan fondasi dengan penurunan kecil. Fondasi dapat berupa satuan batuan atau pasir kerikil yang sangat kompak. Bangunan pelimpah pada embung urugan tanah maupun urugan batu harus dilengkapi dengan yang mempunyai kapasitas yang memadai.



Gambar 4. Urugan tubuh embung dengan inti kedap air pada fondasi batuan



Gambar 5. Urugan tubuh embung dengan inti kedap air miring pada fondasi batuan

Aspek topografi menjadi penilaian terhadap lokasi apabila di anak sungai di dekat lokasi embung pernah terjadi longsor, *slumping* (longsor kecil), dan sumber rembesan. Apabila pernah terjadi aliran debris, dapat diindikasikan berpotensi banjir bandang (*flash floods*) pada anak sungai / alur sungai, yang menyebabkan terjadinya erosi dan pengisian sedimen di daerah genangan.

Aspek geologi menjadi pertimbangan dasar sebagai fondasi embung dalam menilai kondisi batuan dasar maupun jenis tanah yang akan digunakan. Tipe embung yang cocok seringkali mempertimbangan kondisi geologi yang menjadi penentu tersebut. Kondisi geologi maupun fondasi yang dipertimbangkan meliputi: kekuatan, ketebalan, *strike* dan *dip*, kelulusan air, kekar, retakan, dan struktur sesar. Kehilangan air/rembesan yang lewat melalui formasi batuan yang mengalami retakan, sesar, dan kekar di daerah genangan, di tumpuan bendungan, dan yang tertanam dibawah galian dinding halang (*cut off trench*).

C. Bendungan

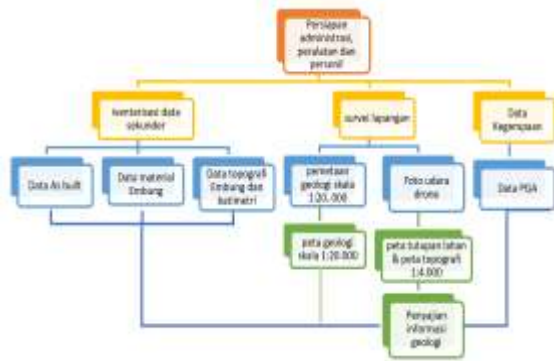
Berdasarkan Permen PUPR No. 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan yang di dalamnya memuat kriteria sebagai berikut: 1.) Tinggi 15 m atau lebih, diukur dari dasar fondasi terdalam; atau 2.) Tinggi Dam 10 m hingga 15 m, diukur dari dasar fondasi terdalam, dengan ketentuan : a. Panjang puncak dam paling sedikit 500 m; atau b. Daya tampung waduk paling sedikit 500.000 m³; atau c. Debit banjir maksimal yang diperhitungkan paling sedikit 1.000 m³/detik; atau 3.) Bendungan yang memiliki kesulitan khusus pada fondasi atau bendungan yang didesain menggunakan teknologi baru dan/atau bendungan yang memiliki kelas bahaya tinggi. dam/muara/pantai) (catatan: biasanya kesulitan khusus terjadi di daerah rawa, estuary dam/muara/pantai)

Kriteria *in stream* dan *off stream*: 1. apabila lokasi melintang sungai maka termasuk bendungan; dan 2. apabila lokasi di luar sungai maka termasuk embung (bukan bendungan)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Berfikir

Untuk mencapai tujuan dari review kondisi geologi yang berkaitan dengan tapak embung Kesi, lokasi material bahan bendungan dan daerah genangan, maka ada perlu ada kesesuaian antara metode dengan tujuan penelitian. Secara umum, kerangka berfikir untuk mereview kondisi Embung Kesi dari aspek geologi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kerangka Berfikir untuk mencapai tujuan review kondisi geologi Embung Kesi

Untuk prosedur penyusunan data spasial geologi serta tutupan lahan dan peta topografi disajikan dalam skala 1:20.000

3.2. Kerangka Konsep

Hubungan antar variabel-variabel yang dijadikan sebagai parameter dalam review kondisi geologi pada embung eksisting dalam upaya penyiapan dan penetapan izin operasi bendungan kesi ini dibuat dalam kerangka konsep yang dapat dilihat dalam Gambar 7. Prosedur atau tahapan pekerjaan inventarisasi data sekunder penyusunan data spasial memuat variabel fisik berupa data As built atau tubuh embung, data material embung, data topografi embung dan batimetri, sedangkan data primer memuat peta geologi, peta tutupan lahan, peta topografi. Data kegunaan dapat diakses melalui aplikasi RSA yang dibuat oleh Direktorat Bina Teknik Perumahan dan Permukiman, kementerian PUPR tahun 2021. Kedua data sekunder dan primer diaolah dan dianalisis menjadi bentuk informasi geologi.



Gambar 7. Kerangka konsep penelitian

3.3. Pengumpulan Data

a. Data Sekunder

Data sekunder yang didapat berupa data *As built* atau desain tubuh bendungan, data material bendungan, data topografi embung dari Balai bendungan NTB. Peta tutupan lahan didapatkan dari Kementerian Lingkungan Hidup (2013). Serta data kegunaan berupa spektrum rencana desain yang didapatkan dari aplikasi RSA yang dibuat oleh Direktorat Perumahan dan Permukiman, kementerian PUPR tahun 2021.

b. Data Primer

Data primer dikumpulkan dengan cara pemetaan geologi permukaan. Pengambilan data primer menggambarkan kondisi geologi dan tutupan lahan yang sesungguhnya dengan memakai *Global Positioning System* (GPS) dan *drone* mengenai tutupan lahan. Hasil survei ditampilkan dalam bentuk data spasial.

3.4. Pengolahan data

Data yang diperoleh adalah singkapan batuan yang berada sebagai batuan dasar di wilayah Embung Kesi yang kemudian dipot menggunakan *software* Arc GIS 10. Hasil *ploting* batuan dapat berupa strike (arah sebaran batuan) dan dip (kemiringan lapisan), kemudian diklasifikasikan berdasarkan menjadi satuan batuan. Klasifikasi batuan berdasarkan Russel dan Travis (1955) Tabel ini mengklasifikasikan batuan beku berdasarkan mineral penyusun batuan tersebut (essential minerals, accessory minerals) dengan melihat jumlah mineral apa saja yang melimpah dan dominan. Mineral yang demikian disebut dengan essential minerals. Mineral – mineral ini adalah mineral yang paling menentukan nama suatu batuan. Contohnya adalah quartz, feldspathoid, dan feldspar. Sedangkan accessory minerals adalah mineral yang keberadaanya lebih sedikit dibandingkan dengan mineral esensial namun dapat juga menentukan dalam penamaan suatu batuan. Contoh dari mineral aksesori ini adalah biotite, muscovite, dan sebagainya.

Selain itu, untuk analisis perubahan tutupan lahan menggunakan Citra Maxar Technologies di tahun 2011 dan 2024 dalam Google Earth (2024)

IV. HASIL PENELITIAN

Secara geografis bendungan Kesi terletak pada posisi 118°11'34" BT dan -8°31'23" LS. Secara

administrative Bendungan Kesi berada pada wilayah Desa Kesi, Kecamatan Manggelewa, Kabupaten Dompu. Luas daerah tangkapan yang teridentifikasi 5,2 km², kapasitas tampungan netonya adalah 570.000 m³, dengan luas genangan 9,50 ha. Elevasi muka air banjir adalah +44,78 m, elevasi muka air normal adalah +43,00 m, dan elevasi muka air terendah adalah +31,30 m. Debit banjir dalam periode ulang 100 tahun (Q 100) adalah 62,10 m³/detik.

Pada papan informasi (Gambar 8) tertera memiliki panjang bendungan 154 meter, tinggi 15 meter, lebar puncak 6 meter, elevasi puncak 6 meter, Elevasi Dasar Sungai +26,24 meter, dan Elevasi Dasar Galian + 18,00 meter. Manfaat bendungan Kesi adalah sebagai areal irigasi 220 ha, ternak 200 ekor, dan air baku 100 L/detik. Tubuh bendungan Kesi ini memiliki tipe tanah yang random



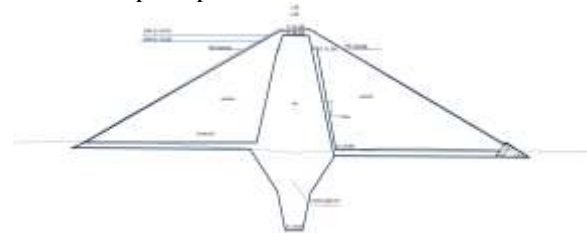
Gambar 8. Papan informasi Bendungan Kesi

Mengingat tinggi Embung Kesi tersebut lebih dari 10 meter, maka embung ini dapat dikategorikan sebagai embung besar yang sebenarnya bisa diklasifikasikan dalam kategori bendungan menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2015, maka embung Kesi termasuk dalam klasifikasi Bendungan. Penilaian kesesuaian aspek fisik bendungan yang dinilai ada 5 yaitu mulai dari tinggi, panjang, daya tampung, debit banjir dan *in stream*, maka ada 3 yang sesuai dan 2 tidak sesuai.

Tabel 1. Parameter kesesuaian ukuran bendungan Permen PUPR 27/PRT/M/2015 dengan Embung Kesi

Syarat Bendungan	Permen PUPR 27/PRT/M/2015	Dimensi Embung Kesi	Kesesuaian Bendungan
Tinggi	10 m	15 m	Sesuai
Panjang puncak bendungan	500 m	154 m	Tidak sesuai
Daya tampung	500.000 m ³	570.000 m ³	Sesuai
Debit Banjir	1000 m ³ /detik	62,10 m ³ /detik	Tidak sesuai
<i>in stream</i>	Tubuh embung melintang sungai	Tubung embung kesi melintang di Sungai Kesi	Sesuai

Berdasarkan gambar *As built* Embung Kesi, tubuh embung berada pada elevasi dasar 26,833 meter dan atas tubuh embung Kesi berada di elevasi 45,500 meter atas setinggi 18,667 meter. Namun dalam papan informasi tinggi tubuh embung hanya 15 meter. Tidak terdapat informasi material inti tubuh bendungan. Akan tetapi dalam dalam dokumen disebutkan bahwa tipe embung termasuk dalam tipe embung tanah random seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Gambar *as built* embung kesi tipe urugan tanah berzona

4.1. Morfologi

Bentang alam di sekitar Embung Kesi berupa perbukitan pada bagian hulu dan juga daerah dataran pada bagian hilir. Bentang alam yang berada di wilayah bendung termasuk dalam tahap dewasa. Hal ini berdasarkan bentang alam di daerah Kesi masih berupa bukit sebagai bentuk asli bentang alam dengan banyak erosi dibagian bukit. Bentang alam sekitar bendungan Kesi dapat dilihat pada Gambar 10. Perbukitan ini dibentuk oleh Satuan Batuan Beku Lava Andesit dan Breksi Lahar yang menutupi Satuan Batuan Batupasir Nodul Kerikil Sisipan Batulempung. Sepanjang sungai Kesi tersingkap menutupi Satuan Batuan Batupasir Nodul Kerikil Sisipan Batulempung.

Erosi yang dijumpai berupa erosi rill, erosi ravine, dan erosi drainase. Kondisi tutupan lahan yang dibuka sebagai lahan jagung, menjadikan

tingkat erosi di wilayah ini meningkat, hal ini ditandai dengan jumlah sedimen yang masuk dalam Bendungan Kesi menjadi cukup besar. Warna air dalam waduk Embung Kesi berwarna coklat terang menandakan adanya sedimen yang terendapkan.



Gambar 10. Bentang alam di lokasi Bendungan Kesi

4.2. Litologi

Berdasarkan hasil observasi awal di lapangan bahwa di lokasi Embung Kesi ditutupi oleh batuan breksi pada bukit di bagian tumpuan kiri (Gambar 11) dan lava andesit tumpuan bagian kanan (Gambar 12). Singkapan breksi tidak dijumpai rekahan atau bidang geser, namun pada batuan lava andesit ini banyak dijumpai bidang rekahan.

Deskripsi batuan breksi sebagai berikut: abu kecoklatan, dengan fragmen berukuran kerikil hingga berangkal, bentuk menyudut-menyudut tanggung dan tidak memiliki struktur khas, terdapat masa dasar pasir halus hingga kasar. Tekstur batuan antara lain: besar butir batuan yaitu ukuran > 256 mm (breksi bongkah) dilihat dari skala wentworth. Deskripsi fragmen batuan beku, tekstur hipokristalin, afanitik, anhedral, dengan komposisi yaitu plagioklas, biotit, dan kuarsa dengan nama batuan beku andesit.



Gambar 11. Singkapan batu breksi di dinding tumpuan kiri

Singkapan batuan beku andesit, tersingkap disepanjang tepi dinding bendungan Kesi, tinggi singkapan > 10 meter. Kondisi singkapan secara umum segar. Andesit tebal > 20 meter, kondisi batuan kompak, dijumpai struktur berupa kekar, dan singkapan tidak memiliki kedudukan batuan. Di bagian bukit dijumpai batuan yang mirip perlapisan atau *sitting joint*.



Gambar 12. Singkapan batu andesit dijumpai banyak rekahan di dinding tumpuan kanan

Singkapan batupasir, tersingkap disepanjang tepi sungai Kesi Sekitar 500 meter ke arah bendungan, tinggi singkapan 2 meter. Kondisi singkapan secara umum segar tetapi di beberapa bagian sudah mengalami pelapukan. Batupasir tebal 1 meter, Kedudukan bidang perlapisan N 285°E/18°.

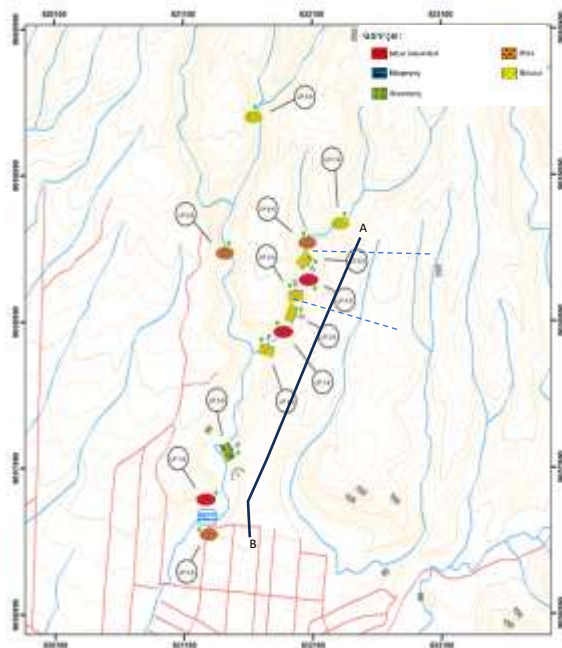
Batupasir pada Gambar 13 memiliki warna abu-abu kecokelatan, merupakan jenis klastik-detritus kasar hal ini berdasarkan fragmen pembentuknya, dan tekstur batuan antara lain: besar butir batuan yaitu berukuran pasir kasar, semen/matriks yaitu sementasi karbonatan, dan campurannya yaitu kuarsa dan biotit, memiliki bentuk butir menyudut hingga menyudut tanggung, lalu pemilahan butirnya buruk, porositasnya baik, kemas terbuka, lalu kompaksi batuan kompak, memiliki mineral sedikit berupa biotit dan kursa, kemudian komposisi utama batuan sedimen yaitu: matriks 55%, sementasi 35%, kuarsa 5%, dan biotit 5%.



Gambar 13. Singkapan batupasir pada LP 2-9

Pada LP 2-9 dijumpai singkapan batupasir sisipan batulempung karbonatan, jarak dari Embung ke singkapan \pm 100 meter ke utara. Singkapan batuan diplomat ke dalam peta topografi seperti pada Gambar 14.

Batuan di wilayah penelitian dapat dimasukan dalam Satuan Batuan Beku Lava Andesit dan Breksi Lahar serta Satuan Batuan Batupasir Nodul Kerikil Sisipan Batulempung. Satuan Batuan Batupasir Nodul Kerikil Sisipan Batulempung memiliki umur paling tua dibandingkan Satuan Batuan Beku Lava Andesit dan Breksi Lahar seperti yang terlihat pada profil lintasan A-B pada Gambar 15.



Gambar 14. Peta Lokasi pengamatan singkapan di Sungai Kesi



Gambar 15. Profil lintasan A-B di sekitar wilayah di Sungai Kesi

Jika dibandingkan dengan penelitian Sudradjat dkk. (1998), maka satuan batuan lava andesit dan breksi lahar memiliki kesamaan dengan Satuan Breksi Andesit-Basal (Qvle) atau Hoddo yang berumur plistosen hingga hingga holosen. Satuan batupasir nodul kerikil sisipan batulempung memiliki kesamaan dengan Batulempung Tufan (Tpc) yang memiliki kecenderungan berlapis baik yang berumur Tersier Akhir. Hubungan satuan batuan kedua satuan ini adalah tidak selaras.

4.3. Tutupan Lahan

Sedimentasi di kolam Embung Kesi diindikasikan ada 3 faktor yaitu kerusakan DAS bagian hulu sungai, pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah koservasi, dan longsor tepi genangan. Dari indikasi tersebut menyebabkan kapasitas dan umur waduk berkurang dan berpotensi sering terkadi limpasan, maka kapasitas tidak akan cukup dan adanya *overtopping*.

Berdasarkan data penutupan lahan dari Berdasarkan data penutupan lahan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia tahun 2013, maka tutupan lahan pada DTA Embung Kesi terdiri dari 4 jenis tutupan. Pembagian luas jenis penutupan pada embung ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel jenis penutupan lahan

No.	Jenis Penutupan Lahan	Luas (Ha)
1	Semak belukar	616.11
2	Pertanian lahan kering campur semak / kebun campur	41.93
3	Hutan lahan kering sekunder / bekas tebangan	376.11
4	Hutan lahan kering primer	107.26
Total		1141.41

Sumber: KemenLHK (2013)

Hasil analisis citra satelit Maxar Technologies dalam *Google Earth*, tutupan lahan mengalami perubahan sehingga mempengaruhi sedimentasi yang terendapkan di waduk Embung Kesi. Perubahan tutupan lahan terlihat signifikan pada Gambar 16.a tahun 2011 dengan Gambar 16.b pada tahun 2024. Pada musim kemarau, waduk ini belum pernah mengalami kekeringan, kecuali pada saat El Nino.



Gambar 16. a. tutupan lahan bulan maret tahun 2011, b. tutupan lahan bulan juni tahun 2024

Batuan penyusun di sepanjang aliran Sungai Kesi memiliki tingkat pelapukan yang cukup intensif, dengan diumpainya tanah residual pada sisi tepi sungai seperti pada Gambar 17. Sering dijumpai material aluvial berupa gosong pasir dan tanggul sungai (*natural levee*).



Gambar 17. Peta singkapan batupasir yang bergradasi menjadi tanah tebal >1 meter (tanah residual)

4.4. Kondisi Embung Kesi

Berdasarkan hasil observasi, kondisi *As Dam* Embung Kesi pada saat ini terjadi penurunan secara vertikal dan terlihat pendatan pada urugan bagian hilir dan pernah terjadi retakan pada bagian urugan hilir. Menurut sumber dari Najib (2021) mengatakan bahwa, belum ada upaya penanganan untuk memperbaiki retakan akibat kejadian gempa. Selain itu ada rembesan di hilir bendungan pada rip rap bagian kaki bendungan, tumpukan batu terlihat tidak beraturan.

Vegetasi di lereng hulu dan hilir tertutup gulma. Daerah hilir terdapat vegetasi tanaman keras, pada perbukitan bagian kanan bendungan kondisi lahan terbuka sebagai lahan jagung *Abutment* pada kanan kolam waduk kondisi baik, kondisi pelimpah normal artinya tidak ada kerusakan baik dari tubuh, lantai maupun dinding pelimpah. Kondisi kolam olak dalam keadaan norma dan batu di hilir kolam olak juga normal. Tidak ada bronjong pada kolam olak.

Kondisi *inlet* normal dan *outlet* juga normal, namun terdapat peralatan hidromekanikal terdapat kerusakan. Kondisi *conduit* pada outlet terdapat kerusakan pada katup sehingga berkarat dan bocor, serta bocor pada stang dan pipa. Tidak ada listrik sebagai penerangan di area Embung Kesi. Masih terdapat *Peilschaal* di hulu bendungan namun perlu perbaikan karena sudah tidak terbaca. *Peilschaal* di pelimpah: normal. Masih terdapat patok geser, *v-nocth* dan *pizometer* dalam kondisi rusak, serta tidak ada

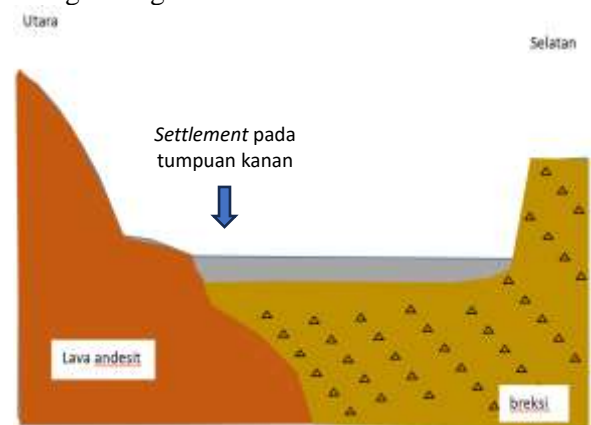
sumur pantau. Pada Gambar 18 menunjukkan kondisi Embung Kesi.



Gambar 18. Kondisi litologi di Bendungan Kesi

4.5. Kegempaan

Batuan lava andesit yang memiliki rekahan yang intens, sehingga akan memperbesar efek guncangan gempa, maka sebetulnya bukit yang berada di wilayah tumpuan kanan tidak stabil terhadap guncangan gempa (Gambar 19). Guncangan gempa telah membuat penurunan secara vertikal pada *As Dam*. Jika dianalisis kembali ke peta geologi regional, bahwa terdapat sesar normal yang berarah **barat-timur** yang ditandai adanya kedudukan acak di lokasi utara Embung Kesi di wilayah Sungai Kesi pada lapisan batupasir nodul kerikil. Artinya, adanya penurunan secara vertikal bendungan diakibatkan oleh adanya indikasi sesar normal yang berada di Satuan Batupasir Nodul Kerikil Sisipan Batulempung, sehingga ketika terjadi guncangan akibat gempa, maka tubuh bendungan akan mengalami penurunan. Material embung memiliki tipe tanah urugan random yang artinya ukuran butir tidak sama sehingga memiliki sifat seperti aluvial yang bersifat lepasan, jika terkena gempa, akan mengalami 2 kali guncangan.



Gambar 19. Ilustrasi profil di Embung Kesi

Berdasarkan hasil analisis percepatan gempa di lokasi site pada menurut Direktorat Bina Teknik

Permukiman dan Perumahan (2021) (Gambar 20), nilai spektra pada batuan B dengan nilai PGA 0,506 gal. Nilai ini berdasarkan pada kemungkinan keruntuhan bangunan sebesar 1% selama periode perulangan gempa besar selama 50 tahun.



Gambar 20. Nilai percepatan gelombang di permukaan di Embung Kesi berdasarkan aplikasi RSA Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan (2021)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil review dari parameter fisik tubuh embung, geologi, tutupan laha dan sedimentasi, serta kegempaan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Embung Kesi dibuat sesuai fungsinya yaitu untuk memenuhi kebutuhan dasar hidup yang diperuntukkan penduduk, ternak, dan kebun.
2. Embung Kesi memiliki 3 parameter yang sesuai dengan klasifikasi bendungan, yaitu tinggi, daya tampung, dan *in stream*.
3. Embung kesi memiliki masalah utama yaitu pada kolam dan tubuh embung, dimana terdapat sedimentasi yang cukup signifikan sehingga dapat menyebabkan *overtopping* dan penurunan vertical pada tubuh embung akibat gempa
4. Hasil analisis pemetaan geologi dan spektra rencana desain, dapat disimpulkan bahwa sesar normal berarah barat-timur pada Satuan Batuan Batupasir Nodul kerikil Sisipan Batulempung menjadi penyebab utama turunnya tubuh Embung Kesi, dengan gempa sebagai pemicu yang memiliki percepatan kegempaan di permukaan hingga 0,506 gal,

artinya termasuk dalam klasifikasi Zona Kerentanan Gempa Tinggi. Akan tetapi kerusakan tubuh Embung Kesi tidak signifikan karena adanya peredam batuan berupa breksi lahar dan lava andesit.

5.2. Saran/Rekomendasi Teknis

Adapun saran atau rekomendasi teknis dari penelitian ini adalah

1. Pengerukan sedimen dilakukan dengan backhole dan bulldozer dan dumtruck
2. Perbaikan Hidromekanik dan instrument embung Kesi
3. *Spoilbank* ditempatkan di *green belt* (bila memungkinkan)
4. Pembangunan *ceck dam* dan perbaikan vegetasi di daerah hulu
5. Perlu upaya penanganan retakan pada urugan bendungan bagian hilir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sudradjat, S. Andi Mangga dan N. Suwarna. Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusatenggara. 1998. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [2] Direktorat Bina Teknik Perumahan dan Permukiman. (2021). Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>
- [3] Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi (P3SDAK).2017. Modul Pengantar Perencanaan Embung: Pelatihan Perencanaan Embung. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI.
- [4] Russel dan Travis. 1955. Quarterly of The Colorado School of Mines vol. 50 nomor 1.
- [5] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2013. Data Penutupan Lahan di area Kawasan Hutan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.