

KAJIAN HIDROGEOLOGI DAN ANALISIS KESTABILAN DINDING SITU SERTA RENCANA TINDAK DARURAT: STUDI KASUS SITU BABAKAN, DESA BANTARJAYA, BOGOR, JAWA BARAT

HYDROGEOLOGY AND SLOPE STABILITY DAM ANALYSIS WITH EMERGENCY RESPONSE PLANS, CASE STUDY: SITU BABAKAN, BANTARJAYA VILLAGE, BOGOR DISTRICT, WEST JAVA PROVINCE

Galih Dhela Pradina^{1*}, Imam Priyono¹, Ahmad Taufiq²

¹ Program Studi Teknik Geologi, Universitas Pertamina, Jakarta 12220, Indonesia

² Balai Air Tanah, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

*EMAIL

galihdhelapradina@gmail.com

KEYWORDS

Situ Babakan, kualitas air, keruntuhan, tanggul, mitigasi

Situ Babakan, water quality, failure, embankment, mitigation.

ARTICLE HISTORY

Received: 08 June 2023

Accepted: 20 February 2024

HOW TO CITE

Pradina, D.G., Priyono, I., & Taufiq, A. (2024). Kajian Hidrogeologi dan Analisis Kestabilan Dinding Situ Serta Rencana Tindak Darurat: Studi Kasus Situ Babakan, Desa Bantarjaya, Bogor, Jawa Barat. *Subsurface*, 02(01) 1-15.

ABSTRAK

Daerah penelitian berada di Situ Babakan, Bantarkambing, Bogor yang termasuk kedalam area Cekungan Air Tanah (CAT) Jakarta dan berada pada satuan kipas aluvium yang berumur Pleistosen. Daerah penelitian ini memiliki sungai dengan pola aliran dendritik serta kemiringan pada lereng yang cukup landai. Diketahui dari hasil uji bor tangan atau *handbor* yang telah dilakukan, bahwa pada kedalaman 0-0,6 meter area Situ Babakan merupakan lapisan pasiran berwarna cokelat dengan plastisitas yang tinggi (jenuh air) yang bertindak sebagai akuifer, sedangkan pada kedalaman 0.6-5.2 meter merupakan lapisan tuf halus berwarna cokelat dengan plastisitas yang tinggi bertindak sebagai akuiklud. Muka air tanah disekitar Situ Babakan memiliki kedalaman berkisar 2-4 meter yang berarah aliran menuju arah barat serta kualitas air tanah yang dilihat dari hasil pemeriksaan kimia memiliki kandungan Fe dan Mn cukup tinggi dan apabila hasil dari pemeriksaan mikrobiologi menunjukkan bahwa air terkontaminasi oleh bakteri *E.coli* dan *total coliform*. Hasil pemodelan yang dilakukan menunjukkan bahwa Situ Babakan akan mengalami keruntuhan di bagian tanggul hilir dengan kondisi MDE (*Maximum Design Earthquake*) yaitu FK sebesar 1.211, sedangkan kondisi OBE (*Operating Based Earthquake*) memiliki nilai FK sebesar 1.470 di mana nilai FK tersebut menunjukkan bahwa lereng bagian hilir cenderung rentan. Banjir yang diakibatkan oleh keruntuhan Situ Babakan mengakibatkan 19.60 Ha kerusakan pada sektor perkebunan, 65.30 Ha sektor persawahan, dan 9.30 Ha permukiman dan sekitar 870 orang perlu dievakuasi dari 3 (tiga) desa antara lain Desa Bantarjaya, Desa Bantarsari, dan Desa Gimulang yang dilewati oleh banjir. Upaya penanganan dini yang dapat dilakukan oleh masyarakat adalah pelatihan mitigasi, mempersiapkan tas darurat serta mengetahui informasi-informasi penting terkait kondisi prabencana, saat banjir terjadi, dan pascabencana. Mitigasi struktural dilakukan untuk dapat dilakukan pemeliharaan dan evaluasi untuk infrastruktur pada tubuh bendungan sehingga dapat meminimalisasi terjadinya keruntuhan.

ABSTRACT

The study area is located in Situ Babakan, Bantarkambing, Bogor, within the Jakarta Groundwater Basin (CAT) and part of

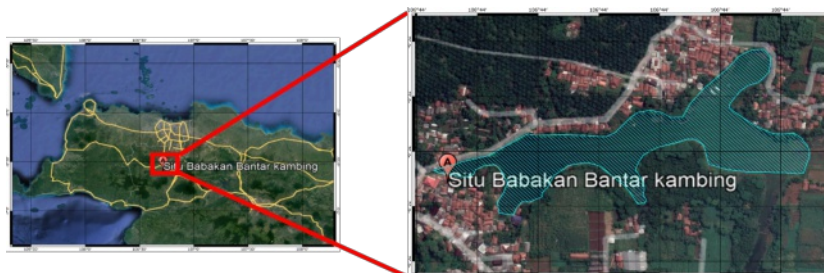
the Pleistocene-aged alluvial fan unit. The area features a river with a dendritic drainage pattern and moderately gentle slopes. Hand boring tests revealed that from 0-0.6 meters depth, the area consists of a brown sandy layer with high plasticity (water-saturated) acting as an aquifer, while from 0.6-5.2 meters depth, it comprises a brown fine tuff layer with high plasticity acting as an aquiclude. The groundwater table around Situ Babakan ranges from 2-4 meters deep and flows westward. Chemical analysis indicates high levels of Fe and Mn in the groundwater, while microbiological examination reveals contamination by E. coli and total coliform bacteria. Modeling results show that Situ Babakan is likely to experience failure at the downstream embankment under Maximum Design Earthquake (MDE) conditions, with a Factor of Safety (FS) of 1.211. Under Operating Basis Earthquake (OBE) conditions, the FS is 1.470, indicating that the downstream slope is prone to instability. The flood resulting from Situ Babakan's failure would cause damage to 19.60 hectares of plantations, 65.30 hectares of rice fields, and 9.30 hectares of residential areas, necessitating the evacuation of approximately 870 people from the villages of Bantarjaya, Bantarsari, and Gimulang. Early intervention measures include mitigation training, preparing emergency kits, and staying informed about pre-disaster, during-flood, and post-disaster conditions, while structural mitigation involves maintaining and evaluating dam infrastructure to minimize the risk of failure.

© 2024 SUBSURFACE. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

PENDAHULUAN

Pembangunan bendungan banyak dijumpai seiring dengan pesatnya perkembangan kawasan pemukiman, industri, tempat wisata, lahan pertanian, dan fasilitas umum lainnya. Hal ini dapat meningkatkan kerentanan akibat jebolnya bendungan. Meluapnya air melalui puncak bendungan merupakan salah satu penyebab umum runtuhnya bendungan yang dapat mengakibatkan erosi dan tanah longsor. Erosi atau perpipaan biasanya membawa material dari keruntuhan bendungan yang disebabkan oleh rembesan atau kebocoran. Akibat keruntuhan dengan kecepatan yang sangat tinggi dan debit yang besar, air yang semula tertampung di dalam waduk akan keluar dan mengalir ke hilir. Peristiwa seperti ini dapat menghancurkan infrastruktur yang ada dan menimbulkan korban jiwa dan material.

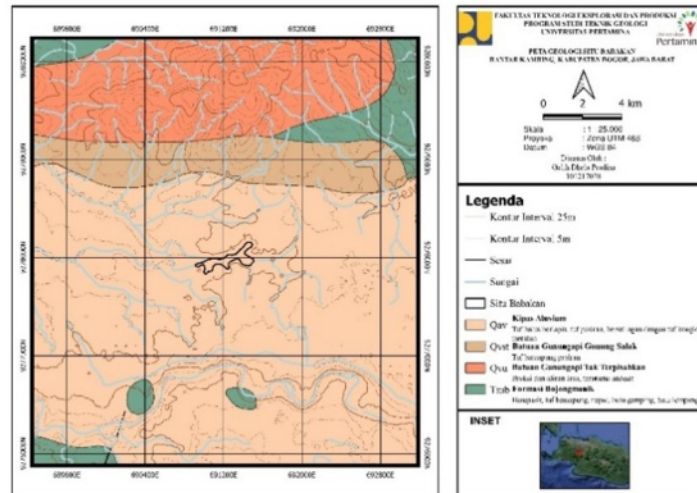
Situ Babakan, Kampung Bantar Kambing, Bogor, Jawa Barat (Gambar 1) merupakan salah satu area yang memiliki potensi mengalami kejadian sebagaimana kebocoran tanggul. Melalui analisis data geofisika dan hidrologi, pada penelitian ini disajikan perhitungan nilai faktor keamanan (FK) dan simulasi keruntuhan tanggul Situ Babakan yang digunakan dalam pedoman Rencana Aksi Darurat sebagai upaya minimalisasi dampak jika terjadi rembesan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian, Situ Babakan Bantar Kambing.

KERANGKA GEOLOGI

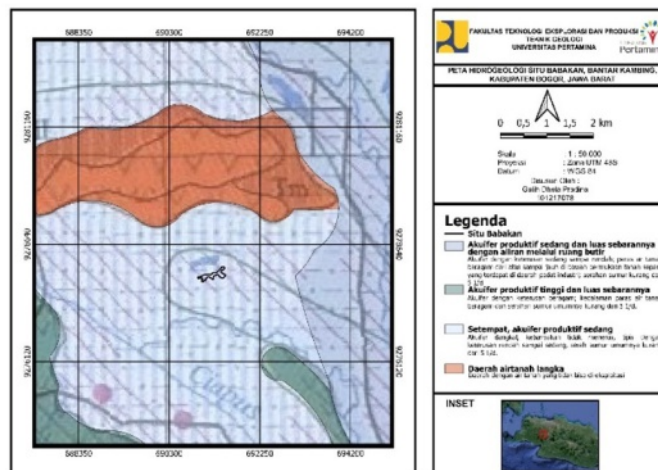
Berdasarkan Peta Geologi Lembar Bogor skala 1:100.000 oleh Effendi, dkk. (1998) (Gambar 2) daerah Bogor dan sekitarnya disusun oleh batuan hasil kegiatan gunung api dan batuan sedimen. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Bogor, geologi daerah penelitian disusun oleh Formasi Bojongmanik (Tmb), Satuan Batuan Gunung Api tak terpisahkan (Qvu), Satuan Kipas Alluvium (Qav) dan Batuan Gunung Api Salak (Qvst). Situ Babakan terletak pada satuan kipas Alluvium (Qav) (Gambar 2).



Gambar 2. Geologi daerah penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Bogor skala 1:100.000 (Effendi dkk., 1998).

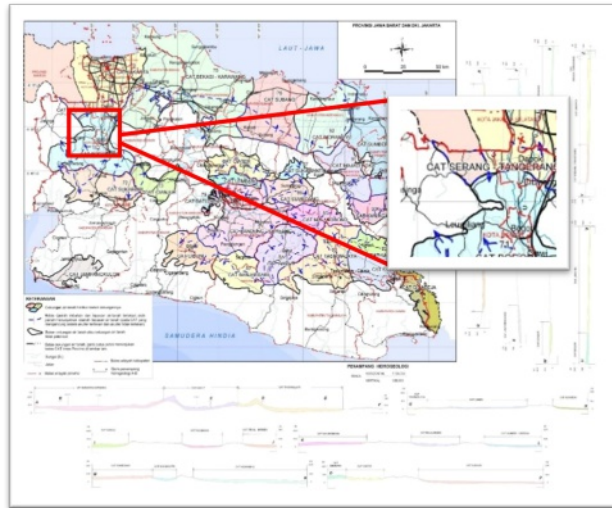
KERANGKA HIDROGEOLOGI

Dari data peta hidrogeologi daerah penelitian diketahui bahwa area penelitian tergolong kedalam akuifer dangkal atau akuifer produktif sedang setempat. Sementara itu sebagian wilayah merupakan area dengan akuifer produktif tinggi (Gambar 3).



Gambar 3. Peta hidrogeologi daerah penelitian dimodifikasi dari peta hidrogeologi lembar Jakarta skala 1:250.000 (Badan Geologi ESDM, 2017).

Cekungan Air Tanah merupakan batas secara teknis terhadap pengelolaan SDA (Sumber Daya Air) untuk air tanah (Aryanto, 2018) di mana wilayah tersebut dibatasi oleh batas hidrogeologis dan berlangsungnya kejadian hidrogeologi seperti pelepasan air tanah, pengaliran, dan proses pengimbuhan (Aryanto, 2018). Sementara itu pada Peta CAT Jawa Barat dan DKI Jakarta, area penelitian yang ditandai dengan kotak merah merupakan area CAT Bogor dengan aliran sungai utama yaitu Sungai Ciliwung (Gambar 4).



Gambar 4. Peta CAT Jawa Barat dan DKI Jakarta.

DATA DAN METODOLOGI

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder dan primer, data sekunder didapatkan melalui pihak instansi yang meliputi data geolistrik 2D, data uji bor tangan, data hidrologi, data teknis bendungan, data geologi teknik serta data angka percepatan kegempaan yang mengacu kepada Peta Zona Gempa Indonesia yang diterbitkan oleh Tim Pusat Studi Studi Gempa Nasional tahun 2017 dan SNI 1726 tahun 2019. Data sekunder lainnya yaitu data spasial yang meliputi data raster (DEM dan kependudukan), data vektor (tata guna lahan), dan peta geologi lembar Jakarta. Sedangkan untuk data primer didapatkan melalui kegiatan lapangan yang terdiri dari data muka air permukaan dan tinggi muka air tanah, sampel air permukaan dan air tanah untuk dapat dilakukan uji kualitas air di laboratorium.

Analisis geolistrik 2D mengacu pada nilai resistivitas jenis batuan menurut Telford, dkk. (1990) (**Tabel 1**). Proses penentuan faktor keamanan mengacu kepada Bowles (1991) (**Tabel 2**). Selanjutnya, analisis tindak lanjut Rencana Aksi Daurat dilakukan dengan merujuk pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) nomor 27 tahun 2015.

Tabel 1. Nilai resistivitas batuan yang sering dijumpai (Telford, dkk., 1990).

Material	Resistivitas (Ωm)	Material	Resistivitas (Ωm)
Air Permukaan	0,5-20	Pasir	1-1000
Air Laut	0,2-0,3	Batupasir	200-8000
Udara	$2 \times 10^6 - 5 \times 10^7$	Batugamping	$50 - 1 \times 10^4$
Alluvium	10-800	Basalt	$10 - 1,3 \times 10^7$
Lempung	1-100	Andesit	17-450000

Tabel 2. Nilai FK berdasarkan intensitas kelongsoran (Bowles, 1991).

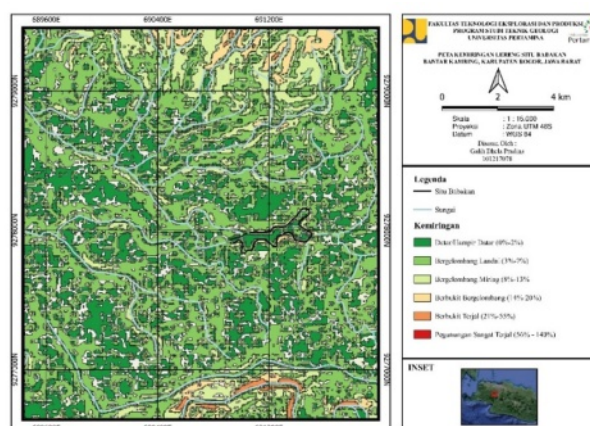
Faktor Keamanan (FK)	Intensitas Longsor
FK < 1,07	Tingkatan Labil
FK antara 1,07 hingga FK 1,25	Tingkatan Kritis
FK > 1,25	Tingkatan Stabil

HASIL DAN DISKUSI

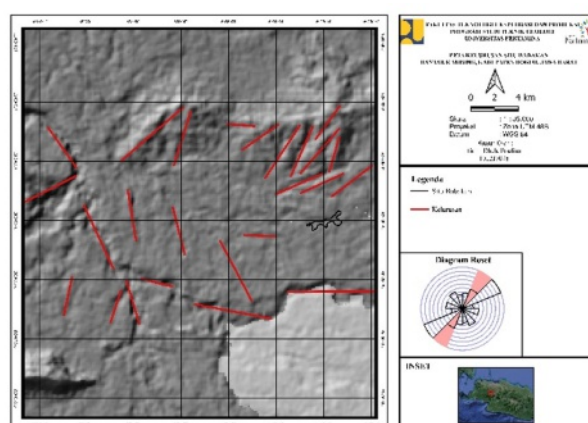
KONDISI GEOLOGI

Berdasarkan hasil analisis data DEM terhadap kemiringan lereng berdasarkan Klasifikasi van Zuidam (1985), daerah Situ Babakan memiliki tingkat kemiringan lereng yang relatif datar namun juga menunjukkan variasi kemiringan lereng lebih tinggi pada sisi barat, utara dan timur dari daerah penelitian. Berdasarkan klasifikasi tersebut, daerah ini masuk dalam daerah datar-landai (**Gambar 5**).

Dalam menginterpretasi kelurusan, ditunjukkan bahwa pola kelurusan dominan berarah barat-laut-tenggara, yang dapat ditafsirkan sebagai adanya erosi yang kuat hingga memunculkan kecenderungan arah tersebut (**Gambar 6**).



Gambar 5. Peta kemiringan lereng.



Gambar 6. Peta Kelurusan.

KONDISI HIDROGEOLOGI

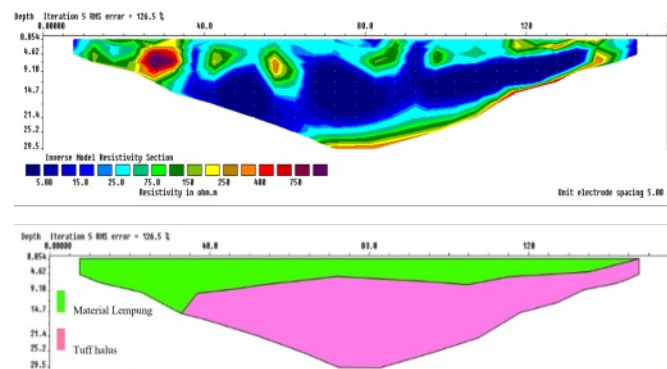
Berdasarkan penampang resistivitas Situ Babakan di atas (**Gambar 7**), terlihat bahwa litologi di bawah permukaan lintasan pengukuran tersusun atas:

1. Lapisan timbunan pada bagian atas dengan tebal rata-rata sekitar 8 meter dengan rentang resistivitas sebesar 25 – 75. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir yang basah karena adanya vegetasi di sepanjang lintasan geolistrik. Lapisan ini bertindak sebagai akuifer diakibatkan lapisan ini merupakan lapisan jenuh air.
2. Lapisan fondasi yang berupa tuf halus dengan tebal mencapai 15 m dengan nilai resistivitas sebesar 5 – 150. Lapisan ini bertindak sebagai akuiklud.

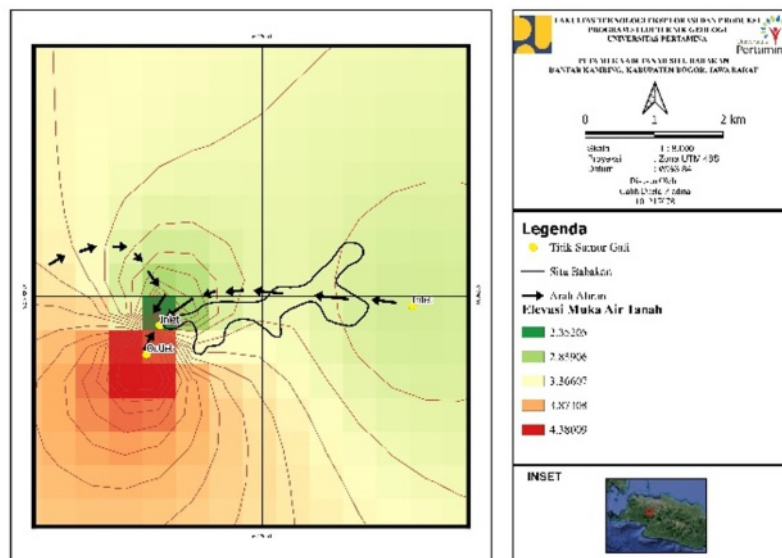
Berdasarkan adanya sumur gali di sekitar daerah penelitian, nilai elevasi muka air tanah menunjukkan nilai kedalaman antara 140 - 147 mdpl. Arah aliran ditentukan dengan menarik garis tegak lurus dari kontur muka air tanah yaitu mengarah kearah barat laut. Adanya sumur gali dapat mengindikasikan sistem akuifer bebas (**Gambar 8**).

Sampel kualitas air terdiri dari 3 sampel air permukaan yaitu SB-1 (inlet), SB-2 (outlet), SB-5 (outlet), dan 2 sampel air tanah yaitu SB-3 (sumur bor) dan SB-4 (sumur pantek).

Berdasarkan hasil uji sampel laboratorium di atas didapat bahwa:



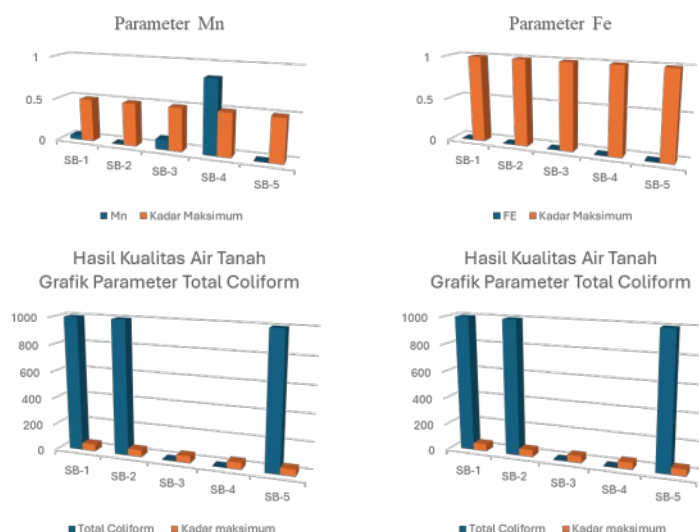
Gambar 7. Model geolistrik dan interpretasi litologi bawah permukaan .



Gambar 8. Peta aliran airtanah pada lokasi penelitian.

1. Secara parameter kimia dan fisika, sampel SB-1, SB-2, SB-3 dan SB-5 telah memenuhi syarat standar baku mutu (**Gambar 9**). Namun untuk sampel SB-4 menunjukkan nilai yang tinggi pada parameter Mn, hal ini mungkin bisa disebabkan oleh kontaminan dari permukaan seperti air limbah).
2. Secara mikrobiologi, sampel SB-1, SB-2 dan SB-5 tidak memenuhi syarat kadar maksimum, di mana air sampel yang diambil di lokasi penelitian telah tercemar oleh bakteri dari pintu masuk maupun pintu keluar Situ Babakan. Sedangkan pada sampel SB-3 dan SB-4 menunjukkan bahwa hasilnya memenuhi standar baku mutu. Hal ini dapat diperkirakan akibat adanya perbedaan elevasi pada titik lokasi sampel SB-3 dan sampel SB-4 yang cenderung lebih tinggi apabila dibandingkan dengan sampel yang diambil pada area Situ Babakan, sehingga kondisinya tidak tercemar oleh bakteri (**Gambar 9**).
3. Pencemaran yang terjadi disekitar lokasi penelitian kemungkinan akibat aktivitas sehari-hari manusia yang dapat mempengaruhi kualitas air di Situ Babakan maupun adanya kebocoran pada saluran pembuangan inlet dan outlet. Semakin tinggi kandungan di dalam air yang terkontaminasi oleh Coliform, maka semakin tinggi pula tingkat kerentanan adanya bakteri patogen lainnya yang dapat berasal dari kotoran manusia maupun hewan. Bakteri ini dapat mengakibatkan penyakit seperti diare, muntah-muntah, gatal-gatal, demam, dan lain-lain.
4. Terdapat perbedaan pada kualitas air tanah dengan air permukaan, adanya perbedaan kualitas air permukaan yang berada di bawah standar baku mutu dapat berpengaruh terhadap kualitas air tanah yang ada. Cara agar dapat menjaga kualitas air tanah agar tidak tercemar

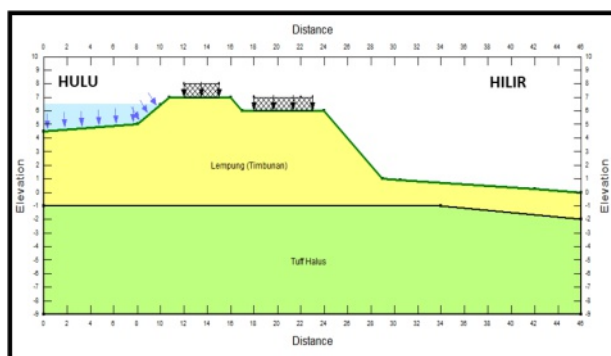
oleh air permukaan ialah selalu melakukan controlling terhadap input kualitas air yang masuk ke dalam area Situ Babakan dan juga dapat dilakukan filtration (penyaringan), adsorpsi (penyerapan) dan juga bisa dilakukan ion exchange agar kelak tidak tercemar oleh air permukaan.



Gambar 9. Parameter kualitas airtanah lokasi penelitian.

KESTABILAN LERENG DINDING SITU

Situ Babakan memiliki dua komponen material penyusun yaitu lempung sebagai timbunan dan tuff halus sebagai pondasi. Beban merata menggambarkan jalan yang berada pada kondisi eksisting dengan besaran 15 kN/m^2 (jalan bawah) dan 10 kN/m^2 (jalan atas). Geometri ini didapat dari hasil korelasi antara data geolistrik dan handbor yang kemudian menghasilkan geometri dari tanggul Situ Babakan (**Gambar 10**).



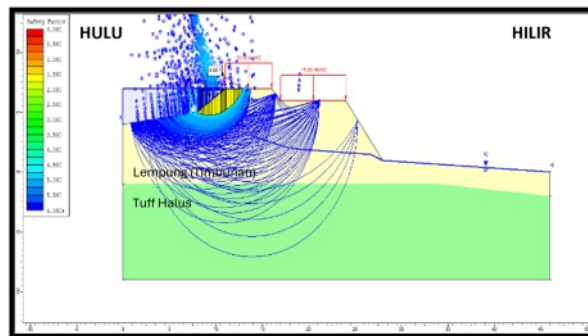
Gambar 10. Penampang eksisting Situ Babakan di lapangan.

Kestabilan Dinding Situ Babakan (Bagian Hulu)

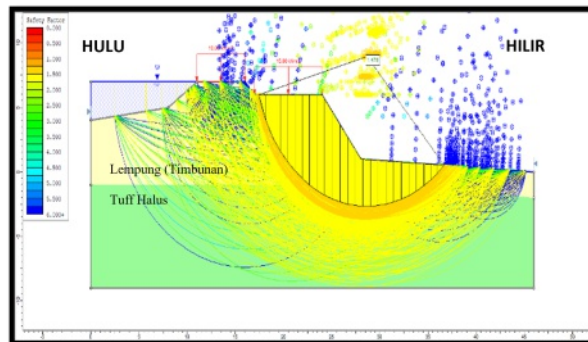
Apabila dilihat dari hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan bahwa nilai FK (Faktor Keamanan) pada bagian hulu sebesar 4,887 (**Gambar 11**). Mengacu pada klasifikasi kestabilan lereng (Bowles, 1991) yang menyatakan bahwa apabila suatu lereng memiliki nilai faktor keamanan di atas nilai minimum yaitu $FK > 1.25$ termasuk ke dalam kelas stabil atau longsoran jarang terjadi.

Kestabilan Dinding Situ Babakan (Bagian Hilir)

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, didapatkan bahwa nilai FK (Faktor Keamanan) sebesar 1,470 (**Gambar 12**). Mengacu pada klasifikasi kestabilan lereng (Bowless, 1991) yang menyatakan bahwa apabila suatu lereng memiliki nilai faktor keamanan di atas nilai minimum yaitu $FK > 1.25$ termasuk ke dalam kelas stabil atau longsoran jarang terjadi.



Gambar 11. Model FK pada bagian hulu.



Gambar 12. Model FK pada bagian hilir.

Kondisi OBE (*Operating Based Earthquake*)

Pada kondisi ini, dapat diamati bahwa pada lereng di bagian hulu dan hilir dari Situ Babakan masing-masing memiliki nilai FK sebesar 4.082 (Hulu) dan nilai FK sebesar 1.470 (Hilir). Nilai minimum faktor keamanan untuk kondisi OBE (*Operating Based Earthquake*) yaitu sebesar $FK > 1.25$, sehingga lereng di bagian hulu dan hilir dapat dikatakan aman atau stabil (**Gambar 13**).

Kondisi MDE (*Maximum Design Earthquake*)

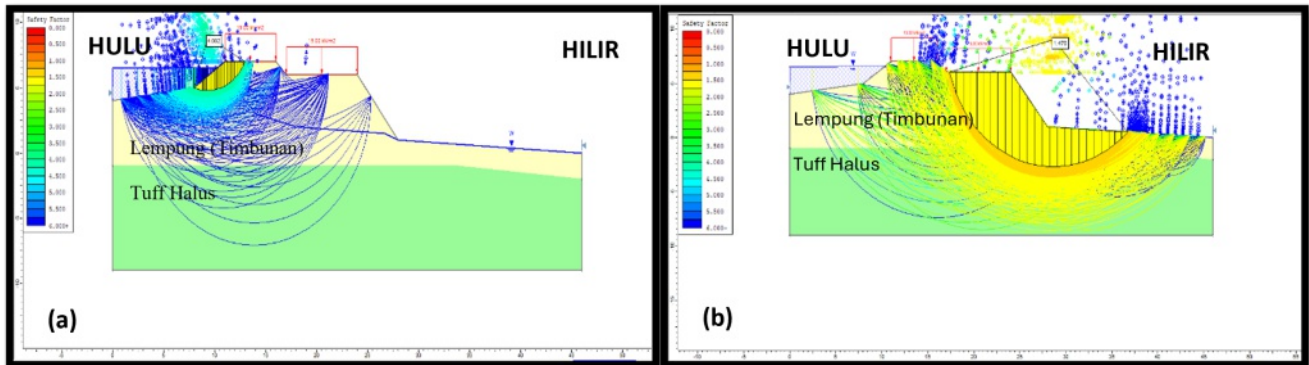
Pada kondisi ini, dapat diamati bahwa pada lereng di bagian hulu dan hilir dari Situ Babakan masing-masing memiliki nilai FK sebesar 2.733 (Hulu) dan nilai FK sebesar 1.211 (Hilir). Nilai minimum faktor keamanan untuk kondisi MDE (*Maximum Design Earthquake*) yaitu sebesar $FK > 1.25$, sehingga lereng di bagian hulu dapat dikatakan aman atau stabil, sedangkan lereng bagian hilir cenderung rentan terjadi longsor (**Gambar 14**).

HASIL ANALISIS REMBESAN

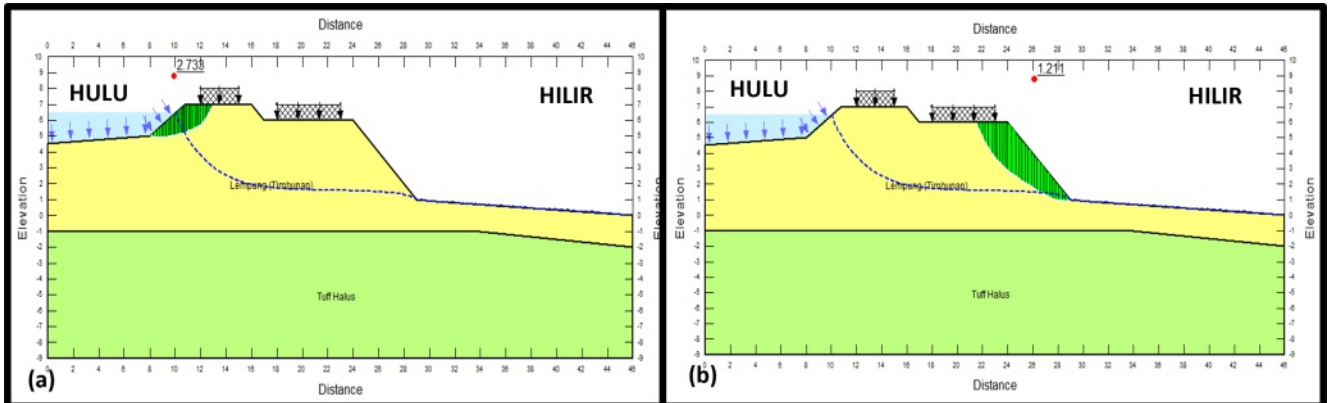
Berdasarkan dari hasil analisis rembesan Situ Babakan, didapat angka rembesan dengan nilai faktor keamanan sebesar 3.25 di mana batas minimum untuk nilai faktor keamanan yaitu sebesar 4, sehingga dapat dikatakan tidak aman dan memiliki potensi untuk mengalami rembesan. Didapatkan juga bahwa nilai gradien hidraulik (i_{exit}) sebesar 0,4 dengan nilai $FK = 1,3/0,4$. Debit air yang terdapat pada rembesan adalah sebesar $1,638 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{det}$. Dari hasil analisis rembesan didapat bahwa Situ Babakan tidak aman terhadap erosi buluh, sehingga perlu dilakukan penanganan lebih lanjut (**Gambar 15**).

REKOMENDASI

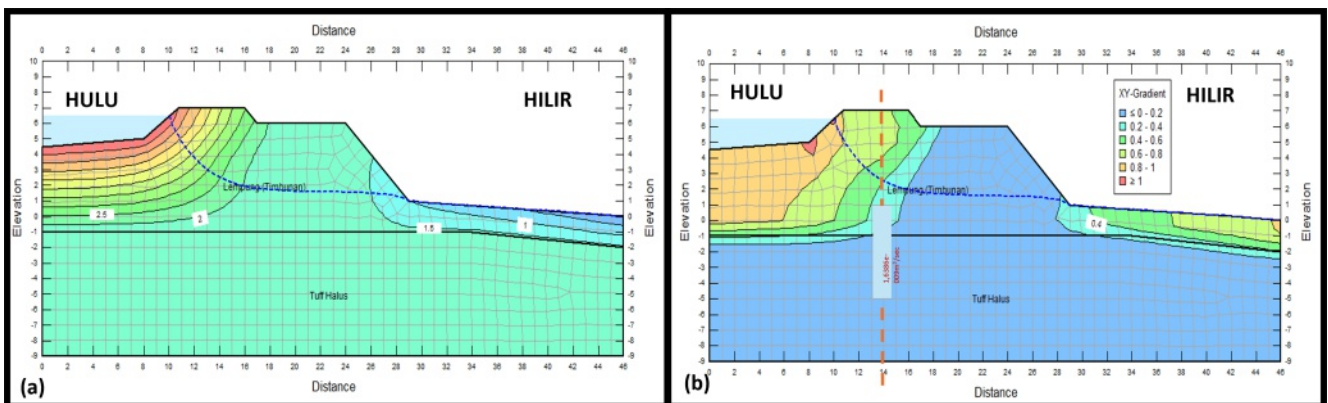
Untuk mengatasi kemungkinan rembesan yang terjadi, direkomendasikan pemasangan toe drain di lereng bagian hilir yang berupa batu bronjong. Batu bronjong dipasang dengan tinggi 1,5 meter dan lebar 1,5 meter dengan permeabilitas 0,00001 m/s. Dengan adanya toe drain, garis freatik air turun ke bawah kaki bendungan. Dengan pemasangan toe drain didapatkan FK untuk rembesan sebesar 6,5 dan juga $i_{exit} = 0,2$. Berikut adalah ilustrasi pemasangan toe drain pada lereng hilir Situ Babakan (**Gambar 16**).



Gambar 13. Model FK dalam kondisi OBE pada bagian (a) hulu dan (b) hilir.



Gambar 14. Model FK dalam kondisi MDE pada bagian (a) hulu dengan FK 2,733 dan (b) hilir dengan FK 1,211.



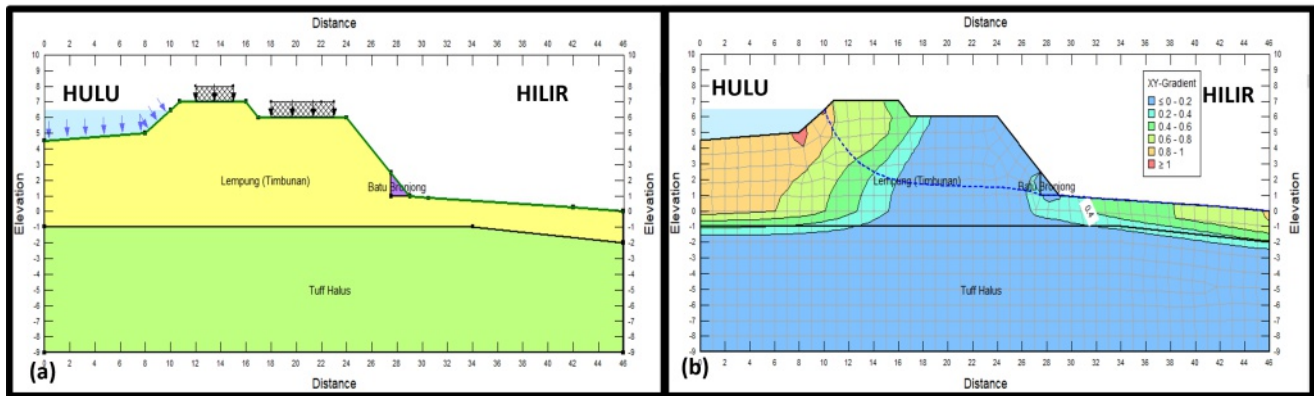
Gambar 15. Model rembesan dinding Situ Babakan menunjukkan kontur gradien (a) kontur *total head* Situ Babakan dan (b) Kontur gradien Situ Babakan.

RENCANA TINDAK DARURAT

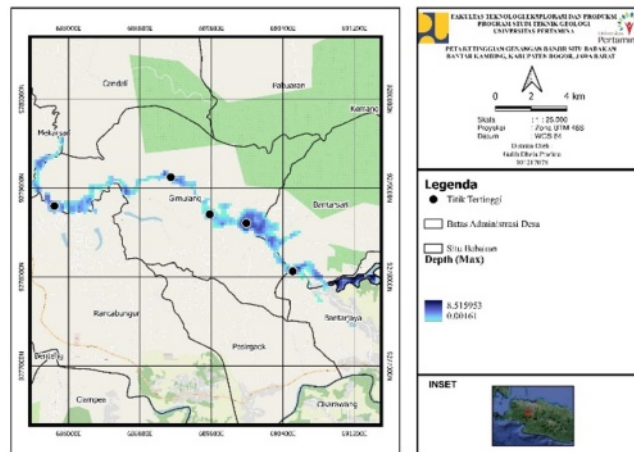
Ketinggian banjir akibat runtuhnya tanggul yang berlokasi di Situ Babakan bagian hilir memiliki ketinggian berkisar antara 0 – 8.5m. Apabila dilihat dari grafik ketinggian banjir, terdapat suatu desa yang terkena genangan banjir maksimum yaitu bernama Desa Bantarsari perbatasan dengan Desa Gimulang yang mengalir melalui alur sungai di sekitar area Situ Babakan (**Gambar 17**).

Grafik pada **Gambar 18** adalah penampang melintang yang dimulai dari Desa Bantarjaya yang berjarak 100 meter dari Situ Babakan memiliki kedalaman banjir sebesar kurang lebih 1.4 m – 4.8 meter dengan kecepatan 1.223 m/s. Adapun untuk Desa Bantarsari dengan jarak sekitar 500-1300 meter, kedalaman 1.2 – 6.4 m dengan kecepatan 0.6 m/s, sedangkan Desa Gimulang berjarak 1500-5000 meter dari Situ Babakan, kedalaman 1.8 – 6.4 m dengan kecepatan 2.154 m/s. Asumsi datum

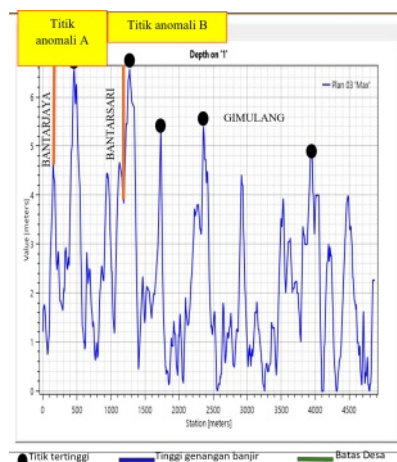
sungai ialah bernilai 0 di mana ketinggian genangan banjir ini diukur dari datum sungai, sehingga memberikan elevasi kedalaman yang berbeda antara elevasi kedalaman alur sungai dengan elevasi kedalaman yang melalui pemukiman penduduk.



Gambar 16. Simulasi kondisi banjir Situ Babakan (a) penempatan *toe drain* dan (b) kontur gradient Situ Babakan Rekomendasi, $FK = 6,5$ yang menunjukkan kondisi aman ($FK > 4$).

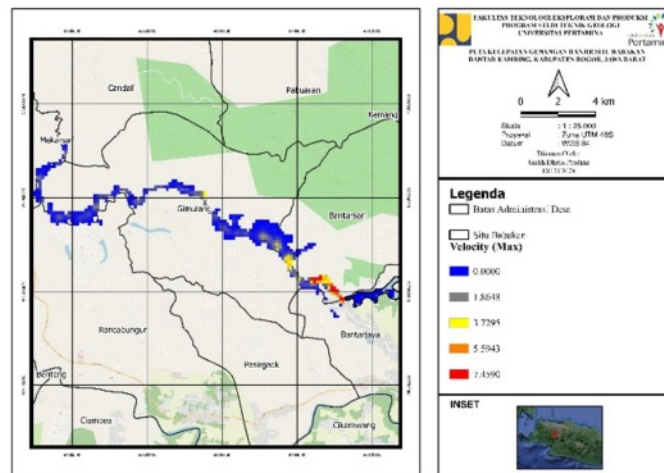


Gambar 17. Peta simulasi sebaran banjir Situ Babakan.



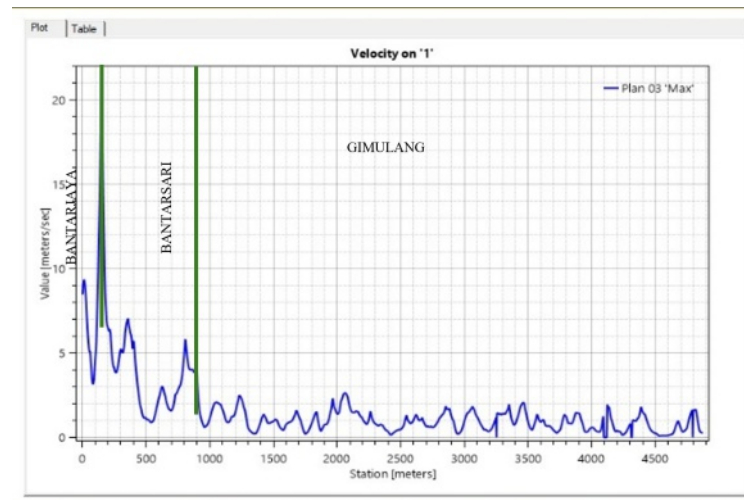
Gambar 18. Grafik ketinggian banjir berdasarkan penampang.

Kecepatan genangan dari hulu ke hilir mengalami kenaikan di awal, namun trendnya cenderung stabil (**Gambar 19**). Berdasarkan hasil simulasi kecepatan air saat terjadinya keruntuhan bendungan, kecepatan air berkisar antara 0.5-2.2 m/s. Grafik di bawah ini menunjukkan persebaran kecepatan aliran air dalam kondisi maksimum yang berada di titik garis profil 150 m yaitu di Desa Bantarjaya



Gambar 19. Peta simulasi kecepatan genangan banjir di Situ Babakan.

yang jaraknya berdekatan dengan tanggul Situ Babakan dengan kecepatan tertinggi yaitu 2.15 m/s yang diakibatkan oleh elevasi dan tekanan yang cukup tinggi sehingga menimbulkan kecepatan yang tinggi lalu seterusnya kecepatan aliran air cenderung stabil (**Gambar 20**).



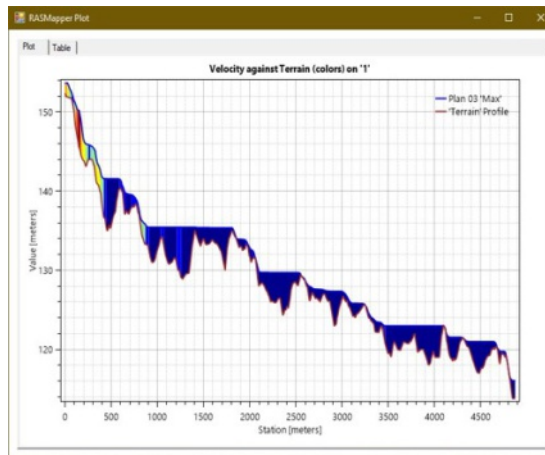
Gambar 20. Grafik kecepatan banjir Situ Babakan.

Berdasarkan gambar grafik kecepatan terhadap topografi di bawah ini (**Gambar 21**), menunjukkan pengaruh antara cepat lambatnya genangan banjir dengan topografi dari daerah Situ Babakan yang dilalui oleh genangan tersebut.

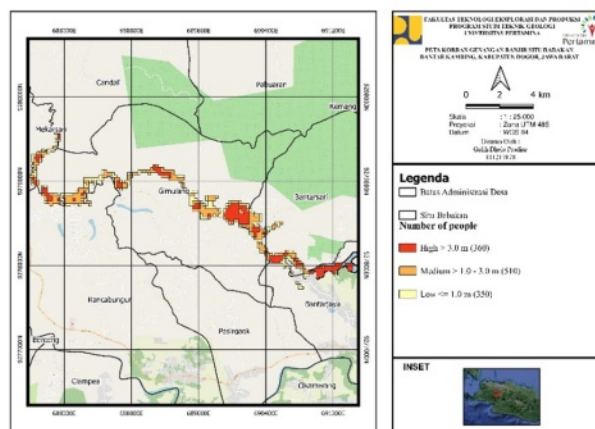
Daerah dengan kecepatan tinggi yaitu Desa Bantarjaya memiliki topografi cenderung terjal sehingga mengalami percepatan yang sangat cepat, setelah itu di Desa Bantarsari dan Desa Gimulang cenderung landai sehingga percepatan aliran air cenderung stabil (**Gambar 21**).

ANALISIS KERUGIAN

Berdasarkan hasil analisis Inasafe, banjir akibat keruntuhan tanggul Situ Babakan menimbulkan sejumlah kerugian pada tata guna lahan di Kecamatan Rancabungur Kabupaten Bogor, yaitu seluas 94.2 Ha yang meliputi perkebunan, lahan pertanian, dan permukiman warga dari tingkatan tertinggi, sedang, hingga terendah (**Gambar 22**). Tingkat kerusakan yang terbesar terjadi pada lahan pertanian atau sawah milik warga, mengingat bahwa mayoritas mata pencaharian warga sekitar Situ Babakan ialah bercocok tanam dan berkebun.

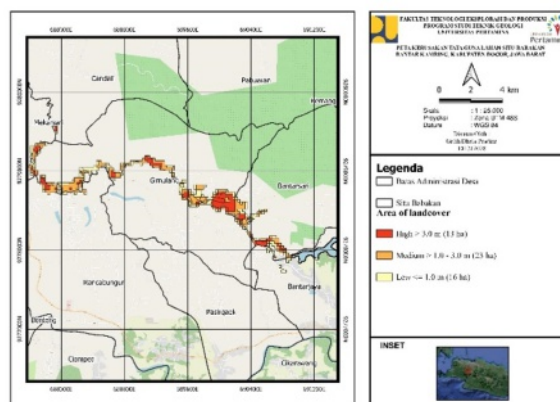


Gambar 21. Grafik kecepatan banjir terhadap topografi.



Gambar 22. Peta simulasi kerusakan tata guna lahan banjir Situ babakan.

Berdasarkan analisis Inasafe didapatkan hasil kalkulasi estimasi penduduk yang mengalami dampak dari keruntuhan tanggul bagian hilir Situ Babakan diperkirakan korban banjir yang terdampak ialah sebanyak 870 jiwa dengan estimasi jumlah penduduk yang terdampak tidak dipastikan dalam keadaan meninggal dunia (Gambar 23).



Gambar 23. Peta simulasi penduduk terdampak genangan banjir Situ Babakan.

Berikut merupakan hasil estimasi penduduk yang terdampak beserta kebutuhan minimum yang diperlukan atau dibutuhkan oleh masyarakat (Tabel 3 dan Tabel 4).

Tabel 3. Tabel estimasi korban terdampak banjir Situ Babakan.

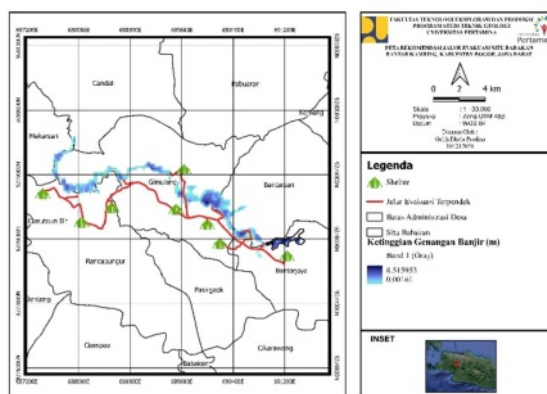
Keterangan		Total
Estimasi berdasarkan usia	Bayi	80
	Anak-Anak	150
	Remaja	230
	Dewasa	340
	Orang Tua	70
Estimasi berdasarkan Gender	Pria	440
	Wanita	430
Estimasi berdasarkan Age Vulnerability	<5	80
	>60	100
Estimasi berdasarkan Gender Vulnerability	Masa Subur	230
	Hamil	30
	Menyusui	30
Estimasi berdasarkan Disability Vulnerability	Disabilitas	130

Tabel 4. Tabel estimasi kebutuhan minimum pada kondisi banjir Situ Babakan.

Kebutuhan Minimum untuk Pengungsi						
Beras (kg)	Air Minum (liter/minggu)	Air Bersih (liter/minggu)	Kit Keluarga (unit/minggu)	Toilet (unit)	Tambahan beras (kg/minggu)	Alat Kebersihan (unit/minggu)
2.5	15.2	58	180	50	120	340

DAERAH EVAKUASI

Daerah evakuasi merupakan daerah yang direkomendasikan dan didesain khusus untuk jalur atau wilayah penyelamatan sebagai titik kumpul teraman bagi masyarakat atau penduduk dengan menghubungkan area-area yang aman. Titik evakuasi yang memenuhi syarat keselamatan dapat dilihat pada **Gambar 24**.

**Gambar 24.** Peta jalur evakuasi yang direkomendasikan.

RENCANA PENANGGULANGAN

Berdasarkan UU no. 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana terdapat aspek siaga bencana yang terbagi atas 3 (tiga) aspek yaitu prabencana, saat terjadi bencana, dan pascabencana. Tiga aspek tersebut meliputi penanggulangan struktural maupun non-struktural, kondisi di lapangan saat bencana, dan pemeriksaan infrastruktur yang ada. Bentuk penanggulangan lainnya adalah peta shelter atau titik lokasi pengungsian, pembuatan peta hazard, dan rekomendasi jalur evakuasi. Kebutuhan dasar diperlukan sebagai tahap awal pada rencana penanggulangan, yaitu :

1. Rencana kesiapsiagaan

Mengidentifikasi titik kumpul, menganalisis ancaman di wilayah sekitar, mencatat nomor kontak penting seperti nomor PLN, BPBD, ambulance, dan lain-lain.

2. Memiliki tas darurat

Tas darurat ini bisa berupa P3K seperti obat-obatan, air minum, masker, makanan ringan

serta dapat berupa uang, pakaian untuk 4 hari kedepan, alat bantu penerangan, peralatan mandi, dan surat maupun dokumen-dokumen penting yang dapat disimpan di wadah yang tahan air.

3. Selalu menyimak informasi terpercaya yang bersumber dari televisi, website resmi, sosial media resmi, radio, dan lain-lain.

Sedangkan untuk mitigasi struktural dilakukan untuk dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi dari segi infrastruktur Situ Babakan lebih dini agar dapat meminimalisir terjadinya bencana yang dapat mengakibatkan keruntuhan suatu bendungan, sehingga perlu dilakukan pemeriksaan dan perawatan rutin pada Situ Babakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari kondisi geologi dan geomorfologi, daerah Situ Babakan dan sekitarnya berada pada satuan kipas aluvium yang memiliki pola aliran sungai dendritik dengan kemiringan lereng yang cukup landai. Pada kedalaman muka air tanah di area Situ Babakan berada pada kisaran 2-4meter dengan arah aliran menuju barat, seta memiliki kualitas air tanah yang cenderung bagus apabila dilihat dari hasil pemeriksaan kimia. Namun, pada hasil pemeriksaan mikrobiologi menunjukkan beberapa cenderung sudah terkontaminasi oleh bakteri E.coli dan total coliform. Analisis dari geolistrik didapatkan penampang resistivitas yang dapat menunjukkan keberadaan material lempung sebagai akuifer bebas dengan kedalaman 8 meter (jenuh air), dan material tuf yang bertindak sebagai akuiklud di kedalaman 15 meter.

Simulasi keruntuhan bendungan yang terjadi di Situ Babakan berada dalam skenario overtopping dengan menggunakan desain debit rencana $\frac{1}{2}$ pmf berdasarkan data teknis hidrologi yang didapat dari instansi dengan output berupa genangan banjir 2D yang memiliki rentang kecepatan 0 – 2,2 m/s dengan ketinggian banjir 0 – 8,5 meter. Dari hasil perhitungan stabilitas lereng, didapat bahwa tanggul Situ Babakan telah memenuhi kriteria keamanan. Namun, untuk hasil analisis rembesan didapat bahwa Situ Babakan tidak aman terhadap erosi buluh sehingga perlu penanganan lebih lanjut.

Banjir yang diakibatkan oleh keruntuhan Situ Babakan dapat mengakibatkan 19.60 Ha kerusakan pada sektor perkebunan, 65.30 Ha sektor persawahan, dan 9.30 Ha permukiman dan sekitar 870 orang perlu dievakuasi dari 3 (tiga) desa yaitu Desa Bantarjaya, Desa Bantarsari, dan Desa Gimulang yang dilewati oleh banjir. Upaya penanganan dini yang dapat dilakukan oleh masyarakat adalah pelatihan mitigasi, mempersiapkan tas darurat serta mengetahui informasi-informasi penting terkait kondisi saat banjir terjadi. Untuk itu, perlu dilakukan pemasangan toe drain yang terbuat dari batu bronjong dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m dengan permeabilitas 0,00001 m/s di bagian hilir lereng untuk mengatasi kemungkinan rembesan yang terjadi.

REFERENSI

- Aryanto, D. E., (2018), Konservasi Air Tanah Berbasis Pemetaan Zona Potensial Resapan Air Di Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah, Universitas Diponegoro.
- Badan Geologi Kementerian ESDM. (2017), Peraturan Menteri ESDM No. 02 Tahun 2017 tentang Cekungan Air Tanah di Indonesia.
- Bowles, Joseph E. (1991), Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Erlangga, Jakarta.
- Effendi, A. C., & Kusnama & Hermanto, B. (1998). Peta Geologi Lembar Bogor. Jawa Skala, 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.

- Peraturan Kepala BNPB nomor 7 tahun 2008 (2008). <https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/24/peraturan-kepala/2008/perka-7-tahun-2008-tentang-tata-cara-pemberian-bantuan-pemenuhan-kebutuhan-dasar.pdf>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) nomor 27 tahun 2015 (2015). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/144525/permen-pupr-no-27prtm2015-tahun-2015>
- Telford, W.M., Geldart L.,P. (1990), Applied Geophysics 2nd Edition, Cambridge, Cambridge University
- Van Zuidam, R.A., (1985), Guide to Geomorphologic Aerial Photographys Interpretation and Mapping.