

Investigasi Potensi Embung Sebagai Infrastruktur Konservasi Sumber Daya Air Berkelanjutan di Kawasan UB Forest, Kabupaten Malang

Investigation of Small Dam Potential as A Sustainable Water Resources Conservation Infrastructure at UB Forest Region, Malang Regency

Anggara Wiyono Wit Saputra^{1*}, Very Dermawan¹, Runi Asmaranto¹, Emma Yuliani¹, Prasetyo Rubiantoro², Nabila Octaviariyadi¹, Azhar Adi Darmawan³

¹Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia
Alamat korespondensi: Jl. Veteran No.10-11, Kota Malang

email: anggara.wws@ub.ac.id

²Laboratorium Tanah dan Airtanah, Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang 65145, Indonesia
email: azharadidfts@umm.ac.id

Abstract

UB Forest is an education forest area under the University of Brawijaya management. As an education purposed forest, UB forest is a place for researching and developing water conservation facilities in the natural area. Embung (small dam) is a water conservation structure for collecting runoff, water supply, and tourism. In the design of the potential location of a small dam (embung), the condition of geotechnique, topography, and hydrology as important parameters need to be investigated. This research's methods were desk study, geotechnical and topography survey, including soil sample collection in the field and soil testing in the laboratory. Topographic surveying covered field measurement and resulted in map analysis and hydrology study including field and secondary data studies. This study results in potential reservoir water are 2235.98 m³, 4021.68 m³, and 9069.24 m³ for alternative location 1,2, and 3 respectively, and soil in the area are dominated by sandy soil with specific gravity between 2,1 and 2,6 gr/cm³, porosity 83-85%, cohesion 0,05 and 0,12 kg/cm², friction angle 28° dan 34°, and permeability 2,4 x 10⁻⁵ and 6,13 10⁻⁵ cm/sec. The abstract should be typed as concise as possible and should be composed of problem statement, purpose of the research, methods, the principal results and major conclusions. Abstract is written in one paragraph, no more than 200 words. (Times New Roman 10, single space, and italics).

Keywords: Water Infrastructure; UB Forest; Sustainable Water Resources Conservation

Abstrak

UB Forest adalah kawasan hutan pendidikan yang berada dibawah pengelolaan Universitas Brawijaya. Sebagai hutan pendidikan, UB Forest merupakan tempat untuk dapat meneliti dan mengembangkan sarana konservasi air di kawasan alam. Embung sebagai salah satu bangunan konservasi air, merupakan bangunan penyimpan air yang dapat berfungsi untuk menampung limpasan air hujan dan digunakan untuk penyediaan air serta pariwisata. Dalam perencanaan titik potensial embung, salah satu parameter penting yang penting untuk diinvestigasi adalah kondisi geoteknik, topografi, dan hidrologi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui desk study, survei geoteknik dan topografi, serta pengambilan sampel tanah dan pengujian di laboratorium. Sedangkan survei topografi meliputi pengukuran lapangan dan analisa melalui peta, dan hidrologi meliputi survei lapangan kondisi hidrologi serta desk studi melalui data-data sekunder. Hasil studi dan survei lapangan didapatkan tampungan air potensial pada lokasi alternatif 1,2, dan 3 adalah sebesar 2235.98 m³, 4021.68 m³, and 9069.24 m³, dan dari hasil investigasi geoteknik didapatkan lapisan tanah pasir mendominasi jenis tanah di lokasi studi dengan berat jenis berkisar antara 2,1 hingga 2,6 gr/cm³, porositas 83-85%, nilai kohesi 0,05 dan 0,12 kg/cm², sudut geser 28° dan 34°, dan permeabilitas 2,4 x 10⁻⁵ dan 6,13 10⁻⁵ cm/detik.

Please cite this article as:

Saputra, A. W. W., Dermawan, V., Asmaranto, R., Yuliani, E., Rubiantoro, P., Octaviariyadi, N., & Darmawan, A. A. (2022). Investigasi Potensi Embung Sebagai Infrastruktur Konservasi Sumber Daya Air Berkelanjutan di Kawasan UB Forest, Kabupaten Malang. *Media Teknik Sipil*, 20(2), 59–67.
<https://doi.org/10.22219/jmts.v20i2.35603>

Kata kunci: Infrastruktur Keairan; UB Forest; Konservasi Sumber Daya Air Berkelanjutan

PENDAHULUAN

Konservasi air adalah usaha untuk perlindungan sumber air dari pemanfaatan yang dapat mengakibatkan rusaknya keseimbangan ekosistem sumber daya air (Soenyoto, 2013), dan merupakan unsur penting dalam pengelolaan SDA yang berkelanjutan (Kustamar, 2013).

UB Forest merupakan area seluas 544,74 Ha berada di bagian hutan kepanjen yang terletak di area kerja Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus Hutan Pendidikan dan Pelatihan pada Kawasan Hutan Lindung dan Hutan Produksi Tetap (Sentanu & Kumalasari, 2021). Hutan produksi di kawasan KHDTK UB Forest terdiri dari tanaman pinus dan mahoni yang terletak di lereng Gunung Arjuna. Kawasan ini menjadi sarana pembelajaran langsung, dimana untuk program studi terkait dapat melakukan penelitian dan kegiatan belajar yang di tunjang dengan ruangan laboratorium lapang. Sebagaimana hutan pada umumnya yang mempunyai fungsi sebagai sistem perlindungan bagi keberlanjutan sistem tata air dan mengendalikan erosi (Ambayoen et al., 2021), UB Forest juga mempunyai fungsi konservasi yang perlu dijaga dan dipertahankan. Beberapa masalah terkait keberlanjutan konservasi ini juga terjadi pada kawasan UB Forest seperti mempertahankan sumber air yang ada serta masalah erosi yang terjadi pada sungai yang terdapat di dalam hutan akibat kemiringan sungai yang curam.

Untuk dapat menjaga fungsi konservasi tersebut, perlulah dikembangkan kawasan UB Forest sebagai lokasi konservasi sumber air sehingga perlu dikaji kemungkinan kawasan UB Forest untuk dapat dijadikan suatu lokasi bangunan untuk penyimpanan air, pemanenan air hujan (water harvesting) dan bangunan pengendali kestabilan sungai. Salah satu bangunan yang direncanakan adalah embung yang akan berfungsi sebagai penyimpan air dan juga check dam yang akan membantu menjaga kestabilan sungai dari erosi. Embung dapat berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air seperti penyiraman tanaman, air baku dan juga kebutuhan air bagi ternak (Harviyanti et al., 2020), serta menyerap air ke tanah (Kementerian Pertanian, 2018). Bangunan embung ini juga diharapkan dapat sebagai tempat konservasi air selain juga sebagai tempat tujuan pariwisata di dalam hutan pendidikan.

Embung konservasi ini akan berfungsi sebagai penangkap air hujan yang jatuh di kawasan hutan tersebut dan menjadikannya sebagai tampungan yang airnya dapat dimanfaatkan oleh kawasan sekitar.

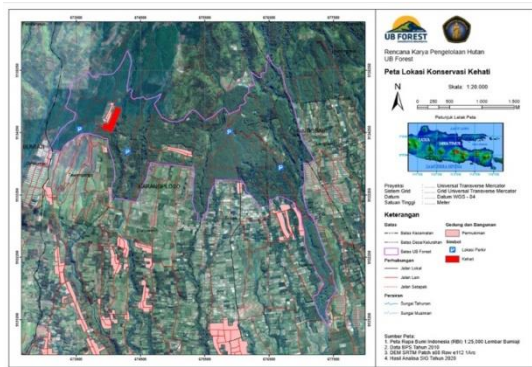
Embung adalah bangunan sederhana sebagai konservasi air berbentuk kolam/cekungan untuk menampung air limpasan (*run off*), mata air dan/atau sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian (Kementerian Pertanian, 2018). Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air (water harvesting) yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem. Untuk mengatasi kekeringan, maka salah satu strategi yang paling murah, cepat dan efektif serta hasilnya langsung terlihat adalah dengan memanen aliran permukaan dan air hujan di musim penghujan melalui pembangunan embung (BWS NT I, 2015).

Tujuan dari studi ini adalah melakukan analisa potensi embung di kawasan UB Forest berdasarkan kepada survei lapangan topografi dan geoteknik serta didukung dengan data primer dan sekunder sehingga dapat dievaluasi titik-titik potensial yang nantinya dapat dikembangkan sebagai lokasi konservasi air di kawasan UB Forest.

METODE PENELITIAN

Lokasi studi berada di Hutan Pendidikan KHDTK UB Forest sebagai hutan yang dijadikan untuk keperluan penelitian dan pengembangan multidisiplin di lingkungan UB. UB Forest sebagai Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) merupakan kawasan hutan yang dikelola oleh Universitas Brawijaya. Hak Kelola untuk kawasan ini telah diserahkan oleh Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan kepada Universitas Brawijaya melalui Surat Keputusan Nomor: 676/MenLHK-Setjen/2015 tentang Penetapan Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK), pada kawasan hutan lindung dan hutan produksi. Hutan Pendidikan Universitas Brawijaya berada di antara koordinat 7049,300' LS; 112034,378' BT hingga 7051,363' LS; 112036,526' BT yang berdasarkan informasi dari Perhutani terletak pada petak 81, 82, 83, 84, 85, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 101, dan 102 yang terletak di kaki lereng Gunung

Arjuna dengan meliputi empat desa yaitu: Desa Tawangargo, Desa Donowarih, Desa Bocek dan Desa Ngenep, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang dengan luas 544 ha. Lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi daerah studi

Daerah studi terletak di lereng gunung Arjuno yang berada pada kompleks gunung api Arjuno Welirang dengan tatanan tektonik jalur magmatik Jawa Bagian Selatan dengan susunan berupa batuan vulkanik Kuartar yang tersusun oleh batuan yang bersumber dari Gunung api Anjasmoro yang berumur Plistosen Awal), batuan berumur Plistosen Tengah dari Gunung api di Ringgit – Pundak - Butak, batuan Plitosen Akhir dari batuan Gunung api Arjuno – Welirang - Kembar I dan II, dan Gunung api Penanggungan (Holosen) (Utama et al., 2016). Kelongsoran pada lereng gunung Arjuno yang merupakan bagian dari gunung api Arjuno Welirang tergolongkan rendah sampai tinggi (Rachmansyah et al., 2021),

Survei Topografi

Pengukuran topografi di lapangan dilakukan dengan mengukur titik-titik koordinat dan elevasinya menggunakan alat Total Station tipe CX Series Compact X-Ellence merk Berikut ini beberapa Bahan-bahan yang dipersiapkan dalam pengukuran topografi dalam penelitian ini, antara lain : Peta satelit lokasi penelitian (sumber: Google Earth), Peta digital tutupan lahan (BIG), Peta digital topografi (BIG). Sedangkan peralatan pengukuran topografi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Total Station merk Sokkia tipe CX Series Compact X-Ellence, Prisma Reflektor merk Topcon, Roll meter, Payung, Tripod, Patok kayu, GPS merk Garmin tipe 66S. Untuk pemrosesan data hasil pengukuran hingga menjadi peta

topografi lokasi, perangkat lunak yang digunakan antara lain Perangkat lunak AutoCAD dan Microsoft Office 2019. Pengukuran topografi serta peralatan yang digunakan dalam penelitian ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Alat yang digunakan dalam survei topografi



Gambar 3. Pelaksanaan pengukuran topografi di lokasi potensi embung

Dari hasil analisa terhadap hasil pengukuran topografi di lapangan didapatkan koordinat dan ketinggian elevasi pada setiap titik pengukuran. Titik-titik ini selanjutnya akan diproses dengan menggunakan software AutoCAD Civil 3d 2022 sehingga didapatkan gambaran rupa bumi di daerah penelitian yang berupa peta kontur topografi. Peta kontur ini dibuat dengan interval 1 meter dan skala 1:1000 untuk dapat lebih menggambarkan secara detail kondisi yang ada di lokasi penelitian.

Investigasi Geoteknik

Pengambilan sampel tanah untuk analisis parameter mekanika tanah ini dilaksanakan pada beberapa titik di sepanjang alur sungai di lokasi penelitian (Tabel 2). Investigasi geoteknik dilakukan untuk mengumpulkan data primer di lapangan yang berkaitan dengan kondisi tanah dasar dan cadangan material yang tersedia untuk mendukung desain tubuh embung. Investigasi dalam

penelitian ini dilakukan antara lain di lokasi calon tubuh embung dan bangunan pelengkapannya, area cekungan tampungan waduk dan daerah di sekeliling alur sungai. Investigasi geoteknik tersebut mencakup survei lapangan dan pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap sampel tanah di laboratorium diuraikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Investigasi geoteknik yang dilakukan di lokasi penelitian

Uji Laboratorium	Parameter
- Physical test	
Specific gravity ASTM D 854	Berat jenis
Kadar air ASTM D 2116	porositas
Analisa gradasi ASTM D 422	Gradasi butiran
Analisa hidrometer ASTM D 421	Gradasi butiran lempung
- Mechanical test	
Permeabilitas ASTM D 3434	Permeabilitas
Direct shear ASTM D 3080	Kohesi, sudut geser

Tabel 2. Koordinat titik pengambilan sampel tanah di lokasi penelitian

Sampel Point	Koordinat	
	LS	BT
BM 6 Kr	7° 49' 27.1"	112° 34' 49.4"
BM 6 Kn	7° 49' 25.9"	112° 34' 51.2"
BM 6 Dsr	7° 49' 26.5"	112° 34' 50.0"
BM 9 Kr	7° 49' 26.8"	112° 34' 48.9"
BM 9 Kn	7° 49' 27.9"	112° 34' 49.6"
BM 9 Dsr	7° 49' 27.2"	112° 34' 50.2"
BM 8 Kr	7° 49' 25.5"	112° 34' 49.4"

Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan analisis awal dalam mendisain sebuah bangunan air. Analisa hidrologi yang dilakukan saat mendesain embung meliputi analisa hujan rancangan dan debit banjir rancangan (BWS NT I, 2015).

Pada Tabel 3. disajikan data curah hujan sejak bulan 2007 hingga 2021 diambil dari data hujan harian di stasiun hujan Ngungjung di Kabupaten Malang yang digunakan dalam analisa hidrologi.

Tabel 3. Curah hujan maksimum tahunan stasiun hujan ngungjung (2007-2021)

Tahun	Hujan maksimum harian (mm/hari)
2007	92
2008	89
2009	96
2010	78
2011	58
2012	91
2013	108
2014	91
2015	80
2016	60
2017	56
2018	85
2019	65
2020	90
2021	76

Curah hujan rencana diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana apabila data debit banjir dengan selang waktu pengamatan yang cukup panjang tidak tersedia. Untuk menentukan besarnya curah hujan rencana ini diperlukan data curah hujan harian maksimum wilayah. Besarnya curah hujan rencana dihitung dengan analisis probabilitas frekuensi curah hujan Metode Log Pearson Tipe III.

Fungsi distribusi kumulatif (CDF) dari distribusi Log Pearson dirumuskan:

$$\int f(x) = \int p0 \left(1 - \frac{x}{a}\right)^c e^{-cx/2} dx \dots\dots (1)$$

Dimana adalah μ_2 adalah varian dan $\Gamma(x)$ adalah fungsi gamma

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi log Pearson Tipe III meliputi nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi, dan koefisien.

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$Q_p = \frac{A.R_o}{3,6(0,3T_p+T_{0,3})} \dots\dots (2)$$

Dimana Q_p = debit puncak banjir (m^3/dtk), A = luas DAS (Km^2), R_o = hujan satuan (1 mm), T_p = selang waktu terakhir sampai puncak banjir (jam), $T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari debit puncak sampai menjadi 30 % dari debit puncak (jam).

$$\text{Aliran dasar sungai} = 0.4751 A^{0.644} D^{0.943} \dots(3)$$

Dimana D = kerapatan jaringan kuras (L/A), A = luas DAS (Km^2), L = panjang sungai (Km).

Bagian lengkung naik (*rising limb*) mengikuti persamaan berikut:

$$Q_a = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \dots\dots (4)$$

Dimana Q_a = limpasan sebelum mencapai puncak (m^3/dtk), T_p = selang waktu terakhir sampai puncak banjir (jam)

Bagian lengkung turun (*decreasing limb*) mengikuti persamaan berikut:

- $Q_d > 0,3Q_p$
 $Q_d = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right) \dots\dots (5)$

- $0,3Q_p > Q_d > 0,3^2 Q_p$
 $Q_d = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{(t-T_p) + (0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}} \right) \dots\dots (6)$

- $0,3^2 Q_p > Q_d$
 $Q_d = Q_p \cdot 0,3 \left(\frac{(t-T_p) + (0,5T_{0,3})}{2T_{0,3}} \right) \dots\dots (7)$

Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (T_p)

$$T_p = T_g + 0,8 T_r \dots\dots (8)$$

Untuk :

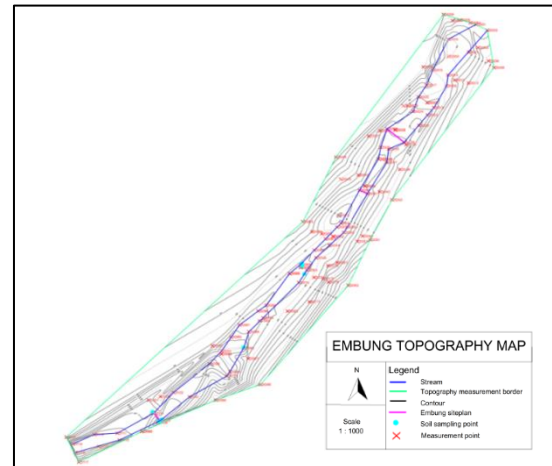
$L < 15 \text{ km}$ $t_g = 0,21 L^{0,7}$
 $L > 15 \text{ km}$ $t_g = 0,4 + 0,058 L$
 $T_r = 0,5 t_g$ sampai t_g (jam)
 $T_{0,3} = \alpha t_g$ (jam)

Nilai α (koefisien limpasan) (Soemarto, 1987) diklasifikasikan untuk daerah pengaliran biasa $\alpha = 2$; Untuk bagian naik hidrograf lambat dan bagian menurun yang cepat $\alpha = 1.5$; Untuk bagian naik hidrograf cepat dan bagian menurun yang lambat $\alpha = 3$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

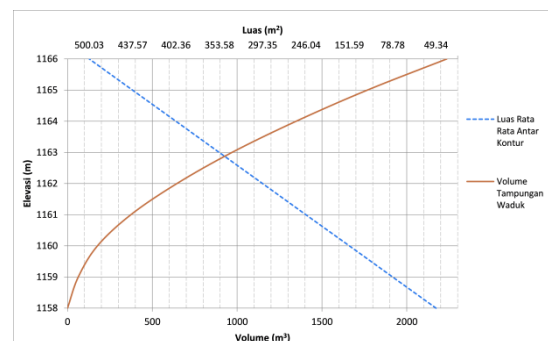
Pengukuran survei topografi di lapangan menunjukkan potensi volume serta luas tampungan yang nantinya akan didapatkan dari pembuatan embung. Volume tampungan akan menunjukkan besarnya kapasitas air yang dapat disimpan dan dimanfaatkan, sedangkan luas tampungan akan menunjukkan seberapa besar daerah yang akan menjadi genangan setelah adanya waduk. Hasil dari pengukuran topografi

berupa titik-titik pengukuran yang dipakai sebagai dasar pembuatan peta kontur topografi pada lokasi potensi calon embung. Peta topografi hasil pengukuran topografi dapat dilihat pada Gambar 4.

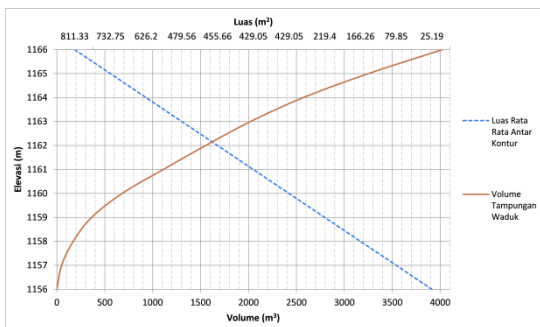


Gambar 4. Peta hasil pengukuran topografi di lokasi daerah penelitian

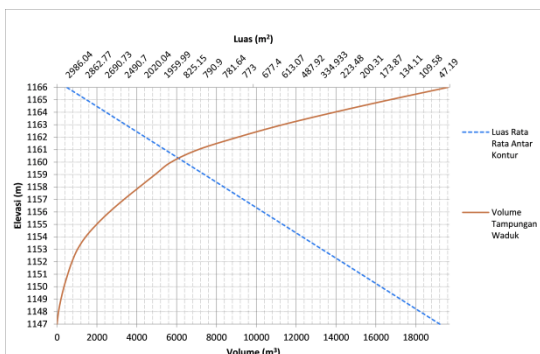
Potensi volume dan luas dari tiap-tiap lokasi potensi embung dianalisa dengan berdasarkan peta kontur hasil survei pengukuran. Dari hasil analisa diketahui seberapa besar potensi tampungan yang akan didapatkan dengan adanya pembuatan embung pada setiap lokasi alternatif tersebut. Kurva hubungan luas dan volume tampungan yang didapatkan dari analisis terhadap peta hasil pengukuran topografi pada tiap alternatif lokasi potensi embung dapat dilihat pada Gambar 5 hingga Gambar 7.



Gambar 5. Kurva hubungan luas dan volume pada lokasi potensi embung alternatif 1



Gambar 6. Kurva hubungan luas dan volume pada lokasi potensi embung alternatif 2



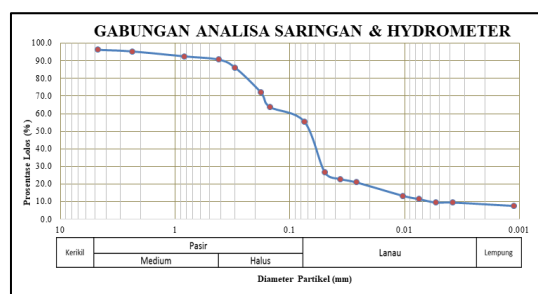
Gambar 7. Kurva hubungan luas dan volume pada lokasi potensi embung alternatif 3

Potensi tampungan yang didapatkan dari peta hasil pengukuran adalah sebesar volume tampungan sebesar 2235.98 m³, 4021.68 m³, dan 9069.240 m³ untuk lokasi alternatif 1, 2, dan 3. Dengan tampungan tersebut, maka luas tampungan air sebesar 500.03 m² untuk alternatif 1, 811.33 m² untuk alternatif 1, dan 2020.04 m² untuk alternatif embung di lokasi 3. Sebagai tampungan yang berfungsi sebagai konservasi air, tampungan embung yang tidak terlalu besar tersebut akan dapat membantu menyerap air ke tanah yang akan dapat menjaga keberlanjutan sumber-sumber air yang berada antara lain di Buk kembar dan Curah Banteng. Yang letaknya berada di daerah lokasi studi.

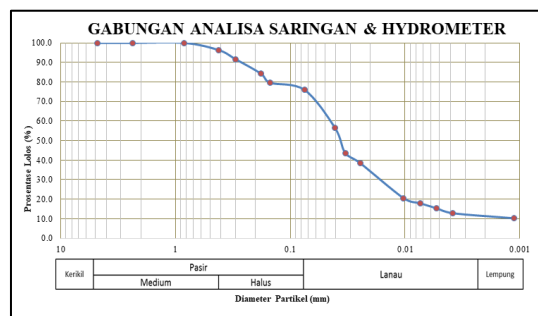
Bangunan utama embung berdasarkan hasil survei pengukuran, dapat dibuat dengan tinggi 8 m di lokasi 1, 10 m di lokasi 2 dan maksimal 15 m sesuai dengan batasan tinggi maksimum yang dipersyaratkan di lokasi 3. Ketinggian ini ditentukan berdasarkan kondisi lokasi di masing-masing lokasi alternatif. Tinggi genangan yang terjadi akibat adanya embung ini dibatasi hingga tinggi palung sungai, dan tidak menggenangi jalan-jalan akses serta perkebunan yang sudah dikelola yang berada di sisi kanan dan kiri dari alur sungai.

Investigasi tanah dilakukan untuk mendapatkan gambaran dari karakteristik tanah yang terdapat pada lokasi studi. Karakteristik tanah ini akan menentukan dalam perencanaan desain tubuh embung dan pelengkapannya. Selain itu juga, investigasi ini akan menjadi dasar dalam pemilihan tipe bangunan serta ketinggian yang direncanakan dengan memperhatikan aspek ketersediaan material dan kestabilannya.

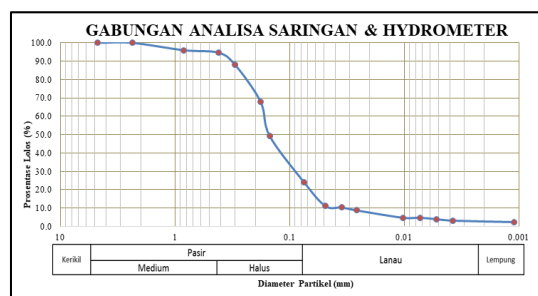
Gambar 8 hingga Gambar 15 menunjukkan parameter gradasi butiran tanah yang didapatkan dari hasil pengujian sampel tanah di laboratorium. Sampel tanah yang diujikan di laboratorium Tanah dan Airtanah diambil pada saat kondisi cuaca cerah di sepanjang sungai pada beberapa titik di daerah lokasi studi.



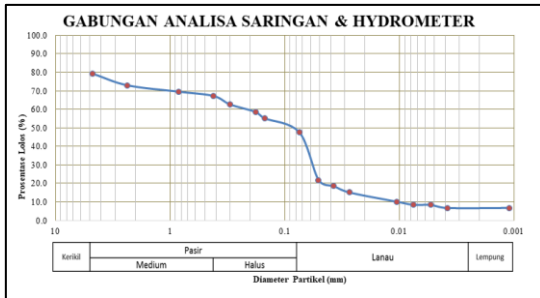
Gambar 8. Gradasi butiran tanah BM 6 kiri



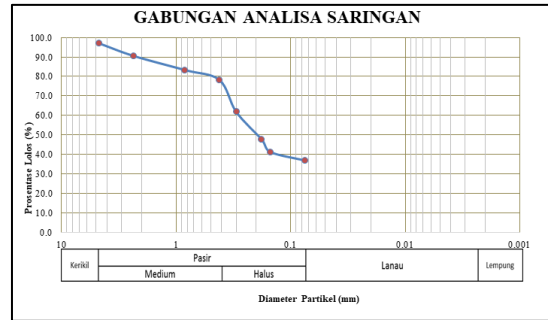
Gambar 9. Gradasi butiran tanah BM 6 kanan



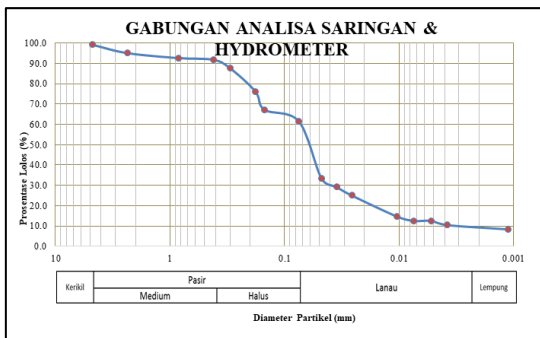
Gambar 10. Gradasi butiran tanah BM 6 dasar



Gambar 11. Gradasi butiran tanah BM 9 kiri

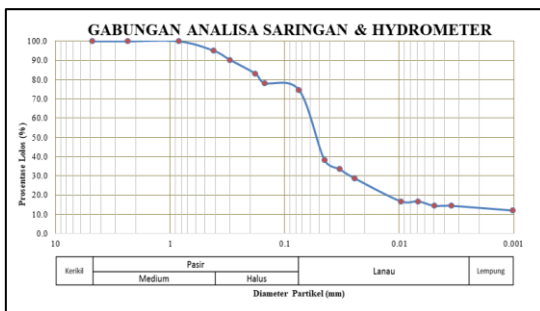


Gambar 15. Gradasi butiran tanah BM 8 kiri



Gambar 12. Gradasi butiran tanah BM 9 kanan

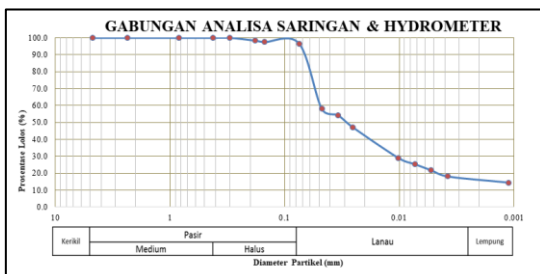
Hasil analisa gradasi butiran tanah di lokasi penelitian menunjukkan tanah di lokasi penelitian didominasi oleh prosentase butiran terbesar adalah lanau dengan berat jenis 2.1 hingga 2.6 gr/cm³. Permeabilitas pada sampel tanah di lokasi penelitian mempunyai nilai 10⁻⁵ dengan porositas antara 83% hingga 85%. Parameter mekanika tanah pada lokasi penelitian berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah yang diambil didapatkan nilai kohesi dan sudut geser yang mengindikasikan tanah di lokasi tersebut berjenis dominan lanau dan pasir.



Gambar 13. Gradasi butiran tanah BM 9 dasar



Gambar 16. Pengambilan sampel tanah di lokasi penelitian



Gambar 14. Gradasi butiran tanah BM 10 kiri

Tabel 4. Hasil uji laboratorium pada sampel tanah di lokasi embung

Lokasi	Rerata		Porositas (%)
	Berat Jenis (gr/cm ³)	Berat Isi (gr/cm ³)	
BM 6 Kn	2.450	-	85.438
BM 6 Kr	2.388	-	83.895
BM 6 Dsr	2.532	-	84.809
BM 8 Kr	-	1.273	-
BM 9 Kn	2.440	0.983	85.287
BM 9 Kr	2.316	1.128	83.390
BM 9 Dsr	2.657	0.940	85.525
BM 10 Kr	2.143	0.838	83.246

Tabel 5. Hasil uji laboratorium pada sampel tanah di lokasi embung

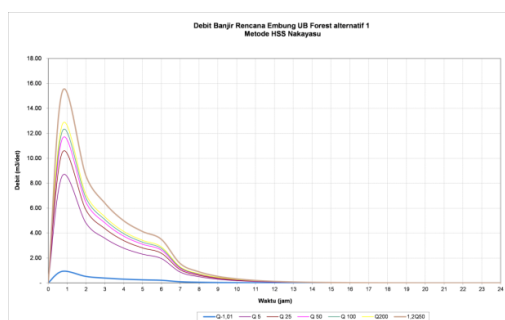
Lokasi	Kohesi C (kg/cm ²)	Sudut Geser φ (°)	Permeabilitas K (cm/detik)
BM 6 Kr	0.116	28.44	6.127 x 10 ⁻⁵
BM 9 Kr	0.058	34.24	2.411 x 10 ⁻⁵

Curah hujan rancangan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan data hujan yang didapatkan selama 15 tahun yang berasal dari pencatatan di stasiun hujan Ngunjung. Tabel 2 menguraikan hasil perhitungan analisa frekuensi curah hujan dengan metode Log Pearson tipe III.

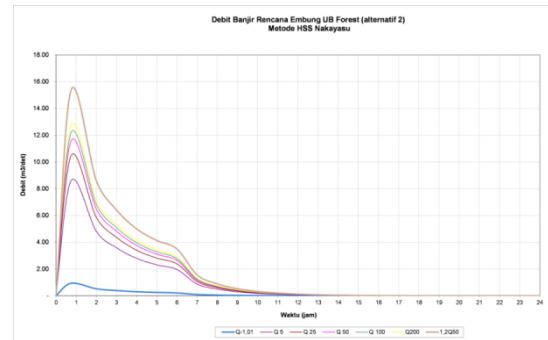
Tabel 6. Curah hujan rancangan metode Log Pearson tipe III

No	Hujan rancangan metode Log Pearson Type III	
	Kala Ulang	mm/hari
1	1.01	45.77
2	2	81.14
3	5	94.48
4	10	101.22
5	20	105.77
6	25	108.12
7	50	112.37
8	100	116.05
9	200	119.27
10	1000	125.52

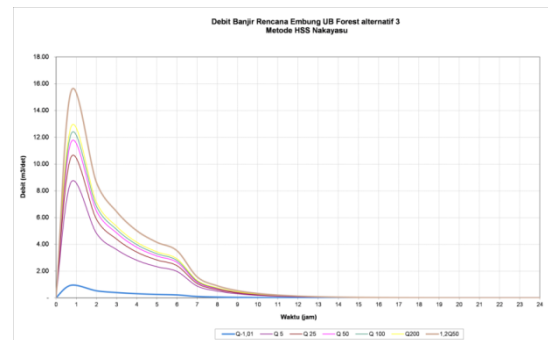
Besaran banjir rancangan untuk beberapa kala ulang didapatkan dari hasil analisa hidrograf satuan sintetis dengan metode HSS Nakayasu. Analisa dilakukan berdasarkan kondisi masing-masing DAS pada setiap alternatif lokasi embung dengan besaran curah hujan rancangan yang sama untuk semua lokasi alternatif. Resume hasil perhitungan hidrograf banjir untuk masing-masing lokasi alternatif dapat dilihat pada Gambar 16 hingga Gambar 18.



Gambar 17. Hidrograf debit banjir rencana pada lokasi embung alternatif 1



Gambar 18. Hidrograf debit banjir rencana pada lokasi embung alternatif 2



Gambar 19. Hidrograf debit banjir rencana pada lokasi embung alternatif 3

Desain embung akan sangat dipengaruhi oleh besarnya debit banjir rancangan yang terjadi pada lokasi alternatif. Debit banjir rancangan pada lokasi studi mempunyai nilai yang tidak jauh berbeda pada setiap lokasi alternatif embung. Besarnya debit banjir rencana dengan kala ulang 100 tahunan adalah sebesar 12,19 m³/det pada lokasi 1, dan 12,20 m³/det, dan 12,25 m³/det untuk lokasi embung alternatif 2, dan 3. Lokasi titik alternatif yang tidak terlalu jauh, serta luas DAS yang tidak berbeda jauh menyebabkan debit banjir rancangan yang hampir sama besarnya.

KESIMPULAN

Luas DAS embung berdasarkan hasil perhitungan pada peta hasil survei topografi adalah sebesar 1,817 km², 1,819 km², dan 1,827 km² untuk alternatif 1, 2, dan 3 dengan penggunaan lahan di daerah lokasi calon embung didominasi oleh ladang dan perkebunan dengan sebagian kecil daerah permukiman. Potensi lokasi embung yang didapatkan dari survei topografi pada setiap titik alternatif adalah pada alternatif lokasi 1 dengan tinggi 8 m didapat volume tampungan sebesar 2235.98 m³ dengan luas

tampungan 500.03 m², pada alternatif lokasi 2 dengan tinggi 10 m didapat volume tampungan sebesar 4021.68 m³ dengan luas tampungan 811.33 m², sedangkan pada alternatif lokasi 3 dengan tinggi maksimal 15 m didapat volume tampungan sebesar 9069.240 m³ dengan luas tampungan 2020.04 m². Dari hasil investigasi geoteknik didapatkan jenis tanah yang berada di lokasi penelitian calon embung didominasi oleh tanah berjenis pasir dengan berat jenis berkisar antara 2,1 hingga 2,6 gr/cm³, porositas 83-85%, nilai kohesi 0,05 dan 0,12 kg/cm², sudut geser 28° dan 34°, dan permeabilitas 2,4x10⁻⁵ dan 6,13x10⁻⁵ cm/detik. Berdasarkan analisa hidrologi yang telah dilakukan pada pengamatan data hujan harian selama tahun 2007 hingga 2021 didapatkan hujan harian maksimum tahunan maksimum berkisar antara 56 mm hingga 108 mm dengan hujan rancangan 100 tahun berdasarkan metode Log Pearson tipe III adalah sebesar 116,05 mm. Debit banjir rencana yang dihitung dengan menggunakan HSS Nakayasu didapatkan besarnya debit banjir 100 tahunan adalah sebesar 12,19 m³/det, 12,20 m³/det, dan 12,25 m³/det untuk lokasi embung alternatif 1, 2, dan 3.

ACKNOWLEDGEMENT

Tim penulis mengucapkan terimakasih kepada Badan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (BPPM) Fakultas Teknik Universitas Brawijaya untuk dana penelitian yang telah diberikan untuk terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambayoen, M., Fibriantingtyas, A. & Riyanto, S. (2021). Persepsi Masyarakat Magersaren terhadap Kelestarian Hutan di UB Forest. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 5(2), 484–493.
<https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2021.05.02.17>
- BWS NT I. (2015). *Standar Perencanaan Teknis Bangunan Embung*.
- Han, C., Shen, W., Ji, X., Wang, Z., Ding, Q., Xu, G., Lv, Z. & Tang, X. (2018). Behavior of high performance concrete pastes with different mineral admixtures in simulated seawater environment. *Construction and Building Materials*, 187, 426–438.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.07.196>
- Harviyanti, E., Abidin, Z. & Nofrizal. (2020). Konservasi Air Di Provinsi Kalimantan Utara (Studi Potensi Embung Di Kabupaten Bulungan). *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 22(1), 76–86.
<https://doi.org/10.35313/potensi.v22i1.1673>
- Kementerian Pertanian. (2018). *Pedoman teknis Pengembangan Embung Pertanian*.
- Kustamar. (2013). *Konservasi Sumber Daya Air*. CV. Dream Litera Buana.
- Rachmansyah, A., Baroto, A. & Rahmawati, I. M. P. (2021). Pemetaan Bahaya Longsor Dengan Metode Analytical Hierarchy Process di Arjuno Welirang, Jawa Timur. *Rekayasa Sipil*, 15(1), 69–77.
<https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipi.1.2021.015.01.10>
- Sentanu, I. G. E. P. S. & Kumalasari, K. (2021). Analisis Kepentingan Stakeholder dalam Pengelolaan UB Forest berbasis Hutan Pendidikan untuk Mendukung Keberlanjutan Sistem Agroforestri. *Likhitaprajna Jurnal Ilmiah*, 22(2), 122–132.
<https://doi.org/10.37303/likhitaprajna.v22i2.162>
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*.
- Soenyoto, S. (2013). Konservasi Dan Pelestarian Sumber Daya Air Di Indonesia. *BENTANG : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 1(1). <https://jurnal.unismabekasi.ac.id>
- Utama, H. W., Harijoko, A. & Husein, S. (2016). Studi Vulkanisme Dan Struktur Geologi Untuk Eksplorasi Awal Panas Bumi di Kompleks Gunung Api Arjuno Welirang. *SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-9, March 2017*, 83–92.