

Desain Embung Berbantu Komputer di Kali Sabi Kota Tangerang Banten

(Computer Aided Design for Water Retention in Kali Sabi Tangerang City Banten)

Moch Ridwan Widiansyah^{1*} dan Budi Indra Setiawan¹

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

* Penulis Korespondensi: dewan.widiansyah@gmail.com

Diterima: 28 Juni 2020

Disetujui: 15 September 2020

ABSTRACT

The problem of flooding in the city of Tangerang is a problem that requires further treatment. Improper management of water resources is one of the factors that cause flooding which results in losses for the community. The activity carried out as an effort to prevent floods is the creation of water retention. The purpose of this research is to know the flood discharge in Kali Sabi, know volume that must be accommodate, determine the capacity for water retention, produce an effective technical water retention design, and obtain an estimated cost of making the water retention. This research was conducted in April-July 2020 in Uwung Jaya Village, Tangerang City using topographic and rainfall data for 12 years. Rain distribution using the Log Pearson III. The results of the analysis revealed that the effective rainfall of the 5-year return period was 66.314 mm with a maximum flood discharge of 83.69 m³. Volume runoff that had to be overcome was 1084.64 m³. The effective storage capacity of the water retention is ± 1975 m³ with an area of ± 525 m², with construction materials, reinforced concrete with K-225 quality and 10 mm diameter reinforcement. Water retention has two steel sliding gates at the inlet and outlet. Construction of the water retention is estimated to cost Rp. 813,839,000.00.

Keywords: design, flood, rainfall, water retention.

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane merupakan salah satu sungai utama di Provinsi Banten dan Jawa Barat dengan sumber berada di Kabupaten Bogor tepatnya Gunung Salak – Pangrango dan mengalir ke Laut Jawa. DAS Cisadane memiliki daerah tangkapan seluas 1100 km² (Purnama, 2008). Salah satu anak Sungai Cisadane yang sering terjadi luapan yaitu Kali Sabi yang terletak di bagian barat Kota Tangerang. Topografi Kota Tangerang terletak pada ketinggian ± 15m diatas permukaan laut. Permasalahan banjir di Kota Tangerang sampai saat ini masih menjadi masalah yang masih membutuhkan penanganan lebih lanjut

dalam mengendalikannya. Pengelolaan sumberdaya air yang tidak tepat menjadi salah satu faktor yang menimbulkan banjir yang mengakibatkan kerugian bagi masyarakat baik dalam hal finansial maupun sosial.

Banjir merupakan masalah yang serius yang harus cepat di atasi, ada beberapa cara yang dapat dilakukan sebagai upaya pengendalian banjir diantaranya yaitu perencanaan embung resapan, normalisasi saluran, dan perubahan lahan pemukiman ke lahan tampungan hujan (Prasetya, 2015). Penanggulangan banjir merupakan upaya yang dapat dilakukan dalam mengembalikan kondisi sumber daya air seperti semula (Utami et al., 2015).

Salah satu kegiatan yang dapat dilakukan sebagai upaya pengendalian banjir yaitu pembuatan embung selain dapat mengatasi banjir juga dapat dijadikan pasokan air pada musim kemarau (Aprizal, 2015). Embung banyak dibangun sebagai salah satu solusi yang dapat dilakukan ketika permasalahan berhubungan dengan sumber daya air (Seroy et al., 2020). Pembuatan embung diperlukan sebagai penampungan air yang meluap dari Kali Sabi agar dapat menahan laju aliran air dalam waktu yang lebih lama sehingga diharapkan pembangunan embung ini dapat mengurangi banjir dan genangan disekitar Kali Sabi. Pembuatan embung menggunakan alat bantu komputer atau aplikasi dalam komputer guna mempermudah serta merekayasa suatu data menjadi sebuah desain. Perencanaan embung pada Kali Sabi untuk mengurangi limpasan yang terjadi dengan menggunakan data topografi sebagai penentuan calon lokasi embung

dan data curah hujan untuk menentukan debit limpasan yang terjadi.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui debit banjir pada Kali Sabi, mengetahui volume yang harus ditampung, menentukan kapasitas embung, menghasilkan rancangan teknis embung yang efektif, dan memperoleh perkiraan biaya pembuatan embung. Penelitian ini bermanfaat bagi pemerintah Kota Tangerang karena memberikan informasi mengenai rancangan desain teknis embung di Kali Sabi sebagai skenario perencanaan pembangunan kota dalam penanggulangan banjir.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada bulan April-Juli 2020. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Uwung Jaya, Kecamatan Cibodas, Kota Tangerang, Banten. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



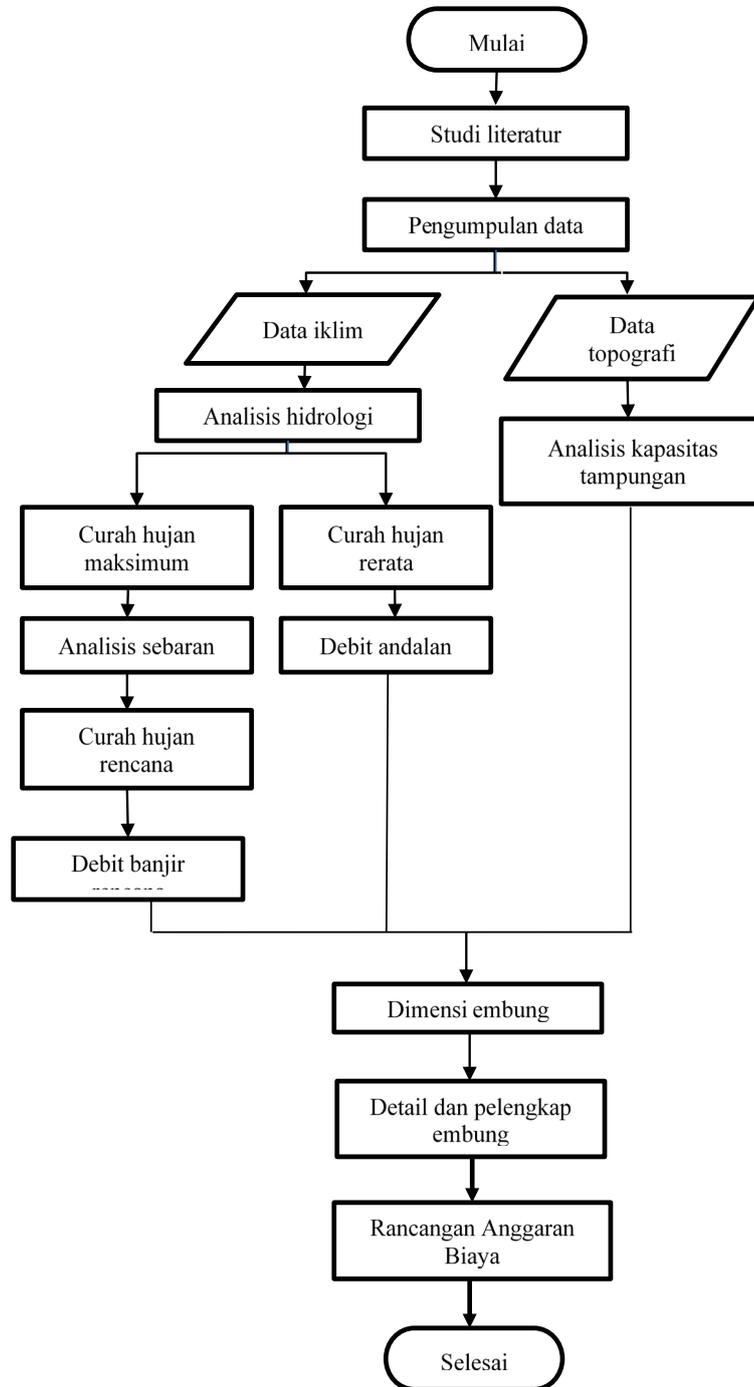
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder berupa kondisi topografi kawasan sekitar rencana embung, data iklim kawasan Kota Tangerang yang diperoleh dari stasiun

Klimatologi Tangerang, Pondok Betung, dan Pasar Baru, dengan periode 12 tahun (2006-2017) digunakan sebagai bahan dalam penelitian. Alat yang digunakan yaitu komputer yang telah dilengkapi

dengan *Microsoft Word* dan *Microsoft Excel* untuk pengolahan data dan penyusunan laporan hasil penelitian, serta *ArcGis*, *Google Earth*, dan

AutoCad untuk membuat peta serta desain embung. Tahapan penelitian digambarkan melalui bagan alir yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang dilakukan meliputi analisis curah hujan rencana, uji keselarasan distribusi sebaran, distribusi hujan jam-jaman, koefisien pengaliran, dan debit banjir rencana. Curah hujan rencana dapat dihitung dengan beberapa analisis frekuensi yaitu dengan metode distribusi Gumbel, Log Pearson Tipe III dan Log Normal.

Analisis distribusi Gumbel dapat dihitung menggunakan persamaan (1), metode Log Pearson Tipe III dapat dihitung menggunakan persamaan (2), dan metode Log Normal dapat dihitung menggunakan persamaan (3)

$$X_T = X + \frac{S}{S_n} (Y_T - Y_n) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- X_T = nilai variat yang diharapkan terjadi
- X = nilai rata-rata hitung variat
- S = standar deviasi
- Y_T = nilai reduksi variat dari variable yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu hubungan antara periode ulang T dengan YT
- Y_n = nilai rata-rata dari reduksi variat
- S_n = deviasi standar dari reduksi variat

$$Y_T = Y + k.S \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- Y_T = rata-rata hitung nilai Y
- Y = nilai logaritmik dari X atau $\log X$
- k = karakteristik distribusi peluang Log Pearson Tipe III
- S = standar deviasi nilai Y

$$X_T = X + k.S \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- X_T = nilai yang diharapkan akan terjadi pada periode ulang tertentu (mm)
- X = nilai rata-rata kejadian dari variable kontinyu X (mm)
- k = karakteristik distribusi peluang log normal 3 parameter yang merupakan fungsi dari koefisien kemencengan
- S = standar deviasi kontinyu X

Pengujian derajat kepercayaan distribusi bertujuan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi, kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi diharapkan sesuai dengan teoritis Pengujian dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu pengujian secara horizontal dengan metode smirnov-kolmogrof dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) dan pengujian vertikal dengan metode chi square dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5)

$$f^2 = \sum \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

- f^2 = harga chi square
- E_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- O_i = jumlah nilai teoritis sub kelompok ke-1

$$\alpha = \frac{P_{max}}{P(x)} - \frac{P(x)}{\Delta Cr} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- P_{max} = perbedaan maksimal
- $P(x)$ = jumlah perbedaan
- ΔCr = perbedaan kritis

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit banjir maksimum dari suatu sungai atau saluran yang besarnya didasarkan pada periode ulang tertentu. Debit ini dijadikan dasar dalam merencanakan suatu bangunan hidrolisis dengan tujuan agar bangunan yang direncanakan mampu menerima jumlah banjir yang kemungkinan terjadi pada periode ulang yang direncanakan (Suadnya et al., 2017). Perhitungan debit limpasan menggunakan metode rasional dengan menggunakan persamaan (8)

$$Q = 0.278 C I A \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- Q = debit limpasan (m³/det)
- C = koefisien pengaliran
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah aliran (km²)

Besarnya koefisien pengaliran untuk daerah disesuaikan dengan karakteristik daerah pengaliran yang dipengaruhi oleh tata guna lahan (*landuse*) yang terdapat dalam wilayah pengaliran tersebut. Debit yang dapat ditampung oleh sungai dapat menggunakan rumus manning dengan memperhatikan profil sungai. Perhitungan debit dapat dihitung menggunakan persamaan (9). Besarnya koefisien kekasaran manning dipengaruhi oleh jenis atau bahan dari saluran yang digunakan.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/det)
- S = kemiringan dasar saluran
- R = jari-jari hidraulik (m)
- A = luas penampang basah
- n = koefisien kekasaran manning

Kapasitas Tampungan Berdasarkan Topografi

Keadaan topografi akan menentukan daya tampung embung dalam menampung air yang nantinya menjadi volume embung efektif. Perhitungan kapasitas embung dengan menggunakan topografi yaitu menghitung luasan garis kontur dari tinggi muka air maksimum sampai dasar embung yang terbagi atas beberapa kontur (Agus & Sujatmoko, 2015). Perhitungan kapasitas tamping berdasarkan topografi dapat dilihat pada persamaan (10).

$$V_x = \frac{1}{3} Z (F_y + F_x + \sqrt{F_y F_x}) \dots (10)$$

Dimana:

- V_x = volume pada kontur X
- Z = beda tinggi antar kontur
- F_y = luas pada kontur y
- F_x = luas pada kontur x

Dimensi embung harus mampu menampung debit yang meluap berdasarkan volume yang telah dihitung dengan memperhatikan luasan yang tersedia. Detail dan pelengkap embung menghasilkan detail rancangan dari embung yang akan dibangun. Konstruksi dari embung harus mampu menahan serta menampung embung. Detail dari embung kemudian dihitung Rencana anggaran Biaya (RAB) pembangunannya sesuai dengan detail dan material yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rencana

Curah hujan diperoleh dari tiga stasiun klimatologi yaitu Stasiun Pasar Baru, Tangerang, dan Pondok Betung. Data curah hujan yang digunakan yaitu curah hujan harian maksimum selama 12

tahun yaitu dari tahun 2006-2017. Curah Hujan harian maksimum terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Curah Hujan Maksimum 12 Tahun

No.	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)			Rata-Rata
		Pasar Baru	Tangerang	Pondok Betung	
1	2006	58	98	79	79,60
2	2007	240	286	340	264,84
3	2008	88	96	209	92,32
4	2009	125	76	114	98,54
5	2010	107	98	109	102,14
6	2011	114	73	62	91,86
7	2012	78	101	80	90,42
8	2013	97	118	96	108,34
9	2014	66	122	120	96,24
10	2015	38	79	117	60,14
11	2016	65	79	97	72,56
12	2017	55	80	80	68,50

Curah hujan harian maksimum terbesar terjadi pada tahun 2007 sebesar 264,84 mm dan yang terkecil terjadi pada tahun 2015 sebesar 60,14 mm. Selanjutnya dilakukan analisis frekuensi terhadap data curah hujan tersebut, setelah ditentukan nilai curah hujan maksimum harian untuk tiap tahunnya

(Suripin, 2004). Nilai curah hujan harian maksimum digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan periode 2,5,10,25,50, dan 100 tahun dengan menggunakan empat jenis distribusi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III dan Gumbel. Hasil distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Curah Hujan Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)			
	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	102,125	94,498	81,646	94,708
5	146,844	128,854	110,347	156,071
10	170,268	151,580	146,086	196,693
25	189,433	173,124	219,101	248,035
50	211,260	201,415	302,531	286,117
100	226,167	223,348	421,602	323,919

Berdasarkan Tabel 2 distribusi yang diambil yaitu jenis distribusi Log Pearson III karena memenuhi syarat nilai koefien kemencengan (Cs) tidak sama dengan nol dengan nilai 3,004; dengan dilakukan pengujian keselarasan dengan menggunakan uji sebaran *Chi-square* dan uji sebaran Smirnov-Kolmogorov. Nilai yang didapat dari uji chi square yaitu nilai f_2 sebesar 15,50. Hasil uji chi square diperoleh nilai kritis (f_{2cr})

sebesar 7,185 dengan menggunakan derajat kebebasan yaitu 3 dan derajat kepercayaan 0,05. Uji chi square dapat digunakan apabila memenuhi syarat $f_2 < f_{2cr}$ nilai f_2 lebih besar dari pada f_{2cr} atau $15,50 > 7,185$; sehingga uji chi square tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan. Nilai D_{maks} yaitu sebesar 0,168 serta dengan menggunakan data derajat signifikan sebesar 0,05 dengan data sebanyak 12

buah maka didapatkan Dkritis sebesar 0,382. Syarat penentuan uji Smirnov-Kolmogorov yaitu $D_{maks} < D_{kritis}$ maka uji Smirnov-Kolmogorov dapat diterima dikarenakan $0,168 < 0,382$. Periode tahun semakin meningkat akan mengakibatkan curah hujan rencana juga

tinggi hal tersebut karena dipengaruhi peluang terjadinya hujan. Curah hujan efektif digunakan untuk menentukan hujan yang turun ke permukaan atau hujan yang telah mengalami evaporasi. Curah hujan efektif dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Curah Hujan Efektif

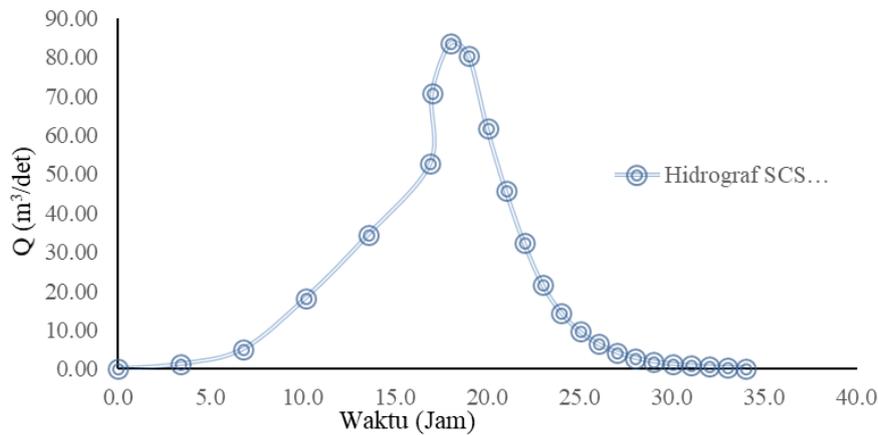
Kala Ulang (Tahun)	Probabilitas Hujan Rencana	C	Hujan Efektif
2	81,646	0,270	22,010
5	110,347	0,372	41,017
10	146,086	0,454	66,314
25	219,101	0,554	121,408
50	302,531	0,621	187,734
100	421,602	0,679	286,084

Curah hujan efektif yang digunakan untuk menghitung debit banjir yaitu dengan menggunakan periode 5 tahun dengan nilai curah hujan efektif yaitu 41,017 mm. Nilai C didasari oleh nilai probabilitas hujan rencana. Hujan efektif akan bernilai lebih kecil dibandingkan dengan curah hujan rencana karena adanya faktor pengaliran.

Debit Banjir

Limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit dan selokan-selokan yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Secara alamiah sebagian air hujan yang jatuh ke permukaan tanah

akan meresap ke dalam tanah dan selebihnya akan mengalir menjadi limpasan permukaan (Sari, 2011). Debit limpasan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantara lain luas Daerah Tangkapan Air (DTA), panjang saluran, kemiringan lahan, dan koefisien aliran. Luas DTA dari Kali Sabi yaitu 18.9 km² dengan panjang saluran pengaruh sepanjang 7,5 km dengan kemiringan rata-rata 0,01 dan koefisien aliran bernilai 80 dikarenakan bersifat tanah, dengan demikian debit limpasan yang terjadi untuk daerah Kali Sabi yaitu 2,326 m³/det. Debit limpasan digunakan untuk menghitung debit banjir yang terjadi di Kali Sabi, debit banjir maksimum yang terjadi yaitu sebesar 83,69 m³/det dapat dilihat pada Gambar 3.

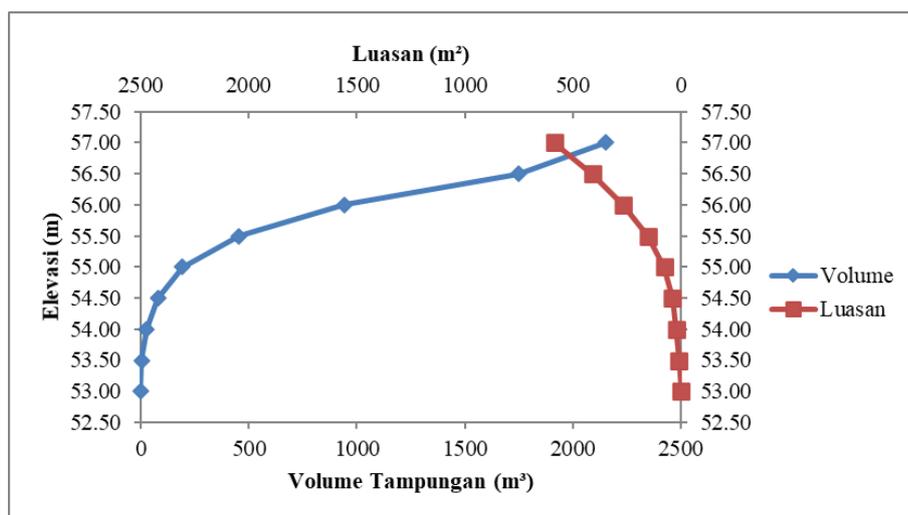


Gambar 3 Hasil Hidrograf SCS

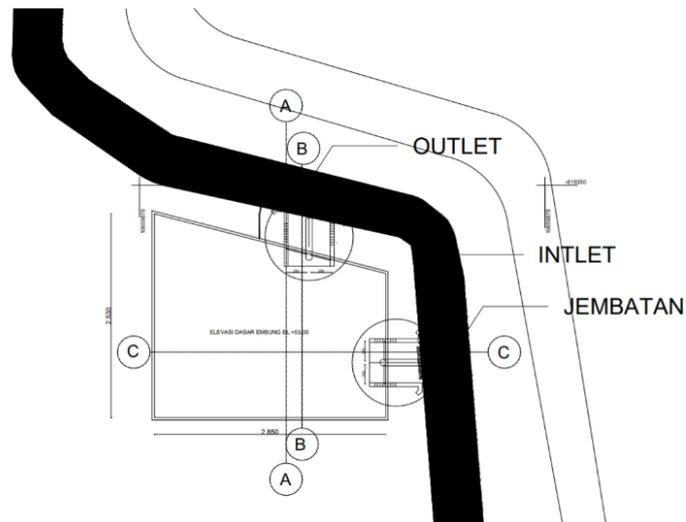
Kapasitas Tampungan dan Desain Teknis Embung

Kali Sabi merupakan sungai dengan lebar 6 meter dan kedalaman 2 meter dengan kondisi tersebut Kali Sabi hanya dapat menampung debit sebesar 25,868 m³/det yang mengakibatkan terjadinya banjir yang terjadi. Kapasitas embung harus dilihat dari kondisi topografi yang berpengaruh pada daya tampung embung dalam menampung air. luasan bidang sesuai garis kontur dikalikan dengan kedalaman air sesuai beda tinggi garis kontur. Kedalaman

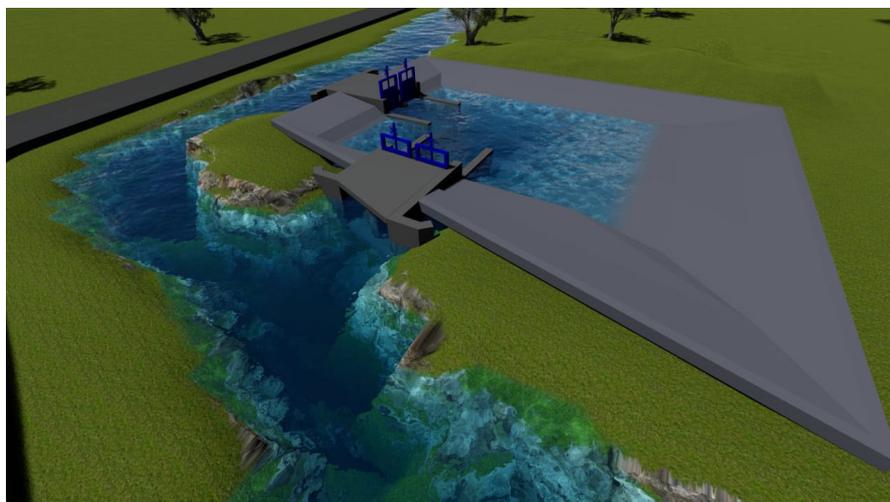
embung umumnya berkisar antara 2-4 m (Setiawan et al., 2016). Embung direncanakan memiliki bentuk *polygon* tidak beraturan dikarenakan mengikuti lahan yang tersedia serta berdasarkan topografi daerah sekitat embung. Embung direncanakan memiliki kedalaman 4 meter dengan elevasi 53,00-57,00 m dpl. Volume tampungan yang harus ditampung oleh embung sebesar 1084,64 m³. Volume tampungan efektif embung sebesar ±1975 m³ dengan luasan ±525 m² dan memiliki ketinggian ±56,75 m dpl dapat dilihat pada Gambar 4 serta rencana embung dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4 Grafik Hubungan Elevasi, Luasan dan Volume Tampungan



Gambar 5 Denah Lokasi Embung



Gambar 6 Tampak 3 Dimensi Embung

Berdasarkan Gambar 6, embung memiliki empat buah pintu air sorong baja dengan dua diletakan di *inlet* dan dua di *outlet* dengan ukuran bentang bebas 2500 mm x tinggi 1700 mm yang mampu melewati air dengan debit 9,81 m³/det. Embung direncanakan menggunakan beton bertulang dengan

mutu beton K-225 dan besi tulangan dengan diameter 10 mm. Pembangunan embung diperkirakan membutuhkan biaya Rp. 813.839.000,00 dengan dibagi empat bagian besar yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah, pekerjaan struktur, dan pembuatan pagar seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan Embung

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga Rp
1.	Persiapan	68.006.193,00
2.	Embung	492.676.218,16
3.	Struktur Pendukung	135.732.358,15
4.	Pagar Keliling	43.439.100,00
(A) Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk biaya umum dan keuntungan)		739.853.869,31
(B) Pajak Pertambahan Nilai (PPN) = 10% x (A)		73.985.386,93
(C) Jumlah Total Harga Pekerjaan = (A) + (B)		813.839.256,25
(D) Dibulatkan		813.839.000,00

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Debit banjir maksimum yang terjadi pada Kali Sabi yaitu sebesar 83,69 m³/det.
2. Volume limpasan yang harus ditampung oleh embung sebesar 1084,64 m³.
3. Embung direncanakan memiliki volume tampungan efektif sebesar ± 1975 m³, dengan luasan ± 525 m² serta dengan elevasi muka air ± 56,75 m dpl.
4. Material yang digunakan untuk pembangunan embung yaitu beton bertulang dengan mutu beton K-225 menggunakan tulangan *wiremesh* berdiameter 10 mm. Embung memiliki dua buah pintu air sorong baja pada *inlet* dan *outlet* dengan ukuran bentang bebas 2500 mm x Tinggi 1700 mm.
5. Pembangunan embung dengan perkerasan beton bertulang diperkirakan membutuhkan biaya sebesar Rp 813.839.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Purnama A. Pemetaan Kawasan Rawan Banjir di Daerah Aliran Sungai Cisadane menggunakan Sistem Informasi Geografis [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor. 2008.
- Prasetya AD. Perencanaan Embung pada Kali Kedungwaru guna Penganggulangan Banjir di Wilayah Kabupaten Tulungagung [skripsi]. Malang(ID): Institut Teknologi Nasional. 2015.
- Utami HA, Nalendra GS, Sriyani, Nugroho PP. Perencanaan Embung Somosari di Jepara. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 2015; 4(4): 529-537.
- Aprizal. Perencanaan Embung Tejomartani Desa Branti Raya Natar Lampung Selatan. *Jurnal Teknik Sipil UBL*. 2015; 6(1): 696-714.
- Seroy CA, Manoppo FJ, Rondonuwu SG. Analisa kestabilan bangunan embung nunuka 1. *Jurnal Sipil Statik*. 2020; 8(2): 205-220.
- Suadnya DP, Sumarauw JSF, Mananoma T. Analisis debit banjir dan tinggi muka air banjir sungai sario di titik kawasan citraland. *Jurnal Sipil Statik*. 2017; 5(3): 143-150.

- Andika SA, Mudjiatko, Bambang S.
Analisis Kapasitas Tampungan
Waduk Sungai Paku Kecamatan
Kampar Kiri Kabupaten Kampar.
JOM FTEKNIK. 2015; 2(2): 1-7.
- Suripin. *Sistem Drainase yang
Berkelanjutan*. Yogyakarta(ID):
Andi Offset. 2004.
- Sari S. Studi limpasan permukaan
spasial akibat perubahan
penggunaan lahan (menggunakan
model KINEROS). *Jurnal Teknik
Pengairan*. 2011; 2(2): 1-13.
- Setiawan BI, Wirasembada YC,
Kuswanda WP, Jannati SL,
Andayani A.. *Penentuan Lokasi,
Rancangan dan Pembuatan
Embung Pertanian; Upaya
Menghadirkan Solusi Permanen*.
Bogor (ID): Balai Besar Penelitian
dan Pengembangan Sumberdaya
Lahan Pertanian, Badan Penelitian
dan Pengembangan Pertanian.
2016.

