

LAPORAN PENELITIAN

PERANCANGAN TANGGUL SUNGAI CBL (CIKARANG BEKASI LAUT) UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI DESA MUARA BAKTI , KECAMATAN BABELAN, KABUPATEN BEKASI



TIM PELAKSANA :

1. Ir . Setiadi, M.T NIDN 0323115901 (Ketua / Dosen)
2. Fahmia Hervianti NPM 18273115720 (Mahasiswa)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO
JAKARTA
TAHUN 2020**



YAYASAN BUDI UTOMO
INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO
(ITBU)

Jalan Raya Mawar Merah No. 23, Pondok Kopi, Jakarta Timur
Telp.8611849 – 8511850 Fax. 8613627

Bank : CIMB Niaga

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN

- A. Judul Kegiatan : PERANCANGAN TANGGUL SUNGAI CBL
(CIKARANG BEKASI LAUT) UNTUK PENGENDALIAN
BANJIR DI DESA MUARA BAKTI, KECAMATAN BABELAN,
KABUPATEN BEKASI
1. Program : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
2. Ketua Pelaksana :
Nama : Ir . Setiadi, M.T
NIDN : 0323115901
Program Studi : Teknik Sipil
3. Anggota :
1) Nama : Fahmia Hervianti
NPM : 18273115720
Program Studi : Teknik Sipil
Lokasi : Bekasi
4. Lama Pelaksanaan : 6 (bulan)
5. Tanggal/Tahun : Maret s/d Agustus 2020
6. Biaya : Rp 3.500.000,-

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknologi Industri



(Dr. Suryadi, S.T., M.T.)

NIDN : 0302046907

Jakarta, Agustus 2020
Menyetujui,
Kepala LPPM,



(Sigit Wibisono, S.T., M.T.)

NIDN : 0314116301



YAYASAN BUDI UTOMO
INSTITUT TEKNOLOGI BUDI UTOMO
(ITBU)

Jalan Raya Mawar Merah No. 23, Pondok Kopi, Jakarta Timur
Telp.8611849 – 8511850 Fax. 8613627

Bank : CIMB Niaga

Kepada
Yth. **Kepala LPPM ITBU**
Di Jakarta

Dengan hormat,
Dalam rangka memenuhi kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi, maka bersama ini kami mengajukan proposal penelitian untuk Semester Genap TA. 2019-2020:

- a. Judul : PERANCANGAN TANGGUL SUNGAI CBL
(CIKARANG BEKASI LAUT) UNTUK PENGENDALIAN
BANJIR DI DESA MUARA BAKTI,
KECAMATAN BABELAN, KABUPATEN BEKASI
- b. Tim Peneliti :
1. Ketua
Nama : Ir . Setiadi, M.T
NIDN : 0323115901
Prodi : Teknik Sipil
 2. Anggota
Nama : Fahmia Hervianti
NPM : 18273115720
Prodi : Teknik Sipil
- c. Lokasi : Bekasi
- d. Lama Pelaksanaan : 6 (bulan)
- e. Tanggal/Tahun : Maret s/d Agustus 2020
Biaya : Rp 3.500.000,-

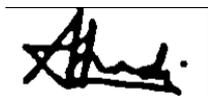
Demikian surat ini kami sampaikan, atas perhatian dan bantuannya, kami ucapkan terima kasih.

Menyetujui,
Kaprodik Teknik Sipil



(Udien Yulianto, S.T, M.Tech)
NIDN: 0310077002

Jakarta, Maret 2020
Yang mengajukan,



(Ir . Setiadi, M.T)
NIDN: 0323115901

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Alloh SWT, yang telah melimpahkan rahmat & karuniaNya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini Bersama dengan mahasiswa Teknik sipil Institut Teknologi Budi Utomo.

Dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari kekurangan. Oleh karena itu sangat diharapkan sekali kritik & saran yang sifatnya membangun untuk menciptakan laporan ini lebih baik lagi, semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Jakarta, Agustus 2020

Peneliti

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	i
Surat Pengajuan Penelitian	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	v
Daftar Gambar	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	2
BAB III METODE PENELITIAN	5
BAB IV HASIL PEMBAHASAN.....	7
BAB V PENUTUP	11
DAFTAR PUSTAKA	12

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Sungai-Sungai di DAS Bekasi)	7
Tabel 4.2 Elevasi Tanggul Turap Beton per Periode ulang	10

DAFTAR GAMBAR

Gambarl 2.1 Sketsa Daerah Aliran Sungai (DAS).....	2
Gambar 4.1 Pot. A-A Potongan Tanggul Turap Beton Kiri per Periode Ulang	10

BAB I

PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai (DAS) secara umum merupakan suatu ekosistem dimana terjadi suatu proses interaksi antara faktor-faktor biotik, nonbiotik, dan manusia. Maka dari itu setiap ada masukan (*input*), proses yang terjadi dapat dievaluasi berdasarkan keluaran (*output*) dari ekosistem tersebut. Komponen masukan dapat berupa curah hujan, sebagai prosesor dalam bentuk vegetasi tanah dan saluran/sungai. Sedangkan sebagai keluaran, dalam bentuk debit air dan sedimen (Suripin, 2004)¹

Sungai CBL (Cikarang Bekasi Laut) merupakan sumber air untuk sebagian besar penduduk kabupaten Bekasi. Sungai ini merupakan pertemuan antara Kali Bekasi dan Kali Cikarang. Tidak hanya itu, beberapa anak sungai seperti Kali Jambe, Kali Baru, Kali Srengseng, dan Kali Bojongkoneng juga bermuara di sungai CBL. Fungsi sungai CBL yang menjadi *long storage* kebutuhan air sehari-hari bagi penduduk dan kegiatan industri perekonomian di Kabupaten Bekasi, nyatanya memberi efek lain. Kapasitas sungai CBL tidak mampu menampung debit air hujan maksimum dan membuat muka air sungai meluap menggenangi pemukiman penduduk, sehingga menimbulkan banjir.

Banjir yang hampir setiap tahun terjadi akibat meluapnya sungai CBL ini menyebabkan kerugian kepada penduduk yang tinggal di sekitarnya, salah satunya Desa Muarabakti, Kec. Babelan, Kab. Bekasi. Lokasi Desa Muarabakti yang berada di dataran rendah dan hampir rata dengan elevasi permukaan air laut mendukung wilayah tersebut menjadi dataran banjir. Sedimentasi lumpur di dasar sungai CBL yang secara alami terendap semakin menurunkan kapasitas sungai tersebut.

Berkaitan dengan upaya untuk mengendalikan masalah banjir, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah usaha pembangunan tanggul untuk menanggulangi luapan debit banjir dari Sungai CBL sehingga muka air sungai pada saat terjadi debit banjir tidak meluap dan menimbulkan kerugian bagi masyarakat di sekitar sungai. Banjir yang sering terjadi menghancurkan perencanaan tanggul dibuat untuk jangka panjang dan memerlukan elevasi yang juga sesuai. Maka dari itu dibutuhkan penelitian mengenai Perencanaan Elevasi Tanggul Sungai CBL (Cikarang Bekasi Laut) Untuk Pengendalian Banjir di Desa Muarabakti, Kec. Babelan, Kab. Bekasi.

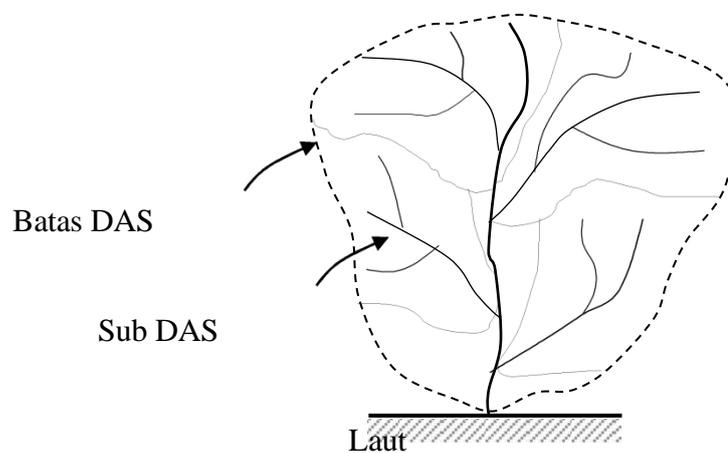
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) secara umum merupakan suatu ekosistem dimana terjadi suatu proses interaksi antara faktor-faktor biotik, nonbiotik, dan manusia. Maka dari itu setiap ada masukan (*input*), proses yang terjadi dapat dievaluasi berdasarkan keluaran (*output*) dari ekosistem tersebut. Komponen masukan dapat berupa curah hujan, sebagai prosesor dalam bentuk vegetasi tanah dan saluran/sungai. Sedangkan sebagai keluaran, dalam bentuk debit air dan sedimen (Suripin, 2004)^[17].

Pengertian DAS secara khusus yaitu wilayah yang dibatasi batas alam seperti punggung-punggung bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*). Wilayah yang menampung air hujan dalam suatu tinjauan DAS disebut *catchment area* atau daerah tangkapan hujan.



Gambar 2.1. Sketsa Daerah Aliran Sungai (DAS)

Fungsi suatu DAS merupakan fungsi dari semua komponen ekosistem yang ada di DAS tersebut, yaitu vegetasi, bentuk wilayah (topografi), tanah dan manusia. Apabila salah satu berubah maka akan merubah pula sistem keluarannya. Jadi, fungsi dari DAS yaitu sebagai penampung curah hujan, penyimpanan dan pendistribusian air ke

saluran/sungai. Atau dapat dikatakan sebagai regulator dari ekosistem yang terjadi sehingga keluarannya akan sesuai dengan karakteristiknya.

Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berhubungan dengan air di bumi, keterdapatannya, sebarannya, peredarannya, persifatan fisika & kimianya, reaksi dengan lingkungannya. Termasuk hubungannya dengan makhluk hidup serta proses yang mengendalikan penyusutan dan pengisiulangan sumber daya air di daratan dan berbagai fase daur hidrologi^[9]. Dalam penelitian ini, data yang diperoleh akan diolah menggunakan metode yang diperlukan dalam ilmu hidrologi. Berikut akan dijelaskan secara lebih terperinci.

a. Tinggi Curah Hujan

Curah hujan adalah volume air hujan yang dihitung ketika jatuh ke suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu. Pengamatan curah hujan diukur di beberapa stasiun dalam waktu bersamaan., atau di waktu saat terjadinya hujan di titik pengamatan (stasiun) tersebut. Curah hujan rata-rata di suatu DAS dapat dihitung menggunakan salah satu dari 3 metode utama:

b. Analisis Frekuensi Data

Sistem hidrologi tidak pernah konstan. Terkadang dipengaruhi peristiwa ekstrim atau kejadian yang tidak biasa seperti kekeringan, banjir, curah hujan yang sangat tinggi. Variasi frekuensi kejadian dari suatu variabel hidrologi yang diolah menggunakan metode statistik.

Analisis frekuensi adalah istilah yang merujuk pada teknik menganalisis probabilitas kejadian variabel hidrologi dalam lingkup statistik. Analisis ini dibutuhkan untuk menentukan debit banjir dengan periode ulang tertentu (Ponce, 1989):

c. Tinggi Curah Hujan

Curah hujan adalah volume air hujan yang dihitung ketika jatuh ke suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu. Pengamatan curah hujan diukur di beberapa stasiun dalam waktu bersamaan., atau di waktu saat

terjadinya hujan di titik pengamatan (stasiun) tersebut. Curah hujan rata-rata di suatu DAS dapat dihitung menggunakan salah satu dari 3 metode utama

d. Analisis Frekuensi Data

Sistem hidrologi tidak pernah konstan. Terkadang dipengaruhi peristiwa ekstrim atau kejadian yang tidak biasa seperti kekeringan, banjir, curah hujan yang sangat tinggi. Variasi frekuensi kejadian dari suatu variabel hidrologi yang diolah menggunakan metode statistik.

e. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan besarnya curah hujan yang akan dipakai sebagai dasar menentukan debit rancangan. Dalam menganalisis curah hujan rancangan, dibutuhkan banyak referensi pengamatan dengan minimal menggunakan 3 metode, agar hasil analisis yang didapatkan lebih akurat. Untuk menghitung tinggi hujan rencana, berikut parameter dari metode yang digunakan :

f. Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan besarnya curah hujan yang akan dipakai sebagai dasar menentukan debit rancangan. Dalam menganalisis curah hujan rancangan, dibutuhkan banyak referensi pengamatan dengan minimal menggunakan 3 metode, agar hasil analisis yang didapatkan lebih akurat. Untuk menghitung tinggi hujan rencana, berikut parameter dari metode yang digunakan :

BAB III

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah Penelitian Perencanaan. Menurut Alder (Rustiadi, 2008:339), pengertian perencanaan adalah suatu proses menentukan apa yang ingin dicapai di masa yang akan datang serta menetapkan tahapan-tahapan yang dibutuhkan untuk mencapainya. Jenis penelitian ini bersifat deskriptif-deduktif/induktif, karena perencanaan memiliki tahapan-tahapan yang dikerjakan bertahap dan tiap tahap memiliki uraian pekerjaan secara deduktif (pendekatan makro ke mikro) atau induktif (pendekatan dari mikro ke makro).

Pola Pikir/Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran disini yaitu mengenai tahapan secara umum mengenai cara tahapan perencanaan *upper structur* sesuai dengan standar yang berlaku

Metode Penelitian

Metode Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan di tahapan analisis, pengumpulan data dilakukan melalui metode Dokumen, yaitu metode pengumpulan data dalam bentuk dokumen elektronik hasil penelitian dari institusi pengamat objek.

Karena itu, mayoritas data penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data atau informasi yang diperoleh dalam format yang sudah tersusun atau terstruktur, berupa publikasi-publikasi atau brosur-brosur melalui pihak lain (lembaga atau instansi).

Data-data yang diperoleh dari metode tersebut berupa :

- a) Curah hujan maksimum kawasan
- b) Patok sungai di Desa Muarabakti
- c) Penampang eksisting sungai CBL
- d) *Soil Penetration Test*
- e) Spesifikasi *Sheet Pile* Beton.

Metode Analisis Data

Analisis dan pengolahan data dilakukan dengan metode Analisis Data Statistik. Berdasarkan data yang telah diperoleh, selanjutnya diolah sesuai

tahapan alur penelitian. Sehingga didapatkan analisis pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

- 1) Analisis Curah Hujan di DAS Muarabakti
- 2) Analisa Frekuensi
- 3) Analisis Curah Hujan & Intensitas Curah Hujan Rancangan
- 4) Analisis Debit Banjir Rancangan
- 5) Analisis Hidrolika Penampang Sungai
- 6) Perencanaan Tanggul

Metode Pembahasan Hasil Analisis

Setelah menyelesaikan tahapan analisis data, maka langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif solusi yang memungkinkan untuk mencapai tujuan penelitian. Alternatif penyelesaian masalah di bawah ini diantaranya adalah :

- 1) Tanggul sungai yang menggunakan urugan tanah

Konstruksi tanggul akan dihitung lebar penampangnya dan urugan tanah yang dibutuhkan untuk memenuhi syarat pembuatan tanggul urugan tanah dengan elevasi penampang trapesium

- 2) Tanggul sungai yang berbahan beton menggunakan CSP (*Concrete Sheet Pile*).

Konstruksi tanggul akan dihitung perkuatan dinding tanahnya untuk mendapatkan dukungan kekuatan tanah yang memenuhi desain elevasi tanggul dengan penampang persegi

BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

Dalam DAS CBL, ada beberapa sungai yang memasuki jalur sungai CBL dan mempengaruhi debit airnya yaitu, sungai-sungai di DAS Bekasi. DAS Bekasi memiliki beberapa sub DAS yaitu sub DAS kali Bekasi, Sub DAS Kali Cileungsi, Sub DAS Kali Citeureup, dan sub DAS Cijanggeul. Beda tinggi antara hulu dan hilirnya adalah 1525 meter.

Tabel 4.1. Tabel Sungai-Sungai di DAS Bekasi

Nama sungai	Panjang Sungai (m)
Cileungsi	50670
Citeureup-Cileungsi	12963
Cijanggeul-Cileungsi	3664
Bekasi Hulu	10,238
Total	77535

Sumber: BAKOSURTANAL, (2008)

Penelitian akan dilakukan di Desa Muarabakti. Berikut identifikasi data penelitian sub DAS Muarabakti :

- DAS (*catchment area*) = 610,046 km²
- Panjang alur sungai dari Desa Muarabakti hingga ke laut = 13,09 km
- Panjang alur sungai CBL = 28,205 km
- Kedalaman aliran sungai CBL di Desa Muarabakti = 1,542 mdpl
- Kemiringan saluran sungai CBL = 1:1
- Desa Muarabakti merupakan dataran banjir berumput, maka koefisien Manning (n) = 0,035

Karakteristik tanah di DAS Muarabakti diasumsikan melalui hasil pengujian SPT di lapangan, dan sifat fisis tanah secara umum pada tabel 2. dan 2. , yaitu :

- Jenis tanah kedalaman 0-6 m = lempung
- Jenis tanah kedalaman 8-14,35 m = pasir membatu
- Berat jenis kering (γ_d) pasir = 18,6 kN/m³
- Berat jenis apung (γ') pasir = $\gamma_{sat} - BJ$ air
= 18 kN/m³ - 9,81 kN/m³

- = 8,19 kN/m³
- Berat jenis apung (γ') lempung = 15,8 kN/m³
- Kohesi tanah granuler (c) = 0 kN/m³
- Kohesi tanah kohesif (c) = $13 \times \frac{2}{3} \times 10 = 86,67$ kN/m³
- Sudut geser dalam (Φ) lempung = 20⁰
- Sudut geser dalam (Φ) pasir = 32⁰

a) Turap Beton (*Concrete Sheet Pile*)

Urugan tanah saja belum menjamin kekuatan konstruksi tanggul, maka alternatif konstruksi tanggul lainnya bisa dengan memberikan *sheet pile* beton pada pinggir penampang saluran, sehingga membentuk penampang persegi. Berikut perencanaan tanggul dengan *sheet pile* beton di periode ulang banjir kala 2 tahun.

Menghitung Kedalaman *Sheet Pile*

Karakteristik tanah atas adalah tanah urugan jenis granuler yaitu pasir padat

$$\gamma_{d1} = 18,6 \text{ kN/m}^3$$

$$\Phi_1 = 32^0$$

$$\gamma'_{1} = 8,19 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 0 \text{ kN/m}^2$$

Karakteristik tanah dibawah galian adalah tanah jenis lempung berlanau

$$\Phi_2 = 20^0$$

$$\gamma'_{2} = 15,8 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 86,67 \text{ kN/m}^2$$

Gaya yang bekerja pada *sheet pile* :

- Tanah diatas galian

$$K_{a1} = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{32}{2} \right) = 0,3$$

$$K_{p1} = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\Phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{32}{2} \right) = 3,25$$

- Tanah dibawah galian

$$K_{a2} = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\Phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45 - \frac{20}{2} \right) = 0,49$$

$$K_{p2} = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\Phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left(45 + \frac{20}{2} \right) = 2$$

Tekanan tanah pada kedalaman dasar galian :

$$q' = \Sigma \gamma_1 H_1$$

$$\begin{aligned}
&= (1,4 \text{ m} \times 18,6 \text{ kN/m}^3) + (4,05 \text{ m} \times 8,19 \text{ kN/m}^3) \\
&= 59,2 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Tekanan tanah aktif total :

$$\begin{aligned}
P_a &= 0,5 h_1^2 \gamma_d K_{a1} + h_2 h_1 \gamma_d K_{a1} + 0,5 h_2^2 \gamma_1' K_{a1} \\
&= (0,5 (1,4 \text{ m})^2 \cdot 18,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,3) \\
&\quad + (4,05 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m} \cdot 18,6 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,3) \\
&\quad + (0,5 (4,05 \text{ m})^2 \cdot 8,19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,3) \\
&= 5,6 + 32 + 20,63 = 58,64 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

y diperoleh dari momen gaya-gaya terhadap A sama dengan 0 :

$$\begin{aligned}
y &= \frac{(5,6 \text{ kN/m} (4,05 \text{ m} \frac{2}{3})) + (32 \text{ kN/m} \times 2,025 \text{ m}) + (20,63 \text{ kN/m} \times 1,35 \text{ m})}{59,2 \text{ kN/m}} \\
&= 1,83 \text{ m}
\end{aligned}$$

Persamaan menghitung kedalaman penetrasi (D) :

$$D^2 (4c_2 - q') - 2 \cdot D \cdot P_a - \frac{P_a (12 c_2 y + P_a)}{2c_2 + q'} = 0$$

$$287,45 D^2 - 117,28 D - 495,83 = 0$$

Dari persamaan tersebut diperoleh $D = 1,533 \text{ m}$

Kedalaman penetrasi turap yang digunakan adalah D' yaitu D yang dikalikan faktor aman 1,2 - 1,4

$$D' = 1,4 D = 1,4 \times 1,533 \text{ m} = 2,15 \text{ m}$$

$$\text{Maka, panjang turap total} = D' + H = 2,15 \text{ m} + 5,45 = 7,6 \text{ m}$$

Momen maksimum (M_{maks})

$$\begin{aligned}
M_{\text{maks}} &= P_a \left[\left(\frac{P_a}{4c_2 - q'} + y \right) - \frac{1}{2} \frac{P_a}{4c_2 - q'} \right] \\
&= 113,54 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

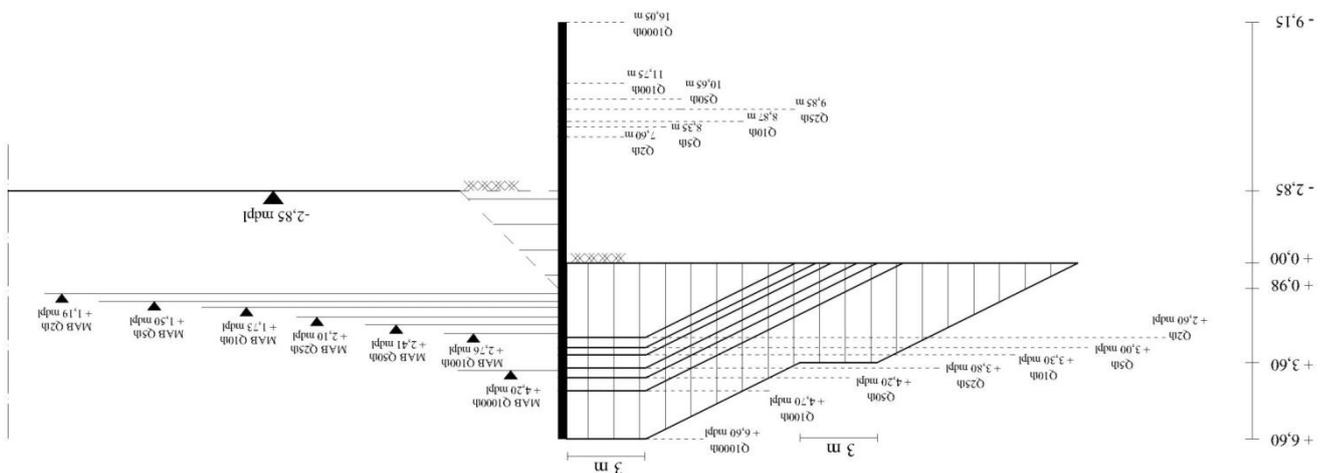
Perhitungan turap beton di Q2th diatas, dilakukan pada periode ulang lainnya. Maka elevasi tanggul turap beton rencana per periode ulang dirangkum dalam tabel berikut.

Tabel 4.2. Elevasi Tanggul Turap Beton per Periode ulang

Keterangan	Q2th	Q5th	Q10th	Q 25th	Q 50th	Q 100th	Q1000th
Elevasi dasar sungai (mdpl)	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85	-2,85
Elevasi tanggul (mdpl)	2,60	3,00	3,30	3,80	4,20	4,70	6,60
Panjang pemancangan ke dasar galian (m)	2,15	2,50	2,72	3,20	3,60	4,20	6,60
Panjang total <i>concrete sheet pile</i> (m)	7,60	8,35	8,87	9,85	10,65	11,75	16,05

Sumber: Penelitian Mandiri

Tinjauan perencanaan elevasi tanggul turap beton diambil pada area pengamatan St. 11,0 yang memiliki elevasi eksisting terendah sesuai dengan gambar 4.1



Gambar 4.1. Pot. A-A Potongan Tanggul Turap Beton Kiri per Periode Ulang

Sumber: Penelitian Mandiri

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Perencanaan debit banjir Q50th dinilai mampu mengurangi resiko banjir tahunan di desa Muarabakti. Karena dengan padatnya penduduk dan segala fasilitas serta utilitasnya, resiko kerugian jiwa, harta benda, dan materi akan lebih besar bila terjadi banjir.
- b. Hasil analisis alternatif solusi material tanggul, yakni dengan:
 - 1) Membangun tanggul menggunakan urugan tanah. Tanggul dengan urugan tanah menggunakan penampang saluran trapesium. Hal ini membutuhkan volume urugan tanah yang cukup banyak dan memakan lahan yang lebih luas dibanding tanggul dengan penampang persegi. Secara durabilitas, tanggul dengan urugan tanah masih beresiko longsor terhadap limpasan air
 - 2) Menggunakan *Concrete Sheet Pile* pada tanggul. Tanggul dengan *sheet pile* beton ini memakai penampang saluran persegi, dipancangkan ke dalam tanah keras, sehingga konstruksinya bersifat permanen. Pembuatan turap beton mengeluarkan biaya yang jauh lebih banyak karena pemancangannya menggunakan alat-alat berat. Namun, waktu pemancangan relatif singkat dan memiliki struktur yang lebih kuat akibat pemancangan ke tanah keras sepanjang. Secara durabilitas, struktur tanggul menggunakan *sheet pile* lebih tahan terhadap beban lateral tanah maupun limpasan air.
 - 3) Dari kedua alternatif yang telah dijelaskan, elevasi tanggul persegi dan trapesium tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pemancangan *sheet pile* ke tanah keras membantu memperkuat konstruksi, dan waktu pemasangannya yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, A.S., dan Permatasari, D.I. (2015) Dalam Tugas Akhir “Analisa Stabilitas Lereng Jalan Tol Semarang – Bawen Sta 12+985”. Semarang: Author
- Ambarwati, R.D. (2018). Hidrologi dan Hidrolika. Retrieved August 21, 2020, from https://dsdap.bantenprov.go.id/upload/Advetorial/1.%2018%20Pengertian%20Hidrologi%20dan%20Siklus%20Hidrologi%20RDA_EDITOR.pdf.
- Arbaningrum, R. Modul Hidrologi CIV-202. Jakarta: Author
- Chow, Ven Te. (1992). Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta: Erlangga
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. (1994). Bendungan Type Urugan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Sosrodarsono, S. & Takeda, K. (1980). Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S. dan M. Tominaga. (1994). Perbaikan dan Pengaturan Sungai. Jakarta:PT. Pradnya Paramita
- Soemarto, C.D. (1987). Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional
- Soewarno. (1995). Hidrologi – Aplikasi Metode Statistik untuk AnalisaData Jilid I. Bandung: Nova
- Suripin. (2004). Sistem Drainase Yang Berkelanjutan. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutapa, I. W. (2015, Januari). Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan Di Daerah Aliran Sungai Kodina. Retrieved August 20, 2020, from <https://media.neliti.com/media/publications/157473-ID-kajian-hidrograf-satuan-sintetik-nakayas.pdf>.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidraulika II. Yogyakarta: Beta Offset
- Zainal, N. dan Respati, N.S. (1995). Pondasi. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik Bandung. Bandung: Author