

PERENCANAAN PERKUATAN TEBING DENGAN BRONJONG PADA SUNGAI DESA LUBUK KEMBANG KECAMATAN CURUP UTARA KABUPATEN REJANG LEBONG

Serli Oktapiiani^{1,*}, Muhammad Syamsul Ma'arif², Hidayati³, Bambang Farizal⁴
¹²³⁴Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Raflesia, Rejang Lebong,

ABSTRAK

Sungai Desa Lubuk Kembang adalah salah satu sungai yang melintasi beberapa desa di kecamatan curup utara yang mempunyai fungsi serba guna bagi kehidupan masyarakat. Bencana yang ditimbulkan oleh sungai diantaranya adalah banjir. Tujuan dari penelitian ini adalah. Perencanaan perkuatan tebing menggunakan bronjong untuk mencegah terjadinya banjir bila terjadi curah hujan yang tinggi sebagai langkah awal dalam upaya penanggulangan. Digunakan metode Log Pearson III untuk mendapatkan data curah hujan rencana berbagai periode ulang 5, 10, 25, 50 tahun adalah sebesar 2.811,9 mm ; 2.917,4 mm ; 3.040,8 mm ; 3.126 mm. Analisa perhitungan debit banjir rencana dengan periode ulang 50 tahun menggunakan metode rasional didapatkan $Q = 7.58 \text{ m}^3/\text{det}$. Stabilitas tebing sungai yaitu $7,14 \text{ m/dt}$ (Aman / stabil). Stabilitas terhadap guling yaitu $2,04 \geq 0,5$ (aman) dan stabilitas terhadap geser yaitu $2,09 \geq 1,5$ (aman).

Kata kunci: *Perkuatan, Bronjong, Sungai*

ABSTRACT

The Lubuk Kembang River traverses several villages in the North Curup sub-district and serves multiple purposes for the local community. One of the natural disasters caused by this river is flooding. The objective of this research is the planning of riverbank reinforcement using gabions to prevent flooding during high rainfall events as an initial step in disaster mitigation efforts. The Log Pearson III method was employed to determine the design rainfall data for various return periods of 5, 10, 25, and 50 years, yielding values of 2811.9 mm, 2917.4 mm, 3040.8 mm, and 3126 mm, respectively. Analysis of the design flood discharge with a 50-year return period using the rational method resulted in a discharge (Q) of $7.58 \text{ m}^3/\text{s}$. The riverbank stability analysis yielded a flow velocity of 7.14 m/s (safe/stable). Stability against overturning was $2.04 \geq 0.5$ (safe), and stability against sliding was $2.09 \geq 1.5$ (safe).

Kata kunci: *Strengthening, Gabion, River*

1. PENDAHULUAN

Sungai Lubuk Kembang merupakan sungai yang melintasi beberapa desa di Kecamatan Curup Utara, salah satunya Desa Lubuk Kembang Kecamatan Curup Utara Kabupaten Rejang Lebong. Ekosistem daerah aliran sungai merupakan bagian yang sangat penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh daerah aliran sungai. Daerah aliran sungai di desa lubuk kembang sekarang ini mengalami banyak kerusakan lingkungan pada sungai meliputi kerusakan pada aspek biofisik ataupun kualitas air serta kurangnya kesadaran

masyarakat terhadap pelestarian lingkungan sekitar sungai.

Air yang mengalir di dalam sungai akan mengakibatkan penggerusan tanah dasarnya. Proses gerusan tebing sungai di Desa Lubuk Kembang dapat terjadi karena adanya perubahan morfologi sungai berupa pelebaran sungai akibat aliran air sungai yang mengalami kenaikan tinggi muka air. Terjadinya gerusan tebing di Desa Lubuk Kembang akan menyebabkan perubahan pola aliran yang mengakibatkan terjadinya pelebaran disekitar tebing sungai sehingga diperlukan suatu solusi untuk meminimalisir terjadi penggerusan tebing

sungai secara terus menerus terutama di musim penghujan.

Akibat dari kerusakan tersebut rawan bencana yang ditimbulkan oleh sungai di Desa Lubuk Kembang yaitu banjir dan erosi tebing. Banjir merupakan peristiwa alam yang tidak bisa dicegah namun bisa dikendalikan. Banjir terjadi karena pada saat musim hujan aliran air permukaan (Run Off) yang besar sementara performa sungai sudah tidak mampu menampung intensitas curah hujan yang tinggi. Hal ini mengakibatkan air yang ada di sungai meluap dan menggenangi kawasan pemukiman penduduk dan area pertanian serta prasarana disekitarnya yang berujung mengalami kerugian.

Sungai desa lubuk kembang sangat penting bagi warga desa lubuk kembang dan sekitarnya, karena bermanfaat untuk irigasi dan transportasi air. Sungai perlu dijaga kelestarian dari masalah sedimentasi dan erosi. Karena dapat berdampak buruk bagi masyarakat yang tinggal di sekitar bantaran aliran sungai. Sehingga perlunya bangunan pengaman banjir. Pengaman banjir pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam penanganan banjir adalah melalui perkuatan tebing. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan pemecahan masalah gerusan yang terjadi di lokasi penelitian.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini objek yang akan diteliti untuk dilakukan perencanaannya adalah sungai di Desa Lubuk kembang, Kecamatan Curup Utara, Kabupaten Rejang Lebong. Dimana pada lingkungn tersebut memiliki permasalahan pada tebing sungai karena pada saat intensitas curah hujan yang tinggi akan terjadi banjir, sehingga dapat merusak kawasan dekat aliran sungai.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara observasi langsung merupakan data yang diambil langsung dilapangan yaitu di sungai desa Lubuk Kembang. Dalam observasi lapangan ini dilakukan pengamatan jenis tanah dan kondisi fisik sungai. Data sekunder merupakan data yang diambil dari data yang sudah ada. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi data curah hujan. Data hujan yang diperoleh adalah data curah hujan maksimum bulanan (mulai dari tahun 2019-2023). Data ini akan digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dan debit banjir rencana di sungai desa Lubuk Kembang.

2.3 Analisis Data

2.3.1. Analisis Hidrologi

Analisa data hidrologi yang diperlukan dalam perencanaan perkuatan tebing dengan menggunakan bronjong seperti analisis data curah hujan rencana (metode distribusi Log Pearson Type III) dan debit banjir rencana (metode Rasional). Curah hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan di dalam suatu daerah dengan kala ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan penelitian suatu dimensi bangunan. Perhitungan debit rencana dilakukan setelah curah hujan rencana diperoleh.

Analisis Frekuensi

Analisa frekuensi curah hujan adalah berulangnya curah hujan baik jumlah frekuensi persatuan waktu mupun periode ulangnya. Dalam penelitian ini metode distribusi yang digunakan adalah metode distribusi Log Pearson Type III. Perhitungan dimulai dengan mengolah data hujan dan menghitung standar deviasi dengan Persamaan 1.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_m^n \{ \log(X_i) - \bar{\log(X)} \}^2}{n - 1}} \quad (1)$$

Dimana:

Sd = Standar Deviasi

X = Curah hujan

N = Jumlah data

Dilanjutkan dengan menghitung koefisien kemencengan dengan persamaan 2.

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^2} \quad (2)$$

Dimana:

Cs = S

\bar{X} = Curah hujan rata-rata

Xi = Curah hujan harian maksimum

Perhitungan curah hujan periode ulang T menggunakan persamaan 3.

$$Xt = \bar{X} + Kt \cdot Sd \quad (3)$$

Dimana:

Xt = Besar curah hujan periode ulang

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

Kt = variabel standar

Debit Banjir Rencana

Debit rencana adalah debit maksimum di sungai dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunannya. Debit banjir rencana digunakan untuk menghitung tinggi air banjir, tekanan air, dan menghitung stabilitas bronjong. Debit rencana dihitung dengan rumus Rasional pada persamaan 4.

$$Qt = 0,0287 \times C \times I \times A \quad (4)$$

Dimana:

Qt = Debit puncak limpasan (m^3/det)

C = Koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah Pengaliran (km^2)

0,287 = konstanta

2.3.2. Stabilitas Tebing Sungai

Perhitungan stabilitas terlebih dahulu menghitung tegangan geser kritis tebin sungai dihitung dengan persamaan 5 berikut.

$$\tau_{cr.s} = K_{cr} \quad (5)$$

Kemiringan dasar sungai menggunakan persamaan 6.

$$I_{cr.b} = \frac{\tau_{cr.b}}{0,97 \times \rho_w \times g \times h} \quad (6)$$

Kecepatan kritis dasar sungai dihitung menggunakan persamaan 7.

$$V_{cr.s} = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I_{cr.s}^{1/2} \quad (7)$$

Dimana :

n = Angka kekasaran manning (0,030)

$cr.s$ = Tegangan geser kritis tebing sungai (kg/m)

w = Rapat massa air (1 kg/m)

g = Gaya gravitasi (m/dt)

h = Tinggi air (m)

A = Luas tampang basah (m^2)

P = Keliling basah penapang (m)

Ib = Kemiringan dasar alur sungai

$V_{cr.s}$ = Kecepatan seret kritis tebing sungai

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai didefinisikan sebagai suatu alur yang panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan, limpasan, air tanah, mata air, maupun sumber air lainnya.

Sungai adalah saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut, terangkat ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini diakibatkan karena pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam dan gaya tarik aliran airnya cukup besar, setelah itu gaya tariknya menjadi sangat menurun ketika mencapai dataran. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan (1).

Sungai adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama, yang biasanya adalah atmosfir (2).

3.2 Perkuatan Tebing

Perkuatan Tebing Sungai merupakan struktur perkuatan yang ditempatkan ditebing sungai untuk menyerap energi air yang masuk guna melindungi suatu tebing alur sungai atau permukaan lereng tanggul terhadap erosi dan limpasan gelombang (overtopping) ke darat dan secara keseluruhan berperan meningkatkan alur sungai atau tubuh tanggul yang dilindungi.

3.3 Bronjong

Bronjong adalah anyaman kawat baja yang dilapisi dengan seng berbentuk sebuah kotak atau balok yang diisi batu-batu berukuran besar untuk mencegah erosi. Biasanya dipasang pada area tebing atau tepi sungai untuk mengatasi gerusan akibat arus sungai. Anyaman kawat baja ini dibuat dengan teknik lilitan ganda yang membentuk lubang-lubang. Material batu yang akan dipakai untuk bronjong kawat terdiri dari batu yang bersih, keras dan dapat tahan lama, berbentuk bulat atau persegi.

Bronjong adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai guna mengatur arah arus sungai dan tujuannya adalah mengurangi kecepatan arus sungai sepanjang tebing sungai, mempercepat sedimentasi, menjamin keamanan tanggul atau tebing terhadap gerusan, mempertahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai, mengosentrasi arus sungai.

3.4 Curah Hujan Rencana

Curah Hujan rencana adalah curah hujan terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan tertentu, atau bagian hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu diperkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran. Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, hujan rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa hujan rencana akan berulang secara teratur setiap periode ulang tersebut.

Ada beberapa metode analisis frekuensi yang dapat digunakan untuk menganalisis besar curah hujan rencana, yaitu:

1. Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal sering digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistic dari distribusi curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Distribusi normal mempunyai koefisien kemencenggan (*Coefficient of skewness*) atau C_s sama dengan atau mendekati 0 dan C_k sama dengan atau mendekati 3.

2. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari Distribusi Normal yaitu dengan mengubah varian X menjadi nilai logaritmik varian X . Distribusi tipe Log Normal mempunyai koefisien kemencenggan (*Coefficient of skewness*) atau $C_s = 3C_v + C_v^3$. Syarat lain distribusi sebaran Log Normal, $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$.

3. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencenggan (*Coefficient of skewness*) atau $C_s = 1.1396$.

4. Distribusi Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson Type III atau Distribusi Extrim Tipe III digunakan untuk analisis variable hidrologi dengan nilai varian minimum, Misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (low flows). Distribusi Log Pearson Type III mempunyai koefisien kemencenggan (*Coefficient of skewness*) atau $C_s \neq 0$.

3.5 Debit Banjir Rencana

Debit adalah volume air persatuan waktu, yang berada pada sungai, pipa dan lain-lain. Debit banjir rencana (design flood) adalah debit maksimum dari suatu sungai, atau saluran yang besarnya didasarkan dengan periode ulang tertentu yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air. Periode ulang adalah waktu hipotetik dimana suatu kejadian dengan nilai tertentu, debit rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut.

Debit banjir rancangan memiliki arti yang sangat penting dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Apabila pada daerah tersebut tidak terdapat alat pencatat debit maka debit banjir rancangan dapat ditentukan dengan menggunakan data hujan yang terdapat pada daerah tersebut (3). Besar kecilnya nilai debit rencana akan menentukan besar kecilnya dimensi hidrolik suatu bangunan air. Dimensi hidrolik suatu bangunan air yang lebih besar akan lebih aman dalam mengalirkan debit tertentu, namun dimensi yang lebih besar akan berdampak pada biaya yang lebih mahal. Sebaliknya dimensi hidrolik bangunan air yang lebih kecil akan menjadi kurang aman mengalirkan debit tertentu. Oleh karena itu, perhitungan debit rencana menjadi bagian yang sangat penting dalam tahap perencanaan teknis. Metode perhitungan debit rencana cukup beragam sesuai dengan ketersediaan data.

3.6 Stabilitas Bronjong

Stabilitas bronjong dapat diketahui dengan melakukan analisis perhitungan kontrol terhadap guling, kontrol terhadap geser, gaya

akibat tanah lateral dan gaya akibat tekanan hidrostatik (gaya ini disebabkan dari tekanan air sungai). tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah (4).

Penelitian tentang studi perencanaan bangunan bronjong pada tikungan sungai di desa meunasah buloh. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan desain bronjong yang sesuai dalam mengurangi erosi tebing sungai di bagian tikungan atau belokan sungai di desa tersebut. Analisa yang dilakukan meliputi analisa curah hujan rencana, debit banjir rencana, profil muka air banjir, desain ukuran bronjong dan stabilitas bronjong (5).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan dan pembahasan meliputi perhitungan curah hujan rencana, debit banjir rencana, perencanaan perkuatan tebing sungai menggunakan bronjong, dan analisa stabilitas bangunan bronjong.

4.1 Analisis Hidrologi

Curah hujan rencana (XT) adalah hujan dengan periode ulang tertentu (T) yang di perkirakan akan terjadi di suatu daerah pengaliran.

Tabel 1 Perhitungan Rata-rata Curah Hujan

| Tahun | Xi | LOG (Xi) | LOG (Xi) – LOG X | (LOG (Xi) – LOG X) ² | (LOG (Xi) – LOG X) ³ |
|-----------------|-------|--------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 2019 | 2189 | 3,340 | -0,084 | 0,007 | -0,000 |
| 2020 | 2984 | 3,474 | 0,05 | 0,002 | 0,000 |
| 2021 | 3330 | 3,522 | 0,098 | 0,009 | 0,000 |
| 2022 | 2561 | 3,408 | -0,016 | 0,000 | 0 |
| 2023 | 2211 | 3,344 | -0,08 | 0,006 | -0,000 |
| Jumlah N = 5 | 13275 | 17,088 | -0,032 | 0,024 | 0 |

Tabel 2 Hujan Rencana Berbagai Kala Ulang

| Kala Ulang | Kt | Kt x Sd | Log X | Xt |
|------------|-------|---------|-------|---------|
| 5 | 0.842 | 0.032 | 3.449 | 2.811,9 |
| 10 | 1.282 | 0.048 | 3.465 | 2.917,4 |
| 25 | 1.751 | 0.066 | 3.483 | 3.040,8 |
| 50 | 2.054 | 0.078 | 3.495 | 3.126 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 1 kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dan didapatkan nilai standar deviasi (Sd) adalah 0,038. Nilai harga rata-rata curah hujan adalah 3,417 koefisien

kemencengan 0. Dengan menggunakan Tabel 2 dilakukan perhitungan intensitas curah hujan dan didapatkan nilai intensitas curah hujan 682,51 mm/jam

4.2 Menghitung Debit Rencana

Debit banjir yang digunakan adalah dari hasil perhitungan Metode Rasional. Dengan didasarkan perhitungan intensitas curah hujan dan luas area penelitian didapatkan debit rencana yaitu $Q_{50} = 7,58 \text{ m}^3/\text{det}$ dan koefisien pengaliran 0,138.

4.3 Analisis Stabilitas Tebing Sungai

Analisis pada stabilitas dapat dihitung kedalam dua bagian yang pertama yaitu stabilitas dasar sungai dan yang kedua stabilitas tebing sungai yang dicek apakah aman dan stabil atau sebaliknya.

Tabel 3 Perhitungan Analisis Tebing Sungai

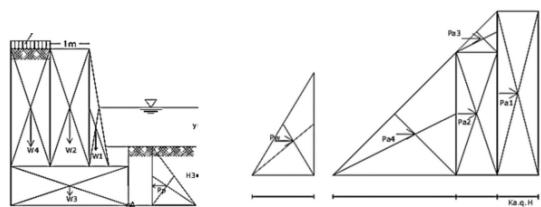
| Stabilitas Tebing Sungai | | Nilai |
|--|-----|--------|
| Data | | Nilai |
| Angka kekasaran manning | n | 0,030 |
| Gaya seret kritis pada sungai (kg/m^3) | cr | 0,5 |
| Rapat massa air (kg/m^3) | g | 9,81 |
| Tinggi air (m) | h | 2 |
| Luas tampang basah (m^2) | A | 48,6 |
| Keliling basah penapang (m) | P | 28,31 |
| Kemiringan dasar sungai | Ib | 0,0262 |
| Kecepatan seret kritis tebing sungai | Ver | 7,6190 |
| Jari-jari hidrolik (m) | R | 1,716 |

Sumber : Hasil perhitungan

Hasil perhitungan kecepatan aliran diketahui jika kecepatan aliran adalah 3,33 m/dt, nilai kemiringan sungai yang didapat adalah 0,0262, dan jari-jari hidrolik adalah 1,716, serta kecepatan seret kritis dasar sungai adalah 7,61 m/dt. Sehingga apabila merujuk kepada aturan $V < V_{cr,b}$ dimana $3,33 < 7,61 \text{ m/dt}$, dekatahui bahwa tebing sungai stabil atau aman.

4.4 Analisis Stabilitas Bronjong

Analisis diawali dengan menghitung tekanan tanah aktif (Pa) dan tekanan tanah pasif (Pp). hasil perhitungan diketahui nilai koefisien tekanan tanah aktif (Ka) adalah 0,33 dan koefisien tekanan tanah pasif (Kp) adalah 3. Dengan merencanakan lebar pondasi $B = 4$ meter, selanjutnya dilakukan perhitungan gaya dan momen.



Gambar 2 Gaya yang bekerja pada Bronjong

Tabel 4 Hasil Perhitungan Gaya dan Momen

| No | Gaya (t) | | Jarak (m) | | Momen terhadap A (tm) | |
|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------|-----|--------------------------|-------------------------|
| | V | H | X | Y | MV = V . X | MH = H.Y |
| W ₁ | 25 | - | 0,83 | - | 20,75 | - |
| W ₂ | 150 | - | 1,25 | - | 187,5 | - |
| W ₃ | 80 | - | 2 | - | 160 | - |
| W ₄ | 200 | - | 3 | - | 600 | - |
| Pa ₁ | - | 20 | - | 3 | - | 60 |
| Pa ₂ | - | 11,3 | - | 1 | - | 11,3 |
| Pa ₃ | - | 83,3 | - | 4,6 | - | 383,18 |
| Pa ₄ | - | 30 | - | 0,6 | - | 18 |
| | $\Sigma V =$ 455 | $\Sigma H =$ 144,6 | | | $\Sigma MV =$ =968,25 | $\Sigma MH =$ 472,48 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4 selanjutnya dilakukan perhitungan kestabilan bronjong terhadap guling dan didapatkan nilai $F_{gi} = 2,04 \geq 1,5$ sehingga disimpulkan bronjong aman terhadap guling. Selain itu, dilakukan perhitungan kestabilan bronjong terhadap geser dan didapatkan bahwa $F_{gs} = 2,09 \geq 1,5$ dan disimpulkan bahwa bronjong juga aman terhadap geser.

5. KESIMPULAN

Dari desain perkuatan tebing yang ada maka didapatkan hasil sebagai berikut : stabilitas terhadap guling sebesar $2,04 \geq 1,5$ (aman) dan stabilitas terhadap geser sebesar $2,09 \geq 1,5$ (aman). Hujan rancangan berbagai periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun adalah sebesar 2.811,9 mm ; 2.917,4 mm ; 3.040,8 mm ; 3.126 mm. Debit banjir rencana periode ulang 50 tahun adalah $7.58 \text{ m}^3/\text{detik}$. Penyebab banjir di desa lubuk kembang adalah intensitas curah hujan yang tinggi mengakibatkan sungai meluap sehingga sungai tidak mampu menampung air sungai.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Sosrodarsono S, Tominaga M. *Perbaikan Dan Pengaturan Sungai*. 1985.
2. Triadmodjo B. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset; 2015.
3. Pariartha IPGS. *Analisis Debit Banjir Rancangan Dengan Menggunakan Hidrograf Satuan Terukur Pada Daerah Aliran Sungai Progo Bagian Hulu*". *jurnal ilmiah teknik sipil*. 2013;17(2).
4. Hardiyatmo HC. *Mekanika Tanah II*. 3rd ed. UGM Press; 2002.
5. Safriani M, Sari DP. *Studi Perencanaan Bangunan Bronjong Pada Tikungan Sungai Di Desa Meunasah Buloh*. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*. 2018 Dec 8;14(2):107.