



STUDI PERENCANAAN CHECK DAM PADA SUNGAI NAMBAAN SEBAGAI PENAMPUNG SEDIMEN DI KECAMATAN NGANTANG, KABUPATEN MALANG

*(Study on the Planning of a Check Dam on the Namban River as a Sediment
Reservoir in Ngantang District, Malang Regency)*

Suhudi¹⁾, Dixi Alexander²⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

Corresponding Author: suhudisuhudi2@yahoo.co.id

Article Info

Page :
10 – 18

Submission Date:
16 / Maret / 2024

Accepted Date:
13 / Juni / 2024

Published Date:
18 / Juni / 2024

Keywords: *check dam,
stability, sediment storage
capacity.*

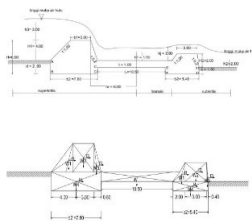
ABSTRACT

The Namban River, located in the upper Brantas region within a mountainous area, exhibits a meandering morphology. Due to its steep gradient and strong flow pull, erosion occurs, leading to significant sediment transport. This results in the silting of the Selorejo Dam, reducing its efficiency. This study aims to plan the construction of a check dam as a sediment containment solution. The research methodology includes calculating the design flood discharge, designing check dam dimensions, analyzing stability, and calculating sediment storage capacity. The findings suggest that the planned check dam, with a height of 4.00 m, crest width of 3.00 m, and downstream slope of 1:0.2 and upstream slope of 1:1, will be effective. The check dam is expected to reduce the flow velocity in the Namban River, hold up to 600 m³ of sediment, and operate optimally for 14 years. The check dam is designed to be stable under all conditions, both normal and flood, with a Safety Factor (SF) > 1.5.

EMAIL

¹ suhudisuhudi2@yahoo.co.id

Main Figure



ABSTRAK

Sungai Nambaan, terletak di daerah hulu Brantas dan berada di wilayah pegunungan, memiliki morfologi yang berbelok-belok (meander). Karena kemiringan sungai yang curam dan gaya tarik aliran yang besar, terjadi erosi yang mengakibatkan banyak sedimen terbawa arus. Hal ini berdampak pada pendangkalan Bendungan Selorejo, mengurangi efisiensinya. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pembangunan check dam sebagai solusi penampungan sedimen. Metode penelitian meliputi perhitungan debit banjir rancangan, desain dimensi check dam, analisis stabilitas, dan perhitungan kapasitas tampungan sedimen. Hasilnya menunjukkan bahwa check dam yang direncanakan dengan tinggi 4,00 m, lebar mercu 3,00 m, dan kemiringan hilir 1:0.2 serta hulu 1:1 akan efektif. Check dam ini diharapkan dapat mengurangi kecepatan arus di Sungai Nambaan, menampung sedimen hingga 600 m³, dan beroperasi optimal selama 14 tahun. Dalam segala kondisi, baik normal maupun banjir, check dam dirancang stabil dengan nilai SF > 1,5

INTRODUCTION

Sungai Nambaan adalah sungai yang terletak di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. Sungai Nambaan merupakan nama yang diberikan penduduk setempat. Pada dasarnya Sungai Nambaan mempunyai nama yang dikenal umum sebagai Sungai Konto. Derasnya arus sungai mengakibatkan pengikisan dinding penahan dan mengakibatkan erosi sehingga terjadinya degradasi

sungai akibat material yang dibawa arus sungai. Akibat dari masalah di atas akan mengakibatkan banjir, tidak hanya itu material yang terbawa arus mengakibatkan Bendungan Selorejo tidak berfungsi maksimal karena menjadi dangkal (sedimentasi). Pertumbuhan penduduk memerlukan penyesuaian yang terus menerus terhadap pola penggunaan lahan, misalnya untuk usaha pertanian dimana hal ini akan membawa dampak berupa gangguan ekosistem DAS yang dapat merubah pola aliran DAS Namban menunjukkan dinamika yang unik dan pada saat sekarang keluaran dari sistem ini yang berupa hasil sedimen yang memasuki Waduk Selorejo telah melampaui batas desain waduk yang direncanakan [1]. Maka dari itu, dibutuhkan bangunan yang bisa mengendalikan sedimen dan mengurangi kuat arus sungai. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui dimensi *check dam* yang direncanakan, mengetahui tingkat stabilitas *check dam* yang direncanakan serta mengetahui efektifitas dengan adanya bangunan *check dam*. Berdasarkan sumber yang diperoleh dari hasil pengukuran sedimentasi di Waduk Selorejo sebesar 3,86 juta m³/tahun untuk periode pengukuran 1982-2001, sehingga mengawatirkan penurunan umur efektif waduk [2]. Metode yang dilakukan dengan menghitung yaitu analisa debit banjir rancangan, merencanakan dimensi *check dam*, menganalisa stabilitas dan menghitung kapasitas tampungan sedimen. Dengan adanya bangunan *check dam* yang sudah direncanakan diharapkan mempunyai keuntungan diantaranya; mampu mengurangi kuat arus air di Sungai Namban dan mampu menampung sedimen *Check dam* yang direncanakan harus stabil dan kuat dalam kondisi apapun baik dalam keadaan air normal maupun dalam keadaan banjir.

Kedalaman Dasar Pondasi

$$d = (1/3 \sim 1/4) (H + h_3) \quad (1)$$

Dimana :

- d = kedalaman pondasi (m)
 h_3 = tinggi muka air di atas *check dam* (m)
 H = tinggi efektif *check dam* (m)

Kemiringan Check Dam

Kemiringan *check dam* utama bagian hulu dengan $H < 15$ m digunakan rumus (JICA, 1985):

$$(1+\alpha)m^2 [2(n+b) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta]m - (1+3\alpha) + (4n+\beta) + \alpha\beta(4n+\beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) \quad (2)$$

Dimana :

$$A = h/H; \quad B = b/H; \quad \gamma = \gamma_c / \gamma_0$$

Kontrol Stabilitas (Sosrodarsono, 1983) :

a. Kestabilan terhadap geser

$$SF = \frac{f \sum V}{\sum H} \quad (3)$$

Dimana :

- SF = angka keamanan terhadap geser
 $SF > 1,5$ keadaan normal
 $SF > 1,2$ keadaan gempa
 $\sum V$ = jumlah gaya vertikal terhadap titik ujung dasar *check dam*
 $\sum H$ = jumlah gaya horizontal terhadap dasar
 f = koefisien geser

b. Kestabilan terhadap guling

$$SF = \frac{\sum M_v}{\sum M_h} \quad (4)$$

Dimana :

SF = angka keamanan terhadap guling

SF > 1,5 keadaan normal

SF > 1,2 keadaan gempa

 $\sum M_v$ = jumlah momen vertikal terhadap titik ujung dasar $\sum M_h$ = jumlah momen horisontal terhadap dasar

c. Kestabilan terhadap daya dukung tanah

$$\sigma = \frac{\sum V}{b_2} \left[1 \pm \frac{6e}{b_2} \right] < \sigma_n \quad (5)$$

Dimana :

 σ_n = daya dukung tanah ijin (t/m^2) b_2 = jarak dasar check dam antara stream sampai down stream (m)

e = eksentrisitas

Daya tampung sedimen

$$V = 1/2 \cdot a \cdot t. \quad (6)$$

Kapasitas angkutan sedimen

$$S = \Phi (g \cdot \Delta d_{50}^3)^{1/2} \quad (7)$$

Dimana :

 Φ = intensitas angkutan sedimen = 0,048 d_{50} = diameter butiran = 0,35 mm Δ = intensitas efektif = 1,65

METHODS

Metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menganalisa debit banjir rancangan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu [3], [4]. Selanjutnya dilakukan perencanaan dimensi *check dam* dan menganalisa stabilitas bangunan *check dam* (Sosrodarsono, 1985). Untuk perhitungan kapasitas tampungan sedimen menggunakan metode MPM [5], [6]. Pengumpulan data-data untuk keperluan analisa yang meliputi data survey investigasi (data primer), selain itu juga diperlukan data sekunder seperti data hidrologi, data geoteknik dan data topografi.

Berdasarkan analisa data debit dengan kala ulang 50 tahun yang sebesar $1259.44 \text{ m}^3/\text{dt}$, dapat direncanakan dimensi *check dam*, sedangkan kedalaman dan lebar pondasi berdasarkan data tanah berupa tekstur tanah dan jenis kerapatan relatif, sehingga dapat dihitung daya dukung tanah (q_u) dan daya dukung tanah yang diinjikan (Q_{ijin}). Analisa beban-beban yang dipakai dalam perencanaan meliputi beban konstruksi, tekanan air statik, tekanan sedimen, gaya angkat (*uplift*) dan gaya gempa terhadap tubuh *check dam* [7]. Analisa stabilitas pada tubuh *check dam* yaitu stabilitas terhadap geser, guling, daya dukung tanah, dan piping. Mengontrol apakah konstruksi sudah aman dan stabil, jika belum dilaksanakan kembali perencanaan tubuh *check dam* sampai menghasilkan konstruksi yang aman dan stabil dalam kondisi air normal dan kondisi air banjir [7].

RESULTS AND DISCUSSION

Perencanaan kedalaman pondasi

Berdasarkan bangunan utama *check dam* tidak mencapai 15 m, maka perencanaan kedalaman pondasi dihitung dengan rumus berikut:

$$d = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4} \right) (H+h_3)$$

$$d_1 = \frac{1}{3} (4+3) = 2.33 \text{ m}$$

$$d_2 = \frac{1}{4} (4+3) = 1.75 \text{ m}$$

dari perhitungan diatas diambil kedalaman pondasi 2.00 m.

Perencanaan lebar mercu.

Pada perencanaan *check dam* lebar mercu peluap harus kuat menahan aliran debris/sedimen pada waktu banjir dan kuat menahan benturan serta abrasi. Lebar mercu *check dam* yang direncanakan 3.00. Dalam hal ini ditinjau dari jenis material yang akan melintasi mercu yaitu *bolder stone* dengan tipe aliran sedimen dari skala kecil ke skala besar.

Perencanaan kemiringan bangunan utama

a. Kemiringan bangunan utama bagian hilir

Kemiringan *check dam* daerah bagian hilir diambil **1 : 0,2** sesuai SK SNI T-19-1991-03 sebagai acuan dengan maksud untuk menghindari batu-batu besar yang jatuh dari peluap dan membentur bagian hilirnya sehingga menimbulkan gaya abrasi pada permukaan badan *check dam* bagian hilir.

b. Kemiringan bangunan utama bagian hulu

Kemiringan *check dam* bagian hulu dengan rumus:

$$(1 + \alpha)m^2 + [2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta]m - (1+3\alpha) + \alpha\beta(4n+\beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2)$$

Data;

$$\alpha = \frac{h_3}{H} = \frac{3.00}{6.00} = 0.50$$

$$\beta = \frac{b}{H} = \frac{3.00}{6.00} = 0.50$$

$$\gamma = \frac{\gamma_c}{\gamma_0} = \frac{2.2}{1} = 2.2 \text{ t/m}^3$$

Diambil berat jenis batu $\gamma_c = 2.2 \text{ t/m}^3$

Berat jenis air $\gamma_0 = 1.0 \text{ t/m}^3$

Maka:

$$(1 + \alpha)m^2 + [2(n + \beta) + n(4\alpha + \gamma) + 2\alpha\beta]m - (1+3\alpha) + \alpha\beta(4n+\beta) + \gamma(3n\beta + \beta^2 + n^2) = 0$$

$$(1+0.50)m^2 + [2(0.2+0.50) + 0.2(4.0,50+2.2) + 2.0,50.0,50]m -$$

$$(1+3.0,50) + 0,50.0,50(4.0,2+0,50) + 2,2(3.0,2.0,50+0,50^2+0,2^2) = 0$$

$$1,50 m^2 + 2,740 m - 4,123 = 0$$

Dengan rumus ABC:

$$m_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4.a.c}}{2.a}$$

$$m_{12} = \frac{-2,740 \pm \sqrt{2,740^2 - 4.1,50.4,123}}{2.1,50}$$

$$m_1 = 0,99 \approx 1,00$$

$$m_2 = -2,81$$

Harga m yang diambil sebesar 1,00. Sehingga didapatkan kemiringan *check dam* **1 : 1**.

Analisa tinggi muka air di hilir *check dam*

Untuk menghitung tinggi muka air di hilir *check dam* sejauh kurang lebih 50 m dari bangunan utama.

Diketahui :

$$\text{EL. Dasar sungai pada as bangunan utama} = +859,00$$

$$\text{Kemiringan rata-rata dasar sungai (S)} = 0,0245$$

Maka elevasi sungai pada bagian hilir:

$$= \text{EL. Dasar sungai pada as bangunan utama} - (S \times 50)$$

$$= 859 - (0,0245 \times 50)$$

$$= 857,775$$

Muka air di bagian bawah hilir *check dam* dihitung sebagai berikut:

$$A = (2B + 2h_2) \cdot \frac{1}{2} h_2$$

$$= 15B + 15h_2$$

$$P = B + 2h_2 \sqrt{1 + z^2}$$

$$= 15 + 2,83h_2$$

$$R = \frac{15B + 15h_2^2}{15 + 2,83h_2}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,035} \cdot \left(\frac{15B + h_2^2}{15 + 2,83h_2} \right)^{2/3} \cdot 0,0245^{1/2}$$

$$= 4,472 \left(\frac{15B + h_2^2}{15 + 2,83h_2} \right)^{2/3}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$1259,44 = (15B + 15h_2^2) \cdot 4,472 \left(\frac{15B + h_2^2}{15 + 2,83h_2} \right)^{2/3}$$

Dengan cara coba-coba banding di peroleh hilai $h_2 = 2,150 \sim 2,00$ m.

Jadi elevasi muka air bagian hilir:

$$\begin{aligned} &= \text{EL. Dasar sungai di hilir} + h_2 \\ &= 857,775 + 2,150 \\ &= 859,925 \end{aligned}$$

Analisa loncatan hidrolis

Perhitungan loncatan hidrolis sebagai berikut :

Debit per satuan lebar (q):

$$\begin{aligned} q &= \frac{Q}{L} \\ q &= \frac{1259,44}{15} = 16,991 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m} \end{aligned}$$

Tinggi air sebelum meloncat/tinggi air pada titik jauh terjun (h_1)

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{q}{V_1} \\ V_1 &= \sqrt{2g(H_1 + h_3)} \\ V_1 &= \sqrt{2 \cdot 9,81(4 + 3)} = 11,719 \text{ m}/\text{det} \\ h_1 &= \frac{16,991}{11,719} = 1,449 \sim 1.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak terjunan (I_W)

$$\begin{aligned} I_W &= V_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (H_1 + \frac{1}{2}h_3)}{g}} \\ V_0 &= \frac{q}{h_3} \\ V_0 &= \frac{16,991}{3} = 5.663 \text{ m}/\text{det} \\ I_W &= 5.663 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (4 + \frac{1}{2}3)}{9,81}} \\ &= 5.996 \text{ m} \end{aligned}$$

Bilangan Froude pada titik terjunan (F_{r1})

$$\begin{aligned} F_{r1} &= \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} \\ F_{r1} &= \frac{11,719}{\sqrt{9,81 \times 1,449}} = 3,108 \end{aligned}$$

Tinggi air setelah meloncat (h_j)

$$h_j = \frac{h_1}{2} \cdot (\sqrt{1 + 8 \cdot F_{r1}^2} - 1)$$

$$h_j = \frac{1.449}{2} \cdot (\sqrt{1 + 8.3,108^2} - 1)$$

$$= 3.044 \sim 3 \text{ m}$$

Kemudian dianalisa perubahan bentuk jenis alirannya sebagai berikut:

Kecepatan di $h_j(V_j)$

$$V_j = \frac{q}{h_j} = \frac{16,991}{3} = 5,663 \text{ m/det}$$

Bilangan Froude di $h_j(F_{rj})$

$$F_{rj} = \frac{V_j}{\sqrt{g \cdot h_j}}$$

$$F_{rj} = \frac{5,663}{\sqrt{9,81.3}} = 1,044$$

Karena $F_{rj}=1$, maka jenis aliran kritis/transisi

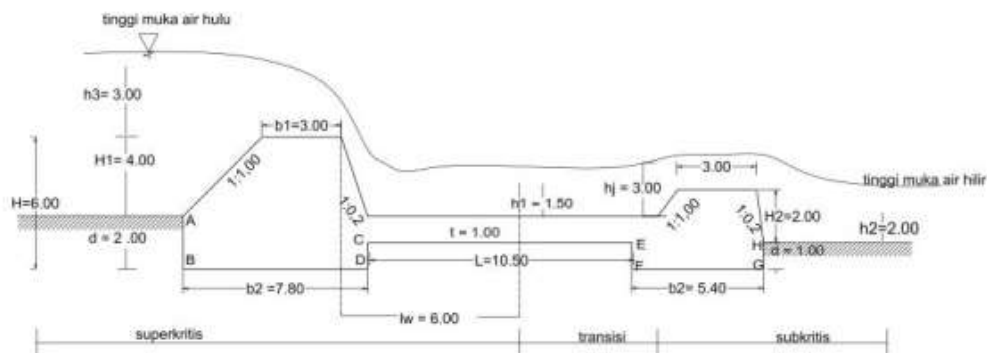
Kecepatan di hulu $h_2(V_2)$

$$V_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{16,991}{2,150} = 3,914 \text{ m/det}$$

Bilangan Froude di hulu $h_2(F_{r2})$

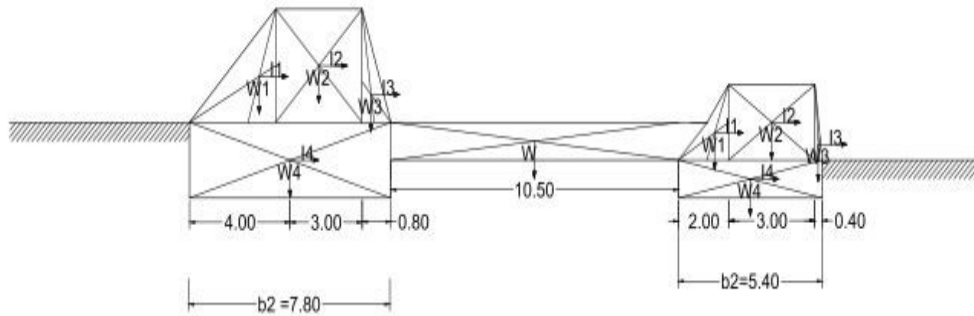
$$F_{r2} = \frac{V_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{3,914}{\sqrt{9,81 \cdot 2,150}} = 0,852$$

Karena $F_{r2} < 1$, maka jenis aliran sub kritis.



Gambar 1. Dimensi *check dam*

Stabilitas Check Dam

Gambar 2. Gaya gaya yang bekerja pada *check dam*

Tabel 1. Rekapitulasi nilai keamanan pada analisa stabilitas terhadap gaya geser, gaya guling dan daya dukung tanah.

No	Tinjauan	Air normal		Air banjir	
		Gempa	Tanpa gempa	Gempa	Tanpa gempa
1	Gaya geser	2,67	4,41	2,17	3,09
2	Gaya guling	8,38	16,31	6,29	9,49
3	Daya dukung tanah	11,452 t/m ² < 30 t/m ²		12,424 t/m ² < 30 t/m ²	

Nilai keamanan untuk stabilitas terhadap gaya geser dan guling adalah $SF > 1,5$ pada kondisi tanpa gempa dan $SF > 1,2$ pada kondisi gempa. Sedangkan stabilitas terhadap daya dukung tanah adalah $\sigma_{maz} < \sigma_{ijin}$ dan $\sigma_{min} > 0$, serta stabilitas terhadap piping CI hitung $> CI$ tabel. Maka dapat disimpulkan bahwa stabilitas *check dam* memenuhi syarat dan konstruksi aman.

Daya tampung sedimen

Dengan adanya *check dam* yang sudah direncanakan mempunyai keuntungan sebagai berikut:

1. Mampu mengurangi kuat arus air di Sungai Nambaan
2. Mampu menampung sedimen sebesar 600 m³ dan *check dam* akan penuh sampai 14 tahun.
3. *check dam* yang direncanakan kuat dan stabil dalam kondisi apapun baik dalam keadaan air normal maupun dalam keadaan banjir

Kapasitas tampungan persatuan lebar

$$V = 1/2 \cdot a \cdot t \cdot 1 \text{ m'}$$

Diketahui tinggi *check dam* yang direncanakan (t) = 4 m, alas = 300 m
maka $V = 1/2 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 1 \text{ m'} = 600 \text{ m}^3$.

Menghitung angkutan sedimen

$$\Phi = (4 \cdot \psi' - 0,188)^{3/2} = ((4 \times 0,08) - 0,188)^{3/2} = 0,048.$$

Kapasitas angkutan sedimen persatuan lebar

$$S = \Phi (g \cdot \Delta \cdot d50^3)^{1/2}$$

$$= 0,048(9,81.1,65.0,00035^3)^{1/2} = 0,0000013 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}' = 0,11232 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{m}' = 40,9968 \text{ m}^3/\text{th}/\text{m}'.$$

Maka :

Masa waktu daya tampung kemampuan kapasitas *check dam* adalah :

$$600 : 40,9968 = 14,64 \text{ tahun}$$

Jadi *check dam* akan penuh sekitar 14 tahun.

CONCLUSION

1. Hasil analisa hidrolika diperoleh dimensi *check dam* yaitu tinggi main dam 4,00 m, tinggi sub dam 2,00, lebar mercu main dam 3,00 m, lebar mercu sub dam 3,00 m, kedalaman pondasi main dam 2,00 m, kedalaman pondasi sub dam 1,00 m, kemiringan hilir main dam dan sub dam 1 : 0,20, kemiringan hulu main dam dan sub dam 1 : 1, panjang apron 10,50 m dan tebal apron 1,00 m
2. Stabilitas terhadap gaya geser dan guling adalah $SF > 1,5$ pada kondisi tanpa gempa dan $SF > 1,2$ pada kondisi gempa. Sedangkan stabilitas terhadap daya dukung tanah adalah $\sigma_{maz} < \sigma_{ijin}$ dan $\sigma_{min} > 0$, serta stabilitas terhadap piping CI hitung $>$ CI tabel. Stabilitas *check dam* memenuhi syarat dan *check dam* yang direncanakan kuat dan stabil dalam kondisi apapun baik dalam keadaan air normal maupun dalam keadaan banjir.
3. Dengan adanya *check dam* yang sudah direncanakan mampu mengurangi kuat arus air di Sungai Nambaan dan bisa menampung sedimen sebesar 600 m³ dan *check dam* akan berfungsi secara efektif sekitar 14 tahun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Tribhuwana Tungadewi yang telah memberikan kesempatan dan dukungan sehingga penelitian ini selesai. Terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Dinas PUPR Kabupaten Malang atas kesediaan dukungan data lapangan.

REFERENCES

- [1] M. F. Dwi Putra, R. W. Sayekti, and M. Sholichin, "Study of Determining Water Quality Status and Water Distribution Using Five Methods in Selorejo Reservoir," *J. Tek. Pengair. J. Water Resour. Eng.*, vol. 14, no. 1, pp. 53–63, 2023.
- [2] PUPR, *Brantas Leading In River Information*, 1st ed. Malang: Kementrian PUPR, 2023.
- [3] I. W. Sutapa, "Kajian hidrograf satuan sintetik nakayasu untuk perhitungan debit banjir rancangan di daerah aliran sungai kodina," *Maj. Ilm. Mektek*, vol. 7, no. 1, pp. 35–40, 2005.
- [4] A. C. Damayanti, L. M. Limantara, and R. Haribowo, "Analisis Debit Banjir Rancangan dengan Metode HSS Nakayasu , HSS ITB-1 , dan HSS Limantara pada DAS Manikin di Kabupaten Kupang," *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 2, no. 2, pp. 300–313, 2022.
- [5] T. Mananoma, K. H. Auwyanto, K. F. Tawalujan, I. R. Lempoy, and S. N. A. K. Akili, "Analisis Sebaran Transpor Sedimen Pada Ruas Sungai Sario," *Tekno*, vol. 20, no. 82, pp. 731–736, 2022.
- [6] A. Hermawan and E. N. Afiato, "ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (BED LOAD)," *Teknisia*, vol. XXVI, no. 1, pp. 20–30, 2021.
- [7] D. M. Lestari, F. Dwirani, and N. Syuhada, "KAJI ULANG PERENCANAAN BANGUNAN PENAHAN SEDIMEN (CHECK DAM I) DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CILIMAN KABUPATEN LEBAK," *J. Sustain. Civ. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–40, 2019.