

PERENCANAAN GROUNDSTALL UNTUK STABILITAS DASAR SUNGAI BATANG KINALI (Ruas: Pertemuan Batang Kinali dengan Batang Patupangan – Bendung Bancah Rambai)

Jefri Julnalis Putra¹

Universitas Bung Hatta

jefrins19@gmail.com

Afrizal Naumar²

Universitas Bung Hatta

afrizalnaumar@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Normalisasi Sungai Batang Kinali yang dilakukan untuk mengurangi potensi banjir sehingga perpendekan trase sungai menyebabkan kemiringan dasar sungai semakin tajam dan diperkirakan akan menimbulkan gerusan sedalam 1,82 meter. Dengan demikian dibangun konstruksi groundstill untuk menjaga kestabilan dasar sungai. Kajian ini bertujuan untuk merencanakan konstruksi bangunan groundstill sebagai solusi teknis. Kajian ini dilakukan melalui perhitungan hidrologi dan hidraulika untuk menentukan curah hujan rencana dan debit banjir rencana. Analisa hidraulika dilakukan untuk menganalisa kapasitas penampang sungai yang sesuai dengan debit banjir rencana. Perencanaan groundstill dilakukan setinggi 0,75 m, dan selanjutnya analisa stabilitas konstruksi terhadap tekanan air, beban gempa, tekanan tanah dan tekanan uplift. Analisis stabilitas dasar sungai paska konstruksi groundstill dilakukan berdasarkan parameter teknis sungai dari pengujian laboratorium. Hasil Analisa menunjukkan bahwa konstruksi groundstill mampu menormalkan aliran sungai dan mengurangi kedalaman gerusan. Manfaat analisa kajian ini adalah dapat menjadi pedoman pada perencanaan normalisasi sungai Batang Kinali.

Kata Kunci : *Batang Kinali , normalisasi, gerusan, groundstill*

ABSTRACT

The normalization of the Batang Kinali River was carried out to reduce the potential for flooding, resulting in a sharper riverbed slope and an estimated 1.82-meter-deep erosion. Therefore, a groundstill was constructed to maintain the stability of the riverbed. This study aims to plan the construction of a groundstill as a technical solution. This study was conducted through hydrological and hydraulic calculations to determine the planned rainfall and flood discharge. Hydraulic analysis was conducted to analyze the capacity of the river cross-section in accordance with the planned flood discharge. The groundstill was designed to be 0.75 m high, and then the stability of the construction was analyzed against water pressure, earthquake loads, soil pressure, and uplift pressure. The riverbed stability analysis after the groundstill construction was conducted based on the river's technical parameters from laboratory testing. The analysis results showed that the groundstill construction was able to normalize river flow and reduce the depth of erosion. The benefit of this study analysis is that it can serve as a guideline for planning the normalization of the Batang Kinali River.

Keywords : *Kinali River, Scouring, Groundstill*

PENDAHULUAN

Sungai merupakan elemen penting dalam sistem hidrologi yang memiliki peran vital dalam pengendalian banjir dan konservasi lingkungan. Namun, kondisi alami sungai sering kali mengalami degradasi akibat aktivitas manusia, salah satunya adalah normalisasi yang mengubah trase sungai. Kasus Sungai Batang Kinali di Sumatera Barat mencerminkan fenomena tersebut, di mana normalisasi yang dilakukan untuk mengurangi kelokan sungai dan mempercepat aliran justru menyebabkan peningkatan kemiringan dasar sungai dari $S = 0,0021$ menjadi $S = 0,0022$ serta timbulnya gerusan dasar sedalam 1,82 meter. Kondisi ini menimbulkan risiko terhadap kestabilan sungai dan infrastruktur di sekitarnya, sehingga diperlukan solusi teknik sipil berupa bangunan konstruksi groundsill.

Permasalahan utama yang dikaji dalam kajian ini adalah: curah hujan rencana dan debit rencana pada kawasan studi, kemiringan dasar dan dimensi penampang sungai, stabilitas dasar sungai terhadap gerusan dan dimensi teknis bangunan groundsill untuk mengatasi gerusan.

Tujuan dari kajian ini adalah merancang bangunan groundsill yang mampu menstabilkan dasar sungai Batang Kinali pada ruas yang terdampak normalisasi mulai pertemuan Batang Kinali dengan Batang Patupangan sampai dengan Bendung Bancah Rambai. Kajian ini dilakukan dengan analisa hidrologi, hidraulika, kedalaman gerusan dan rancangan konstruksi groundsill.

Kajian ini memberikan kontribusi pada bidang teknik sipil khususnya dalam perencanaan bangunan konstruksi groundsill pada aliran sungai yang mengalami degradasi morfologi akibat normalisasi sungai.

BATASAN MASALAH

- Curah hujan rencana dan debit banjir rencana.
- Stabilitas kemiringan dasar sungai dan penampang sungai setelah dinormalisasi
- Rencana konstruksi bangunan groundsill.

MAKSUD DAN TUJUAN

- Menentukan curah hujan rencana dan debit banjir rencana pada daerah kajian.
- Analisa gerusan dasar sungai setelah normalisasi.
- Menghitung kemiringan dasar sungai dan penampang sungai setelah normalisasi.
- Merencanakan Bangunan Groundsill pengaman kemiringan dasar sungai akibat normalisasi.

METODE PENELITIAN

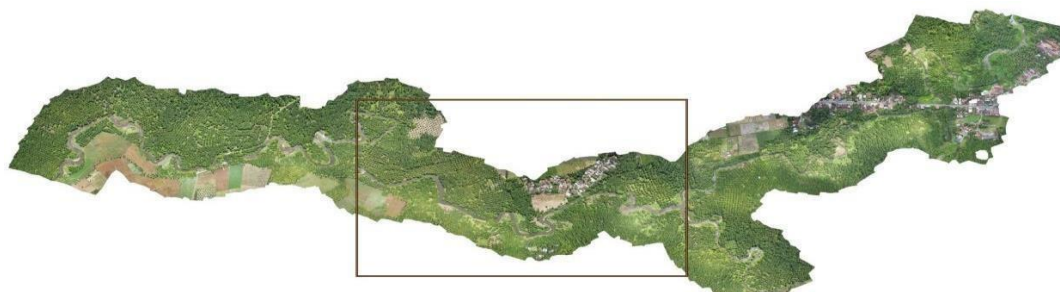
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus untuk menganalisis perencanaan bangunan ground sill pada Sungai Batang Kinali, khususnya pada ruas antara pertemuan Batang Kinali dengan Batang Patupangan hingga Bendung Bancah Rambai sepanjang $\pm 1512,80$ meter. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada adanya indikasi degradasi dasar sungai yang signifikan paskanormalisasi, sehingga menjadi objek representatif dalam studi kestabilan morfologi sungai.

Data yang digunakan terdiri dari data curah hujan historis, data morfometri sungai (kemiringan, lebar, kedalaman), serta data material dasar sungai (ukuran butir sedimen). Data dikumpulkan melalui dokumentasi teknis, pengukuran lapangan, dan analisis laboratorium terhadap sampel sedimen. Untuk data hidrologi dan hidraulika, peneliti memanfaatkan catatan stasiun klimatologi dan hasil pemetaan topografi.

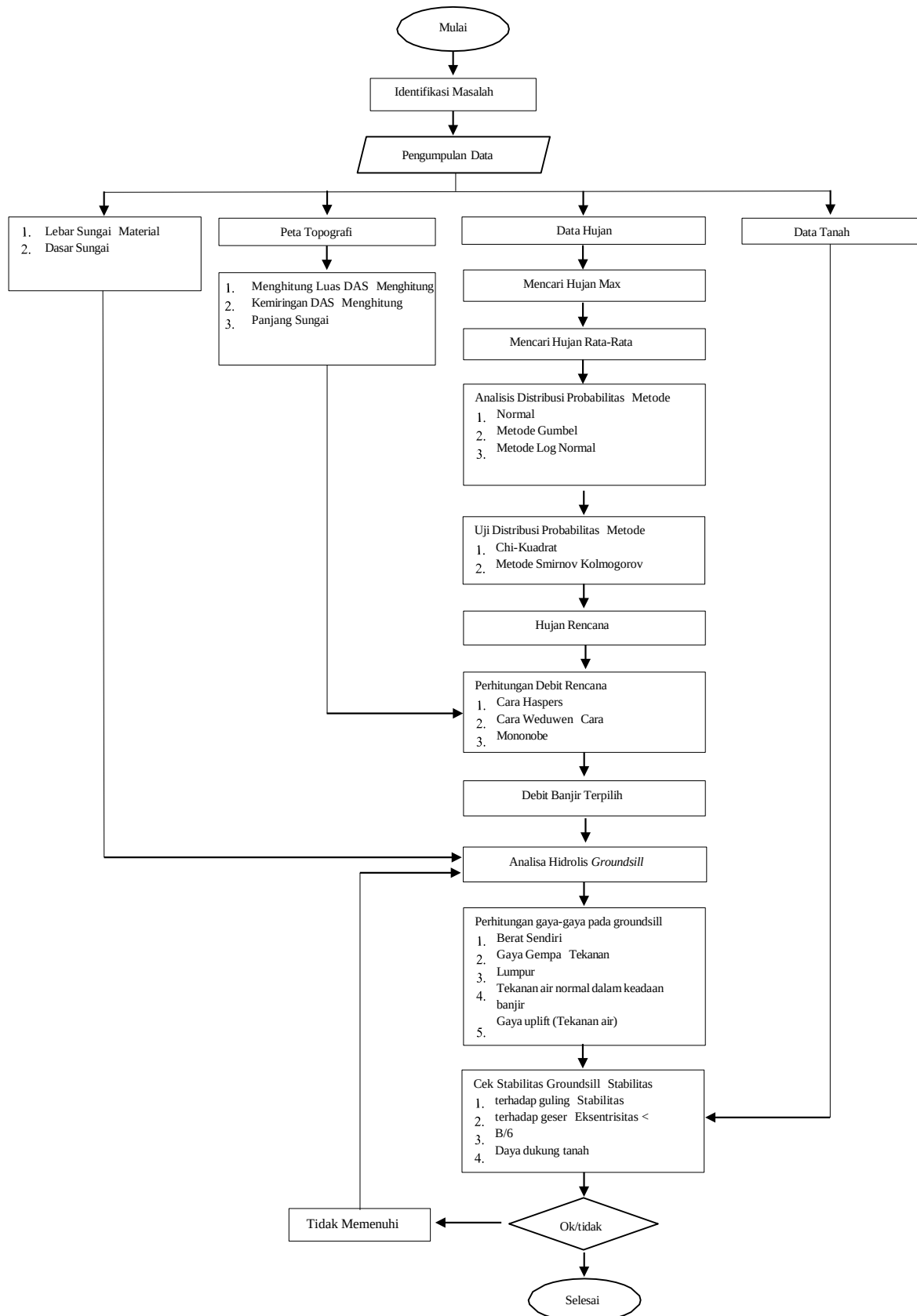
Teknik analisis data meliputi analisis hidrologi untuk menentukan curah hujan rencana dengan distribusi Gumbel, Normal, dan Log-Normal, serta analisis debit banjir dengan metode Hasper, Weduwen, dan Mononobe. Perhitungan kedalaman gerusan dilakukan menggunakan rumus Lacey dan pendekatan koefisien empiris. Selanjutnya, rancangan teknis ground sill disusun berdasarkan hasil analisis stabilitas, mencakup perhitungan gaya-gaya yang bekerja, dimensi struktur, dan uji kestabilan terhadap gaya angkat dan rembesan.



Gambar 1: Lokasi kajian Tugas Akhir Sungai Batang Kinali



Gambar 2: Ruas yang ditinjau dari Pertemuan batang Kinali dengan batang patupangan sampai Bendung Bancah Rambai sepanjang 1512,80 m



Gambar 3: Bagann Perencanaan Groundsill

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hidrologi

1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi punggung- punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak, 1995).

Bagian Kerja Batang Kinali merupakan daerah aliran sungai dengan anak sungai Batang Patupangan dan Sungai Batang Pandan. Pada bagian Tugas Akhir ini ditemukan Catchemen Area seluas 81,5 km² dan panjang sungai 17,9 km, seperti terlihat pada Gambar 4 Bidang sungai bagian hulu mempunyai elevasi +323 dan bidang sungai bagian hilir mempunyai elevasi +24, sehingga kemiringan dasar sungai adalah $Kemiringan = \frac{323 - 24}{17,9} = 0,0186$.

2. Kemiringan Sungai

Sungai Batang Kinali dari Pelrtelmaan Batang Kinali dengan Batang Patupangan sampai Belndung Bancah Rambai selpanjang 1587,80 m setelah dinormalisasi menjadi 1512,80 m. Akibat normalisasi meluruskan trasek sungai ini sehingga kemiringan dasar sungai semakin tajam dari $S = 0,0021$ menjadi $S_y = 0,0022$.

Tabel 1: Kemiringan Sungai Kinali

Posisi	Elevasi	Beda ti ggi	Panjang, L	beda L	Slope
Selbellum Normalisasi					
Batang Patupangan (P28A)	25,697	3 317	2086,4	1587,80	0,0021
P 54(Hulu Belndung)	22,38		3674,2		
Seltellah Normalisasi					
Batang Patupangan (P28A)	25,697	3 317	1634,6	1512,80	0,0022
P 54(Hulu Belndung)	22,38		3147,4		

3. Analisa Curah Hujan Rata-Rata Kawasan

Polygon Thiessen adalah metode untuk menghitung rata-rata curah hujan dengan memperlakukan luas pengaruh setiap titik.



Gambar 5: Peta Catchamen Area Sub DAS Batang Kinali

Di wilayah studi tidak terdapat stasiun hujan, namun terdapat di sekitar wilayah DAS Batang Patupangan – Batang Kinali terdapat 3 (tiga) stasiun pencatat curah hujan yaitu Sta. Belndung Tongar, Sta. Muaro Tantang dan Sta. Kampung IV. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa uji validasi dengan metode Thiessen memperlihatkan stasiun hujan yang paling berpengaruh hanya stasiun curah hujan Muara Tantang.

Tabel 2 : Data Curah Hujan Harian Maksimum DAS Muara Tantang

No	Tahun	Hujan harian Maksimum (mm)
1	2008	96,6
2	2009	84,9
3	2010	100
4	2011	110
5	2012	91
1	2013	65
7	2014	66,4
8	2015	70
9	2016	65
10	2017	96
11	2018	131
12	2019	192
13	2020	98
14	2021	121
15	2022	123
Jumlah		1509,9
Rata-rata		100,66
SD		33,07

Pada Catchamen Area penelitian ini dibuat tiga pembagian untuk menghitung curah hujan, yaitu:

a. Distribusi Probabilitas Normal

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S$$

Keterangan :

X_T = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata dari hujan (X) (mm)

K_T = Faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T

S = Standar deviasi dari hujan (X) (mm)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Tabel 3: Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Normal

No	Periode Ulang (T)	Xrata-rata	Sd	K_T	X_T
1	2 Tahun	100,66	33,07	0	100,66
2	5 Tahun	100,66	33,07	0,84	128,44
3	10 Tahun	100,66	33,07	1,28	142,99
4	25 Tahun	100,66	33,07	1,71	157,20
5	50 Tahun	100,66	33,07	2,05	168,45

b. Distribusi Probabilitas Gumbel

$$X_T = \bar{x} + K_T \cdot S$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R+R)^2}{n-1}}$$

$$K_T = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

Keterangan :

XT = Hujan rencana dengan priode ulang T tahun

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata dari hujan (X) (mm)

K = Faktor frekuensi Gumbel

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

YT = *Reduced Variate*

$$Y_T = -\text{Ln} \left\{ -\text{Ln} \frac{T-1}{T} \right\}$$

S_n = *Reduced Standar Deviasi*

Y_n = *Reduced Mean*

Tabel 6: Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Gumbel

No	T	Yn	Sn	Yt	Yt-Yn	K	Xt
1	2	0,513	1,021	0,367	-0,146	-0,143	95,92
2	5	0,513	1,021	1,500	0,987	0,967	132,63
3	10	0,513	1,021	2,250	1,738	1,702	156,93
4	25	0,513	1,021	3,199	2,686	2,630	187,64
5	50	0,513	1,021	3,902	3,389	3,319	210,42

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{x} + K_T \cdot S \text{ Log } X$$

Keterangan:

Log XT = Nilai logaritma hujan rencana dengan priode T

$$\text{Log } \bar{x} = \text{Nilai rata-rata dari Log } x = \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^2}{n-1}$$

$$S \text{ Log } X = \text{Deviasi standar dari log } x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{x})^2}{n-1}}$$

KT = Faktor frekuensi, nilainya tergantung nilai T

Tabel 7: Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Distribusi Log Normal

No	T	Log Xt	Sd Log X	Kt	Log Kt	Xt
1	2	1,9836	0,1308	0	1,9836	96,30
2	5	1,9836	0,1308	0,84	2,0935	124,02
3	10	1,9836	0,1308	1,28	2,1511	141,60
4	25	1,9836	0,1308	1,71	2,2073	161,18
5	50	1,9836	0,1308	2,05	2,2518	178,57

Tabel 8: Rekapitulasi Curah Hujan

No	T	Curah Hujan Rencana		
		DP Normal M3/detik	DP Gumbel M3/detik	DP Log Normal M3/detik
1	2	100,66	95,92	96,30
2	5	128,44	132,65	124,02
3	10	142,99	156,96	141,60
4	25	157,20	187,69	161,18
5	50	168,45	210,48	178,57

4. Analisa Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah jumlah aliran banjir yang dirancang untuk melewati suatu bangunan konstruksi ground sill di sungai selama waktu balik tertentu.

Proses perhitungan debit banjir rencana diawali dengan pengumpulan data curah hujan dan topografi. Setelah diperoleh nilai data curah hujan rata-rata dan curah hujan rencana, maka dapat dihitung berapakah debit banjir rencana.

Pemilihan data curah hujan yang akan digunakan dalam menghitung debit banjir rencana didasarkan pada hasil uji distribusi probabilitas dengan kedua metode. Data curah hujan yang dipakai yaitu data yang memiliki hasil pembagian terkecil antara parameter terhitung dengan parameter kritis. Pada Tabel 8 diatas ini menunjukkan hasil perhitungan uji distribusi tersebut.

Untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan tiga metode yaitu :

d. Metode Hasper

Tabel 9: Hasil Perhitungan Metode Hasper

Periode Ulang (Tahun)	R _n (mm)	R (mm)	I (m ³ /dtk)	Q _{Tr} (m ³ /dtk)
2	95,92	73,74	6,16	184,56
5	132,65	101,98	8,52	255,24
10	156,96	120,66	10,08	302,01
25	187,69	144,29	12,06	361,14
50	210,48	161,81	13,52	404,99

e. Metode Weduwen

Tabel 10: Hasil Perhitungan Weduwen

Debit Q	α	β	Q	Rn/240	A	Q
Q2	0,720	0,775	9,89	0,400	81,5	189.09
Q5	0,720	0,775	9,89	0,552	81,5	261.49
Q10	0,720	0,775	9,89	0,654	81,5	309.41
Q25	0,720	0,775	9,89	0,782	81,5	369.99
Q50	0,720	0,775	9,89	0,877	81,5	414.92

f. Metode Mononobe

Tabel 11: Hasil Perhitungan Mononobe

N	A	Rn	Rn/24	24/Tc	$(24/Tc)^{2/3}$	ln	A	Qn (M ³ /dt)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,40	95,92	3,997	8,827	4,274	17,08	81,50	154,70
5	0,40	132,65	5,527	8,827	4,274	23,62	81,50	213,94
10	0,40	156,96	6,540	8,827	4,274	27,95	81,50	253,14
25	0,40	187,69	7,820	8,827	4,274	33,43	81,50	302,70
50	0,40	210,48	8,770	8,827	4,274	37,49	81,50	339,46

Tabel 11: Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (tahun)	Haspe r	Metode Mononobe	Weduwen
2	184,56	154,70	189,09
5	255,24	213,94	261,49
10	302,01	253,14	309,41
25	361,14	302,70	369,99
50	404,99	339,46	414,92

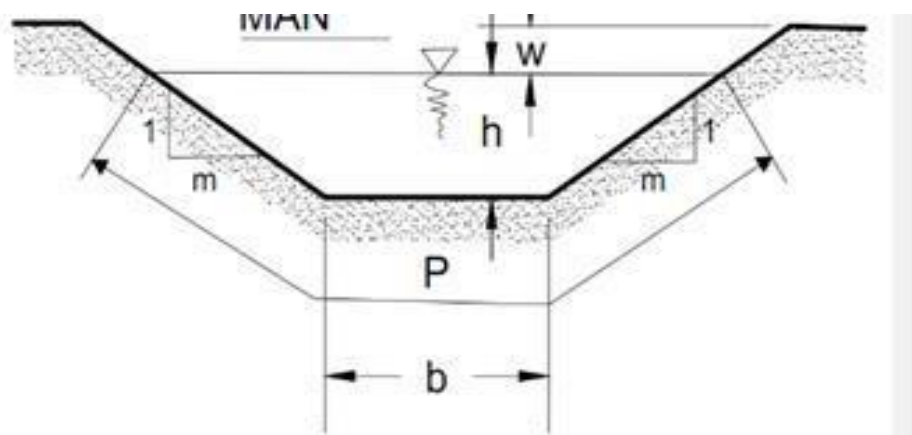
Analisa Kapasitas Penampang Sungai Ruas yang Ditinjau

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^2$$

Tabel 12: Perhitungan Kapasitas Penampang Sungai Batang Kinali Ruas Yang Ditinjau

STA	A (m ²)	P (m)	R A/P	n	1/n	R ^{2/3} (m)	S	S ^{0.5}	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)
P.28A	50,7	34,9	1,5	0,033	30,303	1,28	0,003	0,05477	2,13	107,87
P.28	43,2	21,3	2	0,033	30,303	1,6	0,003	0,05477	2,66	115,14
P.29	51,3	26,3	2	0,033	30,303	1,56	0,003	0,05477	2,59	132,81
P.29A	191,3	95,7	2	0,033	30,303	1,59	0,003	0,05477	2,63	503,63
P.30	43,5	18,7	2,3	0,033	30,303	1,76	0,003	0,05477	2,92	126,9
p.30A	74,2	28,1	2,6	0,033	30,303	1,91	0,003	0,05477	3,18	235,77
P.31	53,7	21,6	2,5	0,033	30,303	1,84	0,003	0,05477	3,05	163,87

P.32	40,2	18,4	2,2	0,033	30,303	1,68	0,003	0,05477	2,79	112,17
P.33	33,2	16,6	2	0,033	30,303	1,59	0,003	0,05477	2,64	87,72
p.33A	31,8	19	1,7	0,033	30,303	1,41	0,003	0,05477	2,34	74,51
P.34	56,4	26,1	2,2	0,033	30,303	1,67	0,003	0,05477	2,77	156,47
P.35	48,6	21,7	2,2	0,033	30,303	1,71	0,003	0,05477	2,84	138,08
P.36	69,1	25,1	2,8	0,033	30,303	1,96	0,003	0,05477	3,26	225,28
P.37	44,5	21,4	2,1	0,033	30,303	1,63	0,003	0,05477	2,7	120,07
P.38	33,1	26,4	1,3	0,033	30,303	1,16	0,003	0,05477	1,93	63,77
P.39	43,8	36,9	1,2	0,033	30,303	1,12	0,003	0,05477	1,86	81,39
P.40	63,6	33	1,9	0,033	30,303	1,55	0,003	0,05477	2,57	163,78
p.40A	31,9	26,7	1,2	0,033	30,303	1,13	0,003	0,05477	1,87	59,68
P.41	19,9	18,8	1,1	0,033	30,303	1,04	0,003	0,05477	1,73	34,38
P.42	55,8	30,2	1,8	0,033	30,303	1,51	0,003	0,05477	2,5	139,54
P.43	27,3	18,2	1,5	0,033	30,303	1,31	0,003	0,05477	2,17	59,32
P.44	60,1	26	2,3	0,033	30,303	1,75	0,003	0,05477	2,9	174,47
P.45	50,9	21	2,4	0,033	30,303	1,8	0,003	0,05477	2,99	152,01
P.46	44,4	22,3	2	0,033	30,303	1,58	0,003	0,05477	2,63	116,87
P.47	50,9	32,6	1,6	0,033	30,303	1,35	0,003	0,05477	2,23	113,8
P.48	53,5	23,8	2,3	0,033	30,303	1,72	0,003	0,05477	2,85	152,51
P.49	50,4	25,2	2	0,033	30,303	1,59	0,003	0,05477	2,64	132,8
P.50	45,3	21,8	2,1	0,033	30,303	1,63	0,003	0,05477	2,7	122,44
P.51	43,7	22,6	1,9	0,033	30,303	1,55	0,003	0,05477	2,58	112,58
P.52	39,2	23,7	1,7	0,033	30,303	1,4	0,003	0,05477	2,32	91
P.53	42,3	23,4	1,8	0,033	30,303	1,48	0,003	0,05477	2,46	104,18
BM.2	45,7	27,6	1,7	0,033	30,303	1,4	0,003	0,05477	2,32	106,16

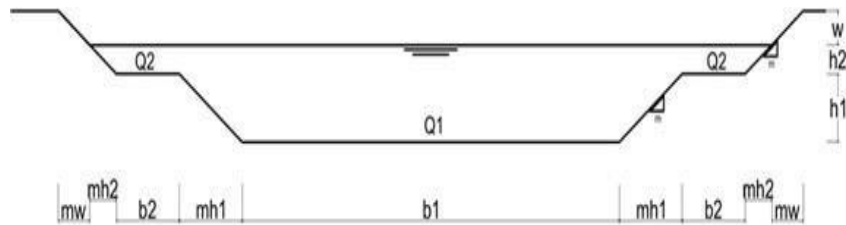


Gambar 6: Penampang sungai

Tabel 13: Hitungan Muka Air dalam Keadaan Normal

h1	A1	P1	$R1^{2/3}$	V1	Q1
(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m/dt)	(m ³ /dt)
1,00	27,00	28,83	0,96	1,59	42,83

2,00	56,00	31,66	1,46	2,42	135,72
2,05	57,50	31,80	1,48	2,46	141,43
2,07	58,10	31,85	1,49	2,47	143,73
2,16	60,83	32,11	1,53	2,54	154,30



Gambar 7: Penampang Sungai Setelah Normalisasi

Tabel 14: Hitungan Muka Air dalam Keadaan Banjir

h2	A1	P1	R1 ^{2/3}	V1	Q1	A2	P2	R2 ^{2/3}	V2	Q2	Q1+2Q2
(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m/dt)	(m ³ /dt)	(m ²)	(m)	(m)	(m/dt)	(m ³ /dt)	
0,00	60,83	32,11	1,53	2,54	154,30	-	3,00	-	-	-	154,30
0,60	79,02	32,11	1,82	3,02	238,66	1,48	3,85	0,38	0,64	0,94	240,53
0,68	81,44	32,11	1,86	3,08	250,99	1,70	3,96	0,43	0,71	1,21	253,41
0,69	81,75	32,11	1,86	3,09	252,55	1,73	3,98	0,43	0,72	1,25	255,04
0,97	90,24	32,11	1,99	3,30	297,76	2,57	4,37	0,59	0,97	2,49	302,75

Perhitungan Kedalaman Gerusan

Menggunakan persamaan Lacey (Direktorat Jendral Sudirman Daya Air 2003)

$$f = 1.76 \sqrt{dm}$$

$$= 1.76 \sqrt{1}$$

$$= 1.76$$

$$R = 0.47 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3}$$

$$= 0.47 \left(\frac{302.70}{1.76} \right)^{1/3}$$

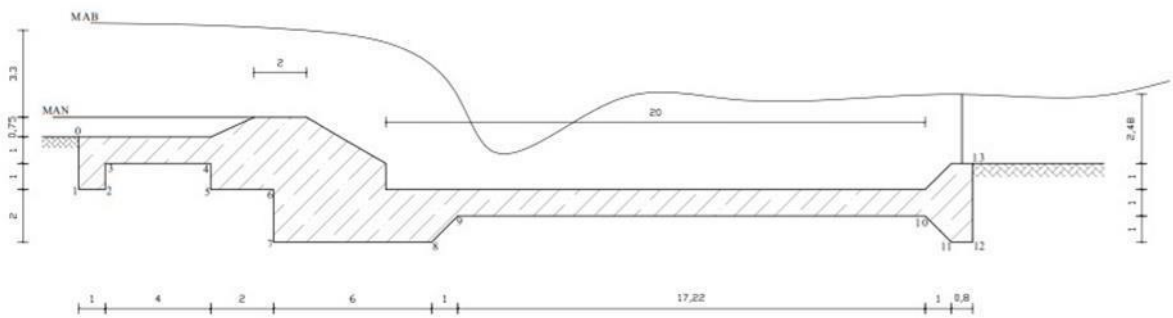
$$= 2.61 \text{ m}$$

R total = 2 x 2.61 m = 5.72 m dari muka air banjir

Jadi kedalaman gerusan = 5.72 – 3.13 = 2.59 m

Perhitungan Dimensi Groundsill

Penempatan groundsill diambil dari sungai yang ditinjau yaitu Pertemuan Batang Kinali dengan Batang Patupangan sampai Bendung Bancah Rambai sepanjang 862,65 m ke hilir sungai. Karena panjang sungai yang berpengaruh terhadap groundsill yang sudah dibangun yaitu 650,15 m sedangkan panjang sungai total yang ditinjau adalah 1512,80 m. Maka penempatan groundsill diambil 862,65 m dari Pertemuan Batang Kinali dengan Batang Patupangan sungai ke hilir sungai



Gambar 8: Dimensi Groundsill

Analisa Stabilitas Groundsill

a) Analisa Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (Piping)

- Terhadap Keadaan Air Normal

Tabel 15: Perhitungan Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (Piping) pada kondisi air normal

Titik	Garis	Vertikal	Panjang Rembesan Horizontal	1/3 Horizontal	Lx	Hx	(Lx/Lw).ΔH	Px = Hx - (Lx/Lw).ΔH
1	0.1	2	-	-	2	2,75	0,16	2,59
2	1.2	-	1	0,33	2,33	2,75	0,19	2,56
3	2.3	1	-	-	3,33	1,75	0,27	1,48
4	3.4	-	4	1,33	4,67	1,75	0,38	1,37
5	4.5	1	-	-	5,67	2,75	0,46	2,29
6	5.6	-	2,4	0,8	6,47	2,75	0,52	2,23
7	6.7	2	-	-	8,47	4,75	0,68	4,07
8	7.8	-	6	2	10,47	4,75	0,85	3,90
9	8.9	1	-	-	11,47	3,75	0,93	2,82
10	9.10	-	17,76	5,92	17,39	3,75	1,41	2,34
11	10.11	1	-	-	18,39	4,75	1,49	3,26
12	11.12	-	0,8	0,267	18,653	4,75	1,51	3,24
13	12.13	3	-	-	21,653	1,75	1,75	0,00
Σ		11		10,653	21,653			

Cek Tebal Lantai:

$$dx > S \cdot \frac{Px - Wx}{\gamma}$$

$$1 > 1,5 \cdot \frac{2,34 - 1}{2,4}$$

$$1 > 0,84 \text{ m (OK)}$$

- Terhadap Keadaan Banjir

Tabel 16: Perhitungan Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (Piping) pada Kondisi Banjir

Titik	Garis	Panjang Rembesan				Hx	(Lx/Lw).ΔH	Px = Hx- (Lx/Lw).ΔH
		Vertikal	Horizontal	1/3 Horizontal	Lx			
1	0.1	2	-	-	2	6,19	0,16	6,03
2	1.2	-	1	0,33	2,33	6,19	0,19	6,00
3	2.3	1	-	-	3,33	5,19	0,27	4,92
4	3.4	-	4	1,33	4,67	5,19	0,38	4,81
5	4.5	1	-	-	5,67	6,19	0,46	5,73
6	5.6	-	2,31	0,77	6,44	6,19	0,52	5,67
7	6.7	2	-	-	8,44	8,19	0,68	7,51
8	7.8	-	6	2	10,44	8,19	0,84	7,35
9	8.9	1	-	-	11,44	7,198	0,92	6,27
10	9.10	-	17,22	5,74	17,18	4,55	1,39	3,16
11	10.11	1	-	-	18,18	5,55	1,47	4,08
12	11.12	-	0,8	0,267	18,443	5,55	1,49	4,06
13	12.13	3	-	-	21,443	2,55	1,73	0,82
Σ		11		10,443	21,443			

Cek Tebal Lantai:

$$dx > S. \frac{P_x - W_x}{\gamma}$$

$$1 > 1,25 \cdot \frac{3,12 - 3,48}{2,4}$$

$$1 > -0,187 \text{ m (OK)}$$

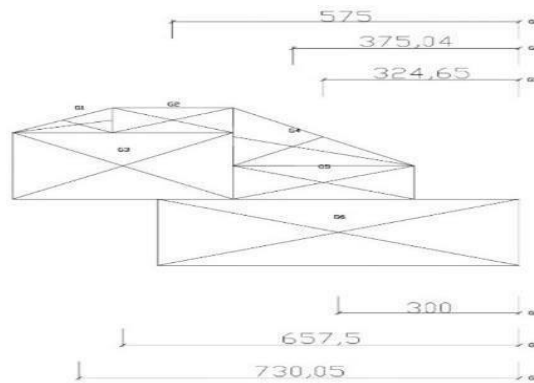
b) Analisa Gaya-Gaya yang bekerja pada Groundsill

Menurut (SNI 2851, 2015) desain bangunan penahan sendimen halaman 26 tabel C.3 menjelaskan bahwa bangunan yang tingginya < 15 M maka gaya-gaya yang dihitung hanya gaya berat sendiri dan gaya tekanan air statik pada saat debit banjir.

Tabel 17: Gaya yang Dihitung

Tinggi bendung <15	Pada debit normal	Pada debit banjir
		1. berat sendiri 2. tekanan air statik
≥15	1. berat sendiri	1. berat sendiri
	2. tekanan air statik	2. tekanan air statik
	3. tekanan tanah sedimen	3. tekanan tanah (sedimen)
	4. tekanan air ke atas	4. tekanan air ke atas
	5. tekanan air dinamik	
	6. gaya inersia gempa	

- Gaya Akibat Berat Sendiri

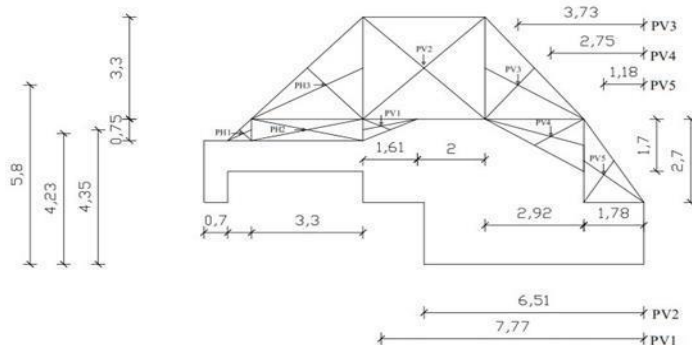


Gambar 9: Gaya Akibat Berat Sendiri

Tabel 18: Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri

Tabel 10.1.1. Perhitungan Gaya Akibat Berat Sendiri											
No	Luas			Lebar			Bj	Gaya	Lengan	Momen	
	Alas			Tinggi			Beton	(Ton)	(m)	(Ton.m)	
G1	0,5	X	1,61	X	0,75	X	1	2,4	1,45	7,30	10,6
G2	1	X	2	X	0,75	X	1	2,4	3,60	5,75	20,7
G3	1	X	3,61	X	2	X	1	2,4	17,33	6,57	113,8
G4	0,5	X	2,92	X	1,75	X	1	2,4	6,13	3,75	23,0
G5	1	X	2,92	X	1	X	1	2,4	7,01	3,24	22,7
G6	1	X	6	X	2	X	1	2,4	28,8	3,00	86,4
Σ								64,32		277,22	

- Gaya Akibat Air Statik



Gambar 10: Gaya Akibat Tekanan Air Statis

Tabel 19: Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Air statis arah horizontal

Tabel 15: Perhitungan Gaya Akibat Pelebaran Air status aliran horizontal																
No	Nama Gaya	Luas				Per 1 m'				Bj Air	Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (ton.m)	
		Alas		Tinggi							H	V	Y	X	Guling	Tahan
1	PH1	0,6	X	0,7	X	0,75	X	1	X	1	0,32	-	4,25	-	1,35875	-

2	PH2	1	X	3,3	X	0,75	X	1	X	1	2,48	-	4,17	-	10,3208	-
3	PH3	0,5	X	3,3	X	3,3	X	1	X	1	5,45	-	2,92	-	15,8994	-
Σ											8,24				27,56	-

Tabel 20: Perhitungan Gaya Akibat Tekanan air statis arah vertikal

No	Nama Gaya	Luas				Per 1 m'	Bj Air	Gaya (ton)		Lengan (m)		Momen (ton.m)				
		Alas	Tinggi					H	V	Y	X	Gulin	Tahan			
1	PV1	0,6	X	1,61	X	0,75	X	1	X	1	-	0,72	-	7,77	-	5,59
3	PV2	1	X	3,61	X	3,3	X	1	X	1	-	11,91	-	6,51	-	78,27
4	PV3	0,5	X	2,92	X	3,3	X	1	X	1	-	4,82	-	3,75	-	18,07
5	PV4	0,5	X	2,92	X	1,75	X	1	X	1	-	2,56	-	2,75	-	7,03
7	PV5	0,5	X	1,78	X	2,75	X	1	X	1	-	2,45	-	1,16	-	2,84
Σ											-	22,34	-	-	-	111,89

- **Resume Gaya-Gaya Yang Bekerja**

Tabel 21: Rekapitulasi gaya-gaya yang bekerja

No	Faktor Gaya	Gaya (Ton)		Momen (Ton.m)	
		Horizontal	Vertical	Guling	Tahan
1	Berat Sendiri	-	64,32	-	277,2
2	Tekanan Hidrostatik Horizontal	8,24	-	27,56	-
2	Tekanan Hidrostatik Vertikal	-	22,46	-	111,9
Jumlah		8,24	86,78	27,56	389,2

Analisa Stabilitas Groundsill Terhadap Guling, Geser dan Daya Dukung Tanah

- **Kontrol Terhadap Guling**

$$\frac{\sum MT}{\sum MG} \geq 1,5$$

$$\frac{389,2}{27,56} \geq 1,5$$

$$14,12 \geq 1,5 \quad OK$$

(SNI 2851,2015)

Dimana :

$\sum MT$ = Jumlah momen tahan (t.m)

$\sum MG$ = Jumlah momen guling (t.m)

SF = Faktor keamanan $\geq 1,5$

- **Kontrol Terhadap Geser**

$$FK_{geser} = \frac{f \sum V}{\sum H} \geq 1,2$$

$$FK_{geser} = \frac{0,75 \times 86,78}{8,24} \geq 1,2$$

$$FK_{geser} = 7,89 \geq 1,2 \quad OK$$

Dimana :

$\sum V$ = Jumlah gaya vertikal (t)

$\sum H$ = Jumlah gaya horizontal (t)

SF = Faktor keamanan $\geq 1,2$ dari tabel C.4 (SNI 2851,2015).

- **Eksentrisitas**

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum MT - \sum MG}{\sum V} < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{6,53}{2} - \frac{389,2 - 27,56}{8,24} < \frac{6,53}{6}$$

$$e = -0,902 < 1,09 \quad ok$$

Dimana :

- e = eksentrisitas
- B = Lebar main dam bagian bawah (m)
- $\sum V$ = Jumlah gaya vertikal (t)
- $\sum MG$ = Jumlah gaya horizontal (t)
- $\sum MT$ = Jumlah momen tahan (t.m)

• Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

Harga kapasitas daya dukung Harga faktor kapasitas dukung Terzaghi (N_c , N_q dan N_γ) dari Tabel 2.16 yang berdasarkan nilai sudut geser dalam ($\phi = 19,18^\circ$), maka diperoleh : $N_c = 16,91$
 $N_q = 6,91$ $N_\gamma = 4,59$

$$Q_{ult} = (1,3 \times C \times N_c) + (h_p \times \gamma \times N_q) + (0,4 \times b_2 \times \gamma \times N_\gamma)$$

$$Q_{ult} = (1,3 \times 1,1 \times 16,91) + (1,3 \times 1,38 \times 6,91) + (0,4 \times 6,53 \times 1,38 \times 4,59)$$

$$Q_{ult} = 53,123 \text{ t/m}^2$$

$$S_f = 2 \text{ (factor aman)}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{Q_{ult}}{S_f} = \frac{53,123}{2} = 26,56 \text{ t/m}^2$$

Kontrol terhadap tegangan tanah (σ) :

- $\sigma_1 = \left(\frac{\sum V}{B}\right) \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right) < \sigma_{ijin}$
- $\sigma_1 = \left(\frac{86,65}{6,53}\right) \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot (-0,902)}{6,53}\right) < 26,56 \text{ t/m}^2$
- $\sigma_1 = 2,28 < 26,56 \text{ t/m}^2 \dots\dots\dots \text{ok}$
- $\sigma_2 = \left(\frac{\sum V}{B}\right) \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right) < \sigma_{ijin}$
- $\sigma_2 = \left(\frac{86,65}{6,53}\right) \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot (-0,899)}{6,53}\right) < 26,56 \text{ t/m}^2$

$$\sigma_2 = 24,30 < 26,56 \text{ t/m}^2 \dots\dots\dots \text{ok}$$

KESIMPULAN

Analisa curah hujan rencana digunakan Metoda Gumbel, setelah dilakukan validasi dengan menggunakan uji chi-kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov. Untuk analisa debit banjir rencana digunakan metoda Mononobe didapatkan debit normal rencana $Q_2 = 154,64 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan debit banjir rencana $Q_{25} = 302,70 \text{ m}^3/\text{dt}$. Validasi metoda analisa debit banjir rencana dilakukan dengan banjir yang terjadi 5 – 8 kali dalam setahun. Kemiringan dasar Sungai sebelum normalisasi $S = 0,0021$ dan setelah normalisasi $S = 0,00220$, dan untuk Penampang sungai rencana diperhitungkan dengan pendekatan empiris dari pendapat Robert Manning. Dari hasil perhitungan penampang didapatkan lebar saluran utama $B_{mc} = 26 \text{ m}$, kedalaman aliran $H_{mc} = 2,16 \text{ m}$ dan lebar saluran sisi $B_{fp} = 3 \text{ m}$, kedalaman aliran pada saluran sisi $H_{fp} = 0,97 \text{ m}$. Kedalaman gerusan dianalisa dengan Menggunakan persamaan Lacey (Direktorat Jendral Sumber Daya Air 2003). didapatkan kedalaman gerusan = 2,59 m. Dari analisis perhitungan dimensi ground sill didapatkan Tinggi air diatas peluap (h_3) 3,435 m, Tinggi jagaan peluap (F) 1,2 m, Lebar peluap (B) 26 m, Tinggi main dam (H) 0,75 m, Lebar main dam (b_2) 2 m, Kemiringan main dam bagian hilir (n) 1 : 1,7, Kemiringan main dam bagian hulu (m) 1 : 2,2, Panjang kolam olak (L) 20 m, Tebal kolam olak (t) 1 m. Untuk stabilitas ground sill terhadap bahaya piping, guling, geser, dan daya dukung tanah dapat disimpulkan bahwa tubuh ground sill aman karena tidak melewati batas aman yang disyaratkan.

DAFTAR PUSTAKA

Pustaka yang berupa majalah atau jurnal ilmiah

- Kamiana, I. Made. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air (Pertama)*. Graha Ilmu. Kementrian Pupr Pusat Pendidikan Dan Sumber Daya Air.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2004. Pd T-12-2004 A. *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Junaidi, F. F. (2014). *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai Dengan Pulau Kemaro)*.
- Asdak, C. H. A. Y. "Pengelolaan Daerah Aliran Sungai." *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai* 12 (1995).
- Kamiana, I. Made. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air (Pertama)*. Graha Ilmu. Kementrian Pupr Pusat Pendidikan Dan Sumber Daya Air.
- Putra, A. S. (2014). *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Sungai: Pulau Kemaro Sampai Dengan Muara Sungai Komering)*.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Andi Offset
- Umar, Z. (2022). *Perencanaan Normalisasi Sungai*. Padang
- Wabia, K., Bakarbesy, D., & Anggraeni, D. D. (2022). *Evaluasi Konstruksi Jembatan Kali Kemiri Akibat Banjir Dan Gerusan Di Kabupaten Jayapura Provinsi Papua (Vol. 11, Issue 2)*.

Pustaka yang berupa judul buku

- Ali, Firdaus, (2010). *"Normalisasi Sungai"* Yogyakarta : Buku Biru
- Br, Sri Harto. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Christady Hardiyatmo, H. (1992). *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: Gramedia.
- Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Sumber Daya Air. 2013. *Standard Perencanaan Irigasi 01: Biro Penerbit Pu, Jakarta*

Pustaka yang berupa skripsi

- Fajri, S. C. (2024). *Analisa Kapasitas Penampang Dan Normalisasi Sungai Batang Kinali (Ruas: Pertemuan Batang Kinali dengan Batang Patupangan – Bendung Bancah Rambai)*