

NORMALISASI SUNGAI LAIKKI SEBAGAI ALTERNATIF PENGENDALI BANJIR

Rahmawati¹, Indriyanti², Misbahuddin³

¹*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare*

Email : rahmawatiramli09@gmail.com

²*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar*

Email : indriyanti.azis@gmail.com

³*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Parepare*

Email : umpar.misbah@gmail.com

ABSTRAK

Meluapnya air sungai yang terjadi merupakan salah satu permasalahan di Sungai Laikki terutama di areal persawahan, perkebunan dan permukiman. Upaya untuk mengendalikan banjir, pengaturan penggunaan daerah dataran banjir dan mengurangi atau mencegah adanya bahaya/kerugian akibat banjir di Sungai Laikki Kabupaten Wajo, perlu dilakukan kegiatan survey dan investigasi untuk mengetahui kondisi dan karakter sungai saat ini. Berdasarkan hasil analisis penyebab masalah yang terjadi selanjutnya dilakukan desain untuk menanggulangi masalah banjir serta strategi dalam pengelolaan daerah banjir dengan modifikasi kerentanan dan kerugian banjir, modifikasi banjir yang terjadi dengan bantuan pengontrol atau normalisasi sungai, modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknis mitigasi seperti penghindaran banjir, dan pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan.

Data yang diperlukan untuk mendapatkan dimensi rencana normalisasi sungai Laikki berupa data topografi, data hidrologi, data hidrometri yang didapatkan dari hasil pengukuran dilokasi. Analisis curah hujan rencana dilakukan dengan memilih metode yang paling sesuai yaitu metode Log Pearson Type III. Analisis intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe serta analisis debit banjir rencana menggunakan metode Hidrograf satuan sintesis Nakayasu. Analisis hidrolika penampang sungai menggunakan program HEC RAS.

Konsep pengelolaan SDA yang terpadu, berkesinambungan dan berwawasan lingkungan harus tetap menjadi prioritas di semua wilayah dengan ciri one river, one plan and one management. Dengan mempertimbangkan hasil inventarisasi kondisi lapangan, pengukuran topografi yang telah dilakukan dan menyesuaikan dengan kesepakatan pengambilan alternatif pola pengendalian banjir sungai, salah satu upaya mengatasi permasalahan di Sungai Laikki yaitu normalisasi sungai. Sedangkan penanganan tebing sungai sebagai perkuatan tebing adalah bronjong. Konstruksi bangunan pengendali banjir lebih diutamakan kepada penggunaan bangunan sederhana yang sebanyak mungkin memanfaatkan tenaga kerja dan material setempat.

Katakunci: Sungai Laikki, normalisasi sungai, bronjong

PENDAHULUAN

Pemanfaatan lahan di sekitar Sungai Laikki semakin didesak oleh kepentingan manusia seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Sungai mengalami penurunan fungsi, penyempitan, pendangkalan dan pencemaran. Fungsi sungai telah berubah menjadi tempat pembuangan air limbah dan sampah sehingga tercemar, dangkal dan rawan terhadap banjir serta masalah lingkungan lainnya.

Sejalan dengan laju perkembangan masyarakat terutama yang tinggal dan melakukan aktivitas di dataran banjir, maka persoalan yang ditimbulkan oleh banjir dari waktu ke waktu semakin meningkat. Banjir yang terjadi setiap tahun akibat meluapnya Sungai Laikki Kabupaten Wajo mengakibatkan kerusakan sarana fasilitas umum, kebun, dan daerah permukiman.

Pada saat musim hujan, Sungai Laikki dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai alat transportasi menghubungkan antar desa/kelurahan Kecamatan Belawa dan Kecamatan Tanasitolo ke Danau Tempe dan sebagai mata pencaharian bagi nelayan. Pada saat musim kemarau, lahan yang sebelumnya tergenang air sebagian besar menjadi kering dan berubah menjadi lahan pertanian. Sungai Laikki merupakan percabangan dari Sungai Bila yang bermuara di Danau Tempe.

Danau Tempe memiliki permasalahan banjir tahunan akibat pendangkalan dasar danau yang jika tidak segera diatasi dapat menambah luasan luapan banjir yang berdampak pada Sungai Laikki dan Sungai lainnya. Pada tahun 2013 dampak banjir akibat meluapnya Danau Tempe di Kecamatan Belawa rumah terendam banjir mencapai 3.794 rumah dan lahan pertanian yang rusak sebesar 2.825 ha sedangkan di Kecamatan Tanasitolo rumah terendam banjir sebanyak 2.082 dan lahan pertanian yang rusak sebesar 223 ha. Tanpa upaya

penanganan dan pengelolaan yang baik, bencana banjir Danau Tempe akan terus berulang dan berdampak terhadap aktivitas ekonomi masyarakat yang menggantungkan hidupnya pada ekosistem Danau Tempe.

Danau Tempe mempunyai kaitan dengan dua danau lainnya yakni Danau Sidenreng dan Danau Buaya. Pada musim kemarau, ketiga danau itu terpisah dan hanya dihubungkan dengan aliran kecil saja. Tetapi pada musim hujan, terjadi banjir yang membuat ketiga danau itu tenggelam menjadi satu hamparan yang luas.

Dalam keadaan normal, luas Danau Tempe sekitar 15.000-20.000 ha. Pada musim kemarau yang kering, luasnya bisa menyusut sampai sekitar 1.000 ha, sedangkan pada musim hujan muka air naik meluap sampai sekitar 26.000 ha yang membanjiri kawasan yang meliputi Danau Sidenreng dan Danau Buaya. Pada saat banjir besar kawasan banjir bisa mencapai 48.000 ha dan menggenangi areal persawahan, perkebunan, rumah penduduk, prasarana jalan dan jembatan serta prasarana sosial lainnya yang menimbulkan kerugian yang sangat besar. Elevasi muka air Danau Tempe berkisar 4-8 m di atas permukaan laut sedangkan kedalaman danau sekitar 3 m saat musim hujan dan hanya sekitar 1 m di musim kering.

Berkaitan dengan upaya untuk mengendalikan banjir, pengaturan penggunaan daerah dataran banjir dan mengurangi atau mencegah adanya bahaya/kerugian akibat banjir di Sungai Laikki Kabupaten Wajo, perlu dilakukan kegiatan survey dan investigasi untuk mengetahui kondisi dan karakter sungai saat ini. Berdasarkan hasil penyelidikan lapangan dapat dianalisis penyebab masalah yang terjadi selanjutnya dilakukan desain untuk menanggulangi masalah banjir serta strategi dalam pengelolaan

daerah banjir dengan modifikasi kerentanan dan kerugian banjir, modifikasi banjir yang terjadi dengan bantuan pengontrol atau normalisasi sungai, modifikasi dampak banjir dengan penggunaan teknis mitigasi seperti penghindaran banjir, dan pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan.

Tujuan kegiatan adalah untuk mengetahui penyebab dan dampak banjir yang terjadi serta menyusun rencana pengurangan resiko besaran banjir dan pengurangan resiko kerentanan kawasan terhadap banjir akibat daya rusak air Sungai Laikki termasuk desain bangunan-bangunan keairan yang diperlukan dalam sistem sungai tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian pada daerah sungai Laikki Kabupaten Wajo dilaksanakan selama 5 bulan (Juni 2017 sampai Oktober 2017). Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengumpulan data tofografi, data hidrologi, data hidrometri, serta studi yang telah ada.
2. Pengukuran topografi, detail situasi, penampang melintang dan memanjang sungai.
3. Melakukan analisis penyebab dan dampak kerusakan yang timbul akibat banjir.
4. Melakukan identifikasi lokasi dataran banjir yang berpotensi menampung puncak banjir.
5. Melakukan identifikasi lokasi yang berpotensi sebagai sarana resapan air dan sarana penampung banjir.
6. Melakukan analisis hidrologi, hidrolika, karakter, dan prediksi kecenderungan respon sungai.

7. Melakukan analisis kestabilan dasar sungai / kedalaman gerusan.
8. Melakukan analisis kestabilan konstruksi yang aman.

Metode Analisis

Penyusunan model hidrolis Sungai Laikki dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran sungai. Model hidrolis yang disiapkan untuk analisis profil muka air dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi yang ada (*eksisting*) dan kondisi dengan adanya perlakuan terhadap sungai, misalnya bangunan perlindungan tebing, tanggul banjir, bangunan penahan sedimen (*check dam*) dan lain-lain. Model hidrolis yang disusun untuk mengetahui profil muka air sungai adalah sebagai berikut :

- Seri 1, untuk kondisi penampang sungai eksisting.
- Seri 2, untuk kondisi penampang sungai desain

Analisis profil muka air sungai dimaksudkan untuk mengetahui perilaku debit sungai jika mengalir melewati penampang sungai baik pada kondisi debit aktual maupun debit banjir rencana. Metode pendekatan yang digunakan adalah menghitung profil muka air sungai secara bertahap dimulai dari kondisi eksisting dan dilanjutkan dengan kondisi sungai sesuai perencanaan atau setelah ada perlakuan. Alat bantu analisis profil muka air yang digunakan adalah paket program HEC-RAS 4.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Hidrologi

Analisis hidrologi ini dibutuhkan untuk menghitung data curah hujan dalam rangka untuk menghitung debit banjir rencana baik secara rasional, empiris maupun model Hidrograf.

a. Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah hujan terbesar tahunan dengan suatu

kemungkinan yang tertentu, atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Dalam perencanaan ini curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan metode Log Pearson Type III.

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson Type III adalah:

- Harga rata-rata.
- Standart deviasi.
- Koefisien kemencengan.

Analisis curah hujan rencana akan dipergunakan untuk perhitungan debit banjir rencana. Untuk analisis curah hujan rencana digunakan metode Log Pearson Type III, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Person Type III

No.	PERIODE ULANG (T) (tahun)	G (tabel)	HARGA EKSTRAPOLASI (Xt) (mm)
1	1.0101	-2.786	69.05
2	2	0.103	129.08
3	5	0.867	152.33
4	10	1.206	163.91
5	20	1.523	175.58
6	25	1.706	182.65
7	50	1.856	188.69
8	100	1.979	193.78
9	200	2.062	197.30
10	1000	2.200	203.32

Sumber : Perhitungan

b. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Perhitungan Uji Smirnov-Kolgomorov untuk metode Log Person Type III dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Uji Kesesuaian Smirnov-Kolgomorov Metode Log Person Type III

No.	Pe (X)	X	Log X	G	Pr (%)	Pt (x)	Pe (X)-Pt (X)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.09	88.11	1.95	3.78	96.55	0.03	0.0564
2	0.18	97.78	1.99	3.96	88.35	0.12	0.0653
3	0.27	98.11	1.99	3.97	86.98	0.13	0.1426
4	0.36	121.33	2.08	4.34	60.67	0.39	-0.0297
5	0.45	135.44	2.13	4.54	35.41	0.65	-0.1914
6	0.55	138.89	2.14	4.59	31.20	0.69	-0.1425
7	0.64	140.67	2.15	4.61	29.07	0.71	-0.0729
8	0.73	150.11	2.18	4.74	21.84	0.78	-0.0543
9	0.82	155.00	2.19	4.80	17.09	0.83	-0.0109
10	0.91	162.78	2.21	4.89	13.90	0.86	0.0481
Jumlah			21.01			Δ_{max}	0.1426
Log X _{Rerata} (Xrt)			2.10119				
Simpanan Baku (Si)			0.09406				
Cs			-0.6355				

Jumlah Data = 10
 Jumlah Log X = 21.01
 = 2.1011929
 α = 5%
 Δ_{cr} = 0.409 (tabel nilai Smirnov-Kolmogorov)

$\Delta_{max} < \Delta_{cr}$ Memenuhi

Dari tabel diatas didapatkan Δ_{maks} = 0,1426 Berdasarkan tabel derajat kepercayaan untuk n = 10, maka diperoleh Δ_{cr} = 0,409 (harga α diambil 5%). Karena nilai Δ_{maks} lebih kecil dari nilai Δ_{cr} ($0,1426 < 0,409$) maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi “Dapat Diterima”.

c. Intensitas Curah Hujan

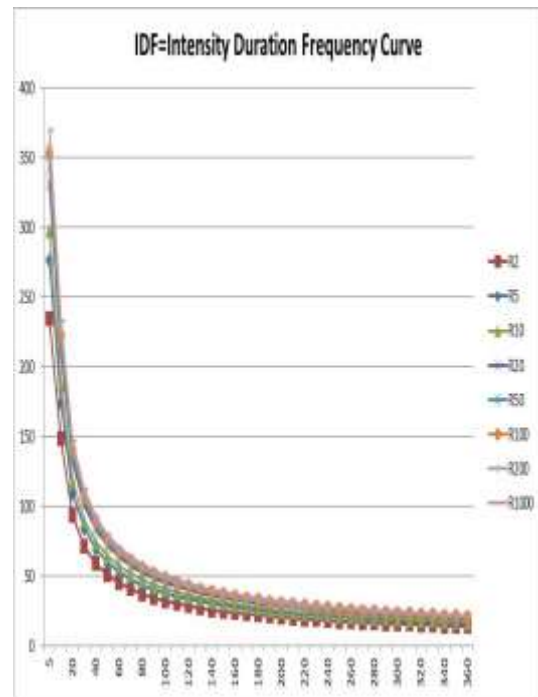
Rumus Intensitas Curah Hujan menurut Dr. Mononobe, yaitu:

$$I = \frac{R}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \text{ mm/jam}$$

Berdasarkan rumus tersebut dari perhitungan curah hujan sebelumnya diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3. Intensitas Curah Hujan

No.	T (menit)	t (jam)	I (mm/jam)									
			R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁
1	5.00	0.08	294,55	276,00	257,65	239,40	221,38	203,63	186,13	168,88	151,88	
2	10.00	0.17	147,76	174,97	187,63	209,08	216,00	221,63	225,86	229,74	232,74	
3	20.00	0.33	93,06	109,85	118,20	131,71	136,07	139,74	142,28	144,62	146,62	
4	30.00	0.50	71,05	83,83	90,20	100,52	103,84	106,64	108,58	111,89	111,89	
5	40.00	0.67	58,64	69,20	74,46	82,97	85,72	88,63	90,63	92,36	92,36	
6	50.00	0.83	50,53	59,64	64,17	71,51	73,67	75,86	77,24	78,60	78,60	
7	60.00	1.00	44,75	52,81	56,83	63,32	65,42	67,18	68,40	70,49	70,49	
8	70.00	1.17	40,38	47,65	51,28	57,14	59,65	60,62	61,72	63,60	63,60	
9	80.00	1.33	36,94	43,59	46,91	52,27	54,00	55,46	56,46	58,18	58,18	
10	90.00	1.50	34,15	40,30	43,37	48,32	49,92	51,27	52,20	53,79	53,79	
11	100.00	1.67	31,83	37,57	40,42	45,65	46,54	47,79	48,66	50,14	50,14	
12	110.00	1.83	29,87	35,26	37,94	42,77	43,67	44,85	45,66	47,05	47,05	
13	120.00	2.00	28,19	33,27	35,80	39,89	41,21	42,32	43,09	44,40	44,40	
14	130.00	2.17	26,73	31,54	33,94	37,82	39,07	40,12	40,85	42,10	42,10	
15	140.00	2.33	25,44	30,02	32,30	35,99	37,18	38,19	38,88	40,07	40,07	
16	150.00	2.50	24,29	28,67	30,85	34,38	35,51	36,47	37,13	38,27	38,27	
17	160.00	2.67	23,27	27,46	29,55	32,93	34,02	34,94	35,57	36,65	36,65	
18	170.00	2.83	22,35	26,37	28,38	31,62	32,67	33,55	34,16	35,20	35,20	
19	180.00	3.00	21,51	25,39	27,32	30,44	31,45	32,30	32,88	33,89	33,89	
20	190.00	3.17	20,75	24,49	26,35	29,36	30,34	31,15	31,72	32,69	32,69	
21	200.00	3.33	20,05	23,67	25,47	28,38	29,32	30,11	30,65	31,59	31,59	
22	210.00	3.50	19,41	22,91	24,65	27,47	28,38	29,14	29,67	30,58	30,58	
23	220.00	3.67	18,82	22,21	23,90	26,63	27,51	28,25	28,77	29,64	29,64	
24	230.00	3.83	18,27	21,56	23,20	25,85	26,71	27,43	27,93	28,78	28,78	
25	240.00	4.00	17,76	20,96	22,55	25,13	25,98	26,66	27,15	27,97	27,97	
26	250.00	4.17	17,28	20,39	21,95	24,45	25,26	25,95	26,42	27,22	27,22	
27	260.00	4.33	16,84	19,87	21,38	23,82	24,61	25,28	25,73	26,52	26,52	
28	270.00	4.50	16,42	19,37	20,85	23,23	24,00	24,65	25,10	25,86	25,86	
29	280.00	4.67	16,02	18,91	20,35	22,67	23,43	24,06	24,49	25,24	25,24	
30	290.00	4.83	15,65	18,47	19,88	22,15	22,88	23,50	23,93	24,66	24,66	
31	300.00	5.00	15,30	18,06	19,45	21,66	22,37	22,98	23,39	24,11	24,11	
32	310.00	5.17	14,97	17,67	19,01	21,19	21,89	22,48	22,89	23,58	23,58	
33	320.00	5.33	14,66	17,30	18,62	20,74	21,43	22,01	22,41	23,09	23,09	
34	330.00	5.50	14,36	16,95	18,24	20,32	20,99	21,56	21,95	22,62	22,62	
35	340.00	5.67	14,08	16,61	17,88	19,92	20,58	21,14	21,52	22,18	22,18	
36	350.00	5.83	13,81	16,30	17,54	19,54	20,19	20,75	21,11	21,75	21,75	
37	360.00	6.00	13,55	15,99	17,21	19,18	19,81	20,35	20,72	21,35	21,35	



Gambar 1. Kurva Intensitas Curah Hujan Sub DAS Laikki

Karena data hujan yang ada hanya data hujan harian, maka untuk memperoleh debit banjir rencana harus melalui tahapan penentuan distribusi hujan harian dalam bentuk jam-jaman. Dengan anggapan hujan yang terjadi berlangsung 6 jam sehari, maka distribusi tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman dengan Metode Mononobe

Waktu (Jam)	Pola Hujan Jam-Jaman		Curah Hujan Rencana (mm)									
	R ₁	R _T	2 tahun	5 tahun	10 tahun	20 tahun	50 tahun	100 tahun	200 tahun	1000 tahun		
1	0.5503	R ₂₄	0.5503	R ₂₄	34.10	40.24	43.30	48.25	49.84	51.19	52.12	53.71
2	0.3467	R ₂₄	0.1430	R ₂₄	8.86	21.79	23.45	26.13	26.99	27.72	28.22	29.08
3	0.2646	R ₂₄	0.1003	R ₂₄	6.22	15.28	16.45	18.33	18.93	19.44	19.80	20.40
4	0.2184	R ₂₄	0.0799	R ₂₄	4.95	12.17	13.09	14.59	15.07	15.48	15.76	16.24
5	0.1882	R ₂₄	0.0675	R ₂₄	4.18	10.28	11.06	12.32	12.73	13.07	13.31	13.71
6	0.1667	R ₂₄	0.0590	R ₂₄	3.65	8.98	9.66	10.77	11.13	11.43	11.63	11.99
Hujan Rancangan			129.08	152.33	163.91	182.65	188.69	193.78	197.30	203.32		
Koefisien Pengaliran			0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
Hujan Efektif			61.96	73.12	78.68	87.67	90.57	93.02	94.71	97.59		

d. Debit Banjir Rencana

Dalam Analisis ini kami akan menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu :

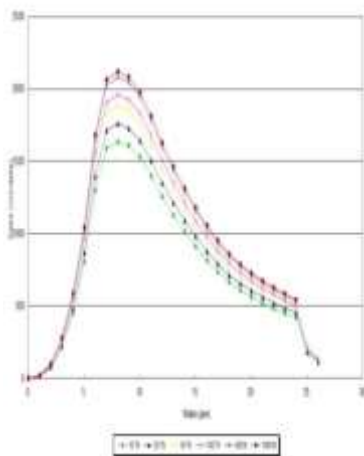
Tabel 5. Parameter Hitung Debit Sungai Laikki

Debit Kala Ulang	Kode	Elevasi Hulu (m)	Elevasi Hilir (m)	Panjang Sungai (m)	Luas Sub DAS (km2)	Persentase Debit (%)	Keterangan
Sungai Bila	QA					82,44	x QA1
Sungai Radi A. Gari	QB					56,84	x (Q3-QA)
Sungai Laikki Hulu	QA1	959	7,2	89.989,40	1.135,26		(QA1-QA)
Sungai Cenranae	Q1	959	6,8	98.634,40	1.368,27		(Q1-QB-QA)
Sungai Lapongpakka	Q2	45	7,0	16.099,50	115,53		
Sungai Laikki Hilir	Q3	959	7,1	96.631,40	1.346,24		(Q3-QA)

Sehingga diperoleh debit banjir masing-masing lokasi adalah sebagai berikut :

a. Debit banjir sungai Laikki Hulu sebagai berikut :

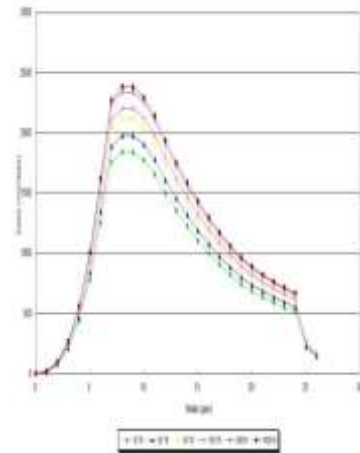
Kala Ulang	Nakayasu m ³ /dt
2	741.41
5	1385.91
10	1635.57
25	1759.93
50	1885.21
100	1961.12
200	2026.00
500	2080.66
1000	2118.46



Gambar 2. HSS Nakayasu Sungai Laikki Hulu

b. Debit banjir Sungai Laikki Hilir sebagai berikut :

Kala Ulang	Nakayasu m ³ /dt
2	834.13
5	1559.23
10	1840.12
25	1980.03
50	2120.98
100	2206.38
200	2279.37
500	2340.87
1000	2383.40



Gambar 3. HSS Nakayasu Sungai Laikki Hilir

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika sungai dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur sungai pada kondisi sekarang terhadap banjir rencana dan profil muka air banjir sepanjang alur yang ditinjau. Salah satu hasil perhitungan kapasitas alur adalah nilai kapasitas sungai (*Bank Full Capacity*). Salah satu pendekatan dalam perhitungan hidraulik sungai adalah dengan menggunakan rumus *Manning* yang menganggap aliran sungai adalah aliran tetap sebagai berikut :

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

$$V = Q / A$$

$$R = A / P$$

$$A = (b + mh)h$$

$$P = b + 2h \sqrt{m^2 + 1}$$

dimana :

- V = Kecepatan Aliran, m/det
- Q = debit, m³/det
- A = luas potongan melintang aliran, m²
- R = jari-jari hidraulis, m
- P = Keliling basah, m
- b = lebar dasar sungai, m

- h = tinggi air, m
- I = kemiringan energi
- n = koefisien kekasaran Manning, m^{1/3}/det
- m = kemiringan talud (1 V : m H)

Mengingat bahwa aliran sungai pada umumnya adalah sub-kritis, maka perhitungan tinggi muka air pada penampang tidak hanya dilakukan dengan rumus Manning, tetapi dilakukan dengan metode persamaan energi.

$$\begin{aligned} Z_1 &= S_0 X + Y_1 + Z_2 \\ Z_2 &= Y_2 + Z_2 \end{aligned}$$

Kehilangan energi akibat gesekan :

$$\begin{aligned} H_f &= S_f X \\ &= \frac{1}{2} (S_1 + S_2) X \end{aligned}$$

$$S_0 X + Y_1 \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = S_f X + Y_2 \alpha_2 \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

$$Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_f + h_e$$

$$H_e = k \cdot \left(\alpha_2 \frac{V_2}{2 \cdot g} \right)$$

Besar h_e adalah fungsi dari perubahan tinggi energi ($\alpha \frac{V^2}{2g}$), pada sungai prisma besar $h_e = 0$. Tinggi energi pada penampang sungai yang ditinjau :

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2 \cdot g}$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2 \cdot g}$$

maka :

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e$$

$$Z = \text{elevasi muka air}$$

$$X = \text{jarak penampang yang ditinjau}$$

$$Y = \text{dalamnya air}$$

$$A = \text{luas penampang}$$

$$V = \text{kecepatan aliran rata-rata}$$

$$\alpha \frac{V_2}{2 \cdot g} = \text{tinggi kecepatan}$$

$$H = \text{tinggi energi}$$

$$S = \text{kemiringan dasar sungai}$$

$$h_f = \text{kehilangan energi karena kemiringan}$$

h_e = kehilangan energi karena kecepatan aliran

Pada kondisi sebenarnya, penampang sungai tidak prismatis dan bahkan sangat beragam bentuknya. Analisis profil aliran, disamping menggunakan pendekatan aliran tunak (*steady flow*) seperti uraian di atas juga akan dilakukan analisis dengan pendekatan aliran tidak tunak (*unsteady flow*). Analisis profil muka air dengan pendekatan aliran tidak tunak adalah karena salah satu hal yang mempengaruhi muka air adalah besaran aliran yang tidak konstan dalam dimensi waktu.

a. Pendekatan Analisis Model Numerik

Kapasitas sungai akan didekati dengan perhitungan hidrolis sungai terhadap banjir rencana. Perhitungan hidrolis penampang sungai akan menggunakan bantuan paket program HEC RAS versi 4.1 (*free domain*). Secara ringkas program HEC RAS versi 4.1 (*free domain*) diuraikan seperti berikut ini :

- a. Model matematik HEC RAS ini secara umum dapat digunakan untuk menangani aplikasi yang sangat luas seperti halnya penjalaran gelombang pasang surut di muara sungai, gelombang banjir di sungai, operasi sistem irigasi, drainasi dan sebagainya.
- b. HEC RAS ini dapat menghasilkan keluaran yang langsung dapat digunakan untuk proses lebih lanjut, misalnya desain struktur bangunan air.
- c. Di dalam sistem HEC RAS, suatu model dari prototipe dapat disusun dari suatu rangkaian elemen tipe dari elemen yang tersedia adalah penampang sungai dan bangunan pengatur.

- d. Bagan jaringan sungai yang menunjukkan orientasi dan hubungan antara ruas-ruas dan simpul dapat divisualisasikan oleh program bila diperlukan. Hal ini untuk memudahkan pemeriksaan bila terjadi kesalahan dalam pemasukan data.
- e. Bentuk penampang sungai yang sederhana dapat dilukiskan hanya dengan beberapa data. Sedangkan untuk penampang yang rumit seperti pada sungai alam, maka lebar aliran (flow width) dan lebar tampungan (storage width), faktor tahanan dan radius hidrolis dapat diberikan sebagai fungsi dari elevasi air.
- f. Dalam program HEC RAS dimungkinkan untuk menggunakan salah satu dari rumus gesekan air, yaitu rumus Manning atau rumus Chezy.
- g. Di dalam HEC RAS ada beberapa jenis bangunan air yang dapat dimodelkan sebagai overflow dan underflow. Transisi dari berbagai situasi seperti overflow dan underflow, aliran sub kritis dan super kritis dari berbagai arah akan diperhitungkan secara otomatis oleh program HEC RAS.

Program HEC RAS sudah dikompilasi dalam program Windows, sehingga operasional input data (geometri jaringan dan batasan model) dan tampilan hasil yang aplikatif untuk pekerjaan selanjutnya. Secara ringkas lingkup model matematik HEC RAS adalah:

- a. Skematisasi sistem jaringan yang ada
- b. Pemilihan boundary condition dan initial condition
- c. Running desain model dengan berbagai alternatif
- d. Evaluasi hasil running
- e. Rekomendasi sistem tata air berdasarkan pemilihan dari alternatif desain model.

b. Hasil Simulasi HEC-RAS

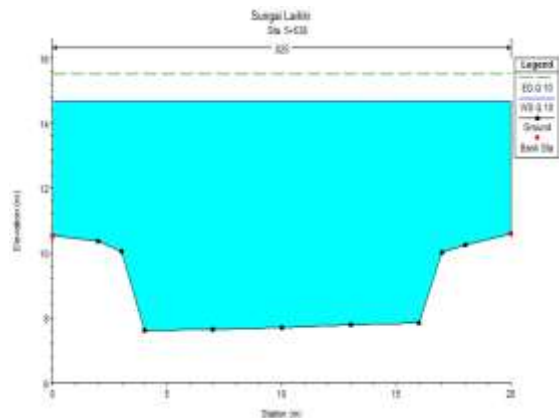
Hasil simulasi dengan menggunakan HEC-RAS untuk debit

Sta.	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
0+000	287.24	6.69	16.21	16.28	0.000086	1.18	244.38	31	0.13
0+100	287.24	6.15	16.18	16.27	0.000103	1.27	226.65	29.8	0.15
0+200	287.24	6.04	16.14	16.25	0.000161	1.49	192.3	24.6	0.17
0+287	287.24	7.98	16.18	16.22	0.000059	0.96	300.17	43	0.12
0+387	287.24	8.02	16.12	16.21	0.000119	1.31	218.62	30	0.16
0+487	287.24	6.97	16.08	16.19	0.000157	1.47	195.08	26	0.17
0+587	287.24	4.8	16.13	16.17	0.000037	0.86	334.81	36	0.09
0+660	287.24	4.8	16.11	16.16	0.000054	1	287.45	32	0.11
0+760	287.24	7.31	16.05	16.15	0.00014	1.41	203.64	28	0.17
0+860	287.24	6.02	16.07	16.13	0.000065	1.06	270.86	33	0.12
0+960	287.24	7.56	16.05	16.12	0.000092	1.18	243.13	33	0.14
1+060	287.24	6.82	16.03	16.11	0.000093	1.21	237.95	30	0.14
1+160	287.24	6.25	16.03	16.09	0.000074	1.1	261.56	34	0.13
1+260	287.24	7.58	16.02	16.09	0.000082	1.13	254.56	34	0.13
1+360	287.24	5.83	16	16.08	0.000092	1.22	236.12	29	0.14
1+460	287.24	6.87	15.97	16.06	0.000129	1.34	213.99	28	0.15
1+580	287.24	6.28	15.95	16.05	0.000124	1.36	211.24	28	0.16
1+680	287.24	6.21	15.94	16.04	0.000131	1.4	204.64	26	0.16
1+780	287.24	6.99	15.95	16.02	0.000084	1.16	248.43	33	0.13
1+880	287.24	6.84	15.94	16.01	0.000087	1.17	246.07	33	0.14
1+980	287.24	6.4	15.93	16	0.000087	1.17	244.9	31	0.13
2+107	287.24	6.27	15.91	15.99	0.000099	1.24	232.49	30	0.14
2+217	287.24	6.75	15.91	15.97	0.000075	1.1	260.67	33	0.13
2+326	287.24	6.85	15.9	15.96	0.000075	1.1	260.79	33	0.13
2+426	287.24	7.13	15.89	15.96	0.00008	1.13	255.31	33	0.13
2+545	287.24	4.3	15.9	15.94	0.00005	0.97	294.64	33	0.1
2+645	287.24	7.2	15.89	15.94	0.000054	0.95	301.21	39	0.11
2+745	287.24	6.35	15.84	15.93	0.000107	1.29	223.29	28	0.15
2+854	287.24	7.16	15.86	15.91	0.000063	1.02	282.6	36	0.12
2+967	287.24	7.24	15.83	15.9	0.000089	1.17	245.39	33	0.14
3+067	287.24	5.43	15.82	15.89	0.000078	1.15	250.35	30	0.13
3+167	287.24	7.45	15.82	15.88	0.000083	1.12	256.47	36	0.13
3+267	287.24	7.93	15.8	15.87	0.000099	1.18	242.4	35	0.14
3+386	287.24	6.93	15.78	15.86	0.000104	1.23	232.92	32	0.15
3+498	287.24	5.62	15.79	15.84	0.000063	1.05	273.99	33	0.12
3+609	287.24	6.38	15.75	15.83	0.000104	1.25	229.48	30	0.14
3+725	287.24	6.11	15.75	15.82	0.000073	1.1	260.22	32	0.12
3+837	287.24	8.15	15.74	15.81	0.000085	1.13	254.97	37	0.14

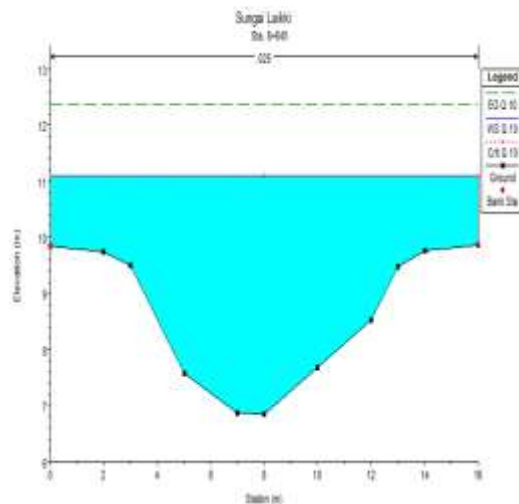
rencana 10 tahun dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Hidrolika Sungai Laikki Debit Rencana 10 tahun

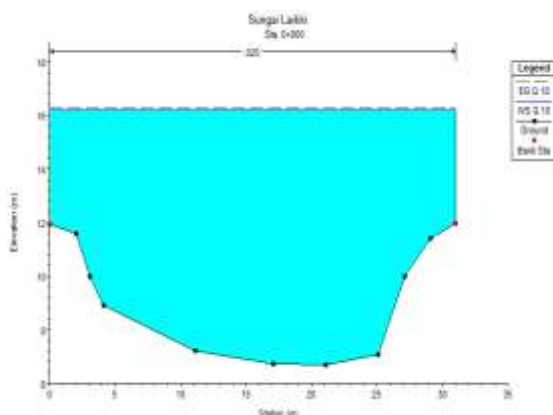
3+937	287,24	6,74	15,73	15,8	0,000086	1,16	247,77	33	0,14
4+046	287,24	7,39	15,72	15,79	0,000078	1,1	260,56	36	0,13
4+146	287,24	5,86	15,72	15,78	0,000074	1,1	260,21	33	0,13
4+255	287,24	7,25	15,71	15,77	0,000076	1,08	266,98	37	0,13
4+355	287,24	6,1	15,67	15,76	0,000118	1,34	214,96	27	0,15
4+492	287,24	7,9	15,6	15,73	0,000202	1,64	175,44	26	0,2
4+602	287,24	6,05	15,61	15,7	0,000114	1,31	220,03	28	0,15
4+702	287,24	7	15,63	15,68	0,000071	1,06	270,58	36	0,12
4+815	287,24	6,43	15,59	15,67	0,000104	1,25	229,36	30	0,14
4+942	287,24	7,76	15,59	15,66	0,000093	1,18	243,32	35	0,14
5+070	287,24	7,65	15,58	15,64	0,000081	1,09	263,13	37	0,13
5+204	287,24	6,94	15,56	15,63	0,000088	1,16	248,02	33	0,13
5+322	287,24	7	15,56	15,62	0,000068	1,03	277,75	37	0,12
5+438	287,24	7	15,53	15,61	0,000092	1,18	242,75	33	0,14
5+488	287,24	6,17	15,54	15,6	0,00007	1,07	267,76	34	0,12
5+538	491,79	7,61	14,66	15,51	0,001718	4,08	120,65	20	0,53
5+688	491,79	6,8	14,8	15,3	0,000848	3,12	157,4	23	0,38
5+624	491,79	6,63	14,83	15,23	0,000668	2,81	174,91	27	0,35
5+729	491,79	7	14,79	15,2	0,000661	2,84	173,17	27	0,36
5+829	491,79	7,86	14,81	15,11	0,000468	2,41	204,14	35	0,32
5+938	491,79	7,33	14,65	15,04	0,000632	2,77	177,86	29	0,36
6+053	491,79	7	14,59	14,96	0,000617	2,72	180,92	30	0,35
6+165	491,79	6,2	14,61	14,87	0,000367	2,26	217,68	33	0,28
6+273	491,79	6,42	14,56	14,83	0,000392	2,32	212,1	32	0,29
6+385	491,79	7,33	14,39	14,77	0,000634	2,73	180,32	31	0,36
6+504	491,79	6,35	14,29	14,69	0,000654	2,79	176,58	29	0,36
6+642	491,79	7,1	14,11	14,58	0,000812	3,03	162,4	29	0,41
6+684	204,85	8	14,23	14,49	0,000635	2,27	90,11	18	0,32
6+740	204,85	7,5	14,2	14,45	0,000612	2,24	91,29	18	0,32
6+858	204,85	6,88	14,14	14,38	0,000528	2,14	95,87	18	0,3
6+975	204,85	7,83	14,07	14,31	0,000579	2,2	83,3	19	0,32
7+094	204,85	6,9	14,04	14,24	0,000422	1,95	105,27	19	0,26
7+204	204,85	7,74	13,88	14,17	0,000724	2,39	85,58	18	0,35
7+330	204,85	7,7	13,74	14,07	0,000846	2,52	81,43	18	0,38
7+466	204,85	7,36	13,65	13,95	0,000782	2,44	84,05	18	0,36
7+574	204,85	7,8	13,65	13,86	0,000463	1,99	102,82	22	0,29
7+706	204,85	7	13,51	13,78	0,000663	2,28	90	19	0,33
7+813	204,85	7,83	13,29	13,67	0,001095	2,75	74,49	18	0,43
7+914	204,85	7,9	13,19	13,56	0,001092	2,72	75,34	19	0,44
8+023	204,85	7,3	13,06	13,44	0,001084	2,74	74,7	18	0,43
8+134	204,85	7,07	12,96	13,32	0,001039	2,66	77,08	20	0,43
8+222	204,85	7,16	12,89	13,22	0,000949	2,57	79,77	20	0,41
8+331	204,85	7,07	12,79	13,12	0,000986	2,54	80,54	21	0,41
8+439	204,85	6,87	12,37	12,95	0,001901	3,37	60,82	16	0,55
8+545	204,85	6,6	12,19	12,74	0,001769	3,28	62,36	16	0,53
8+645	204,85	6,84	11,09	12,37	0,006118	5,01	40,88	16	1



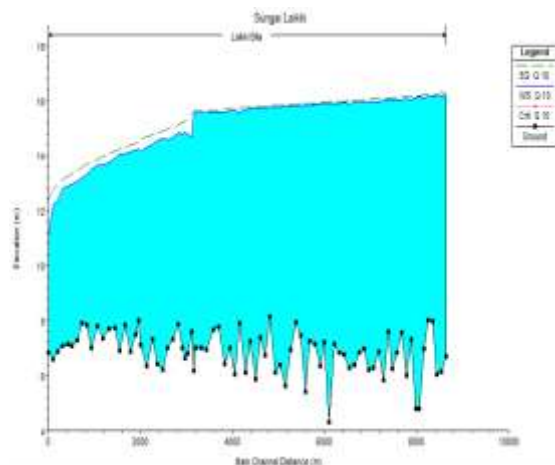
Gambar 5. Profil Melintang Sta. 5+538 Q 10 Tahun



Gambar 6. Profil Melintang Sta. 8+645 Q 10 Tahun



Gambar 4. Profil Melintang Sta. 0+000 Q 10 Tahun



Gambar 7. Profil Memanjang Q 10 Tahun
 Dari hasil analisis hidrolika untuk penampang sungai eksisting didapatkan elevasi muka air berada diatas mulut sungai untuk debit periode ulang 10 tahun, sehingga dapat disimpulkan penampang rencana pengendalian banjir tidak mampu mengalirkan debit rencana.

DESAIN PENGENDALIAN BANJIR

Menangani permasalahan di Sungai Laikki secara tuntas, maka perlu beberapa langkah penanganan terpadu yang harus dilakukan dari hulu, tengah dan hilir, beberapa hal yang perlu dilakukan dalam mengatasi permasalahan yang terjadi antara lain:

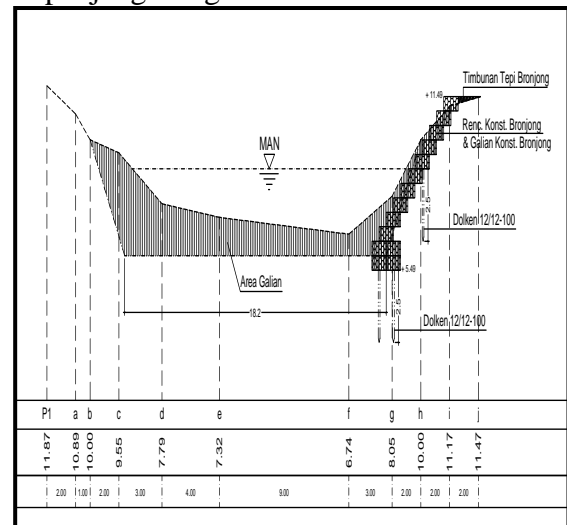
1. Normalisasi Sungai

Pengendalian banjir di Sungai Laikki dilakukan dengan cara penggalian/pengerukan sungai. Tujuan penggalian dan pengerukan pada perbaikan sungai adalah:

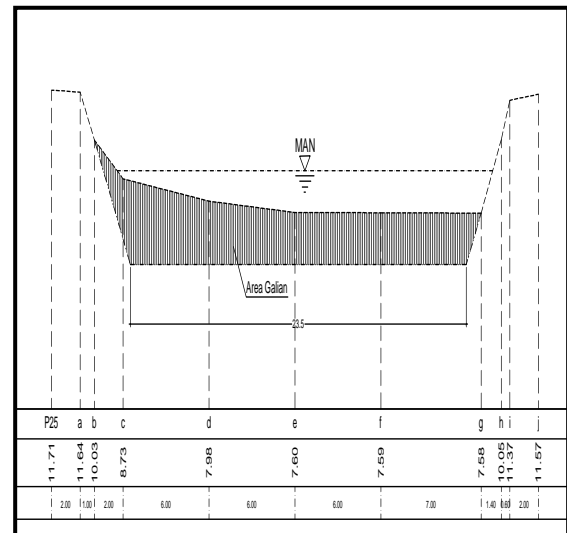
1. Untuk meningkatkan kapasitas aliran alur sungai dengan memperbesar kapasitas penampangnya, baik memperlebar ataupun memperdalam alur sungai tersebut.
2. Untuk membagi debit banjir atau menyalurkan air untuk berbagai kebutuhan dengan pembuatan saluran-saluran baru seperti saluran banjir, saluran drainase, dan saluran pembawa.

3. Untuk pengendalian banjir atau peningkatan penyediaan air sungai dengan pembangunan waduk-waduk pada lokasi yang berdekatan dengan sungai atau pada alur sungai.
4. Untuk memperbaiki alur asli dan untuk mendapatkan bahan tanah urugan tanggul.

Peningkatan kapasitas penampang dengan memperdalam alur sungai dilaksanakan di Sepanjang Sungai Laikki.



Gambar 8. Normalisasi Sungai Laikki Sta. 0+050

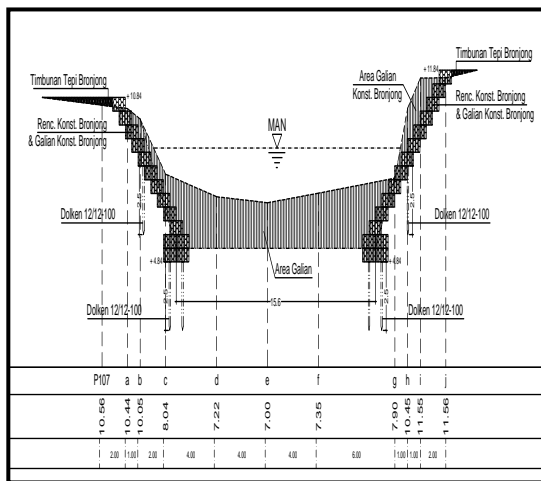


Gambar 9. Normalisasi Sungai Laikki Sta. 1+260

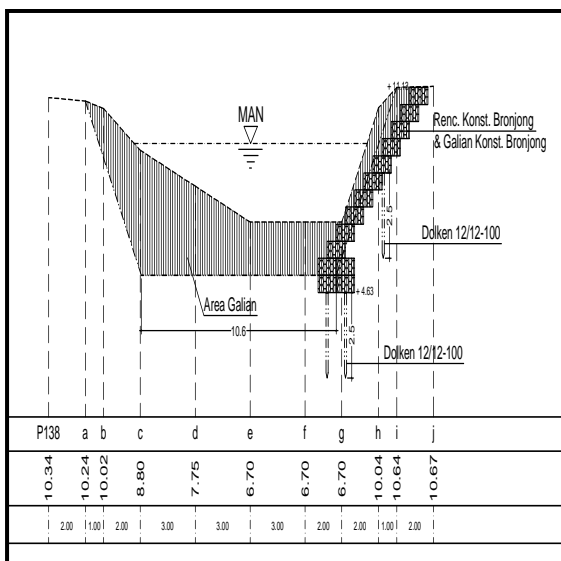
3. Perkuatan Tebing

Mengatasi gerusan sungai dengan mengatur arus sungai. Gerusan terjadi sepanjang bagian hulu Sungai Laikki, sehingga penampang sungai di beberapa titik melebar. Tujuan pembangunan perkuatan tebing antara lain:

1. Mengatur aliran sungai sedemikian rupa sehingga pada waktu banjir air dapat mengalir cepat dan aman
2. Mengatur kecepatan aliran sungai yang memungkinkan adanya pengendapan dan pengangkutan sedimen dengan baik.



Gambar 10. Kontruksi Bronjong Sta. 5+729



Gambar 11. Kontruksi Bronjong Sta. 7+506

Pemilihan lokasi pembangunan perkuatan tebing bronjong didasarkan pada faktor sosial ekonomi masyarakat, jumlah pemukiman, jumlah sarana dan prasarana, jumlah areal pertanian dan perkebunan. Berdasarkan kriteria teknis dan pertimbangan sosial ekonomi tersebut maka ditentukan rencana bronjong dengan total panjang 2.964 meter yang tergambar dibawah ini.



Gambar 12. Rencana Bronjong

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan saat ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Konsep pengelolaan SDA yang terpadu, berkesinambungan dan berwawasan lingkungan harus tetap menjadi prioritas di semua wilayah dengan ciri one river, one plan and one management.
2. Dengan mempertimbangkan hasil inventarisasi kondisi lapangan, pengukuran topografi yang telah dilakukan dan menyesuaikan dengan kesepakatan pengambilan alternatif pola pengendalian banjir sungai, salah satu upaya mengatasi permasalahan di

Sungai Laikki yaitu normalisasi sungai. Sedangkan penanganan tebing sungai sebagai perkuatan tebing adalah bronjong.

3. Konstruksi bangunan pengendali banjir lebih diutamakan kepada penggunaan bangunan sederhana yang sebanyak mungkin memanfaatkan tenaga kerja dan material setempat.

DAFTAR PUSTAKA

Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Hydrologic Engineering Center. 2000. *Hydrolic Modeling System HEC-HMS (Technical Reference Manual)*. U.S. Army Corps of Engineering. Davis.

Hydrologic Engineering Center. 2010. *Hydrolic Modeling System HEC-RAS (User's Manual)*. U.S. Army Corps of Engineering. Davis.

Hicks, Tyler G., and Edward T. W. 1996. *Teknologi Pemakaian Pompa*. Erlangga. Jakarta.

CV. Intishar Karya, 2017. *Laporan Akhir SID Pengendalian Banjir Sungai Laikki Kabupaten Wajo*. Konsultan Makassar

Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhiungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Kementrian PUPR Direktorat Jendral SDA BBWS Pemali Juana. 2016.

Kodoatie, Robert J., dan Roestam Sjarief. 2010. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi. Yogyakarta.

Kodoatie, Robert J. dan Sugiyanto. 2002. *Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
Soemarto, C. D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Erlangga. Jakarta.

Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Nova. Bandung.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.
Triatmojo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.

Triatmojo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.