

Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow

Aditya Hadipradana Welliang¹, Jeffry S. F. Sumarauw², Tiny Mananoma³
Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
¹adityawelliang2@gmail.com; ²jeffrysumarauw@ymail.com; ³tmananoma@yahoo.com

Abstrak - Sungai Lombagin merupakan salah satu sungai dengan DAS yang luas di Provinsi Sulawesi Utara. Sungai Lombagin yang tepatnya berada di Kabupaten Bolaang Mongondow sudah sering meluap dan membanjiri kawasan hilir DAS yang sebagian besar merupakan lahan pertanian dan pemukiman masyarakat. Oleh karena itu dibutuhkan data mengenai besar debit banjir dan tinggi muka air yang dapat terjadi. Analisis dilakukan dengan mencari frekuensi hujan dengan metode Log Pearson III. Adapun data hujan yang digunakan berasal dari 8 pos hujan dan 3 pos klimatologi, yaitu pos hujan Nonapan, Lolak, Ayong, Moayat, Pusian, Konarom, Matayangan, Toraut dan pos klimatologi Tompaso, Nuangan, Doloduo. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum dari tahun 2006 s/d 2016. Setelah didapat besar hujan, dilakukan simulasi hujan aliran dengan HSS Snyder menggunakan program komputer HEC-HMS. Setelah itu debit puncak hasil simulasi dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi tinggi muka air pada penampang yang telah diukur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa debit semua penampang sungai dapat menampung debit sungai dimulai dari debit kala ulang 2 tahun sampai debit kala ulang 100 tahun.

Kata kunci — Debit Banjir Rencana, Tinggi Muka Air, HEC-HMS, HEC-RAS

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Banjir adalah salah satu bencana alam yang sering terjadi pada saat musim hujan pada berbagai Daerah Aliran Sungai (DAS) di sebagian besar wilayah Indonesia. Meningkatnya debit dan tinggi permukaan air yang terjadi akan menyebabkan meluapnya air di suatu sungai yang kita kenal dengan istilah banjir.

Aditya Hadipradana Welliang adalah mahasiswa tingkat akhir jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado pada bidang Sumber Daya Air (email : adityawelliang2@gmail.com);

Jeffry S. F. Sumarauw adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Sumber Daya Air (email : jeffrysumarauw@ymail.com)

Tiny Mananoma adalah dosen jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bidang Sumber Daya Air (email : tmananoma@yahoo.com)

Sungai Lombagin adalah salah satu sungai terpanjang yang ada di provinsi Sulawesi Utara. Sungai Lombagin terletak di Kabupaten Bolaang Mongondow dengan panjang sungai 140,12 km dan luas DAS 2060 km². Mengalir dari sumber air yang ada di Gunung Tumpa, Kabupaten Bolaang Mongondow kemudian masuk ke Wilayah Taman Nasional Dumoga Bone yang sekarang dikenal dengan Taman Nasional Nani Wartabone, melintasi beberapa Kecamatan yang ada di Kabupaten Bolaang Mongondow, yaitu Kecamatan Dumoga Barat, Dumoga Utara, Dumoga Timur, dan Kecamatan Bolaang. Sungai Lombagin menjadi hulu dari beberapa sungai kecil diantaranya seperti Sungai Moosi dan Sungai Siniyung di Kecamatan Dumoga Timur. Selanjutnya bertemu dengan Sungai Tanoyan di Kecamatan Bolaang dan bermuara di pantai Inobonto Kabupaten Bolaang Mongondow.

Di tahun 2017 terjadi banjir pada sungai Lombagin yang merendam perumahan warga, merusak perkebunan dan mengganggu lalu lintas jalan. Melihat masalah banjir yang terjadi di sungai Lombagin, diperlukan analisis debit banjir dan tinggi muka air untuk dapat menanggulangi banjir kedepannya.

B. Rumusan Masalah

Belum dibangunnya tanggul pengaman banjir pada bagian kanan sungai Lombagin yang membuat rentan terkena dampak banjir.

C. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Titik kontrol DAS terletak pada 500 m arah hulu jembatan Kaiya.
2. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
3. Kala ulang rencana dibatasi pada 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
4. Analisis dihitung dengan bantuan program komputer yaitu HEC-HMS untuk mendapat besaran debit banjir rencana dan HEC-RAS untuk mendapat tinggi muka air banjir.
5. Penampang melintang sungai yang ditinjau sebanyak 4 (empat) segmen sepanjang 150 m dari titik kontrol.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai adalah untuk mengetahui besaran debit banjir rencana dan tinggi muka air banjir di Sungai Lombagin.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi kepada instansi terkait dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di Sungai Lombagin.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Lombagin terletak di Desa Inobonto I, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Sungai Lombagin merupakan salah satu sungai besar di Provinsi Sulawesi Utara. Luas *catchment area* sungai Lombagin sebesar 2060 km².

B. Survei Lokasi dan Pengumpulan Data

Survei lokasi sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi sungai Sangkub. Wawancara dilakukan dengan masyarakat yang tinggal di sekitar sungai Lombagin dan pemerintah desa setempat. Penampang yang akan di ukur berada di 500 m arah hulu jembatan Kaiya.

Data sekunder diperlukan sebagai data yang mendukung mengenai sungai Lombagin seperti peta rupa bumi daerah Bolaang Mongondow dan data hidrologi dan klimatologi untuk kecamatan Lombagin yaitu data curah hujan dan data debit.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : Google Earth

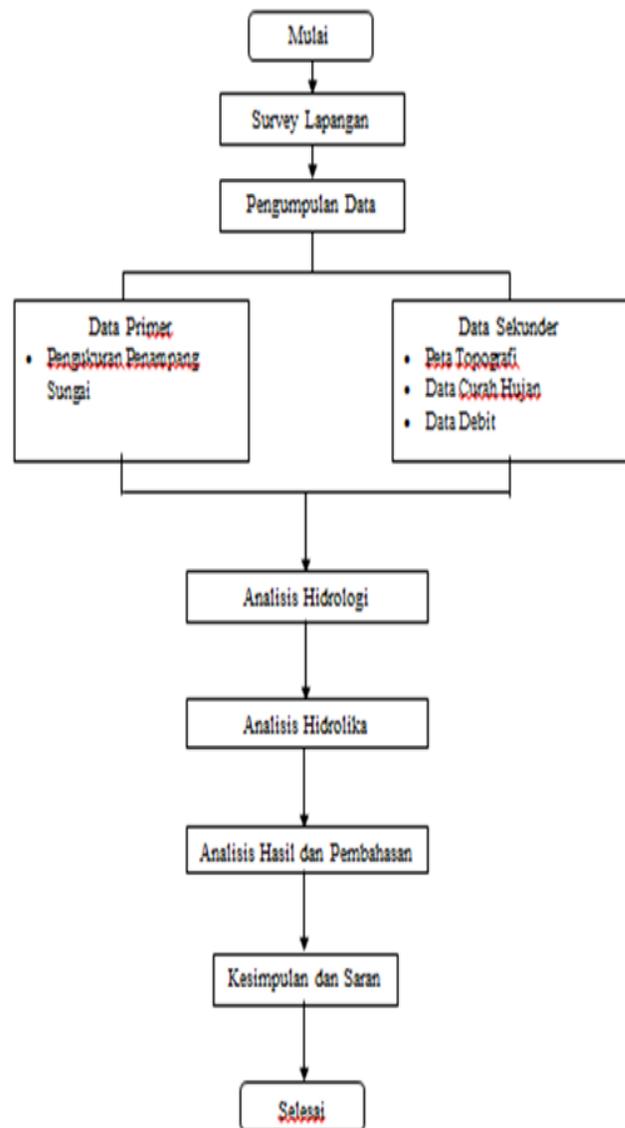
C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah sebagai berikut :

1. Survei lokasi penelitian
2. Pengumpulan data
3. Analisis data yang diperoleh dengan metode sebagai berikut
 - Analisis frekuensi dan distribusi hujan jam – jaman.
 - Perhitungan debit banjir rencana dengan aplikasi HEC-HMS
 - Analisa tinggi muka air pada penampang sungai dengan aplikasi HEC-RAS

D. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dengan urutan sesuai bagan alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Lombagin dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2006 sampai dengan tahun 2016. Pos hujan yang digunakan sebanyak 8 Pos Hujan dan 3 Pos Klimatologi.

TABEL 1. DATA CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)					
	MRG Nonapan	MRG Lolak	ARR Ayong	Klimat Tompaso	Klimat Nuangan	MRG Moayat
2006	28.80	48.00	39.10	0.00	0.00	58.70
2007	43.70	41.00	62.50	0.00	0.00	52.90
2008	34.00	49.00	47.20	52.60	75.00	46.50
2009	64.00	49.00	72.30	131.50	75.00	49.50
2010	60.90	48.00	74.60	100.00	85.00	40.80
2011	62.20	52.00	86.20	75.00	85.00	67.40
2012	28.60	57.00	112.30	84.00	78.00	47.90
2013	0.00	0.00	62.70	0.00	0.00	0.00
2014	30.20	67.00	59.10	93.00	50.00	47.90
2015	100.40	211.00	50.00	80.00	120.00	53.90
2016	68.20	67.00	135.30	165.00	60.00	59.30

Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

TABEL 2. DATA CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM (LANJUTAN)

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)				
	MRG Pusian	MRG Konarom	Klimat Doloduo	ARR Matayangan	MRG Toraut
2006	79.00	206.80	0.00	160.00	105.10
2007	126.40	86.90	0.00	101.00	55.00
2008	158.20	68.20	82.00	95.50	70.50
2009	96.30	109.50	82.16	71.00	70.70
2010	66.00	56.10	67.00	174.40	108.50
2011	160.00	96.70	119.00	57.50	92.00
2012	58.00	119.70	166.00	0.00	170.30
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	120.40	86.30	76.00	101.00	53.50
2015	31.00	72.70	71.00	53.00	56.00
2016	50.00	95.00	27.00	98.50	105.00

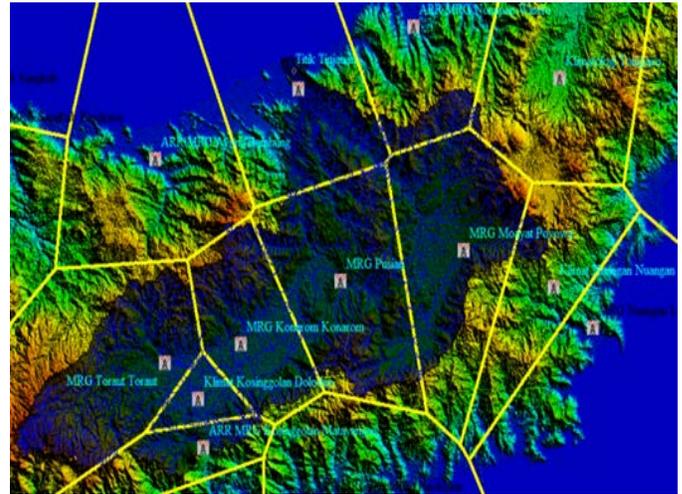
Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

B. Analisis Data Outlier

Pengujian data outlier dilakukan untuk menentukan berapa banyak data yang menyimpang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Data yang menyimpang bisa dikarenakan kesalahan saat pencatatan data atau adanya kejadian ekstrim (Tabel 4 dan Tabel 5).

C. Analisis Hujan Rata-rata

Setelah dibuat poligon Thiessen, selanjutnya yaitu menghitung luas pengaruh tiap pos hujan dan hujan rata – rata (Gambar 3).



Gambar 3. Poligon Thiessen DAS Lombagin
Sumber : Global Mapper

TABEL 3. DATA CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM SETELAH Uji OUTLIER

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)					
	MRG Nonapan	MRG Lolak	ARR Ayong	Klimat Tompaso	Klimat Nuangan	MRG Moayat
2006	28.80	48.00	39.10	0.00	0.00	58.70
2007	43.70	41.00	62.50	0.00	0.00	52.90
2008	34.00	49.00	47.20	52.60	75.00	46.50
2009	64.00	49.00	72.30	131.50	75.00	49.50
2010	60.90	48.00	74.60	100.00	85.00	40.80
2011	62.20	52.00	86.20	75.00	85.00	67.40
2012	28.60	57.00	112.30	84.00	78.00	47.90
2013	0.00	0.00	62.70	0.00	0.00	0.00
2014	30.20	67.00	59.10	93.00	50.00	47.90
2015	100.40	211.00	50.00	80.00	120.00	53.90
2016	68.20	67.00	135.30	165.00	60.00	59.30

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 4. DATA CURAH HUJAN HARIAN MAKSIMUM SETELAH Uji OUTLIER (LANJUTAN)

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)				
	MRG Pusian	MRG Konarom	Klimat Doloduo	ARR Matayangan	MRG Toraut
2006	79.00	206.80	0.00	160.00	105.10
2007	126.40	86.90	0.00	101.00	55.00
2008	158.20	68.20	82.00	95.50	70.50
2009	96.30	109.50	82.16	71.00	70.70
2010	66.00	56.10	67.00	174.40	108.50
2011	160.00	96.70	119.00	57.50	92.00
2012	58.00	119.70	166.00	0.00	170.30
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2014	120.40	86.30	76.00	101.00	53.50
2015	31.00	72.70	71.00	53.00	56.00
2016	50.00	95.00	28.48	98.50	105.00

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 5. HUJAN RATA – RATA DAS LOMBAGIN

Tahun	\bar{R}
2006	91.16
2007	73.57
2008	84.98
2009	76.91
2010	70.95
2011	99.37
2012	88.86
2013	62.70
2014	76.65
2015	63.47
2016	73.06

Sumber : Hasil Analisis

D. Analisis Frekuensi Hujan

Rata – rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{11} \times 861,68$$

$$= 78,335$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1337,23}{11-1}}$$

$$= 11,564$$

Koefisien Skewness (Kemencengan):

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

$$= \frac{11}{(11-1)(11-2) \cdot 11,56^3} \times 5105,53$$

$$= 0,404$$

Koefisien Variasi:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{11,56}{78,33} = 0,148$$

Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4$$

$$= \frac{11^2}{(11-1)(11-2)(11-3) \cdot 11,56^4} \times 349.921,23$$

$$= 3,293$$

Penentuan tipe distribusi adalah dengan melihat kecocokan nilai dari parameter statistik Cs , Cv dan Ck dengan syarat untuk tiap tipe distribusi (Tabel 6).

E. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe distribusi Log Pearson tipe III.

Rata – rata hitung:

$$\overline{\log X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{11} \times 20,787$$

$$= 1,890$$

Simpangan Baku:

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,04042}{11-1}}$$

$$= 0,064$$

Koefisien Skewness (Kemencengan):

$$C_{S_{\log X}} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log X})^3} \times$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{11}$$

$$= \frac{11}{(11-1)(11-2) \cdot 0,064^3} \times 0,00032$$

$$= 0,149$$

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

2 Tahun : -0,033

5 Tahun : 0,830

10 Tahun : 1,301

25 Tahun : 1,818

50 Tahun : 2,159

100 Tahun : 2,472

TABEL 6. PENENTUAN JENIS SEBARAN DATA

Tipe Distribusi	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	$Cs = 0$		Tidak Memenuhi
	$Ck = 3$		Tidak Memenuhi
Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3 \cdot Cv$		Tidak Memenuhi
	$= 2.392$		
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$		Tidak Memenuhi
	$= 14.645$		
Gumbel	$Cs = 1.14$		Tidak Memenuhi
	$Ck = 5.40$		Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang memenuhi dengan ketentuan distribusi sebelumnya		Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 7. CURAH HUJAN RENCANA

Kala Ulang	Log Xn	Xn
2 Tahun	1.887	77.090 mm
5 Tahun	1.943	87.700 mm
10 Tahun	1.973	93.972 mm
25 Tahun	2.006	101.391 mm
50 Tahun	2.028	106.659 mm
100 Tahun	2.048	111.686 mm

Sumber : Hasil Analisis

F. Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah Bolmong dan sekitarnya (Tabel 8 dan Tabel 9).

TABEL 8. POLA DISTRIBUSI HUJAN BOLMONG DAN SEKITARNYA

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5	2	2

Sumber : Reynaldo Kairupan (2016)

TABEL 9. DISTRIBUSI HUJAN RENCANA TIAP KALA ULANG

Jam ke -	1	2	3	4	5	6	7	8
% Distribusi Hujan	33	28	15	9	6	5	2	2
P	28.94	24.56	13.16	7.38	3.69	1.23	3.69	3.69

Sumber : Hasil Analisis

G. Perhitungan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN rata – rata untuk DAS Lombagin didapat dengan menjumlahkan hasil kali antara nilai CN tiap tutup lahan dengan persentase luas lahan terhadap luas total.

TABEL 10. JENIS TUTUP LAHAN DAS LOMBAGIN

Jenis Tutup Lahan	Luas	Persentase
Awan	12.76 km2	0.62%
Hutan Alam	853.42 km2	41.05%
Hutan Lahan Kering	80.19 km2	3.89%
Kebun Campuran	765.04 km2	37.19%
Mangrove	0.19 km2	0.01%
Perkebunan	105.92 km2	5.13%
Permukiman	36.38 km2	1.76%
Rawa	44.33 km2	2.15%
Sawah	7.53 km2	0.36%
Semak/Belukar	13.57 km2	0.66%
Sungai	7.00 km2	0.34%
Tanah Terbuka	22.60 km2	1.10%
Tegalan/Ladang	107.54 km2	5.23%
Total Luas DAS	2056.45 km2	100%

Sumber : Balai Wilayah Sungai Sulawesi I

TABEL 11. PERHITUNGAN NILAI CN RATA – RATA DAS LOMBAGIN

No.	Jenis Tutup Lahan	Luas	%	CN Tiap Lahan	CN
1	Awan	12.76 km2	0.62%	65	0.40
2	Hutan Alam	853.42 km2	41.05%	65	26.96
3	Hutan Lahan Kering	80.19 km2	3.89%	70	2.72
4	Kebun Campuran	765.04 km2	37.19%	74	27.52
5	Mangrove	0.19 km2	0.01%	65	0.01
6	Perkebunan	105.92 km2	5.13%	74	3.80
7	Permukiman	36.38 km2	1.76%	80	1.41
8	Rawa	44.33 km2	2.15%	80	1.72
9	Sawah	7.53 km2	0.36%	80	0.29
10	Semak/Belukar	13.57 km2	0.66%	69	0.45
11	Sungai	7.00 km2	0.34%	80	0.27
12	Tanah Terbuka	22.60 km2	1.10%	79	0.87
13	Tegalan/Ladang	107.54 km2	5.23%	74	3.94
Total					70.35

Sumber : Hasil Analisis

H. Analisis Debit Banjir Rencana

Pertama, akan dihitung asumsi lag time awal dari DAS Lombagin dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$A = 2060 \text{ km}^2$$

$$L = 140,12 \text{ km}$$

$$L_c = 56,048 \text{ km}$$

$$C_t = 1,8$$

Perhitungan dilakukan sebagai berikut:

$$t_p = 0,75 \times C_t(L \times L_c)^{0,33}$$

$$= 0,75 \times 1,8 \times (140,12 \times 56,048)^{0,33}$$

$$= 25 \text{ Jam}$$

Dengan $tR = 1$ jam, nilai t_p akan dimasukkan pada persamaan $\frac{t_p}{5,5} = t_r$

$$t_r = \frac{25}{5,5} = 4,54 \text{ Jam}$$

Karena $\frac{t_p}{5,5} \neq 1$ jam, maka nilai lag time akan dihitung dengan nilai $tR = 1$ Jam dan nilai $t_r = 4,54$ Jam

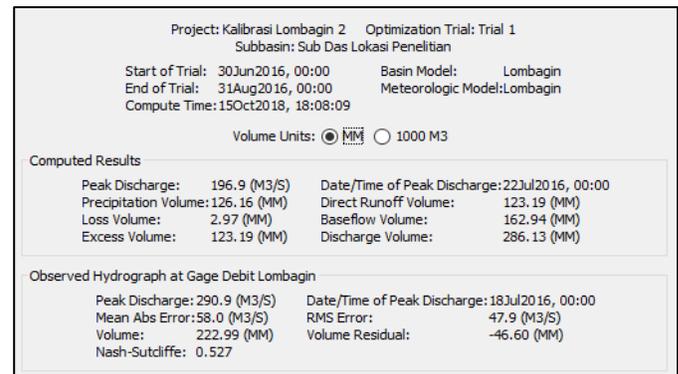
$$t_p R = t_p + \frac{tR - t_r}{4}$$

$$= 25 + (1 - 4,54)/4$$

$$= 24,11 \text{ Jam}$$

I. Kalibrasi Parameter DAS HSS Snyder

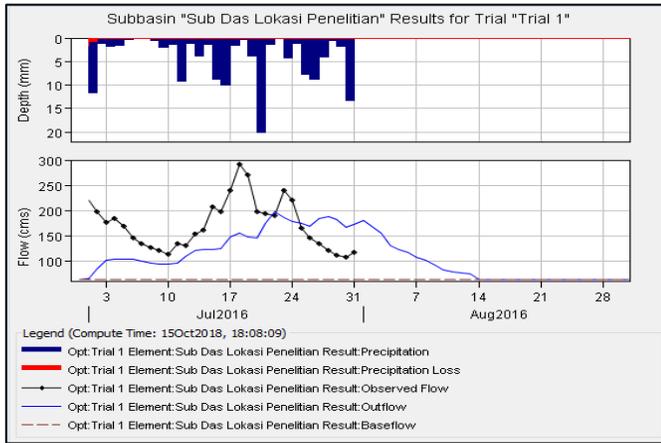
Kalibrasi merupakan suatu proses dimana nilai hasil perhitungan dibandingkan dengan nilai hasil observasi lapangan.



Gambar 4. Keterangan Hasil Kalibrasi dengan HEC -HMS

Element	Parameter	Units	Initial Value	Optimized Value	Objective Function Sensitivity
Sub Das Lokasi Pe...	Recession - Initial Discharge	M3/S	61.329	62.552	-0.51
Sub Das Lokasi Pe...	Recession - Ratio to Peak		0.1	0.1000000	0.00
Sub Das Lokasi Pe...	Recession - Recession Constant		0.567	1.000000	-4.64
Sub Das Lokasi Pe...	SCS Curve Number - Curve Nu...		70.35	99.000	-2.34
Sub Das Lokasi Pe...	Snyder Unit Hydrograph - Peak...		0.236	0.23904	-0.25
Sub Das Lokasi Pe...	Snyder Unit Hydrograph - Stan...	HR	25	11.324	0.00

Gambar 5. Parameter Hasil Kalibrasi DAS Lombagin



Gambar 6. Grafik Debit Hasil Kalibrasi dengan HEC – HMS

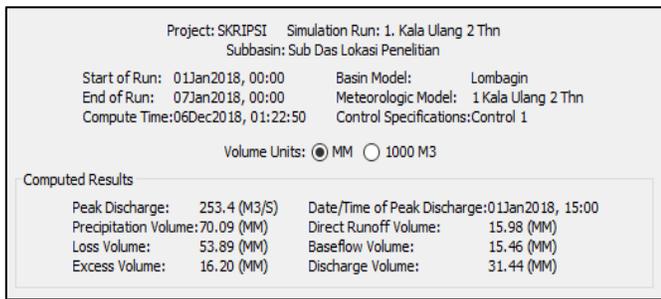
Hasil kalibrasi menunjukkan nilai NSE (*Nash Sutcliffe Efficiency*) yang memenuhi yaitu 0,527. Sehingga parameter DAS hasil kalibrasi dapat digunakan untuk perhitungan debit banjir.

TABEL 12. KRITERIA NILAI NSE

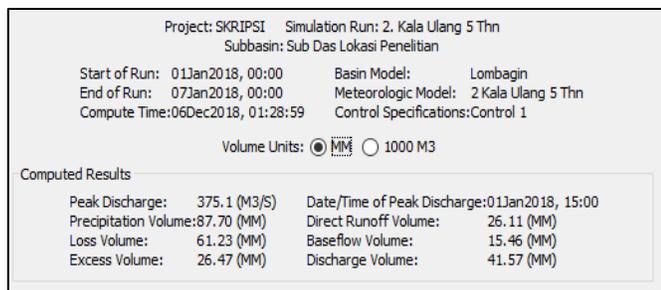
NSE > 0,75	Baik
0,36 < NSE < 0,75	Memenuhi
NSE < 0,36	Tidak Memenuhi

Sumber : Motovilov, et al (1999)

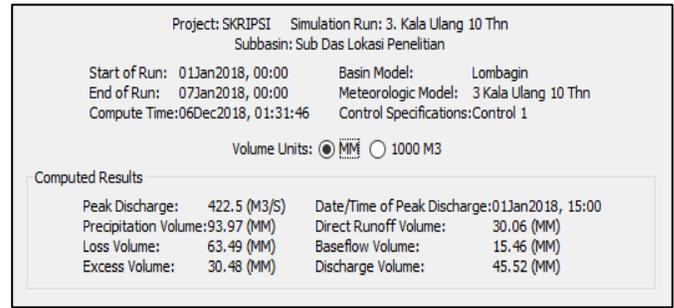
J. Hasil Simulasi Debit Banjir dengan Program Komputer HEC – HMS



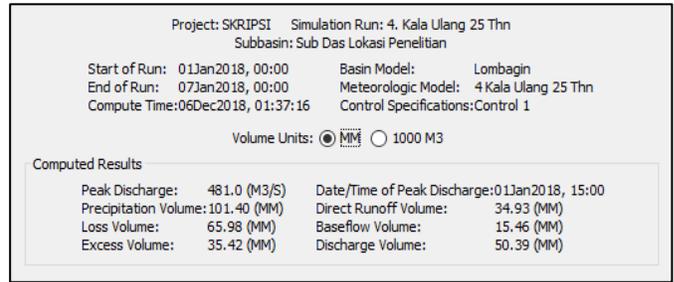
Gambar 7. Hasil Simulasi HEC – HMS Kala Ulang 2 Tahun



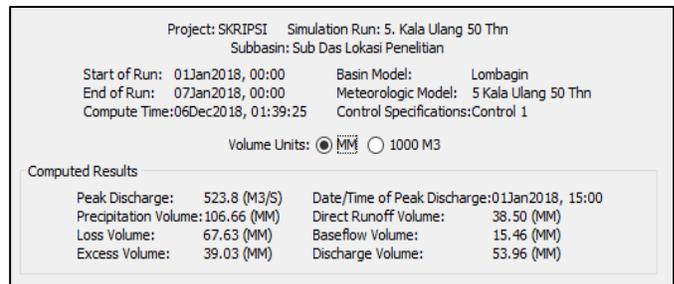
Gambar 8. Hasil Simulasi HEC – HMS Kala Ulang 5 Tahun



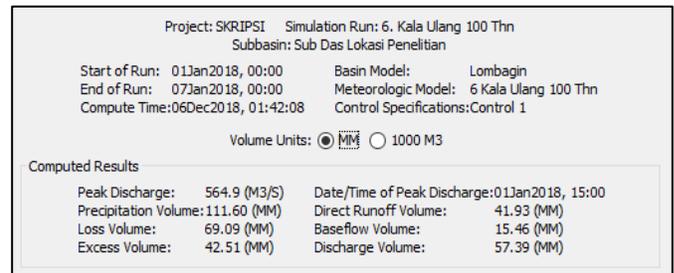
Gambar 9. Hasil Simulasi HEC – HMS Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 10. Hasil Simulasi HEC – HMS Kala Ulang 25 Tahun



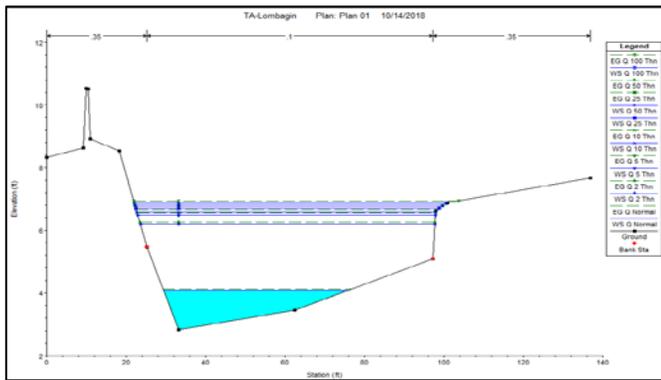
Gambar 11. Hasil Simulasi HEC – HMS Kala Ulang 50 Tahun



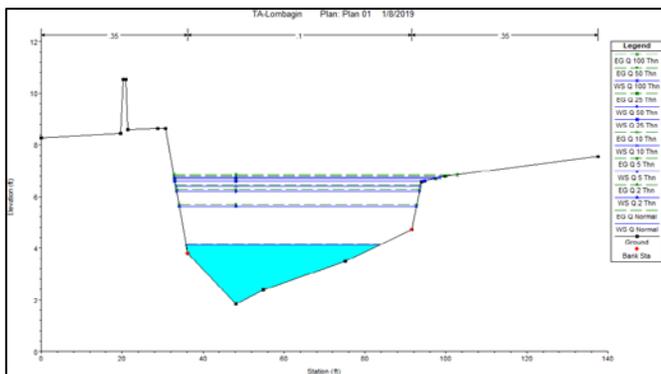
Gambar 12. Hasil Simulasi HEC – HMS Kala Ulang 100 Tahun

K. Hasil Simulasi Tinggi Muka Air dengan Program Komputer HEC – RAS

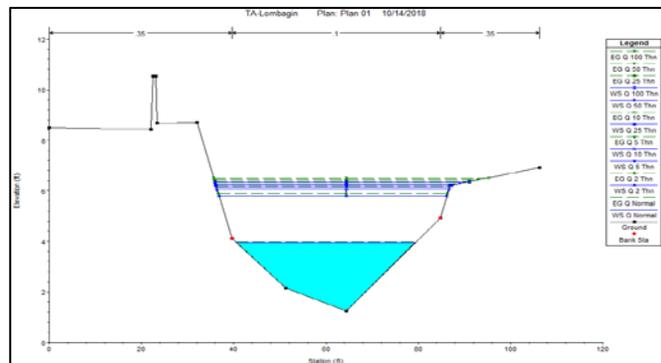
Gambar 13 sd. Gambar 17 adalah rangkuman simulasi HEC-RAS. Hasil simulasi pada semua penampang melintang ditampilkan pada Tabel 13.



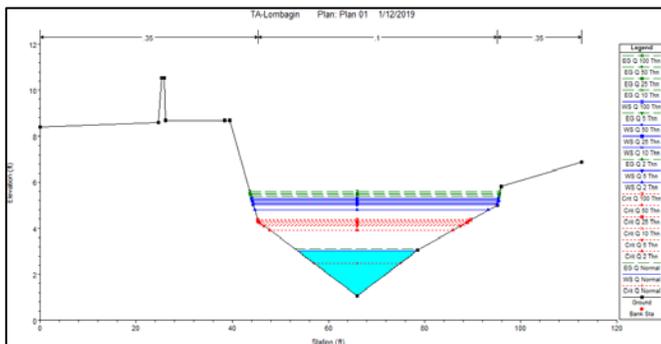
Gambar 13. Rangkuman Simulasi HEC – RAS Sta 0+150



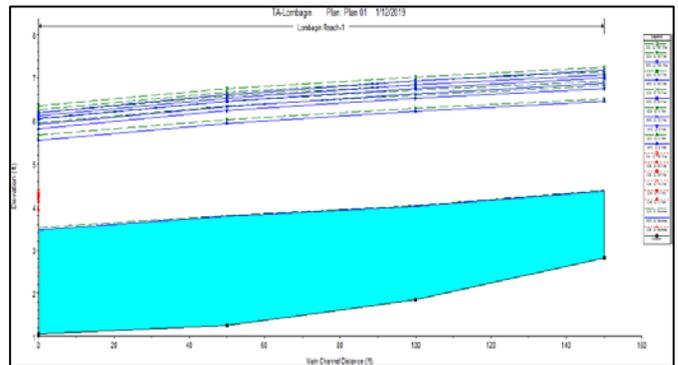
Gambar 14. Rangkuman Simulasi HEC – RAS Sta 0+100



Gambar 15. Rangkuman Simulasi HEC – RAS Sta 0+50



Gambar 16. Rangkuman Simulasi HEC – RAS Sta 0+0



Gambar 17. Rangkuman Simulasi HEC – RAS Potongan Memanjang

TABEL 13. HASIL SIMULASI HEC –RAS SEMUA PENAMPANG MELINTANG

Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Chl
Reach-1	150	Q Normal	61.33	2.82	4.09		4.14	0.021378	1.77	34.58	46.67	0.36
Reach-1	150	Q 2 T hn	355.60	2.82	6.23		6.30	0.005913	2.01	176.75	74.26	0.23
Reach-1	150	Q 5 T hn	421.60	2.82	6.53		6.60	0.005722	2.12	198.80	75.05	0.23
Reach-1	150	Q 10 T hn	446.00	2.82	6.63		6.70	0.005677	2.16	206.50	75.33	0.23
Reach-1	150	Q 25 T hn	475.40	2.82	6.75		6.83	0.005623	2.21	215.59	76.98	0.23
Reach-1	150	Q 50 T hn	494.60	2.82	6.82		6.90	0.005608	2.24	221.29	77.99	0.23
Reach-1	150	Q 100 T hn	516.70	2.82	6.91		6.99	0.005592	2.27	227.83	80.05	0.23
Reach-1	100	Q Normal	61.33	0.19	4.03		4.03	0.000725	0.64	95.91	46.56	0.08
Reach-1	100	Q 2 T hn	355.60	0.19	6.07		6.11	0.002550	1.69	209.85	59.65	0.16
Reach-1	100	Q 5 T hn	421.60	0.19	6.35		6.40	0.002814	1.86	226.93	60.32	0.17
Reach-1	100	Q 10 T hn	446.00	0.19	6.45		6.51	0.002907	1.92	232.89	60.56	0.17
Reach-1	100	Q 25 T hn	475.40	0.19	6.56		6.62	0.003016	1.98	239.86	60.83	0.18
Reach-1	100	Q 50 T hn	494.60	0.19	6.63		6.70	0.003085	2.03	244.21	62.51	0.18
Reach-1	100	Q 100 T hn	516.70	0.19	6.71		6.78	0.003161	2.07	249.30	64.93	0.18
Reach-1	50	Q Normal	61.33	1.25	3.95		3.97	0.002797	1.04	59.24	38.75	0.15
Reach-1	50	Q 2 T hn	355.60	1.25	5.82		5.91	0.006895	2.47	143.78	49.42	0.26
Reach-1	50	Q 5 T hn	421.60	1.25	6.07		6.19	0.007493	2.69	156.59	50.27	0.27
Reach-1	50	Q 10 T hn	446.00	1.25	6.16		6.28	0.007692	2.77	161.07	50.57	0.27
Reach-1	50	Q 25 T hn	475.40	1.25	6.27		6.39	0.007911	2.86	166.36	52.40	0.28
Reach-1	50	Q 50 T hn	494.60	1.25	6.33		6.46	0.008059	2.92	169.73	54.26	0.28
Reach-1	50	Q 100 T hn	516.70	1.25	6.40		6.54	0.008221	2.98	173.69	56.38	0.29
Reach-1	0	Q Normal	61.33	2.06	3.45	3.19	3.59	0.060065	2.93	20.91	28.79	0.61
Reach-1	0	Q 2 T hn	355.60	2.06	4.79	4.39	5.14	0.060063	4.80	74.09	48.55	0.68
Reach-1	0	Q 5 T hn	421.60	2.06	4.97	4.55	5.37	0.060089	5.06	83.31	50.37	0.69
Reach-1	0	Q 10 T hn	446.00	2.06	5.04	4.61	5.45	0.060030	5.15	86.55	50.88	0.70
Reach-1	0	Q 25 T hn	475.40	2.06	5.11	4.67	5.54	0.060011	5.28	90.09	51.03	0.70
Reach-1	0	Q 50 T hn	494.60	2.06	5.15	4.72	5.59	0.060009	5.36	92.35	51.13	0.70
Reach-1	0	Q 100 T hn	516.70	2.06	5.20	4.77	5.66	0.060007	5.44	94.92	51.24	0.70

Sumber : Hasil Analisis

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil simulasi program HEC-RAS menunjukkan penampang pada sta 0 + 0, sta 0 + 50, sta 0 + 100, dan sta 0 + 150 mampu menampung debit banjir kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, hingga 100 tahun.

B. Saran

Belum perlu dibangun tanggul pengaman banjir pada bagian kanan sungai Lombagin. Melihat hasil analisis yang memperlihatkan penampang sungai Lombagin mampu menampung debit banjir mulai kala ulang 2 tahun hingga 100 tahun.

V. KUTIPAN**A. Buku**

- [1] US. Army Corps of Engineering, *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, 2000.
- [2] US. Army Corps of Engineering, *HEC-RAS 5.0 Hydraulic Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center, 2016.
- [3] C. Asdak, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, hal. 190-221. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, 1995.
- [4] V. T. Chow, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, hal. 3-105. Jakarta : Erlangga, 1985.
- [5] V. T. Chow, D. R. Maidment, L. W. Mays, *Applied Hydrology*. Singapore : McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [6] N. Hadisusanto, *Aplikasi Hidrologi*, hal. 149. Malang : Jogja Mediautama, 2010.
- [7] S. Harto, *Hidrologi*. Yogyakarta : Nafiri Offset, 2000.
- [8] I Made Kamiana, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2011.

- [9] Bambang Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*, hal. 133-181. Yogyakarta : Beta Offset, 2008.
- [10] Soewarno, *Hidrologi Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, hal. 20-39. Bandung : Nova, 1991.

B. Jurnal

- [11] Billy Kapantow, "Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki Di Kawasan Holland Village", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, no. 2, hal. 21-29, Februari, 2017.
- [12] Dewi Parwati Suadnya, "Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sario Di Titik Kawasan Citraland", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 5, no. 3, hal. 143-150, Mei, 2017.

C. Skripsi

- [13] Inggrit A. R. Mangkana, "Evaluasi Kapasitas Daya Tampung Sungai Bailang Terhadap Banjir Maksimum", Skripsi, Universitas Sam Ratulangi Manado. 2011.
- [14] Novia Ros Rante, "Analisis Debit Banjir Anak Sungai Tikala Pada Titik Tinjauan Kelurahan Banjer Link. V Kecamatan Tikala Dengan Menggunakan HEC-HMS Dan HEC-RAS", Skripsi, Universitas Sam Ratulangi Manado. 2016.
- [15] Marcio Talumepa, "Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara", Skripsi, Universitas Sam Ratulangi Manado. 2018.