



Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Pakawa Di Kelurahan Makalonsow Kecamatan Tondano Timur Kabupaten Minahasa

Gisella F. Oroh^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Jeffry S. F. Sumarauw^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^agisellafioneoroh@gmail.com; ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id; ^cjeffrysumarauw@unsrat.ac.id

Abstrak

Sungai Pakawa merupakan salah satu sungai yang terdapat di Kecamatan Tondano Timur yang pernah meluap pada 5 November 2022 sehingga mengakibatkan kerugian dalam kehidupan masyarakat terutama dalam sektor pertanian. Oleh karena itu diperlukan analisis debit banjir dan tinggi muka air. Analisis dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan metode Log Pearson III. Data hujan yang digunakan yaitu data hujan harian maksimum yang diambil dari pos klimatologi hujan Tondano – Paleloan tahun 2008 s/d 2021. Pemodelan hujan aliran dilakukan pada program komputer HEC-HMS menggunakan metode HSS *Soil Conservation Service* serta *baseflow* menggunakan metode *recession*. Dilakukan kalibrasi parameter HSS SCS sebelum melakukan simulasi debit banjir dengan melakukan uji debit puncak. Hasil debit puncak menunjukkan 0,7 m³/det. Setelah itu dilakukan analisis debit banjir dengan parameter yang sudah dikalibrasi menggunakan program komputer HEC-HMS. Debit puncak hasil simulasi kala ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun dimasukkan dalam program komputer HEC-RAS untuk simulasi elevasi tinggi muka air dengan menggunakan data penampang yang telah diukur di lapangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa luapan banjir hanya terjadi pada STA 0+025 untuk kala ulang 25, 50 dan 100 tahun. Dan untuk STA lainnya untuk tiap kala ulang masih mampu untuk menampung debit banjir.

Kata kunci: Sungai Pakawa Makalonsow, tinggi muka air, HEC-HMS, HEC-RAS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah aliran air yang mengalir dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah menuju muara atau sungai besar lainnya. Sungai biasanya terbentuk oleh air hujan atau air dari pegunungan yang mengalir melalui aliran air permukaan atau aliran tanah. Sungai sangat penting dalam kehidupan manusia karena memberikan air untuk konsumsi, irigasi pertanian, dan sumber daya energi seperti pembangkit listrik tenaga air.

Sungai Pakawa merupakan salah satu anak sungai yang berada di Kelurahan Makalonsow, Kecamatan Tondano Timur, Provinsi Sulawesi Utara. Aliran Sungai Pakawa digunakan warga setempat untuk dijadikan sebagai sistem irigasi, dimana air dari sungai dialirkan ke area sawah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Namun pada tanggal 5 November tahun 2022, kelurahan Makalonsow mengalami banjir yang berasal dari tingginya curah hujan dan kapasitas sungai yang tidak bisa menampung banyaknya air yang turun dari pegunungan sehingga menyebabkan rumah warga yang berada di sekitar sungai terkena dampaknya.

Melihat masalah yang terjadi, maka perlu adanya pengendalian banjir dengan melakukan analisis terhadap debit banjir dan melakukan peninjauan tinggi muka air banjir di Sungai Pakawa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang diatas, maka dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis debit banjir dan tinggi muka air di Sungai Pakawa.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data debit banjir dan tinggi muka air di Sungai Pakawa.

1.4 Manfaat Penelitian

- Dapat dijadikan bahan pertimbangan dari instansi terkait yang berwenang dalam penanggulangan banjir.
- Dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian sejenis.

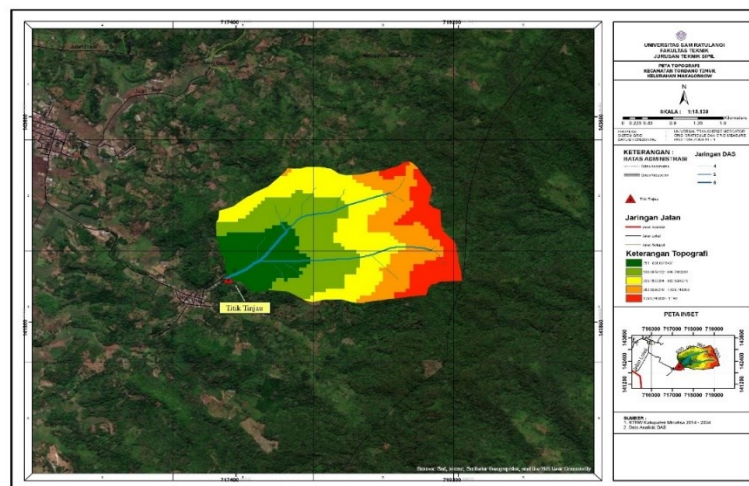
1.5 Batasan Penelitian

- Titik tinjau terletak pada jembatan Sungai Pakawa yang menghubungkan antara perumahan warga dan perkebunan dengan jarak 200 meter ke arah hulu. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum.
- Kala Ulang rencana dibatasi pada 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.
- Untuk analisis dihitung dengan menggunakan bantuan program komputer. Analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS untuk mendapatkan besaran debit banjir rencana dan analisis hidraulika HEC-RAS untuk mendapatkan tinggi muka air.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

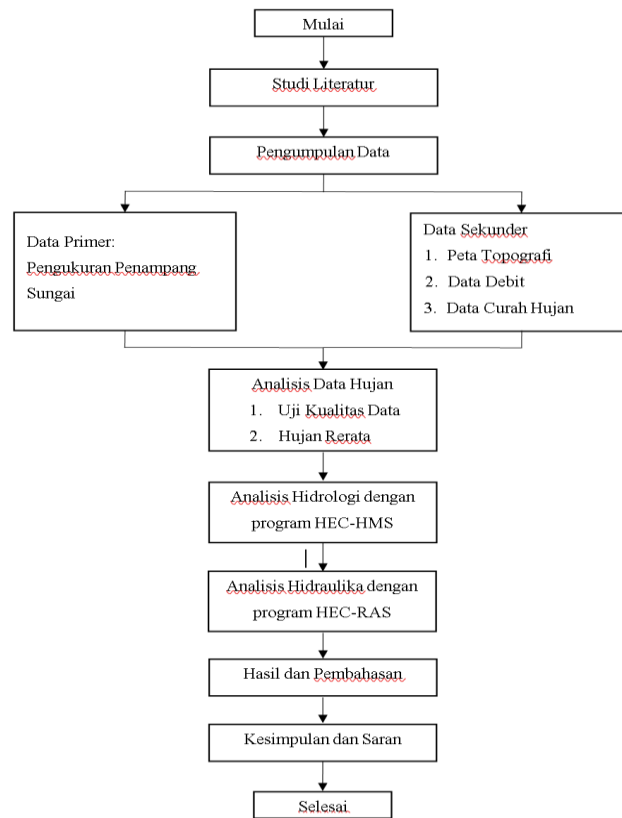
Sungai Pakawa berada di Kelurahan Makalonsow, Kecamatan Tondano Timur, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Titik tinjau terletak di salah satu lokasi kejadian banjir di jembatan yang menghubungkan antara perumahan warga dan perkebunan dengan letak koordinat $1^{\circ}17'05''$ Lintang Utara dan $124^{\circ}57'05''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (ArcGIS 10.8, Data DEM www.tanahair.com)

2.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Kajian Literatur

3.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan pergerakan air yang berada di permukaan tanah, laut, dan tumbuhan lalu menguap ke udara yang disebabkan oleh panasnya matahari, yang kemudian kembali lagi ke permukaan bumi.

3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat pemakaian.

3.3 Analisis Data Outlier

Data outlier adalah data yang menyimpang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah dari sekumpulan data. Uji outlier dilakukan untuk mengoreksi data sehingga baik untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Uji data outlier mempunyai 3 syarat, yaitu:

Jika $C_{Slog} \geq 0,4$ maka : uji outlier tinggi, koreksi data, uji outlier rendah, koreksi data.

1. Jika $C_{Slog} \leq -0,4$ maka : uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data.
2. Jika $-0,4 < C_{Slog} < 0,4$ maka : uji outlier tinggi atau rendah, koreksi data.

Rumus yang digunakan :

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} \quad (1)$$

$$S_{log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} \quad (2)$$

$$C_{S_{\log}} = \frac{N}{(N-1)(N-2)S_{\log}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (3)$$

- *Outlier* tinggi: $\text{Log } x_h = \overline{\log x} + \text{Kn} \cdot S_{\log}$ (4)

- *Outlier* rendah: $\text{Log } x_l = \overline{\log x} - \text{Kn} \cdot S_{\log}$ (5)

Dengan:

$C_{S_{\log}}$ = Koefisien Kemenangan.

S_{\log} = Simpangan Baku.

$\overline{\log x}$ = Nilai rata – rata.

Kn = Nilai K (diambil dari *outlier* test K *value*) tergantung dari jumlah data yang dianalisis.

$\text{Log } x_h$ = *Outlier* tinggi.

$\text{Log } x_l$ = *Outlier* rendah.

Nilai Kn dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk nilai $C_{S_{\log}}$ lebih dari 0,4:

$$\text{Kn} = (-0,62201) + (6,28446 \times N^{1/4}) - (2,49835 \times N^{1/2}) + (0,491436 \times N^{3/4}) - (0,037911 \times N) \quad (6)$$

Untuk nilai $C_{S_{\log}}$ kurang dari -0,4:

$$\text{Kn} = (-3,62201) + (6,28446 \times N^{1/4}) - (2,49835 \times N^{1/2}) + (0,491436 \times N^{3/4}) - (0,037911 \times N) \quad (7)$$

3.4 Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum pada suatu sungai dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk menentukan debit banjir rencana antara lain data curah hujan, luas catchment area dan data penutup lahan. Debit banjir rencana biasa didapatkan dengan beberapa metode antara lain:

1. Metode Analisis Probabilitas Frekuensi Banjir.
2. Metode Rasional $Q = C \cdot I \cdot A$.
3. Metode Analisis Regional.
4. Metode Puncak Banjir di Atas Ambang.
5. Metode Empiris.
6. Metode Analisis Regresi.

Dalam penelitian ini akan digunakan metode empiris yaitu hidrograf satuan untuk menghitung besarnya debit banjir dengan bantuan program computer HEC-HMS.

3.5 Hidrograf Satuan Sintetis Soil Conservation Service (SCS)

Hidrograf tidak berdimensi SCS (*Soil Conservation Service*) adalah hidrograf satuan sintesis dimana debit dinyatakan sebagai nisbah debit q terhadap debit puncak q_p dan waktu dalam nisbah waktu t terhadap waktu naik dari hidrograf satuan T_p .

Untuk luas DAS $< 16 \text{ km}^2$

$$T_1 = \frac{L^{0,8} (2540 - 22,86 \text{ CN})^{0,7}}{14,104 \text{ CN} \times s^{0,5}} \quad (8)$$

Untuk luas DAS $\geq 16 \text{ km}^2$

$$T_1 = 0,6 T_c \quad (9)$$

$$T_p = \frac{T_r}{2} + T_1 \quad (10)$$

$$Q_p = \frac{2,08 \times A}{T_p} \quad (11)$$

Menghitung Time of Concentration (T_c)

$$T_c = \frac{0,606 (L \cdot n)^{0,467}}{s^{0,234}}$$

Dimana:

T_c = Waktu konsentrasi (jam).

L = Panjang sungai utama terhadap titik control yang ditinjau (km).

S = Kemiringan lahan antara elevasi maksimum dan minimum (m/m).

n = Koefisien kekasaran lahan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan di DAS Pakawa dilakukan berdasarkan data curah hujan harian maksimum yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan periode pencatatan tahun 2008 hingga 2021. Pos hujan yang digunakan sebanyak 1 pos hujan Klimatologi Tondano – Paleloan. Berikut merupakan data hujan harian maksimum dari tahun 2008 – 2021.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum (Balai Wilayah Sungai Sulawesi I; 2023)

Tahun	Klimatologi Tondano - Paleloan
	(mm)
2008	71.5
2009	43.0
2010	79.2
2011	90.9
2012	69.8
2013	66.5
2014	110.5
2015	64.9
2016	115.5
2017	160.2
2018	126.5
2019	157.3
2020	157.3
2021	108.0

4.2 Uji Data Outlier

Berikut adalah hasil uji outlier data hujan harian maksimum pos Klimatologi Hujan Tondano – Paleloan.

Tabel 2. Parameter Uji Outlier Pos Klimatologi Hujan Tondano – Paleloan (Analisis Data, 2023)

Klimatologi Tondano - Paleloan						
No	Tahun	R=x	log x	log x - log \bar{x}	(log x - log \bar{x}) ²	(log x - log \bar{x}) ³
1	2008	71.5	1.854	-0.122	0.015	-0.002
2	2009	43.0	1.633	-0.343	0.117	-0.040
3	2010	79.2	1.899	-0.077	0.006	0.000
4	2011	90.9	1.959	-0.017	0.000	0.000
5	2012	69.8	1.844	-0.132	0.017	-0.002
6	2013	66.5	1.823	-0.153	0.023	-0.004
7	2014	110.5	2.043	0.067	0.005	0.000
8	2015	64.9	1.812	-0.164	0.027	-0.004
9	2016	115.5	2.063	0.087	0.008	0.001
10	2017	160.2	2.205	0.229	0.052	0.012
11	2018	126.5	2.102	0.126	0.016	0.002
12	2019	157.3	2.197	0.221	0.049	0.011
13	2020	157.3	2.197	0.221	0.049	0.011
14	2021	108.0	2.033	0.057	0.003	0.000
Jumlah		1421.1	27.7		0.387	-0.016
Rata-rata		101.5	1.976			

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n} = \frac{27,7}{14} = 1,976$$

$$S_{\log} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \log \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,387114685}{14 - 1}} = 0,172562$$

$$CS_{\log} = \frac{n}{(n - 1)(n - 2)S_{\log}^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

$$= \frac{14}{(14-1)(14-2)0,172562} - 0,0161 = -0,28120$$

Nilai CS_{\log} lebih dari -0,4 dan kurang dari 0,4 sehingga dapat dilakukan uji *outlier* tinggi atau uji *outlier* rendah terlebih dahulu.

Sebelum dilakukan uji *outlier*, dihitung terlebih dahulu nilai Kn sesuai persamaan 7 karena nilai CS_{\log} lebih rendah dari 0,4.

$$Kn = (-3,62201) + \left(6,28446 \times 14^{\frac{1}{4}}\right) - \left(2,49835 \times 14^{\frac{1}{2}}\right) + \left(0,491436 \times 14^{\frac{3}{4}}\right) - (0,037911 \times 14) = 2,212$$

Uji *outlier* rendah

$$\log x_l = \overline{\log x} - Kn \cdot S_{\log} = 1,976 - 2,212 \times 0,172$$

$$\log x_l = 1,59$$

$$X_l = 39,28 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan batas terendah ialah 39,28 masih lebih rendah dari nilai hujan terendah yaitu 43, maka tidak dilakukan koreksi data dan dilanjutkan dengan menghitung batas tertinggi.

$$\log x_h = \overline{\log x} + Kn \cdot S_{\log} = 1,976 + 2,212 \times 0,172$$

$$\log x_h = 2,358$$

$$X_h = 227,9 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan batas tertinggi ialah 227,9 masih lebih tinggi dari nilai hujan tertinggi yaitu 160,20, maka tidak dilakukan koreksi data.

4.3 Analisis Frekuensi Hujan

Jenis sebaran hujan bergantung pada nilai parameter statistic yaitu rata – rata hitung atau *mean* (\bar{x}), simpangan baku (S), koefisien kemencengan (Cs), koefisien variasi (Cv) dan koefisien kurtosis (Ck). Untuk membantu perhitungan parameter penentuan tipe distribusi, dibuat Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Parameter Penentuan Jenis Sebaran
(Analisis Data; 2023)

Klimatologi Tondano - Paleloan						
No	R=x	Data Setelah Diurutkan	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^3$	$(x - \bar{x})^4$
1	72	160	58.69286	3444.851	202188.176	11867001.716
2	43	157	55.79286	3112.843	173674.400	9689790.971
3	79	157	55.79286	3112.843	173674.400	9689790.971
4	91	127	24.99286	624.643	15611.611	390178.763
5	70	116	13.99286	195.800	2739.802	38337.660
6	67	111	8.99286	80.871	727.266	6540.196
7	111	108	6.49286	42.157	273.721	1777.229
8	65	91	-10.60714	112.511	-1193.425	12658.833
9	116	79	-22.30714	497.609	-11100.227	247614.341
10	160	72	-30.00714	900.429	-27019.290	810771.704
11	127	70	-31.70714	1005.343	-31876.551	1010714.363
12	157	67	-35.00714	1225.500	-42901.255	1501850.375
13	157	65	-36.60714	1340.083	-49056.606	1795822.201
14	108	43	-58.50714	3423.086	-200274.968	11717516.157
Jumlah	1421.1		0	19118.569	205467.051	48780365.480
Rata-rata	101.5					

Rata – rata hitung:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{14} \times 1,421$$

$$= 101,5$$

Simpangan Baku:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{19118,569}{14-1}}$$

$$= 38,349$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan)

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

$$= \frac{14}{(14-1)(14-2) \times 38,349^3} \times 205467,051$$

$$= 0,326$$

Koefisien Variasi:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{38,349}{101,5} = 0,377$$

Koefisien Kurtosis

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

$$= \frac{14^2}{(14-1)(14-2) \cdot 38,349^4} \times 48780365,48 = 2,576$$

Tabel 4. Penentuan Jenis Sebaran Data

Tipe Sebaran	Syarat Parameter Statistik	Parameter Statistik Data Pengamatan	Keterangan
Normal	Cs = 0	0,032	Tidak Memenuhi
	Ck = 3	2,576	Tidak Memenuhi
Log Normal	Cs = Cv ³ + 3 · Cv = 1,187	0,032	Tidak Memenuhi
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3 = 5,607	2,576	Tidak Memenuhi
Gumbel	Cs = 1,14	0,032	Tidak Memenuhi
	Ck = 5,4	2,576	Tidak Memenuhi
Log Pearson III	Bila tidak ada parameter statistik yang sesuai dengan ketentuan distribusi sebelumnya	-	Memenuhi

Hasil penentuan tipe sebaran menunjukkan tidak ada parameter statistik dari data pengamatan yang memenuhi syarat untuk distribusi normal, log normal dan distribusi gumbel. Maka akan digunakan distribusi Log Pearson tipe III.

4.4 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan rencana dengan tipe sebaran Log Pearson tipe III menggunakan rumus yang memerlukan perhitungan parameter statistik yaitu nilai S_{logX}, dan data dalam bentuk log. Nilai C_{SlogX} juga diperlukan untuk mencari nilai K. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung parameter statistik.

Tabel 5. Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson III (Analisis Data; 2023)

Klimatologi Tondano - Paleloan						
No	Data (X)	Data Setelah Diurutkan	log X (Y)	Y - Ybar	Y - Ybar ²	Y - Ybar ³
1	72	160	2.20466	0.229	0.052	0.012
2	43	157	2.19673	0.221	0.049	0.011
3	79	157	2.19673	0.221	0.049	0.011
4	91	127	2.10209	0.126	0.016	0.002
5	70	116	2.06258	0.087	0.008	0.001
6	67	111	2.04336	0.067	0.005	0.000
7	111	108	2.03342	0.057	0.003	0.000
8	65	91	1.95856	-0.017	0.000	0.000
9	116	79	1.89873	-0.077	0.006	0.000
10	160	72	1.85431	-0.122	0.015	-0.002
11	127	70	1.84386	-0.132	0.017	-0.002
12	157	67	1.82282	-0.153	0.023	-0.004
13	157	65	1.81224	-0.164	0.027	-0.004
14	108	43	1.63347	-0.343	0.117	-0.040
Jumlah	1421.1		27.66356	0.000	0.387	-0.016
Rata-rata	101.5		1.97597			

Rata – rata hitung:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log X_i = \frac{1}{14} \times 27,663$$

$$= 1,97597$$

Simpangan Baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,38711385}{14-1}}$$

$$= 0,16628$$

Koefisien *Skewness* (Kemencengan)

$$Cs_{\log x} = \frac{n}{(n-1)(n-2) \cdot (S_{\log x})^3} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3$$

$$= \frac{14}{(14-1)(14-2) \times 0,16628^3} \times (-0,0161010)$$

$$= -0,314 \text{ (Kemencengan Negatif)}$$

Nilai K untuk tiap kala ulang adalah sebagai berikut:

5 Tahun = 0,835

10 Tahun = 1,310

25 Tahun = 1,853

50 Tahun = 2,218

100 Tahun = 2,554

Hasil perhitungan untuk curah hujan rencana terdapat pada tabel 6:

Tabel 6. Curah Hujan Rencana
(Analisis Data; 2023)

Kala Ulang (TR)	Log X _{TR}	X _{TR} (mm)
5 Tahun	2,117858074	131,1771146
10 Tahun	2,193826705	156,2524029
25 Tahun	2,284166532	192,3829288
50 Tahun	2,344812617	221,2140044
100 Tahun	2,400683848	251,5844811

4.5 Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman

Distribusi hujan jam – jaman merupakan pembagian intensitas hujan berdasarkan pola hujan suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan pola hujan dari daerah sekitar yaitu pola hujan daerah yaitu pola hujan daerah Minahasa dan sekitarnya.

Perhitungan dilakukan dengan mengalikan besar hujan tiap kala ulang ke tiap % distribusi hujan. Hasil perhitungan untuk tiap kala ulang ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Distribusi Hujan Rencana Tiap Kala Ulang
(Analisis Data; 2023)

Kala Ulang	Distribusi Hujan	Jam							
		1	2	3	4	5	6	7	8-10
5	131.1771146	66.68	33.02	11.32	6.47	3.84	1.77	3.19	1.63
10	156.2524029	79.42	39.33	13.48	7.70	4.58	2.11	3.80	1.94
25	192.3829288	97.79	48.42	16.60	9.48	5.64	2.60	4.67	2.39
50	221.2140044	112.44	55.68	19.09	10.91	6.48	2.99	5.38	2.74
100	251.5844811	127.88	63.32	21.71	12.40	7.37	3.40	6.11	3.12

4.6 Perhitungan Nilai SCS Curve

Tabel 8. Jenis dan Tutup Lahan DAS Pakawa
(Analisis Data; 2023)

Jenis Tutup Lahan	Luas (Km ²)	Presentase (%)
Hutan (Penutupan Baik)	1.72	91.71433155
Pemukiman (65% Kedap Air)	0.12	6.417112299
Hutan (Tanaman jarang, penutupan jelek)	0.03	1.86855615
Total	1.87	100

Untuk nilai *CN* tiap tutup lahan dengan presentase diambil dari Tabel 8 dan jenis tanah pada DAS pakawa adalah lempung berpasir.

Tabel 9. Perhitungan Nilai *CN* Rata – Rata DAS Pakawa
(Analisis Data; 2023)

Jenis Tutup Lahan	Luas(km)	Presentase (%)	<i>CN</i> Tiap Lahan	<i>CN</i>
Hutan (Penutupan Baik)	1.72	91.71433155	70	64.200
Pemukiman (65% Kedap Air)	0.12	6.417112299	90	5.775
Hutan (Tanaman jarang, penutupan jelek)	0.03	1.86855615	77	1.439
Total	1.84	98.13144385		71.414

Nilai *CN* rata – rata untuk DAS Pakawa adalah 71,414

4.7 Analisis Debit Banjir Rencana

Pemodelan hujan aliran pada program komputer HEC – HMS akan menggunakan metode HSS *Soil Conserveation Service*, dan untuk kehilangan air dengan SCS *Curve Number (CN)* . Untuk aliran dasar (*baseflow*) akan menggunakan metode *recession*.

Asumsi *Lag Time* awal DAS Pakawa dengan data parameter DAS sebagai berikut:

$$L = 1,85 \text{ km}$$

$$s = 0,221$$

$$CN = 71,414$$

Perhitungan dilakukan dengan persamaan 8 sebagai berikut:

$$T_1 = \frac{L^{0,8}(2540 - 22,86 CN)^{0,7}}{14,104 CN \times S^{0,5}}$$

$$= \frac{1,85^{0,8}(2540 - 22,86 \times 71,414)^{0,7}}{14,104 \times 71,414 \times 0,219^{0,5}}$$

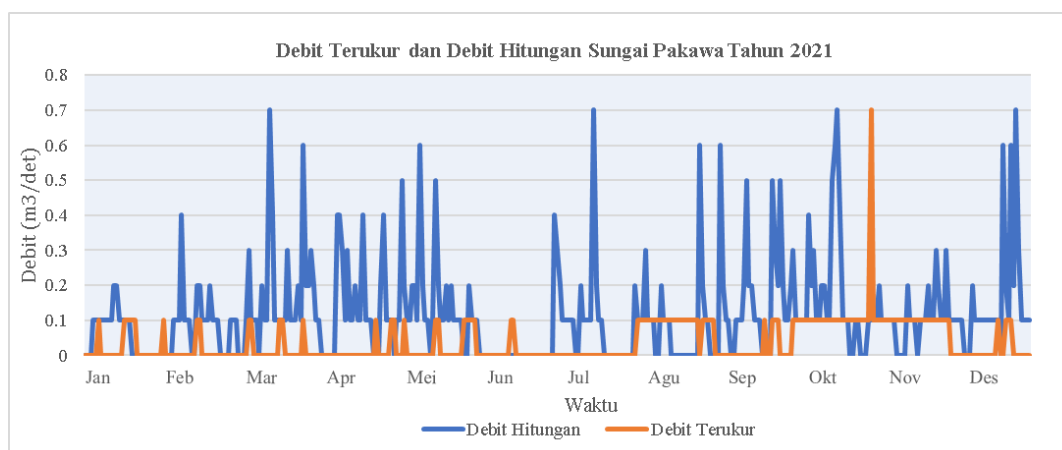
$$= 1,46 \text{ jam}$$

$$= 87,721 \text{ menit}$$

Menghitung debit normal yang akan digunakan sebagai *baseflow* pada program komputer HEC-HMS dengan menghitung rata-rata debit 2021. Didapatkan data debit rata-rata adalah 0,049m³/det.

4.8 Kalibrasi Parameter HSS SCS

Untuk kalibrasi ini di titik beratkan pada keseragaman nilai debit puncak antara Debit terukur dan Debit Hitungan. Dengan nilai debit terukur 0,7 m³/det dan nilai debit hitungan 0,7 m³/det. Berikut adalah grafik dari Debit Terukur dan Debit Hitungan di Sungai Pakawa.

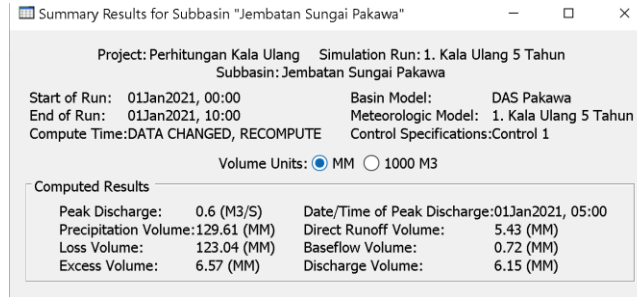


Gambar 2. Grafik Debit Terukur dan Debit Hitungan di Sungai Pakawa
(Analisis Data; 2023)

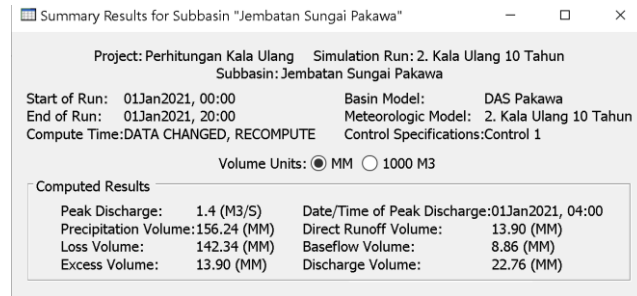
Tabel 10. Parameter – Parameter Hasil Kalibrasi (Analisis Data; 2023)

<i>CN</i>	40
<i>Recession Constant</i>	0.3
<i>Ratio To Peak</i>	0.5
<i>Initial Discharge</i>	0.047
<i>Lag Time</i>	120 menit

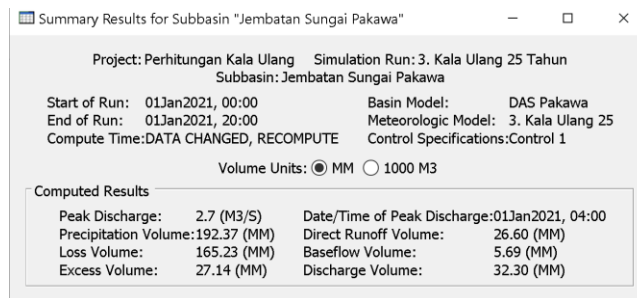
4.9 Analisis Debit Banjir (Simulasi HEC-HMS)



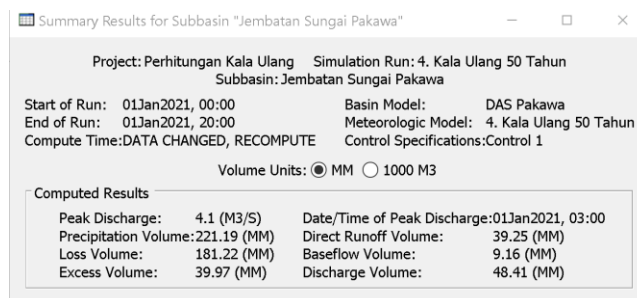
Gambar 3. Summary Result Kala Ulang 5 Tahun



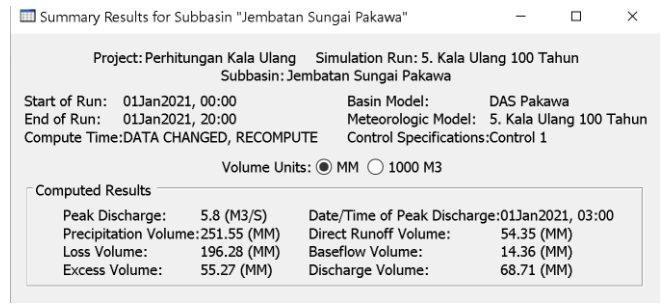
Gambar 4. Summary Result Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 5. Summary Result Kala Ulang 25 Tahun



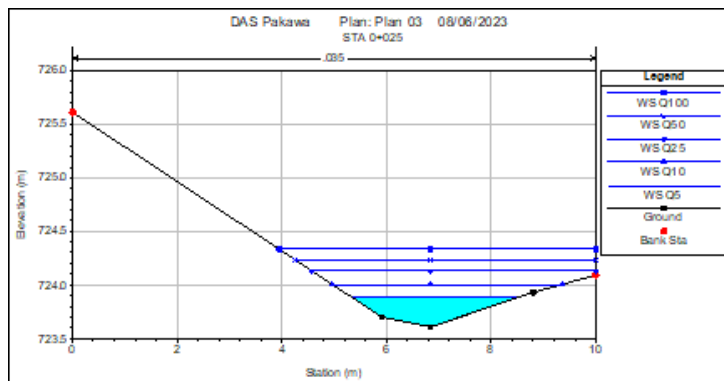
Gambar 6. Summary Result Kala Ulang 50 Tahun



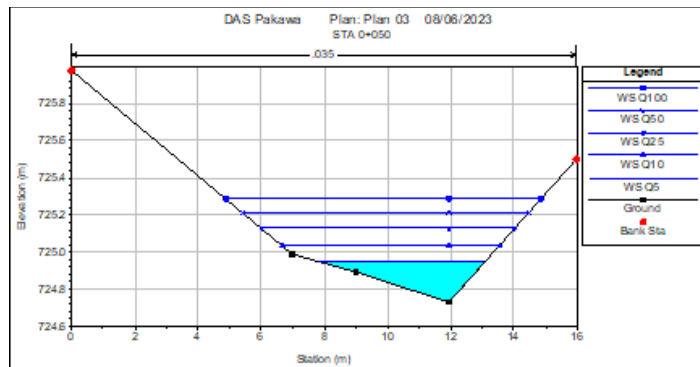
Gambar 7. Summary Result Kala Ulang 100 Tahun

4.10 Analisis Tinggi Muka Air (Simulasi HEC-RAS)

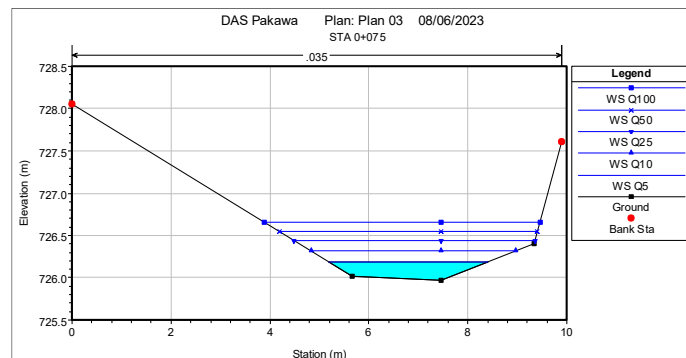
Hasil simulasi pada tiap penampang dengan menampilkan tinggi muka air semua debit kala ulang.



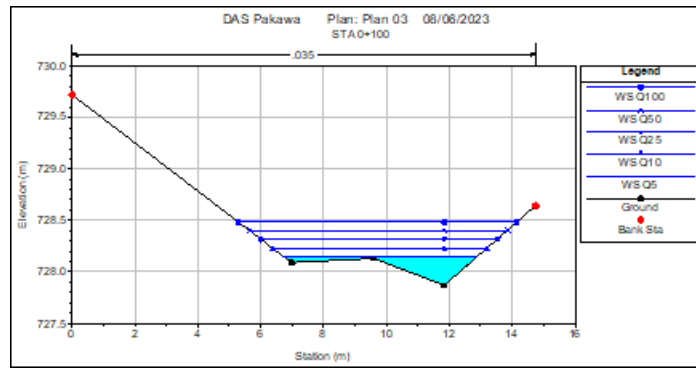
Gambar 8. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+025



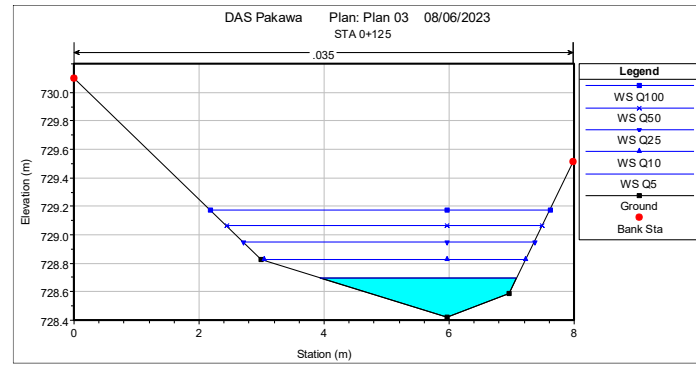
Gambar 9. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+050



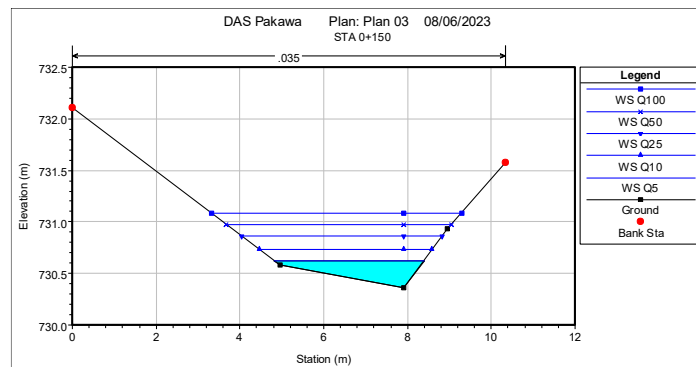
Gambar 10. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+75



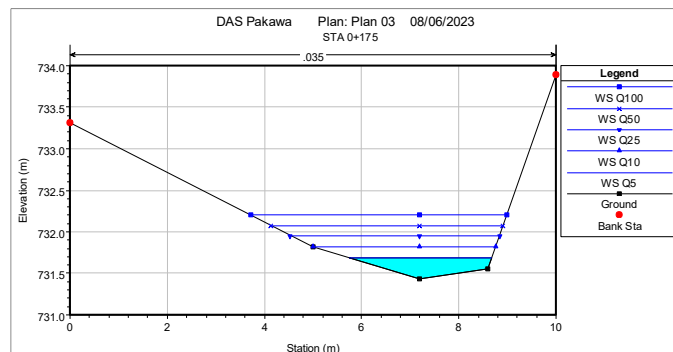
Gambar 11. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+100



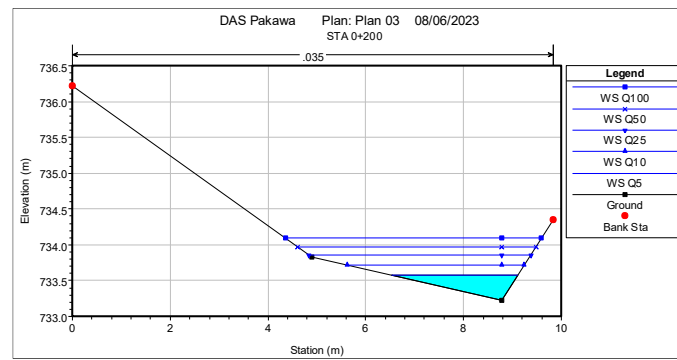
Gambar 12. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+125



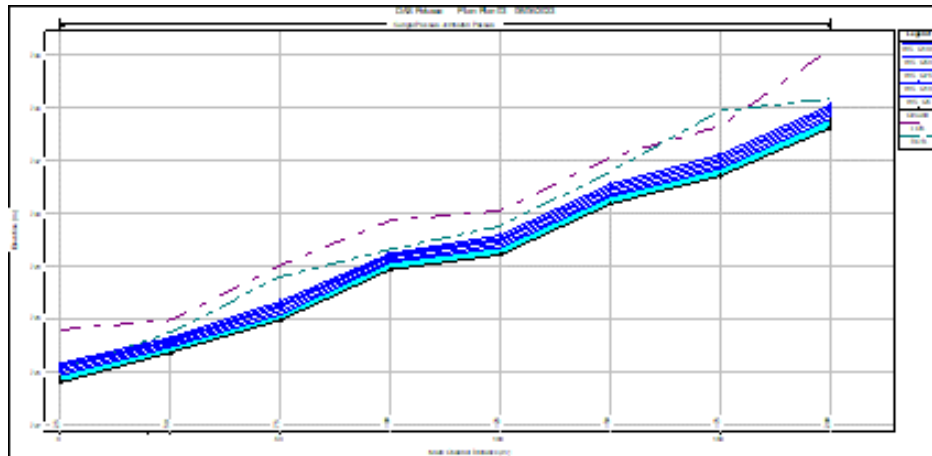
Gambar 13. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+150



Gambar 14. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+175



Gambar 15. Rangkuman Tinggi Muka Air STA 0+200



Gambar 16. Rangkuman Elevasi Tinggi Muka Air Profil Memanjang Sungai Pakawa di Titik Kontrol Jembatan Makalonsow

5. Kesimpulan

Debit banjir yang terjadi untuk kala ulang 5 tahun = $0,6 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 10 tahun = $1,4 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 25 tahun = $2,7 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 50 tahun = $4,1 \text{ m}^3/\text{det}$, kala ulang 100 tahun = $5,8 \text{ m}^3/\text{det}$. Analisis HEC-RAS menunjukkan luapan banjir hanya terjadi pada STA 0+025 untuk kala ulang 25, 50 dan 100 tahun. Dan untuk STA lainnya untuk tiap kala ulang masih mampu untuk menahan debit banjir. Maka dari itu diperlukan adanya pembangunan talud di bantaran sebelah kanan sungai terkhususnya pada STA 0+025 untuk menanggulangi banjir dan melakukan perawatan rutin pada sungai seperti pembersihan rumput dan sampah karena hal tersebut dapat mempengaruhi kapasitas tampungan air.

Referensi

- Abdulhalim, Dwiki Fahrezi., Lambertus Tanudjaja. Jeffry S. F. Sumarauw. 2018. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan di Titik 250 m Sebelah Hulu Bendung Talawaan. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 6, No. 5, Mei 2018 (269-276), Hal. 269, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 (2023). Data Debit Harian Sungai Taler – Papakelan. Manado.
- Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1 (2023). Data Hujan Harian Pos Klimatologi Tondano - Paleloan., Manado.
- Kamase, Malinda., Liany A., Hendrata, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. Analisis Debit dan Tinggi Muka Air Sungai Tondano di Jembatan Desa Kuwil Kecamatan Kalawat. *Jurnal Sipil Statik* Vol.5 No.4 Juni 2017 (175-185) ISSN: 2337-6432, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Makal, Ariel Pribady., Tiny Mananoma, Jeffry S. F. Sumarauw. 2020. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Kawangkoan di Desa Kawangkoan Kecamatan Kalawat Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.8 No.3 Mei 2020 (283-292) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mamuaya, Frana L., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2019. Analisis Kapasitas Penampang Sungai Roong Tondano Terhadap Bernagai Kala Ulang Banjir. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.2 Februari

- 2019 (179-188) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mawikere, Nadia. C., Jeffry S. F. Sumarauw, Cindy J. Supit. 2022. Analisis Tinggi Muka Air Banjir Sungai Bailang di Lorong Simphony Kelurahan Sumompo Kota Manado. Tekno – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Palit, Isabella. E. G., Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung. 2022. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Tikala di Titik Jembatan Gantung Kelurahan Tikala Ares Kecamatan Tikala. Tekno – Volume 20 Nomor 82 – Desember 2022 ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2013., Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017., Analisis Frekwensi Hujan. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017., Hidrograf Satuan Sintesis. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2017., Pola Distribusi Hujan Jam – Jaman Daerah Manado, Minahasa Utara dan Minahasa. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.10 Desember 2017 (669-678) ISSN: 2337-6732, Manado.
- Sumarauw, Jeffry. 2018., HEC-HMS. Bahan Ajar Mahasiswa, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Supit, Cindy J. 2013., The Impact Of Water Projects On River Hydrology. Jurnal Tekno-Sipil Vol. 11 No. 59 Agustus 2013 (56-61) ISSN: 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Talumepa, Marcia Yosua., Lambertus Tanudjaja, Jeffry S. F. Sumarauw. 2017. Analisis Debit Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mangondow Utara. Jurnal Sipil Statik, Vol. 5, No. 10, Desember 2017 (699-710), Hal. 700, ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Welliang, Aditya Hadipradana., Jeffry S. F. Sumarauw, Tiny Mananoma. 2019. Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow. Jurnal Sipil Statik, Vol.17, No.71, Desember 2019 (1-8), Hal. 1-7, ISSN: 2337-6732, ISSN : 0215-9617, Universitas Sam Ratulangi, Manado.