

## BAB V

### ANALISIS HIDROLOGI DAN HIDROLIKA

#### A. Analisis Hidrologi

##### 1. Curah Hujan Rencana

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm).

Hujan rencana adalah hujan harian maksimum yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan dan untuk perhitungan curah hujan rancangan dikumpulkan berdasarkan data hujan harian maksimum selama 10 tahun, yang diperoleh dari stasiun BMKG Tanjung Selor.

Tabel 5.1 Hujan harian maksimum selama 10 tahun

No	Tanggal	Tahun	R <sub>24</sub> Max (mm)
1	12-Mei	2003	101.7
2	26-Sep	2004	160
3	05-Apr	2005	127.8
4	13-Feb	2006	151.3
5	16-Nov	2007	94.5
6	26-Apr	2008	86.1
7	17-Jun	2009	153
8	11-Agu	2010	89.6
9	22-Mar	2011	125.5
10	21-Sep	2012	82.6

Sumber : PT. Bhawana Prasasta

##### a. Distribusi Gumbel

Metode Gumbel diciptakan oleh E.J.Gumbel pada tahun 1941. Metode Gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, pada metode ini data yang diolah diasumsikan mempunyai sebaran tertentu yang disebut sebaran Gumbel.

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel :

- 1) Mencari rata-rata nilai hujan

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + \dots + X_n}{n}$$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{101.7 + 160 + 127.8 + 151.3 + 94.5 + 86.1 + 153 + 89.6 + 125.5 + 82.6}{10} \\ &= 117.21 \text{ mm}\end{aligned}$$

- 2) Mencari nilai  $X_i - \bar{X}$

Jika  $X_i$  diambil pada tahun 2003 sebesar 101.7 mm

$$\begin{aligned}X_i - \bar{X} &= 101.7 - 117.21 \\ &= -15.51 \text{ mm}\end{aligned}$$

- 3) Mencari nilai  $(X_i - \bar{X})^2$

$$\begin{aligned}(X_i - \bar{X})^2 &= (-15.51)^2 \\ &= 240.560\end{aligned}$$

- 4) Mencari nilai standar deviasi

Jumlah dari nilai  $(X_i - \bar{X})^2$  dari tahun 2003 hingga 2012 didapat 8,139.209 selanjutnya dimasukkan ke dalam perhitungan

$$\begin{aligned}SD &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{8139.209}{10-1}} \\ &= 30.073\end{aligned}$$

- 5) Mencari nilai TR

TR adalah untuk periode ulang digunakan T tahun sebesar 2, 5, 10, 25, 50, 100 (tahun)

- 6) Mencari probabilitas ulang

$$\begin{aligned}P &= \frac{1}{TR} \times 100\% \quad ; \text{diambil untuk TR 2 tahun} \\ &= \frac{1}{2} \times 100\% \\ &= 50\%\end{aligned}$$

Maka, probabilitas terjadinya periode ulang 2 tahunan adalah sebesar 50%

7) Mencari nilai  $Y_{Tr}$  (*Reduced Variates*)

$$Y_{Tr} = -\text{Ln} \left( \text{Ln} \left( \frac{TR}{TR-1} \right) \right)$$

$$Y_{Tr} = -\text{Ln} \left( \text{Ln} \left( \frac{2}{2-1} \right) \right)$$

$$= 0.367$$

8) Mencari nilai  $K_{Tr}$

$$K_{Tr} = \frac{(Y_{Tr}-0.4952)}{0.9497}$$

$$= \frac{(0.367-0.4952)}{0.9497}$$

$$= -0.135$$

9) Mencari nilai  $X_{Tr}$

$$X_{Tr} = \bar{X} + (K_{Tr} \times SD)$$

$$= 117.21 + (-0.135 \times 30.073)$$

$$= 113.15 \text{ mm}$$

Maka, kedalaman hujan dengan periode ulang 2 tahun sebesar 113.15 mm

Untuk nilai dari perhitungan tahun-tahun lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.2 Hasil perhitungan Metode Gumbel

No	Tanggal	Tahun	xi (mm)	xi - $\bar{x}$	(xi - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
1	12-Mei	2003	101.700	-15.510	240.560
2	26-Sep	2004	160.000	42.790	1830.984
3	05-Apr	2005	127.800	10.590	112.148
4	13-Feb	2006	151.300	34.090	1162.128
5	16-Nov	2007	94.500	-22.710	515.744
6	26-Apr	2008	86.100	-31.110	967.832
7	17-Jun	2009	153.000	35.790	1280.924
8	11-Agu	2010	89.600	-27.610	762.312
9	22-Mar	2011	125.500	8.290	68.724
10	21-Sep	2012	82.600	-34.610	1197.852
	Rata-rata		117.210	0.000	8139.209
	Standar Deviasi		30.073		

Tabel 5.3 Hasil perhitungan Curah Hujan Rencana

TR	Probabilitas (%)	Y <sub>TR</sub>	K <sub>TR</sub>	X <sub>TR</sub> (mm)
2	50	0.367	-0.136	113.135
5	20	1.500	1.058	149.025
10	10	2.250	1.848	172.788
25	4	3.199	2.847	202.812
50	2	3.902	3.587	225.085
100	1	4.600	4.322	247.194

b. Distribusi Log Pearson III

Pearson telah mengembangkan banyak model matematik fungsi distribusi untuk membuat persamaan empiris dari suatu distribusi. Ada 12 tipe distribusi Pearson, namun hanya distribusi log pearson III yang banyak digunakan dalam hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum. Bentuk distribusi log pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi pearson III dengan transformasi variat menjadi nilai log.

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan metode Distribusi Log Person III :

1) Mencari rata-rata nilai hujan

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{101.7 + 160 + 127.8 + 151.3 + 94.5 + 86.1 + 153 + 89.6 + 125.5 + 82.6}{10}$$

$$= 117.21 \text{ mm}$$

2) Mencari nilai log Xi

Jika Xi diambil pada tahun 2003 sebesar 101.7 mm

$$\text{Log } X_i = \text{Log } (101.7)$$

$$= 2.007 \text{ mm}$$

3) Mencari nilai (Log Xi – Log  $\bar{X}$ )

Jumlah dari nilai rerata Log X dari tahun 2003 hingga 2012 didapat 2.056, selanjutnya dimasukkan kedalam perhitungan seperti berikut.

$$(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X}) = (2.007 - 2.056)$$

$$= -0.049$$

- 4) Mencari nilai  $(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$

$$\begin{aligned} (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2 &= (-0.049)^2 \\ &= 0.002 \end{aligned}$$

- 5) Mencari nilai  $(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$

$$\begin{aligned} (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3 &= (-0.049)^3 \\ &= 0.0001 \end{aligned}$$

- 6) Mencari nilai standar deviasi

Jumlah dari nilai  $(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2$  dari tahun 2003 hingga 2012 didapat 0.112 selanjutnya dimasukkan ke dalam perhitungan.

$$\begin{aligned} SD &= \sqrt{\frac{\Sigma (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0.112}{10-1}} \\ &= 0.111 \end{aligned}$$

- 7) Mencari nilai  $C_s$

Jumlah dari nilai  $(\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3$  dari tahun 2003 hingga 2012 di dapat 0.001, selanjutnya dimasukkan ke dalam perhitungan seperti dibawah.

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{n \times \Sigma (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times SD^3} \\ &= \frac{10 \times 0.001}{(10-1) \times (10-2) \times (0.111)^3} \\ &= 0.125 \end{aligned}$$

- 8) Mencari nilai TR

TR adalah untuk periode ulang digunakan T tahun sebesar 2, 5, 10, 25, 50, 100 (tahun)

- 9) Mencari probabilitas ulang

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{TR} \times 100\% \quad ; \text{diambil untuk TR 2 tahun} \\ &= \frac{1}{2} \times 100\% \\ &= 50\% \end{aligned}$$

Maka, probabilitas terjadinya periode ulang 2 tahunan adalah sebesar 50%

10) Mencari nilai KTr

Berdasarkan perhitungan sebelumnya nilai Cs didapat 0.125 maka :

$$\begin{aligned} Kt2 &= -0.017 - (0.075/0.1) \times (-0.017 - (-0.033)) \\ &= -0.029 \end{aligned}$$

Maka nilai Kt untuk 2 tahunan adalah -0.029

11) Mencari nilai Log Tr

$$\begin{aligned} \text{Log Tr} &= \text{Log X} + (Kt \times SD \times \text{Log X}) \\ &= 2.056 + ((-0.029 \times 0.111) \times 2.056) \\ &= 2.049 \end{aligned}$$

12) Mencari nilai XTr

$$\begin{aligned} XTr &= \text{arc Log (Tr)} \\ &= \text{arc Log (2.049443)} \\ &= 112.058 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka untuk Metode Log Pearson III, kedalaman hujan dengan periode ulang 2 tahun sebesar 112.058 mm dan untuk perhitungan tahun-tahun lainnya dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 5.4 Hasil perhitungan Log Pearson III

No	Xi (mm)	Log Xi	(Log Xi - Log $\bar{X}$ )	(Log Xi - Log $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>
1	101,7	2,007	-0,049	0,002	-0,000
2	160	2,204	0,148	0,022	0,003
3	127,8	2,107	0,050	0,003	0,000
4	151,3	2,180	0,124	0,015	0,002
5	94,5	1,975	-0,081	0,007	-0,001
6	86,1	1,935	-0,121	0,015	-0,002
7	153	2,185	0,129	0,017	0,002
8	89,6	1,952	-0,104	0,011	-0,001
9	125,5	2,099	0,043	0,002	0,000
10	82,6	1,917	-0,139	0,019	-0,003
Jumlah	1.172,100	20, 561	0,000	0,112	0,001
Rata-rata	117,210	2,056	0,000	0,011	0,000
Nilai Cs	0,125		Standar Deviasi	0,111	

Tabel 5.5 Hasil perhitungan probabilitas Log Pearson III

TR	Probabilitas (%)	KTr	LogTr	XTr
2	50	-0,029	2,049	112,058
5	20	0,832	2,247	176,451
10	10	1,299	2,354	225,784
25	4	1,810	2,471	295,657
50	2	2,146	2,548	353,051
100	1	2,454	2,618	415,350

## 2. Debit Banjir Rencana

### a. Metode Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto,1987). Data yang digunakan dalam perhitungan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.6 Data Sungai Kayan

Panjang (L) =	368,243 km
<i>Slope</i> (S) =	0,142%
Luas (A) =	26.370,122 km <sup>2</sup>

Sumber : PT. Bhawana Prasasta

Tabel 5.7 Nilai Curah Hujan Rencana yang di Input

TR	Xtr (mm)
2	113,135
5	149,025
10	172,788
25	202,812
50	225,085
100	247,194

Langkah-langkah perhitungan atau bentuk hidrograf satuan menggunakan Metode Nakayasu ialah sebagai berikut :

- 1)  $Re = 1 \text{ mm}$
- 2)  $\alpha = 2$
- 3)  $Tg = 0.4 + 0.058 L$                       untuk  $L > 15 \text{ km}$

$$= 0.4 + (0.058 \times 368.243)$$

$$= 21.758 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad T_{0.3} &= \alpha T_g \\ &= 2 \times 21.758 \\ &= 43.516 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \quad T_r &= 0.5 T_g \\ &= 0.5 \times 21.758 \\ &= 10.879 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6) \quad T_p &= T_g + 0.8 T_r \\ &= 21.758 + (0.8 \times 10.879) \\ &= 30.461 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7) \quad Q_p &= \frac{1}{3.6} \left( \frac{A Re}{0.3 T_p + T_{0.3}} \right) \\ &= \frac{1}{3.6} \left( \frac{26,370.12 \times 1}{(0.3 \times 30.461) + 43.516} \right) \\ &= 139.115 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 8) \quad T_p + T_{0.3} &= 30.461 + 43.516 \\ &= 73.978 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 9) \quad 0.3Q_p &= 0.3 \times 139.115 \\ &= 41.734 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10) \quad (T_p + T_{0.3}) + (1.5 \times T_{0.3}) &= (30.461 + 43.516) + (1.5 \times 43.516) \\ &= 139.252 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11) \quad 0.3^2 \times Q_p &= 0.3^2 \times 139.115 \\ &= 12.520 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Menentukan nilai P1, P2, P3, P4 dan P5, dengan cara membagi nilai Xtr menjadi 5 bagian :

Pada bagian Xtr 2 tahun, Nilai Xtr = 113.135 mm

$$\begin{aligned} 1) \quad P_1 &= 35\% \times X_{tr} \\ &= 35\% \times 113.135 \\ &= 39.597 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$2) \quad P_2 = 25\% \times X_{tr}$$



$$= 25\% \times 113.135$$

$$= 28.284 \text{ mm}$$

$$3) P3 = 20\% \times X_{tr}$$

$$= 20\% \times 113.135$$

$$= 22.627 \text{ mm}$$

$$4) P4 = 15\% \times X_{tr}$$

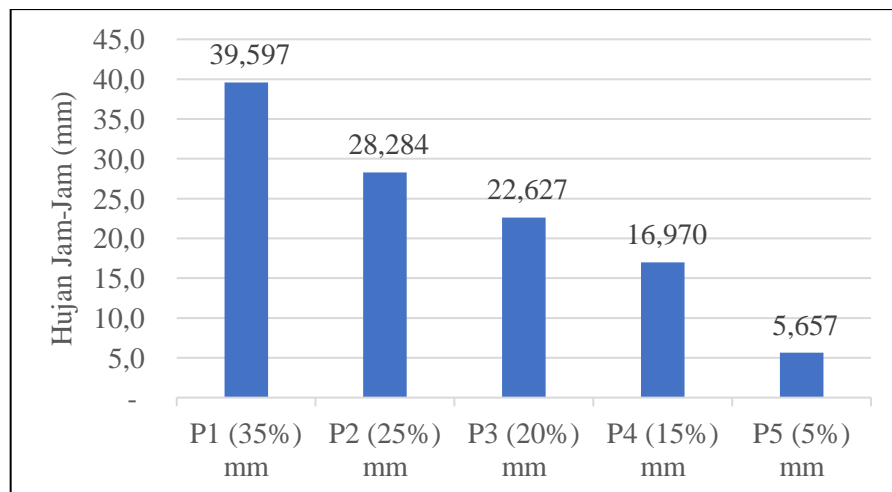
$$= 15\% \times 113.135$$

$$= 16.970 \text{ mm}$$

$$5) P5 = 5\% \times X_{tr}$$

$$= 5\% \times 113.135$$

$$= 5.657 \text{ mm}$$



Grafik 5.1 Distribusi hujan jam-jam Kala Ulang 2 Tahun

Untuk  $T = 1$

$$Q_{t1} = Q_p \times \left(\frac{1}{T_p}\right)^{2.4}$$

$$= 139.115 \times \left(\frac{1}{30.461}\right)^{2.4}$$

$$= 0.038 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

$$\text{Akibat P1} = Q_{t1} \times P1$$

$$= 0.038 \times 39.597$$

$$= 1.514 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Akibat P2} = Q_{t0} \times P1$$

$$= 0 \times 39.597$$

$$= 0 \text{ m}^3/\text{s}$$

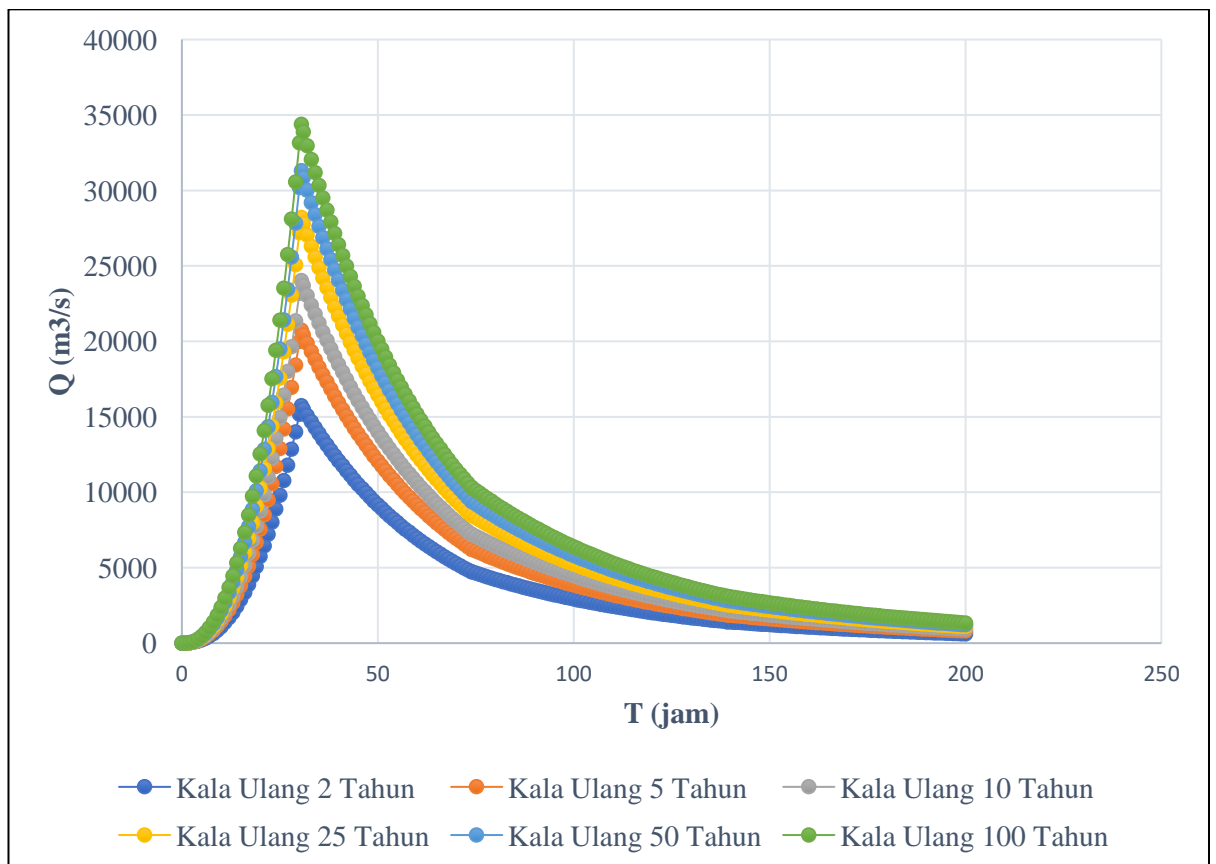
$$\text{Akibat P3} = \text{Akibat P4} = \text{Akibat P5} = -$$

$$Q_{\text{tot}} = \text{Akibat P1} + \text{Akibat P2} + \text{Akibat P3} + \text{Akibat P4} + \text{Akibat P5}$$

$$= 1.514 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 5.8 Distribusi Hujan Jam-Jaman Setiap Kala Ulang

	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun	50 Tahun	100 Tahun
Nilai XTr	113.135	149.025	172.788	202.812	225.085	247.194
P1 (35%) mm	39.597	52.159	60.476	70.984	78.780	86.518
P2 (25%) mm	28.284	37.256	43.197	50.703	56.271	61.799
P3 (20%) mm	22.627	29.805	34.558	40.562	45.017	49.439
P4 (15%) mm	16.970	22.354	25.918	30.422	33.763	37.079
P5 (5%) mm	5.657	7.451	8.639	10.141	11.254	12.360



Grafik 5.2 Hidrograf Banjir Rencana Sungai Kayan

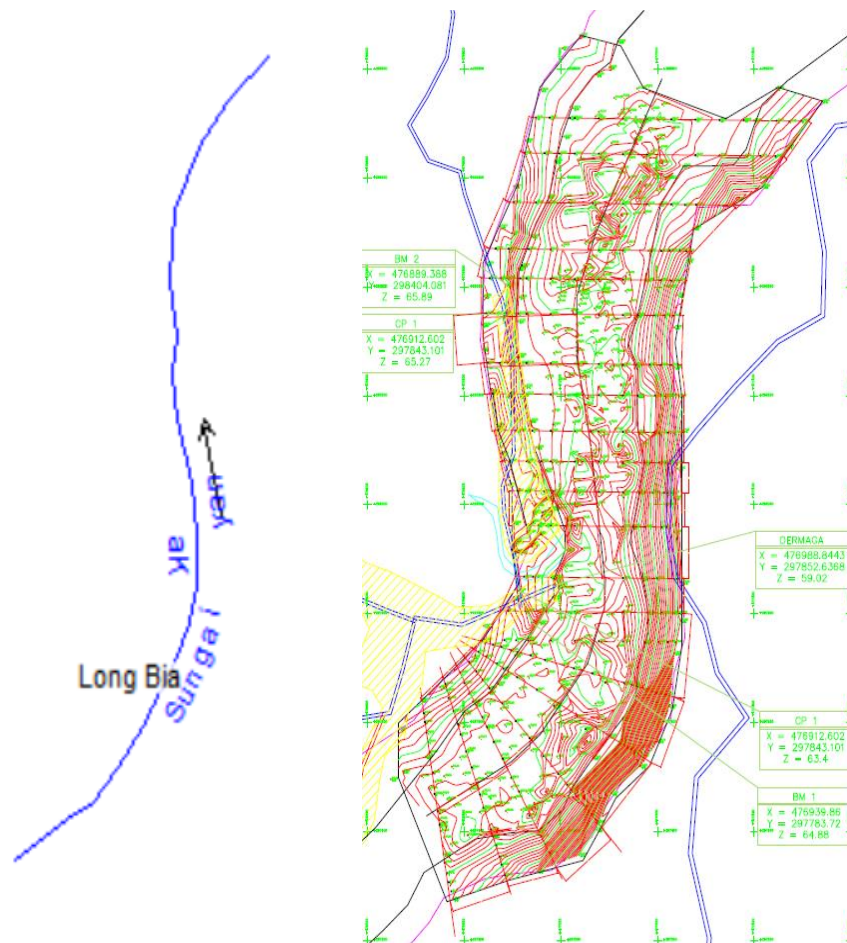
## B. Pemodelan HEC-RAS

Hecras merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran disungai, Hecras merupakan model satu dimensi aliran permanen maupun tak permanen. Adapun tujuan dari aplikasi Hec-ras ini adalah mensimulasikan dan menganalisa pada aspek hidrolika yang meliputi analisa profil muka air sungai, profil muka air rencana.

### 1. Geometri Penampang Sungai

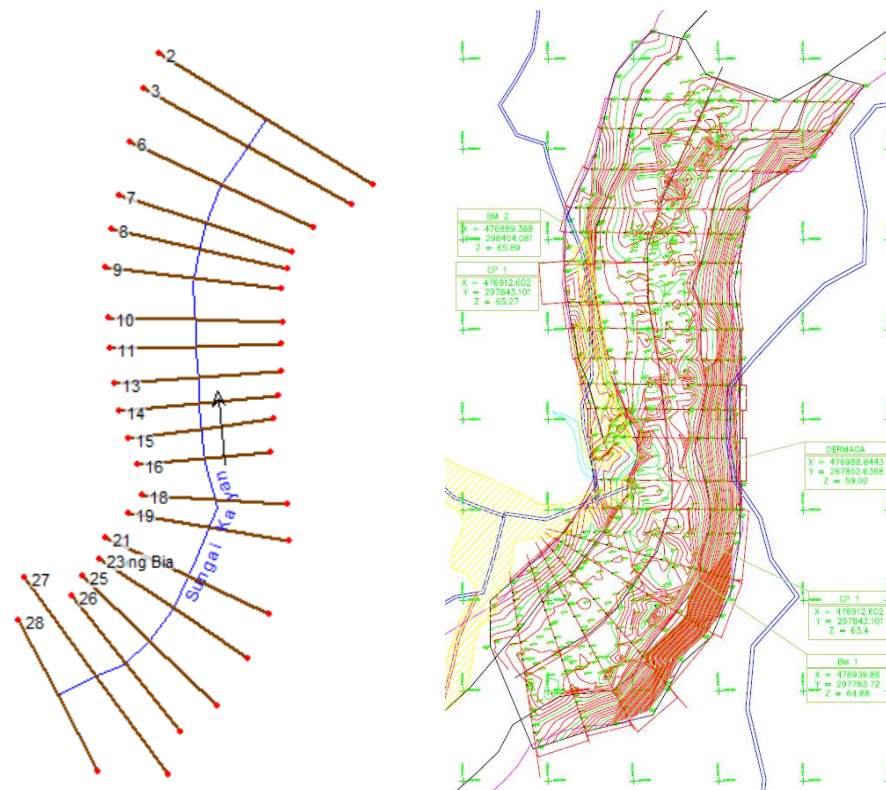
Parameter dari geometri saluran yang dibutuhkan adalah alur, tampang memanjang, tampang melintang dan kekasaran dasar (*koefisien manning*) dari saluran tersebut, adapun tahap-tahap untuk menghasilkan sebuah geometri sungai adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan sebuah alur dari sungai dengan melihat elevasi pada sungai, dan membuat sebuah alur harus dimulai dari bagian hulu ke bagian hilir.



Gambar 5.1 Alur Sungai Kayan

- b. Penomoran *cross*, penomoran *cross* ini menggunakan nomor urut yang dimulai dari bagian hilir sungai dengan nomor terendah dan nomor terbesar pada bagian hulunya.








Gambar 5.2 Penomoran pada geometri Sungai Kayan

- c. Mengisi data *cross section*, pada langkah ini ada beberapa data yang digunakan yaitu data *cross section coordinates*, *downstream reach lengths*, *manning's values*, dan *main channel bank stations*. Pada bagian *downstream reach lengths* adalah jarak antara bantara *left* (kiri) dan *right* (kanan), sedangkan *channel* adalah jarak alur utama. Koefisien kekasaran dasar (*manning's n values*) adalah 0.025 untuk semua bagian tampang baik itu LOB, *Channel*, dan ROB karena tampang lintang saluran dianggap sama sebagai tampang tunggal, untuk *Main Channel Bank Stations* pada bagian *Left bank* di isi 0 dan pada bagian *Right bank* di isi nilai dari ujung titik pada bagian kanan.

▼ Cross Section Data - geometry

Exit Edit Options Plot Help

River: Sungai Kayan Apply Data   + 

Reach: Long Bia River Sta.: 14  

Description

Del Row Ins Row

Cross Section Coordinates		
	Station	Elevation
1	0	62.9
2	34.7	61.19
3	39.02	60.95
4	65.48	58.21
5	84.84	57.1
6	134.84	54.11
7	184.84	51.64
8	234.84	54.4
9	278.65	57.69
10	310.18	66.42
11	321.89	70.13
12	330.93	73
13	345.35	77.54
14		

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
58.69	56.49	55.94

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.025	0.025	0.025




Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
0	345.35



Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Gambar 5.3 Data cross section 14

▼ Cross Section Data - geometry

Exit Edit Options Plot Help

River: Sungai Kayan Apply Data   + 

Reach: Long Bia River Sta.: 15  

Description

Del Row Ins Row

Cross Section Coordinates		
	Station	Elevation
1	0	63.11
2	16.42	62.64
3	20.8	62.52
4	55.94	59.27
5	74.08	57.4
6	82.44	55.76
7	118.69	52.73
8	168.69	50.46
9	218.69	53.8
10	252.07	57.6
11	278.9	65.36
12	303.86	71.04
13	310.65	72.61
14	319.62	74.65

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
57.23	55.47	54.89

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.025	0.025	0.025

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
0	319.62

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

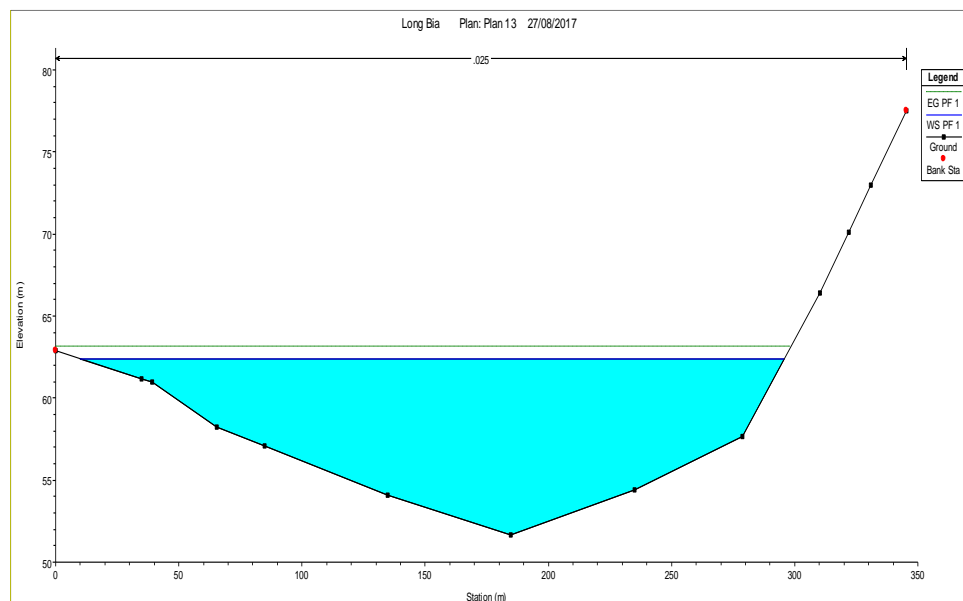
Gambar 5.4 Data cross section 15

## 2. Data Debit yang Digunakan Pada Pemodelan

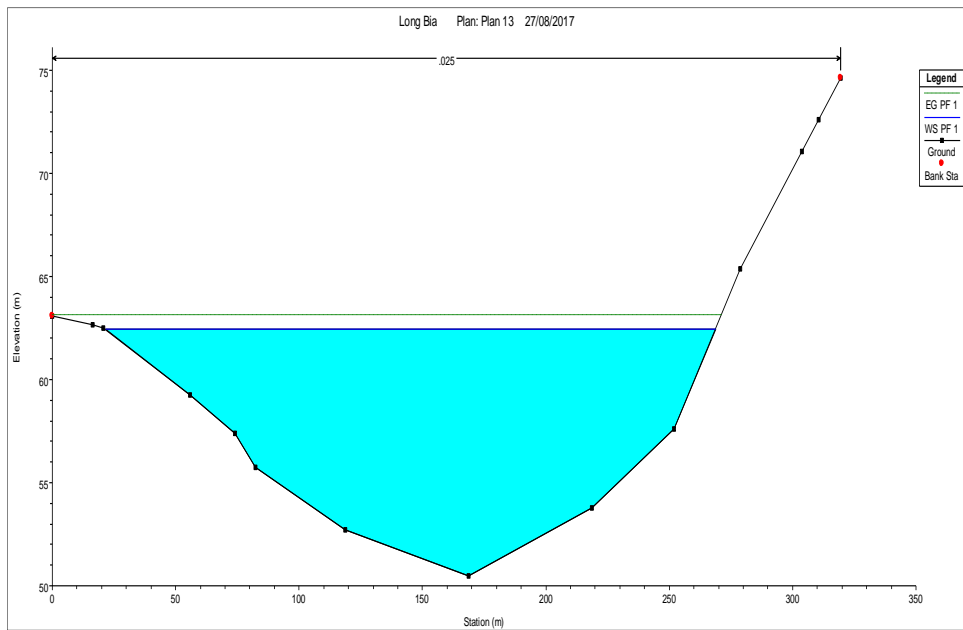
Pada hasil perhitungan debit banjir menggunakan metode Nakayasu untuk Kala Ulang 2 tahun diperoleh tinggi air sangat tinggi, dan pada kasus perencanaan ini, permasalahan sungai bukan dikarenakan masalah banjir. Oleh karena pada studi ini dilakukan perhitungan nilai debit dengan cara coba-coba untuk mendapatkan muka air yang realistis sesuai dengan kondisi dilapangan dan kondisi air maksimum pada saluran sungai ialah pada debit  $6700 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 3. Hasil Simulasi Model Sungai

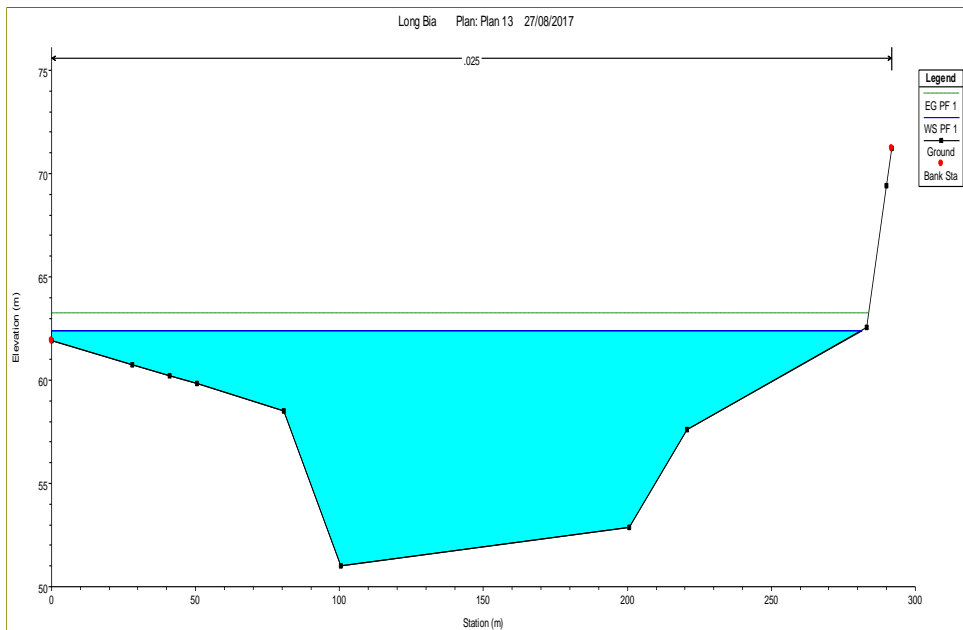
Pada hasil tampak melintang sungai menggunakan hasil dari sta 14, sta 15 dan sta 16 dapat dilihat pada Gambar 5.5, Gambar 5.6 dan Gambar 5.7, elevasi muka air pada sta 14 adalah 62.41 m, pada sta 15 adalah 62.45 m dan pada sta 16 adalah 62.42 m.



Gambar 5.5 Tampak melintang Sungai Kayan sta 14



Gambar 5.6 Tampak melintang Sungai Kayan sta 15



Gambar 5.7 Tampak melintang Sungai Kayan sta 16