



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Batas DAS

Dalam penelitian ini, batas DAS Bodri ditentukan dengan bantuan data Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), *software* Universal Map Downloader dan ArcMap 10.3.

4.1.1 Batas DAS Bodri

DAS Bodri dalam Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) terletak pada lembar 1409-241 (Bleder), lembar 1409-122 (Subah), lembar 1409-212 (Kendal), lembar 1409-221 (Tugu), lembar 1408-444 (Bawang), lembar 1408-553 (Sukorejo) lembar 1409-221 (Singorojo), lembar 1408-543 (Boja), lembar 1408-442 (Kejajar), lembar 1408-531 (Ngadirejo), lembar 1408-532 (Kali Nongko), lembar 1408-541 (Sumowono) dan lembar 1408-424 (Wonosobo), lembar 1408-513 (Parakan), lembar 1408-514 (Temanggung) dan lembar 1408-523 (Grabag) yang digunakan untuk menentukan batas DAS Bodri.

Lembar Peta RBI yang akan digunakan untuk menentukan batas DAS Bodri ini nantinya di rubah menggunakan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) WGS 1984 (*southern hemisphere*) zona 49 S dengan letak DAS Bodri.

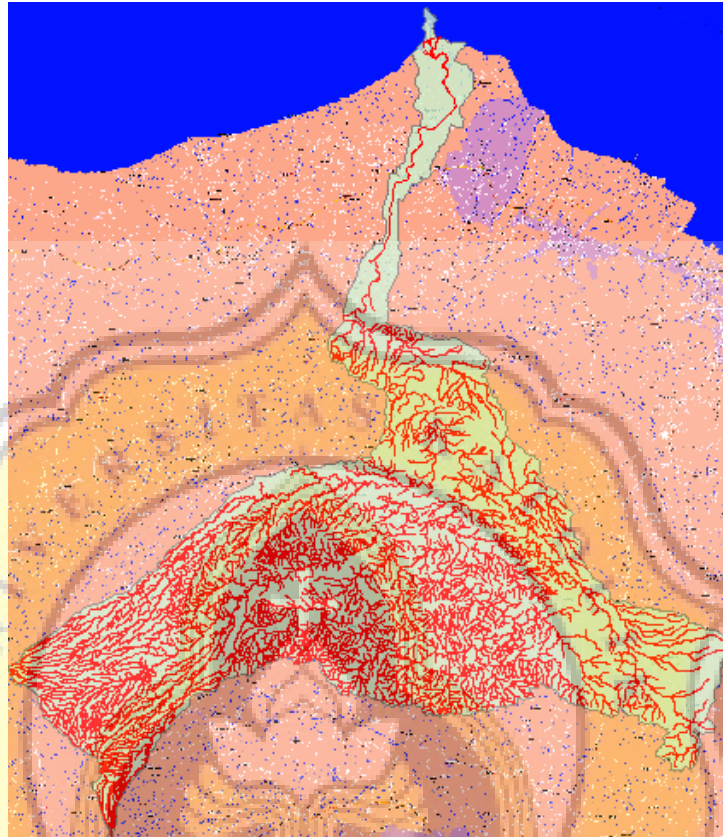
Proses selanjutnya adalah melakukan *digitizing* untuk menandai lokasi-lokasi penting, menandai alur atau jalur serta membentuk batas DAS pada peta. *Digitizing* dimulai dengan menandai seluruh alur sungai dari hulu hingga ke Laut Jawa dengan bendung Juwero sebagai titik kontrol.

Selanjutnya menentukan batas dari DAS Bodri. Syarat penentuan garis batas DAS adalah sebagai berikut:

- a. batas DAS terletak pada punggung bukit dan memotong kontur (tidak sejajar kontur),
- b. Apabila kontur tidak terlalu jelas, maka digunakan alur jalan sebagai batas DAS,

- c. batas DAS tidak boleh memotong alur sungai.

Hasil dari proses *digitizing* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



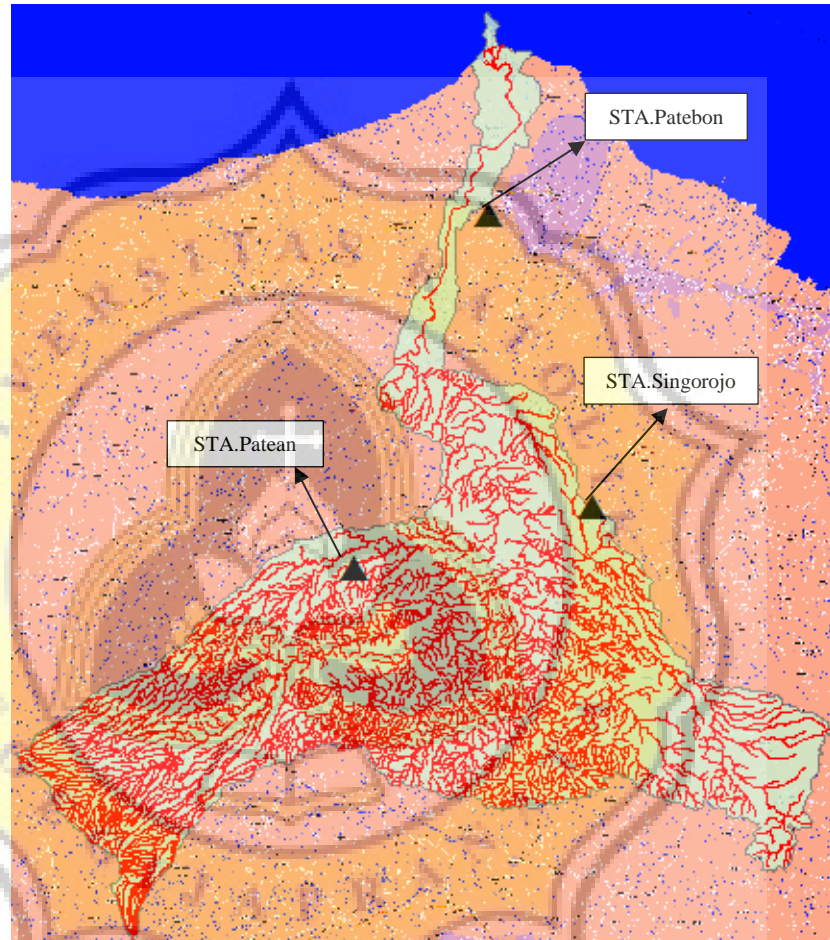
Gambar 4.1 Batas DAS Bodri

Garis-garis yang berwarna merah pada gambar merupakan alur sungai yang ada di DAS Bodri. Sementara warna putih pada gambar adalah gambar wilayah DAS Bodri dengan luas wilayah DAS Bodri adalah 597,3118 km².

4.1.2 Area Pengaruh Poligon Thiessen

Setelah menentukan batas DAS Bodri, selanjutnya adalah menentukan area pengaruh Poligon Thiessen yang berguna untuk melakukan perhitungan curah hujan area. Penentuan Area Pengaruh Poligon berdasarkan pada jumlah dan lokasi stasiun hujan yang ada. Pada DAS Bodri terdapat 3 stasiun hujan yang memberikan pengaruh, yaitu Stasiun Hujan Patean, Stasiun Hujan Patebon dan Stasiun Hujan Singorojo.

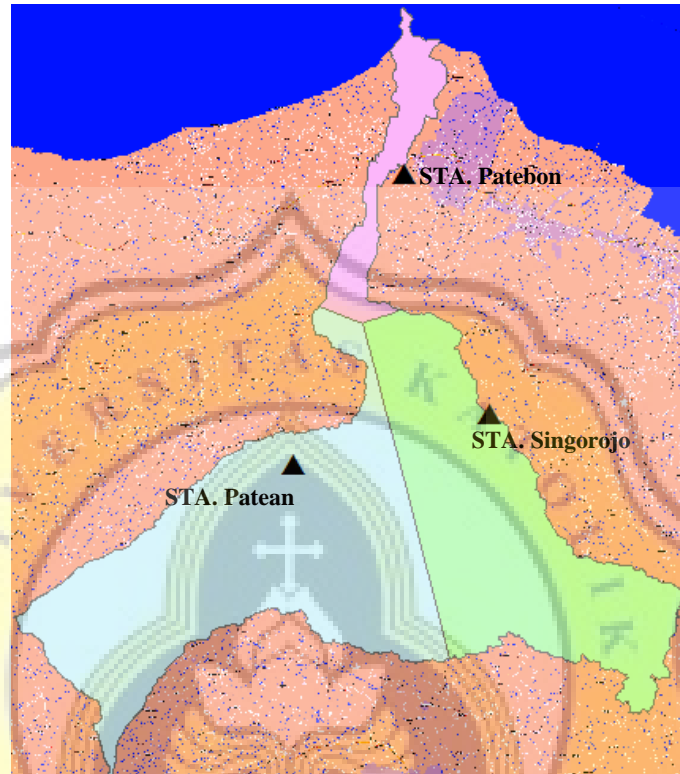
Stasiun hujan Patean terletak pada $07^{\circ} 07' 781''$ LS dan $110^{\circ} 22' 546''$ BT. Stasiun hujan Patebon terletak pada $06^{\circ} 931' 680''$ LS dan $110^{\circ} 17' 004''$ BT. Stasiun hujan Singorojo terletak pada $07^{\circ} 10' 812''$ LS dan $110^{\circ} 10' 680''$ BT Lokasi ketiga stasiun tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.2 Lokasi Stasiun Hujan pada DAS Bodri

Sesudah mengetahui dan menandai lokasi dari ketiga stasiun hujan tersebut pada gambar DAS Bodri, selanjutnya adalah proses pembentukan area pengaruh Poligon Thiessen. Poligon Thiessen membagi DAS berdasarkan pengaruh dari stasiun hujan yang ada. Hasil dari Poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 4.3. DAS Bodri terbagi menjadi tiga area pengaruh poligon Thiessen. Area berwarna ungu adalah milik Stasiun Hujan Patebon dengan luas $45,421 \text{ km}^2$. Area berwarna

hijau tua adalah milik Stasiun Hujan Singorojo dengan luas wilayah 233,4619 km². Area berwarna hijau muda adalah milik Stasiun Hujan Patean dengan luas wilayah 318,4289 km²

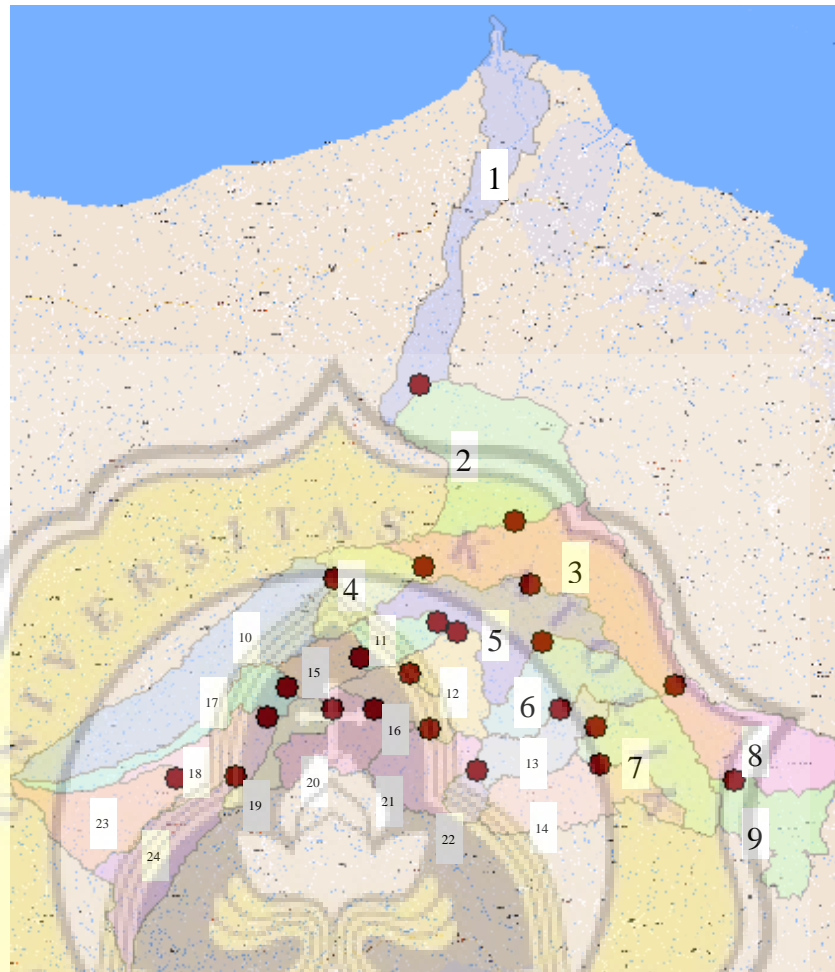


Gambar 4.3 Area Pengaruh Poligon Thiessen pada DAS Bodri

4.1.3 Pembagian Sub DAS

Tahapan selanjutnya adalah membagi DAS Bodri ke dalam sub DAS – sub DAS. Pembagian sub DAS dilakukan dengan cara menentukan terlebih dahulu titik-titik kontrol yaitu titik-titik percabangan antara sungai utama dengan anak-anak sungai. Setelah penentuan titik-titik kontrol, selanjutnya adalah membuat batas sub DAS berdasarkan titik-titik kontrol ini.

Berikut gambar pembagian Sub DAS berdasarkan titik kontrol menggunakan *software* ArcMap dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Pembagian Sub DAS Bodri

Titik-titik kontrol ini membagi DAS Bodri menjadi 23 sub DAS.
Luas masing-masing sub DAS ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Luas Sub DAS Bodri

Sub DAS	Luas (km ²)	Sub DAS	Luas (km ²)	Sub DAS	Luas (km ²)
1	43.3323	9	23.6382	17	16.1049
2	53.6698	10	57.2438	18	17.1708
3	56.0031	11	9.3459	19	9.6292
4	17.7227	12	15.8991	20	18.4183
5	36.4372	13	16.3524	21	18.6847
6	24.6594	14	27.3466	22	4.9932
7	26.1945	15	10.3367	23	25.0436
8	32.2213	16	11.9255	24	24.9626

4.2 Analisis Hujan Rencana

Analisis hujan rencana pada DAS Bodri menggunakan data hujan yang diambil dari tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Patean, Stasiun Patebon dan Stasiun Singorojo. Data hujan yang digunakan adalah data hujan sebanyak 21 data dari tahun 1980 hingga tahun 2005.

4.2.1 Perhitungan Curah Hujan Area

Perhitungan curah hujan area atau curah hujan DAS menggunakan Metode Poligon Thiessen. Setelah wilayah DAS Bodri dibagi menjadi tiga wilayah berdasarkan area pengaruh Poligon Thiessen, maka dapat dihitung luas dan bobot atau koefisien Thiessennya masing-masing wilayah tersebut. Hasil perhitungan Koefisien Thiessen dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pembagian Area Pengaruh Metode Poligon Thiessen

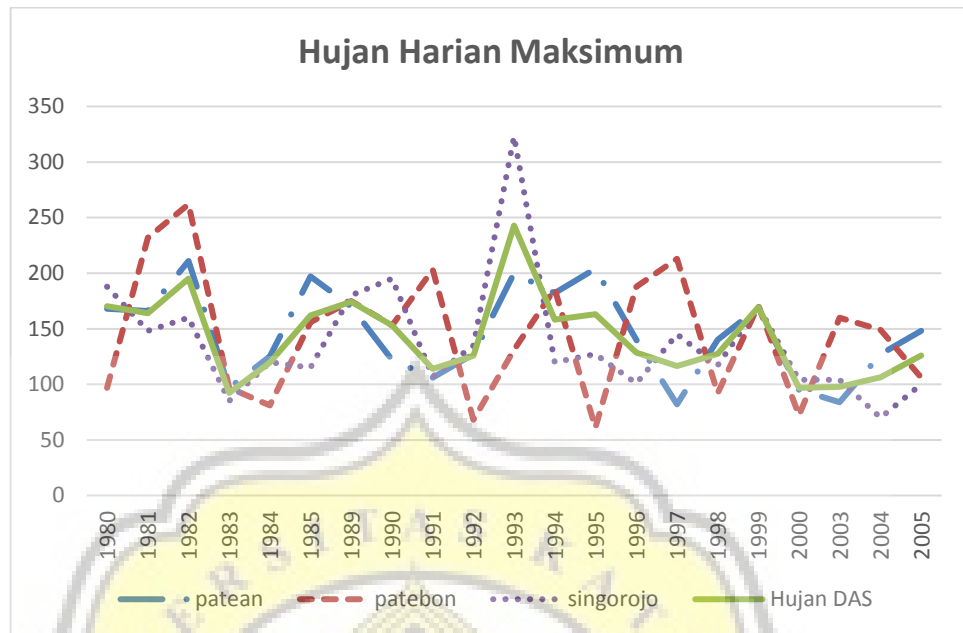
Stasiun Hujan	Luas (A_i) (km^2)	Koefisien Thiessen (P_i) (%)
Sta. Patean	45,421	7,60
Sta. Patebon	233,4619	39,09
Sta. Singorojo	318,4289	53,31
Jumlah (A)	597,3118	100

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mencari nilai curah hujan maksimum antara tahun 1980 hingga tahun 2005 yang tercatat di tiga stasiun (Stasiun Patean, Stasiun Patebon dan Stasiun Singorojo). Kemudian nilai curah hujan maksimum dikalikan dengan koefisien Thiessennya masing-masing stasiun. Hasil analisis curah hujan DAS dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Perhitungan Curah Hujan DAS Bodri

Tahun	Patean	Patebon	Singorojo	Curah Hujan DAS
	$P_1 = 0,5331$	$P_2 = 0,0760$	$P_2 = 0,0,3909$	$P_i = 1,00$
	d_1	d_2	d_2	$d = d_1 \cdot P_1 + d_2 \cdot P_2$
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1980	168	97	188	170,42
1981	166	232	148	163,98
1982	211	262	160	194,94
1983	97	97	85	92,31
1984	125	81	120	119,70
1985	197	156	115	161,83
1989	170	175	180	174,29
1990	122	153	195	152,89
1991	106	203	107	113,77
1992	127	68	135	125,64
1993	200	131	323	242,83
1995	204	61	127	163,03
1996	140	188	101	128,41
1997	82	213	145	116,59
1998	140	92	117	127,36
1999	169	171	170	169,54
2000	95	72	104	96,77
2003	84	160	104	97,60
2004	127	149	70	106,39
2005	148	106	100	126,05
Rerata	145,71	145,38	138,76	142,97
Standar Deviasi	40,46	57,58	54,15	37,33
Koef. Variasi	1,637.31	3,315.95	2,932.49	1,393.51
Koef. Kurtosis	-1,13	-0,84	6,01	0,95
Koef. Skewness	0,02	0,22	2,06	0,84

Dari perhitungan curah hujan DAS, dapat digambarkan sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu (tahun) dengan curah hujan harian maksimum dari Stasiun Hujan Patean, Patebon dan Singorojo. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Hujan Harian Maksimum

Curah hujan yang ditampilkan pada Gambar 4.5 merupakan curah hujan harian maksimum yang terjadi dengan rentang data dari tahun 1980 hingga tahun 2005. Pada grafik dapat dilihat bahwa curah hujan harian maksimum dari setiap stasiun tidak ada yang sama. Pada Stasiun Hujan Patean, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi terjadi pada tahun 1982 yaitu sebesar 211 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 1997 yaitu sebesar 82 mm. Pada Stasiun Hujan Patebon, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi terjadi pada tahun 1982 yaitu sebesar 262 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 1994 yaitu sebesar 61 mm. Pada Stasiun Hujan Singorojo, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi terjadi pada tahun 1993 yaitu sebesar 323 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2004 yaitu sebesar 70 mm. Untuk curah hujan DAS, nilai tertinggi ada pada tahun 1993 yaitu sebesar 242,83 mm dan terendah ada pada tahun 1983 yaitu sebesar 92,31 mm.

4.2.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk menghitung intensitas hujan yang melalui beberapa langkah, yaitu pengukuran dispersi, pemilihan jenis distribusi dan pengujian kecocokan distribusi.

4.2.2.1 Pengukuran Dispersi

Setelah didapatkan curah hujan area, maka selanjutnya adalah pengukuran dispersi. Curah hujan DAS atau data hujan harian maksimum (R_{24}) diurutkan terlebih dahulu mulai dari nilai terbesar ke terkecil atau sebaliknya. Untuk perhitungan ini dipilih pengurutan dari yang terbesar ke terkecil. Hitungan statistik dari hujan harian maksimum DAS Bodri dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perhitungan Statistik

m	Probabilitas (P) $P = m/(N+1)$	Tahun	d (mm)	Ln d (mm)
1	0,045	1993	242,828	5,492
2	0,091	1982	194,945	5,273
3	0,136	1989	174,289	5,161
4	0,182	1999	170,418	5,138
5	0,227	1980	169,543	5,133
6	0,273	1981	163,983	5,100
7	0,318	1985	163,030	5,094
8	0,364	1994	161,832	5,087
9	0,409	1995	158,071	5,063
10	0,455	1990	152,890	5,030
11	0,500	1996	128,407	4,855
12	0,545	1998	127,360	4,847
13	0,591	2005	126,045	4,837
14	0,636	1992	125,640	4,833
15	0,682	1997	119,700	4,785
16	0,727	1991	116,585	4,759
17	0,773	1984	113,767	4,734
18	0,818	2004	106,394	4,667
19	0,864	2003	97,596	4,581
20	0,909	2000	96,769	4,572
21	0,955	1983	92,310	4,525
Jumlah Data (N)			21	21
Nilai Rerata (Mean)			142,916	4,932
Nilai Tengah (Median)			128,407	4,855

Tabel 4.4 Perhitungan Statistik (Lanjutan)

Standar Deviasi (δx)	37,330	0,253
Koefisien <i>Skewness</i> (C_s)	0,840	0,227
Koefisien Kurtosis (C_k)	0,952	-0,412
Koefisien Variasi (C_v)	0,261	0,051

Penentuan jenis distribusi dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Hasil pencocokan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Syarat Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 0,84$ $C_k = 0,95$	Tidak Memenuhi
Log-Normal	$C_s \approx 3C_v + (C_v^2) = 3$ $C_k = 5,383$	$C_s = 0,84$ $C_k = 0,95$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,1396$ $C_k \approx 5,4002$	$C_s = 0,84$ $C_k = 0,95$	Tidak memenuhi
Log-Person III	$C_s \neq 0$	$C_s = 0,84$ $C_k = 0,95$	Memenuhi

Sumber: Adisusanto, 2011

Berdasarkan kecocokan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi, maka jenis distribusi yang cocok adalah Log-Person III. Hal tersebut dapat dilihat bahwa Koefisien *Skewness* (C_s) $\neq 0$. Namun pemilihan jenis distribusi ini masih harus diuji lagi dengan uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

4.2.2.2 Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis distribusi yang dihitung dalam penelitian ini adalah Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel, dan Distribusi Log-Person III. Perhitungan distribusi ini bertujuan untuk mencari nilai curah hujan rencana dengan kala ulang tertentu. Dalam penelitian ini jumlah kala ulang yang dikehendaki ada 5 yaitu 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun.

Rumus perhitungan untuk mencari R_{24} rencana:

$$X_T = \mu + K_T \cdot \sigma$$

dengan:

X_T = curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun

K_T = nilai faktor frekuensi dengan periode ulang T tahun

μ = nilai rata-rata

σ = deviasi standar nilai variat

Hasil perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan 4 macam distribusi yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Distribusi

T Kala- Ulang	Probabilitas $P(x \geq X_m)$ $P = 1/T$	Karakteristik Debit (m^3/dt) menurut Probabilitasnya							
		NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG- PEARSON III	
		X_T	K_T	X_T	K_T	X_T	K_T	X_T	K_T
0,5	2.	142.972	0.000	138.615	-0.117	136.839	-0.164	137.296	-0.038
0.02	5.	174.389	0.842	171.526	-0.765	169.829	-0.719	170.957	0.828
0.1	10.	190.812	1.282	191.731	1.306	191.671	1.305	192.782	1.303
0.04	25.	208.324	1.751	215.906	1.954	219.268	2.044	220.074	1.826
0.02	50.	219.637	2.054	233.121	2.415	239.741	2.592	240.297	2.174

4.2.2.3 Pengujian Kecocokan Distribusi

Pengujian kecocokan distribusi dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis pengujian menggunakan dua metode pengujian yaitu Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

1. Uji Chi-Kuadrat

Pengujian dengan uji Chi-kuadrat dimulai dengan menentukan banyaknya kelas dalam data frekuensi dan derajat kebebasan.

$$N \text{ (Jumlah data)} = 21$$

$$K \text{ (Jumlah kelas)} = 1 + (3,322 \times \text{Log } n)$$

$$= 1 + (3,322 \times \text{Log } 21)$$

$$= 5,392 \approx 6 \text{ kelas}$$

$$Ef = \frac{N}{K}$$

$$= \frac{21}{5} = 4,200$$

R (Banyaknya parameter) = 2 (ditetapkan untuk Uji Chi Kuadrat)

DK (Derajat Kebebasan) = $K - (R + 1)$
 $= 6 - (2 + 1) = 3$

Distribusi χ^2 = 0,05

Nilai Chi-Kritik dapat dilihat pada di Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 Nilai Chi-Kuadrat Kritik

DK	Distribusi χ^2											
	0,99	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	,000157	,00393	,0158	,0642	,148	,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	,0201	,103	,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	,115	,352	,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	,297	,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	,554	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	,872	1,635	2,204	3,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	1,239	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
8	1,646	2,733	3,290	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	20,909	26,425
9	2,088	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	21,666	27,877
10	2,558	3,940	4,719	5,919	7,067	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	3,053	4,575	5,378	6,689	7,884	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	3,571	5,226	6,040	7,407	8,604	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	4,107	5,892	6,702	8,034	9,226	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	4,660	6,571	7,390	8,667	9,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	5,229	7,261	8,047	9,307	10,521	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	5,812	7,926	8,712	10,012	11,224	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	6,408	8,672	9,405	10,702	11,931	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	7,015	9,390	10,165	11,457	12,640	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	7,633	10,117	10,951	12,216	13,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	8,260	10,851	11,743	13,078	14,066	19,377	22,775	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315
21	8,897	11,501	12,540	13,945	14,782	20,377	23,858	26,171	29,615	32,671	38,932	46,797
22	9,542	12,168	13,341	14,814	15,501	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	40,289	48,268
23	10,196	12,841	14,148	15,687	16,221	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	41,638	49,728
24	10,856	13,521	14,959	16,562	16,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	42,980	51,179

Tabel 4.7 Nilai Chi-Kuadrat Kritik (Lanjutan)

25	11,524	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,384	37,652	44,314	52,620
26	12,198	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,885	45,642	54,052
27	12,879	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	46,963	55,476
28	13,565	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	48,278	56,893
29	14,256	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	49,588	58,302
30	14,953	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	50,892	59,703

Sumber: Harto, 1991

Selanjutnya dilakukan pengujian pada masing-masing jenis distribusi menggunakan tabel perhitungan Chi-Kuadrat. Suatu jenis distribusi dapat diterima apabila memenuhi persyaratan nilai Chi-Kuadrat lebih kecil dari nilai Chi-Kritik.

a. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Normal

Proses dan tahapan Perhitungan uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini:

Tabel 4.8 Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Normal

Kelas	Probabilitas $P(x \geq X_m)$		Ef	d (mm)	Of	Ef - Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$
6	0.167	$0 < P \leq 0.167$	3.500	179.035	2.000	1.500	0.643
	0.333	$0.167 < P \leq 0.333$	3.500	159.085	6.000	2.500	1.786
	0.500	$0.333 < P \leq 0.5$	3.500	142.972	2.000	1.500	0.643
	0.667	$0.5 < P \leq 0.667$	3.500	126.858	2.000	1.500	0.643
	0.833	$0.667 < P \leq 0.833$	3.500	106.908	5.000	1.500	0.643
			21,000		21,000	Chi-Kuadrat =	4.429
						DK =	3
						Chi-Kritik =	7.815

Keterangan:

Chi-Kuadrat = nilai Chi-Kuadrat

P = probabilitas

Ef = banyaknya pengamatan (frekuensi) yang diharapkan sesuai dengan kelas pembagi

Of = frekuensi yang diketahui pada kelas pembagi yang sama

Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi Normal, nilai Chi-Kuadrat (=4,429) lebih kecil dari nilai Chi-Kritik (=7,815). Maka distribusi Normal di terima.

b. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Normal

Pengujian Chi-Kuadrat untuk distribusi Log-Normal dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Normal

Kelas	Probabilitas $P(x \geq X_m)$	Ef	d (mm)	Of	Ef - Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$	
6	0.167	0 < P <= 0.167	3.500	177.016	2.000	1.500	0.643
	0.333	0.167 < P <= 0.333	3.500	154.618	7.000	3.500	3.500
	0.500	0.333 < P <= 0.5	3.500	138.615	1.000	2.500	1.786
	0.667	0.5 < P <= 0.667	3.500	124.268	4.000	0.500	0.071
	0.833	0.667 < P <= 0.833	3.500	108.544	3.000	0.500	0.071
			21,000		21,000	Chi-Kuadrat =	6,143
						DK =	3
						Chi-Kritik =	7,815

Keterangan:

Chi-Kuadrat = harga Chi-Kuadrat

Ef = frekuensi sesuai pembagian kelasnya

Of = frekuensi dengan aplikasi distribusi frekuensi

Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi Log-Normal, nilai Chi-Kuadrat (=6,7815) lebih kecil dari nilai Chi-Kritik (=7,815). Maka dapat disimpulkan bahwa nilai distribusi Log-Normal dapat diterima.

c. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel

Pengujian Chi-Kuadrat untuk distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Gumbel

Kelas	Probabilitas $P(x \geq X_m)$		Ef	d (mm)	Of	Ef - Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$
6	0.167	$0 < P \leq 0.167$	3.500	175.646	2.000	1.500	0.643
	0.333	$0.167 < P \leq 0.333$	3.500	152.482	8.000	4.500	5.786
	0.500	$0.333 < P \leq 0.5$	3.500	136.839	0.000	3.500	3.500
	0.667	$0.5 < P \leq 0.667$	3.500	123.408	4.000	0.500	0.071
	0.833	$0.667 < P \leq 0.833$	3.500	109.230	3.000	0.500	0.071
			21,000		21,000	Chi-Kuadrat =	10.143
						DK =	3
						Chi-Kritik =	7.815

Keterangan:

Chi-Kuadrat = harga Chi-Kuadrat

Ef = frekuensi sesuai pembagian kelasnya

Of = frekuensi dengan aplikasi distribusi frekuensi

Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi Gumbel, nilai Chi-Kuadrat (=10,143) lebih besar dari nilai Chi-Kritik (=7,815). Maka dapat disimpulkan bahwa nilai distribusi Gumbel ditolak.

d. Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Pearson III

Proses dan tahapan Perhitungan uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11 Uji Chi-Kuadrat untuk Distribusi Log-Pearson III

Kelas	Probabilitas $P(x \geq X_m)$		Ef	d (mm)	Of	Ef - Of	$\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$
6	0.167	$0 < P \leq 0.167$	3.500	176.799	2.000	1.500	0.643
	0.333	$0.167 < P \leq 0.333$	3.500	153.374	7.000	3.500	3.500
	0.500	$0.333 < P \leq 0.5$	3.500	137.296	1.000	2.500	1.786
	0.667	$0.5 < P \leq 0.667$	3.500	123.342	4.000	0.500	0.071
	0.833	$0.667 < P \leq 0.833$	3.500	108.539	3.000	0.500	0.071
			21,000		21,000	Chi-Kuadrat =	6.143
						DK =	2
						Chi-Kritik =	5.991

Keterangan:

Chi-Kuadrat = harga Chi-Kuadrat

Ef = frekuensi sesuai pembagian kelasnya

Of = frekuensi dengan aplikasi distribusi frekuensi

Berdasarkan hasil perhitungan dengan distribusi Log-Pearson III, nilai Chi-Kuadrat (=6,143,) lebih besar dari nilai Chi-Kritik (=5,991). Maka dapat disimpulkan bahwa nilai distribusi Log-Pearson III ditolak.

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Langkah awal yang dilakukan dalam pengujian Smirnov Kolmogorov yaitu dengan mencari nilai distribusi kritis (Δ_{cr}) dengan mencocokkan jumlah data (n) dan derajat kepastian (α) dengan menggunakan Tabel 4.12 Nilai Distribusi Kritis (Δ_{cr}).

Tabel 4.12 Nilai Kritik Δ untuk Tes Smirnov Kolmogorov

α n	1	0,2	0,1	0,05	0,01	0
0	0,9000	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900	0,9900
1	0,9000	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900	0,9900
2	0,6800	0,6800	0,7800	0,8400	0,9300	0,9300
3	0,5600	0,5600	0,6400	0,7100	0,8300	0,8300
4	0,4900	0,4900	0,5600	0,6200	0,7300	0,7300
5	0,4500	0,4500	0,5100	0,5600	0,6700	0,6700
6	0,4100	0,4100	0,4700	0,5200	0,6200	0,6200
7	0,3800	0,3800	0,4400	0,4900	0,5800	0,5800
8	0,3600	0,3600	0,4100	0,4600	0,5400	0,5400
9	0,3400	0,3400	0,3900	0,4300	0,5100	0,5100
10	0,3200	0,3200	0,3700	0,4100	0,4900	0,4900
11	0,3100	0,3100	0,3500	0,3900	0,4700	0,4700
12	0,3000	0,3000	0,3400	0,3800	0,4500	0,4500
13	0,2800	0,2800	0,3200	0,3600	0,4300	0,4300
14	0,2700	0,2700	0,3100	0,3500	0,4200	0,4200
15	0,2700	0,2700	0,3000	0,3400	0,4000	0,4000
16	0,2600	0,2600	0,3000	0,3300	0,3900	0,3900
17	0,2500	0,2500	0,2900	0,3200	0,3800	0,3800
18	0,2400	0,2400	0,2800	0,3100	0,3700	0,3700
19	0,2400	0,2400	0,2700	0,3000	0,3600	0,3600
20	0,2300	0,2300	0,2600	0,2900	0,3500	0,3500
21	0,226	0,2260	0,2560	0,2840	0,3440	0,3440
25	0,2100	0,2100	0,2400	0,2600	0,3200	0,3200

Tabel 4.12 Nilai Kritis Δ untuk Tes Smirnov Kolmogorov (Lanjutan)

30	0,1900	0,1900	0,2200	0,2400	0,2900	0,2900
35	0,1800	0,1800	0,2100	0,2300	0,2700	0,2700
40	0,1700	0,1700	0,1900	0,2100	0,2500	0,2500
45	0,1600	0,1600	0,1800	0,2000	0,2400	0,2400
50	0,1500	0,1500	0,1700	0,1900	0,2300	0,2300

Sumber: Soewarno. 1995

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat ditentukan nilai nilai Δ Kritisnya adalah 0,2840 dengan jumlah data pada perhitungan ada 21 dan $\alpha = 0,05$.

Perhitungan uji kecocokan distribusi dengan metode Smirnov-Kolmogorov dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan Uji Kecocokan Sebaran Smirnov-Kolmogorov

d (mm)	m	P = m/(N+1)	NORMAL		LOG-NORMAL		GUMBEL		LOG-PEARSON III	
			P(x >= X _m)	Do	P(x >= X _m)	Do	P(x >= X _m)	Do	P(x >= X _m)	Do
242,828	1	0,045	0,004	0,042	0,013	0,032	0,018	0,027	0,018	0,027
194,945	2	0,091	0,082	0,009	0,089	0,002	0,090	0,001	0,093	0,002
174,289	3	0,136	0,201	0,064	0,183	0,046	0,174	0,038	0,181	0,044
170,418	4	0,182	0,231	0,049	0,207	0,025	0,196	0,015	0,203	0,021
169,543	5	0,227	0,238	0,011	0,213	0,014	0,202	0,026	0,209	0,019
163,983	6	0,273	0,287	0,014	0,253	0,019	0,239	0,034	0,246	0,026
163,030	7	0,318	0,296	0,023	0,261	0,057	0,246	0,073	0,253	0,065
161,832	8	0,364	0,307	0,057	0,270	0,093	0,254	0,109	0,262	0,101
158,071	9	0,409	0,343	0,066	0,302	0,107	0,284	0,125	0,292	0,117
152,890	10	0,455	0,395	0,059	0,349	0,105	0,329	0,125	0,337	0,117
128,407	11	0,500	0,652	0,152	0,619	0,119	0,604	0,104	0,606	0,106
127,360	12	0,545	0,662	0,117	0,631	0,086	0,617	0,072	0,618	0,073
126,045	13	0,591	0,675	0,084	0,646	0,055	0,634	0,043	0,634	0,043
125,640	14	0,636	0,679	0,042	0,651	0,015	0,639	0,002	0,639	0,003
119,700	15	0,682	0,733	0,052	0,719	0,037	0,713	0,031	0,711	0,029
116,585	16	0,727	0,760	0,033	0,753	0,026	0,751	0,024	0,747	0,020
113,767	17	0,773	0,783	0,010	0,782	0,010	0,784	0,011	0,778	0,006
106,394	18	0,818	0,836	0,018	0,852	0,034	0,861	0,043	0,854	0,035
97,596	19	0,864	0,888	0,024	0,917	0,054	0,931	0,067	0,923	0,060
96,769	20	0,909	0,892	0,017	0,922	0,013	0,936	0,027	0,929	0,020
92,310	21	0,955	0,913	0,042	0,946	0,009	0,959	0,005	0,953	0,001
$\Delta_{cr} =$		0,284		0,152		0,119		0,125		0,117
			Diterima		Diterima		Diterima		Diterima	

Keterangan:

m = Peringkat

P = Peluang di lapangan

Do = Selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis

Dari keempat jenis distribusi, hasil terbaik dalam uji Smirnov Kolmogorov adalah distribusi Log-Pearson III dengan nilai Δ_{cr} 0,284 dan nilai Δ_{max} 0,117.

Berdasarkan pengujian kecocokan yang telah dilakukan menggunakan metode Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov, maka jenis distribusi yang terbaik adalah distribusi Log-Normal yang dapat digunakan untuk menganalisa distribusi hujan jam-jaman.

4.2.2.4 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman

Setelah melalui tahapan pengujian maka dapat diketahui bahwa distribusi Log-Normal merupakan distribusi yang cocok dan didapatkan hasil perhitungan periode kala ulang hujan harian maksimum pada DAS Bodri, dan diperoleh nilai X_T sebagai periode ulang hujan harian maksimum.

Periode ulang yang digunakan berjumlah adalah periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun. Hasil periode ulang hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah ini:

Tabel 4.14 Periode Ulang Hujan Harian Maksimum pada DAS Bodri

T	X_T
2,0	138.615
5,0	171.526
10,0	191.731
25,0	215.906
50,0	233.121

Nilai periode ulang (X_T) yang telah didapatkan digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan (i) dengan menggunakan metode Mononobe. Dalam mencari intensitas curah hujan digunakan metode Mononobe dengan periode ulang 2 tahun (Tabel 4.15), 5 tahun (Tabel

4.17), 10 tahun (Tabel 4.21), 25 tahun (Tabel 4.21) dan 50 tahun (Tabel 4.23) dengan nilai durasi curah hujan (t) menggunakan jam ke-1 sampai dengan jam ke-6.

Tabel 4.15 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 2 Tahun

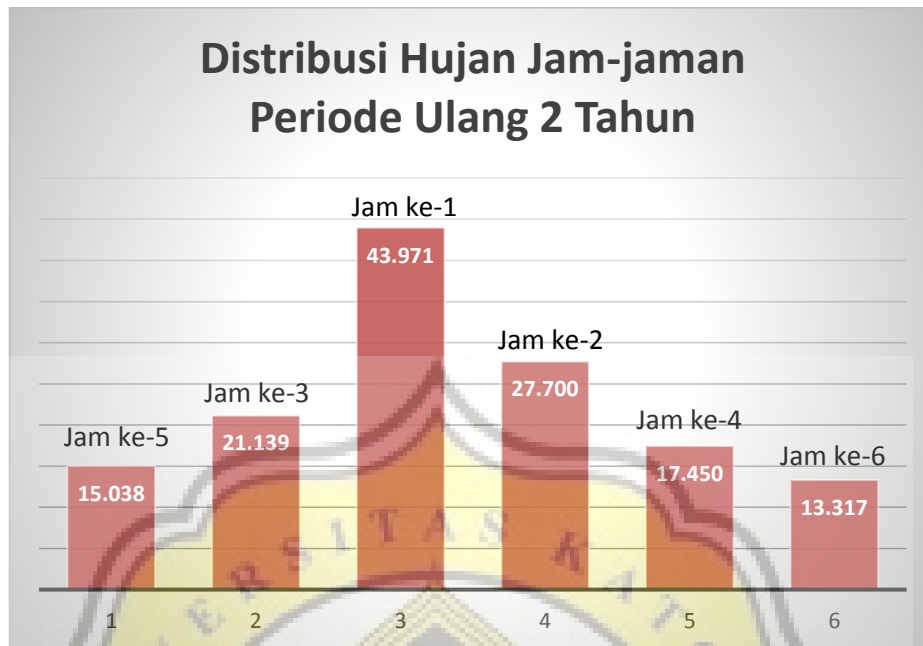
T	i		Distribusi Hujan Jam-jaman (mm) $i (\%) \times X_{50}$
	mm	%	
1	48.055	31.722	43.971
2	30.273	19.983	27.700
3	23.102	15.250	21.139
4	19.071	12.589	17.450
5	16.435	10.849	15.038
6	14.554	9.607	13.317
Σ	151.489	100,000	138.615

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut bila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai X_2 . Nilai dari distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 2 Tahun

T	Distribusi Hujan Jam-jaman
5	15.381
3	21.621
1	44.974
2	28.332
4	17.848
6	13.621
Σ	138.615

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman ini dilakukan untuk mendapatkan hietograf berupa variabel yang akan digunakan ke dalam *Time Series* pada HEC-HMS. Grafik hietograf dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.6 Grafik Distribusi Hujan Jam-jaman (Hietograf) 2 Tahun

Gambar 4.6 menunjukkan distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 2 tahun terletak pada jam pertama sebesar 43,971 mm sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 13,317 mm yang terletak pada jam ke enam.

Tabel 4.17 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 5 Tahun

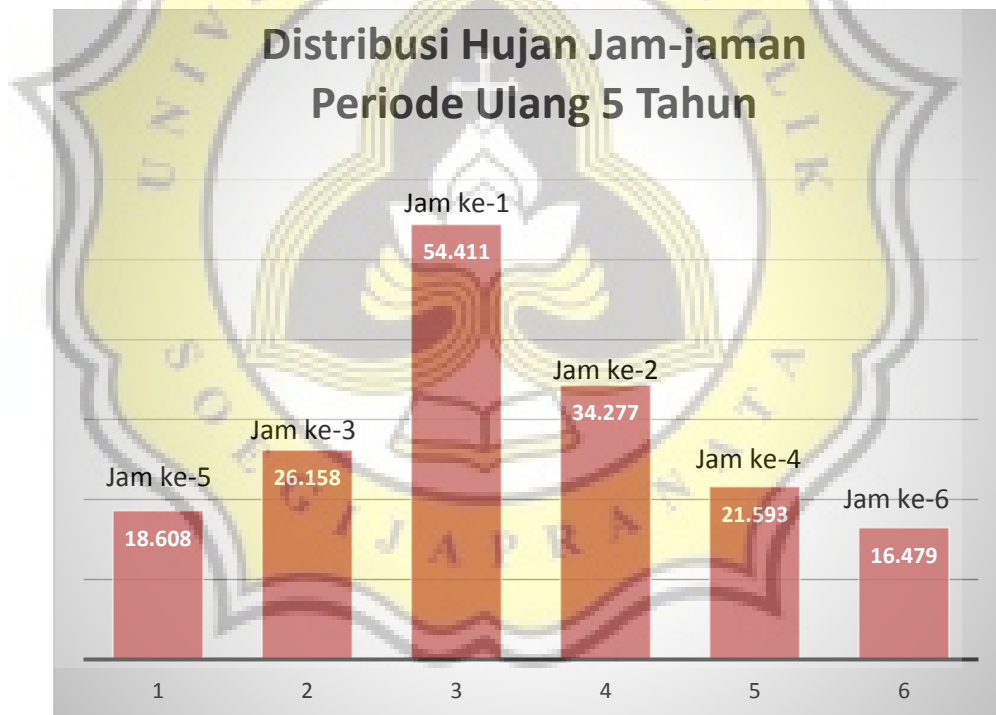
T	i		Distribusi Hujan Jam-jaman (mm) $i (\%) \times X_{50}$
	mm	%	
1	59.465	31.722	54.411
2	37.460	19.983	34.277
3	28.588	15.250	26.158
4	23.599	12.589	21.593
5	20.337	10.849	18.608
6	18.009	9.607	16.479
Σ	187.457	100,000	171.526

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut bila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai X_s . Nilai dari distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada di bawah ini:

Tabel 4.18 Nilai Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 5 Tahun

T	Distribusi Hujan Jam-jaman
5	18.608
3	26.158
1	54.411
2	34.277
4	21.593
6	16.479
Σ	171.526

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman ini dilakukan untuk mendapatkan hietograf berupa variabel yang akan digunakan ke dalam *Time Series* pada HEC-HMS. Grafik hietograf dapat dilihat pada Gambar 4.7.

**Gambar 4.7** Grafik Distribusi Hujan Jam-jaman (Hietograf) 5 Tahun

Gambar 4.7 di atas, dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 5 tahun terletak pada jam pertama sebesar 54,411 mm sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 16,479 mm yang terletak pada jam ke enam.

Tabel 4.19 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 10 Tahun

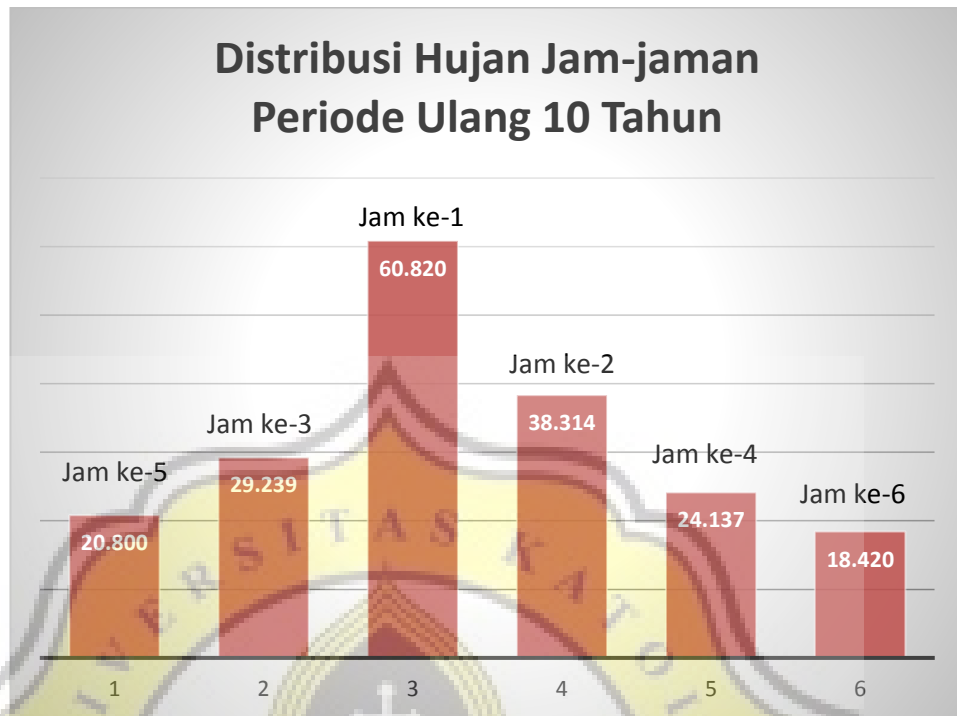
T	i		Distribusi Hujan Jam-jaman (mm) $i (\%) \times X_{50}$
	mm	%	
1	66.469	31.722	60.820
2	41.873	19.983	38.314
3	31.955	15.250	29.239
4	26.378	12.589	24.137
5	22.732	10.849	20.800
6	20.130	9.607	18.420
Σ	209.539	100,000	191.731

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut bila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai X_{10} . Nilai dari distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Nilai Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 10 Tahun

T	Distribusi Hujan Jam-jaman
5	20.800
3	29.239
1	60.820
2	38.314
4	24.137
6	18.420
Σ	191.731

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman ini dilakukan untuk mendapatkan hietograf berupa variabel yang akan digunakan ke dalam *Time Series* pada HEC-HMS. Grafik hietograf dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Distribusi Hujan Jam-jaman (Hietograf)

Gambar 4.8 di atas, dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 10 tahun terletak pada jam pertama sebesar 60,82 mm sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 18,42 mm yang terletak pada jam ke enam.

Tabel 4.21 Perhitungn Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 25 Tahun

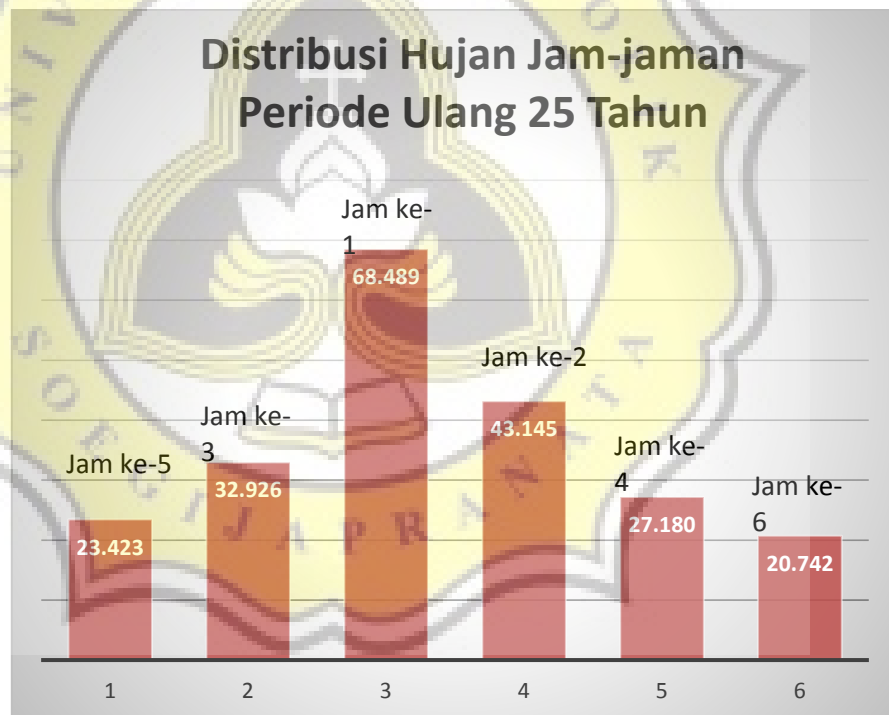
T	i		Distribusi Hujan Jam-jaman (mm) $i (\%) \times X_{50}$
	mm	%	
1	74.850	31.722	68.489
2	47.153	19.983	43.145
3	35.984	15.250	32.926
4	29.704	12.589	27.180
5	25.598	10.849	23.423
6	22.669	9.607	20.742
Σ	235.959	100,000	215.906

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut bila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai X_{25} . Nilai dari distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Nilai Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 25 Tahun

T	Distribusi Hujan Jam-jaman
5	23.423
3	32.926
1	68.489
2	43.145
4	27.180
6	20.742
Σ	215.906

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman ini dilakukan untuk mendapatkan hietograf berupa variabel yang akan digunakan ke dalam *Time Series* pada HEC-HMS. Grafik hietograf dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Distribusi Hujan Jam-jaman (Hietograf)

Gambar 4.9 di atas, dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 25 tahun terletak pada jam pertama sebesar 68,489 mm sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 20,742 mm yang terletak pada jam ke enam.

Tabel 4.23 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 50 Tahun

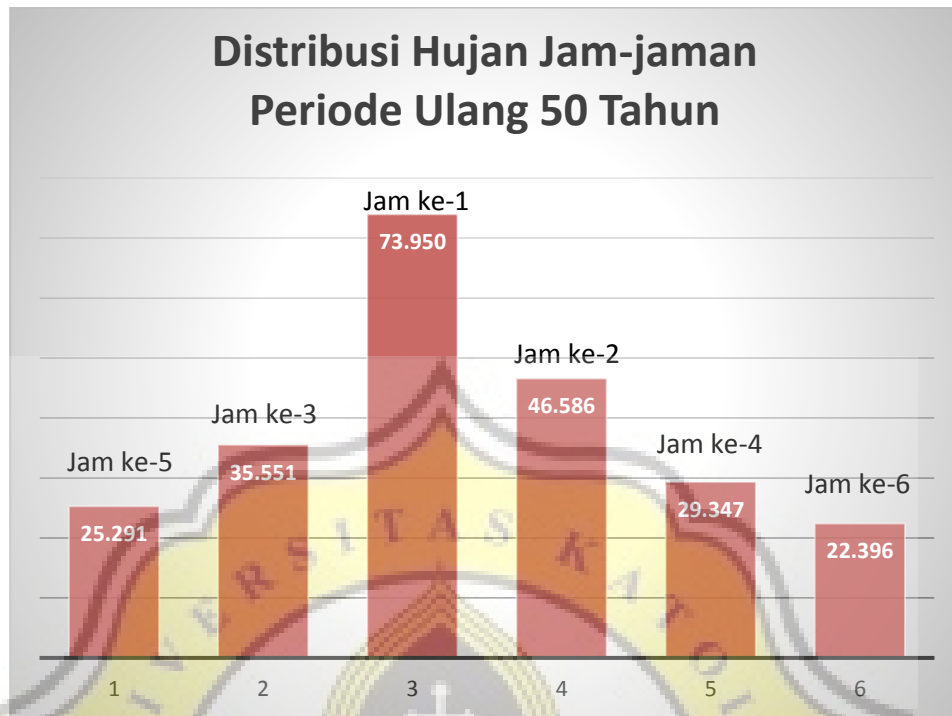
T	i		Distribusi Hujan Jam-jaman (mm) $i (\%) \times X_{50}$
	mm	%	
1	80.818	31.722	73.950
2	50.912	19.983	46.586
3	38.853	15.250	35.551
4	32.073	12.589	29.347
5	27.640	10.849	25.291
6	24.476	9.607	22.396
Σ	254.773	100,000	233.121

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut bila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai X_{50} . Nilai dari distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Nilai Distribusi Hujan Jam-jaman Periode ulang 50 Tahun

T	Distribusi Hujan Jam-jaman
5	25.291
3	35.551
1	73.950
2	46.586
4	29.347
6	22.396
Σ	233.121

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman ini dilakukan untuk mendapatkan hietograf berupa variabel yang akan digunakan ke dalam *Time Series* pada HEC-HMS. Grafik hietograf dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.10 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-Jaman Periode Ulang 50 Tahun (Hietograf)

Gambar 4.10 di atas, dapat diketahui distribusi hujan jam-jaman maksimum periode ulang 50 tahun terletak pada jam pertama sebesar 73,95 mm sedangkan untuk distribusi hujan jam-jaman minimumnya sebesar 22,396 mm yang terletak pada jam ke enam.

4.3 Pemodelan HEC-HMS

Pemodelan HEC-HMS ini mempunyai langkah-langkah yaitu input data, analisis terhadap parameter model, kalibrasi pada hidrograf aliran

Dalam tahapan pemodelan menggunakan software HEC-HMS dilakukan beberapa langkah dalam proses pemodelan tersebut, yaitu *input* data dan kalibrasi model.

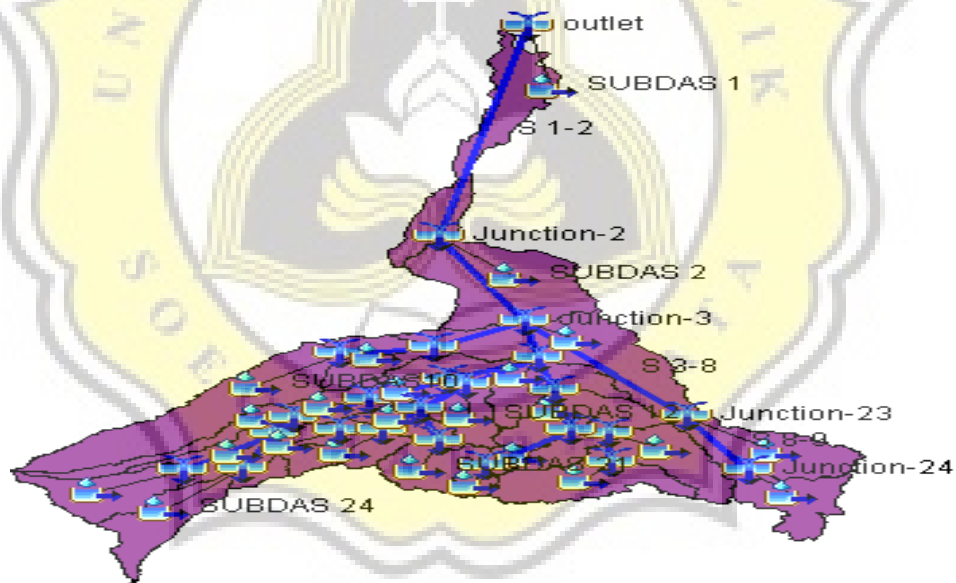
4.3.1 *Input* Data

Dalam pemodelan HEC-HMS diperlukan *input* data terhadap beberapa *component* yang terdapat pada pemodelan tersebut. *Component*

tersebut diantaranya adalah: *Basin Model*, *Control Specification*, dan *Time Series Data*.

1. *Basin Model*

Input data yang digunakan dalam *Basin Model* adalah peta SubDAS Bodri sebagai *background* pada HEC-HMS. Peta tersebut berguna untuk membantu posisi penempatan elemen-elemen hidrologi pada *Basin Model*. Elemen-elemen tersebut adalah *subbasin* yang merupakan simbol dan fungsi dari SubDAS, *junction* yang merupakan simbol dan fungsi dari titik kontrol, serta *reach* yang merupakan simbol dan fungsi dari sungai sebagai penghubung antar *junction*. Gambar dari *Basin Model* DAS Bodri dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 *Basin Model* DAS Bodri

Luas dari SubDAS yang telah didapatkan sebelumnya melalui *software* ArcMap di *input* ke dalam tabel *subbasin area*. Luasan SubDAS tersebut di *input* dalam satuan km^2 untuk setiap datanya. Hasil dari *input* data tersebut dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:

Subbasin	Area (KM2)
SUBDAS 1	43.3323
SUBDAS 11	9.3459
SUBDAS 12	15.8991
SUBDAS 13	16.3524
SUBDAS 14	27.3466
SUBDAS 15	10.3367
SUBDAS 16	11.9255
SUBDAS 17	16.1049
SUBDAS 18	17.1708
SUBDAS 19	9.6292
SUBDAS 2	53.6698
SUBDAS 20	18.4183
SUBDAS 21	18.6847
SUBDAS 22	4.9932
SUBDAS 23	25.0436
SUBDAS 24	24.9626
SUBDAS 3	56.0031
SUBDAS 4	17.7227
SUBDAS 5	36.4372
SUBDAS 6	24.6594

Gambar 4.12 Hasil *Input Data Subbasin Area*

2. *Meteorologic Model*

Data yang digunakan dalam *input data Meteorologic Model* adalah data *Specified Hyetograph* yang didapatkan dari *Time Series Data*, dan data tersebut digunakan untuk seluruh SubDAS yang ada.

3. *Control Specification*

Control Specification merupakan waktu berlangsungnya simulasi dalam *software HEC-HMS*. Waktu yang digunakan pada simulasi ini adalah tanggal dimana terjadi banjir pada bendungan Sokawati. Simulasi ini dilakukan pada tanggal 30 Januari 1993 dimulai dari pukul 00:00 hingga tanggal 31 Januari 1993 pukul 00:00 dengan interval waktu 30 menit.

4. Time Series Data

Input Data yang digunakan pada *Time Series Data* merupakan data *Precipitation Gages* dari data distribusi hujan jam-jaman yang telah dihitung sebelumnya. Data curah hujan diinput dengan jangka waktu 24 jam dan dengan *interval* 30 menit Hasil *input data Time Series Data* dapat dilihat pada Tabel 4.25 sampai dengan Tabel 4.30.

Tabel 4.25 *Precipitation Gage* Kalibrasi 30 Januari 1993

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	10.348	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	11.027	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	13.987	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	17.505	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	24.607	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	51.184	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	32.244	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	20.312	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	15.501	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	12.796	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	11.027	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	9.765	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.26 *Precipitation Gage* Periode 2 Tahun

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	6.207	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	6.614	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	8.389	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	10.499	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	14.759	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	30.699	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	19.339	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	12.183	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	9.297	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	7.675	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	6.614	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	5.857	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.27 *Precipitation Gage* Periode 5 Tahun

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	8.184	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	10.381	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	12.992	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	18.263	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	37.988	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	23.931	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	15.076	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	11.505	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	9.497	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	8.184	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	7.248	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	8.184	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.28 *Precipitation Gage* Periode 10 Tahun

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	8.585	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	9.148	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	11.604	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	14.522	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	20.414	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	42.463	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	26.750	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	16.852	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	12.860	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	10.616	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	9.148	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	8.101	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.29 *Precipitation Gage* Periode 25 Tahun

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	10.439	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	11.123	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	14.109	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	17.657	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	24.821	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	51.630	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	32.525	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	20.489	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	15.636	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	12.908	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	11.123	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	9.850	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.30 *Precipitation Gage* Periode 50 Tahun

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	11.184	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	11.918	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	15.117	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	18.919	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	26.594	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	55.318	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	34.848	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	21.953	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	16.753	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	13.830	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	11.918	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	10.554	12:00	0	18:00	0	0:00	0

4.3.2 Permodelan Parameter HEC-HMS

Permodelan parameter merupakan *input* data model dengan metode tertentu yang digunakan. Dalam kajian ini terdapat tiga parameter yang digunakan, yaitu: *Loss*, *Transform*, dan *Routing*. Dalam model tersebut ada beberapa metode yang dapat digunakan. Metode yang

digunakan untuk model tersebut dalam kajian ini dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Model dan Metode Parameter HEC-HMS

Model	Metode
<i>Loss</i>	<i>SCS Curve Number</i>
<i>Transform</i>	<i>SCS Unit Hydrograph</i>
<i>Routing</i>	<i>Lag</i>

a. Parameter *Loss Model (SCS Curve Number)*

Dalam Parameter *Loss Model (SCS Curve Number)* terdapat tiga nilai parameter yang di *input*, yaitu: *Curve Number (CN)*, *Impervious*, dan *Initial Abstraction*. Nilai parameter yang digunakan tersebut didapatkan berdasarkan perhitungan dan pengolahan melalui *software ArcMap*.

Subbasin	Initial Abstraction (MM)	Curve Number	Impervious (%)
SUBDAS 1	76.898	39.781	6.8933
SUBDAS 11	121.9891156	29.4	0
SUBDAS 12	109.3204456	31.726	0.91713
SUBDAS 13	96.973	34.377	1.9597
SUBDAS 14	91.232	35.766	2.5022
SUBDAS 15	119.5025885	29.829	0.47394
SUBDAS 16	112.5127906	31.106	0.67268
SUBDAS 17	94.219	35.030	3.5486
SUBDAS 18	70.234	41.972	11.713692
SUBDAS 19	81.411	38.423	7.6369
SUBDAS 2	112.5048398	31.107	0.80711
SUBDAS 20	96.723	34.435	4.9381
SUBDAS 21	94.585	34.942	3.1263
SUBDAS 22	88.914	36.360	2.7011
SUBDAS 23	103.8907883	32.840	2.0967
SUBDAS 24	102.1617023	33.211	1.6730
SUBDAS 3	115.1529535	30.611	0.55080
SUBDAS 4	110.6868249	31.458	0.90862
SUBDAS 5	109.9387404	31.604	0.86178
SUBDAS 6	107.1263719	32.167	1.0783
SUBDAS 7	110.2567321	31.542	0.8444965
SUBDAS 8	111.5305736	31.294	0.82140
SUBDAS 9	92.499	35.450	2.4807
SUBDAS10	97.726	34.203	2.1650

Gambar 4.13 Hasil *Input Data Curve Number*

b. Parameter *Transform Model* (SCS Unit Hydrograph Method)

Dalam parameter ini digunakan nilai *Lag Time* untuk setiap SubDAS yang terdapat pada DAS Bodri. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan panjang aliran sungai, angka kemiringan sungai, dan CN dari setiap SubDAS. Contoh perhitungan nilai *Lag Time* untuk Parameter *Transform Model* (SCS Unit Hydrograph Method) adalah sebagai berikut:

Subbasin	Graph Type	Lag Time (MIN)
SUBDAS 1	Standard	127.0258958
SUBDAS 11	Standard	12.765
SUBDAS 12	Standard	11.060
SUBDAS 13	Standard	11.257
SUBDAS 14	Standard	12.731
SUBDAS 15	Standard	9.0872
SUBDAS 16	Standard	5.8317
SUBDAS 17	Standard	7.0462
SUBDAS 18	Standard	10.310
SUBDAS 19	Standard	12.9474608
SUBDAS 2	Standard	72.485
SUBDAS 20	Standard	4.2791
SUBDAS 21	Standard	7.5292
SUBDAS 22	Standard	3.9650
SUBDAS 23	Standard	6.7414
SUBDAS 24	Standard	9.4234
SUBDAS 3	Standard	15.837
SUBDAS 4	Standard	13.5928183
SUBDAS 5	Standard	14.873
SUBDAS 6	Standard	11.831
SUBDAS 7	Standard	9.6099
SUBDAS 8	Standard	13.273
SUBDAS 9	Standard	14.183
SUBDAS 10	Standard	19.887

Gambar 4.14 Hasil *Input Data SCS Unit Hydrograph Method*

c. Parameter *Routing* dengan Metode *Lag*

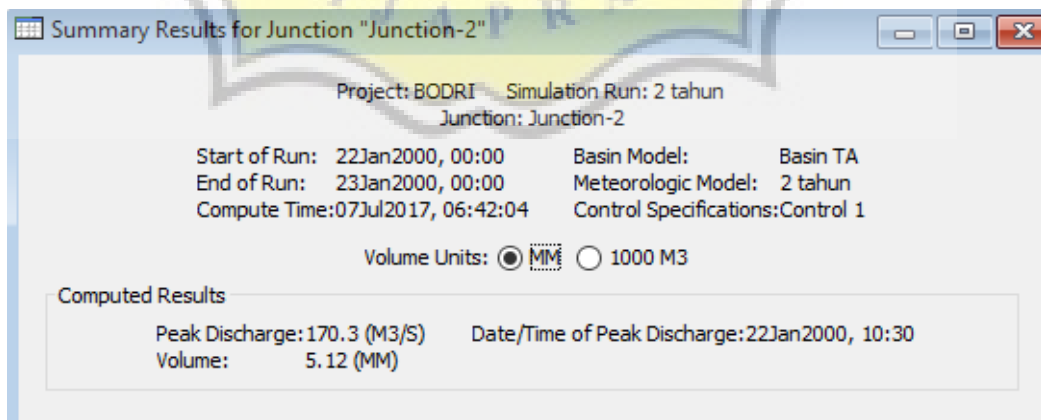
Input data yang dilakukan dalam parameter ini merupakan data *Lag* pada *reach* yang terdapat pada DAS Bodri. Data *Lag* didapatkan berdasarkan estimasi perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

Reach	Lag Time (MIN)
S 1-2	394.4112863
S 11-15	42.216
S 12-16	37.156
S 13-22	46.000
S 13-7	22.537
S 15-17	32.293
S 16-17	22.227
S 16-20	19.236
S 17-18	27.682
S 18-23	50.247
S 18-24	46.649
S 2-3	193.223821
S 20-19	12.803
S 3-4	52.142
S 3-5	60.320
S 3-8	117.0797557
S 4-10	50.879
S 5-11	50.578
S 5-12	48.002
S 5-6	63.460
S 6-13	40.126
S 7-14	17.965
S 8-9	47.892

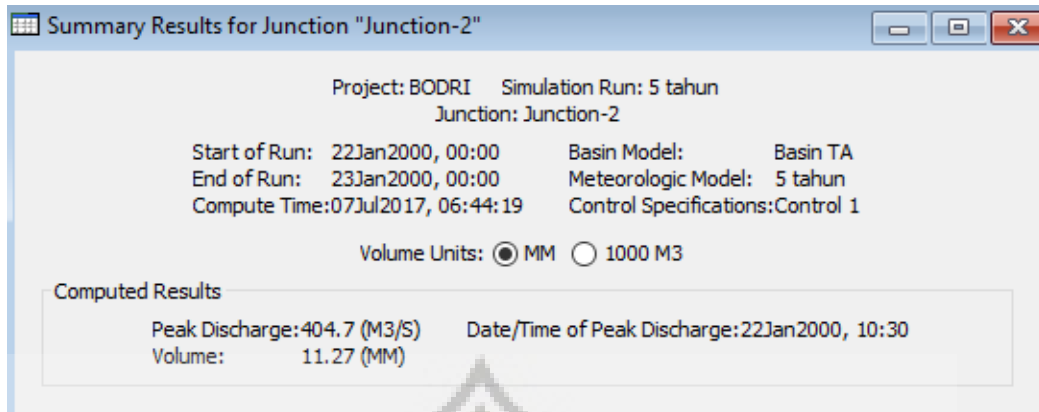
Gambar 4.15 Hasil Input Data Lag Time

4.3.3 Hasil Output Simulasi HEC-HMS

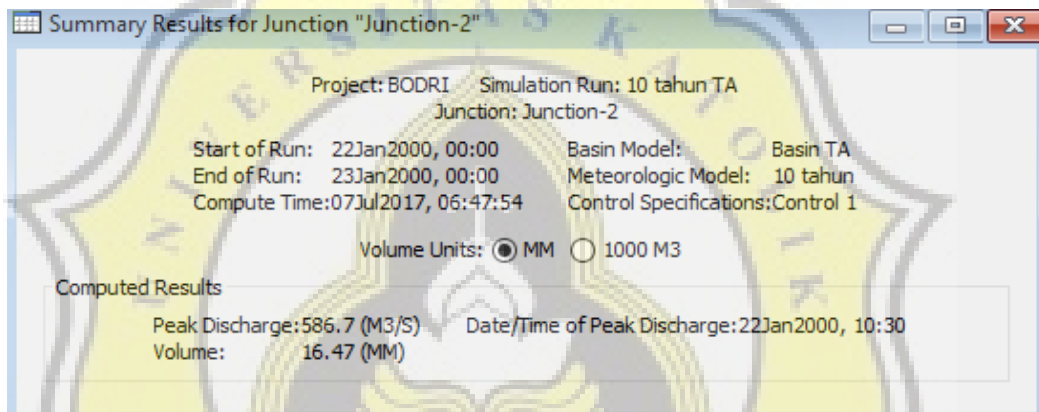
Setelah dilakukan seluruh tahapan dalam *software* HEC-HMS, maka dilakukan *simulation run* sehingga mendapatkan data *output* berupa *peak discharge* (debit puncak). Hasil *output* dari simulasi HEC-HMS dapat dilihat pada Tabel dan Gambar berikut:



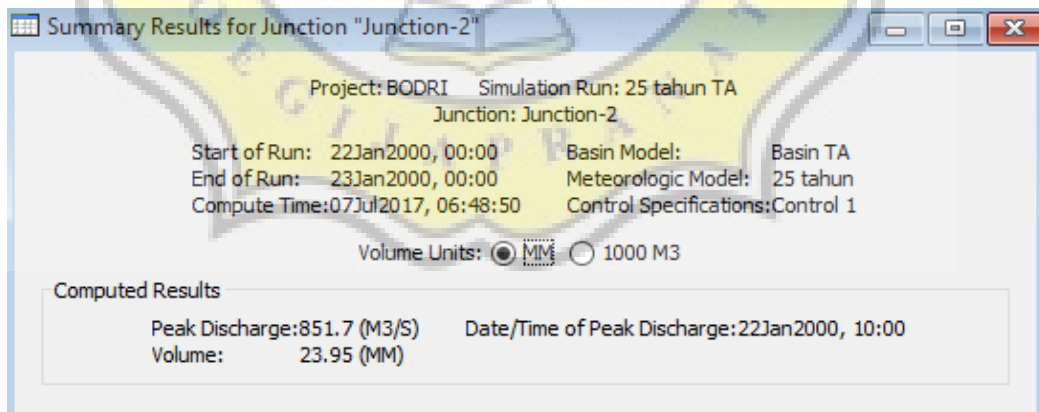
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Debit Puncak Bodri Hujan 2 Tahun



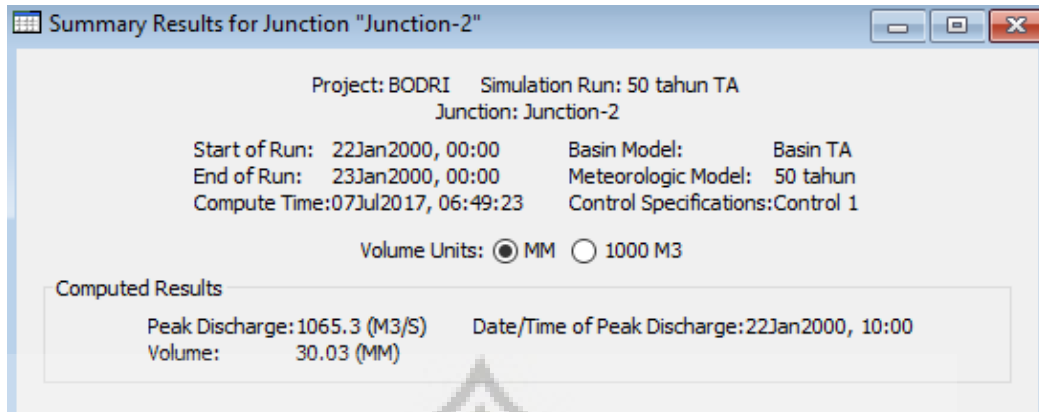
Gambar 4.17 Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Bodri Hujan 5 Tahun



Gambar 4.18 Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Bodri Hujan 10 Tahun



Gambar 4.19 Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Bodri Hujan 25 Tahun



Gambar 4.20 Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Bodri Hujan 50 Tahun

Berikut hasil nilai parameter-parameter yang sudah diinput dan dilakukan simulasi Run pada HEC-HMS:

Tabel 4.32 Debit Banjir Rencana Sungai Bodri

Periode	Debit Banjir
Periode 2 Tahunan	170,3 m ³ /s
Periode 5 Tahunan	404,7 m ³ /s
Periode 10 Tahunan	586,7 m ³ /s
Periode 25 Tahunan	851, 7 m ³ /s
Periode 50 Tahunan	1065,3 m ³ /s

4.4 Kalibrasi

Kalibrasi pada *curve number* (CN) digunakan untuk dilakukan untuk membandingkan data hasil simulasi dengan data lapangan dan bertujuan agar data simulasi mendekati data lapangan. Jika hasil simulasi lapangan belum mendekati hasil lapangan, maka nilai CN dikurangi atau ditambah hingga hasil simulasi mendekati data lapangan. Data simulasi maupun lapangan yang dijadikan perbandingan merupakan nilai debit puncak (*peak discharge*) pada tanggal 30 Januari 1993.

Menurut data Tabel Debit Harian, debit puncak didapatkan pada tanggal 30 Januari 1993 sebesar 1015 m³/detik. Data debit harian Sungai Bodri tahun 1993 dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Data Debit Bendung Juwero Tahun 1993

Tanggal	JAN	FEB	MRT	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGUST	SEPT	OKT	NOV	DES
1	17.4	135.0	3.5	18.6	13.4	4.0	2.5	2.2	1.3	0.9	0.6	10.0
2	27.2	59.0	3.5	17.8	14.5	4.0	2.5	2.2	1.1	0.9	0.6	5.2
3	24.6	57.5	4.5	16.6	13.0	3.5	2.5	2.3	1.1	0.8	0.6	10.3
4	32.3	48.7	7.5	13.4	13.7	3.5	2.5	2.1	1.1	0.8	0.6	6.5
5	21.6	43.5	15.3	14.1	12.7	4.5	2.5	2.3	1.1	0.8	0.6	9.7
6	10.8	50.0	9.5	16.2	11.3	3.7	2.5	2.0	1.3	0.7	0.6	8.9
7	20.7	26.6	6.5	22.6	10.3	3.7	2.3	2.1	1.5	1.3	0.6	12.3
8	33.2	26.6	5.1	16.2	10.6	8.1	2.3	2.0	1.3	1.3	0.6	6.9
9	35.1	27.1	8.1	13.0	10.0	7.8	2.3	2.0	1.1	1.3	0.6	5.2
10	28.5	15.7	5.8	17.4	9.5	5.1	2.3	1.9	1.0	0.9	0.7	13.0
11	35.1	12.3	4.4	14.9	8.3	5.4	2.3	1.9	1.0	0.8	0.9	7.3
12	60.5	14.9	4.0	19.5	7.3	5.6	2.2	2.1	1.0	0.8	2.2	3.3
13	36.1	11.3	5.8	26.2	6.9	5.6	2.2	2.2	1.0	0.8	2.1	3.2
14	25.6	17.4	2.8	23.1	6.2	5.1	2.2	2.2	1.0	1.3	4.2	3.4
15	21.2	11.7	2.2	16.6	5.6	6.9	2.5	3.2	1.0	1.4	3.1	3.3
16	42.2	8.6	1.8	14.1	5.6	5.4	2.5	2.2	0.9	1.0	2.4	2.7
17	37.0	5.8	6.5	15.7	5.4	6.6	2.2	2.4	1.1	0.9	3.5	3.3
18	31.4	4.9	5.4	24.1	5.4	5.2	2.2	2.2	1.1	0.9	2.5	3.8
19	38.3	7.8	9.7	26.1	5.1	3.8	2.1	2.5	1.5	0.5	2.1	3.5
20	34.2	14.5	7.1	25.1	5.8	6.0	2.1	3.0	1.82	1.4	2.4	5.1
21	40.9	6.9	4.5	19.1	5.4	4.7	2.2	2.4	1.8	1.9	2.1	3.2
22	89.0	4.0	5.1	18.2	5.8	3.5	2.3	2.3	2.1	1.1	2.2	2.7
23	129.0	5.2	4.2	21.2	4.9	3.4	1.9	2.5	1.2	1.0	4.2	2.5
24	95.0	7.3	2.4	42.3	4.7	3.1	1.9	3.0	1.0	1.6	5.6	3.4
25	81.0	4.9	3.7	12.3	4.9	3.0	1.9	1.9	0.9	1.0	3.0	3.0
26	51.5	5.4	5.8	11.3	4.4	2.8	1.9	2.3	0.9	0.9	4.2	2.4
27	62.0	8.6	19.5	9.5	4.2	2.8	1.9	2.4	0.9	0.8	1.6	2.8
28	183.0	5.8	27.2	11.0	4.2	2.7	1.9	2.4	0.9	0.8	1.9	3.8
29	328.0		24.6	10.3	4.4	2.6	2.2	1.9	0.9	1.1	4.4	3.4
30	1015.0		18.2	11.7	4.4	2.5	2.2	2.1	0.9	0.8	3.7	2.2
31	433.0		19.1		4.9		2.2	2.07		0.7		1.9

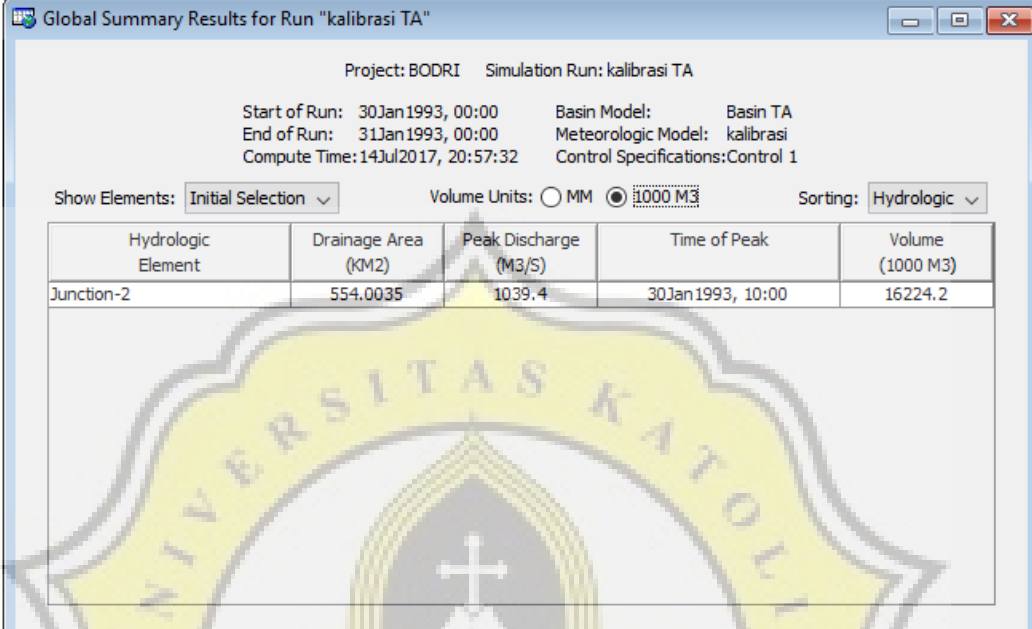
Sumber: Hasil Pengamatan Pos Jaga Juwero, 2016

Hasil dari simulasi DAS Bodri tanggal 30 Januari 1993 dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.34 Hasil Simulasi DAS Bodri 30 Januari 1993

Waktu (Jam)	Debit (m ³ /s)	Waktu (Jam)	Debit (m ³ /s)	Waktu (Jam)	Debit (m ³ /s)	Waktu (Jam)	Debit (m ³ /s)
0:30	0.0	6:30	173.9	12:30	378.6	18:30	0
1:00	0.2	7:00	230.5	13:00	221.6	19:00	0
1:30	0.7	7:30	304.7	13:30	117.5	19:30	0
2:00	1.4	8:00	415.4	14:00	53.5	20:00	0
2:30	2.1	8:30	592.2	14:30	17.9	20:30	0
3:00	2.9	9:00	808.8	15:00	4.0	21:00	0
3:30	5.0	9:30	967.8	15:30	0.7	21:30	0
4:00	15.6	10:00	1039.4	16:00	0.1	22:00	0
4:30	39.4	10:30	1006.3	16:30	0.0	22:30	0
5:00	67.5	11:00	910.4	17:00	0.0	23:00	0
5:30	89.9	11:30	752.7	17:30	0.0	23:30	0
6:00	105.3	12:00	563.3	18:00	0.0	0:00	0

Debit puncak hasil simulasi dari DAS Bodri pada tanggal 30 Januari 1993 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Project: BODRI Simulation Run: kalibrasi TA

Start of Run: 30Jan1993, 00:00 Basin Model: Basin TA
End of Run: 31Jan1993, 00:00 Meteorologic Model: kalibrasi
Compute Time: 14Jul2017, 20:57:32 Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Selection Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
Junction-2	554.0035	1039.4	30Jan1993, 10:00	16224.2

Gambar 4.21 Hasil Simulasi Debit Puncak DAS Bodri 30 Januari 1993

Setelah didapatkan hasil simulasi berupa debit puncak sebesar 1039,4 m³/s. maka dilakukan pengujian *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui angka kesalahan pada perbandingan antara data hasil simulasi dan data lapangan. Perhitungan RMSE untuk kalibrasi adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_2 - y_1}{y_2} \right)^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{1} \times \left(\frac{1039,4 - 1015}{1015} \right)^2}$$

$$\begin{aligned} RMSE &= 0,00234 \times 100 \% \\ &= 2,34 \% \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan RMSE maka dapat diketahui bahwa angka *error* kalibrasi data hasil simulasi dengan data lapangan sebesar 2,34%. Berdasarkan hasil tersebut nilai parameter dianggap hampir sesuai dengan kondisi di lapangan.

4.5 Pemodelan HEC-RAS

Dalam tahapan pemodelan menggunakan *software* HEC-RAS dilakukan beberapa langkah dalam proses pemodelan tersebut, *input* data dan pertimbangan perlu tidaknya perbaikan penampang.

4.5.1 *Input* Data

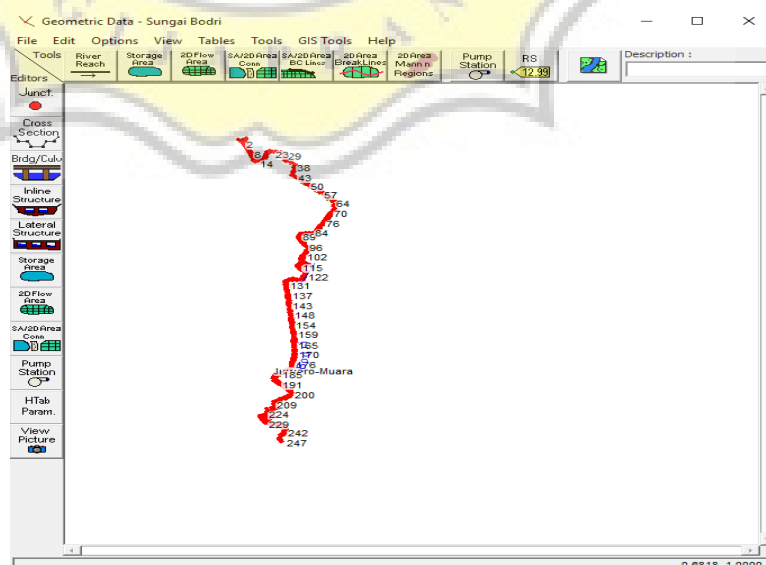
Dalam tahapan pemodelan menggunakan *software* HEC-RAS dilakukan beberapa langkah dalam proses pemodelan tersebut, yaitu Data Geometri dan Data Debit Sungai.

1. Geometri Data

Input data yang digunakan dalam geometri yang diperlukan, yang terdiri alur sungai (*river reach*) dan *cross section*. Data geometri dimasukan dengan memilih *Geometric Data* pada menu *Edit* pada jendela utama.

a. Menggambar Skema Alur Sungai

Langkah pertama dalam memasukkan data geometri adalah menggambar gambar alur sungai. Ini dilakukan garis demi garis, dengan menekan tombol *River Reach* dan kemudian menggambar alur dari hulu ke hilir (dalam arah positif). Setelah alur digambar, masukkan nama sungai.

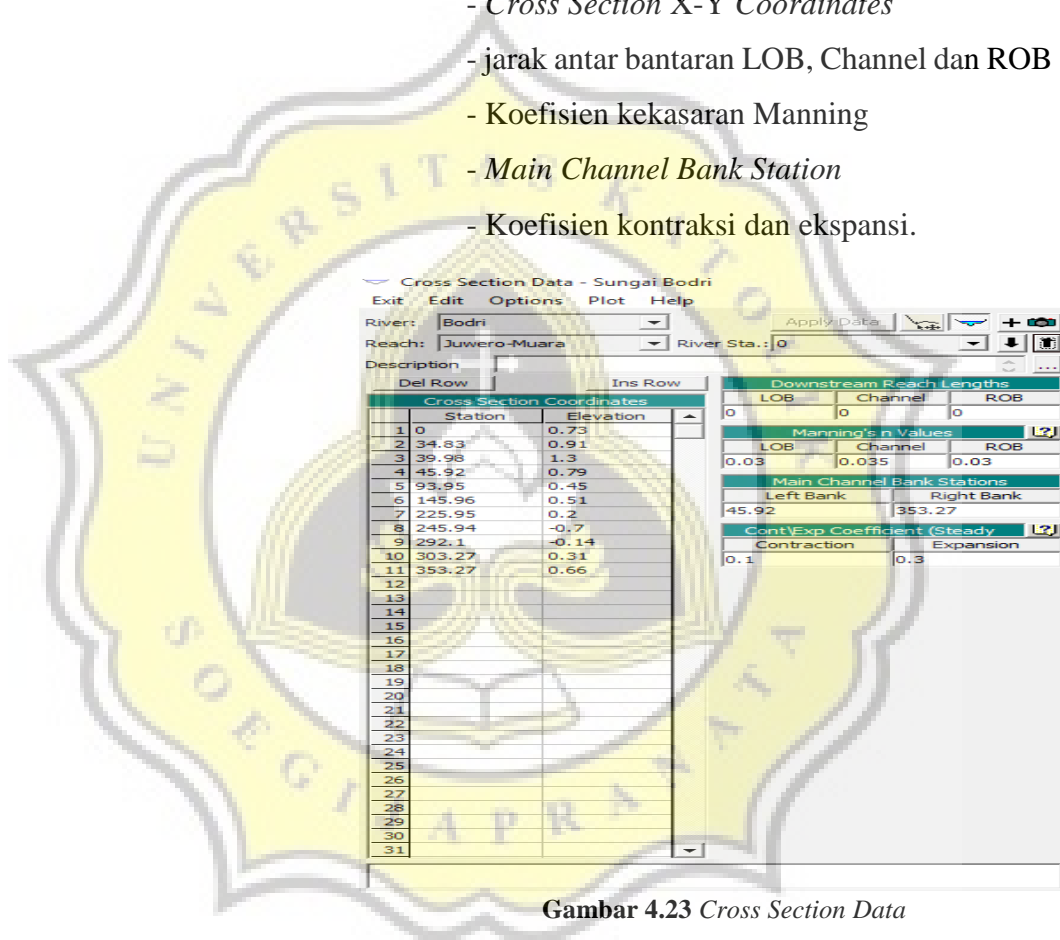


Gambar 4.22 Skema Alur Sungai

b. Memasukan Data *Cross Section*

Setelah membuat gambar alur sungai, selanjutnya memasukkan data *cross-section* seperti pada Gambar 4.23. Tekan tombol *Cross Section* akan memunculkan editor *cross section* dan memasukan data yang diperlukan antara lain:

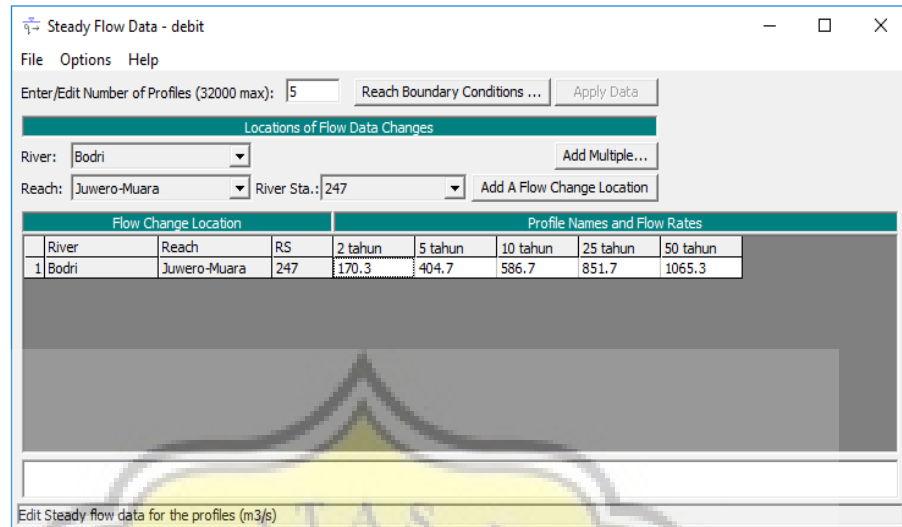
- *Cross Section X-Y Coordinates*
- jarak antar bantaran LOB, Channel dan ROB
- Koefisien kekasaran Manning
- *Main Channel Bank Station*
- Koefisien kontraksi dan ekspansi.



Gambar 4.23 Cross Section Data

2. Data Debit Rencana

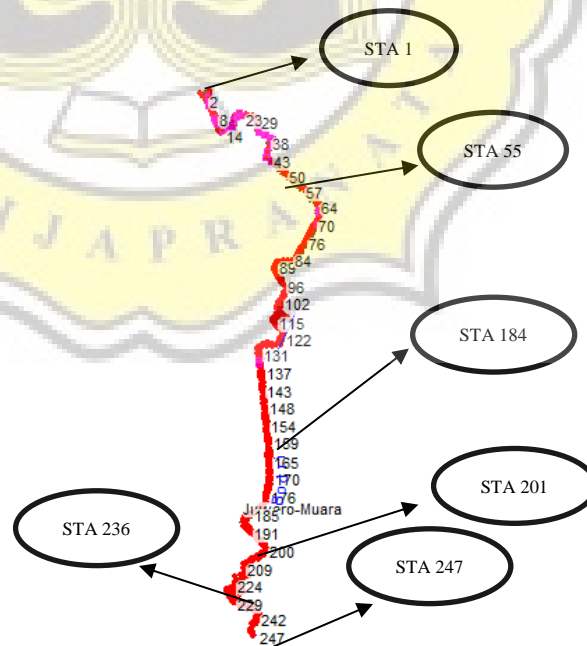
Setelah semua data geometri dimasukkan, langkah selanjutnya adalah *Input* data debit rencana dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun. Gambar data input debit rencana dapat dilihat pada Gambar 4.24

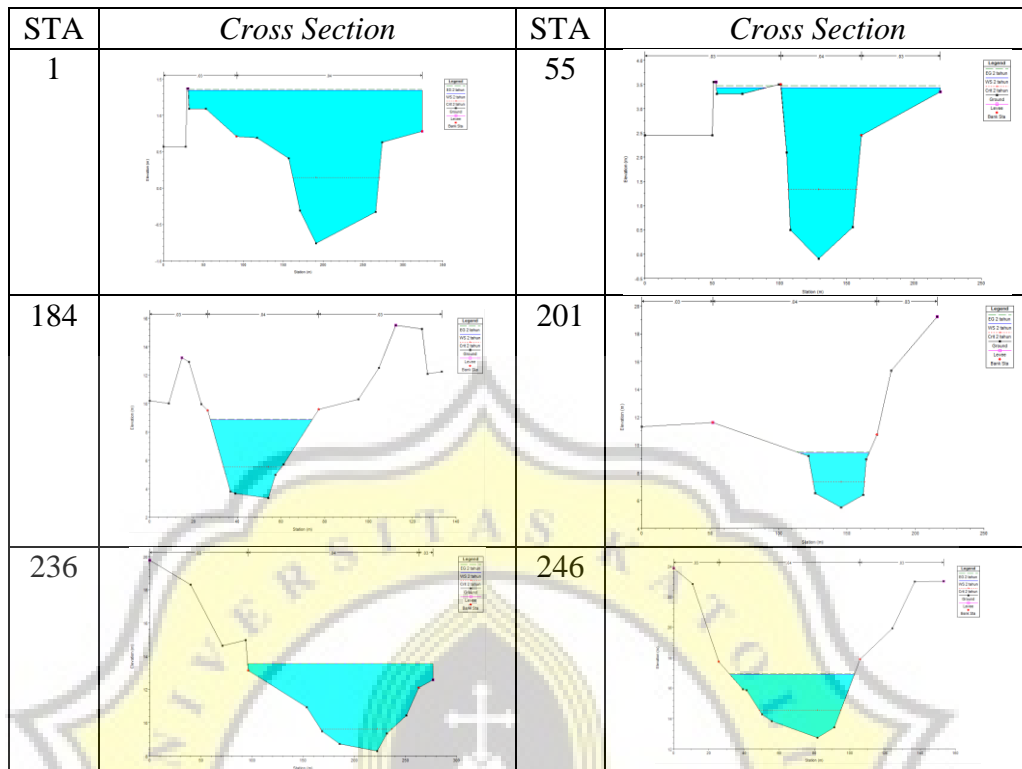


Gambar 4.24 Input Data Debit Rencana HEC-RAS

4.5.2 Hasil Output Simulasi HEC-RAS Eksisting

Setelah dilakukan seluruh tahapan dalam *software* HEC-RAS, maka dilakukan *simulation run* sehingga dapat diketahui bentuk penampang sungai, tinggi muka air dan kapasitas Sungai Bodri mencukupi atau tidak, contoh hasil *output* dari simulasi HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 4.25.





Gambar 4.25 Hasil *Output* HEC-RAS Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 2 tahun

Tabel 4.35 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 2 Tahun

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
1	Tidak Mencukupi	15	Tidak Mencukupi	29	Tidak Mencukupi
2	Tidak Mencukupi	16	Mencukupi	30	Tidak Mencukupi
3	Tidak Mencukupi	17	Mencukupi	31	Mencukupi
4	Tidak Mencukupi	18	Mencukupi	32	Tidak Mencukupi
5	Tidak Mencukupi	19	Tidak Mencukupi	33	Tidak Mencukupi
6	Tidak Mencukupi	20	Mencukupi	34	Tidak Mencukupi
7	Tidak Mencukupi	21	Tidak Mencukupi	35	Mencukupi
8	Tidak Mencukupi	22	Mencukupi	36	Mencukupi
9	Tidak Mencukupi	23	Tidak Mencukupi	37	Tidak Mencukupi
10	Tidak Mencukupi	24	Mencukupi	38	Tidak Mencukupi
11	Tidak Mencukupi	25	Mencukupi	39	Mencukupi
12	Tidak Mencukupi	26	Mencukupi	40	Mencukupi
13	Mencukupi	27	Mencukupi	41	Mencukupi
14	Tidak Mencukupi	28	Tidak Mencukupi	42	Tidak Mencukupi

Tabel 4.35 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 2 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
43	Mencukupi	78	Mencukupi	113	Mencukupi
44	Tidak Mencukupi	79	Mencukupi	114	Mencukupi
45	Tidak Mencukupi	80	Mencukupi	115	Mencukupi
46	Mencukupi	81	Mencukupi	116	Mencukupi
47	Mencukupi	82	Mencukupi	117	Mencukupi
48	Mencukupi	83	Mencukupi	118	Mencukupi
49	Tidak Mencukupi	84	Mencukupi	119	Mencukupi
50	Tidak Mencukupi	85	Mencukupi	120	Mencukupi
51	Tidak Mencukupi	86	Mencukupi	121	Mencukupi
52	Tidak Mencukupi	87	Mencukupi	122	Mencukupi
53	Tidak Mencukupi	88	Mencukupi	123	Mencukupi
54	Mencukupi	89	Mencukupi	124	Mencukupi
55	Mencukupi	90	Mencukupi	125	Mencukupi
56	Mencukupi	91	Mencukupi	126	Mencukupi
57	Mencukupi	92	Mencukupi	126,5	Mencukupi
58	Mencukupi	93	Mencukupi	126,58	Mencukupi
59	Tidak Mencukupi	94	Mencukupi	127,49	Mencukupi
60	Mencukupi	95	Mencukupi	128	Mencukupi
61	Mencukupi	96	Mencukupi	129	Mencukupi
62	Mencukupi	97	Mencukupi	129,76	Mencukupi
63	Mencukupi	98	Mencukupi	130	Mencukupi
64	Mencukupi	99	Mencukupi	131	Mencukupi
65	Mencukupi	100	Mencukupi	132	Mencukupi
66	Mencukupi	101	Mencukupi	132,71	Mencukupi
67	Mencukupi	102	Mencukupi	133	Mencukupi
68	Mencukupi	103	Mencukupi	134	Mencukupi
69	Mencukupi	104	Mencukupi	135	Mencukupi
70	Mencukupi	105	Mencukupi	136	Mencukupi
71	Mencukupi	106	Mencukupi	137	Mencukupi
72	Mencukupi	107	Mencukupi	138	Mencukupi
73	Mencukupi	108	Mencukupi	139	Mencukupi
74	Mencukupi	109	Mencukupi	140	Mencukupi
75	Mencukupi	110	Mencukupi	141	Mencukupi
76	Mencukupi	111	Mencukupi	142	Mencukupi
77	Mencukupi	112	Mencukupi	143	Mencukupi

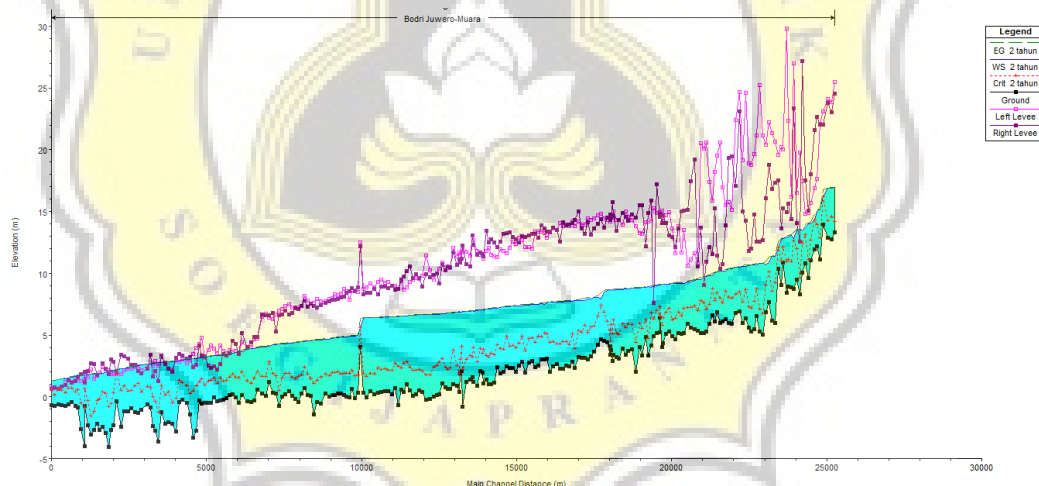
Tabel 4.35 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 2 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
144	Mencukupi	176	Mencukupi	209	Mencukupi
145	Mencukupi	177	Mencukupi	209,5	Mencukupi
146	Mencukupi	178	Mencukupi	210	Mencukupi
147	Mencukupi	179	Mencukupi	211	Mencukupi
148	Mencukupi	180	Mencukupi	212	Mencukupi
149	Mencukupi	181	Mencukupi	213	Mencukupi
150	Mencukupi	182	Mencukupi	214	Mencukupi
151	Mencukupi	183	Mencukupi	215	Mencukupi
152	Mencukupi	184	Mencukupi	216	Mencukupi
153	Mencukupi	185	Mencukupi	217	Mencukupi
154	Mencukupi	186	Mencukupi	218	Mencukupi
155	Mencukupi	187	Mencukupi	219	Mencukupi
156	Mencukupi	188	Tidak Mencukupi	220	Mencukupi
157	Mencukupi	189	Mencukupi	221	Mencukupi
158	Mencukupi	190	Mencukupi	222	Mencukupi
159	Mencukupi	190,04	Mencukupi	223	Mencukupi
160	Mencukupi	190,87	Mencukupi	224	Mencukupi
161	Mencukupi	191	Mencukupi	225	Mencukupi
162	Mencukupi	192	Mencukupi	226	Mencukupi
163	Mencukupi	193	Mencukupi	227	Mencukupi
164	Mencukupi	194	Mencukupi	228	Mencukupi
165	Mencukupi	195	Mencukupi	229	Mencukupi
166	Mencukupi	196	Mencukupi	230	Mencukupi
167	Mencukupi	197	Mencukupi	230	Mencukupi
168	Mencukupi	198	Mencukupi	231	Mencukupi
169	Mencukupi	199	Mencukupi	232	Mencukupi
170	Mencukupi	200	Mencukupi	233	Mencukupi
171	Mencukupi	201	Mencukupi	234	Mencukupi
172	Mencukupi	202	Mencukupi	235	Mencukupi
173	Mencukupi	203	Mencukupi	236	Tidak Mencukupi
174	Mencukupi	204	Tidak Mencukupi	237	Mencukupi
174.07	Mencukupi	205	Mencukupi	238	Mencukupi
174.17	Mencukupi	206	Mencukupi	239	Mencukupi
174.94	Mencukupi	207	Mencukupi	240	Mencukupi
175	Mencukupi	208	Mencukupi	241	Mencukupi

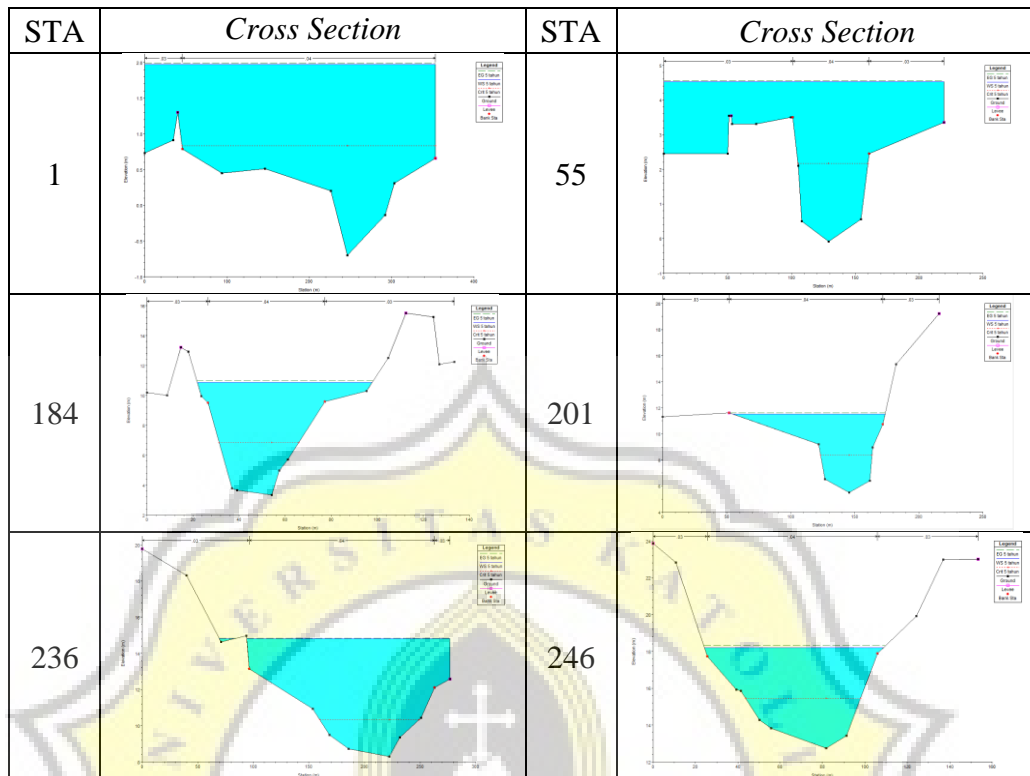
Tabel 4.35 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 2 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas
242	Mencukupi
243	Mencukupi
244	Mencukupi
245	Mencukupi
246	Mencukupi
247	Mencukupi

Hasil *Output* HEC-RAS menunjukkan posisi air Sungai Bodri pada beberapa contoh *cross section* dapat dilihat di Gambar 4.25 sedangkan rekapitulasi kapasitas eksisting terhadap debit banjir rencana 2 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.35 dan untuk elevasi muka air pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana 2 tahun di sepanjang Sungai Bodri yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Profil Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 2 Tahun



Gambar 4.27 Hasil Output HEC-RAS Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 5 tahun

Tabel 4.36 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 5 Tahun

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
1	Tidak Mencukupi	15	Tidak Mencukupi	29	Tidak Mencukupi
2	Tidak Mencukupi	16	Tidak Mencukupi	30	Tidak Mencukupi
3	Tidak Mencukupi	17	Tidak Mencukupi	31	Tidak Mencukupi
4	Tidak Mencukupi	18	Tidak Mencukupi	32	Tidak Mencukupi
5	Tidak Mencukupi	19	Tidak Mencukupi	33	Tidak Mencukupi
6	Tidak Mencukupi	20	Tidak Mencukupi	34	Tidak Mencukupi
7	Tidak Mencukupi	21	Tidak Mencukupi	35	Tidak Mencukupi
8	Tidak Mencukupi	22	Tidak Mencukupi	36	Tidak Mencukupi
9	Tidak Mencukupi	23	Tidak Mencukupi	37	Tidak Mencukupi
10	Tidak Mencukupi	24	Tidak Mencukupi	38	Tidak Mencukupi
11	Tidak Mencukupi	25	Tidak Mencukupi	39	Tidak Mencukupi
12	Tidak Mencukupi	26	Tidak Mencukupi	40	Tidak Mencukupi
13	Tidak Mencukupi	27	Tidak Mencukupi	41	Tidak Mencukupi
14	Tidak Mencukupi	28	Tidak Mencukupi	42	Tidak Mencukupi

Tabel 4.36 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 5 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
43	Tidak Mencukupi	78	Mencukupi	113	Mencukupi
44	Tidak Mencukupi	79	Mencukupi	114	Mencukupi
45	Tidak Mencukupi	80	Mencukupi	115	Mencukupi
46	Tidak Mencukupi	81	Mencukupi	116	Mencukupi
47	Tidak Mencukupi	82	Mencukupi	117	Mencukupi
48	Tidak Mencukupi	83	Mencukupi	118	Mencukupi
49	Tidak Mencukupi	84	Mencukupi	119	Mencukupi
50	Tidak Mencukupi	85	Mencukupi	120	Mencukupi
51	Tidak Mencukupi	86	Mencukupi	121	Mencukupi
52	Tidak Mencukupi	87	Mencukupi	122	Mencukupi
53	Tidak Mencukupi	88	Mencukupi	123	Mencukupi
54	Tidak Mencukupi	89	Mencukupi	124	Mencukupi
55	Tidak Mencukupi	90	Mencukupi	125	Mencukupi
56	Tidak Mencukupi	91	Mencukupi	126	Mencukupi
57	Tidak Mencukupi	92	Mencukupi	126,5	Mencukupi
58	Tidak Mencukupi	93	Mencukupi	126,58	Mencukupi
59	Tidak Mencukupi	94	Mencukupi	127,49	Mencukupi
60	Tidak Mencukupi	95	Mencukupi	128	Mencukupi
61	Tidak Mencukupi	96	Mencukupi	129	Mencukupi
62	Tidak Mencukupi	97	Mencukupi	129,76	Mencukupi
63	Tidak Mencukupi	98	Mencukupi	130	Mencukupi
64	Tidak Mencukupi	99	Mencukupi	131	Mencukupi
65	Mencukupi	100	Mencukupi	132	Mencukupi
66	Mencukupi	101	Mencukupi	132,71	Mencukupi
67	Mencukupi	102	Mencukupi	133	Mencukupi
68	Mencukupi	103	Mencukupi	134	Mencukupi
69	Tidak Mencukupi	104	Mencukupi	135	Mencukupi
70	Mencukupi	105	Mencukupi	136	Mencukupi
71	Mencukupi	106	Mencukupi	137	Mencukupi
72	Mencukupi	107	Mencukupi	138	Mencukupi
73	Mencukupi	108	Mencukupi	139	Mencukupi
74	Mencukupi	109	Mencukupi	140	Mencukupi
75	Mencukupi	110	Mencukupi	141	Mencukupi
76	Mencukupi	111	Mencukupi	142	Mencukupi
77	Mencukupi	112	Mencukupi	143	Mencukupi

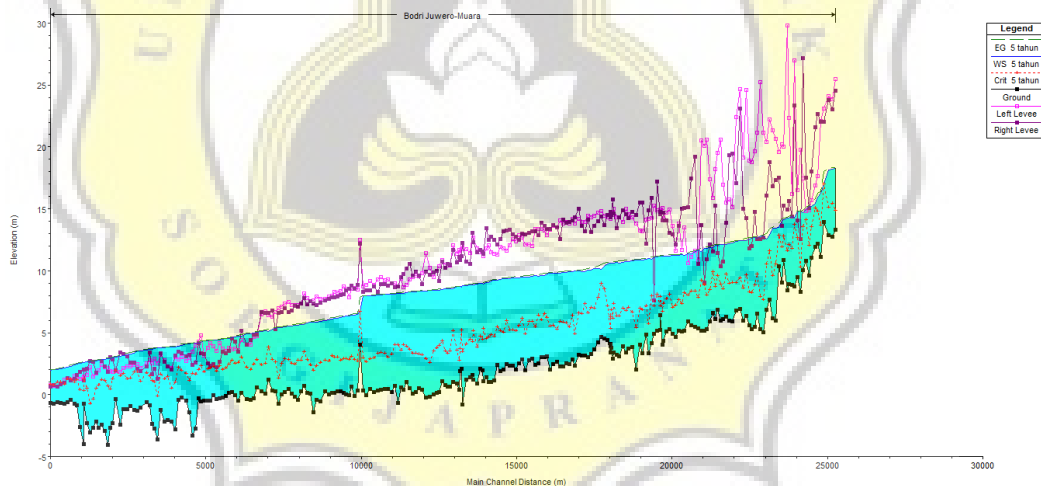
**Tabel 4.36** Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 5 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
144	Mencukupi	176	Mencukupi	209	Tidak Mencukupi
145	Mencukupi	177	Mencukupi	209,5	Tidak Mencukupi
146	Mencukupi	178	Mencukupi	210	Tidak Mencukupi
147	Mencukupi	179	Mencukupi	211	Mencukupi
148	Mencukupi	180	Mencukupi	212	Mencukupi
149	Mencukupi	181	Mencukupi	213	Mencukupi
150	Mencukupi	182	Mencukupi	214	Mencukupi
151	Mencukupi	183	Mencukupi	215	Mencukupi
152	Mencukupi	184	Mencukupi	216	Mencukupi
153	Mencukupi	185	Mencukupi	217	Mencukupi
154	Mencukupi	186	Mencukupi	218	Tidak Mencukupi
155	Mencukupi	187	Mencukupi	219	Tidak Mencukupi
156	Mencukupi	188	Tidak Mencukupi	220	Mencukupi
157	Mencukupi	189	Mencukupi	221	Tidak Mencukupi
158	Mencukupi	190	Mencukupi	222	Tidak Mencukupi
159	Mencukupi	190,04	Mencukupi	223	Tidak Mencukupi
160	Mencukupi	190,87	Mencukupi	224	Mencukupi
161	Mencukupi	191	Mencukupi	225	Mencukupi
162	Mencukupi	192	Mencukupi	226	Mencukupi
163	Mencukupi	193	Mencukupi	227	Mencukupi
164	Mencukupi	194	Mencukupi	228	Mencukupi
165	Mencukupi	195	Mencukupi	229	Tidak Mencukupi
166	Mencukupi	196	Mencukupi	230	Mencukupi
167	Mencukupi	197	Mencukupi	230	Tidak Mencukupi
168	Mencukupi	198	Mencukupi	231	Mencukupi
169	Mencukupi	199	Tidak Mencukupi	232	Tidak Mencukupi
170	Mencukupi	200	Tidak Mencukupi	233	Mencukupi
171	Mencukupi	201	Tidak Mencukupi	234	Mencukupi
172	Mencukupi	202	Tidak Mencukupi	235	Tidak Mencukupi
173	Mencukupi	203	Mencukupi	236	Tidak Mencukupi
174	Mencukupi	204	Tidak Mencukupi	237	Mencukupi
174.07	Mencukupi	205	Tidak Mencukupi	238	Tidak Mencukupi
174.17	Mencukupi	206	Mencukupi	239	Tidak Mencukupi
174.94	Mencukupi	207	Tidak Mencukupi	240	Mencukupi
175	Mencukupi	208	Mencukupi	241	Mencukupi

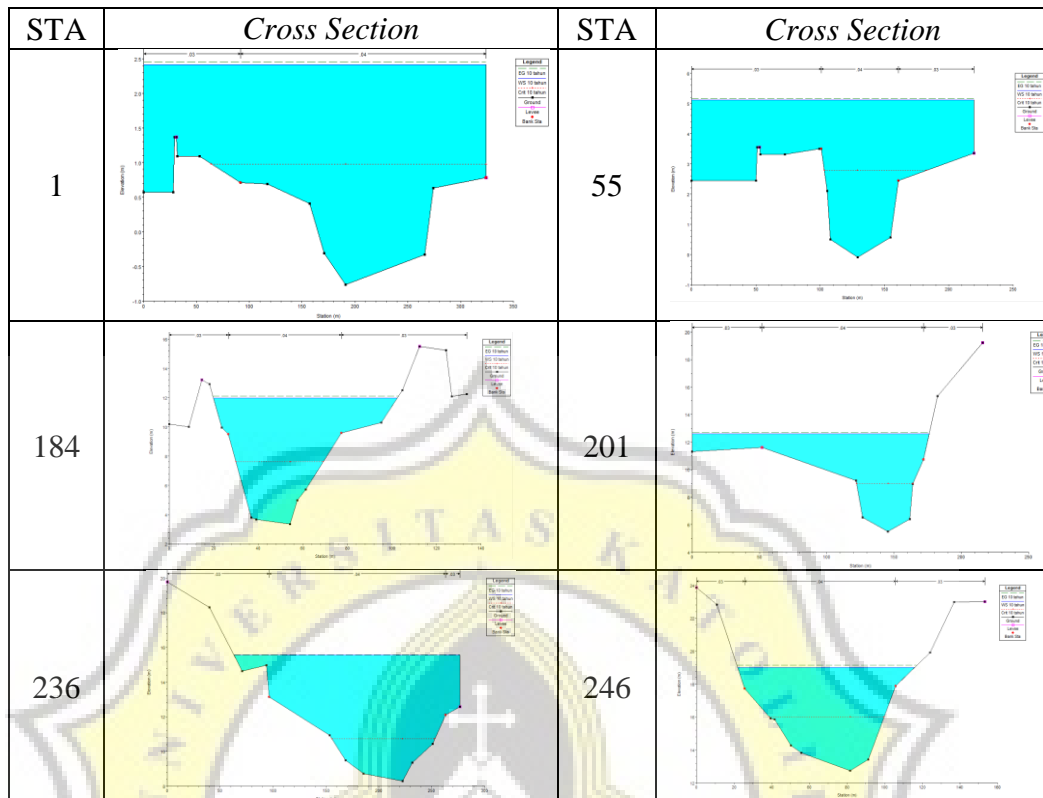
Tabel 4.35 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 5 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas
242	Mencukupi
243	Mencukupi
244	Mencukupi
245	Mencukupi
246	Mencukupi
247	Mencukupi

Hasil *Output* HEC-RAS menunjukkan posisi air Sungai Bodri pada beberapa contoh *cross section* dapat dilihat di Gambar 4.27 sedangkan rekapitulasi kapasitas eksisting terhadap debit banjir rencana 5 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.36 dan untuk elevasi muka air pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana 5 tahun di sepanjang Sungai Bodri yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Profil Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 5 Tahun



Gambar 4.29 Hasil Output HEC-RAS Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 10 tahun

Tabel 4.37 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 10 Tahun

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
1	Tidak Mencukupi	15	Tidak Mencukupi	29	Tidak Mencukupi
2	Tidak Mencukupi	16	Tidak Mencukupi	30	Tidak Mencukupi
3	Tidak Mencukupi	17	Tidak Mencukupi	31	Tidak Mencukupi
4	Tidak Mencukupi	18	Tidak Mencukupi	32	Tidak Mencukupi
5	Tidak Mencukupi	19	Tidak Mencukupi	33	Tidak Mencukupi
6	Tidak Mencukupi	20	Tidak Mencukupi	34	Tidak Mencukupi
7	Tidak Mencukupi	21	Tidak Mencukupi	35	Tidak Mencukupi
8	Tidak Mencukupi	22	Tidak Mencukupi	36	Tidak Mencukupi
9	Tidak Mencukupi	23	Tidak Mencukupi	37	Tidak Mencukupi
10	Tidak Mencukupi	24	Tidak Mencukupi	38	Tidak Mencukupi
11	Tidak Mencukupi	25	Tidak Mencukupi	39	Tidak Mencukupi
12	Tidak Mencukupi	26	Tidak Mencukupi	40	Tidak Mencukupi
13	Tidak Mencukupi	27	Tidak Mencukupi	41	Tidak Mencukupi
14	Tidak Mencukupi	28	Tidak Mencukupi	42	Tidak Mencukupi

Tabel 4.37 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 10 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
43	Tidak Mencukupi	78	Mencukupi	113	Mencukupi
44	Tidak Mencukupi	79	Mencukupi	114	Mencukupi
45	Tidak Mencukupi	80	Mencukupi	115	Tidak Mencukupi
46	Tidak Mencukupi	81	Mencukupi	116	Mencukupi
47	Tidak Mencukupi	82	Mencukupi	117	Mencukupi
48	Tidak Mencukupi	83	Mencukupi	118	Tidak Mencukupi
49	Tidak Mencukupi	84	Mencukupi	119	Mencukupi
50	Tidak Mencukupi	85	Mencukupi	120	Tidak Mencukupi
51	Tidak Mencukupi	86	Mencukupi	121	Mencukupi
52	Tidak Mencukupi	87	Mencukupi	122	Mencukupi
53	Tidak Mencukupi	88	Mencukupi	123	Mencukupi
54	Tidak Mencukupi	89	Mencukupi	124	Mencukupi
55	Tidak Mencukupi	90	Mencukupi	125	Mencukupi
56	Tidak Mencukupi	91	Mencukupi	126	Mencukupi
57	Tidak Mencukupi	92	Mencukupi	126,5	Mencukupi
58	Tidak Mencukupi	93	Mencukupi	126,58	Mencukupi
59	Tidak Mencukupi	94	Mencukupi	127,49	Mencukupi
60	Tidak Mencukupi	95	Mencukupi	128	Mencukupi
61	Tidak Mencukupi	96	Mencukupi	129	Mencukupi
62	Tidak Mencukupi	97	Tidak Mencukupi	129,76	Mencukupi
63	Tidak Mencukupi	98	Tidak Mencukupi	130	Mencukupi
64	Tidak Mencukupi	99	Tidak Mencukupi	131	Mencukupi
65	Mencukupi	100	Tidak Mencukupi	132	Mencukupi
66	Mencukupi	101	Tidak Mencukupi	132,71	Mencukupi
67	Mencukupi	102	Tidak Mencukupi	133	Mencukupi
68	Mencukupi	103	Tidak Mencukupi	134	Mencukupi
69	Tidak Mencukupi	104	Tidak Mencukupi	135	Mencukupi
70	Mencukupi	105	Tidak Mencukupi	136	Mencukupi
71	Mencukupi	106	Tidak Mencukupi	137	Mencukupi
72	Mencukupi	107	Tidak Mencukupi	138	Mencukupi
73	Mencukupi	108	Mencukupi	139	Mencukupi
74	Mencukupi	109	Tidak Mencukupi	140	Mencukupi
75	Mencukupi	110	Tidak Mencukupi	141	Mencukupi
76	Mencukupi	111	Mencukupi	142	Mencukupi
77	Mencukupi	112	Mencukupi	143	Mencukupi

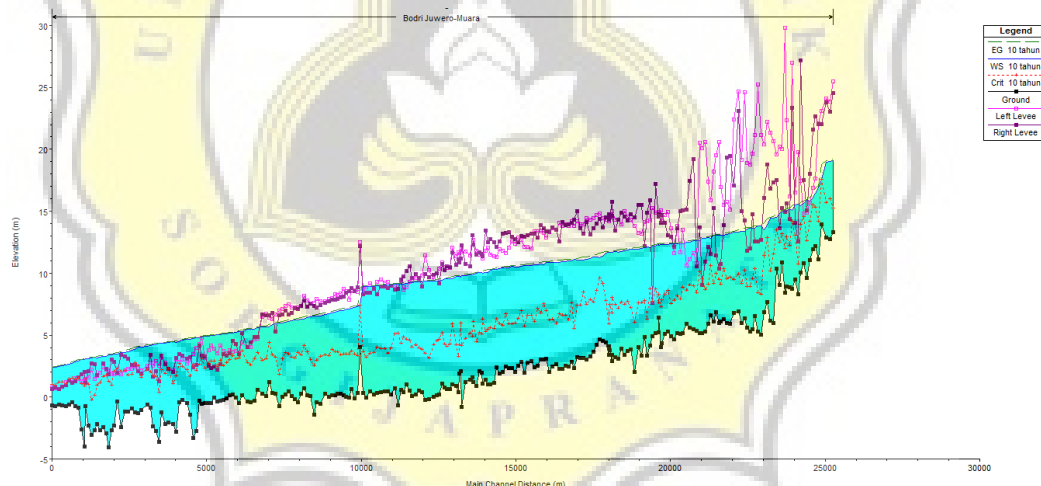
Tabel 4.37 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 10 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
144	Mencukupi	176	Mencukupi	209	Tidak Mencukupi
145	Mencukupi	177	Mencukupi	209,5	Tidak Mencukupi
146	Mencukupi	178	Mencukupi	210	Tidak Mencukupi
147	Mencukupi	179	Mencukupi	211	Mencukupi
148	Mencukupi	180	Mencukupi	212	Mencukupi
149	Mencukupi	181	Mencukupi	213	Mencukupi
150	Mencukupi	182	Mencukupi	214	Mencukupi
151	Mencukupi	183	Mencukupi	215	Mencukupi
152	Mencukupi	184	Mencukupi	216	Mencukupi
153	Mencukupi	185	Tidak Mencukupi	217	Mencukupi
154	Mencukupi	186	Mencukupi	218	Tidak Mencukupi
155	Mencukupi	187	Mencukupi	219	Tidak Mencukupi
156	Mencukupi	188	Tidak Mencukupi	220	Mencukupi
157	Mencukupi	189	Mencukupi	221	Tidak Mencukupi
158	Mencukupi	190	Mencukupi	222	Tidak Mencukupi
159	Mencukupi	190,04	Mencukupi	223	Tidak Mencukupi
160	Mencukupi	190,87	Mencukupi	224	Mencukupi
161	Mencukupi	191	Mencukupi	225	Mencukupi
162	Mencukupi	192	Mencukupi	226	Mencukupi
163	Mencukupi	193	Mencukupi	227	Mencukupi
164	Mencukupi	194	Mencukupi	228	Mencukupi
165	Mencukupi	195	Tidak Mencukupi	229	Tidak Mencukupi
166	Mencukupi	196	Mencukupi	230	Mencukupi
167	Mencukupi	197	Tidak Mencukupi	230	Tidak Mencukupi
168	Mencukupi	198	Mencukupi	231	Tidak Mencukupi
169	Mencukupi	199	Tidak Mencukupi	232	Tidak Mencukupi
170	Mencukupi	200	Tidak Mencukupi	233	Mencukupi
171	Mencukupi	201	Tidak Mencukupi	234	Tidak Mencukupi
172	Mencukupi	202	Tidak Mencukupi	235	Tidak Mencukupi
173	Mencukupi	203	Mencukupi	236	Mencukupi
174	Mencukupi	204	Tidak Mencukupi	237	Tidak Mencukupi
174.07	Mencukupi	205	Tidak Mencukupi	238	Tidak Mencukupi
174.17	Mencukupi	206	Tidak Mencukupi	239	Tidak Mencukupi
174.94	Mencukupi	207	Tidak Mencukupi	240	Mencukupi
175	Mencukupi	208	Mencukupi	241	Mencukupi

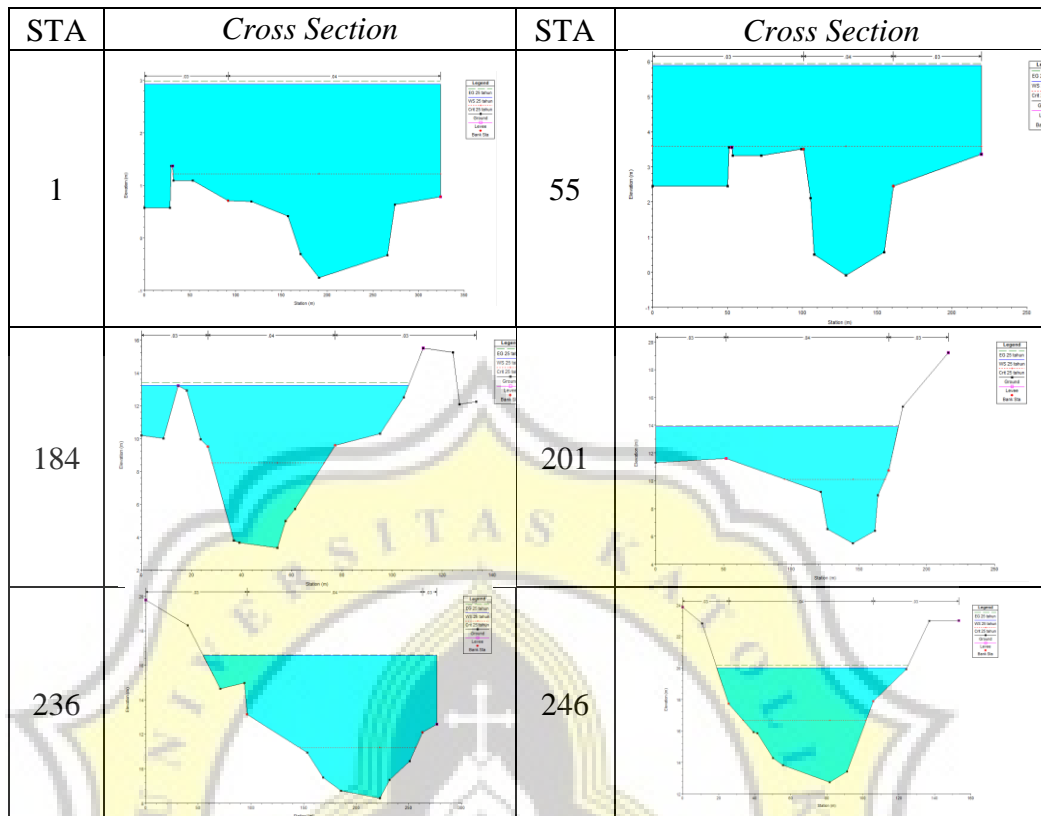
Tabel 4.37 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 10 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas
242	Mencukupi
243	Mencukupi
244	Mencukupi
245	Mencukupi
246	Mencukupi
247	Mencukupi

Hasil *Output* HEC-RAS menunjukkan posisi air Sungai Bodri pada beberapa contoh *cross section* dapat dilihat di Gambar 4.29 sedangkan rekapitulasi kapasitas eksisting terhadap debit banjir rencana 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.37 dan untuk elevasi muka air pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana 10 tahun di sepanjang Sungai Bodri yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Profil Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 10 Tahun



Gambar 4.31 Hasil *Output* HEC-RAS Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 25 tahun

Tabel 4.38 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 25 Tahun

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
1	Tidak Mencukupi	15	Tidak Mencukupi	29	Tidak Mencukupi
2	Tidak Mencukupi	16	Tidak Mencukupi	30	Tidak Mencukupi
3	Tidak Mencukupi	17	Tidak Mencukupi	31	Tidak Mencukupi
4	Tidak Mencukupi	18	Tidak Mencukupi	32	Tidak Mencukupi
5	Tidak Mencukupi	19	Tidak Mencukupi	33	Tidak Mencukupi
6	Tidak Mencukupi	20	Tidak Mencukupi	34	Tidak Mencukupi
7	Tidak Mencukupi	21	Tidak Mencukupi	35	Tidak Mencukupi
8	Tidak Mencukupi	22	Tidak Mencukupi	36	Tidak Mencukupi
9	Tidak Mencukupi	23	Tidak Mencukupi	37	Tidak Mencukupi
10	Tidak Mencukupi	24	Tidak Mencukupi	38	Tidak Mencukupi
11	Tidak Mencukupi	25	Tidak Mencukupi	39	Tidak Mencukupi
12	Tidak Mencukupi	26	Tidak Mencukupi	40	Tidak Mencukupi
13	Tidak Mencukupi	27	Tidak Mencukupi	41	Tidak Mencukupi
14	Tidak Mencukupi	28	Tidak Mencukupi	42	Tidak Mencukupi



Tabel 4.38 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 25 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
43	Tidak Mencukupi	78	Mencukupi	113	Tidak Mencukupi
44	Tidak Mencukupi	79	Mencukupi	114	Tidak Mencukupi
45	Tidak Mencukupi	80	Mencukupi	115	Tidak Mencukupi
46	Tidak Mencukupi	81	Mencukupi	116	Tidak Mencukupi
47	Tidak Mencukupi	82	Tidak Mencukupi	117	Tidak Mencukupi
48	Tidak Mencukupi	83	Tidak Mencukupi	118	Tidak Mencukupi
49	Tidak Mencukupi	84	Mencukupi	119	Tidak Mencukupi
50	Tidak Mencukupi	85	Mencukupi	120	Tidak Mencukupi
51	Tidak Mencukupi	86	Mencukupi	121	Mencukupi
52	Tidak Mencukupi	87	Mencukupi	122	Tidak Mencukupi
53	Tidak Mencukupi	88	Mencukupi	123	Tidak Mencukupi
54	Tidak Mencukupi	89	Mencukupi	124	Tidak Mencukupi
55	Tidak Mencukupi	90	Mencukupi	125	Mencukupi
56	Tidak Mencukupi	91	Mencukupi	126	Tidak Mencukupi
57	Tidak Mencukupi	92	Tidak Mencukupi	126,5	Mencukupi
58	Tidak Mencukupi	93	Mencukupi	126,58	Tidak Mencukupi
59	Tidak Mencukupi	94	Mencukupi	127,49	Mencukupi
60	Tidak Mencukupi	95	Mencukupi	128	Mencukupi
61	Tidak Mencukupi	96	Mencukupi	129	Tidak Mencukupi
62	Tidak Mencukupi	97	Tidak Mencukupi	129,76	Tidak Mencukupi
63	Tidak Mencukupi	98	Tidak Mencukupi	130	Mencukupi
64	Tidak Mencukupi	99	Tidak Mencukupi	131	Mencukupi
65	Mencukupi	100	Tidak Mencukupi	132	Mencukupi
66	Mencukupi	101	Tidak Mencukupi	132,71	Mencukupi
67	Mencukupi	102	Tidak Mencukupi	133	Mencukupi
68	Tidak Mencukupi	103	Tidak Mencukupi	134	Tidak Mencukupi
69	Tidak Mencukupi	104	Tidak Mencukupi	135	Mencukupi
70	Tidak Mencukupi	105	Tidak Mencukupi	136	Mencukupi
71	Tidak Mencukupi	106	Tidak Mencukupi	137	Tidak Mencukupi
72	Mencukupi	107	Tidak Mencukupi	138	Tidak Mencukupi
73	Tidak Mencukupi	108	Tidak Mencukupi	139	Tidak Mencukupi
74	Tidak Mencukupi	109	Tidak Mencukupi	140	Mencukupi
75	Mencukupi	110	Tidak Mencukupi	141	Mencukupi
76	Mencukupi	111	Tidak Mencukupi	142	Tidak Mencukupi
77	Mencukupi	112	Tidak Mencukupi	143	Mencukupi

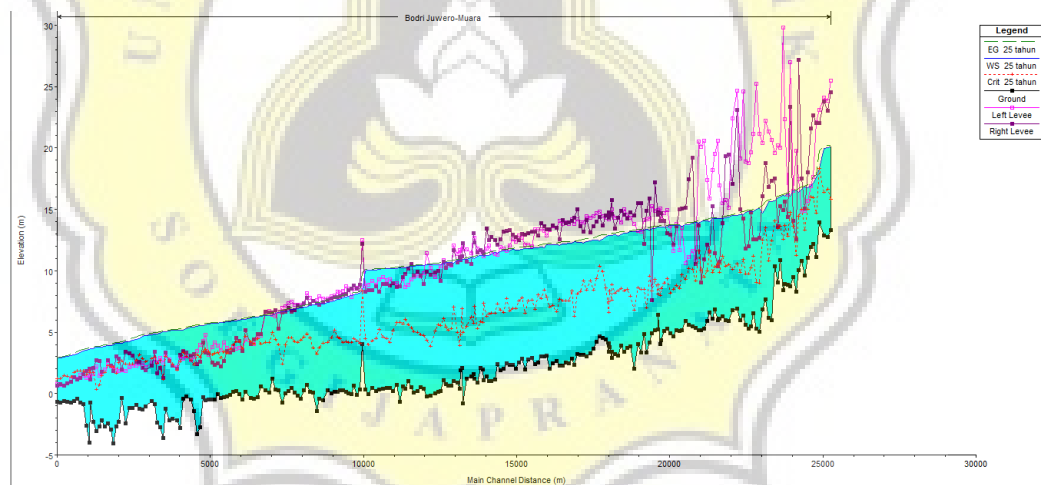
Tabel 4.38 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 25 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
144	Mencukupi	176	Mencukupi	209	Tidak Mencukupi
145	Mencukupi	177	Mencukupi	209,5	Tidak Mencukupi
146	Mencukupi	178	Mencukupi	210	Tidak Mencukupi
147	Mencukupi	179	Mencukupi	211	Tidak Mencukupi
148	Mencukupi	180	Mencukupi	212	Mencukupi
149	Tidak Mencukupi	181	Mencukupi	213	Mencukupi
150	Mencukupi	182	Mencukupi	214	Mencukupi
151	Mencukupi	183	Tidak Mencukupi	215	Mencukupi
152	Mencukupi	184	Tidak Mencukupi	216	Mencukupi
153	Mencukupi	185	Tidak Mencukupi	217	Tidak Mencukupi
154	Mencukupi	186	Mencukupi	218	Tidak Mencukupi
155	Mencukupi	187	Mencukupi	219	Tidak Mencukupi
156	Mencukupi	188	Tidak Mencukupi	220	Tidak Mencukupi
157	Mencukupi	189	Mencukupi	221	Tidak Mencukupi
158	Mencukupi	190	Mencukupi	222	Tidak Mencukupi
159	Mencukupi	190,04	Mencukupi	223	Tidak Mencukupi
160	Mencukupi	190,87	Mencukupi	224	Mencukupi
161	Mencukupi	191	Mencukupi	225	Mencukupi
162	Mencukupi	192	Mencukupi	226	Mencukupi
163	Mencukupi	193	Mencukupi	227	Mencukupi
164	Mencukupi	194	Mencukupi	228	Mencukupi
165	Mencukupi	195	Tidak Mencukupi	229	Tidak Mencukupi
166	Mencukupi	196	Tidak Mencukupi	230	Tidak Mencukupi
167	Mencukupi	197	Tidak Mencukupi	230	Tidak Mencukupi
168	Mencukupi	198	Tidak Mencukupi	231	Tidak Mencukupi
169	Mencukupi	199	Tidak Mencukupi	232	Tidak Mencukupi
170	Mencukupi	200	Tidak Mencukupi	233	Mencukupi
171	Mencukupi	201	Tidak Mencukupi	234	Mencukupi
172	Mencukupi	202	Tidak Mencukupi	235	Tidak Mencukupi
173	Mencukupi	203	Tidak Mencukupi	236	Tidak Mencukupi
174	Mencukupi	204	Tidak Mencukupi	237	Mencukupi
174.07	Mencukupi	205	Tidak Mencukupi	238	Tidak Mencukupi
174.17	Mencukupi	206	Tidak Mencukupi	239	Tidak Mencukupi
174.94	Mencukupi	207	Tidak Mencukupi	240	Tidak Mencukupi
175	Mencukupi	208	Mencukupi	241	Tidak Mencukupi

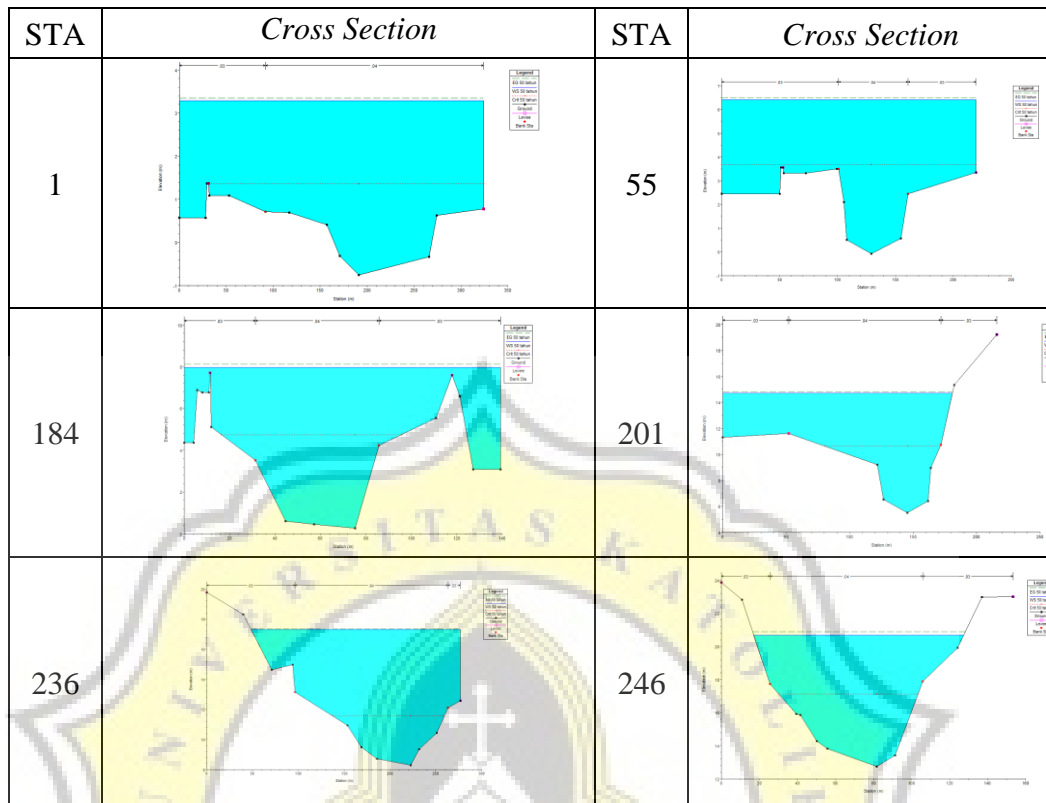
Tabel 4.38 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 25 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas
242	Tidak Mencukupi
243	Mencukupi
244	Mencukupi
245	Mencukupi
246	Mencukupi
247	Mencukupi

Hasil *Output* HEC-RAS menunjukkan posisi air Sungai Bodri pada beberapa contoh *cross section* dapat dilihat di Gambar 4.31 sedangkan rekapitulasi kapasitas eksisting terhadap debit banjir rencana 25 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.38 dan untuk elevasi muka air pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana 25 tahun di sepanjang Sungai Bodri yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 25 Tahun



Gambar 4.33 Hasil *Output* HEC-RAS Eksisting terhadap Debit Banjir Rencana 50 tahun

Tabel 4.39 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 50 Tahun

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
1	Tidak Mencukupi	15	Tidak Mencukupi	29	Tidak Mencukupi
2	Tidak Mencukupi	16	Tidak Mencukupi	30	Tidak Mencukupi
3	Tidak Mencukupi	17	Tidak Mencukupi	31	Tidak Mencukupi
4	Tidak Mencukupi	18	Tidak Mencukupi	32	Tidak Mencukupi
5	Tidak Mencukupi	19	Tidak Mencukupi	33	Tidak Mencukupi
6	Tidak Mencukupi	20	Tidak Mencukupi	34	Tidak Mencukupi
7	Tidak Mencukupi	21	Tidak Mencukupi	35	Tidak Mencukupi
8	Tidak Mencukupi	22	Tidak Mencukupi	36	Tidak Mencukupi
9	Tidak Mencukupi	23	Tidak Mencukupi	37	Tidak Mencukupi
10	Tidak Mencukupi	24	Tidak Mencukupi	38	Tidak Mencukupi
11	Tidak Mencukupi	25	Tidak Mencukupi	39	Tidak Mencukupi
12	Tidak Mencukupi	26	Tidak Mencukupi	40	Tidak Mencukupi
13	Tidak Mencukupi	27	Tidak Mencukupi	41	Tidak Mencukupi
14	Tidak Mencukupi	28	Tidak Mencukupi	42	Tidak Mencukupi

Tabel 4.39 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 50 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
43	Tidak Mencukupi	78	Mencukupi	113	Tidak Mencukupi
44	Tidak Mencukupi	79	Tidak Mencukupi	114	Tidak Mencukupi
45	Tidak Mencukupi	80	Tidak Mencukupi	115	Tidak Mencukupi
46	Tidak Mencukupi	81	Tidak Mencukupi	116	Tidak Mencukupi
47	Tidak Mencukupi	82	Tidak Mencukupi	117	Tidak Mencukupi
48	Tidak Mencukupi	83	Tidak Mencukupi	118	Tidak Mencukupi
49	Tidak Mencukupi	84	Tidak Mencukupi	119	Tidak Mencukupi
50	Tidak Mencukupi	85	Tidak Mencukupi	120	Tidak Mencukupi
51	Tidak Mencukupi	86	Tidak Mencukupi	121	Tidak Mencukupi
52	Tidak Mencukupi	87	Tidak Mencukupi	122	Tidak Mencukupi
53	Tidak Mencukupi	88	Tidak Mencukupi	123	Tidak Mencukupi
54	Tidak Mencukupi	89	Tidak Mencukupi	124	Tidak Mencukupi
55	Tidak Mencukupi	90	Tidak Mencukupi	125	Mencukupi
56	Tidak Mencukupi	91	Mencukupi	126	Tidak Mencukupi
57	Tidak Mencukupi	92	Mencukupi	126,5	Tidak Mencukupi
58	Tidak Mencukupi	93	Mencukupi	126,58	Tidak Mencukupi
59	Tidak Mencukupi	94	Mencukupi	127,49	Mencukupi
60	Tidak Mencukupi	95	Tidak Mencukupi	128	Tidak Mencukupi
61	Tidak Mencukupi	96	Mencukupi	129	Tidak Mencukupi
62	Tidak Mencukupi	97	Tidak Mencukupi	129,76	Mencukupi
63	Tidak Mencukupi	98	Tidak Mencukupi	130	Mencukupi
64	Tidak Mencukupi	99	Tidak Mencukupi	131	Tidak Mencukupi
65	Tidak Mencukupi	100	Tidak Mencukupi	132	Tidak Mencukupi
66	Tidak Mencukupi	101	Tidak Mencukupi	132,71	Tidak Mencukupi
67	Tidak Mencukupi	102	Tidak Mencukupi	133	Tidak Mencukupi
68	Tidak Mencukupi	103	Tidak Mencukupi	134	Tidak Mencukupi
69	Tidak Mencukupi	104	Tidak Mencukupi	135	Tidak Mencukupi
70	Tidak Mencukupi	105	Tidak Mencukupi	136	Tidak Mencukupi
71	Tidak Mencukupi	106	Tidak Mencukupi	137	Tidak Mencukupi
72	Tidak Mencukupi	107	Tidak Mencukupi	138	Tidak Mencukupi
73	Tidak Mencukupi	108	Tidak Mencukupi	139	Tidak Mencukupi
74	Tidak Mencukupi	109	Tidak Mencukupi	140	Tidak Mencukupi
75	Tidak Mencukupi	110	Tidak Mencukupi	141	Tidak Mencukupi
76	Tidak Mencukupi	111	Tidak Mencukupi	142	Tidak Mencukupi
77	Tidak Mencukupi	112	Tidak Mencukupi	143	Mencukupi

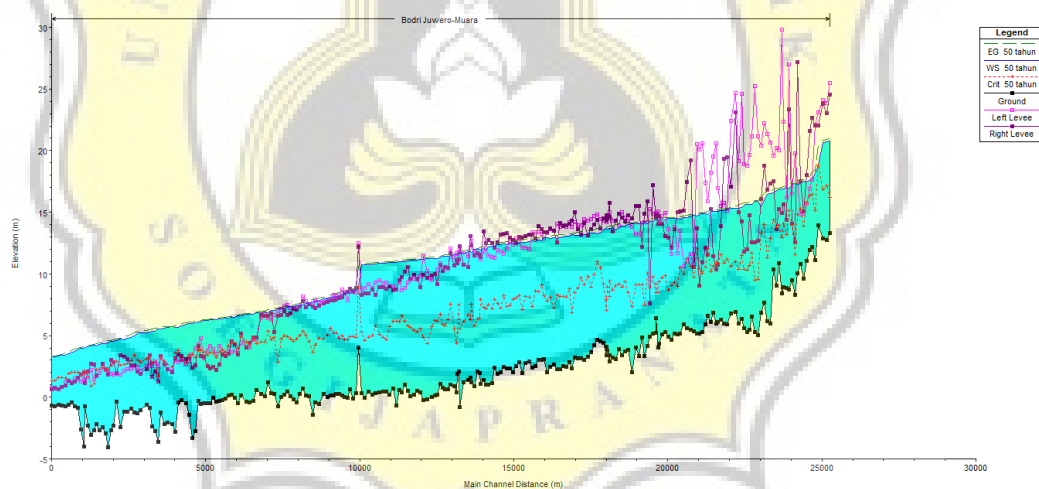
Tabel 4.39 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 50 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas	STA	Kapasitas	STA	Kapasitas
144	Tidak Mencukupi	176	Tidak Mencukupi	209	Tidak Mencukupi
145	Tidak Mencukupi	177	Tidak Mencukupi	209,5	Tidak Mencukupi
146	Tidak Mencukupi	178	Tidak Mencukupi	210	Tidak Mencukupi
147	Tidak Mencukupi	179	Mencukupi	211	Tidak Mencukupi
148	Tidak Mencukupi	180	Tidak Mencukupi	212	Mencukupi
149	Tidak Mencukupi	181	Tidak Mencukupi	213	Tidak Mencukupi
150	Mencukupi	182	Tidak Mencukupi	214	Mencukupi
151	Tidak Mencukupi	183	Tidak Mencukupi	215	Mencukupi
152	Mencukupi	184	Tidak Mencukupi	216	Tidak Mencukupi
153	Mencukupi	185	Tidak Mencukupi	217	Tidak Mencukupi
154	Tidak Mencukupi	186	Tidak Mencukupi	218	Tidak Mencukupi
155	Mencukupi	187	Tidak Mencukupi	219	Tidak Mencukupi
156	Mencukupi	188	Tidak Mencukupi	220	Tidak Mencukupi
157	Mencukupi	189	Mencukupi	221	Tidak Mencukupi
158	Tidak Mencukupi	190	Tidak Mencukupi	222	Tidak Mencukupi
159	Mencukupi	190,04	Tidak Mencukupi	223	Tidak Mencukupi
160	Mencukupi	190,87	Tidak Mencukupi	224	Tidak Mencukupi
161	Mencukupi	191	Tidak Mencukupi	225	Mencukupi
162	Mencukupi	192	Tidak Mencukupi	226	Mencukupi
163	Mencukupi	193	Tidak Mencukupi	227	Mencukupi
164	Mencukupi	194	Tidak Mencukupi	228	Mencukupi
165	Mencukupi	195	Tidak Mencukupi	229	Tidak Mencukupi
166	Tidak Mencukupi	196	Tidak Mencukupi	230	Tidak Mencukupi
167	Mencukupi	197	Tidak Mencukupi	230	Tidak Mencukupi
168	Tidak Mencukupi	198	Tidak Mencukupi	231	Tidak Mencukupi
169	Tidak Mencukupi	199	Tidak Mencukupi	232	Tidak Mencukupi
170	Mencukupi	200	Tidak Mencukupi	233	Mencukupi
171	Mencukupi	201	Tidak Mencukupi	234	Tidak Mencukupi
172	Tidak Mencukupi	202	Tidak Mencukupi	235	Tidak Mencukupi
173	Mencukupi	203	Tidak Mencukupi	236	Tidak Mencukupi
174	Mencukupi	204	Tidak Mencukupi	237	Mencukupi
174.07	Mencukupi	205	Tidak Mencukupi	238	Tidak Mencukupi
174.17	Mencukupi	206	Tidak Mencukupi	239	Tidak Mencukupi
174.94	Mencukupi	207	Tidak Mencukupi	240	Tidak Mencukupi
175	Mencukupi	208	Tidak Mencukupi	241	Tidak Mencukupi

Tabel 4.39 Rekapitulasi Kapasitas Sungai Bodri Kondisi Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 50 Tahun (Lanjutan)

STA	Kapasitas
242	Tidak Mencukupi
243	Mencukupi
244	Mencukupi
245	Mencukupi
246	Mencukupi
247	Mencukupi

Hasil *Output* HEC-RAS menunjukkan posisi air Sungai Bodri pada beberapa contoh *cross section* dapat dilihat di Gambar 4.33 sedangkan rekapitulasi kapasitas eksisting terhadap debit banjir rencana 50 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.39 dan untuk elevasi muka air pada kondisi eksisting terhadap banjir rencana 50 tahun di sepanjang Sungai Bodri yang diteliti dapat dilihat pada Gambar 4.34.

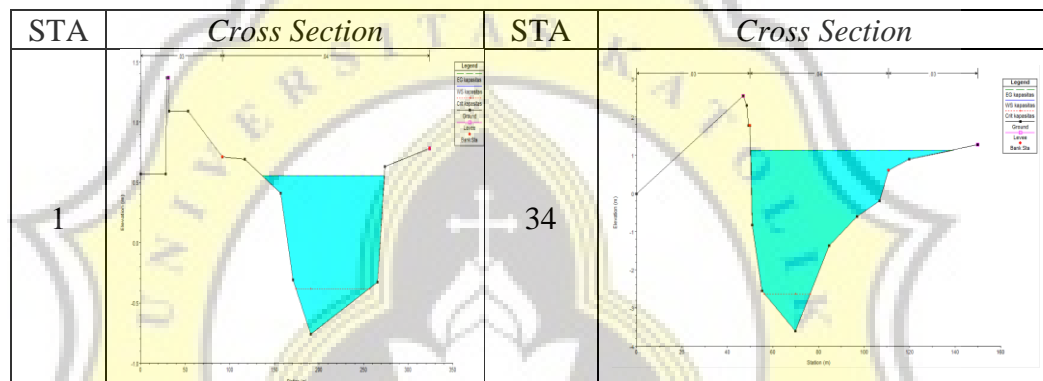


Gambar 4.34 Profil Muka Air Eksisting Terhadap Banjir Debit Rencana 50 Tahun

4.5.3 Kapasitas Eksisting Sungai

Setelah melakukan simulasi dengan debit banjir rencana maka diketahui bahwa kapasitas Sungai Bodri tidak dapat cukup menampung air, dimana air diharuskan tidak melebihi kapasitas penampang, maka nilai debit dikurangi hingga hasil simulasi kapasitas penampang mencukupi.

Dengan berubahnya *input* debit, maka hasil simulasi mengalami perubahan yang menunjukkan hasil simulasi Sungai Bodri pada kondisi eksisting mencukupi. Contoh hasil input setelah dirubah sebesar 21.306 m³/dt dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Hasil *Output* HEC-RAS Kapasitas Eksisting

4.5.4 Solusi Alternatif

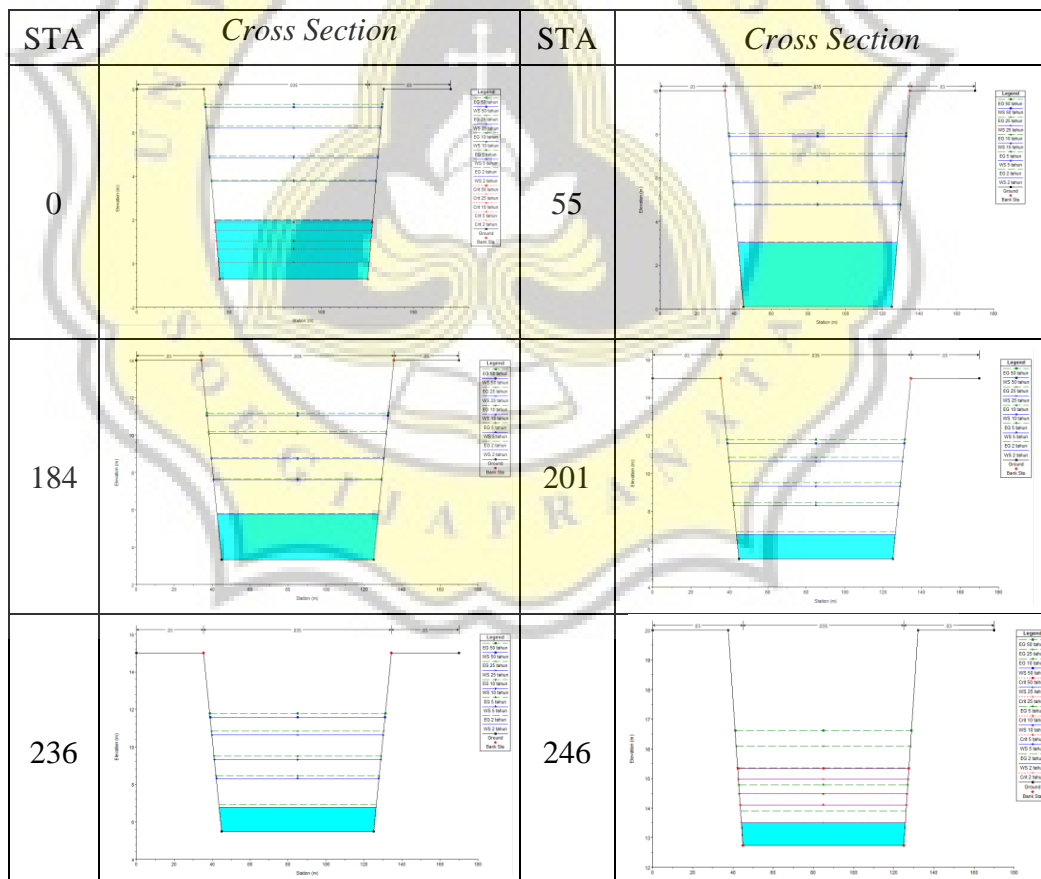
Dalam kajian ini solusi alternatif yang dilakukan adalah berupa normalisasi sungai. Normalisasi dilakukan dengan cara memperbesar dimensi penampang sungai pada semua bagian sungai yang besarnya penampang sungai dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi banjir.

Perbesaran penampang sungai yang baru akan mampu mengalirkan air sesuai dengan debit banjir rencana sebesar 1065.3 m³/dt, sehingga tidak terjadi luapan air dari penampang sungai. Perbesar dimensi penampang dilakukan mulai dari STA 0+000 (Muara Sungai Bodri) - STA 246 yakni sepanjang ± 25,69 km dengan dimensi penampang dilakukan dengan bantuan HEC-RAS dengan cara coba-coba (*trial and error*) yang menghasilkan STA 0+000 - STA 54 memiliki elevasi ketinggian station 8 m dengan kedalaman station -0,7 m, STA 55 - STA 184 memiliki elevasi ketinggian station 14 m dengan kedalaman station 3,34 m, STA 185 - STA

201 memiliki elevasi ketinggian station 15 m dengan kedalaman station 5,5 m, STA 202 - STA 236 memiliki elevasi ketinggian station 18 m dengan kedalaman station 8,29 m, STA 237 - STA 246 memiliki elevasi ketinggian station 20 m dengan kedalaman station 12,74 m dimana lebar dasar saluran dibuat seragam sebesar 80 m, dengan kemiringan 1:1.

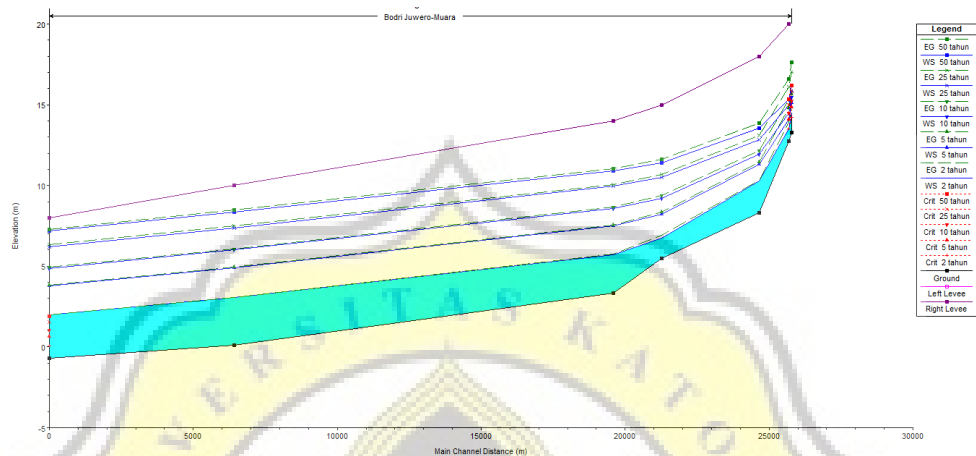
4.5.5 Hasil Output Simulasi HEC-RAS Normalisasi

Setelah dilakukan perbaikan penampang, maka dilakukan *simulation run* sehingga dapat diketahui apakah bentuk penampang sungai, tinggi muka air dan kapasitas Sungai Bodri mencukupi atau tidak, contoh hasil *output* dari simulasi HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Hasil *Output* HEC-RAS Perbaikan Penampang

Pada contoh Gambar 4.36 penampang sungai Bodri dengan penampang yang sudah diperbaiki tidak ditemukan lagi air sungai yang meluap yang menandakan bahwa dengan pada *cross section* tersebut sungai menampung air, sehingga aman dari bahaya banjir.



Gambar 4.37 Profil Muka Air Setelah Normalisasi