

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disajikan analisis beserta pembahasan terhadap hasil analisis hidrologi dan hidarulika di Sungai Bringin, serta kajian mengenai upaya mitigasi risiko bencana banjir di Sungai Bringin. Untuk selengkapnya akan dibahas dalam uraian pada sub bab berikut ini.

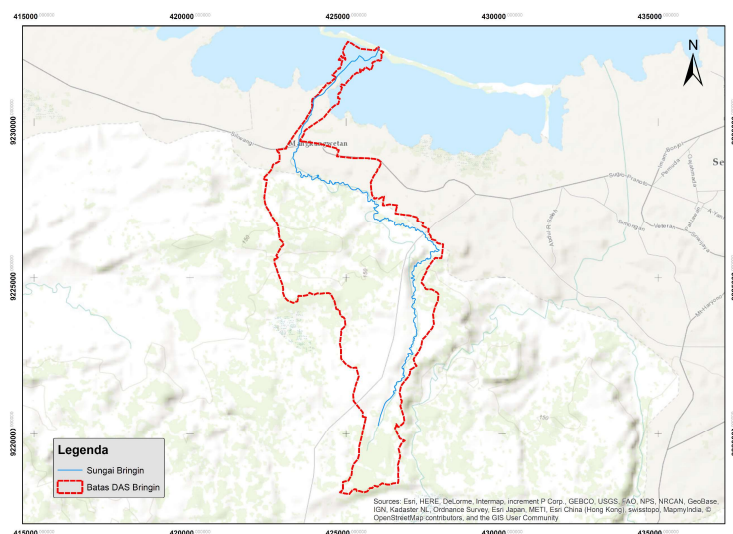
#### 5.1. Analisis Karakteristik Banjir DAS Sungai Bringin

Analisis karakteristik banjir DAS Sungai Bringin dilakukan untuk mengetahui besaran debit banjir akibat curah hujan dikawasan DAS Bringin serta . Selengkapnya analisis akan disajikan pada sub bab berikut ini.

##### 5.1.1. Analisis Debit DAS Bringin

###### 1. Penentuan Daerah Aliran Sungai

Dalam penentuan batas daerah aliran Sungai Bringin dilakukan digitasi dengan menggunakan program ArcGIS 10.2. Pada peta ditarik garis imajiner pada elevasi kontur tertinggi di sebelah kanan maupun kiri sungai yang akan di tinjau. Batas-batas elevasi kontur tertinggi tersebut berupa punggung-punggung bukit. Dari peta digital didapat luas pengairan Sungai Bringin sebesar 30,13 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai ±20,86 km.



**Gambar 5.1 Cakupan Daerah Aliran Sungai Bringin**

## 2. Pembangkitan Data Hujan

Perkiraan pengisian data hujan diperlukan untuk melengkapi data hujan yang hilang akibat kesalahan dalam pengamatan di suatu stasiun hujan yang digunakan. Hal ini bisa dikarenakan oleh kerusakan alat dan kesalahan dalam pencatatan data (*human error*). Pengisian data hujan yang hilang dalam studi ini dilakukan dengan menggunakan metode *Reciprocal*. Seperti yang diketahui sebelumnya, ada 3 stasiun hujan yang digunakan sebagai masukan data dalam analisis hidrologi. Namun, ada kekosongan data yang terjadi di Stasiun Kalisari pada tahun 2012. Agar tetap dapat digunakan dalam analisis, maka perlu dilakukan pembangkitan data hujan untuk melengkapi kekosongan data tersebut. Adapun persamaan yang digunakan dalam pembangkitan data hujan ini berdasarkan Persamaan 3.1.

## 3. Pengujian Seri Data Hujan

Sebelum melakukan perhitungan hujan rerata kawasan, perlu dilakukan pengujian seri data terhadap data hujan yang telah diperoleh dengan metode kurva massa ganda. Ini perlu dilakukan mengingat terjadi kekosongan data hujan di Stasiun Kalisari pada tahun 2012. Akumulasi dari nilai hujan harian pada Stasiun Mangkang Waduk, Stasiun Gunung Pati dan Stasiun Kalisari dibandingkan dengan nilai kumulatif hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan kumulatif hujan tahunan stasiun hujan pembanding. Berikut merupakan tabel nilai kumulatif tahunan stasiun hujan yang diuji dan kumulatif tahunan stasiun pembanding.

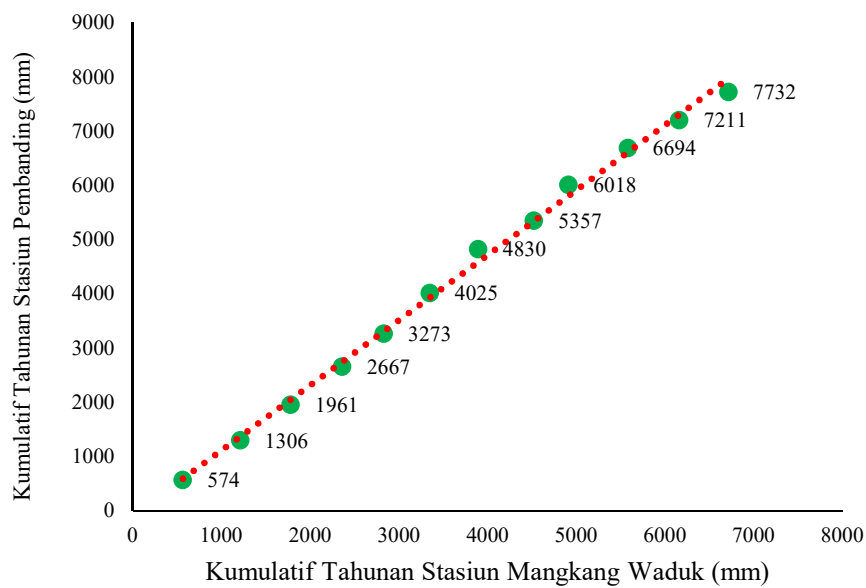
**Tabel 5.1 Nilai Penjumlahan Setiap Stasiun tiap Tahun**

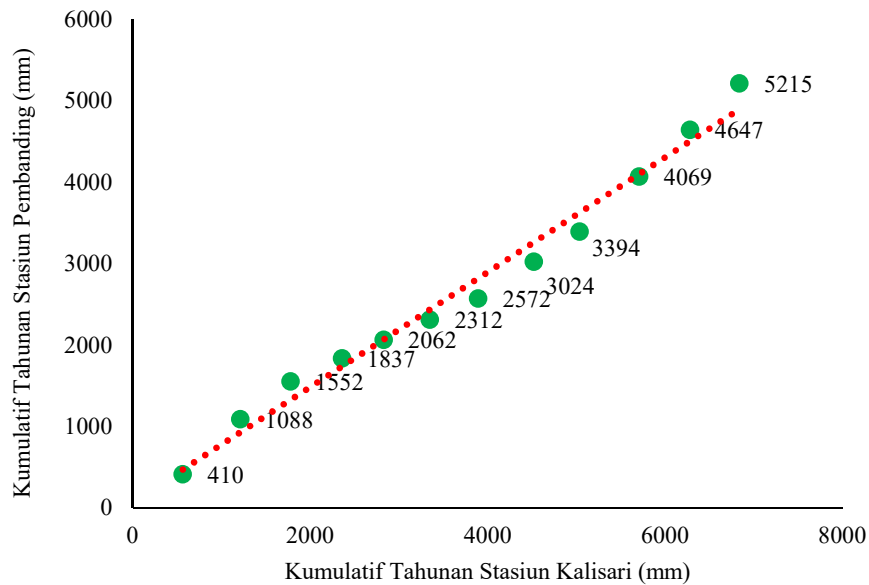
Tahun	Sta. 41 C Mangkang Waduk (mm)	42A Kalisari (mm)	46 Gunungpati (mm)	Jumlah (mm)	Rerata (mm)
2004	574	410	708	1692	564
2005	732	678	532	1942	647
2006	655	464	580	1699	566
2007	706	285	759	1750	583
2008	606	225	569	1400	467
2009	752	250	564	1566	522
2010	805	260	564	1629	543
2011	527	452	907	1886	629
2012	661	370	512	1543	514
2013	676	675	663	2014	671
2014	517	578	630	1725	575
2015	521	568	577	1666	555

**Tabel 5.2 Kumulatif Tahunan Stasiun Hujan**

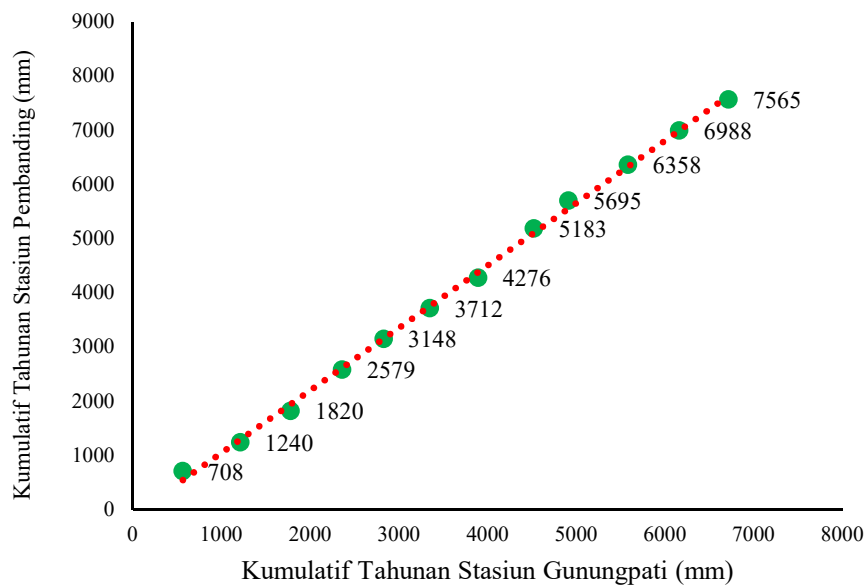
Tahun	Sta. 41 C Mangkang Waduk (mm)	42A Kalisari (mm)	46 Gunungpati (mm)	Stasiun Pemandang (mm)
2004	574	410	708	564
2005	1306	1088	1240	1211
2006	1961	1552	1820	1778
2007	2667	1837	2579	2361
2008	3273	2062	3148	2828
2009	4025	2312	3712	3350
2010	4830	2572	4276	3893
2011	5357	3024	5183	4521
2012	6018	3024	5695	4912
2013	6694	3699	6358	5584
2014	7211	4277	6988	6159
2015	7732	4845	7565	6714

Berdasarkan Tabel 5.1 dan Tabel 5.2, maka didapat bentuk kurva massa ganda pada masing-masing stasiun hujan yang akan ditampilkan pada Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4 berikut ini.

**Gambar 5.2 Kurva Massa Ganda Stasiun Mangkang Waduk**



**Gambar 5.3 Kurva Massa Ganda Stasiun Kalisari**



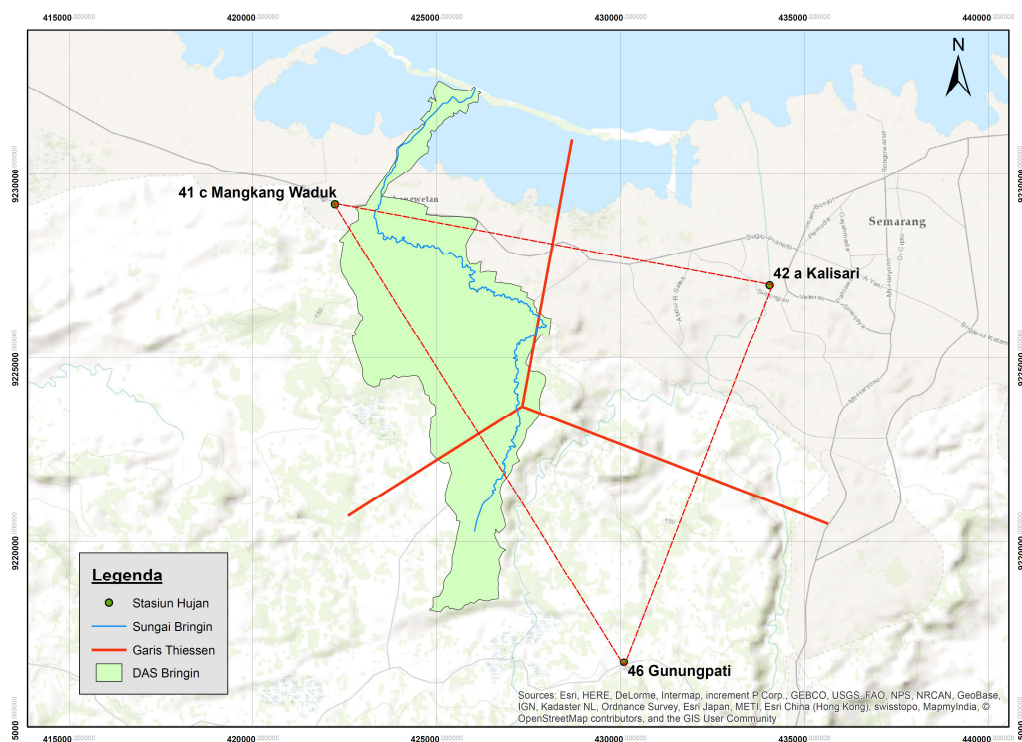
**Gambar 5.4 Kurva Massa Ganda Stasiun Gunungpati**

Berdasarkan hasil pengujian data hujan dari masing-masing stasiun, Stasiun Mangkang Waduk dan Stasiun Gunungpati dapat dikatakan memiliki garis kurva yang konsisten, sehingga data hujan tersebut digunakan dalam analisis selanjutnya.

#### 4. Intensitas Hujan Rerata Kawasan

Besarnya intensitas hujan kawasan dianalisa dengan metode *Thiessen*. Metode *Thiessen* dapat digunakan untuk menentukan pengaruh hujan daerah di setiap titik pengamatan. Terdapat 3 (tiga) stasiun hujan yang akan digunakan, yaitu Mangkang Waduk, Kalisari dan Gunungpati.

Dari tiga stasiun hujan tersebut, masing-masing dihubungkan dengan menggunakan poligon *Thiessen* untuk memperoleh luasan daerah pengaruh dari tiap stasiun hujan. Dalam studi ini digunakan bantuan *tools* dalam program ArcGIS 10.2 untuk mendapatkan luasan daerah dengan metode poligon *Thiessen*. Setiap stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Berikut ini merupakan hasil dari digitasi dengan menggunakan program ArcGIS 10.2.



**Gambar 5.5 Bentuk Poligon Thiessen DAS Bringin dengan Program ArcGIS 10.2**

Berdasarkan hasil perhitungan dengan program ArcGIS 10.2, luas pengaruh tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

**Tabel 5.3 Luas Pengaruh Stasi Hujan Terhadap DAS Bringin**

No. Sta.	Nama Sta.	Lokasi (UTM)		Luas (km <sup>2</sup> )	Bobot (%)
		x	y		
41 C	Mangkang Waduk	422239,441	9229184,959	25,66	75,83
42 A	Kalisari	434074,848	9226938,579	0,68	2,00
46	Gunungpati	430107,325	9216634,465	7,50	22,17
Jumlah				33,84	100,00

Selanjutnya dengan metode *Thiessen* dilakukan analisis curah hujan harian maksimum. Hasil analisis disajikan pada Tabel 5.2 berikut ini.

**Tabel 5.4 Hasil Analisis Hujan Rerata Kawasan**

No.	Tahun	Tanggal	Hujan harian maksimum (mm)			Total (mm)	Total (mm)
			Sta. 41 C Mangkang Waduk	42A Kalisari	46 Gunungpati		
			76%	22%	2%		
1	2004	17 Maret	118	45	28	191	100.02
		24 Januari	73	73	17	163	
		7 Januari	4	59	147	210	
2	2005	6 Mei	115	33	0	148	94.52
		14 Oktober	11	115	0	126	
		12 April	0	0	89	89	
3	2006	28 Januari	213	112	86	411	188.06
		28 Januari	213	112	86	411	
		25 Desember	0	10	174	184	
4	2007	18 Desember	116	0	57	173	91.68
		29 Oktober	0	35	2	37	
		8 Maret	107	20	305	432	
5	2008	19 Februari	107	0	0	107	81.14
		26 Oktober	0	35	17	52	
		30 Januari	77	0	114	191	
6	2009	8 Februari	295	20	36	351	228.86
		13 November	21	35	0	56	
		12 Januari	20	0	108	128	
7	2010	9 Juni	134	0	65	199	102.91
		3 Agustus	8	30	0	38	
		12 Januari	11	0	108	119	
8	2011	13 November	99	2	105	206	77.62
		18 November	22	82	0	104	
		9 November	10	3	200	213	
9	2012	20 Februari	94	0	0	94	71.28
		18 November	0	20	28	48	
		24 Januari	13	15	99	127	
10	2013	23 Februari	119	111	52	282	115.89
		23 Februari	119	111	52	282	
		12 November	0	17	146	163	
11	2014	4 Februari	124	125	5	254	121.84
		4 Februari	124	125	5	254	
		3 Februari	56	30	148	234	
12	2015	5 Maret	127	28	4	159	102.59
		13 Februari	59	177	0	236	
		19 Maret	106	15	106	227	

Mengingat panjang data hujan harian yang digunakan adalah 12 tahun, maka seri data hujan dipilih dengan cara *Partial Annual Series*. Dalam analisis ini,

tahapan berturut-turut adalah menentukan hujan maksimum harian pada tahun tertentu di salah satu stasiun hujan, kemudian mencari besaran curah hujan pada tanggal, bulan dan tahun yang sama untuk stasiun lainnya. Kemudian hujan DAS dihitung reratanya dengan menggunakan persamaan *Thiessen*. Langkah tersebut kemudian diulang pada tahun berikutnya untuk stasiun yang lain, begitu seterusnya sampai panjang data yang digunakan.

#### 5. Analisis Frekuensi

Dari hasil perhitungan hujan rerata kawasan dengan metode *Thiessen*, perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan harian yang akan digunakan dalam menentukan debit banjir rencana.

##### a. Pengukuran Dispersi

Besarnya dispersi dapat dihitung dengan pengukuran dispersi yaitu dengan melakukan analisis sesuai dengan parameter statistik  $(X_i - X_{rerata})$ ,  $(X_i - X_{rerata})^2$ ,  $(X_i - X_{rerata})^3$  dan  $(X_i - X_{rerata})^4$ . Adapaun analisis perhitungan parameter statistik tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini.

**Tabel 5.5 Parameter Statistik Curah Hujan Rencana**

No.	Tahun	Hujan Rencana ( $X_i$ )	$(X_i - X_{rerata})$	$(X_i - X_{rerata})^2$	$(X_i - X_{rerata})^3$	$(X_i - X_{rerata})^4$
1	2009	228,86	114,16	13032	1487624	169820771
2	2006	188,06	73,36	5382	394789	28961440
3	2014	121,84	7,14	51	364	2600
4	2013	115,89	1,19	1	2	2
5	2010	102,91	-11,79	139	-1637	19294
6	2004	102,59	-12,11	147	-1775	21488
7	2005	100,02	-14,68	216	-3166	46484
8	2007	94,52	-20,18	407	-8216	165795
9	2015	91,68	-23,02	530	-12206	281038
10	2008	81,14	-33,56	1126	-37800	1268590
11	2012	77,62	-37,08	1375	-50994	1891019
12	2011	71,28	-43,42	1885,18	-81852,14	3553912,41
Jumlah		1376,40		24290,55	1685132,26	206032432,70

Macam pengukuran dispersi untuk mendapatkan parameter statistik antara lain sebagai berikut ini.

##### 1) Standar deviasi (SD)

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{24290,55}{12}} = 44,99$$

## 2) Koefesien Kemencengan (CS)

$$C_S = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_D^3} = \frac{12 \cdot 1685132,26}{(12-1)(12-2)44,99^3} = 2,02$$

## 3) Pengukuran Kurtois (CK)

$$C_K = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_D^4}$$

$$= \frac{12^2}{(12-1)(12-2)(12-3)(44,99^4)} = 7,31$$

## 4) Koefesien Variasi (CV)

$$C_V = \frac{S_D}{\bar{X}} = \frac{44,99}{114,70} = 0,40$$

## b. Pemilihan Jenis Sebaran

Ketentuan dalam pemilihan jenis sebaran dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

**Tabel 5.6 Parameter Distribusi Curah Hujan Rencana**

Jenis Distribusi	Kriteria	Hasil	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$	1.74	Tidak Memenuhi
	$C_k \approx 3$	6.68	
Gumbel	$C_s = 1,14$	1.74	Tidak Memenuhi
	$C_k = 5,4$	6.68	
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v =$	0.61	Tidak Memenuhi
	$C_k = C_v^3 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 =$	4.27	
Log Pearson III	Selain nilai di atas.		Dipilih

Berdasarkan parameter data hujan skala normal, maka dapat digunakan untuk memilih distribusi yang cocok dengan data hujan tersebut. Adapun distribusi yang dipakai dalam perhitungan ini adalah metode *Log Pearson III*. Untuk menguatkan perkiraan pemilihan distribusi terpilih, maka dilakukan pengujian kecocokan data sebaran data .

## c. Pengujian Data

Pengujian kecocokan sebaran digunakan dalam menguji sebaran data memenuhi syarat untuk data perencanaan. Pengujian kecocokan sebaran digunakan metode *Chi-kuadrat* dan metode uji *Smirnov-Kolmogorov*.



1) Uji *Chi-Kuadrat*

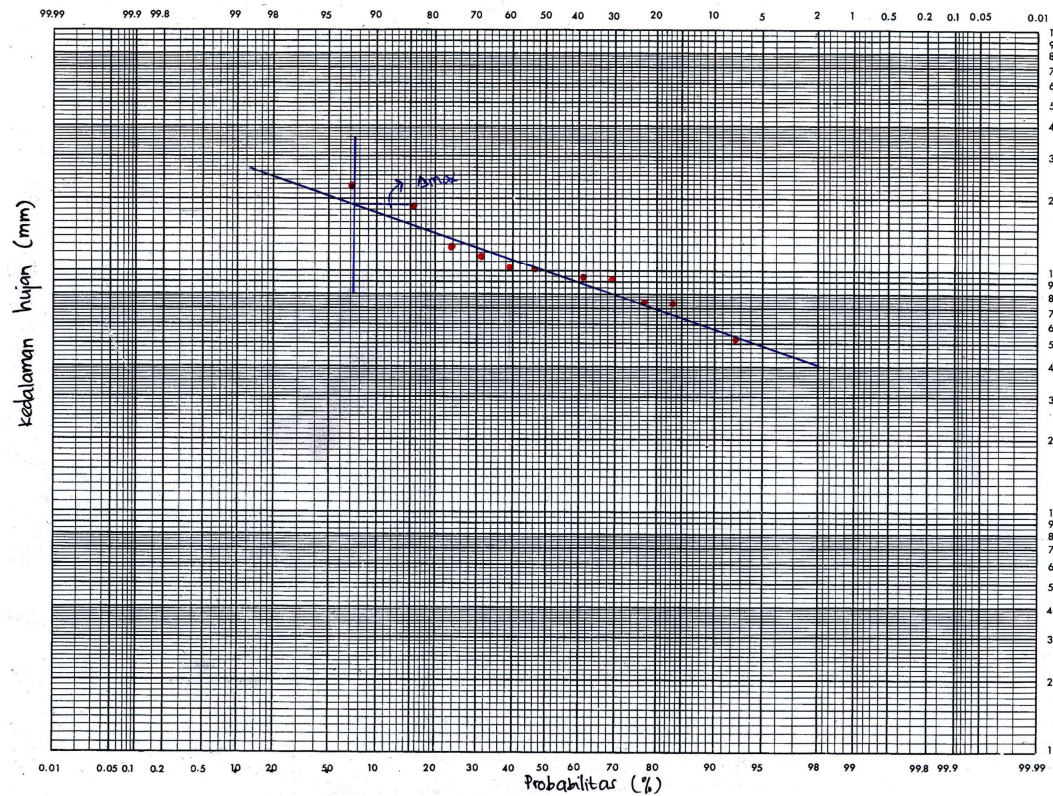
Untuk mencari nilai  $X^2_{\text{kritik}}$  pengujian seri data dengan metode ini menggunakan Persamaan 3.9. Hasil analisis dengan menggunakan metode ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini. Dari hasil perhitungan tersebut didapat nilai  $X^2$  sebesar 0,00. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai  $X^2_{\text{kritik}}$  yang diperoleh dari Tabel 3.2. Dari Tabel 3.2 dengan digunakan derajat kepercayaan sebesar 5% dan jumlah data (n) sebanyak 12, didapat nilai  $X^2_{\text{kritik}}$  sebesar 0,3820. Nilai  $X^2$  yang diperoleh dari perhitungan lebih kecil dari nilai syarat  $X^2_{\text{kritik}}$ , sehingga pemilihan jenis distribusi *Log Pearson III* memenuhi syarat.

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Chi-Kuadrat***

Kelas	Interval	E <sub>f</sub>	O <sub>f</sub>	E <sub>f</sub> - O <sub>f</sub>	(E <sub>f</sub> - O <sub>f</sub> ) <sup>2</sup> / E <sub>f</sub>
1	0,00 < P ≤ 0,167	2	2	0	0,00
2	0,167 < P ≤ 0,333	2	2	0	0,00
3	0,333 < P ≤ 0,50	2	2	0	0,00
4	0,50 < P ≤ 0,667	2	2	0	0,00
5	0,667 < P ≤ 0,833	2	2	0	0,00
6	0,833 < P ≤ 1,00	2	2	0	0,00
Jumlah		12	12	$X^2 =$	0,00

## 2) Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat hubungan antara probabilitas dan besaran hujan pada kertas probabilitas sesuai dengan jenis distribusi yang digunakan. Hasil penggambaran data hujan akan disajikan pada Gambar 5.4 berikut ini. Dari gambar tersebut dicari jarak penyimpangan setiap titik data terhadap kurva teoritis. Jarak penyimpangan terbesar merupakan  $\Delta_{\text{maks}}$ . Syarat pengujian adalah nilai  $\Delta_{\text{maks}}$  harus lebih kecil dari nilai  $\Delta_{\text{kritik}}$  pada Tabel 3.3. Dalam pengujian ini didapat nilai  $\Delta_{\text{maks}}$  sebesar 0,31, sedangkan untuk nilai  $\Delta_{\text{kritik}}$  sebesar 0,38, sehingga pemilihan jenis distribusi *Log Pearson III* memenuhi syarat.



Gambar 5.6 Penggambaran Data pada Kertas Probabilitas *Log Pearson III*

d. Analisis Hujan Rencana Kala Ulang

Analisis hujan rencana dilakukan pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Selanjutnya dicari parameter statistik untuk distribusi *Log Pearson III*. Tabel 5.8 berikut adalah perhitungan statistik untuk logaritmik.

Tabel 5.8 Distribusi Frekuensi Metode *Log Pearson Tipe III*

No.	Tahun	Hujan Rencana ( $X_i$ )	Log $X_i$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{\text{rerata}})^2$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{\text{rerata}})^3$	$(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{\text{rerata}})^4$
1	2009	228,86	2,36	0,12	0,04	0,02
2	2006	188,06	2,27	0,07	0,02	0,01
3	2014	121,84	2,09	0,01	0,00	0,00
4	2013	115,89	2,06	0,00	0,00	0,00
5	2010	102,91	2,01	0,00	0,00	0,00
6	2004	102,59	2,01	0,00	0,00	0,00
7	2005	100,02	2,00	0,00	0,00	0,00
8	2007	94,52	1,98	0,00	0,00	0,00
9	2015	91,68	1,96	0,01	0,00	0,00
10	2008	81,14	1,91	0,02	0,00	0,00
11	2012	77,62	1,89	0,02	0,00	0,00
12	2011	71,28	1,85	0,09	-0,02	0,01
<b>Jumlah</b>		1376,40		0,34	0,03	0,03

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka didapatkan parameter statistik untuk analisis curah hujan rencana kala ulang yang akan ditampilkan pada Tabel 5.9 berikut ini.

**Tabel 5.9 Pengukuran Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Tipe III***

No	Kala Ulang (T)	Probabilitas	$S_D$ Log X	Log X <sub>rt</sub>	$C_s =$	$K_T$	$X_T$ (mm)
1	2	50,00%	0,1769	2,0076	0,6121	-0,0511	99,66
2	5	20,00%	0,1769	2,0076	0,6121	0,8490	143,79
3	10	10,00%	0,1769	2,0076	0,6121	1,3786	178,40
4	25	4,00%	0,1769	2,0076	0,6121	1,9900	228,84
5	50	2,00%	0,1769	2,0076	0,6121	2,3648	266,57
6	100	1,00%	0,1769	2,0076	0,6121	2,7633	313,55

#### 6. Analisis Distribusi Intensitas Hujan Rencana

Analisis distribusi intensitas hujan rencana dalam studi ini menggunakan metode *Alternating Block Method* (ABM). yang merupakan sebuah variasi dari rumus-rumus curah hujan jangka pendek, dengan asumsi bahwa lamanya hujan yang terjadi sama dengan waktu dari waktu konsentrasi ( $T_c$ ). Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Waktu konsentrasi dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 3.15. Berikut ini adalah perhitungan waktu konsentrasi pada Sungai Bringin.

**Tabel 5.10 Parameter Data untuk Perhitungan Waktu Konsentrasi**

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Panjang Sungai (L)	20,860	Km
2	Luas DAS (A)	30,130	Km <sup>2</sup>
3	Kemiringan Rerata (S)	0,0024	

$$t_c = \left( \frac{0,8 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385} = \left( \frac{0,8 \times 20,86^2}{1000 \times 0,0024} \right)^{0,385} = 6,7949 \text{ jam} = 7 \text{ jam}$$

Setelah mendapatkan nilai waktu konsentrasi, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan intensitas curah hujan rencana dengan metode ABM. Hasil dari perhitungan distribusi intensitas hujan rencana akan disajikan pada Tabel 5.11 sampai dengan Tabel 5.15, dan Gambar 5.7 hingga Gambar 5.11 berikut ini.

**Tabel 5.11 Distribusi Hujan Per Jam Kala Ulang 2 Tahun**

No.	Td (jam)	$\Delta_t$	$I_t$	$I_t \cdot T_d$	$\Delta_p$	$P_t$ (%)	hyetograph	
							(%)	(mm)
1	1	0~1	34,92	34,92	34,92	0,53	0,05	4,94
2	2	1~2	21,95	43,90	8,98	0,14	0,06	6,33
3	3	2~3	16,73	50,18	6,28	0,09	0,09	9,44
4	4	3~4	13,79	55,18	5,00	0,08	0,53	52,44
5	5	4~5	11,88	59,39	4,22	0,06	0,14	13,48
6	6	5~6	10,51	63,08	3,68	0,06	0,08	7,50
7	7	6~7	9,48	66,37	3,29	0,05	0,06	5,53
<b>Jumlah</b>					66,37	1,00		99,67

**Tabel 5.12 Distribusi Hujan Per Jam Kala Ulang 5 Tahun**

No.	Td (jam)	$\Delta_t$	$I_t$	$I_t \cdot T_d$	$\Delta_p$	$P_t$ (%)	hyetograph	
							(%)	(mm)
1	1	0~1	50,38	50,38	50,38	0,53	0,05	7,13
2	2	1~2	31,67	63,33	12,95	0,14	0,06	9,14
3	3	2~3	24,13	72,40	9,07	0,09	0,09	13,62
4	4	3~4	19,90	79,61	7,21	0,08	0,53	75,66
5	5	4~5	17,14	85,69	6,08	0,06	0,14	19,45
6	6	5~6	15,17	91,00	5,31	0,06	0,08	10,83
7	7	6~7	13,68	95,75	4,75	0,05	0,06	7,98
<b>Jumlah</b>					95,75	1,00		143,79

**Tabel 5.13 Distribusi Hujan Per Jam Kala Ulang 10 Tahun**

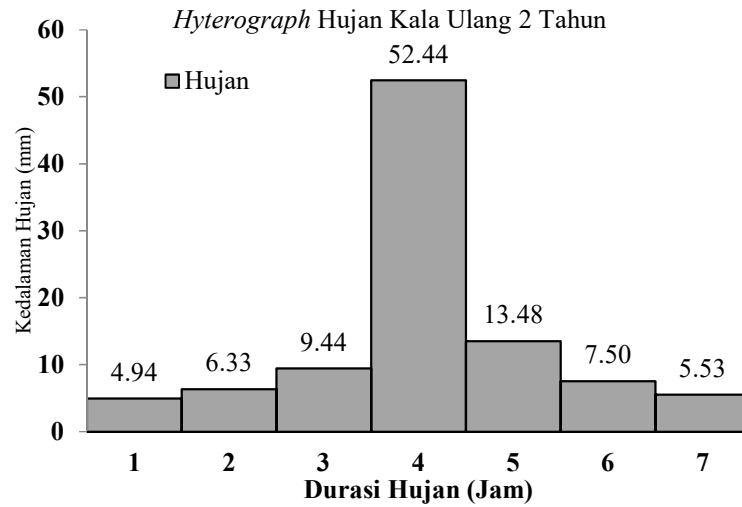
No.	Td (jam)	$\Delta_t$	$I_t$	$I_t \cdot T_d$	$\Delta_p$	$P_t$ (%)	hyetograph	
							(%)	(mm)
1	1	0~1	62,51	62,51	62,51	0,53	0,05	8,85
2	2	1~2	39,29	78,57	16,07	0,14	0,06	11,33
3	3	2~3	29,94	89,82	11,25	0,09	0,09	16,89
4	4	3~4	24,69	98,77	8,95	0,08	0,53	93,87
5	5	4~5	21,26	106,32	7,55	0,06	0,14	24,13
6	6	5~6	18,82	112,91	6,59	0,06	0,08	13,43
7	7	6~7	16,97	118,80	5,89	0,05	0,06	9,90
<b>Jumlah</b>					118,80	1,00		178,40

**Tabel 5.14 Distribusi Hujan Per Jam Kala Ulang 25 Tahun**

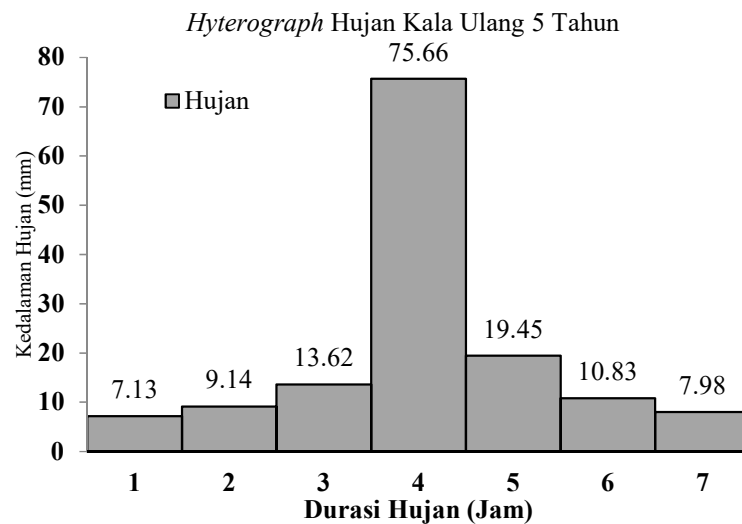
No.	Td (jam)	$\Delta_t$	$I_t$	$I_t \cdot T_d$	$\Delta_p$	$P_t$ (%)	hyetograph	
							(%)	(mm)
1	1	0~1	80,18	80,18	80,18	0,53	0,05	11,35
2	2	1~2	50,39	100,79	20,61	0,14	0,06	14,54
3	3	2~3	38,41	115,22	14,43	0,09	0,09	21,67
4	4	3~4	31,67	126,69	11,47	0,08	0,53	120,41
5	5	4~5	27,27	136,37	9,68	0,06	0,14	30,95
6	6	5~6	24,14	144,83	8,46	0,06	0,08	17,23
7	7	6~7	21,77	152,39	7,56	0,05	0,06	12,70
<b>Jumlah</b>					152,38	1,00		228,84

**Tabel 5.15 Distribusi Hujan Per Jam Kala Ulang 50 Tahun**

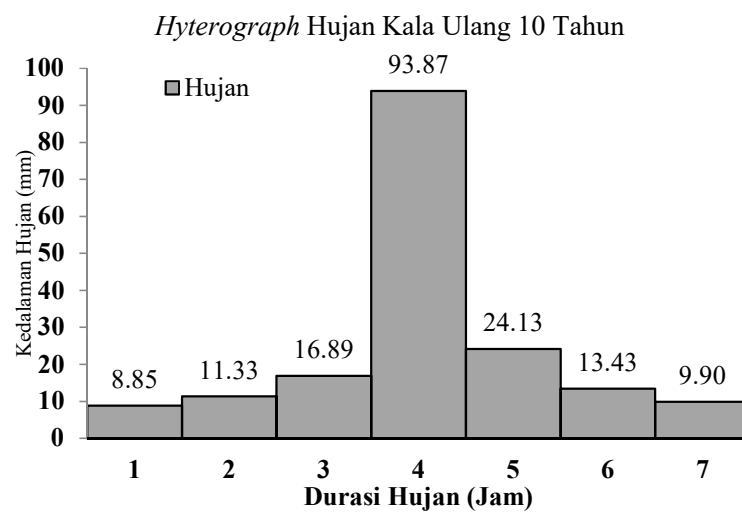
No.	Td (jam)	$\Delta_t$	$I_t$	$I_t \cdot T_d$	$\Delta_p$	$P_t$ (%)	hyetograph	
							(%)	(mm)
1	1	0~1	93,40	93,40	93,40	0,53	0,05	13,22
2	2	1~2	58,70	117,41	24,01	0,14	0,06	16,94
3	3	2~3	44,74	134,22	16,81	0,09	0,09	25,24
4	4	3~4	36,90	147,58	13,37	0,08	0,53	140,26
5	5	4~5	31,77	158,86	11,28	0,06	0,14	36,05
6	6	5~6	28,12	168,71	9,85	0,06	0,08	20,07
7	7	6~7	25,36	177,52	8,80	0,05	0,06	14,79
<b>Jumlah</b>					177,51	1,00		266,57



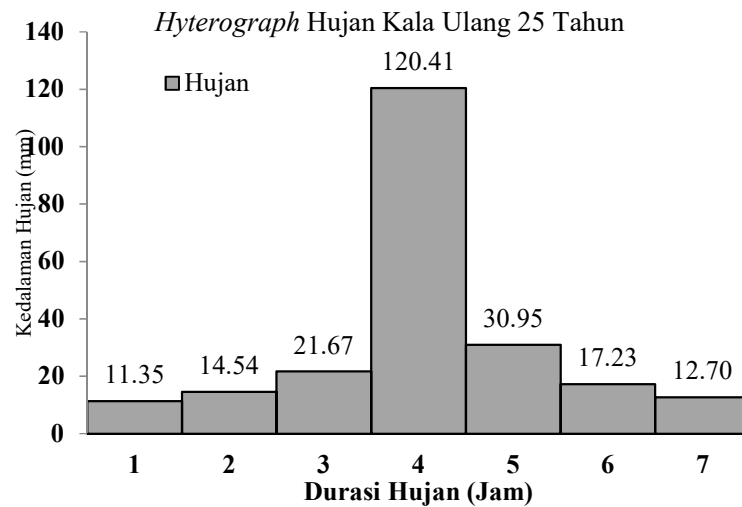
**Gambar 5.7 Hyetograph ABM Hujan Dengan Kala Ulang 2 Tahun**



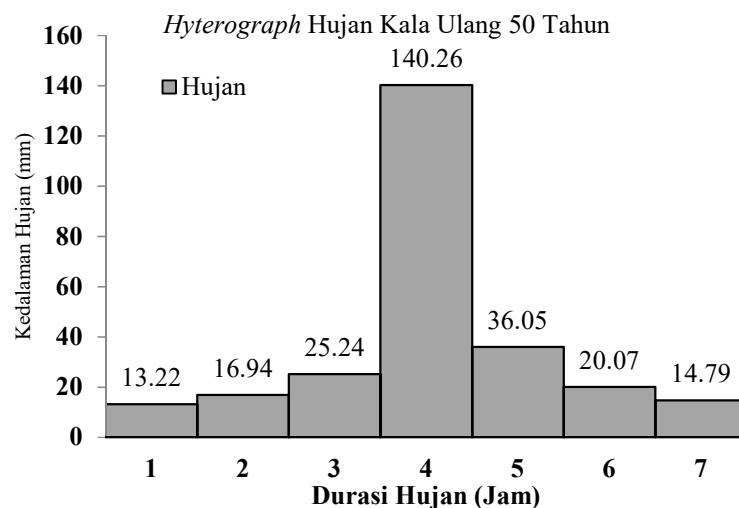
**Gambar 5.8 Hyetograph ABM Hujan Dengan Kala Ulang 5 Tahun**



**Gambar 5.9 Hyetograph ABM Hujan Dengan Kala Ulang 10 Tahun**



**Gambar 5.10 Hyetograph ABM Hujan Dengan Kala Ulang 25 Tahun**



**Gambar 5.11 Hyetograph ABM Hujan Dengan Kala Ulang 50 Tahun**

## 7. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana dilakukan dengan melihat hubungan banjir yang akan terjadi dengan distribusi hujan selama 7 (tujuh) jam. Perhitungan hidrograf banjir yang digunakan dalam studi ini adalah dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu dapat dilihat dalam tahapan berikut ini.

### a. Analisis Hidrograf Satuan Sintetik.

Perhitungan hidrograf satuan sintetik menggunakan Persamaan 3.16 sampai dengan Persamaan 3.25, dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

$$\text{Luas DAS Bringin} = 30,13 \text{ km}^2$$

Panjang Sungai Bringin = 20,86 km (lebih dari 15 km)

1) Menentukan nilai  $T_p$ ,  $T_{0,3}$  dan  $Q_p$ .

a) Waktu konsentrasi untuk panjang sungai ( $L$ ) lebih dari 15 km, maka

$$\begin{aligned} t_g &= 0,4 + 0,058.L \\ &= 0,4 + 0,058.30,13 \\ &= 1,6099 \text{ jam} \end{aligned}$$

b) Satuan waktu curah hujan (jam)

$$\begin{aligned} t_r &= 0,75 \cdot t_g \\ &= 0,75 \cdot 1,6099 \\ &= 1,2074 \text{ jam} \end{aligned}$$

c) Menghitung waktu puncak banjir ( $T_p$ )

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8 \cdot t_r \\ &= 1,6099 + 0,8 \cdot 1,2074 \\ &= 2,5758 \text{ jam} \end{aligned}$$

2) Menghitung waktu yang diperlukan oleh penurunan debit puncak sampai menjadi 30% dari debit puncak ( $T_{0,3}$ )

$$\begin{aligned} T_{0,3} &= \alpha + t_g \\ &= 1,462 + 1,6099 \\ &= 2,3533 \text{ jam} \end{aligned}$$

3) Menghitung debit puncak ( $Q_p$ ), dengan  $R_0 = 1$  mm dan  $C = 1$

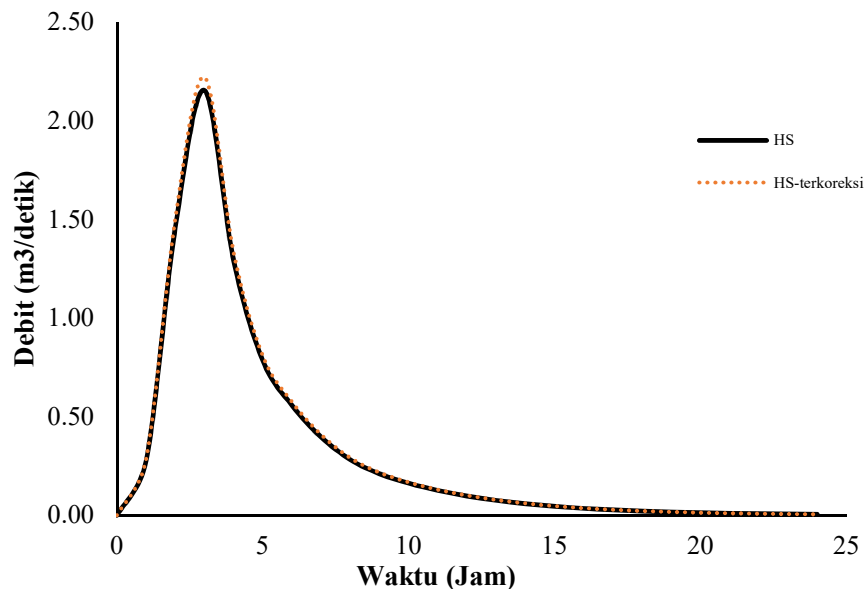
$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{CAR_0}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \\ &= \frac{1.30.12.1}{3,6(0,32,5758 + 2,3533)} \\ &= 2,6773 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

4) Menghitung limpasan naik sebelum debit puncak ( $Q_a$ ), limpasan setelah debit puncak turun sampai debit 30% dari  $Q_p$ , limpasan setelah 30% dari  $Q_p$  turun sampai dengan debit 0,3<sup>2</sup> dari  $Q_p$  ( $Q_{d2}$ ), dan limpasan setelah 0,3<sup>2</sup> dari  $Q_p$  ( $Q_{d3}$ ).

Dalam perhitungan ordinat dari hidrograf satuan sintetik Nakayasu didasarkan pada kedalaman hujan 1 mm, sehingga perlu diketahui hasilnya dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Angka Koreksi} = \frac{\sum \text{Hidrograf Satuan} \cdot 3,6}{\text{Luas DAS}} = \frac{8,12 \cdot 3,6}{30,13} = 0,97 \text{ mm}$$

Dari hasil koreksi dengan persamaan di atas, didapat bahwa hasil tidak sama dengan 1 mm, maka hasil dari perhitungan angka ordinat hidrograf satuan sintetik Nahayasu perlu dilakukan koreksi dengan cara membagi hidrograf satuan sintetik dengan angka koreksi tersebut. Hasilnya akan ditampilkan pada Gambar 5.12 dan Tabel 5.16 berikut ini.



**Gambar 5.12 Grafik Hidrograf Satuan Metode Nakayasu**

**Tabel 5.16 Tabel Perhitungan Hidrograf Nakayasu Terkoreksi**

No	Rumus	Jam	HS	HS-koreksi
1	$Q_a$	0	0,000	0,000
2	$Q_a$	1	0,276	0,285
3	$Q_a$	2	1,459	1,504
4	$Q_{d1}$	3	2,155	2,222
5	$Q_{d1}$	4	1,292	1,332
6	$Q_{d2}$	5	0,784	0,809
7	$Q_{d2}$	6	0,557	0,575
8	$Q_{d2}$	7	0,396	0,409
9	$Q_{d2}$	8	0,282	0,291
10	$Q_{d3}$	9	0,210	0,216
11	$Q_{d3}$	10	0,162	0,168
12	$Q_{d3}$	11	0,126	0,130
13	$Q_{d3}$	12	0,097	0,100
14	$Q_{d3}$	13	0,075	0,078



Lanjutan Tabel 5.16 Tabel Perhitungan Hidrograf Nakayasu Terkoreksi

No	Rumus	Jam	HS	HS-koreksi
15	$Q_{d3}$	14	0,058	0,060
16	$Q_{d3}$	15	0,045	0,047
17	$Q_{d3}$	16	0,035	0,036
18	$Q_{d3}$	17	0,027	0,028
19	$Q_{d3}$	18	0,021	0,022
20	$Q_{d3}$	19	0,016	0,017
21	$Q_{d3}$	20	0,013	0,013
22	$Q_{d3}$	21	0,010	0,010
23	$Q_{d3}$	22	0,008	0,008
24	$Q_{d3}$	23	0,006	0,006
25	$Q_{d3}$	24	0,005	0,005

8. Analisis Aliran Dasar (*Base Flow*)

Untuk memperkirakan aliran dasar (*base flow*), digunakan pendekatan dengan Persamaan 3.26 dan Persamaan 3.27 berikut ini.

$$D = \frac{L}{A} = \frac{20,86}{30,13} = 0,69/\text{km}$$

$$Q_B = 0,475 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,9435}$$

$$= 0,475 \cdot 30,13^{0,6444} \cdot 0,69^{0,9435}$$

$$= 3,14 \text{ m}^3/\text{detik}$$

## 9. Analisis Hidrograf Banjir Rencana

Hidrograf banjir rancangan didapat dengan memasukkan nilai “t” (waktu) dan hujan efektif untuk berbagai kala ulang kedalam ordinat hidrograf satuan yang telah diperoleh. Adapun contoh hasil perhitungan banjir rancangan untuk kala ulang 2 (dua) tahun dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut ini.

Tabel 5.17 Tabel Perhitungan Debit Rencana Kala Ulang 2 Tahun

Jam ke-	Hidrograf Satuan (m <sup>3</sup> /det/mm)	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	Base Flow (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Total (m <sup>3</sup> /detik)
		4,94 mm	6,33 mm	9,44 mm	52,44 mm	13,48 mm	7,50 mm	5,53 mm		
0	0,00	0,00							3,01	3,01
1	0,29	1,41	0,00						3,01	4,42
2	1,50	7,44	1,80	0,00					3,01	12,25
3	2,22	10,99	9,53	2,69	0,00				3,01	26,21
4	1,33	6,59	14,07	14,20	14,95	0,00			3,01	52,82
5	0,81	4,00	8,44	20,97	78,89	3,84	0,00		3,01	119,15
6	0,57	2,84	5,12	12,57	116,54	20,28	2,14	0,00	3,01	162,51
7	0,41	2,02	3,64	7,63	69,87	29,95	11,29	1,58	3,01	128,99
8	0,29	1,44	2,59	5,43	42,40	17,96	16,68	8,32	3,01	97,82
9	0,22	1,07	1,84	3,86	30,15	10,90	10,00	12,29	3,01	73,12
10	0,17	0,83	1,37	2,74	21,43	7,75	6,07	7,37	3,01	50,57
11	0,13	0,64	1,06	2,04	15,24	5,51	4,31	4,47	3,01	36,29
12	0,10	0,50	0,82	1,58	11,35	3,92	3,07	3,18	3,01	27,42
13	0,08	0,38	0,64	1,22	8,79	2,92	2,18	2,26	3,01	21,40
14	0,06	0,30	0,49	0,95	6,80	2,26	1,62	1,61	3,01	17,04

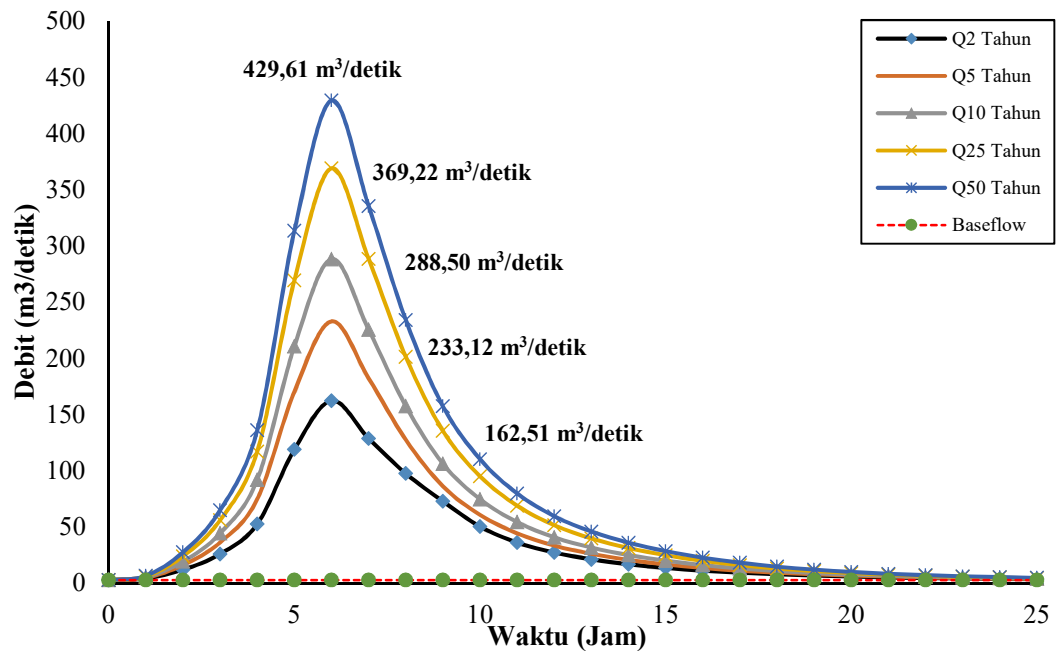
Lanjutan Tabel 5.17 Tabel Perhitungan Debit Rencana Kala Ulang 2 Tahun

Jam ke-	Hidrograf Satuan (m <sup>3</sup> /det/mm)	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	Base Flow (m <sup>3</sup> /detik)	Debit Total (m <sup>3</sup> /detik)
		4,94 mm	6,33 mm	9,44 mm	52,44 mm	13,48 mm	7,50 mm	5,53 mm		
15	0,05	0,23	0,38	0,73	5,27	1,75	1,26	1,20	3,01	13,83
16	0,04	0,18	0,30	0,57	4,08	1,35	0,97	0,93	3,01	11,39
17	0,03	0,14	0,23	0,44	3,16	1,05	0,75	0,72	3,01	9,50
18	0,02	0,11	0,18	0,34	2,45	0,81	0,58	0,56	3,01	8,03
19	0,02	0,08	0,14	0,26	1,89	0,63	0,45	0,43	3,01	6,90
20	0,01	0,06	0,11	0,20	1,47	0,49	0,35	0,33	3,01	6,02
21	0,01	0,05	0,08	0,16	1,14	0,38	0,27	0,26	3,01	5,34
22	0,01	0,04	0,06	0,12	0,88	0,29	0,21	0,20	3,01	4,82
23	0,01	0,03	0,05	0,09	0,68	0,23	0,16	0,15	3,01	4,41
24	0,00	0,02	0,04	0,07	0,53	0,17	0,13	0,12	3,01	4,10
25			0,03	0,06	0,41	0,14	0,10	0,09	3,01	3,83
26				0,04	0,32	0,10	0,08	0,07	3,01	3,63
27					0,24	0,08	0,06	0,06	3,01	3,45
28						0,06	0,05	0,04	3,01	3,16
							0,00	0,03	3,01	3,05

Selanjutnya, dengan metode yang sama dalam perhitungan debit rencana kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun, rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rencana

No	Waktu	Baseflow	Q2 Tahun	Q5 Tahun	Q10 Tahun	Q25 Tahun	Q50 Tahun	Q100Tahun
1	0	3,014	3,014	3,014	3,014	3,014	3,014	3,014
2	1	3,014	4,423	5,046	5,536	6,249	6,782	7,446
3	2	3,014	12,255	16,346	19,555	24,232	27,731	32,086
4	3	3,014	26,215	36,487	44,543	56,285	65,069	76,004
5	4	3,014	52,816	74,866	92,159	117,362	136,218	159,691
6	5	3,014	119,151	170,571	210,899	269,672	313,644	368,382
7	6	3,014	<b>162,507</b>	<b>233,122</b>	<b>288,505</b>	<b>369,219</b>	<b>429,606</b>	<b>504,778</b>
8	7	3,014	128,994	182,498	225,696	288,653	335,755	394,389
9	8	3,014	97,819	127,789	157,820	201,587	234,332	275,094
10	9	3,014	73,115	86,418	106,492	135,747	157,635	184,881
11	10	3,014	50,574	60,998	74,954	95,293	110,510	129,452
12	11	3,014	36,292	44,575	54,578	69,156	80,063	93,640
13	12	3,014	27,424	33,644	41,016	51,760	59,798	69,804
14	13	3,014	21,402	26,282	31,882	40,044	46,151	53,752
15	14	3,014	17,044	20,937	25,251	31,537	36,241	42,096
16	15	3,014	13,829	16,891	20,232	25,099	28,741	33,275
17	16	3,014	11,388	13,759	16,345	20,114	22,934	26,445
18	17	3,014	9,498	11,334	13,336	16,255	18,438	21,156
19	18	3,014	8,034	9,456	11,006	13,266	14,957	17,061
20	19	3,014	6,901	8,002	9,202	10,952	12,261	13,891
21	20	3,014	6,024	6,876	7,806	9,160	10,174	11,436
22	21	3,014	5,344	6,004	6,724	7,773	8,558	9,535
23	22	3,014	4,818	5,329	5,887	6,699	7,306	8,063
24	23	3,014	4,411	4,807	5,238	5,867	6,338	6,923
25	24	3,014	4,096	4,402	4,736	5,223	5,587	6,041
26	25	3,014	3,834	4,063	4,315	4,683	4,959	5,301
27	26	3,014	3,626	3,793	3,981	4,254	4,459	4,713
28	27	3,014	3,453	3,568	3,701	3,896	4,041	4,222
29	28	3,014	3,165	3,170	3,207	3,262	3,303	3,354



**Gambar 5.13 Grafik Hidrograf Satuan Metode Nakayasu**

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Perhitungan Debit Rencana Maksimum**

Kala Ulang	Debit (m <sup>3</sup> /detik)
2	162,51
5	233,12
10	288,50
25	369,22
50	429,61

Hasil analisis hidrologi terhadap DAS Sungai Bringin dengan metode Nakayasu menghasilkan debit puncak cukup besar pada kala ulang 50 tahun sebesar 429,606 m<sup>3</sup>/detik, dan selanjutnya berdasarkan Peraturan Pemerintah No 38 Tahun 2011 Pasal 42 menyebutkan bahwa, dalam kegiatan identifikasi pemodelan banjir dianjurkan berdasarkan debit kala ulang 50 tahun.

#### 5.1.1.2. Sungai Bringin Pada Kondisi Eksisting

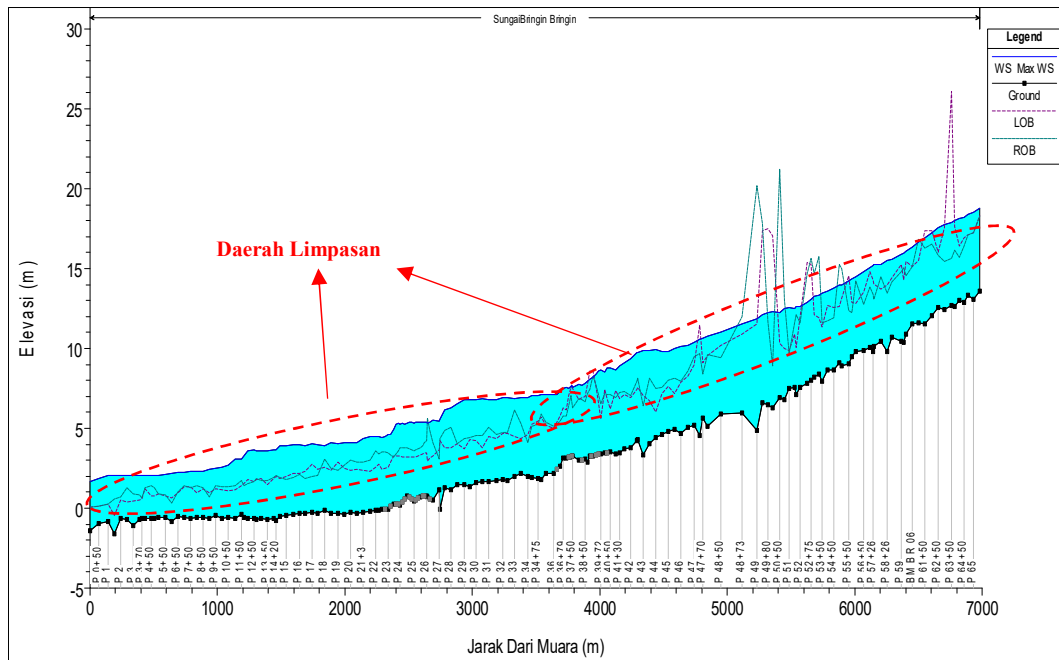
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, simulasi pemodelan dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Simulasi dilakukan berdasarkan data topografi yang diperoleh. Dari panjang total sungai ±20,88, pemodelan hanya dilakukan ±6,5 km dari muara sungai. Secara karakteristik wilayah sungai, wilayah yang dimodelkan adalah wilayah hilir dan wilayah transisi, karena berdasarkan informasi yang didapat pada kawasan tersebut seringkali terjadi banjir akibat limpasan debit Sungai Bringin.

Pada penelitian ini dilakukan tiga bentuk simulasi. Setelah dilakukan proses simulasi aliran *unsteady*, maka hasil dari analisis hidraulika pada dengan menggunakan HEC-RAS dapat disajikan dalam beberapa bentuk tampilan, seperti penampang melintang, penampang memanjang, kecepatan aliran hingga peta genangan akibat luapan Sungai Bringin. Berikut merupakan hasil dari analisis hidraulika Sungai Bringin, pada kondisi eksisting dan pasca dilakukan kegiatan pengurangan risiko luapan banjir.

Penampang memanjang hasil dari simulasi dengan menggunakan *software* HEC-RAS berupa sketsa penampang melintang sungai dengan profil elevasi keadaan muka air banjir. Bilamana ketinggian muka air banjir lebih tinggi dari tanggul baik sisi kanan maupun sisi kiri sungai, maka pada daerah tersebut terjadi limpasan setinggi elevasi yang ditampilkan.

#### 1. Penampang Memanjang Sungai

Berikut ini Gambar 5.14 menunjukkan bahwa terjadi limpasan hampir disepanjang alur Sungai Bringin. Hal itu ditunjukkan dengan garis tinggi muka air banjir (MAB) dengan debit sebesar  $429,606 \text{ m}^3/\text{detik}$  melebihi tinggi dari tebing tertinggi sisi kanan maupun kiri disetiap alur sungai. Limpasan terjadi mulai dari Sta. P54+85 hingga Sta. P0, atau tepatnya muara sungai. Dengan demikian limpasan yang terjadi hingga  $\pm 5,485$  kilometer dari muara, yang secara administratif terletak di Kelurahan Mangkang Wetan, Semarang Barat. Limpasan yang terjadi disepanjang alur tersebut berkisar antara 1,65 meter hingga 3,45 meter.



**Gambar 5.14 Profil Memanjang Sungai Bringin Pada Kondisi Eksisting**

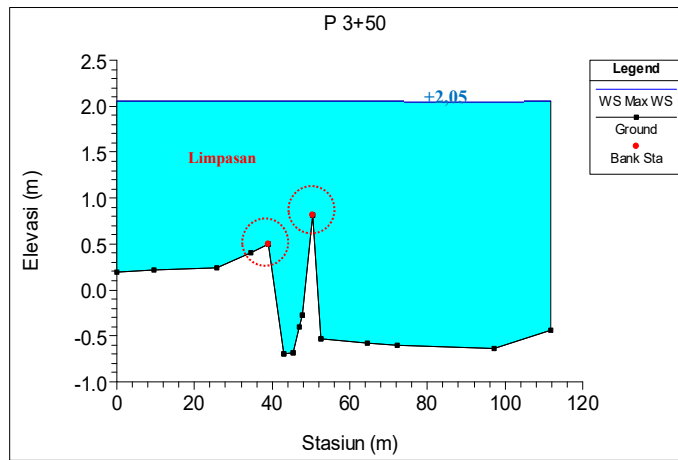
## 2. Penampang Melintang Sungai

Dari tampilan melintang sungai Untuk lebih detail dalam melihat tinggi limpasan banjir, maka perlu ditampilkan dalam profil melintang sungai. Pada Gambar 5.15 dapat dilakukan pengamatan elevasi MAB kala ulang 50 tahun. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa kapasitas tampungan di kawasan hilir dan kawasan transisi pada kondisi eksisting sungai tidak mampu menampung besarnya debit banjir rencana.

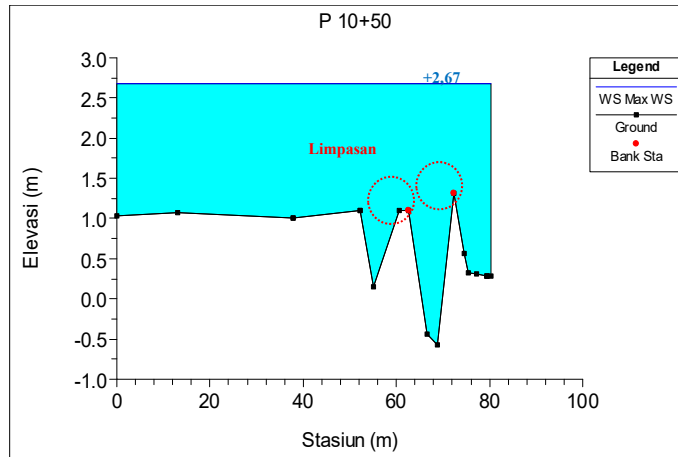
Oleh karenanya perlu dilakukan suatu kegiatan perencanaan sebagai upaya dalam rangkaian mitigasi bencana banjir disekitar wilayah limpasan Sungai Bringin. Hasil rekapitulasi tinggi MAB dan tinggi limpasan pada setiap stasiun penampang melintang sungai akan disajikan pada Lampiran 1.

## 3. Kecepatan Aliran di Alur Sungai

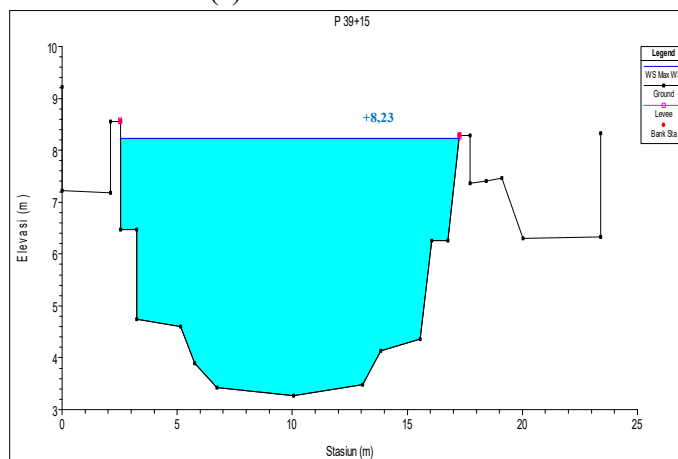
Garis biru pada Gambar 5.16 tersebut menunjukkan kecepatan aliran, sedangkan garis hijau dan hitam menunjukkan tebing kanan dan kiri sungai. dari gambar tersebut. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kecepatan aliran secara drastis pada bagian hilir sungai yang disebabkan oleh kontur didaerah tersebut tergolong relatif landai serta adanya pengaruh pasang surut air laut.



Stasiun P3+50

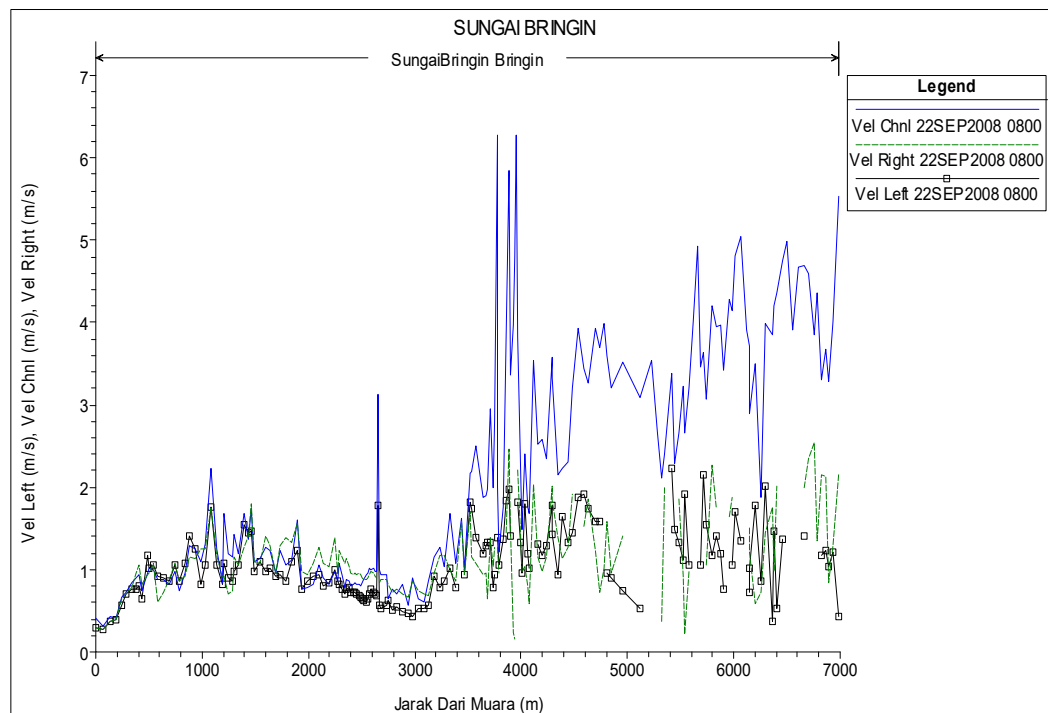


(a) Stasiun P10+50



(b) Stasiun P38+15 (Jembatan Pantura)

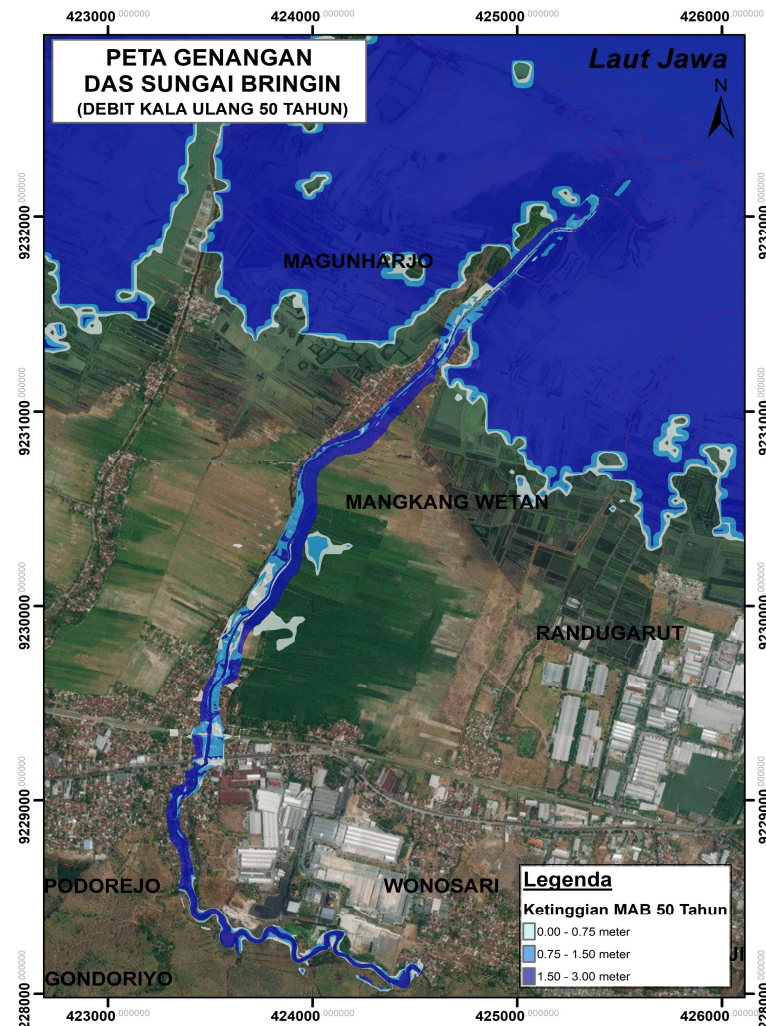
**Gambar 5.15 Profil Melintang Sungai Bringin Keadaan Eksisting**



**Gambar 5.16 Grafik Kecepatan Aliran Pada Kondisi Eksisting**

#### 4. Peta Genangan Banjir DAS Bringin Kondisi Eksisting

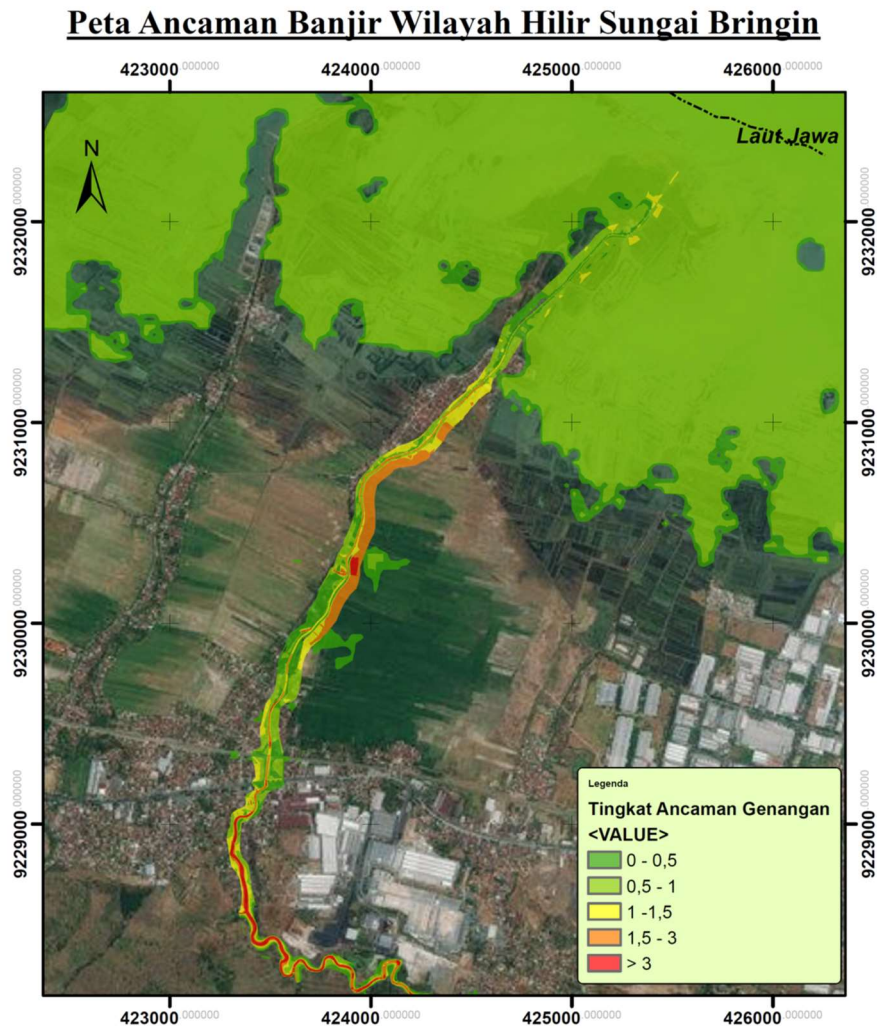
Dengan fitur RAS Mapper pada program HEC-RAS 5.0.3, hasil analisis hidraulika secara 2D dapat langsung ditampilkan dan gambaran daerah yang tergenang banjir akibat luapan sungai. Berfungsi layaknya sistem informasi geografis, hasil analisis genangan juga dapat digabungkan dengan peta dasar dari berbagai sumber *web imagery* seperti *Google Maps*, sehingga dapat mempermudah mengetahui batas-batas administratif daerah terdampak. Untuk mempermudah dalam penyajian informasi peta genangan banjir, maka hasil dari analisis dengan program HEC-RAS diolah kembali dengan program Arc GIS. Hasil peta genangan banjir Sungai Bringin kala ulang 50 tahun pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut ini.



**Gambar 5.17 Peta Genangan Banjir Kala Ulang 50 Tahun Berdasarkan Ketinggian**

Pada peta hasil analisis sebaran genangan banjir akibat limpasan debit Sungai Bringin ini, selanjutnya dijadikan dasar untuk membuat peta ancaman banjir yang didasarkan pada tingkat kedalaman genangan banjir. Tingkat indeks ancaman bencana didasarkan pada Perka BNPB nomor 2 tahun 2012, yaitu dengan membagi tingkatan indeks ancaman bencana banjir menjadi tiga kelas, rendah dengan ketinggian genangan kurang dari 1 meter, sedang dengan ketinggian genangan antara 1 sampai 3 meter, dan tinggi dengan ketinggian genangan lebih dari 3 meter. Adapun hasil dari pembuatan peta ancaman bencana banjir pada wilayah hilir Sungai Bringin dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut ini.

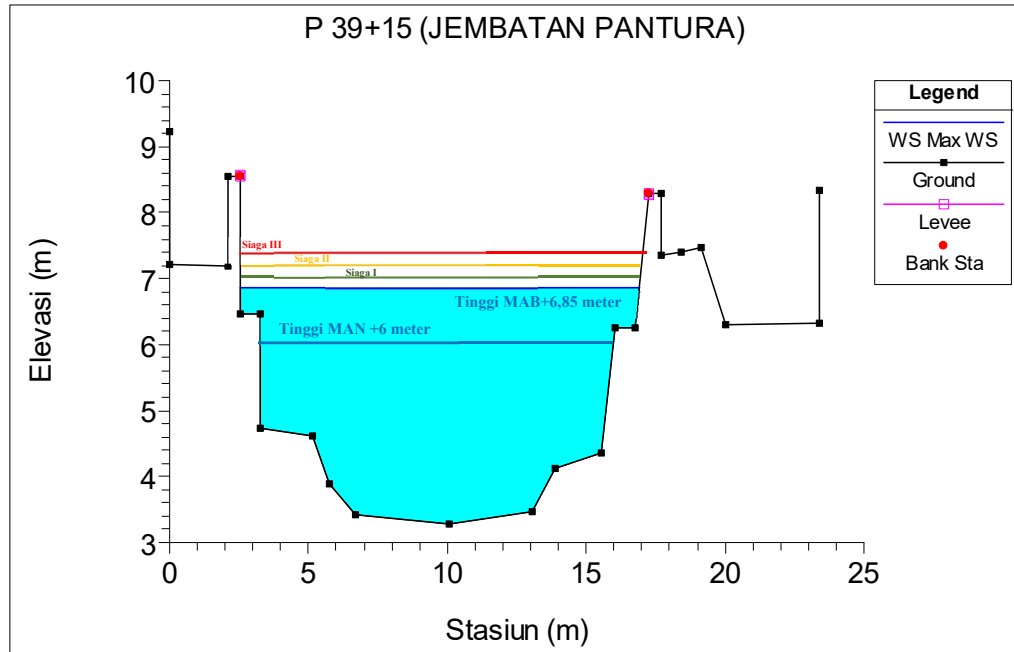




**Gambar 5.18 Peta Ancaman Bencana Banjir di wilayah Hilir Sungai Bringin**

Gambar 5.18 menunjukkan bahwa sebagian besar dari wilayah hilir Sungai Bringin masuk dalam kategori rendah dan sedang. Peta tersebut juga dapat dijadikan dasar sebagai upaya dalam pencegahan, atau kegiatan pra bencana banjir di wilayah hilir Sungai Bringin dengan memberikan peringatan dini, karena kawasan tersebut termasuk dalam kategori Kawasan Rawan Banjir (KRB). Peringatan dini dapat dilakukan dengan memasang alat pencatat tinggi muka air banjir di hulu KRB. Pemasangan dapat dilakukan tempat atau bangunan yang mudah untuk diamati perubahan ketinggian muka air sungai. Pengamatan tinggi muka air pada studi ini dilakukan di jembatan Pantura. Apabila banjir datang maka pengukuran dan pencatatan ketinggian air pada papan duga. Apabila berdasarkan hasil pengukuran dan pencatatan diperkirakan akan datang debit banjir dan elevasi

terus naik maka status ditingkatkan menjadi siaga banjir. Untuk skenario tinggi muka air di jembatan dapat dilihat pada Gambar 5.19 berikut ini.

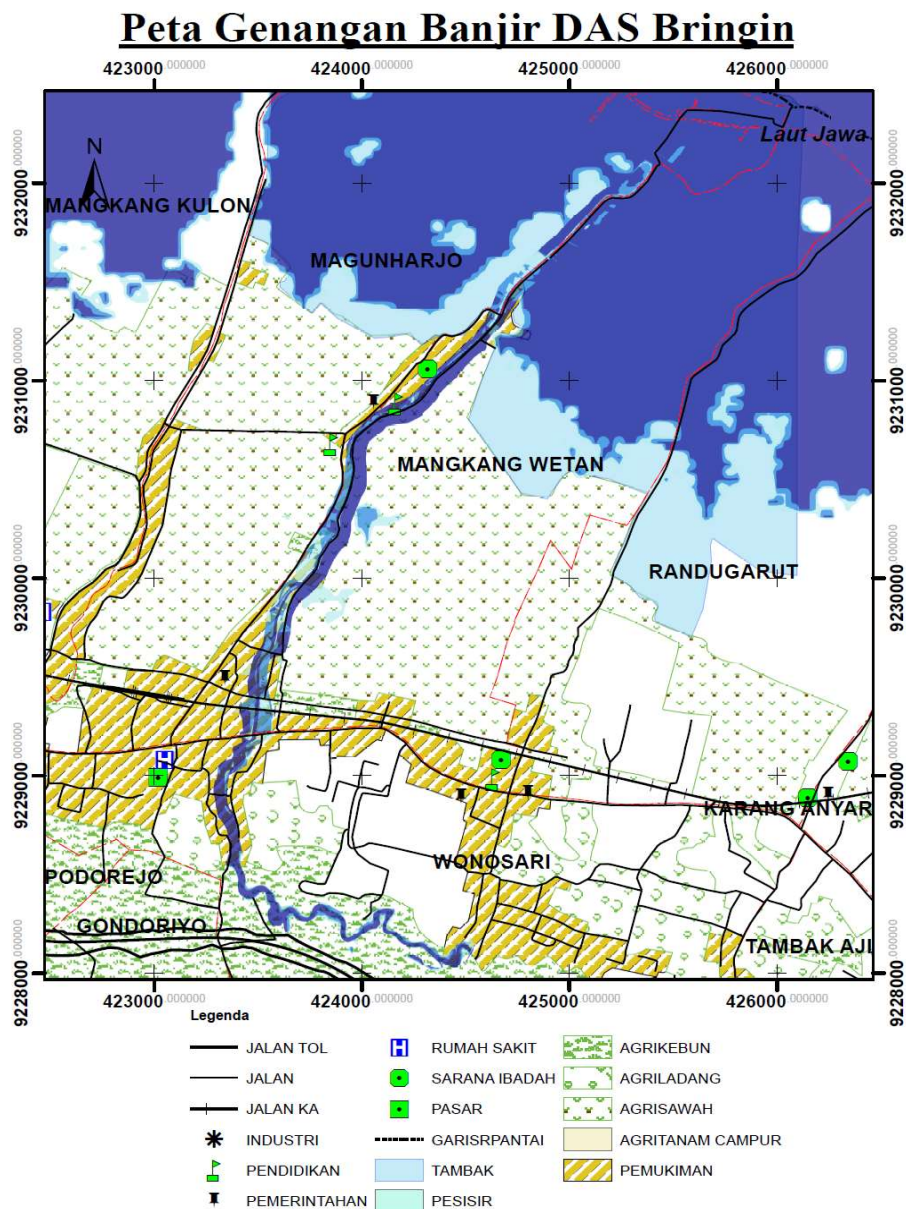


**Gambar 5.19 Skenario Pencatatan Tinggi Muka Air Di Jembatan Pantura**

**Tabel 5.20 Status Siaga Banjir Sungai Bringin**

No	Status Siaga Banjir Elevasi Jembatan Pantura (m)	Tindakan
1	7.10	Peringatan banjir di wilayah hilir jembatan Pantura, petugas banjir disiagakan, memeriksa dan mengawasi sistem informasi dan komunikasi yang diperlukan
2	7.35	Petugas banjir memerintahkan atau memberikan peringatan bahaya banjir pada penduduk dihilir jembatan Pantura 30 menit sebelum banjir datang.
3	7.55	Dalam keadaan kritis, petugas banjir bersama-sama komandan banjir (Gubernur atau Bupati) mengambil langkah-langkah pengamanan sosial, komunikasi logistik kesegala tingkat daerah yang terkena dampak banjir, dan mengevakuasi korban ke tempat yang lebih aman.

Selanjutnya dilakukan pemodelan genangan akibat luapan Sungai Bringin, dengan peta dasar tataguna lahan. Dari pemodelan genangan dengan metode ini, genangan dibagi menjadi 3 (tiga) kategori berdasarkan ketinggian genangan, yaitu kurang dari 0,75 meter, rentang antara 0,75 meter hingga 1,50 meter, dan lebih dari 1,50 meter. Total genangan banjir seluas 422,164 hektar, dengan sebaran perwilayah yang akan ditampilkan pada berikut ini.



**Gambar 5.20 Peta Genangan Banjir Kala Ulang 50 Tahun dengan Tataguna Lahan DAS Bringin**

**Tabel 5.21 Luas Genangan Banjir Perwilayah Kondisis Eksisting**

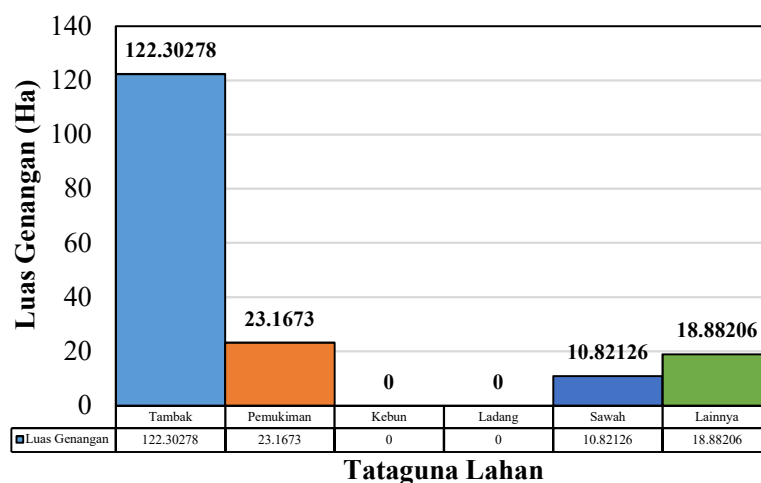
No	Kelurahan	Luas Genangan Banjir (Ha)
1	Wonosari	14,1431
2	Mangunharjo	232,8475
3	Mangkang Wetan	175,1734
	<b>Total</b>	422,164

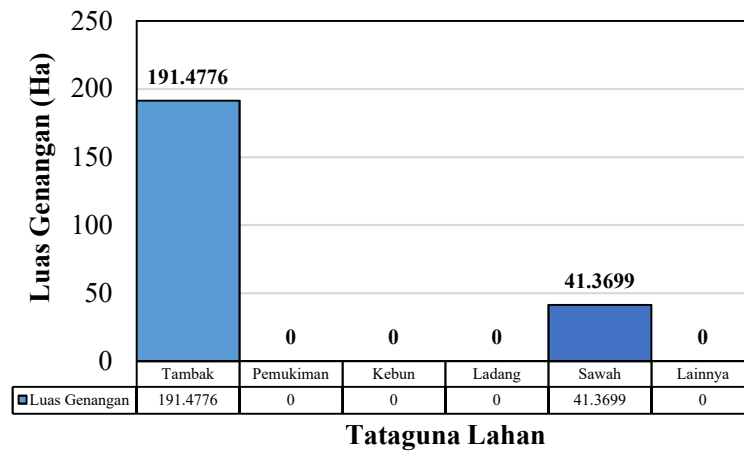
Peta genangan menunjukkan terdapat tiga kelurahan yang tergenang oleh luapan banjir dari Sungai Bringin. Ketiga kelurahan tersebut adalah Kelurahan Wonosari, Kelurahan Mangkang Wetan, dan Kelurahan Mangunharjo. Kecamatan Mangunharjo dan Kelurahan Mangkang Wetan terlihat lebih besar karena kedua kelurahan tersebut berbatasan langsung dengan pesisir pantai Laut Jawa, sehingga pengaruh adanya banjir akibat pasang surut air laut sangat berpengaruh di daerah tersebut. Pada Gambar 5.20 merupakan hasil *overlay* dari hasil analisis genangan banjir dengan batas administrasi dan tataguna lahan, sehingga dapat diketahui lahan yang terdampak langsung dari genangan akibat limpasan Sungai Bringin.

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa, apabila terjadi genangan maka ketiga kelurahan tersebut, dampaknya akan menimbulkan terhambatnya aktivitas warga, aktivitas perekonomian, aktivitas pendidikan, aktivitas bercocok tanam, hingga aktivitas transportasi darat terganggu. Hal ini dikarenakan daerah tersebut merupakan kawasan padat pemukiman, serta dilintasi jalur transportasi darat antar provinsi, Jalur Pantai Utara dan jalur kereta api. Adapun luas genangan berdasarkan tataguna lahan pada daerah genangan yang dilintasi oleh Sungai Bringin adalah sebagai berikut ini.

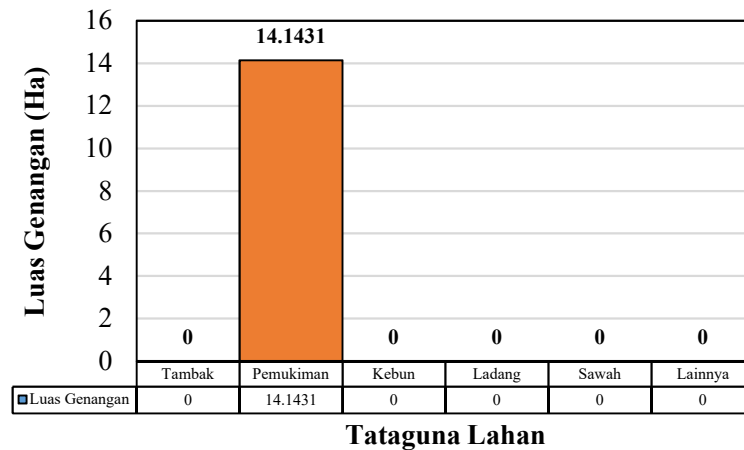
**Tabel 5.22 Luas Genangan Banjir Berdasarkan Tataguna Lahan**

<b>Kelurahan Mangkang Wetan</b>		
No.	Penggunaan Lahan	Luas Tergenang (Ha)
1	Tambak	122.30278
2	Pemukiman	23.1673
3	Kebun	-
4	Ladang	-
5	Sawah	10.82126
6	Lainnya	18.88206
<b>Kelurahan Mangunharjo</b>		
No.	Penggunaan Lahan	Luas Tergenang (Ha)
1	Tambak	191.4776
2	Pemukiman	-
3	Kebun	-
4	Ladang	-
5	Sawah	41.3699
6	Lainnya	-
<b>Kelurahan Wonosari</b>		
No.	Penggunaan Lahan	Luas Tergenang (Ha)
1	Tambak	-
2	Pemukiman	14,1431
3	Kebun	-
4	Ladang	-
5	Sawah	-
6	Lainnya	-

**Gambar 5.21 Grafik Luas Genangan Kelurahan Mangkang Wetan Berdasarkan Tataguna Lahan**



**Gambar 5.22 Grafik Luas Genangan Kelurahan Mangunharjo Berdasarkan Tataguna Lahan**



**Gambar 5.23 Grafik Luas Genangan Kelurahan Wonosari Berdasarkan Tataguna Lahan**

## 5.2. Analisis Penyebab Terjadinya Banjir DAS Bringin

Permasalahan banjir yang terjadi di hilir DAS Sungai Bringin dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

### 1. Faktor Kondisi Alam

- a. Kondisi dihilir, elevasi puncak tanggul lebih tinggi dari pemukiman warga dan lahan sawah. Sehingga apabila terjadi limpasan, maka akan berdampak langsung pada daerah tersebut.



**Gambar 5.24 Kondisi Penampang Melintang Sungai Bringin di Ruas Hilir**

- b. Terjadi pendangkalan akibat sedimentasi serta berubahnya tataguna lahan disekitar aliran Sungai Bringin.
  - c. Kondisi topografi yang cenderung memiliki kemiringan yang relatif sangat kecil, sehingga kecepatan aliran yang terjadi dihilir sungai mengalami penurunan. Ditambah terdapat pengaruh dari pasang surut air laut, sehingga menghambat lajunya debit banjir menuju ke muara sungai.
2. Faktor Manusia
- a. Belum adanya pola budaya dan pengembangan daerah sempadan Sungai Bringin. Ditemukan masih terdapat penyimpangan yang terjadi di sempadan Sungai Bringin. Lahan disekitar sungai dialih fungsikan menjadi area pemukiman dan perkebunan..
  - b. Kurangnya kesadaran masyarakat untuk membuang sampah ke tempat pembuangan sampah, sehingga menyebabkan badan sungai banyak dipenuhi oleh sampah.



**Gambar 5.25 Terdapat Sampah Rumah Tangga Pada Badan Sungai Bringin**

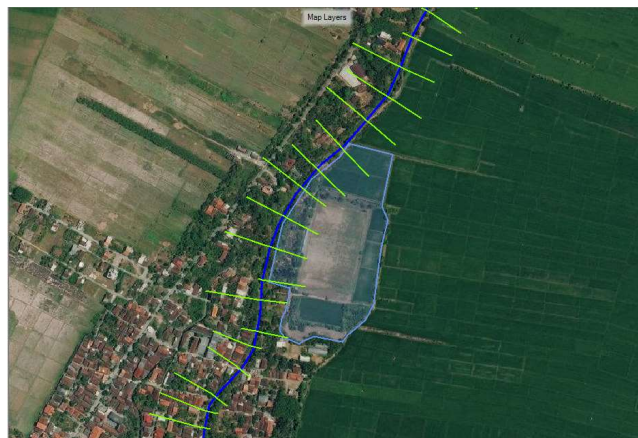
### 5.3. Strategi Pengurangan Risiko Banjir DAS Bringin

Upaya pengurangan risiko bencana banjir pada DAS Sungai Bringin dilakukan dengan metode struktural, yaitu dengan metode struktural dan metode non struktural.

#### 5.3.1. Metode Struktural

##### 1. Penambahan Embung di Hilir Sungai Bringin

Upaya pengurangan risiko bencana banjir dengan menggunakan kolam retensi memerlukan area yang cukup luas untuk menampung sementara debit yang mengalir sehingga mengurangi beban dari sungai tersebut. Lokasi kolam retensi menjadi pertimbangan mengingat terbatasnya ketersediaan lahan disekitar DAS Sungai Bringin yang merupakan padat pemukiman. Kolam retensi direncanakan dengan memanfaatkan lahan yang berada di ruas bagian hilir. Percobaan dilakukan dengan menggunakan sebuah kolam retensi dengan pelimpah samping pada sisi kanan sungai.



**Gambar 5.26 Perencanaan Kolam Retensi di Hilir Sungai Bringin**

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan program *Google Earth*, lahan yang digunakan seluas 3,25 hektar. Adapun skema dan data teknis rencana kolam retensi pada simulasi ini akan ditampilkan pada Gambar 5.26 dan Tabel 5.23 berikut ini.

**Tabel 5.23 Data Teknis Rencana Kolam Retensi**

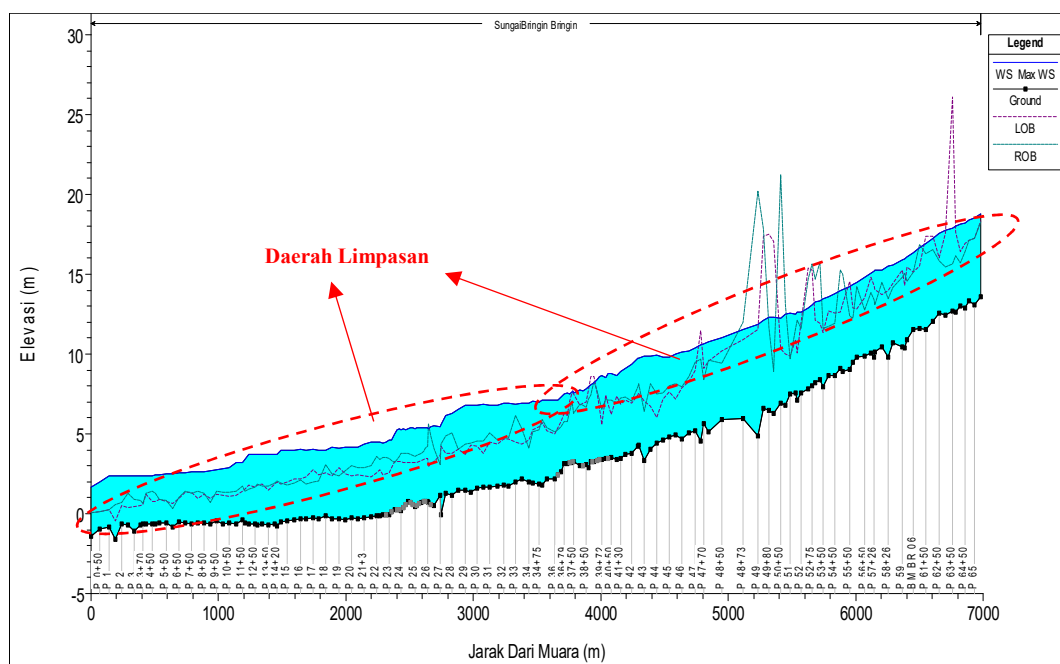
Elevasi minimum kolam (m)	Lokasi Pelimpah Samping	Lebar Pelimpah Samping
2	Stasiun P 34	26 meter



Adapun hasil dari analisis hidraulika pada kondisi setelah penambahan kolam retensi di hilir Sungai Bringin dapat dilihat pada uraian berikut ini.

a. Penampang Memanjang Sungai

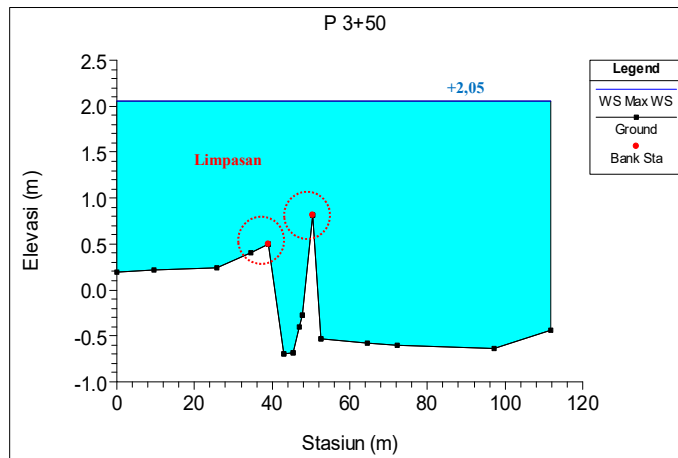
Pada Gambar 5.27 menunjukkan bahwa terjadi limpasan masih terjadi hampir disepanjang alur Sungai Bringin yang dimodelkan, mulai dari Sta. P54+85 hingga Sta. P0, atau tepatnya muara sungai. Dengan demikian limpasan yang terjadi hingga  $\pm 5,485$  kilometer dari muara, yang secara administratif terletak di Kelurahan Mangkang Wetan, Semarang Barat.



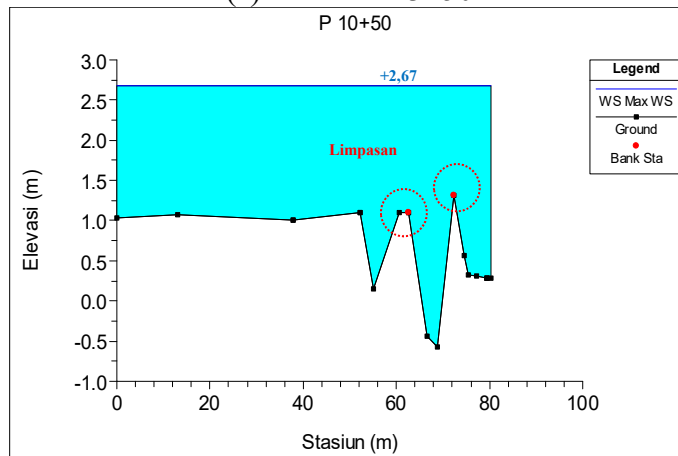
**Gambar 5.27 Profil Memanjang Sungai Bringin Pada Kondisi Penambahan Kolam Retensi**

b. Penampang Melintang Sungai

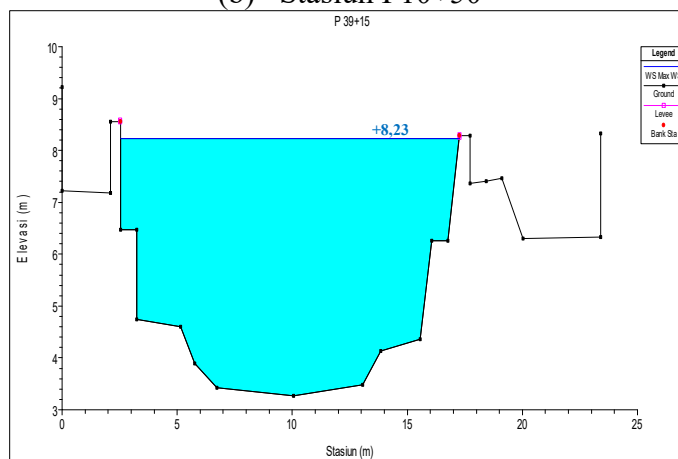
Cara paling efektif dalam mengetahui kinerja kolam retensi sebagai upaya pengurangan risiko banjir adalah dengan melihat perubahan tinggi muka air di daerah yang mengalami limpasan. Pada hasil analisis kondisi eksisting, daerah limpasan dimulai dari Sta. P54+85 sampai ke muara Sungai bringin.



(a) Stasiun P3+50



(b) Stasiun P10+50



(c) Stasiun P38+15 (Jembatan Pantura)

**Gambar 5.28 Profil Melintang Sungai Bringin Kondisi dengan Kolam Retensi**

Dari Lampiran 2, menunjukkan bahwa kolam retensi belum sepenuhnya sepenuhnya efektif dalam menurunkan tinggi muka air mengingat debit yang

dialirkan cukup besar serta kapasitas tampungan kolam retensi yang minim. Penurunan terbesar hanya terjadi sebesar 44 cm.

## 2. Normalisasi Sungai Bringin

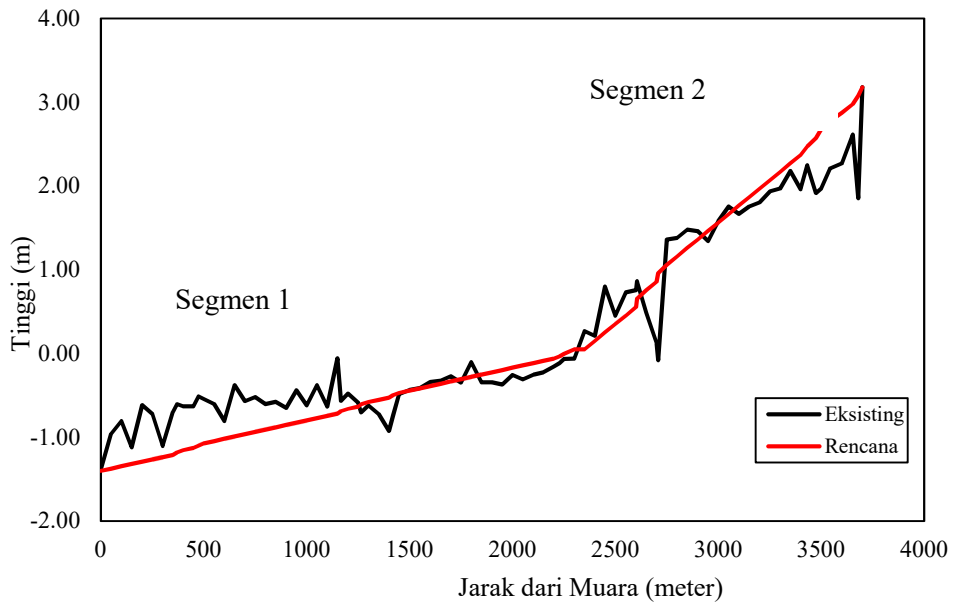
Normalisasi sungai direncanakan sepanjang  $\pm 3,4$  kilometer dari muara ke hulu sungai berdasarkan ketersediaan lahan di wilayah studi. Menurut PP Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai, untuk kedalaman sungai lebih dari 3 meter, maka batas sempadan sungai adalah 15 meter dari sisi kanan dan kiri palung sungai. Atas dasar ini, normalisasi dilakukan dengan memaksimalkan daerah sempadan sungai, mengingat debit pada kala ulang 50 tahun cukup tinggi. Dalam perencanaan penampang, dipilih penampang persegi, sebagai upaya untuk memaksimalkan kapasitas tampungan debit rencana.

Normalisasi pada di wilayah hilir Sungai Bringin dibedakan menjadi 2 (dua) segmen. Segmen pertama direncanakan dimensi saluran lebar 32 (tiga puluh dua) meter dan tinggi tanggul 4 (empat) meter dengan ruas sungai Sta. P23 sampai dengan muara yaitu Sta. P0 dengan kemiringan rerata sebesar 0,0006. Sedangkan segmen kedua direncanakan penampang dengan lebar 30 (tiga puluh) meter dan tinggi tanggul 4 (empat) meter. Segmen kedua direncanakan pada ruas Sta. P23+50 sampai dengan P37 dengan kemiringan rerata sebesar 0,0023. Adapun skema pada simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.29 berikut ini.

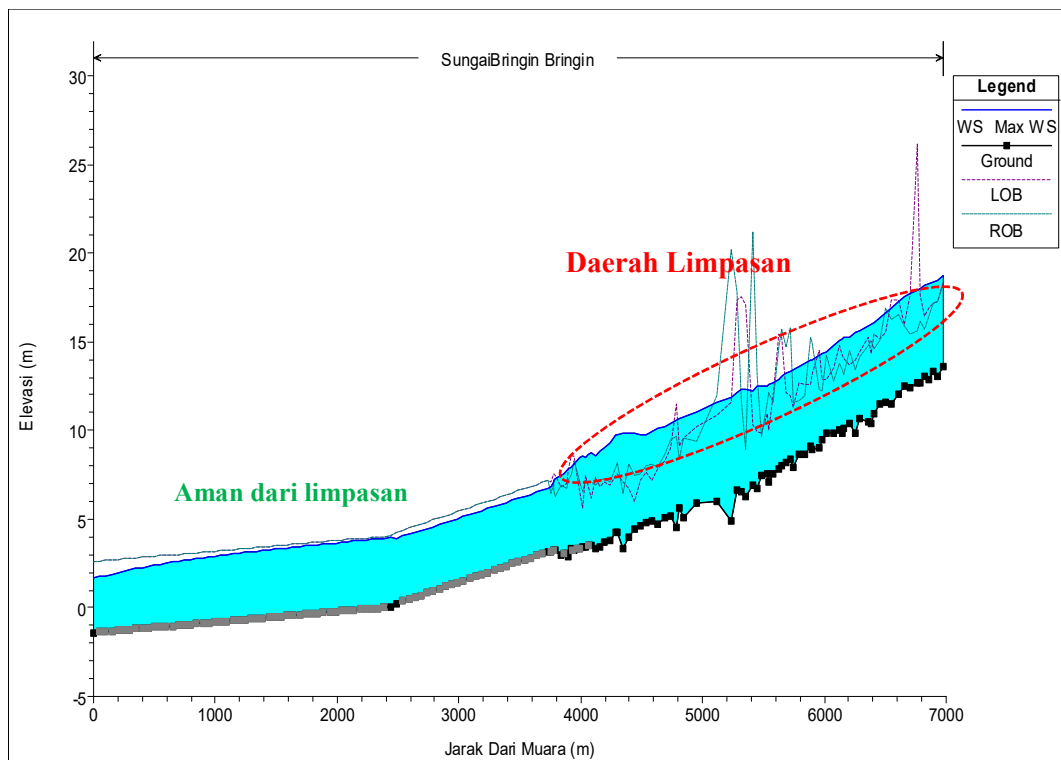
Berdasarkan hasil dari analisis pada kondisi eksisting, didapatkan hasil yang akan diuraikan sebagai berikut ini.

### a. Penampang Memanjang Sungai

Pada Gambar 5.30 menunjukkan bahwa rencana kegiatan pengendalian dengan cara peningkatan kapasitas sungai. Dengan demikian limpasan yang terjadi dari muara, yang secara administratif terletak di Kelurahan Mangkang Wetan, Semarang Barat. Terlihat limpasan tidak terjadi mulai dari Sta. 37 sampai ke muara Sungai Bringin.



**Gambar 5.29 Skema Rencana Normalisasi Sungai Bringin**

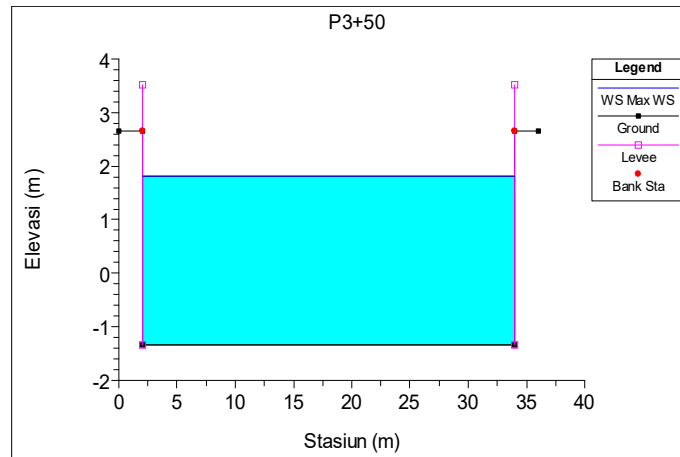


**Gambar 5.30 Profil Memanjang Sungai Bringin Pada Kondisi Normalisasi**

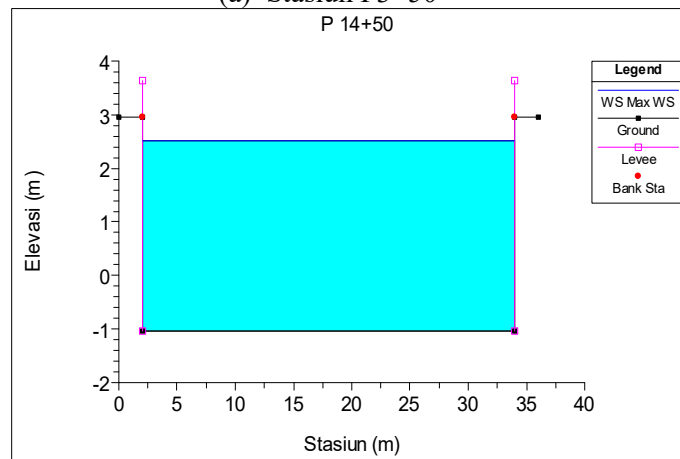
b. Penampang Melintang Sungai

Untuk lebih detail dalam melihat tinggi MAB setelah dilakukan kegiatan normalisasi, maka perlu ditampilkan dalam profil melintang sungai. Pada Gambar

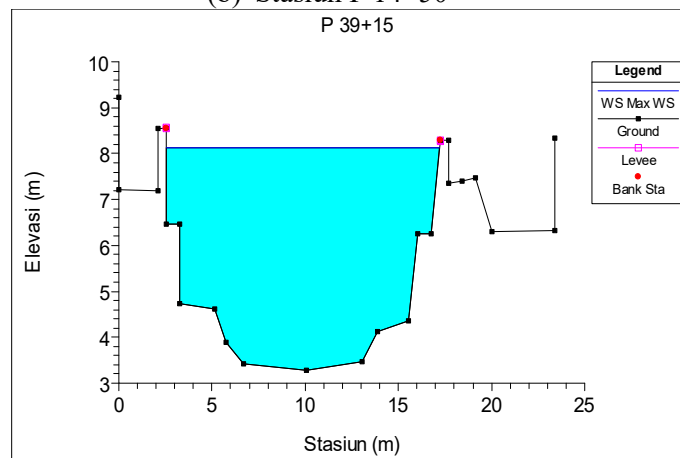
5.15 dapat dilakukan pengamatan elevasi MAB kala ulang 50 tahun. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa kapasitas tampungan rencana dapat menampung debit banjir rencana sebesar  $429.606 \text{ m}^3/\text{detik}$ .



(a) Stasiun P3+50



(b) Stasiun P 14+50



(c) Stasiun P38+82 (Jembatan Pantura)

**Gambar 5.31 Profil Melintang Sungai Bringin Keadaan Normalisasi**

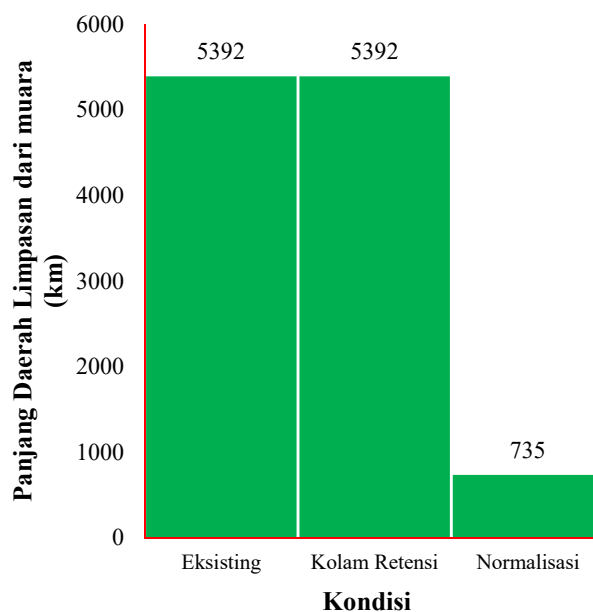
Dalam simulasi pengendalian banjir dengan cara normalisasi alur sungai, tidak dilakukan secara menyeluruh (sepanjang alur sungai). Hasil analisis dan rekapitulasi tinggi MAB rencana pada Lampiran 2, terlihat bahwa didaerah yang tidak dilakukan kegiatan normalisasi masih mengalami limpasan. Di beberapa ruas sungai tersebut sudah terdapat tanggul eksisting akan tetapi dalam simulasi dengan debit kala ulang 50 tahun ketinggian muka air banjir melebihi dari puncak elevasi dari tanggul eksisting. Oleh karena itu, perlu dilakukan peninggian tanggul sesuai dengan syarat yang disajikan pada Tabel 5.24 berikut ini.

**Tabel 5.24 Tinggi Jagaan Tanggul**

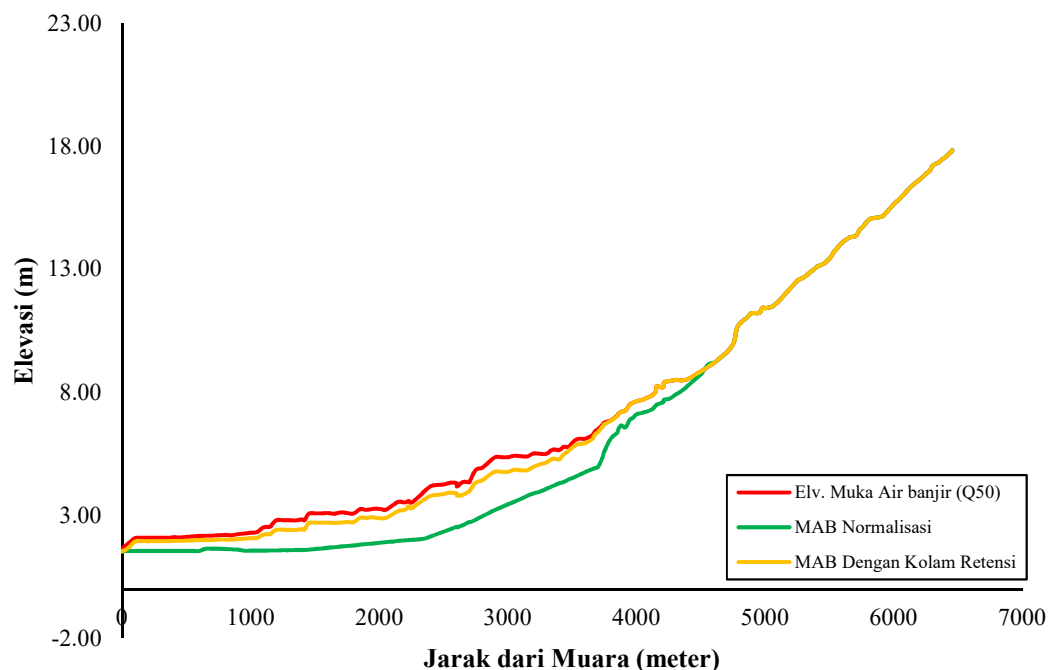
No	Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /Detik)	Tinggi Jagaan (m)
1	<200	0,6
2	200 – 500	0,8
3	500 – 2000	1,0
4	2000 – 5000	1,2
5	5000 – 10000	1,5
6	>10000	2,0

Sumber : Sosrodarsono (1994)

Untuk mempermudah perbandingan hasil analisis eksisting dan setelah dilakukannya kegiatan mitigasi di Sungai Bringin dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.32 berikut ini.



**Gambar 5.32 Perbandingan Kondisi Simulasi**

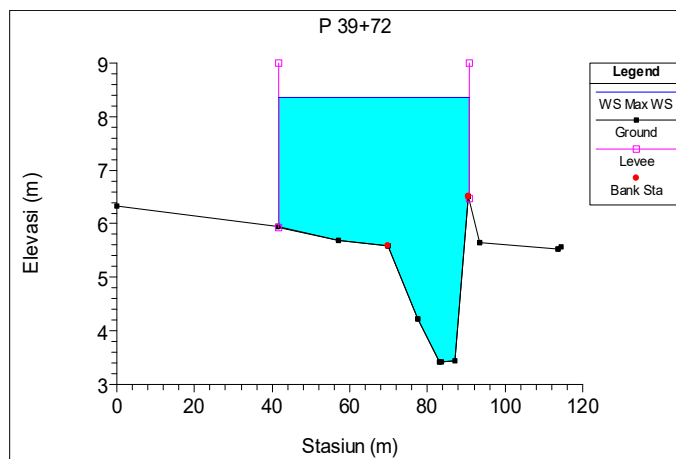


**Gambar 5.33 Perbandingan Elevasi Muka Air Hasil Simulasi.**

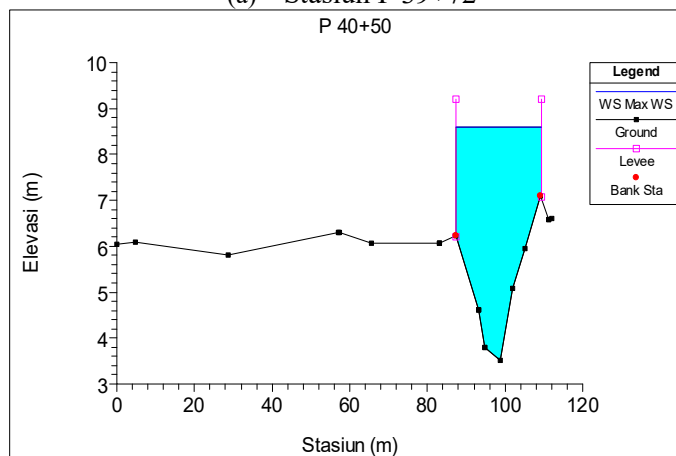
Dari Gambar 5.32 diketahui  $\pm 735$  meter masih terdapat daerah yang mengalami limpasan. Sehingga, untuk mengantisipasi limpasan dari Sungai Bringin tersebut direncanakan pembuatan tanggul dengan ketinggian berdasarkan muka air banjir dan disesuaikan dengan kondisi geografis di wilayah studi. Hasil simulasi pada daerah yang masih mengalami limpasan banjir Sungai Bringin dapat dilihat pada Gambar 5.34 berikut ini.

Dengan demikian, sesuai dengan persyaratan tinggi jagaan yang telah dicantumkan pada Dalam simulasi pengendalian banjir dengan cara normalisasi alur sungai, tidak dilakukan secara menyeluruh (sepanjang alur sungai). Hasil analisis dan rekapitulasi tinggi MAB rencana pada Lampiran 2, terlihat bahwa di daerah yang tidak dilakukan kegiatan normalisasi masih mengalami limpasan. Di beberapa ruas sungai tersebut sudah terdapat tanggul eksisting akan tetapi dalam simulasi dengan debit kala ulang 50 tahun ketinggian muka air banjir melebihi dari puncak elevasi dari tanggul eksisting. Oleh karena itu, perlu dilakukan peninggian tanggul sesuai dengan syarat yang disajikan pada Tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.24, maka dapat disimpulkan bahwa menggunakan tanggul (*levees*) dengan tinggi jagaan 0,65 meter cukup efektif dalam melindungi daerah disisi sungai yang didominasi oleh pemukiman padat penduduk dari limpasan Sungai Bringin dengan kala ulang 50 tahun.



(a) Stasiun P 39+72



(b) Stasiun P 40+50

**Gambar 5.34 Profil Melintang Sungai Bringin Dengan Tanggul**

Hasil dari simulasi dalam upaya pencegahan dampak dari limpasan banjir utamanya di daerah hilir yang dilalui Sungai Bringin menunjukkan bahwa perencanaan normalisasi alur sungai adalah upaya yang paling efektif dalam upaya untuk melindungi kawasan daerah terdampak dari limpasan debit sungai, yaitu di Kelurahan Mangkang Wetan, Kelurahan Mangunharjo dan Kelurahan Wonosari.

### 5.3.2. Metode Non Struktural

Rencana strategi mitigasi bencana banjir dilokasi penelitian juga dapat dilakukan dengan metode non struktural, yaitu dengan peran serta masyarakat dalam



mengelola lingkungan serta peran pemerintah setempat. Adapun rencana strategi tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Oleh Masyarakat

- a. Membersihkan saluran drainase secara berkala. Perbaikan dan pembersihan saluran drainase tentu harus melalui kegiatan secara gotong royong. Penjagaan ini harus dilakukan secara terus menerus dengan waktu berkala. Bukan hanya sampah rumah tangga yang terbuang dari saluran drainase, namun juga sampah seperti tumbuhan air yang mati, karena itu bisa menyumbat saluran drainase.
- b. Membuat lubang biopori. Lubang resapan biopori adalah teknologi tepat guna dan ramah lingkungan untuk mengatasi banjir dengan cara meningkatkan daerah resapan air, mengubah sampah organik menjadi kompos, serta mengurangi emisi gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$  dan metan). Memanfaatkan peran aktivitas fauna tanah dan akar tanaman, dan mengatasi penyakit yang ditimbulkan oleh genangan air, seperti penyakit dema berdarah dan malaria. Pembuatan lubang biopori akan lebih efektif bilamana tempatkan didaerah yang tepat, seperti dikawasan hulu dari DAS Bringin.
- c. Membudayakan untuk membuang sampah pada tempatnya sehingga tidak menimbulkan tumpukan sampah pada saluran drainase baik primer, sekunder maupun tersier.

2. Oleh Pemerintah Setempat

Rekomendasi untuk pemerintah setempat adalah dengan revitalisasi sempadan Sungai Bringin dilakukan untuk memenuhi ukuran lebar sempadan sungai berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2012, tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaat Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan.