



## BAB 4

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Penentuan Batas DAS

Dalam tahap menentukan batas DAS Garang dalam penelitian ini dibantu dengan data Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), aplikasi *Universal Map Downloader* dan ArcMap 10.0.

##### 4.1.1 Batas DAS Garang

Pada tahapan penentuan batas DAS Garang dilakukan menggunakan aplikasi ArcMap 10.0. Dalam tahap ini ArcMap menggunakan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) WGS 1984. Sistem koordinat UTM membagi bumi ke dalam 60 zona yang juga dibagi ke dalam dua bagian, yaitu belahan bumi utara (*northern hemisphere*) dan belahan bumi selatan (*southern hemisphere*). Pulau Jawa terletak pada belahan bagian selatan bumi, sehingga DAS Garang yang terletak di daerah Jawa Tengah termasuk ke dalam zona 49S.

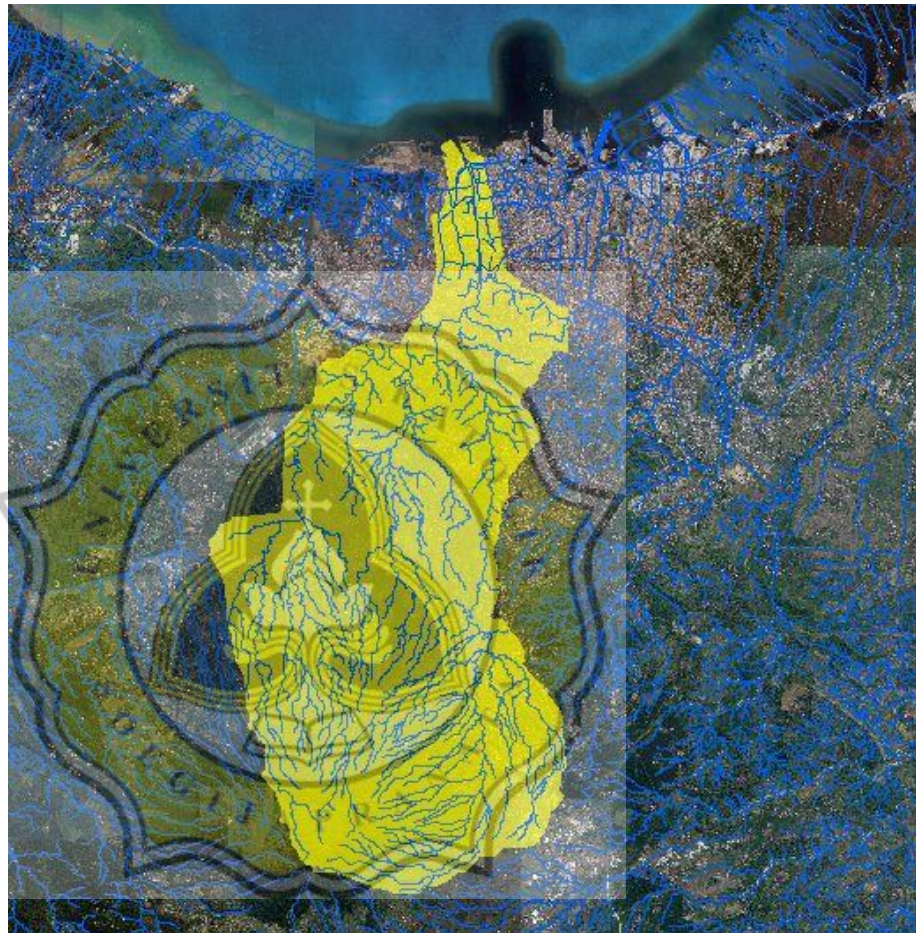
Langkah selanjutnya adalah melakukan *digitizing* yang dimulai dengan menandai seluruh alur sungai dari hulu hingga hilir dengan Tugu Suharto sebagai titik kontrol.

Untuk menentukan batas DAS Garang, terdapat beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan. Ketentuan-ketentuan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Batas DAS terletak pada punggung bukit dan memotong kontur (tidak sejajar kontur),
- b. Batas DAS dapat menggunakan alur jalan, apabila kontur tidak terlalu jelas,

c. Batas DAS tidak memotong alur sungai.

Hasil dari proses *digitizing* dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Batas DAS Garang

Pada Gambar 4.1 di atas dapat dilihat garis-garis yang berwarna biru merupakan alur sungai yang ada di DAS Garang. Sementara untuk daerah berwarna kuning merupakan gambar wilayah DAS Garang dengan luas wilayah DAS Garang adalah 211,16 km<sup>2</sup>.

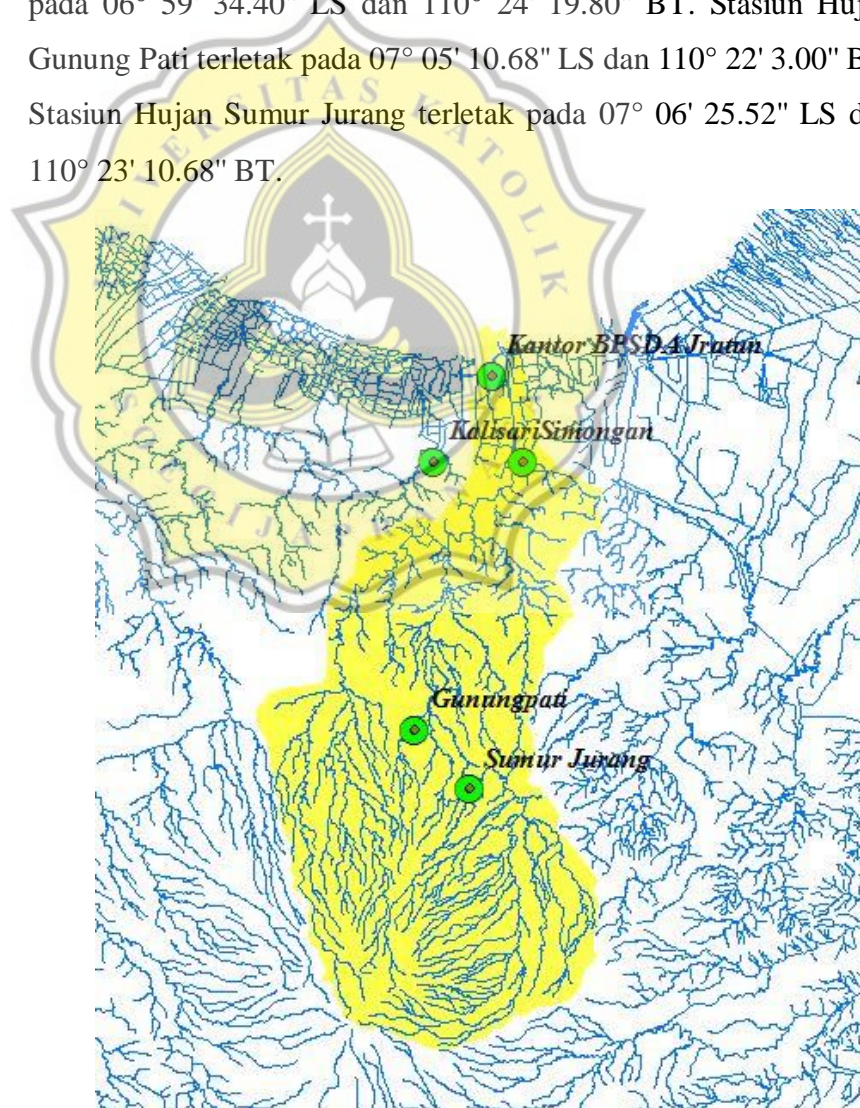
#### 4.1.2 Area Pengaruh *Polygon Thiessen*

Tahap selanjutnya setelah menentukan batas DAS Garang adalah menentukan area pengaruh *polygon thiessen* yang berguna untuk melakukan perhitungan curah hujan area. Jumlah dan lokasi



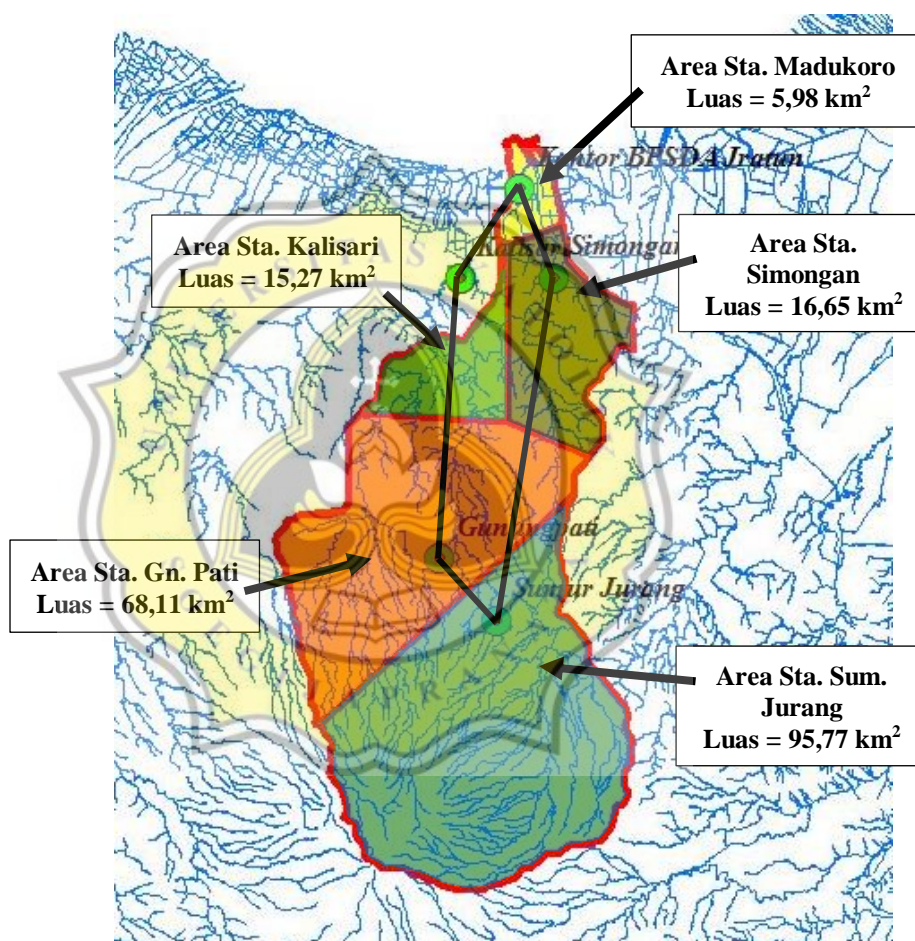
stasiun hujan yang ada menjadi dasar penentuan area pengaruh *polygon*. Pada DAS Garang, terdapat 5 (lima) stasiun hujan yang memberikan pengaruh, yaitu Stasiun Hujan Madukoro (Kantor BPSDA Jratun), Stasiun Hujan Kalisari, Stasiun Hujan Simongan, Stasiun Hujan Gunung Pati, dan Stasiun Hujan Sumur Jurang.

Stasiun Hujan Madukoro terletak pada  $06^{\circ} 57' 47.30''$  LS dan  $110^{\circ} 23' 40.50''$  BT. Stasiun Hujan Kalisari terletak pada  $06^{\circ} 59' 34.55''$  LS dan  $110^{\circ} 22' 27.48''$  BT. Stasiun Hujan Simongan terletak pada  $06^{\circ} 59' 34.40''$  LS dan  $110^{\circ} 24' 19.80''$  BT. Stasiun Hujan Gunung Pati terletak pada  $07^{\circ} 05' 10.68''$  LS dan  $110^{\circ} 22' 3.00''$  BT. Stasiun Hujan Sumur Jurang terletak pada  $07^{\circ} 06' 25.52''$  LS dan  $110^{\circ} 23' 10.68''$  BT.



Gambar 4.2 Lokasi Stasiun Hujan pada DAS Garang

Sesudah melakukan penandaan lokasi dari kelima stasiun hujan pada gambar DAS Garang, selanjutnya adalah proses pembentukan area pengaruh *polygon thiessen*. Dasar pembagian DAS menggunakan *polygon thiessen* pada DAS adalah pengaruh dari stasiun hujan yang ada. Hasil dari *polygon thiessen* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Area Pengaruh Polygon pada DAS Garang

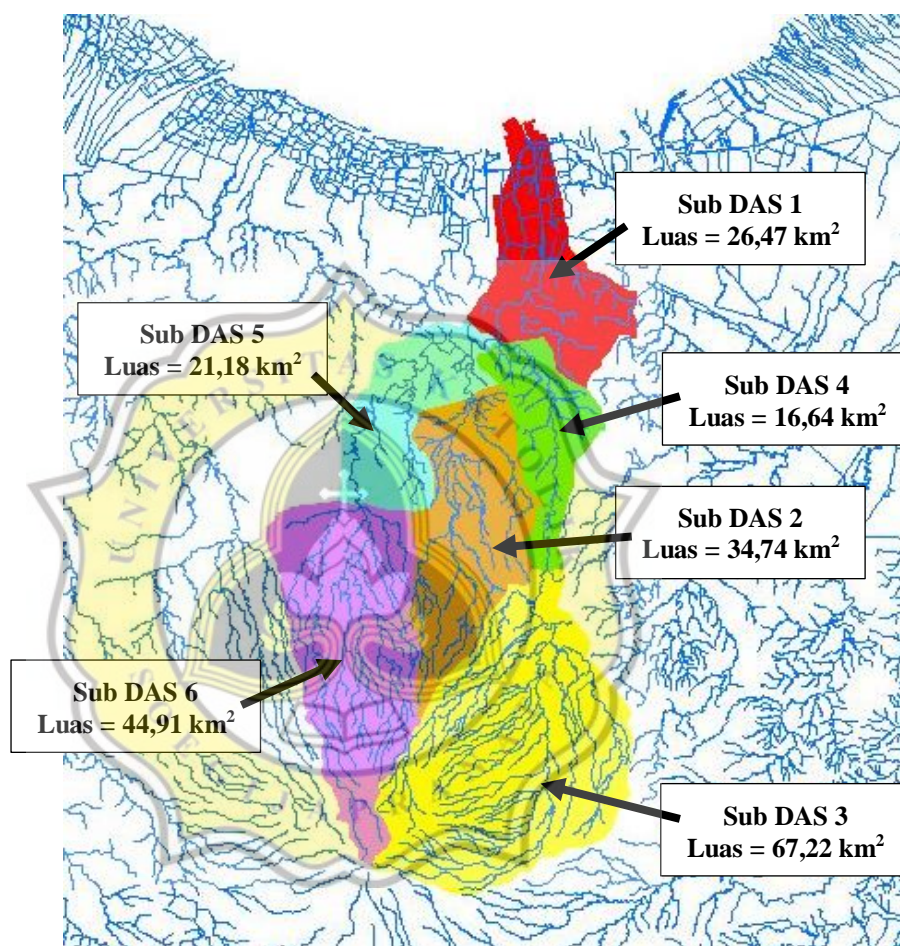
#### 4.1.3 Pembagian Sub DAS

Tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah membagi DAS Garang ke dalam beberapa sub DAS. Pada proses pembagian dilakukan penentuan titik-titik kontrol terlebih dahulu. Titik kontrol merupakan titik-titik percabangan antara sungai utama dengan anak-anak sungai. Selanjutnya adalah membuat batas sub DAS



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

berdasarkan titik kontrol ini. Berikut gambar pembagian sub DAS berdasarkan titik kontrol menggunakan aplikasi ArcMap dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Pembagian Sub-DAS Garang

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa DAS Garang terbagi menjadi 6 sub DAS. Luas dari masing-masing sub DAS tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Luas Sub DAS Garang

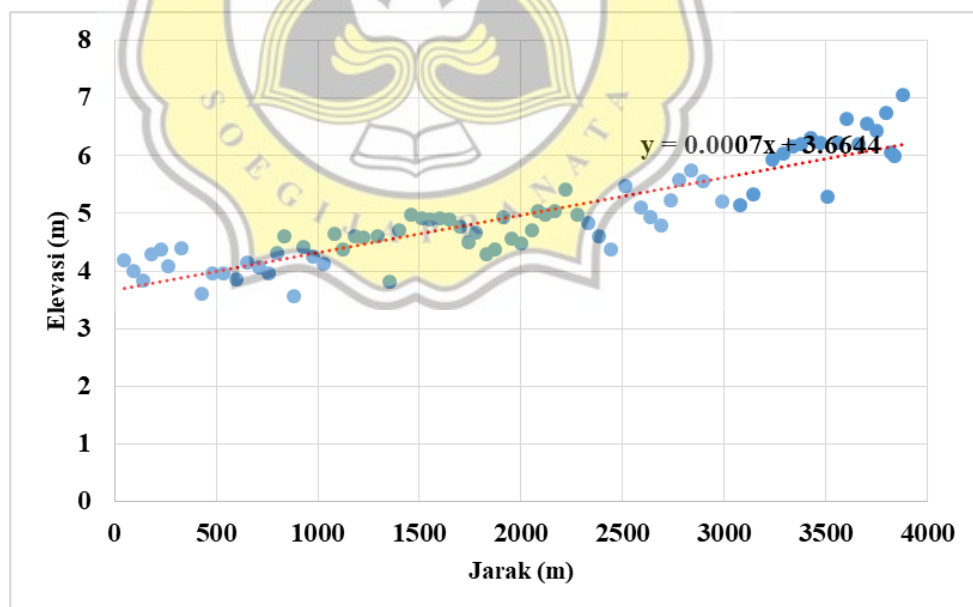
Sub DAS	Luas (km <sup>2</sup> )
1	26,47
2	34,74
3	67,22

Tabel 4.1 Luas Sub DAS Garang (lanjutan)

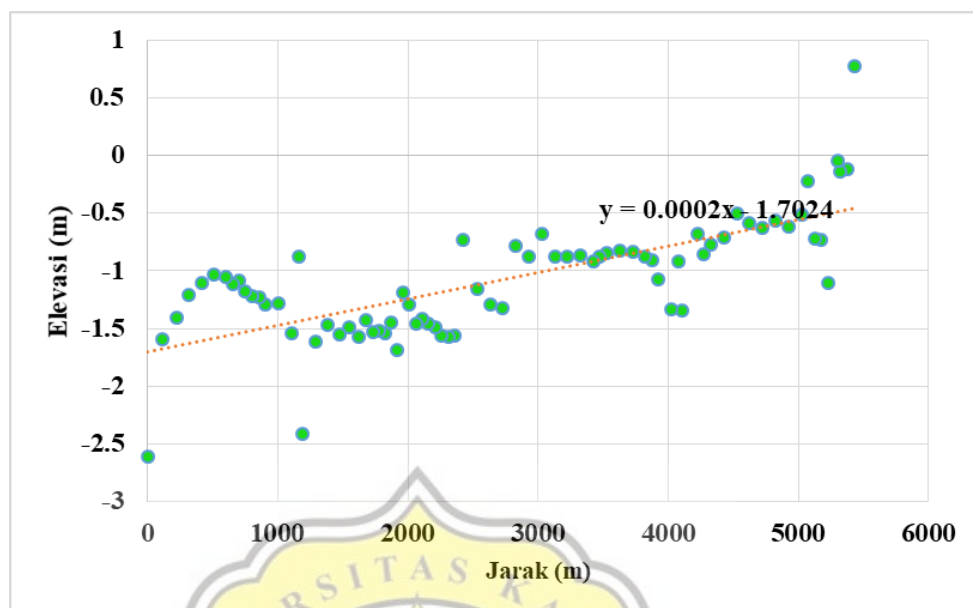
Sub DAS	Luas (km <sup>2</sup> )
4	16,64
5	21,18
6	44,91
<b>Σ</b>	<b>211,16</b>

#### 4.2 Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada *cross section* Sungai Banjir Kanal Barat yang dapat dilihat pada Lampiran 01, diperoleh kemiringan dasar sungai yang merupakan *trendline* dari elevasi dasar sungai pada bagian hulu bendung simongan (P.94 – P.55) dan pada bagian hilir bendung simongan (P.53+98 – P.0) yang dapat dilihat pada Grafik 4.1 dan Grafik 4.2 berikut.



Grafik 4.1 Kemiringan Dasar Sungai pada bagian hulu Sungai Banjir Kanal Barat (P.94 – P.55)



Grafik 4.2 Kemiringan Dasar Sungai pada bagian hilir Sungai Banjir Kanal Barat (P.53+98 – P.0)

Berdasarkan Grafik 4.1 diperoleh hasil kemiringan dasar Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang (dari Tugu Suharto hingga Bendung Simongan) senilai 0,0007 (pada *cross section* P.94 – P.55), dan berdasarkan Grafik 4.2 diperoleh hasil kemiringan dasar Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang (dari Bendung Simongan hingga Tanah Mas) senilai 0,0002 (pada *cross section* P.53+98 – P.0). Data kemiringan dasar sungai yang telah diperoleh digunakan sebagai salah satu komponen perhitungan berat angkutan sedimen dengan menggunakan 4 (empat) metode yang telah dipilih.

### 4.3 Pengujian *Grain Size* (Uji Saringan)

Untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran, maka diperlukan pengujian *Grain Size* (uji saringan) pada sampel sedimen dari lokasi yang ditinjau. Lokasi pengambilan sampel sedimen terletak pada bagian hulu Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang (Tugu Suharto). Distribusi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Grain Size* Pada Sampel Sedimen

No. Saringan	Berat Saringan	Diameter Saringan	Berat Tertahan + Berat Saringan	Berat Tertahan	Persentase Berat Tertahan	Persentase Lolos Kumulatif
	(gr)	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
-	-	-	-	-	0,0	100,0
4	530,8	4,750	530,8	0,0	0,0	100,0
10	318,2	2,000	319,6	1,4	1,4	98,6
20	315,5	0,850	323,0	7,5	7,5	91,1
40	303,2	0,425	312,4	9,2	9,2	81,9
60	297,6	0,250	302,1	4,5	4,5	77,4
80	289,4	0,180	314,8	25,4	25,4	56,5
100	280,0	0,150	310,5	30,5	30,5	26,0
200	283,2	0,075	303,3	20,1	20,1	5,9
Pan	471,5	-	472,9	1,4	1,4	0,0
			<b>Jumlah</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Contoh Perhitungan:

Berat total sampel = 100 gram

Untuk saringan nomor 10 dengan berat 318,2 gram dan diameter lubang saringan 2,000 mm.

Setelah dilakukan pengujian saringan diperoleh bahwa total berat saringan dan berat sampel sedimen yang tertahan pada saringan nomor 10 adalah sebesar 319,6 gram. Untuk menentukan berat sampel sedimen tertahan saja dapat menggunakan cara sebagai berikut.

Berat Tertahan = (Berat Tertahan + Berat Saringan) – (Berat Saringan)

$$= 319,66 - 318,2 = 1,4 \text{ gram}$$

$$\text{Persentase Berat Tertahan} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Total Sampel}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,4}{100} \times 100\% = 1,4\%$$

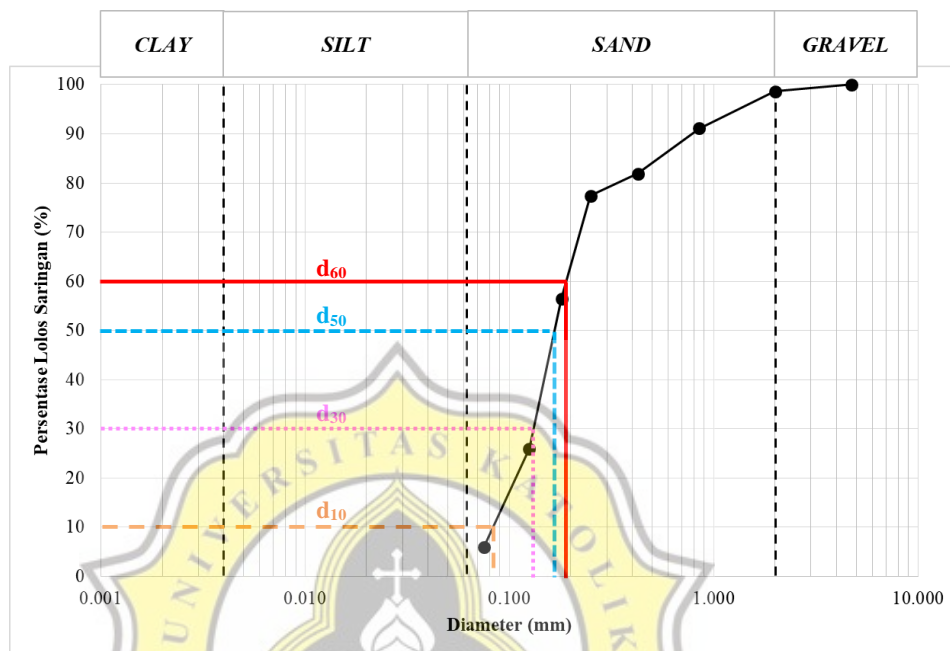
$$\text{Persentase Lolos Saringan} = 100\% - \text{Persentase Berat Tertahan}$$

$$= 100\% - 1,4\% = 98,6\%$$

Berdasarkan perhitungan pengujian *grain size* pada Tabel 4.4 di atas diperoleh grafik distribusi ukuran butir (*grain distribution size*). Grafik tersebut digunakan untuk menentukan koefisien keseragaman (*coefficient of*



*uniformity*,  $C_u$ ) dan koefisien kelengkungan (*coefficient of curvature*,  $C_c$ ).  
Grafik tersebut dapat dilihat pada Grafik 4.3 berikut.



Grafik 4.3 Distribusi Ukuran Butir Sampel Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat

Berdasarkan Grafik 4.3 diperoleh nilai  $d_{10}$  (diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos saringan) sebesar 0,084 mm,  $d_{30}$  (diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos saringan) sebesar 0,140 mm,  $d_{50}$  (diameter yang bersesuaian dengan 50% lolos saringan dan digunakan dalam perhitungan berat angkutan sedimen) sebesar 0,165 mm, dan  $d_{60}$  (diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos saringan) sebesar 0,195 mm, nilai persentase *gravel* sebesar 1,4%, nilai *sand* sebesar 98,6% dan *silt-clay* sebesar 0%. Berikut merupakan perhitungan untuk memperoleh nilai koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan koefisien kelengkungan ( $C_c$ ).

Perhitungan koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan koefisien kelengkungan ( $C_c$ )

$$d_{10} = 0,084 \text{ mm}$$

$$d_{30} = 0,140 \text{ mm}$$

$$d_{60} = 0,195 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}\text{Koefisien Kelengkungan } (C_c) &= \frac{d_{30}^2}{d_{60} \times d_{10}} \\ &= \frac{0,140^2}{0,195 \times 0,084} \\ &= 1,20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien Keseragaman } (C_u) &= \frac{d_{60}}{d_{10}} \\ &= \frac{0,195}{0,084} \\ &= 2,32\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan koefisien kelengkungan ( $C_c$ ) dapat menentukan gradasi butiran. Untuk sampel sedimen yang telah diuji memiliki gradasi buruk karena nilai koefisien keseragaman kurang dari 4 ( $C_u < 4$ ) dan nilai koefisien kelengkungan ( $C_c$ ) berada di antara nilai 1 dan 3 yang berarti tidak sesuai dengan persyaratan klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS) yang terdapat pada Lampiran 02.

#### 4.4 Uji Berat Jenis Sedimen

Untuk memperoleh nilai berat jenis sedimen diperlukan pengujian laboratorium yaitu pengujian *specific gravity* ( $G_s$ ). Pada pengujian ini sampel yang digunakan dalam keadaan kering. Hasil pengujian *specific gravity* untuk sampel sedimen Sungai Banjir Kanal Barat adalah sebagai berikut pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sampel Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat

Berat picnometer ( $W_1$ )	173,2 gram
Berat picnometer + sampel kering ( $W_2$ )	634,6 gram
Berat picnometer + air + sampel kering ( $W_3$ )	1068,2 gram
Berat picnometer + air + sampel kering setelah didiamkan ( $W_4$ )	1067,79 gram
Berat picnometer + air ( $W_5$ )	791,4 gram
Berat air ( $W_6$ )	618,2 gram
Berat sampel kering ( $W_7$ )	461,4 gram
Temperatur	29°C
Faktor Koreksi, $G_t$	0,9960
<i>Specific Gravity</i> , $G_s$	2,476



Contoh Perhitungan:

Perhitungan *Specific Gravity* ( $G_s$ )

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{((W_5 - W_1) - (W_3 - W_2)) \times G_t}$$

$$G_s = \frac{634,6 - 173,2}{((791,4 - 173,2) - (1067,8 - 634,6)) \times 0,9960}$$

$$G_s = \frac{461,4}{(618,2 - 433,6) \times 0,9960} = 2,476$$

Setelah memperoleh nilai specific gravity, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari berat jenis sedimen ( $\gamma_s$ ) dengan menggunakan Persamaan 4.1 berikut.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dengan:

- $G_s$  = *Specific gravity*
- $\gamma_s$  = Berat jenis sedimen ( $\text{kg/m}^3$ )
- $\gamma_w$  = Berat jenis air,  $1000 \text{ kg/m}^3$

Berikut proses perhitungan untuk memperoleh nilai berat jenis sedimen ( $\gamma_s$ ).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$\gamma_s = G_s \times \gamma_w = 2,476 \times 1000 = 2476 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.5 Analisis Hujan Rancangan

Tahap analisis hujan rancangan pada DAS Garang menggunakan data hujan yang diambil dari lima stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Madukoro, Stasiun Hujan Kalisari, Stasiun Hujan Simongan, Stasiun Hujan Gunung Pati, dan Stasiun Hujan Sumur Jurang. Data hujan yang digunakan adalah data hujan harian dari tahun 2009 hingga tahun 2017.



#### 4.5.1 Perhitungan Curah Hujan Area

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan area atau curah hujan DAS adalah Metode *Polygon Thiessen*. Setelah wilayah DAS Garang dibagi menjadi lima wilayah berdasarkan area pengaruh *Polygon Thiessen*, maka luas dan bobot atau koefisien Thiessen masing-masing wilayah dapat dihitung. Hasil perhitungan Koefisien Thiessen dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pembagian Area Pengaruh Metode *Polygon Thiessen*

Stasiun Hujan	Luas (A <sub>i</sub> ) (km <sup>2</sup> )	Koef. Thiessen (P <sub>i</sub> )
Sta. Madukoro	5,98	0,028
Sta. Kalisari	15,27	0,072
Sta. Simongan	26,03	0,123
Sta. Gunung Pati	68,11	0,323
Sta. Sumur Jurang	95,77	0,454
<b>Σ (Jumlah)</b>	<b>211,16</b>	<b>1,000</b>

Contoh Perhitungan:

$$\text{Luas Area Sta. Madukoro} = 5,98 \text{ km}^2$$

*(hasil yang diperoleh dari analisis menggunakan aplikasi Arc-GIS)*

$$\Sigma \text{Luas Area Pengaruh} = (5,98 + 15,27 + 26,03 + 68,11 + 95,77) \text{ km}^2$$

$$\text{Polygon Thiessen} = 211,16 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Thiessen Sta. Madukoro} &= \frac{\text{Luas Area Sta. Madukoro}}{\Sigma \text{Luas Area}} \\ &= \frac{5,98}{211,16} \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mencari curah hujan maksimum antara tahun 2009 hingga tahun 2017 yang tercatat pada lima stasiun. Nilai curah hujan maksimum masing-masing stasiun dikalikan dengan koefisien Thiessennya.



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Hasil dari analisis curah hujan DAS dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan DAS Garang

Tahun	Madukoro	Kalisari	Simongan
	$P_1 = 0,028$	$P_2 = 0,072$	$P_3 = 0,123$
	$x_1$ (mm)	$x_2$ (mm)	$x_3$ (mm)
2009	133	35	216
2010	97	30	110
2011	79	82	83
2012	93	86	80
2013	150	111	111
2014	177	125	125
2015	155	177	177
2016	120	97	98
2017	90	127	126
<b>Rerata</b>	121,56	96,67	125,11
<b>Std. Dev.</b>	34,21	46,04	44,62
<b>Co. Variance</b>	1170,03	2119,75	1990,61
<b>Co. Kurtosis</b>	-1,31	0,05	1,07
<b>Co. Skewness</b>	0,34	0,06	1,26

Tabel 4.5 Perhitungan Curah Hujan DAS Garang (lanjutan)

Tahun	Gunung Pati	Sumur Jurang	Curah Hujan DAS
	$P_4 = 0,323$	$P_5 = 0,454$	$P_1 = 1,000$
	$x_4$ (mm)	$x_5$ (mm)	$\Sigma x_i \cdot P_i$
2009	108	35	82,67
2010	165	121	125,46
2011	200	90	122,57
2012	99	55	74,84
2013	146	124	128,11
2014	148	72	108,82
2015	106	79	107,75
2016	152	82	107,69
2017	110	68	92,51
<b>Rerata</b>	137,11	80,67	105,60
<b>Std. Dev.</b>	33,83	28,67	18,88
<b>Co. Variance</b>	1144,36	822,00	356,47
<b>Co. Kurtosis</b>	-0,35	-0,21	-1,00
<b>Co. Skewness</b>	0,60	0,22	-0,46



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

Contoh Perhitungan:

Stasiun Hujan Madukoro

Data hujan harian maksimum (x) dari tahun 2009 – 2017 diperoleh dari Data PUSDATARU Jawa Tengah

Jumlah data sebanyak 9 buah dan Pi adalah Koefisien *Thiessen*.

Untuk mencari nilai rerata dapat menggunakan Persamaan 2.7 pada halaman 22.

$$\begin{aligned}\text{Curah Hujan Rerata } (\bar{x}) &= \frac{(133 + 97 + 79 + 93 + 150 + 177 + 155 + 120 + 90)}{9} \\ &= \frac{1094}{9} = 121,56 \text{ mm}\end{aligned}$$

Atau pada Ms. Excel dapat menggunakan fungsi “=AVERAGE”.

Untuk mencari nilai Standar Deviasi dapat menggunakan Persamaan 2.8 pada halaman 22.

$$\begin{aligned}(x_{2009} - \bar{x})^2 &= (133 - 121,56)^2 = 130,98 \text{ mm}^2 \\ (x_{2010} - \bar{x})^2 &= (97 - 121,56)^2 = 602,98 \text{ mm}^2 \\ (x_{2011} - \bar{x})^2 &= (79 - 121,56)^2 = 1810,98 \text{ mm}^2 \\ (x_{2012} - \bar{x})^2 &= (93 - 121,56)^2 = 815,42 \text{ mm}^2 \\ (x_{2013} - \bar{x})^2 &= (150 - 121,56)^2 = 809,09 \text{ mm}^2 \\ (x_{2014} - \bar{x})^2 &= (177 - 121,56)^2 = 3074,09 \text{ mm}^2 \\ (x_{2015} - \bar{x})^2 &= (155 - 121,56)^2 = 1118,53 \text{ mm}^2 \\ (x_{2016} - \bar{x})^2 &= (120 - 121,56)^2 = 2,42 \text{ mm}^2 \\ (x_{2017} - \bar{x})^2 &= (90 - 121,56)^2 = 995,75 \text{ mm}^2 \\ \Sigma(x_i - \bar{x})^2 &= (130,98 + 602,98 + 1810,98 + 815,42 + 809,09 + \\ &\quad 3074,09 + 1118,53 + 2,42 + 995,75) \\ &= 9360,22 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Standar Deviasi} &= \sqrt{\frac{\Sigma_{i=1}^n \{x_i - \bar{x}\}^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{9360,22}{9 - 1}} \\ &= 34,21 \text{ mm}\end{aligned}$$



Atau pada Ms. Excel dapat menggunakan fungsi “=STDEV”.

Untuk mencari nilai Koefisien Variasi ( $C_v$ ) dapat menggunakan Persamaan 2.9 pada halaman 23.

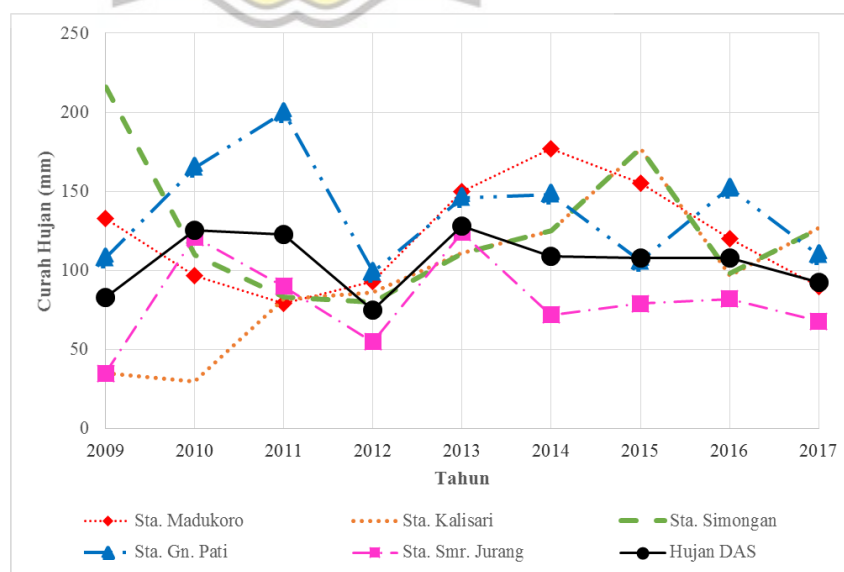
$$\begin{aligned}\text{Koef. Variasi} &= \frac{\delta_x}{\bar{x}} \\ &= \frac{34,21}{121,56} = 1170,03\end{aligned}$$

Atau pada Ms. Excel dapat menggunakan fungsi “=VAR”.

Untuk mencari nilai Koefisien Kurtosis ( $C_k$ ) dapat menggunakan fungsi Ms. Excel “=KURT”.

Untuk mencari nilai Koefisien *Skewness* ( $C_s$ ) dapat menggunakan fungsi Ms. Excel “=SKEW”.

Dari perhitungan curah hujan DAS, dapat digambarkan sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu (tahun) dengan curah hujan harian maksimum dari Stasiun Hujan Madukoro, Stasiun Hujan Kalisari, Stasiun Hujan Simongan, Stasiun Hujan Gunung Pati, dan Stasiun Hujan Sumur Jurang. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar Grafik 4.4 berikut ini.



Grafik 4.4 Hujan Harian Maksimum



Curah hujan dari setiap stasiun hujan yang terdapat dalam Grafik 4.4 merupakan curah hujan harian maksimum yang terjadi dengan rentang data dari tahun 2009 hingga tahun 2017. Pada Stasiun Hujan Madukoro, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi yang terjadi pada tahun 2014 yaitu sebesar 177 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2011 yaitu sebesar 79 mm. Pada Stasiun Hujan Kalisari, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi yang terjadi pada tahun 2015 yaitu sebesar 177 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2010 yaitu sebesar 30 mm. Pada Stasiun Hujan Simongan, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi yang terjadi pada tahun 2009 yaitu sebesar 216 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2012 yaitu sebesar 80 mm. Pada Stasiun Hujan Gunung Pati, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi yang terjadi pada tahun 2011 yaitu sebesar 200 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2012 yaitu sebesar 99 mm. Pada Stasiun Hujan Sumur Jurang, curah hujan harian maksimum yang paling tinggi yang terjadi pada tahun 2013 yaitu sebesar 124 mm dan yang paling rendah terjadi pada tahun 2009 yaitu sebesar 35 mm. Untuk curah hujan DAS, nilai tertinggi terjadi pada tahun 2013 yaitu sebesar 128,11 mm dan untuk nilai terendah pada tahun 2012 yaitu sebesar 74,84 mm.

#### **4.5.2 Perhitungan Curah Hujan Rancangan**

Perhitungan Curah Hujan Rancangan dilakukan dengan melalui beberapa langkah, yaitu perhitungan statistik, pemilihan jenis distribusi dan pengujian kecocokan distribusi.

##### **4.5.2.1 Perhitungan Parameter Statistik**

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah memperoleh curah hujan area adalah perhitungan parameter statistik. Curah hujan DAS atau data hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) diurutkan



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

terlebih dahulu mulai dari nilai terbesar ke nilai terkecil atau sebaliknya. Dalam perhitungan digunakan sistem urutan dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Perhitungan statistik hujan harian maksimum DAS Garang dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Perhitungan Statistik

<b>m</b>	<b>Probabilitas (P) <math>P = m/(n+1)</math></b>	<b>Tahun</b>	<b>d (mm)</b>	<b>Log d (mm)</b>
1	0,100	2013	128,11	2,11
2	0,200	2010	125,46	2,10
3	0,300	2011	122,57	2,09
4	0,400	2014	108,82	2,04
5	0,500	2015	107,75	2,03
6	0,600	2016	107,69	2,03
7	0,700	2017	92,51	1,97
8	0,800	2009	82,67	1,92
9	0,900	2012	74,84	1,87
Jumlah Data (n)			9	9
Nilai Rerata (Mean)			105,602	2,017
Nilai Tengah (Median)			107,75	2,03
Standar Deviasi ( $\delta_x$ )			18,88	0,082
Koefisien <i>Skewness</i> ( $C_s$ )			-0,460	-0,695
Koefisien Kurtosis ( $C_k$ )			0,358	0,392
Koefisien Variasi ( $C_v$ )			0,179	0,041

Contoh Perhitungan:

Untuk  $m = 1$

$m$  = peringkat data setelah diurutkan dari besar ke kecil

$$\begin{aligned}\text{Probabilitas (P)} &= m/(n + 1) \\ &= 1/(9 + 1) \\ &= 0,100\end{aligned}$$

Untuk memperoleh nilai  $d$  (curah hujan area) dapat dilakukan dengan cara mengkalikan koefisien *thiessen* (Tabel 4.6) dengan curah hujan maksimum masing-masing stasiun hujan pada tahun yang sama.





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

Tahun 2013

$$\begin{aligned}d_{2013} &= (0,028 \times 150) + (0,072 \times 111) + (0,123 \times 111) + (0,323 \times \\ & 146) + (0,454 \times 124) \\ &= 128,11 \text{ mm}\end{aligned}$$

Log d merupakan nilai logaritma dari curah hujan area.

$$\text{Log } d_{2013} = \text{Log } (128,11) = 2,11 \text{ mm}$$

Untuk mencari nilai rerata dapat menggunakan Persamaan 2.7 pada halaman 22.

$$\begin{aligned}\bar{d} &= \frac{(128,11 + 125,46 + 122,57 + 108,82 + 107,75 + 107,69 + 92,51 + 82,67 + 74,84)}{9} \\ &= \frac{950,42}{9} = 105,602 \text{ mm}\end{aligned}$$

Atau pada Ms. Excel dapat menggunakan fungsi “=AVERAGE”.

Untuk nilai Log ( $\bar{d}$ ) diperoleh menggunakan Persamaan 2.7 pada halaman 22 dengan menggunakan data-data berupa nilai curah hujan yang telah dilogartmakan.

Nilai tengah (**median**) merupakan nilai tengah dari n data yang ada. Dalam hal ini untuk nilai curah hujan area yang merupakan nilai tengahnya adalah 107,75 mm dan untuk nilai curah hujan area yang telah dilogartmakan adalah 2,032 mm.

Untuk mencari nilai Standar Deviasi dapat menggunakan Persamaan 2.8 pada halaman 22.

$$\begin{aligned}(d_1 - \bar{d})^2 &= (128,11 - 105,602)^2 = 506,60 \text{ mm}^2 \\ (d_2 - \bar{d})^2 &= (125,46 - 105,602)^2 = 394,33 \text{ mm}^2 \\ (d_3 - \bar{d})^2 &= (122,57 - 105,602)^2 = 287,91 \text{ mm}^2 \\ (d_4 - \bar{d})^2 &= (108,82 - 105,602)^2 = 10,35 \text{ mm}^2 \\ (d_5 - \bar{d})^2 &= (107,75 - 105,602)^2 = 4,61 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

$$(d_6 - \bar{d})^2 = (107,69 - 105,602)^2 = 4,36 \text{ mm}^2$$

$$(d_7 - \bar{d})^2 = (92,51 - 105,602)^2 = 171,41 \text{ mm}^2$$

$$(d_8 - \bar{d})^2 = (82,67 - 105,602)^2 = 525,89 \text{ mm}^2$$

$$(d_9 - \bar{d})^2 = (74,84 - 105,602)^2 = 946,31 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\Sigma(d_i - \bar{d})^2 &= (506,60 + 394,33 + 287,91 + 10,35 + 4,61 + 4,36 + \\ &\quad 171,41 + 525,89 + 946,31) \\ &= 2851,77 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Standar Deviasi} &= \sqrt{\frac{\Sigma_{i=1}^n \{d_i - \bar{d}\}^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{2851,77}{9-1}} \\ &= 18,88 \text{ mm}\end{aligned}$$

Cara ini juga berlaku untuk mencari standar deviasi dari Log d (curah hujan area). Pada Ms. Excel dapat menggunakan fungsi “=STDEV”.

Untuk mencari nilai Koefisien Variasi ( $C_v$ ) dengan menggunakan data-data nilai curah hujan area (d) dan data-data nilai curah hujan area yang telah dilogartimkan dapat menggunakan Persamaan 2.9 pada halaman 23.

$$\begin{aligned}\text{Koef. Variasi } d &= \frac{\delta_x}{\bar{x}} \\ &= \frac{18,88}{105,602} \\ &= 0,179\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koef. Variasi Log } d &= \frac{\text{Log } \delta_x}{\text{Log } \bar{x}} \\ &= \frac{0,082}{2,017} \\ &= 0,041\end{aligned}$$



Atau pada Ms. Excel dapat menggunakan fungsi “=VAR”.

Untuk mencari nilai Koefisien Kurtosis ( $C_k$ ) dapat menggunakan fungsi Ms. Excel “=KURT”.

Untuk mencari nilai Koefisien *Skewness* ( $C_s$ ) dapat menggunakan fungsi Ms. Excel “=SKEW”.

Untuk menentukan jenis distribusi yang sesuai dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi. Hasil pencocokan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Syarat Jenis Pemilihan Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = -0,460$ $C_k = -0,995$	Tidak Diterima
Log-Normal	$C_s \approx 3C_v + (C_v^2) 3$ $C_k = 5,383$	$C_s = -0,695$ $C_k = -0,651$	Tidak Diterima
Gumbel	$C_s \approx 1,1396$ $C_k \approx 5,4002$	$C_s = -0,460$ $C_k = -0,995$	Tidak Diterima
Log-Pearson III	$C_s \neq 0$ $C_v \approx 0,3$	$C_s = -0,460$ $C_v = 0,179$	Diterima

Berdasarkan kecocokan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi, maka jenis distribusi yang sesuai adalah Distribusi Log-Pearson III. Hasil pemilihan jenis distribusi ini masih harus diuji lagi dengan Uji *Chi-Square* dan Uji *Smirnov-Kolmogorov*.

#### 4.5.2.2 Pemilihan Jenis Distribusi

Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan pada 4 (empat) jenis distribusi, yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log-Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log-Pearson III. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mencari nilai curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu. Jumlah periode ulang yang



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

digunakan pada penelitian ini ada 5 (lima), yaitu 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan dan 50 tahunan. Rumus perhitungan curah hujan rancangan dengan periode ulang  $T$  tahunan ( $X_T$ ) dapat menggunakan Persamaan 2.12 pada halaman 24.

Hasil perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan 4 jenis distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan dan Faktor Frekuensi per Periode Ulang  $T$  Tahunan

Periode Ulang (T)	$P(x \geq X_m)$ Prob.	Curah Hujan Rancangan dan Faktor Frekuensi			
		Normal		Log-Normal	
		$K_T$	$X_T$	$K_T$	$X_T$
2	0,5	0	105,60	-0,03	103,51
5	0,2	0,84	121,46	0,84	121,82
10	0,1	1,28	129,77	1,39	135,37
25	0,04	1,71	137,89	1,86	147,79
50	0,02	2,05	144,31	2,23	158,47

Periode Ulang (T)	$P(x \geq X_m)$ Prob.	Curah Hujan Rancangan dan Faktor Frekuensi			
		Gumbel		Log-Pearson III	
		$K_T$	$X_T$	$K_T$	$X_T$
2	0,5	-0,13	103,05	0,08	105,51
5	0,2	1,07	125,67	0,86	122,23
10	0,1	1,87	140,65	1,22	130,98
25	0,04	2,88	154,83	1,58	140,20
50	0,02	3,63	173,61	1,80	146,06

Contoh Perhitungan:

Untuk menentukan nilai faktor frekuensi dengan periode ulang ( $K_T$ ) pada masing-masing distribusi menggunakan beberapa metode yang berbeda yang sebagai berikut:





## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

#### 1. Distribusi Normal

Untuk menentukan nilai faktor frekuensi pada distribusi ini dapat menggunakan Tabel Nilai Variabel Reduksi *Gauss* (Tabel 2.1) pada halaman 25. Dikarenakan pada tabel tersebut tidak terdapat nilai faktor frekuensi untuk periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ), maka dilakukan perhitungan interpolasi sebagai berikut.

Periode Ulang T (Tahunan)	K
$T_{20} \leftarrow 20$	1,64 $\rightarrow K_{20}$
$T_{50} \leftarrow 50$	2,05 $\rightarrow K_{50}$

$T_{25}$  = Periode Ulang 25 Tahunan

$T_{20}$  = Periode Ulang 20 Tahunan

$T_{50}$  = Periode Ulang 50 Tahunan

$K_{25}$  = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 Tahunan

$K_{20}$  = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 20 Tahunan = 1,64

$K_{50}$  = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 50 Tahunan = 2,05

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ):

$$\frac{T_{25} - T_{20}}{T_{50} - T_{20}} = \frac{K_{25} - K_{20}}{K_{50} - K_{20}}$$

$$\frac{25 - 20}{50 - 20} = \frac{K_{25} - 1,64}{2,05 - 1,64}$$

$$\frac{5}{30} = \frac{K_{25} - 1,64}{0,41}$$

$$K_{25} = \left( \frac{5 \times 0,41}{30} \right) + 1,64$$

$$K_{25} = 1,71$$



Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 Tahunan  $K_{25}$  diperoleh nilai 1,71. Setelah memperoleh nilai faktor frekuensi, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh curah hujan rancangan.

Curah hujan rerata ( $\bar{x}$ ) = 105,602 mm (Tabel 4.4)

Standar Deviasi ( $\delta_x$ ) = 18,88 mm (Tabel 4.4)

Curah Hujan Rancangan per Periode Ulang 25 Tahunan ( $X_{25}$ )

$$X_{25} = \bar{x} + K_{25} \cdot \delta_x$$

$$\begin{aligned} X_{25} &= 105,602 + (1,71 \times 18,88) \\ &= 135,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 2. Distribusi Log Normal

Nilai faktor frekuensi ( $K_T$ ) distribusi log-normal diperoleh dengan menggunakan Tabel Faktor Frekuensi untuk Distribusi Log-Normal (Lampiran 03). Untuk memperoleh nilai faktor frekuensi Log-Normal dengan table diperlukan nilai koefisien varian ( $C_v$ ) sebagai dasar pertimbangan. Pada Distribusi Log-Normal digunakan nilai koefisien varian yang telah dilogartimakan yaitu 0,041 yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 di atas. Sebagai contoh perhitungan akan digunakan nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ) yaitu dengan probabilitas sebesar 0,04. Karena pada tabel Faktor Frekuensi Distribusi Log-Normal tidak terdapat nilai faktor frekuensi untuk probabilitas sebesar 0,04, maka dilakukan perhitungan interpolasi sebagai berikut.

Contoh Perhitungan:

Pada Tabel Faktor Frekuensi Distribusi Log-Normal tidak terdapat nilai koefisien varian ( $C_v$ ) = 0,041. Maka dari itu dilakukan perhitungan interpolasi untuk memperoleh nilai faktor frekuensi dengan menggunakan koefisien varian



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

sebesar 0,041 untuk periode ulang 25 tahunan dengan probabilitas 0,04. Untuk memperoleh nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 25 Tahunan dibutuhkan nilai faktor frekuensi dengan probabilitas 0,05 dan 0,01.

Probabilitas = 0,05

$$\text{Periode Ulang (T)} = \frac{1}{\text{Probabilitas}} = \frac{1}{0,05} = 20 \text{ Tahunan}$$

Probabilitas = 0,01

$$\text{Periode Ulang (T)} = \frac{1}{\text{Probabilitas}} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ Tahunan}$$

Perhitungan Interpolasi Faktor Frekuensi untuk Periode Ulang 20 Tahunan dengan Koefisien Varian sebesar 0,041

Koefisien Varian ( $C_v$ )	K
$C_{v1}$ ← 0,033	1,67 → $K_{20a}$
$C_{v2}$ ← 0,067	1,70 → $K_{20b}$

$C_v$  = Nilai koefisien varian = 0,041 (Tabel 4.4)

$C_{v1}$  = Nilai koefisien varian tabel = 0,033 (Lampiran 03)

$C_{v2}$  = Nilai koefisien varian tabel = 0,067 (Lampiran 03)

$K_{20}$  = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 20

Tahunan ( $T_{20}$ ) dengan nilai koefisien varian ( $C_v$ ) = 0,041

$K_{20a}$  = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 20

Tahunan ( $T_{20}$ ) dengan nilai koefisien varian ( $C_v$ ) = 0,033 = 1,67

$K_{20b}$  = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 20

Tahunan ( $T_{20}$ ) dengan nilai koefisien varian ( $C_v$ ) = 0,067 = 1,70

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 20 Tahunan adalah sebagai berikut.

$$\frac{C_v - C_{v1}}{C_{v2} - C_{v1}} = \frac{K_{20} - K_{20a}}{K_{20b} - K_{20a}}$$



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

$$\frac{0,041 - 0,033}{0,067 - 0,033} = \frac{K_{20} - 1,67}{1,70 - 1,67}$$

$$\frac{0,008}{0,034} = \frac{K_{20} - 1,67}{0,03}$$

$$K_{20} = \left( \frac{0,008 \times 0,03}{0,034} \right) + 1,67$$

$$K_{20} = 1,68$$

Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 20 Tahunan dengan koefisien varian sebesar 0,041 adalah 1,68. Untuk memperoleh nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 100 Tahunan juga menggunakan perhitungan interpolasi sehingga diperoleh nilai faktor frekuensi sebesar 2,42. Setelah diperoleh nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 25 Tahunan dan 100 Tahunan untuk koefisien varian 0,041, selanjutnya dilakukan perhitungan interpolasi untuk memperoleh nilai faktor frekuensi dengan probabilitas 0,04 atau faktor frekuensi dengan Periode Ulang 25 Tahun.

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ):

Periode Ulang (T) Tahunan	K
$T_{20} \leftarrow 20$	1,68 $\rightarrow K_{20}$
$T_{100} \leftarrow 100$	2,42 $\rightarrow K_{100}$

$T_{25}$  = Periode Ulang 25 Tahunan

$T_{20}$  = Periode Ulang 20 Tahunan

$T_{100}$  = Periode Ulang 100 Tahunan

$K_{25}$  = Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 25 Tahunan

$K_{20}$  = Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 20 Tahunan = 1,68





$K_{100}$  = Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 100  
Tahunan = 2,42

$$\frac{T_{25} - T_{20}}{T_{100} - T_{20}} = \frac{K_{25} - K_{20}}{K_{100} - K_{20}}$$

$$\frac{25 - 20}{100 - 20} = \frac{K_{25} - 1,68}{2,42 - 1,68}$$

$$\frac{5}{80} = \frac{K_{25} - 1,68}{0,74}$$

$$K_{25} = \left( \frac{5 \times 0,74}{80} \right) + 1,68$$

$$K_{25} = 1,86$$

Nilai faktor frekuensi dengan eriode ulang 25 Tahunan  $K_{25}$  diperoleh nilai 1,86. Setelah memperoleh nilai faktor frekuensi selanjutnya adalah dilakukan perhitungan curah hujan rancangan. Untuk distribusi log-normal ini, nilai curah hujan rerata dan nilai standar deviasi menggunakan hasil logaritma dari nilai curah hujan rerata dan nilai standar deviasi.

Curah hujan rerata ( $\bar{x}$ ) = 105,602 mm (Tabel 4.4)

Log ( $\bar{x}$ ) = Log (105,602) = 2,017

Standar Deviasi ( $\delta_x$ ) = 18,88 mm (Tabel 4.4)

Log ( $\delta_x$ ) = Log (18,88) = 0,082

Curah Hujan Rancangan per Periode Ulang 25 Tahunan ( $X_{25}$ )

Log  $X_{25}$  = Log  $\bar{x}$  +  $K_{25} \cdot$  Log  $\delta_x$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_{25} &= 2,017 + (1,86 \times 0,082) \\ &= 2,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_{25} = 10^{2,17}$$

$$X_{25} = 154,83 \text{ mm}$$

### 3. Distribusi Gumbel

Perhitungan untuk memperoleh nilai faktor frekuensi dapat menggunakan Persamaan 2.14 pada halaman 27 dengan



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

menggunakan nilai *reduced variate* ( $Y_T$ ) pada Tabel 2.5, *reduced mean* ( $Y_n$ ) pada Tabel 2.3 dan *reduced standar deviasi* ( $S_n$ ) pada Tabel 2.4.

Jumlah Data ( $n$ ) = 9

Periode Ulang ( $T$ ) = 25 Tahunan

*Reduced Variate* ( $Y_{25}$ ) = 3,1985

Dikarenakan dengan jumlah data sama dengan 9, maka untuk memperoleh nilai *reduced mean* dan *reduced standar deviasi* perlu dilakukan perhitungan ekstrapolasi sebagai berikut.

*Reduced Mean* ( $Y_n$ )

	$n$	$Y_n$	
$n_1$	10	0,4952	$Y_{10}$
$n_2$	20	0,5236	$Y_{20}$

$n$  = Jumlah data = 9

$n_1$  = 10

$n_2$  = 20

$Y_9$  = Nilai *Reduced Mean* dengan jumlah data = 9

$Y_{10}$  = 0,4952

$Y_{20}$  = 0,5236

Perhitungan Ekstrapolasi untuk mencari nilai *Reduced Mean* ( $Y_n$ ).

$$\frac{n - n_1}{n_2 - n_1} = \frac{Y_9 - Y_{10}}{Y_{20} - Y_{10}}$$

$$\frac{9 - 10}{20 - 10} = \frac{Y_9 - 0,4952}{0,5236 - 0,4952}$$

$$\frac{-1}{10} = \frac{Y_9 - 0,4952}{0,0284}$$

$$Y_9 = \left( \frac{-1 \times 0,0284}{10} \right) + 0,4952$$

$$Y_9 = 0,4924$$

Nilai *Reduced Mean* dengan jumlah data = 9 ( $Y_9$ ) diperoleh nilai 0,4924.



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

Reduced Standar Deviasi ( $S_n$ )

	<b>n</b>	<b><math>S_n</math></b>	
<b><math>n_1</math></b> ←	<b>10</b>	0,9496	<b><math>S_{10}</math></b> →
<b><math>n_2</math></b> ←	<b>20</b>	1,0628	<b><math>S_{20}</math></b> →

$n$  = Jumlah data = 9

$n_1$  = 10

$n_2$  = 20

$S_9$  = Nilai *Reduced* Standar Deviasi dengan jumlah data = 9

$S_{10}$  = 0,9496

$S_{20}$  = 1,0628

Perhitungan Ekstrapolasi untuk mencari nilai *Reduced* Standar Deviasi.

$$\frac{n - n_1}{n_2 - n_1} = \frac{S_9 - S_{10}}{S_{20} - S_{10}}$$
$$\frac{9 - 10}{20 - 10} = \frac{S_9 - 0,9496}{1,0628 - 0,9496}$$

$$\frac{-1}{10} = \frac{S_9 - 0,9496}{0,1132}$$

$$S_9 = \left( \frac{-1 \times 0,1132}{10} \right) + 0,9496$$

$$S_9 = 0,9383$$

Nilai *Reduced* Standar Deviasi dengan jumlah data = 9 diperoleh nilai 0,9383.

Perhitungan Nilai Faktor Frekuensi dengan Periode Ulang 25 Tahunan ( $K_{25}$ )

$$K_{25} = \frac{Y_{25} - Y_9}{S_9}$$
$$= \frac{3,1985 - 0,4924}{0,9383}$$
$$= 2,88$$



## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

Curah hujan rerata ( $\bar{x}$ ) = 105,602 mm (Tabel 4.4)

Standar Deviasi ( $\delta_x$ ) = 18,88 mm (Tabel 4.4)

Curah Hujan Rancangan per Periode Ulang 25 Tahunan ( $X_{25}$ )

$$X_{25} = \bar{x} + K_{25} \cdot \delta_x$$

$$\begin{aligned} X_{25} &= 105,602 + (2,88 \times 18,88) \\ &= 160,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### 4. Distribusi Log-Pearson III

Untuk menentukan nilai faktor frekuensi pada distribusi ini menggunakan Tabel Faktor Frekuensi untuk Distribusi Log-Pearson III yang dapat dilihat pada Lampiran 04. Nilai faktor kemencengan ( $C_s$ ) adalah -0,460, maka diperlukan perhitungan interpolasi untuk memperoleh nilai faktor frekuensi distribusi ini. Untuk distribusi log-pearson III ini, nilai curah hujan rerata dan nilai standar deviasi menggunakan hasil logaritma dari nilai curah hujan rerata dan nilai standar deviasi. Berikut contoh perhitungan interpolasi untuk periode ulang 25 tahunan.

	$C_s$	$K_{25}$	
$C_{s1}$	-0,400	1,606	$K_{25a}$
$C_{s2}$	-0,500	1,528	$K_{25b}$

$C_s$  = Nilai koefisien kemencengan = -0,460 (Tabel 4.4)

$C_{s1}$  = Nilai koefisien kemencengan tabel = -0,400  
(Lampiran 04)

$C_{s2}$  = Nilai koefisien kemencengan tabel = -0,600  
(Lampiran 04)

$K_{25}$  = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 Tahunan dengan nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ ) -0,460





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

$K_{25a}$  = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 Tahunan dengan nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ )  
 $-0,400 = 1,606$

$K_{25b}$  = Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 Tahunan dengan nilai koefisien kemencengan ( $C_s$ )  
 $-0,500 = 1,528$

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 tahunan ( $K_{25}$ ):

$$\frac{C_s - C_{s1}}{C_{s2} - C_{s1}} = \frac{K_{25} - K_{25a}}{K_{25b} - K_{25a}}$$
$$\frac{-0,460 - (-0,400)}{-0,600 - (-0,400)} = \frac{K_{25} - 1,606}{1,528 - 1,606}$$
$$\frac{-0,060}{-0,200} = \frac{K_{25} - 1,606}{-0,078}$$
$$K_{25} = \left( \frac{-0,060 \times (-0,078)}{-0,200} \right) + 1,606$$
$$K_{25} = 1,58$$

Nilai faktor frekuensi dengan periode ulang 25 Tahunan ( $K_{25}$ ) dengan koef. kemencengan ( $C_s$ )  $-0,460$  diperoleh nilai  $1,58$ .

Curah hujan rerata ( $\bar{x}$ ) =  $105,602$  mm (Tabel 4.4)

$\text{Log } (\bar{x}) = \text{Log } (105,602) = 2,017$

Standar Deviasi ( $\delta_x$ ) =  $18,88$  mm (Tabel 4.4)

$\text{Log } (\delta_x) = \text{Log } (18,88) = 0,082$

Curah Hujan Rancangan per Periode Ulang 25 Tahunan ( $X_{25}$ )

$\text{Log } X_{25} = \text{Log } \bar{x} + K_{25} \cdot \text{Log } \delta_x$

$\text{Log } X_{25} = 2,017 + (1,58 \times 0,082)$   
 $= 2,15$  mm

$X_{25} = 10^{2,15}$

$X_{25} = 140,20$  mm

#### 4.5.2.3 Pengujian Kecocokan Distribusi

Setelah memperoleh jenis distribusi yang telah memenuhi syarat, yaitu Distribusi Log-Pearson III (Tabel 4.7 halaman 103), langkah selanjutnya adalah menguji kecocokan distribusi. Terdapat dua metode pengujian kecocokan distribusi yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov*.

##### 1. Uji *Chi-Square*

Pengujian dengan Metode *Chi-Square* diawali dengan penentuan banyaknya kelas dalam data frekuensi dan derajat kebebasan.

$$n \text{ (Jumlah data)} = 9$$

$$\begin{aligned} K \text{ (Jumlah kelas)} &= 1 + (3,3 \times \text{Log } n) \\ &= 1 + (3,3 \times \text{Log } (9)) \\ &= 4,149 \approx 4 \text{ kelas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_f &= \frac{n}{K} \\ &= \frac{9}{4} \\ &= 2,25 \end{aligned}$$

$$R \text{ (Banyaknya Parameter)} = 2$$

(ditetapkan untuk Uji *Chi-Square*)

$$\begin{aligned} DK \text{ (Derajat Kebebasan)} &= K - (R + 1) \\ &= 4 - (2 + 1) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\text{Taraf Signifikansi } (\alpha) = 0,05$$

Hal ini dikarenakan tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95 %, maka tingkat kesalahannya adalah 5% atau 0,05. Menentukan batas interval dilakukan dengan menggunakan perhitungan kelas distribusi yang sebagai berikut.



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

$$\begin{aligned} \text{Kelas Distribusi} &= \frac{1}{K} \times 100\% \\ &= \frac{1}{4} \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh 4 (empat) kelas distribusi dengan probabilitas ( $P(x)$ ) 25%, 50%, 75% dan 100%.

$$P(x) = 25\% = \frac{25}{100} = 0,25 \quad \rightarrow T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ Tahunan}$$

$$P(x) = 50\% = \frac{50}{100} = 0,50 \quad \rightarrow T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,50} = 2 \text{ Tahunan}$$

$$P(x) = 75\% = \frac{75}{100} = 0,75 \quad \rightarrow T = \frac{1}{P} = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ Tahunan}$$

$$P(x) = 100\% = \frac{100}{100} = 1,00 \quad \rightarrow T = \frac{1}{P} = \frac{1}{1,00} = 1 \text{ Tahunan}$$

Berikut merupakan nilai *Chi-Square* Kritik yang dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Nilai *Chi-Square* Kritik untuk Derajat Kebebasan (DK) = 1 dan Taraf Signifikansi ( $\alpha$ ) = 0,05

DK	Tarf Signifikansi ( $\alpha$ )						
	0,99	0,90	0,70	0,30	0,10	0,05	0,01
1	0,000157	,0158	0,148	1,074	2,506	<b>3,841</b>	6,635
2	0,0201	0,211	0,713	2,408	4,605	5,991	9,210
3	0,115	0,584	1,424	3,665	6,251	7,815	11,345
4	,297	1,064	2,195	4,878	7,779	9,488	13,277

(Sumber: Harto, 1991)

Penentuan nilai *Chi-Square* Kritik dilakukan dengan mempertimbangkan nilai Derajat Kebebasan (DK) sebesar 1 dan Taraf Signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 0,05. Dari Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa nilai *Chi-Square* Kritik yang digunakan dalam perhitungan Uji Kecocokan *Chi-Square* adalah 3,841.

A. Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Normal

Berikut merupakan hasil perhitungan uji *Chi-Square* untuk Distribusi Normal dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Tabel 4.10 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Normal

Kelas (K)	P(x ≥ Xm)		E <sub>f</sub>	X (mm)	O <sub>f</sub>
4	0,25	0 < x ≤ 0,25	2,25	118,82	2
	0,50	0,25 < x ≤ 0,50	2,25	105,60	3
	0,75	0,50 < x ≤ 0,75	2,25	93,49	2
	1,00	0,75 < x < 1,00	2,25	81,39	2
			9,00		9

Tabel 4.10 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Normal (lanjutan)

E <sub>f</sub> - O <sub>f</sub>	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
0,25	0,028
-0,75	0,250
0,25	0,028
0,25	0,028
<b>Chi-Square</b>	<b>0,333</b>
<b>DK</b>	<b>1</b>
<b>Chi-Kritik</b>	<b>3,841</b>

Untuk memperoleh nilai frekuensi yang diketahui pada kelas pembagi (O<sub>f</sub>) dapat dilakukan dengan perhitungan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Frekuensi yang Diketahui pada Kelas Pembagi (O<sub>f</sub>) Distribusi Normal

P(x ≥ Xm)	P = m/(n + 1)	X (mm)	O <sub>f</sub>
0 < x ≤ 0,25	0,10	129,77	2
	0,20	121,46	
0,25 < x ≤ 0,50	0,30	116,18	3
	0,40	110,89	
	0,50	105,60	
0,50 < x ≤ 0,75	0,60	100,76	2
	0,70	95,92	
0,75 < x < 1,00	0,80	91,07	2
	0,90	86,23	





Contoh Perhitungan:

Berdasarkan Tabel 4.10 nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 4 Tahunan diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 2 Tahunan dan nilai  $K_2$  (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 2 Tahunan) sebesar 0,00 dan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 5 Tahunan dan nilai  $K_5$  (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 5 Tahunan) = 0,84 yang terdapat pada Tabel 4.8.

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 4 Tahunan adalah sebagai berikut.

$T_4$  = Periode Ulang 4 Tahunan

$T_5$  = Periode Ulang 5 Tahunan

$T_2$  = Periode Ulang 2 Tahunan

$K_4$  = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 4 Tahunan

$K_5$  = 0,84

$K_2$  = 0,00

$$\frac{T_4 - T_5}{T_2 - T_5} = \frac{K_4 - K_5}{K_2 - K_5}$$

$$\frac{4 - 5}{2 - 5} = \frac{K_4 - 0,84}{0,00 - 0,84}$$

$$\frac{-1}{-3} = \frac{K_4 - 0,84}{-0,84}$$

$$K_4 = \left( \frac{(-1) \times (-0,84)}{(-3)} \right) + 0,84$$

$K_4$  = 0,70

Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah senilai 0,70 dan nilai ini digunakan untuk



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

menghitung nilai curah hujan rancangan (Persamaan 2.11 halaman 23) sebagai berikut.

Perhitungan curah hujan rancangan untuk Faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan =  $K_4$ .

$$\begin{aligned} X_4 &= \bar{x} + K_4 \cdot \delta_x \\ &= 105,602 + (0,70 \times 18,88) \\ &= 118,82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas (P) 0,10 dapat dilihat pada Tabel 4.8 sedangkan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas yang tidak tertera pada Tabel 4.8 dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai probabilitas dan nilai faktor frekuensi yang sudah ada. Berdasarkan hasil perhitungan Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Normal yang dilakukan, nilai *Chi-Square* yang diperoleh (= 0,333) lebih kecil dari nilai *Chi-Square* Kritis (= 3,841) sehingga dapat disimpulkan bahwa Distribusi Normal diterima.

### B. Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Normal

Berikut merupakan hasil perhitungan uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Normal dapat dilihat pada Tabel 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.12 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Normal

Kelas (K)	$P(x \geq X_m)$	$E_f$	X (mm)	$O_f$	
4	0,25	$0 < x \leq 0,25$	2,25	118,47	2
	0,50	$0,25 < x \leq 0,50$	2,25	103,51	3
	0,75	$0,50 < x \leq 0,75$	2,25	83,72	2
	1,00	$0,75 < x < 1,00$	2,25	67,64	2
		9,00		9	



Tabel 4.12 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Normal  
(lanjutan)

$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
0,25	0,028
-0,75	0,250
0,25	0,028
0,25	0,028
<b>Chi-Square</b>	<b>0,333</b>
<b>DK</b>	<b>1</b>
<b>Chi-Kritik</b>	<b>3,841</b>

Untuk memperoleh nilai frekuensi yang diketahui pada kelas pembagi ( $O_f$ ) dapat dilakukan dengan perhitungan pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Frekuensi yang Diketahui pada Kelas Pembagi ( $O_f$ ) Distribusi Log-Normal

$P(x \geq X_m)$	$P = m/(n + 1)$	$X$ (mm)	$O_f$
$0 < x \leq 0,25$	0,10	135,37	2
	0,20	121,82	
$0,25 < x \leq 0,50$	0,30	115,38	3
	0,40	109,23	
	0,50	103,51	
$0,50 < x \leq 0,75$	0,60	95,00	2
	0,70	87,26	
$0,75 < x < 1,00$	0,80	80,16	2
	0,90	73,64	

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan Tabel 4.12 nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 4 Tahunan diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 2 Tahunan dan nilai  $K_2$  (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 2 Tahunan) sebesar 0,84 dan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 5 Tahunan dan nilai  $K_5$  (nilai faktor



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

frekuensi dengan Periode Ulang 5 Tahunan) sebesar -0,03 yang terdapat pada Tabel 4.8 di atas.

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah sebagai berikut.

$T_4$  = Periode Ulang 4 Tahunan

$T_5$  = Periode Ulang 5 Tahunan

$T_2$  = Periode Ulang 2 Tahunan

$K_4$  = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 4 Tahunan

$K_5$  = 0,84

$K_2$  = -0,03

$$\frac{T_4 - T_5}{T_2 - T_5} = \frac{K_4 - K_5}{K_2 - K_5}$$

$$\frac{4 - 5}{2 - 5} = \frac{K_4 - 0,84}{-0,03 - 0,84}$$

$$\frac{-1}{-3} = \frac{K_4 - 0,84}{-0,87}$$

$$K_4 = \left( \frac{(-1) \times (-0,87)}{(-3)} \right) + 0,84$$

$K_4 = 0,69$

Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah senilai 0,69 dan nilai ini digunakan untuk menghitung nilai curah hujan rancangan untuk Distribusi Log-Normal (Persamaan 2.13 halaman 25) sebagai berikut.

Perhitungan curah hujan rancangan untuk Faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan =  $K_4$ .

$$\begin{aligned} \text{Log } X_4 &= \text{Log } \bar{x} + K_4 \cdot \text{Log } \delta_x \\ &= 2,017 + (0,69 \times 0,082) \\ &= 2,074 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$X_4 = 10^{2,074}$$



$$X_4 = 118,47 \text{ mm}$$

Dan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas (P) 0,10 dapat dilihat pada Tabel 4.8 sedangkan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas yang tidak tertera pada Tabel 4.8 dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai probabilitas dan nilai faktor frekuensi yang sudah ada. Berdasarkan hasil perhitungan Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Normal yang dilakukan, nilai *Chi-Square* yang diperoleh (= 0,333) lebih kecil dari nilai *Chi-Square* Kritis (= 3,841) sehingga dapat disimpulkan bahwa Distribusi Log-Normal diterima.

### C. Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Gumbel

Berikut merupakan hasil perhitungan uji *Chi-Square* untuk Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Gumbel

Kelas (K)	$P(x \geq X_m)$	$E_f$	X (mm)	$O_f$	
4	0,25	$0 < x \leq 0,25$	2,25	121,48	2
	0,50	$0,25 < x \leq 0,50$	2,25	103,05	3
	0,75	$0,50 < x \leq 0,75$	2,25	84,27	2
	1,00	$0,75 < x < 1,00$	2,25	62,56	2
		9,00		9	

Tabel 4.14 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Gumbel (lanjutan)

$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
0,25	0,028
-0,75	0,250
0,25	0,028
0,25	0,028
<b>Chi-Square</b>	<b>0,333</b>
<b>DK</b>	<b>1</b>
<b>Chi-Kritis</b>	<b>3,841</b>



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

Untuk memperoleh nilai frekuensi yang diketahui pada kelas pembagi ( $O_f$ ) dapat dilakukan dengan perhitungan pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Frekuensi yang Diketahui pada Kelas Pembagi ( $O_f$ ) Distribusi Gumbel

$P(x \geq X_m)$	$P = m/(n + 1)$	X (mm)	$O_f$
$0 < x \leq 0,25$	0,10	140,65	2
	0,20	125,67	
$0,25 < x \leq 0,50$	0,30	118,06	3
	0,40	110,51	
	0,50	103,05	
$0,50 < x \leq 0,75$	0,60	95,60	2
	0,70	88,04	
$0,75 < x < 1,00$	0,80	80,49	2
	0,90	72,94	

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan Tabel 4.14 nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 4 Tahunan diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 2 Tahunan dan nilai  $K_2$  (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 2 Tahunan) sebesar -0,13 dan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 5 Tahunan dan nilai  $K_5$  (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 5 Tahunan) sebesar 1,06 yang terdapat pada Tabel 4.8 di atas.

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah sebagai berikut.

$T_4$  = Periode Ulang 4 Tahunan

$T_5$  = Periode Ulang 5 Tahunan

$T_2$  = Periode Ulang 2 Tahunan



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

$K_4$  = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 4  
Tahunan

$$K_5 = 1,06$$

$$K_2 = -0,13$$

$$\frac{T_4 - T_5}{T_2 - T_5} = \frac{K_4 - K_5}{K_2 - K_5}$$

$$\frac{4 - 5}{2 - 5} = \frac{K_4 - 1,06}{-0,13 - 1,06}$$

$$\frac{-1}{-3} = \frac{K_4 - 1,06}{-1,19}$$

$$K_4 = \left( \frac{(-1) \times (-1,19)}{-3} \right) + 1,06$$

$$K_4 = 0,86$$

Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah senilai 0,86 dan nilai ini digunakan untuk menghitung nilai curah hujan rancangan untuk Distribusi Gumbel (Persamaan 2.11 halaman 23) sebagai berikut.

Perhitungan curah hujan rancangan untuk faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan =  $K_4$

$$\begin{aligned} X_4 &= \bar{x} + K_4 \cdot \delta_x \\ &= 105,602 + (0,86 \times 18,88) \\ &= 121,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas (P) 0,10 dapat dilihat pada Tabel 4.8 sedangkan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas yang tidak tertera pada Tabel 4.8 dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai probabilitas dan nilai faktor frekuensi yang sudah ada. Berdasarkan hasil perhitungan Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Gumbel yang dilakukan, nilai *Chi-Square* yang diperoleh (= 0,333)

lebih kecil dari nilai *Chi-Square* Kritis (= 3,841) sehingga dapat disimpulkan bahwa Distribusi Gumbel diterima.

D. Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Pearson III

Berikut merupakan hasil perhitungan uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.16 di bawah ini.

Tabel 4.16 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Normal

Kelas (K)	$P(x \geq X_m)$	$E_f$	X (mm)	$O_f$	
4	0,25	$0 < x \leq 0,25$	2,25	119,27	2
	0,50	$0,25 < x \leq 0,50$	2,25	105,51	3
	0,75	$0,50 < x \leq 0,75$	2,25	93,34	2
	1,00	$0,75 < x < 1,00$	2,25	82,57	2
		9,00		9	

Tabel 4.16 Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Pearson III (lanjutan)

$E_f - O_f$	$\frac{(E_f - O_f)^2}{E_f}$
0,25	0,028
-0,75	0,250
0,25	0,028
0,25	0,028
<b><i>Chi-Square</i></b>	<b>0,333</b>
<b><i>DK</i></b>	<b>1</b>
<b><i>Chi-Kritis</i></b>	<b>3,841</b>

Untuk memperoleh nilai frekuensi yang diketahui pada kelas pembagi ( $O_f$ ) dapat dilakukan dengan perhitungan pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Frekuensi yang Diketahui pada Kelas Pembagi ( $O_f$ ) Distribusi Log-Pearson III

$P(x \geq X_m)$	$P = m/(n + 1)$	X (mm)	$O_f$
$0 < x \leq 0,25$	0,10	130,98	2
	0,20	122,23	
$0,25 < x \leq 0,50$	0,30	116,38	3
	0,40	110,81	
	0,50	105,51	





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

---

Tabel 4.17 Frekuensi yang Diketahui pada Kelas Pembagi (O<sub>f</sub>) Distribusi Log-Pearson III (lanjutan)

P(x ≥ X <sub>m</sub> )	P = m/(n + 1)	X (mm)	O <sub>f</sub>
0,50 < x ≤ 0,75	0,60	100,46	2
	0,70	95,66	
0,75 < x < 1,00	0,80	91,08	2
	0,90	86,72	

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan Tabel 4.16 nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 4 Tahunan diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 2 Tahunan dan nilai K<sub>2</sub> (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 2 Tahunan) sebesar 0,08 dan nilai curah hujan rancangan dengan Periode Ulang 5 Tahunan dan nilai K<sub>5</sub> (nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 5 Tahunan) sebesar 0,86 yang terdapat pada Tabel 4.8 di atas.

Perhitungan Interpolasi nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah sebagai berikut.

T<sub>4</sub> = Periode Ulang 4 Tahunan

T<sub>5</sub> = Periode Ulang 5 Tahunan

T<sub>2</sub> = Periode Ulang 2 Tahunan

K<sub>4</sub> = Nilai faktor frekuensi untuk Periode Ulang 4 Tahunan

K<sub>5</sub> = 0,08

K<sub>2</sub> = 0,86

$$\frac{T_4 - T_5}{T_2 - T_5} = \frac{K_4 - K_5}{K_2 - K_5}$$
$$\frac{4 - 5}{2 - 5} = \frac{K_4 - 0,08}{0,08 - 0,86}$$



$$\frac{-1}{-3} = \frac{K_4 - 0,86}{-0,78}$$
$$K_4 = \left( \frac{(-1) \times (-0,78)}{(-3)} \right) + 0,86$$
$$K_4 = 0,73$$

Nilai faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan adalah senilai 0,73 dan nilai ini digunakan untuk menghitung nilai curah hujan rancangan untuk Distribusi Log-Normal (Persamaan 2.13 halaman 25) sebagai berikut.

Perhitungan curah hujan rancangan untuk Faktor frekuensi dengan Periode Ulang 4 Tahunan =  $K_4$ .

$$\begin{aligned} \text{Log } X_4 &= \text{Log } \bar{x} + K_4 \cdot \text{Log } \delta_x \\ &= 2,017 + (0,73 \times 0,082) \\ &= 2,077 \text{ mm} \\ X_4 &= 10^{2,077} \\ X_4 &= 119,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas (P) 0,10 dapat dilihat pada Tabel 4.8 sedangkan untuk nilai curah hujan rancangan dengan probabilitas yang tidak tertera pada Tabel 4.8 dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan interpolasi menggunakan nilai probabilitas dan nilai faktor frekuensi yang sudah ada. Berdasarkan hasil perhitungan Uji *Chi-Square* untuk Distribusi Log-Log-Pearson III yang dilakukan, nilai *Chi-Square* yang diperoleh (= 0,333) lebih kecil dari nilai *Chi-Square* Kritis (= 3,841) sehingga dapat disimpulkan bahwa Distribusi Log-Pearson III diterima.

Dari hasil perhitungan nilai *Chi-Square* untuk Distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel dan Log-Pearson III diperoleh kesimpulan bahwa empat distribusi tersebut diterima. Hal ini

dikarenakan nilai perhitungan *Chi-Square* lebih kecil daripada nilai *Chi-Square* Kritik yang ditentukan, yaitu 3,841. Hasil dari Uji *Chi-Square* pada masing-masing distribusi dapat dilihat dalam Tabel 4.18 di bawah ini.

Tabel 4.18 Hasil Uji *Chi-Square* Masing-masing Distribusi

	Hasil Uji <i>Chi-Square</i> Masing-masing Distribusi			
	Normal	Log-Normal	Gumbel	Log-Pearson III
<i>Chi-Kritik</i>	3,841	3,841	3,841	3,841
<i>Chi-Square</i>	0,333	0,333	0,333	0,333
<i>Kesimpulan</i>	<b>0,333 &lt; 3,841</b>	<b>0,333 &lt; 3,841</b>	<b>0,333 &lt; 3,841</b>	<b>0,333 &lt; 3,841</b>
	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Tahapan awal yang dilakukan dalam pengujian *Smirnov-Kolmogorov* yaitu dengan mencari nilai distribusi kritis ( $\Delta_{cr}$ ) dengan mencocokkan jumlah data ( $n$ ) dan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) dengan menggunakan Tabel 4.19 Nilai Distribusi Kristis ( $\Delta_{cr}$ ).

Tabel 4.19 Nilai kritis  $\Delta$  untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk  $n = 9$  dan  $\alpha = 0,05$

n/ $\alpha$	1	0,2	0,1	0,05	0,01	0
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	<b>0,4300</b>	0,5100	0,5100

Berdasarkan Tabel 4.19 di atas dapat ditentukan nilai Delta Kritik ( $\Delta_{cr}$ ) adalah 0,4300 dengan jumlah data pada perhitungan ada 9 dan  $\alpha = 0,05$  (taraf signifikansi). Perhitungan uji kecocokan distribusi dengan menggunakan *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut.



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Tabel 4.20 Perhitungan Uji Kecocokan Sebaran *Smirnov-Kolmogorov*

x <sub>i</sub> (mm)	x	P(x)	Normal		Log-Normal	
			P'(x)	Δ	P'(x)	Δ
128,11	1	0,1	0,117	0,017	0,474	0,374
125,46	2	0,2	0,146	0,054	0,477	0,277
122,57	3	0,3	0,184	0,116	0,480	0,180
108,82	4	0,4	0,432	0,032	0,496	0,096
107,75	5	0,5	0,455	0,045	0,497	0,003
107,69	6	0,6	0,456	0,144	0,497	0,103
92,51	7	0,7	0,756	0,056	0,518	0,182
82,67	8	0,8	0,888	0,088	0,533	0,267
74,84	9	0,9	0,948	0,048	0,547	0,353
Δ <sub>cr</sub>	<b>0,430</b>	Δ <sub>max</sub>		<b>0,144</b>		<b>0,374</b>
		Ket.		<i>Diterima</i>		<i>Diterima</i>

Tabel 4.20 Perhitungan Uji Kecocokan Sebaran *Smirnov-Kolmogorov* (lanjutan)

x <sub>i</sub> (mm)	x	P(x)	Gumbel		Log-Pearson III	
			P'(x)	Δ	P'(x)	Δ
128,11	1	0,1	0,115	0,015	0,520	0,420
125,46	2	0,2	0,136	0,064	0,523	0,323
122,57	3	0,3	0,162	0,138	0,526	0,226
108,82	4	0,4	0,363	0,037	0,542	0,142
107,75	5	0,5	0,384	0,116	0,543	0,043
107,69	6	0,6	0,386	0,214	0,543	0,057
92,51	7	0,7	0,745	0,045	0,564	0,136
82,67	8	0,8	0,930	0,130	0,579	0,221
74,84	9	0,9	0,989	0,089	0,592	0,308
Δ <sub>cr</sub>	<b>0,430</b>	Δ <sub>max</sub>		<b>0,214</b>		<b>0,420</b>
		Ket.		<i>Diterima</i>		<i>Diterima</i>

Keterangan:

Δ = Selisih peluang lapangan dan peluang teoritis

P(x) = Peluang lapangan, menggunakan persamaan Weibull

P'(x) = Peluang teoritis, menggunakan persamaan probabilitas masing-masing distribusi

Contoh Perhitungan:

Jumlah Data = n = 9

Hujan harian maksimum (R<sub>24</sub>) = 128,11 mm

(data curah hujan diperoleh dari Tabel 4.4)

Curah Hujan Rerata ( $\bar{x}$ ) = 105,602 mm

Standar Deviasi ( $\delta_x$ ) = 18,88 mm





## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

Peringkat (m) = 1

Menghitung nilai peluang lapangan ( $P(x)$ ) dengan menggunakan Persamaan Weibull pada Persamaan 2.1 halaman 16.

$$\begin{aligned}P(x) &= \frac{m}{n+1} \\ &= \frac{1}{9+1} \\ &= 0,1\end{aligned}$$

Nilai peluang teoritis ( $P'(x)$ ) diperoleh dengan menggunakan bantuan *software* Ms. Excel. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai peluang empiris masing-masing distribusi.

### A. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Normal

$$\begin{aligned}P'(1) &= \frac{1}{\delta_x \sqrt{2\pi}} \exp \frac{[-(x_i - \bar{x})^2]}{2\delta_x^2} \\ &= \frac{1}{18,88\sqrt{2\pi}} \exp \frac{[-(128,11 - 105,602)^2]}{2(18,88)^2} \\ &= 0,117\end{aligned}$$

Dengan:

$x_i$  = Hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) (mm)

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata hujan harian maksimum (mm)

$\delta_x$  = Standar Deviasi (mm)

Contoh perhitungan selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis ( $\Delta$ ) adalah sebagai berikut.

$$\Delta = |P(x) - P'(x)| = |0,100 - 0,117| = 0,017$$

Dengan:

$\Delta$  = Selisih peluang lapangan dan peluang Teoritis

$P(x)$  = Peluang lapangan, menggunakan Persamaan Weibull (Pers. 2.1 hal. 16)



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

$P'(x)$  = Peluang teoritis, menggunakan persamaan probabilitas masing-masing distribusi

**B. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Log-Normal**

$$\begin{aligned} P'(1) &= \frac{1}{\text{Log } x_i \cdot \text{Log } \delta_x \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2} \left( \frac{(\text{Log } x_i - \text{Log } \bar{x})}{\text{Log } \delta_x} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{\text{Log}(128,11) \cdot \text{Log}(18,88) \sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{1}{2} \left( \frac{(\text{Log}(128,11) - \text{Log}(105,602))}{\text{Log}(18,88)} \right)^2 \right) \\ &= 0,474 \end{aligned}$$

Dengan:

$\text{Log } x_i$  = Nilai logaritma hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) (mm)

$\text{Log } \bar{x}$  = Nilai logaritma rata-rata hujan harian maksimum (mm)

$\text{Log } \delta_x$  = Nilai logaritma Standar Deviasi (mm)

Contoh perhitungan selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis ( $\Delta$ ) adalah sebagai berikut.

$$\Delta = |P(x) - P'(x)| = |0,100 - 0,474| = 0,374$$

Dengan:

$\Delta$  = Selisih peluang lapangan dan peluang teoritis

$P(x)$  = Peluang lapangan, menggunakan Persamaan Weibull (Pers. 2.1 hal. 16)

$P'(x)$  = Peluang teoritis, menggunakan persamaan probabilitas masing-masing distribusi

**C. Uji Smirnov-Kolmogorov untuk Distribusi Gumbel**

Untuk menentukan nilai teoritis ( $P'(x)$ ) Distribusi Gumbel ditentukan dengan menggunakan faktor reduksi



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

gumbel (Y) dengan Persamaan 2.18 hingga Persamaan 2.20 pada halaman 26 berikut.

$$\begin{aligned}a &= 1,283/\delta_x \\ &= 1,283/18,88 = 0,068 \\ x_0 &= \bar{x} - 0,455\delta_x \\ &= 105,602 - 0,455(18,88) = 97,012 \\ Y &= a(x_i - x_0) \\ &= 0,068(128,11 - 97,012) \\ &= 2,117\end{aligned}$$

Setelah memperoleh nilai faktor reduksi gumbel (Y), selanjutnya melakukan perhitungan peluang teoritis Distribusi Gumbel.

$$\begin{aligned}P'(1) &= e^{(-e)^{-Y}} \\ &= 2,71828^{(-2,71828)^{-2,117}} \\ &= 0,115\end{aligned}$$

Dengan:

$$\begin{aligned}x_i &= \text{Hujan harian maksimum (R}_{24}\text{) (mm)} \\ \bar{x} &= \text{Nilai rata-rata hujan harian maksimum (mm)} \\ \delta_x &= \text{Standar Deviasi (mm)} \\ e &= 2,71828 \\ Y &= \text{Faktor reduksi Gumbel}\end{aligned}$$

Contoh perhitungan selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis ( $\Delta$ ) adalah sebagai berikut.

$$\Delta = |P(x) - P'(x)| = |0,100 - 0,115| = 0,015$$

Dengan:

$$\Delta = \text{Selisih peluang lapangan dan peluang teoritis}$$



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

$P(x)$  = Peluang lapangan, menggunakan  
Persamaan Weibull (Pers. 2.1 hal. 16)

$P'(x)$  = Peluang teoritis, menggunakan persamaan  
probabilitas masing-masing distribusi

**D. Uji *Smirnov-Kolmogorov* untuk Distribusi Log-Pearson  
III**

Penentuan nilai peluang teoritis ( $P'(x)$ ) Distribusi Log-Pearson III ditentukan dengan menghitung nilai parameter skala, parameter bentuk dan parameter letak dengan menggunakan Persamaan 2.23 hingga Persamaan 2.25 berikut.

$$a = \frac{C_s \times \delta_x}{2} = \frac{-0,460 \times 18,88}{2} = -4,3424$$

$$b = \left( \frac{1}{C_s} \times 2 \right)^2 = \left( \frac{1}{-0,460} \times 2 \right)^2 = 18,903$$

$$c = \left( \bar{x} \times \frac{2\delta_x}{C_s} \right) = \left( 105,602 \times \frac{2(18,88)}{-0,460} \right) = -8668,55$$

Setelah memperoleh nilai parameter skala, parameter bentuk dan parameter letak, selanjutnya melakukan perhitungan peluang teoritis Distribusi Log-Pearson III.

$$\begin{aligned} P'(1) &= \frac{1}{a \Gamma(b)} \left[ \frac{x_i - c}{a} \right]^{b-1} e^{-\left[ \frac{x_i - c}{a} \right]} \\ &= \frac{1}{(-4,3424) \Gamma(18,903)} \left[ \frac{128,11 - (-8668,55)}{-4,3424} \right]^{18,903-1} \\ &\quad e^{-\left[ \frac{128,11 - (-8668,55)}{-4,3424} \right]} \\ &= 0,520 \end{aligned}$$

Dengan:

$x_i$  = Hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) (mm)

$\Gamma$  = Fungsi Gamma

$\delta_x$  = Standar Deviasi (mm)





**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

- a = parameter skala
- b = parameter bentuk
- c = parameter letak

Contoh perhitungan selisih peluang lapangan dengan peluang teoritis ( $\Delta$ ) adalah sebagai berikut.

$$\Delta = |P(x) - P'(x)| = |0,100 - 0,520| = 0,420$$

Dengan:

$\Delta$  = Selisih peluang lapangan dan peluang teoritis

$P(x)$  = Peluang lapangan, menggunakan Persamaan Weibull (Pers. 2.1 hal. 16)

$P'(x)$  = Peluang teoritis, menggunakan persamaan probabilitas masing-masing distribusi

Dari hasil perhitungan Uji *Smirnov-Kolmogorov* pada Tabel 4.20, masing-masing distribusi diambil nilai  $\Delta$  maksimum. Distribusi diterima apabila nilai  $\Delta$  maksimum lebih kecil daripada nilai  $\Delta_{cr}$  (= 0,430). Berikut hasil perbandingan nilai  $\Delta_{max}$  dan  $\Delta_{cr}$  yang dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 Hasil Uji *Smirnov-Kolmogorov* Masing-masing Distribusi

	Hasil Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i> Masing-masing Distribusi			
	Normal	Log-Normal	Gumbel	Log-Pearson III
$\Delta_{cr}$	0,430	0,430	0,430	0,430
$\Delta_{max}$	0,144	0,374	0,214	0,420
<b>Kesimpulan</b>	<b>0,144 &lt; 0,430</b>	<b>0,374 &lt; 0,430</b>	<b>0,214 &lt; 0,430</b>	<b>0,420 &lt; 0,430</b>
	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>	<b>Diterima</b>

Penentuan hasil dari perhitungan distribusi yang tepat untuk digunakan dalam perhitungan, selanjutnya melakukan

perhitungan Uji Kecocokan Distribusi menggunakan Metode *Chi-Square* dan Metode *Smirnov-Kolmogorov*. Berikut merupakan hasil seluruh pengujian kecocokan distribusi yang dilakukan pada masing-masing distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.22 di bawah ini.

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Distribusi dan Uji

	Hasil Perhitungan dan Uji Masing-masing Distribusi			
	Normal	Log-Normal	Gumbel	Log-Pearson III
<i>Perhitungan Distribusi (Tabel 4.5)</i>	Tidak Diterima	Tidak Diterima	Tidak Diterima	<b>Diterima</b>
<i>Uji Chi-Square (Tabel 4.18)</i>	Diterima	Diterima	Diterima	<b>Diterima</b>
<i>Uji Smirnov-Kolmogorov (Tabel 4.20)</i>	Diterima	Diterima	Diterima	<b>Diterima</b>
<i>Kesimpulan</i>	<b>Tidak Diterima</b>	<b>Tidak Diterima</b>	<b>Tidak Diterima</b>	<b>Diterima</b>

Pada Tabel 4.22 dapat dilihat dan disimpulkan bahwa jenis distribusi yang terbaik adalah Distribusi Log-Pearson III yang dapat digunakan untuk menganalisa distribusi hujan jam-jaman.

#### 4.5.2.4 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman

Dari tahapan pengujian diperoleh hasil bahwa distribusi Log-Pearson III merupakan distribusi yang cocok dan diperoleh hasil perhitungan periode kala ulang hujan harian maksimum pada DAS Garang, dan diperoleh nilai curah hujan rancangan per periode ulang T tahunan ( $X_T$ ) sebagai periode ulang hujan harian maksimum. Jumlah periode ulang yang digunakan ada lima, yaitu periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan dan 50 tahunan. Hasil periode ulang hujan harian maksimum yang terdapat pada Tabel 4.8 untuk distribusi Log-Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut.



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Tabel 4.23 Curah Hujan Rancangan Distribusi Log-Pearson III per Periode Ulang T Tahunan

T (Tahunan)	X <sub>T</sub> (mm)
2	105,51
5	122,23
10	130,98
25	140,20
50	146,06

Nilai curah hujan rancangan per periode ulang T tahunan ( $X_T$ ) yang telah diperoleh digunakan dengan tujuan untuk perhitungan intensitas curah hujan (i) dengan menggunakan metode Mononobe. Metode Mononobe ini digunakan untuk mencari intensitas curah hujan dengan periode ulang 2 tahunan (Tabel 4.24), 5 tahunan (Tabel 4.25), 10 tahunan (Tabel 4.26), 25 tahunan (Tabel 4.27) dan 50 tahunan (Tabel 4.28) dengan nilai durasi curah hujan (t) menggunakan jam ke-1 hingga jam ke-6.

Tabel 4.24 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 2 Tahunan

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
0,5	58,06	22,15	23,37
1	36,58	13,95	14,72
1,5	27,91	10,65	11,23
2	23,04	8,79	9,27
2,5	19,86	7,57	7,99
3	17,59	6,71	7,08
3,5	15,87	6,05	6,39
4	14,52	5,54	5,84
4,5	13,42	5,12	5,40
5	12,51	4,77	5,03
5,5	11,74	4,48	4,72
6	11,08	4,23	4,46
Σ	262,17		105,51



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman dengan Periode Ulang 2 Tahunan.

Curah Hujan Rancangan dengan Periode Ulang 2 Tahunan

$$X_2 = 105,51 \text{ mm (Log-Pearson III – Tabel 4.14)}$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas curah hujan (i)} &= \frac{X_2}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \\ &= \frac{105,51}{24} \left(\frac{24}{0,5}\right)^{2/3} \\ &= 58,06 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma i &= 23,37 + 14,72 + 11,23 + 9,27 + 7,99 + 7,08 + 6,39 + 5,84 \\ &\quad 5,40 + 5,03 + 4,72 + 4,46 \\ &= 262,17 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Intensitas curah hujan dalam persen

$$i = (58,06/262,17) \times 100\% = 22,15\%$$

$$\begin{aligned} \text{Distribusi hujan jam-jaman} &= i (\%) \times X_2 \\ &= 22,15\% \times 105,51 \\ &= 23,37 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut apabila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai  $X_2$ . Perhitungan yang dilakukan untuk distribusi hujan jam-jaman dengan periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahunan sama seperti perhitungan distribusi hujan jam-jaman dengan periode ulang 2 tahunan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.25 hingga Tabel 4.28.

Tabel 4.25 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 5 Tahunan

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
0,5	67,26	22,15	27,07
1	42,37	13,95	17,05
1,5	32,34	10,65	13,01

Tabel 4.25 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 5 Tahunan (lanjutan)

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
2	26,69	8,79	10,74
2,5	23,00	7,57	9,26
3	20,37	6,71	8,20
3,5	18,38	6,05	7,40
4	16,82	5,54	6,77
4,5	15,55	5,12	6,26
5	14,49	4,77	5,83
5,5	13,60	4,48	5,47
6	12,83	4,23	5,16
Σ	303,71		122,23

Tabel 4.26 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 10 Tahunan

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
0,5	72,08	22,15	29,01
1	45,41	13,95	18,27
1,5	34,65	10,65	13,95
2	28,60	8,79	11,51
2,5	24,65	7,57	9,92
3	21,83	6,71	8,79
3,5	19,70	6,05	7,93
4	18,02	5,54	7,25
4,5	16,66	5,12	6,70
5	15,53	4,77	6,25
5,5	14,57	4,48	5,86
6	13,75	4,23	5,53
Σ	325,45		130,98

Tabel 4.27 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 25 Tahunan

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
0,5	77,15	22,15	31,05
1	48,60	13,95	19,56





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

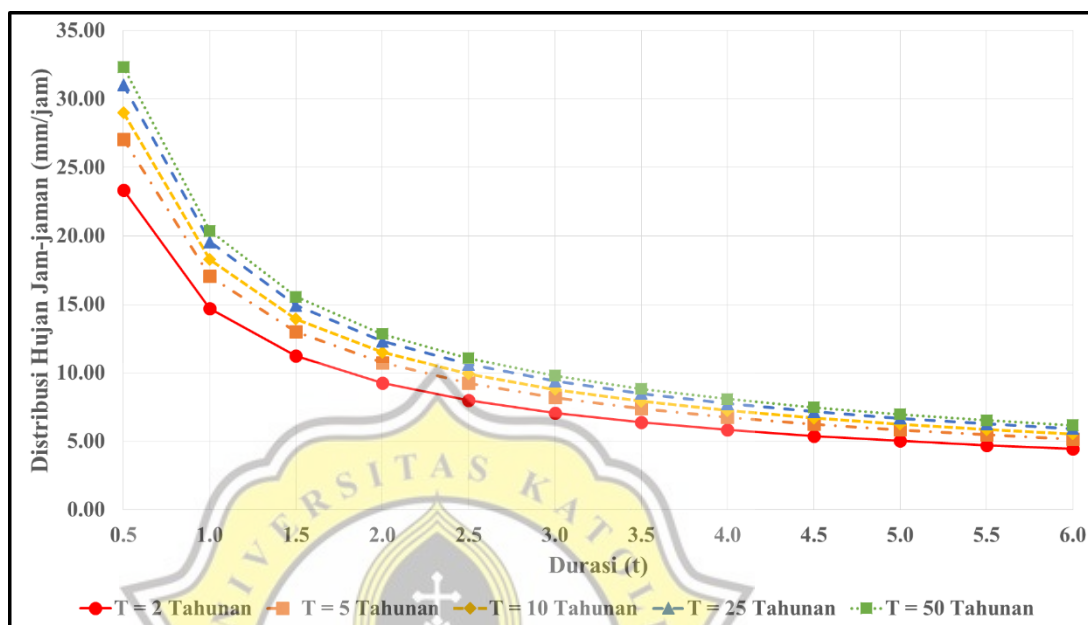
Tabel 4.27 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 25 Tahunan (lanjutan)

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
1,5	37,09	10,65	14,93
2	30,62	8,79	12,32
2,5	26,39	7,57	10,62
3	23,37	6,71	9,40
3,5	21,08	6,05	8,49
4	19,29	5,54	7,76
4,5	17,83	5,12	7,18
5	16,62	4,77	6,69
5,5	15,60	4,48	6,28
6	14,72	4,23	5,92
Σ	348,37		140,20

Tabel 4.28 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 50 Tahunan

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
0,5	80,38	22,15	32,35
1	50,64	13,95	20,38
1,5	38,64	10,65	15,55
2	31,90	8,79	12,84
2,5	27,49	7,57	11,06
3	24,34	6,71	9,80
3,5	21,97	6,05	8,84
4	20,10	5,54	8,09
4,5	18,58	5,12	7,48
5	17,32	4,77	6,97
5,5	16,25	4,48	6,54
6	15,34	4,23	6,17
Σ	362,94		146,06

Untuk grafik distribusi hujan jam-jaman dapat dilihat pada Grafik 4.5 berikut ini.



Grafik 4.5 Distribusi Hujan Jam-jaman per Periode Ulang T Tahunan

## 4.6 Pemodelan HEC-HMS

Terdapat beberapa langkah dalam melakukan pemodelan HEC-HMS, yaitu: *input data*, analisis terhadap parameter model dan kalibrasi pada hidrograf aliran agar debit simulasi tidak jauh beda dengan debit lapangan.

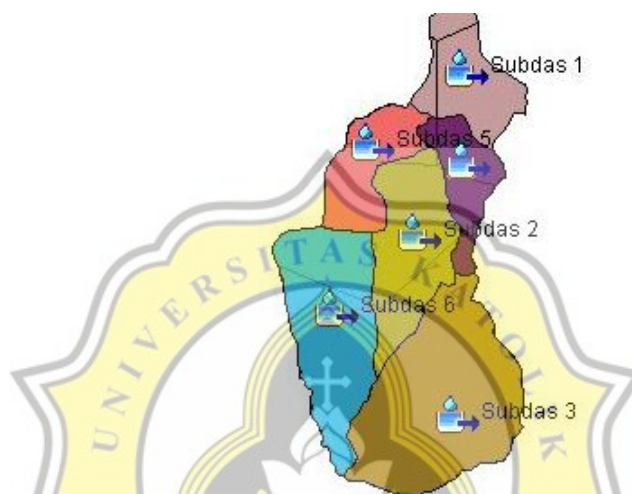
### 4.6.1 *Input Data*

Dalam melakukan pemodelan HEC-HMS diperlukan *input data* terhadap beberapa komponen yang terdapat pada pemodelan tersebut. Komponen tersebut antara lain: *Basin Model*, *Control Specification*, dan *Time Series Data*.

#### 1. *Basin Model*

*Input data* yang digunakan dalam *Basin Model* adalah peta Sub DAS Garang sebagai *background* pada HEC-HMS. Peta tersebut berguna untuk membantu posisi penempatan elemen-

elemen hidrologi pada *Basin Model*. Elemen-elemen tersebut adalah *sub-basin* yang merupakan simbol dan fungsi dari Sub DAS, *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 Garang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Basin Model DAS Garang

Luas dari Sub DAS yang telah diperoleh sebelumnya melalui *software* ArcMap di-*input* ke dalam tabel *sub-basin area*. Luasan Sub DAS tersebut di-*input* dalam satuan km<sup>2</sup> untuk setiap datanya. Hasil dari *input* data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.29 berikut:

Tabel 4.29 *Output Data* Sub Basin Area DAS Garang

<b>Sub Basin</b>	<b>Area (km<sup>2</sup>)</b>
Sub DAS 1	26,47
Sub DAS 2	34,74
Sub DAS 3	67,22
Sub DAS 4	16,64
Sub DAS 5	21,18
Sub DAS 6	44,91
<b>Jumlah</b>	<b>211,16</b>



## 2. *Meteorologic Model*

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

## 3. *Control Specification*

*Control Specification* merupakan waktu berlangsungnya simulasi dalam *software* HEC-HMS. Simulasi ini dilakukan pada tahun 2017 dengan interval waktu 30 menit selama 24 jam.

## 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 di-*input* dengan jangka waktu 24 jam dan dengan *interval* 30 menit *input data Time Series Data* dapat dilihat pada Tabel 4.30 sampai dengan Tabel 4.34.

Tabel 4.30 *Precipitation Gage* Periode Ulang 2 Tahunan

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	23,37	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	14,72	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	11,23	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	9,27	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	7,99	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	7,08	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	6,39	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	5,84	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	5,40	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	5,03	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	4,72	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	4,46	12:00	0	18:00	0	0:00	0



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

**Tabel 4.31 *Precipitation Gage* Periode Ulang 5 Tahunan**

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	27,07	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	17,05	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	13,01	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	10,74	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	9,26	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	8,20	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	7,40	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	6,77	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	6,26	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	5,83	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	5,47	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	5,16	12:00	0	18:00	0	0:00	0

**Tabel 4.32 *Precipitation Gage* Periode Ulang 10 Tahunan**

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	29,01	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	18,27	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	13,95	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	11,51	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	9,92	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	8,79	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	7,93	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	7,25	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	6,70	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	6,25	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	5,86	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	5,53	12:00	0	18:00	0	0:00	0





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Tabel 4.33 *Precipitation Gage* Periode Ulang 25 Tahunan

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	31,05	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	19,56	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	14,93	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	12,32	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	10,62	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	9,40	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	8,49	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	7,76	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	7,18	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	6,69	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	6,28	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	5,92	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.34 *Precipitation Gage* Periode Ulang 50 Tahunan

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	32,35	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	20,38	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	15,55	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	12,84	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	11,06	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	9,80	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	8,84	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	8,09	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	7,48	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	6,97	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	6,54	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	6,17	12:00	0	18:00	0	0:00	0

#### 4.6.2 Pemodelan Parameter HEC-HMS

Pemodelan 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 4.35.

Tabel 4.35 Model dan Metode Parameter HEC-HMS

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

1. Parameter *Loss Model* (*SCS Curve Number Method*)

Dalam Parameter *Loss Model* (*SCS Curve Number*) terdapat tiga nilai parameter yang di input, yaitu: *Curve Number* (CN), *Impervious*, dan *Initial Abstraction*. Nilai parameter *Curve Number* (CN) Sub DAS 1 yang digunakan seperti pada Tabel 4.36 tersebut diperoleh berdasarkan perhitungan dan pengolahan melalui *software* ArcMap.

Tabel 4.36 Parameter *Curve Number* Sub DAS 1

No	Kelompok Tanah	Penggunaan Lahan	<i>Curve Number</i> (CN)	Luas (km <sup>2</sup> )	Luas × CN
1	B	Pemukiman	92	43,49	4001,21
2		Pemukiman	92	135,69	12200,24
3		Pertanian	72	81,97	5902,42
4		Tambak	98	4,85	475,95
5		Tambak	98	4,85	475,95
				<b>270,88</b>	<b>23339,80</b>

Tabel 4.37 Nilai *Curve Number*

Sub DAS	Nilai <i>Curve Number</i> (Sesuai Tata Guna Lahan)
1	86,16
2	77,59
3	4,86
4	82,42
5	73,31
6	75,34

Contoh Perhitungan:

Perhitungan untuk menentukan nilai *Curve Number* (CN) pada sub DAS 1

$$\begin{aligned}
 CN_{TA} &= \frac{\sum (\text{Luas} \times \text{CN})}{\sum \text{Luas}} \\
 &= \frac{23339,80}{270,88} \\
 &= 86,16
 \end{aligned}$$

Tabel 4.38 Nilai *Impervious* Sub DAS 1

Sub DAS	Nilai <i>Impervious</i> (Sesuai Tata Guna Lahan) (%)	Luas (km <sup>2</sup> )	Luas × <i>Impervious</i>
1	5	43,49	217,45
2	5	135,69	678,49
3	5	81,97	409,89
4	0	4,85	0,00
5	0	4,85	0,00
		<b>270,88</b>	<b>1305,83</b>

Contoh Perhitungan:

Perhitungan untuk menentukan nilai *Impervious* pada sub DAS 1

$$\begin{aligned}
 Impervious_{TA} &= \frac{\sum (\text{Luas} \times \text{Impervious})}{\sum \text{Luas}} \times 100\% \\
 &= \frac{1305,83}{270,88} \times 100\% \\
 &= 4,82\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.39 *Input Data Curve Number*

Sub DAS	<i>Curve Number</i> (CN)	Retensi Maksimum (mm)	<i>Initial Abstraction</i>	<i>Impervious</i> (%)
1	86,16	30,43	6,08	4,82
2	77,59	73,36	14,67	13,40
3	4,86	207,81	41,56	18,30
4	82,42	54,14	10,82	18,03
5	73,31	92,47	18,49	13,92
6	75,34	83,09	16,61	11,18

Contoh Perhitungan:

Nilai *Curve Number* (CN) yang digunakan dilihat pada Tabel 4.37 halaman 145, yaitu nilai *Curve Number* (CN) sesuai data Tata Guna Lahan yang akan digunakan pada perhitungan. Nilai *Impervious* sesuai data Tata Guna Lahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.39 pada halaman 146.

$$\begin{aligned}\text{Retensi Maksimum (S)} &= (25400/\text{CN}) - 254 \\ &= (25400/89,30) - 254 \\ &= 30,43 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Initial Abstraction (Ia)} &= 0,2 \times \text{Retensi Maksimum (S)} \\ &= 0,2 \times 30,43 = 6,08\end{aligned}$$

## 2. Parameter *Transform Model* (SCS Unit Hydrograph Method)

Dalam parameter ini digunakan nilai *Lag Time* untuk setiap Sub DAS yang terdapat pada DAS Garang. Nilai tersebut didapatkan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan panjang aliran sungai, angka kemiringan sungai, dan CN dari setiap Sub DAS. Contoh perhitungan nilai *Lag Time* untuk Parameter *Transform Model* (SCS Unit Hydrograph Method) seperti pada Tabel 4.40 berikut:

Tabel 4.40 *Input Data SCS Unit Hydrograph Method*

Sub DAS	L (m)	Elevasi (mdpl)		S	CN	T <sub>L</sub>	
		Tertinggi	Terendah			(jam)	(menit)
1	8792,6	14	0	0,0015	86,16	0,25	9,17
2	14063,6	791	43	0,0531	77,59	0,09	3,34
3	20584,1	477	247	0,0111	4,86	6,05	217,99
4	11710,5	246	15	0,0197	82,42	0,10	3,88
5	14115,6	219	15	0,0144	73,31	0,20	7,54
6	17440,4	577	195	0,0219	75,34	0,18	6,73

Dengan:

L = Panjang Sungai

S = Kemiringan Sungai

CN = Curve Number

T<sub>L</sub> = Lag Time

Contoh Perhitungan:

Perhitungan mencari nilai *Lag Time* (T<sub>L</sub>) untuk metode *SCS Unit Hydrograph* dan kemiringan sungai (S) pada Sub DAS 1 dapat menggunakan Persamaan 2.63 dan 2.64 halaman 57. Pada perhitungan *Lag Time* nilai panjang sungai dikonversi dari dalam bentuk satuan meter menjadi satuan kilometer. Untuk nilai panjang dan elevasi diperoleh dari analisis menggunakan ArcGIS.

$$\begin{aligned}\text{Kemiringan (S)} &= (\text{Elv. Tertinggi} - \text{Elv. Terendah}) / \text{Panjang} \\ &= (14 - 0) / 8792,6 \\ &= 0,0015 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lag Time dalam jam (T}_L\text{)} &= L^{0,8} \left( \frac{2540 - 22,86 \times \text{CN}}{14104 \times \text{CN}^{0,7} \times S^{0,5}} \right) \\ &= 8,792^{0,8} \left( \frac{2540 - 22,86 \times 86,16}{14104 \times 86,16^{0,7} \times 0,0015^{0,5}} \right) \\ &= 0,25 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lag Time dalam menit (T}_L\text{)} &= \text{T}_L \text{ dalam jam} \times 0,6 \times 60 \\ &= 0,25 \times 0,6 \times 60 \\ &= 9,17 \text{ menit}\end{aligned}$$



### 3. Parameter *Routing* (*Lag Routing Method*)

*Input data* yang dilakukan dalam parameter ini merupakan data *Lag* pada *reach* yang terdapat pada DAS Garang. Data *Lag* diperoleh berdasarkan estimasi perhitungan dengan rumus yang diambil dari Tabel 4.41 sebagai berikut:

Tabel 4.41 *Input Data Lag Method*

Lokasi	L (m)	Elevasi (mdpl)		S	T <sub>L</sub>	
		Tertinggi	Terendah		(jam)	(menit)
J1 – Tk (Reach 1)	11635	246	15	0,0199	1,98	71,448
J3 – Tk (Reach 2)	3916	73	15	0,0148	0,96	34,580
J2 – Tk (Reach 3)	13941	219	15	0,0146	2,57	92,357
Tk – B. Simongan (Reach 4)	3889	19	10	0,0023	1,95	70,290
B.Simongan – Out (Reach 5)	5749	14	0	0,0024	2,59	93,129

Dengan:

L = Panjang Sungai

S = Kemiringan Sungai

T<sub>L</sub> = *Lag Time*

Contoh perhitungan:

Perhitungan mencari nilai *Lag Time* (T<sub>L</sub>) untuk metode *Lag Routing* dan kemiringan sungai (S) pada Sub DAS 1 dapat menggunakan Persamaan 2.64 dan 2.63 halaman 56. Pada perhitungan *Lag Time* nilai panjang sungai dikonversi dari dalam bentuk satuan meter menjadi satuan kilometer.

$$\begin{aligned}
 \text{Kemiringan (S)} &= (\text{Elv. Tertinggi} - \text{Elv. Terendah}) / \text{Panjang} \\
 &= (246 - 15) / 11635 \\
 &= 0,0199 \text{ m}
 \end{aligned}$$



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

$$\begin{aligned} \text{Lag Time dalam jam } (T_L) &= ((0,87 \times \text{Panjang}^2)/(1000 \times S)^{0,385} \\ &= ((0,87 \times 11,635^2)/(1000 \times 0,0199)^{0,385} \\ &= 1,98 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lag Time dalam menit } (T_L) &= T_L \text{ dalam jam} \times 0,6 \times 60 \\ &= 1,98 \times 0,6 \times 60 \\ &= 71,448 \text{ menit} \end{aligned}$$

#### 4. Kalibrasi

Untuk memperoleh nilai debit simulasi, perlu dilakukan proses kalibrasi yang bertujuan untuk mengetahui nilai tingkat kesalahan (*error*) dari data yang ada. Jika debit puncak hasil yang diperoleh dari simulasi belum mendekati nilai debit puncak lapangan, maka nilai parameter perlu diubah agar nilai debit puncak simulasi mendekati nilai debit puncak lapangan. Nilai debit puncak lapangan yang digunakan pada perhitungan kalibrasi kali ini sebesar 119,54 m<sup>3</sup>/s pada tanggal 01 Januari 2017. Untuk memperoleh data hujan jam-jaman untuk kalibrasi membutuhkan nilai data hujan harian maksimum pada tanggal 01 Januari 2017 dari masing-masing stasiun hujan pada DAS Garang, yaitu stasiun hujan Madukoro, stasiun hujan Kalisari, stasiun hujan Simongan, stasiun hujan Gunung Pati dan stasiun hujan Sumur Jurang. Berikut merupakan proses dan hasil perhitungan curah hujan harian maksimum pada tanggal 01 Januari 2017 pada masing-masing stasiun hujan pada DAS Garang yang dapat dilihat pada Tabel 4.42 di bawah ini.

Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum (R<sub>24</sub>) Masing-masing Stasiun Hujan

Sta. Hujan	Pi	x (mm)	R <sub>24</sub> (mm)
Madukoro	0,028	0,0	0,00
Kalisari	0,072	1,0	0,07
Simongan	0,123	1,0	0,12



**Tugas Akhir**

**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

---

Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum ( $R_{24}$ ) Masing-masing Stasiun Hujan (lanjutan)

Sta. Hujan	Pi	x (mm)	$R_{24}$ (mm)
Gunung Pati	0,323	110,0	35,53
Sumur Jurang	0,454	55,0	24,97
		$\Sigma R_{24} =$	<b>60,70</b>

Contoh Perhitungan:

Pi = Koefisien *Thiessen* masing-masing stasiun hujan, dapat dilihat pada Tabel 4.2 halaman 91

x = Data hujan harian pada tanggal 01 Januari 2017 pada masing-masing stasiun hujan.

(Data hujan harian diperoleh dari data PUSDATARU Jawa Tengah)

$R_{24}$  = Hujan harian maksimum

Perhitungan hujan harian maksimum pada stasiun hujan Sumur Jurang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Hujan harian maks. } (R_{24}) &= \text{Koef. } Thiessen (Pi) \times \text{Hujan} \\ &\text{harian tgl. 01 Januari 2017 (x)} \\ &= Pi \times x \\ &= 0,454 \times 55,0 \\ &= 24,97 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh hasil perhitungan hujan harian maksimum ( $R_{24}$ ) untuk stasiun hujan Sumur Jurang sebesar 24,97 mm. Setelah memperoleh nilai hujan harian maksimum pada masing-masing stasiun hujan, selanjutnya nilai-nilai tersebut dijumlahkan sehingga diperoleh nilai hujan harian maksimum DAS Garang.

$$\Sigma R_{24} = 0,00 + 0,07 + 0,12 + 35,53 + 24,97 = 60,70 \text{ mm}$$



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

Hasil hujan harian maksimum DAS Garang adalah 60,70 mm. Tahap selanjutnya setelah memperoleh nilai hujan harian maksimum DAS Garang adalah menghitung nilai intensitas hujan dan distribusi hujan jam-jaman yang dapat dilihat pada Tabel 4.43 di bawah ini.

Tabel 4.43 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman pada Tanggal 01 Januari 2017

t (jam)	i		Distribusi hujan jam-jaman (mm)
	mm/jam	%	
0,5	33,40	22,15	13,44
1	21,04	13,95	8,47
1,5	16,06	10,65	6,46
2	13,26	8,79	5,33
2,5	11,42	7,57	4,60
3	10,12	6,71	4,07
3,5	9,13	6,05	3,67
4	8,35	5,54	3,36
4,5	7,72	5,12	3,11
5	7,20	4,77	2,90
5,5	6,75	4,48	2,72
6	6,37	4,23	2,56
Σ	150,82		60,70

Perhitungan distribusi hujan jam-jaman tanggal 01 Januari 2017.

Nilai Hujan Harian Maksimum ( $R_{24}$ ) tanggal 01 Januari 2017

$R_{24} = 60,70$  mm (Tabel 4.42)

$$\begin{aligned} \text{Intensitas curah hujan (i)} &= \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \\ &= \frac{60,70}{24} \left( \frac{24}{0,5} \right)^{2/3} \\ &= 33,40 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma i &= 33,40 + 21,04 + 16,06 + 13,26 + 11,42 + 10,12 + 9,13 + \\ &\quad 8,35 + 7,72 + 7,20 + 6,75 + 6,37 \\ &= 150,82 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Intensitas curah hujan dalam persen

$$i = (33,40/150,82) \times 100\% = 22,15\%$$

$$\begin{aligned} \text{Distribusi hujan jam-jaman} &= i (\%) \times R_{24} \\ &= 22,15\% \times 60,70 \\ &= 13,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil dari nilai distribusi hujan jam-jaman tersebut apabila dijumlahkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai  $R_{24}$ .

Tabel 4.44 Data Distribusi Hujan-Jam-jaman untuk Kalibrasi

Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)	Waktu (Jam)	Curah Hujan (mm)
0:30	13,44	6:30	0	12:30	0	18:30	0
1:00	8,47	7:00	0	13:00	0	19:00	0
1:30	6,46	7:30	0	13:30	0	19:30	0
2:00	5,33	8:00	0	14:00	0	20:00	0
2:30	4,60	8:30	0	14:30	0	20:30	0
3:00	4,07	9:00	0	15:00	0	21:00	0
3:30	3,67	9:30	0	15:30	0	21:30	0
4:00	3,36	10:00	0	16:00	0	22:00	0
4:30	3,11	10:30	0	16:30	0	22:30	0
5:00	2,90	11:00	0	17:00	0	23:00	0
5:30	2,72	11:30	0	17:30	0	23:30	0
6:00	2,56	12:00	0	18:00	0	0:00	0

Tabel 4.45 Hasil Simulasi Debit menggunakan *software* HEC-HMS pada DAS Garang

<i>Hydrologic Element</i>	<i>Drainage Area (km<sup>2</sup>)</i>	<i>Peak Discharge (m<sup>3</sup>/s)</i>	<i>Time of Peak</i>	<i>Volume (mm)</i>
Titik Kontrol	184,71	304,5	01 Jan 2017, 04:30	20,14

Setelah diperoleh debit simulasi sebesar 304,5 m<sup>3</sup>/s, maka langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat kesalahan (*error*) pada perbandingan antara debit puncak lapangan dengan debit puncak simulasi. Perhitungan tingkat kesalahan (*error*) untuk kalibrasi dapat menggunakan Persamaan 4.2 berikut.





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

$$Error = ((q_L - q_S)/q_L) \times 100\% \dots\dots\dots (4.2)$$

Dengan:

$$q_L = \text{Debit Lapangan} = 119,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

*(Diperoleh dari Data PUSDATARU Jawa Tengah)*

$$q_S = \text{Debit Simulasi} = 304,50 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} Error &= ((q_L - q_S)/q_L) \times 100\% \\ &= ((119,54 - 304,50)/119,54) \times 100\% \\ &= -154,73\% \end{aligned}$$

Pada perhitungan tingkat kesalahan (*error*) di atas diperoleh nilai *error* kalibrasi data debit puncak hasil simulasi dengan data debit puncak lapangan adalah sebesar -154,73%. Nilai tersebut tidak dapat diterima, karena termasuk dalam nilai imajiner (hasilnya minus). Berdasarkan hasil perhitungan tingkat kesalahan (*error*), perlu dilakukan perubahan nilai parameter. Hal ini bertujuan agar nilai *error* dapat diterima dengan persyaratan nilai *error* lebih kecil dari 1% (< 1%). Nilai *Curve Number* (CN) yang digunakan pada kalibrasi berpengaruh pada besarnya selisih antara nilai debit puncak simulasi dengan nilai debit puncak lapangan. Berikut merupakan hasil perubahan nilai *Curve Number* (CN) sesuai data Tata Guna Lahan pada Sub DAS 1 (Tabel 4.37) yang dapat dilihat pada Tabel 4.46 berikut.

Tabel 4.46 Parameter *Curve Number* (CN) Awal dan Akhir

Sub DAS	<i>Curve Number</i> (CN) Awal	<i>Curve Number</i> (CN) Akhir
1	86,16	70,22
2	77,59	63,23
3	4,86	3,96
4	82,42	67,17
5	73,31	59,74
6	75,34	61,40

Nilai *Curve Number* (CN) berpengaruh pada perhitungan parameter *SCS Curve Number* dan *SCS Unit Hydrograph*. Berikut merupakan hasil kalibrasi parameter setelah nilai *Curve Number* (CN) diubah yang dapat dilihat pada Tabel 4.47 di bawah ini.

Tabel 4.47 *Output Data SCS Curve Number* Setelah Kalibrasi

Sub DAS	<i>Curve Number</i>	Retensi Maksimum (mm)	<i>Initial Abstraction</i>	<i>Impervious (%)</i>
1	70,22	107,71	21,54	4,82
2	63,23	147,67	29,53	13,40
3	3,96	6158,68	1231,74	18,30
4	67,17	124,13	24,82	18,03
5	59,74	171,12	34,22	13,92
6	61,40	159,67	31,93	11,18

Tabel 4.48 *Output Data SCS Unit Hydrograph* Setelah Kalibrasi

Sub DAS	<i>Lag Time</i> (menit)
1	17,35
2	5,50
3	253,68
4	6,87
5	11,83
6	10,80

Contoh Perhitungan:

Nilai *Curve Number* (CN) yang digunakan dilihat pada Tabel 4.46 halaman 153, yaitu nilai *Curve Number* (CN) yang telah diturunkan yang akan digunakan pada perhitungan. Nilai *Impervious* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.39 pada halaman 146, yaitu nilai *Impervious* sesuai data Tata Guna Lahan.

$$\begin{aligned}\text{Retensi Maksimum (S)} &= (25400/\text{CN}) - 254 \\ &= (25400/70,22) - 254 \\ &= 107,71 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Initial Abstraction (Ia)} &= 0,2 \times \text{Retensi Maksimum (S)} \\ &= 0,2 \times 107,71 = 21,54 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perubahan pada nilai parameter, maka diperoleh nilai debit puncak rencana yang baru sebesar 118,60 m<sup>3</sup>/s. Perlu dilakukan perhitungan tingkat kesalahan (*error*) untuk nilai debit puncak simulasi baru tersebut yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian dengan persyaratan perhitungan tingkat kesalahan (*error*) yaitu hasil perhitungan *error* harus lebih kecil dari 1% (< 1%). Berikut merupakan perhitungan nilai tingkat kesalahan (*error*) setelah perubahan nilai *Curve Number* (CN) pada penelitian ini dengan menggunakan Persamaan 4.1 pada halaman 140.

$$\begin{aligned} q_L &= \text{Debit Lapangan} = 119,54 \text{ m}^3/\text{s} \\ q_s &= \text{Debit Rencana} = 118,6 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Error} &= ((q_L - q_s)/q_L) \times 100\% \\ &= ((119,54 - 118,60)/119,54) \times 100\% \\ &= 0,786\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai tingkat kesalahan (*error*) kalibrasi debit puncak lapangan dengan debit puncak rencana di atas diperoleh hasil sebesar 0,786% yang dapat disimpulkan bahwa nilai tersebut memenuhi persyaratan, yaitu bukan merupakan nilai imajiner dan kurang dari 1% (< 1%).

#### 4.6.3 Output Simulasi Program HEC-HMS

Setelah dilakukan seluruh tahapan dalam *software* HEC-HMS, maka dilakukan *run simulation* sehingga mendapatkan data *output* berupa data aliran dengan Periode Ulang 2 Tahunan, 5 Tahunan, 10 Tahunan, 25 Tahunan, 50 Tahunan dan *peak discharge* (debit



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

puncak). *Output* dari simulasi HEC-HMS dapat dilihat pada Tabel 4.49 berikut ini.

Tabel 4.49 *Output* Simulasi HEC-HMS Sungai Banjir Kanal Barat selama 24 jam dengan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan

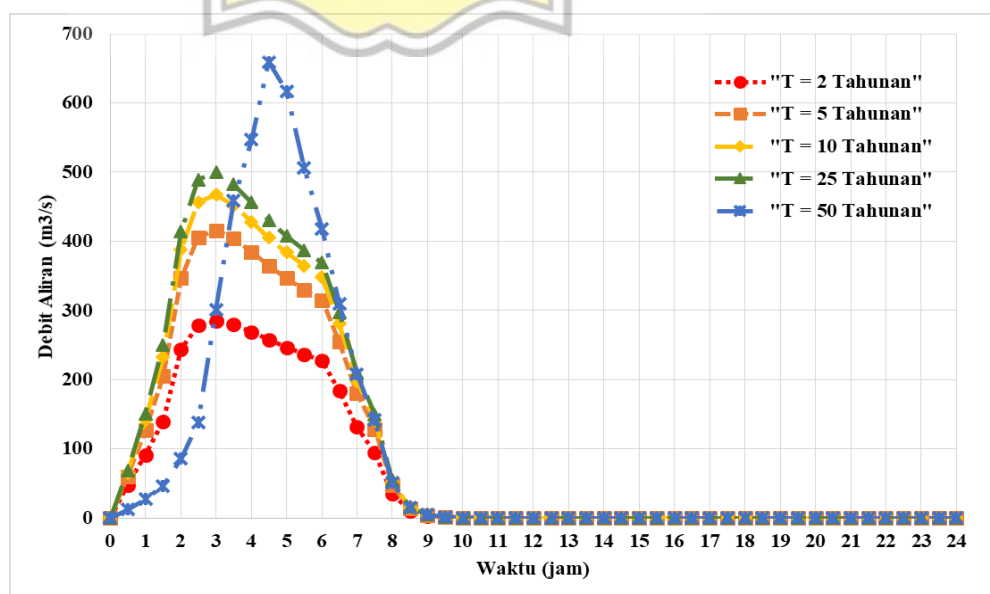
Waktu	Data Aliran (m <sup>3</sup> /s)				
	Periode Ulang 2 Thnan	Periode Ulang 5 Thnan	Periode Ulang 10 Thnan	Periode Ulang 25 Thnan	Periode Ulang 50 Thnan
0:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0:30	47,9	60,2	65,3	68,4	12,4
1:00	91,0	126,8	141,6	151,0	27,1
1:30	139,7	205,1	232,6	250,3	46,4
2:00	244,2	346,9	387,8	414,0	85,7
2:30	278,1	405,5	456,5	489,1	137,8
3:00	<b>284,6</b>	<b>416,0</b>	<b>467,0</b>	<b>499,6</b>	301,0
3:30	279,5	404,0	451,5	482,0	459,5
4:00	269,2	384,6	428,3	456,3	546,9
4:30	257,8	364,8	405,0	430,9	<b>659,5</b>
5:00	246,7	346,4	383,9	407,8	616,9
5:30	236,4	329,9	364,9	387,3	506,0
6:00	227,1	315,2	348,2	369,2	417,6
6:30	184,0	254,5	280,8	297,6	310,1
7:00	131,4	180,1	198,3	209,9	208,1
7:30	94,5	128,6	141,3	149,4	141,2
8:00	35,3	47,3	51,9	54,8	51,5
8:30	10,5	13,9	15,1	16,0	15,1
9:00	3,1	4,1	4,4	4,7	4,4
9:30	0,9	1,2	1,3	1,4	1,3
10:00	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4
10:30	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 4.49 *Output* Simulasi HEC-HMS Sungai Banjir Kanal Barat selama 24 jam dengan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan (lanjutan)

Waktu	Data Aliran (m <sup>3</sup> /s)				
	Periode Ulang 2 Thn	Periode Ulang 5 Thn	Periode Ulang 10 Thn	Periode Ulang 25 Thn	Periode Ulang 50 Thn
17:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23:30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24:00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Keterangan:

= Debit puncak (*peak discharge*) masing-masing periode ulang



Grafik 4.6 Hidrograf Aliran dengan Periode Ulang T Tahunan





#### 4.7 Pemodelan HEC-RAS

Dalam tahapan pemodelan menggunakan *software* HEC-RAS terdapat beberapa langkah yang dilakukan, antara lain *input data*, menampilkan hasil pemodelan dan memberikan pertimbangan perlu tidaknya perbaikan penampang.

##### 4.7.1 *Input Data*

Beberapa data yang akan di-*input* ke dalam *software* HEC-RAS, yaitu data geometri dan data debit sungai.

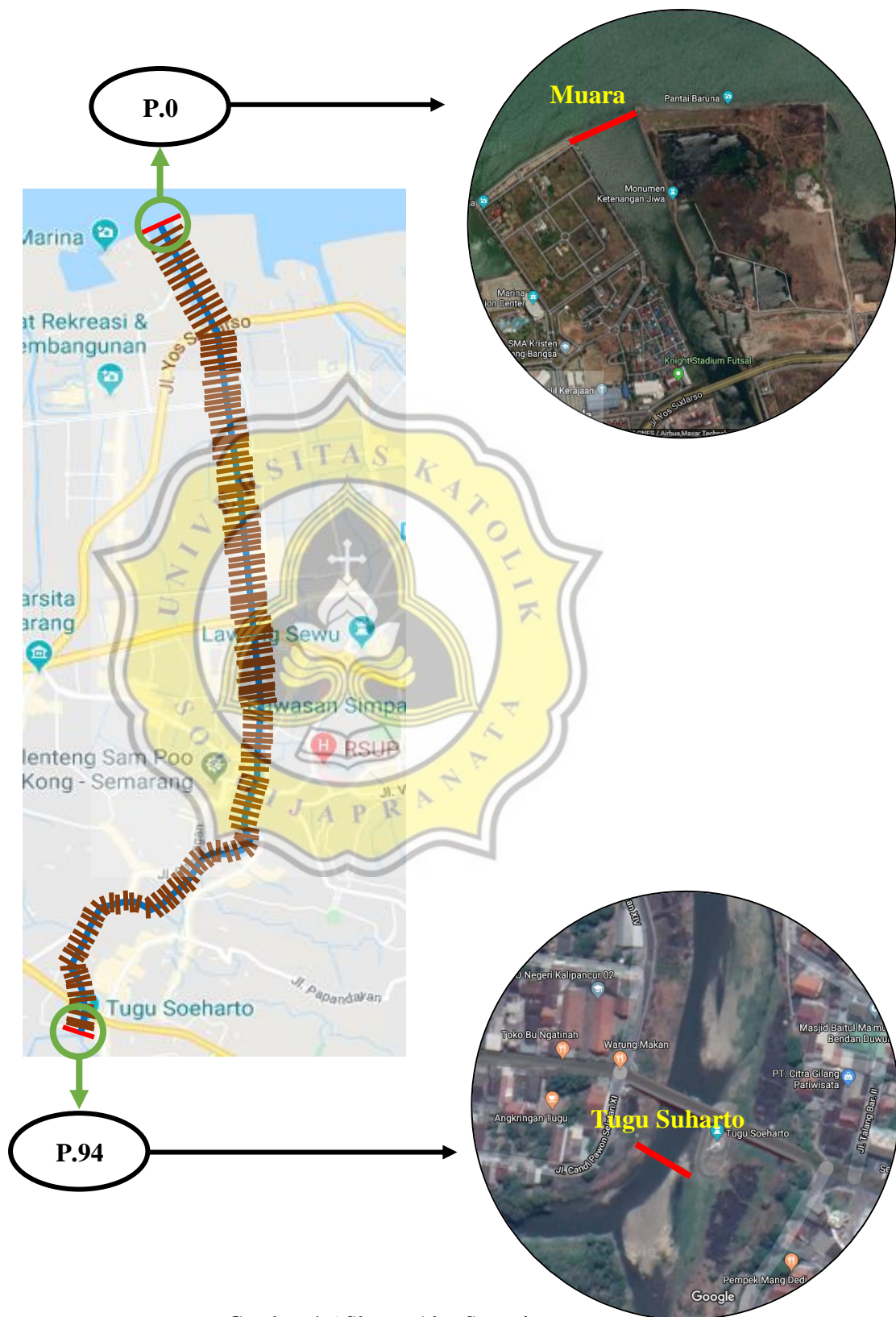
##### 1. Data Geometri

Data geometri yang diperlukan untuk di-*input* ke dalam *software* HEC-RAS terdiri dari alur sungai (*river reach*) dan *cross section*. Untuk memasukkan data geometri ke dalam HEC-RAS dapat menggunakan data penampang melintang sungai yang diperoleh dari BBWS Pemali Juana.

##### a. Menggambar Skema Aliran Sungai dan Memasukkan Data *Cross Section* Sungai

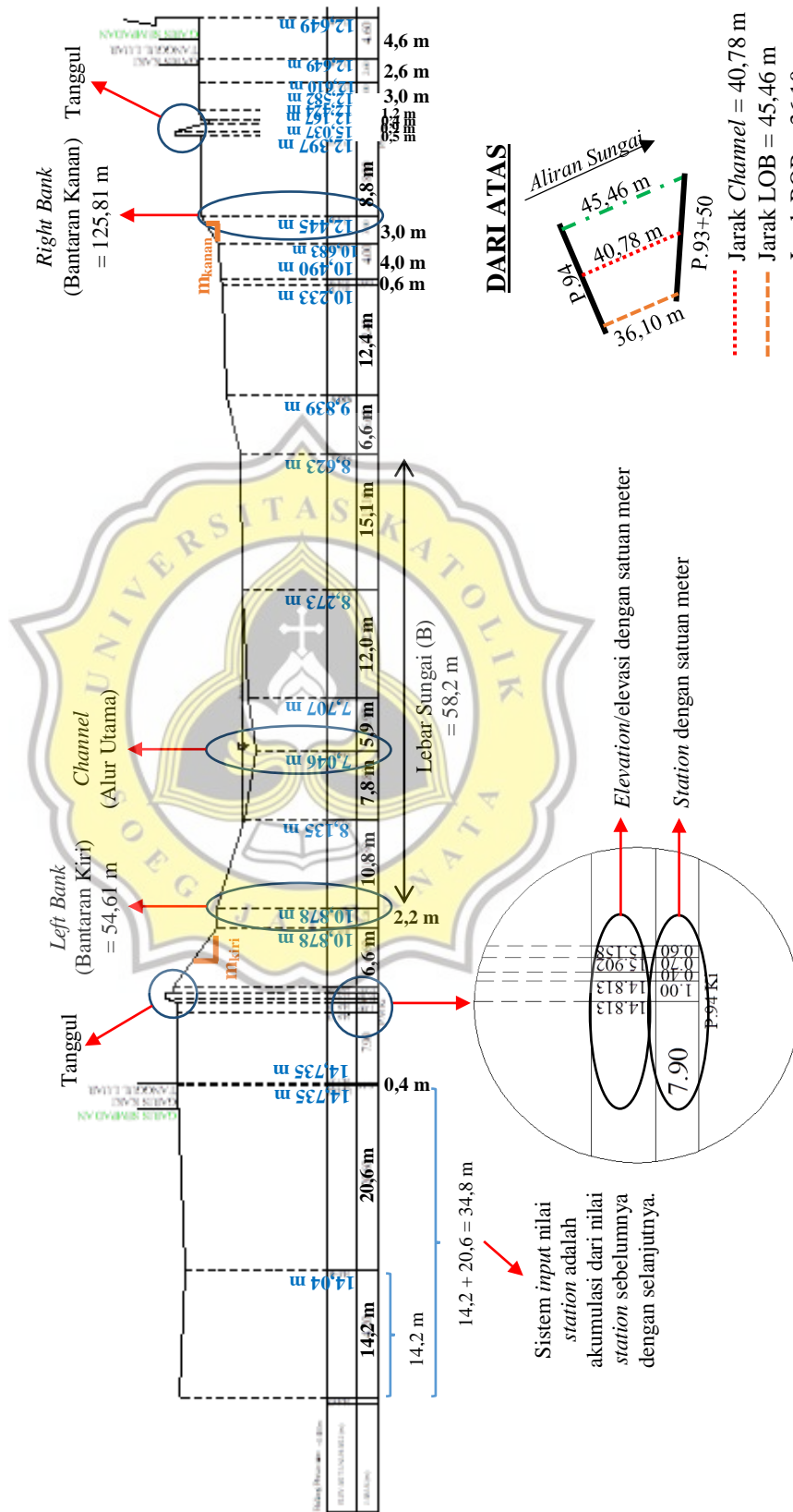
Langkah awal dalam memasukkan data geometri pada HEC-RAS adalah dengan menggambar alur sungai dan data *cross section* sesuai dengan kondisi di lapangan.

Untuk menggambar alur sungai harus berawal dari hulu dan berakhir di hilir. Untuk skema aliran sungai Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Skema Alur Sungai

**DETAIL PENAMPANG MELINTANG  
(CROSS SECTION)**



Gambar 4.7 Detail Penampang Melintang (Cross Section) pada Sta. 94  
(Sumber: BBWS Pemali Iratun Kota Semarang)

b. Memasukkan Data *Cross Section*

Setelah membuat skema alur sungai, langkah selanjutnya adalah memasukkan data *cross section* berupa data potongan melintang sungai pada beberapa titik, jarak LOB-Channel-ROB, Koefisien Kekasaran Manning, dan *Main Channel Bank Stations*. Contoh data *cross section* pada Sta. 94 dapat dilihat pada Tabel 4.50 di bawah ini dan untuk data *cross section* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 01.

Tabel 4.50 Contoh Data *Cross Section* pada Sta. 94

<i>Station (m)</i>	<i>Elevation (m)</i>	<i>Station (m)</i>	<i>Elevation (m)</i>
0	14,463	106,21	8,623
14,2	14,040	112,81	9,839
34,8	14,735	125,21	10,233
35,2	14,735	125,81	10,49
43,1	14,813	129,81	10,683
44,1	14,813	132,81	12,445
44,5	15,902	141,61	12,397
45,2	15,902	141,62	15,037
45,21	15,158	142,12	15,037
45,81	15,158	143,02	12,167
52,41	10,878	143,42	12,424
54,61	10,878	144,62	12,582
65,41	8,135	147,62	12,61
73,21	7,046	150,22	12,649
79,11	7,707	154,82	12,649
91,11	8,273		
Jarak LOB (m)		36,10	
Jarak <i>Channel</i> (m)		40,78	
Jarak ROB (m)		45,46	
Koef. Manning LOB		0,015	
Koef. Manning <i>Channel</i>		0,027	
Koef. Manning ROB		0,015	
<i>Main Channel Left Bank</i>		54,61	
<i>Main Channel Right Bank</i>		125,81	

Untuk nilai koefisien Manning diperoleh berdasarkan Tabel 2.14 halaman 59 dan detail lain dapat dilihat pada Gambar 4.11.





## 2. Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Setelah seluruh data geometri telah dimasukkan, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan kondisi batas pada bagian hulu dan hilir sungai. Analisis dilakukan dengan menggunakan *steady flow* (aliran permanen) dengan data aliran menggunakan data debit tertinggi per periode ulang yang dapat dilihat pada Tabel 4.49 pada halaman 156. Untuk kondisi batas, pada bagian hulu menggunakan kondisi batas *normal depth* dan pada bagian hilir menggunakan kondisi batas *known w.s.*. Penggunaan kondisi batas *normal depth* pada bagian hulu disebabkan karena pada bagian hulu tidak terdapat hambatan pada aliran sungai. Data yang dimasukkan adalah koefisien kemiringan dasar sungai pada bagian hulu yang diperoleh dengan menggunakan jarak dari P.94 ke P.93+50 sebesar 40,78 m dan selisih antara nilai elevasi P.94 sebesar 7,046 m dengan nilai elevasi P.93+50 sebesar 6,002 m. Maka diperoleh nilai kemiringan dasar sungai di hulu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kemiringan dasar sungai (S)} &= \frac{\text{Elv. (P.94)} - \text{Elv. (P.93+50)}}{\text{Jarak}} \\ &= \frac{7,046 - 6,002}{40,78} \\ &= \frac{1,044}{40,78} = 0,0256\end{aligned}$$

Keterangan:

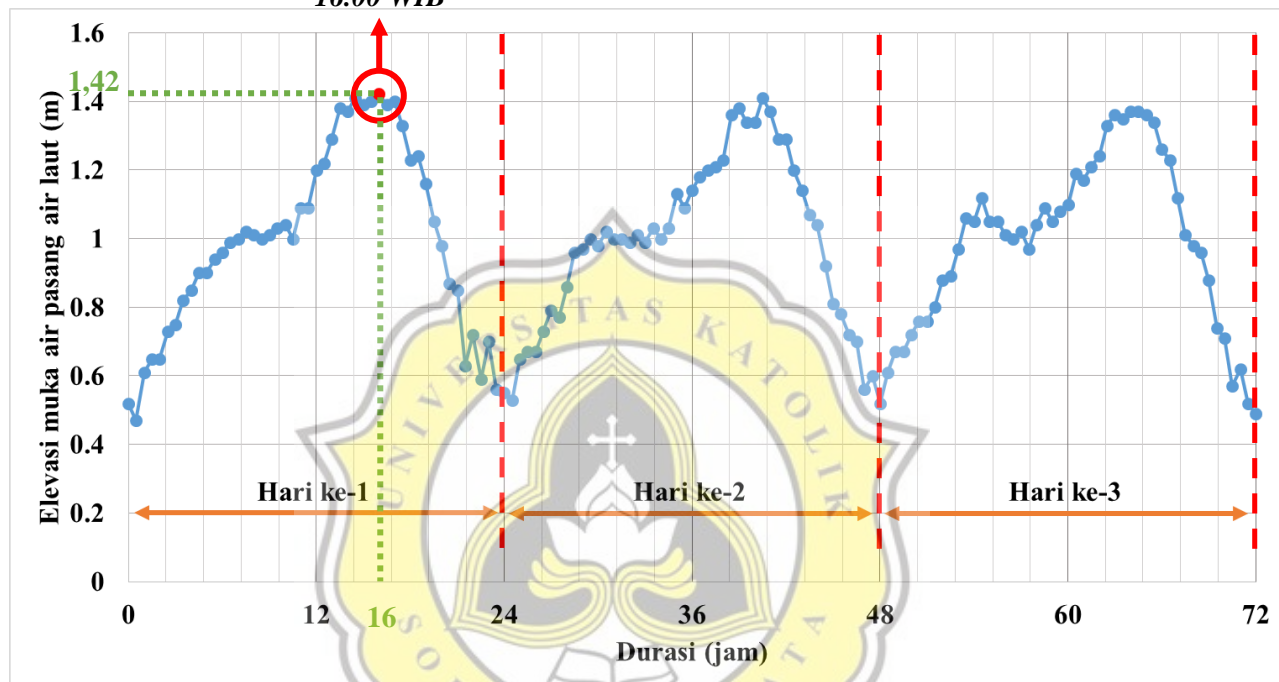
- Elv. (P.94) = Elevasi dasar sungai pada bagian hulu, yaitu pada *cross section* P.94
- Elv. (P.93+50) = Elevasi dasar sungai pada *cross section* selanjutnya dari bagian hulu, yaitu pada *cross section* P.93+50
- Jarak = Jarak antara P.94 dan P.93+50 (meter)

Penggunaan kondisi batas *known w.s.* pada bagian hilir disebabkan karena terdapat hambatan pada bagian hilir berupa



pasang surut air laut. Berikut merupakan data pasang air laut selama 3 hari berturut-turut pada tahun 2017 yang dapat dilihat pada Grafik 4.7 di bawah ini.

*Nilai pasang tertinggi*  
*= 1,42 m pada pukul*  
*16.00 WIB*

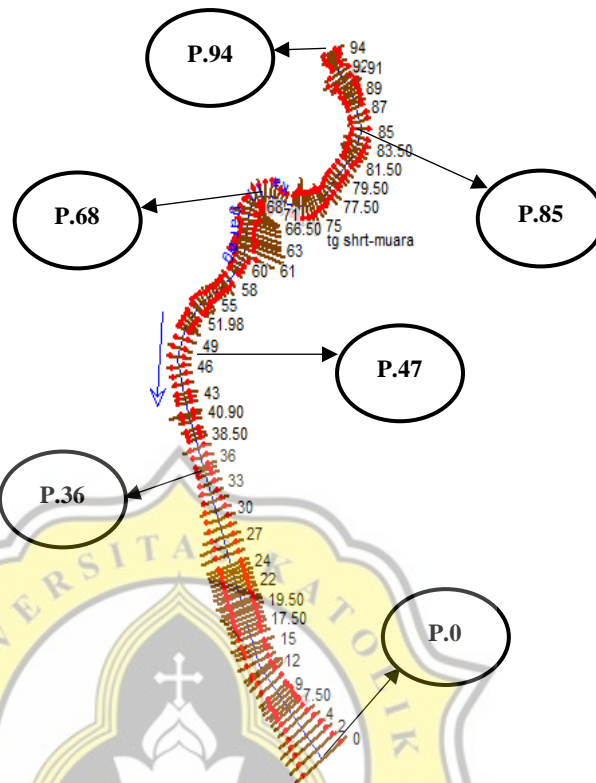


Grafik 4.7 Data Pasang Surut 24 Jam Pada Tahun 2017  
(Sumber: [tides.big.go.id](http://tides.big.go.id))

Data yang dimasukkan adalah nilai pasang tertinggi air laut pada masing-masing periode ulang, yaitu senilai 1,42 meter.

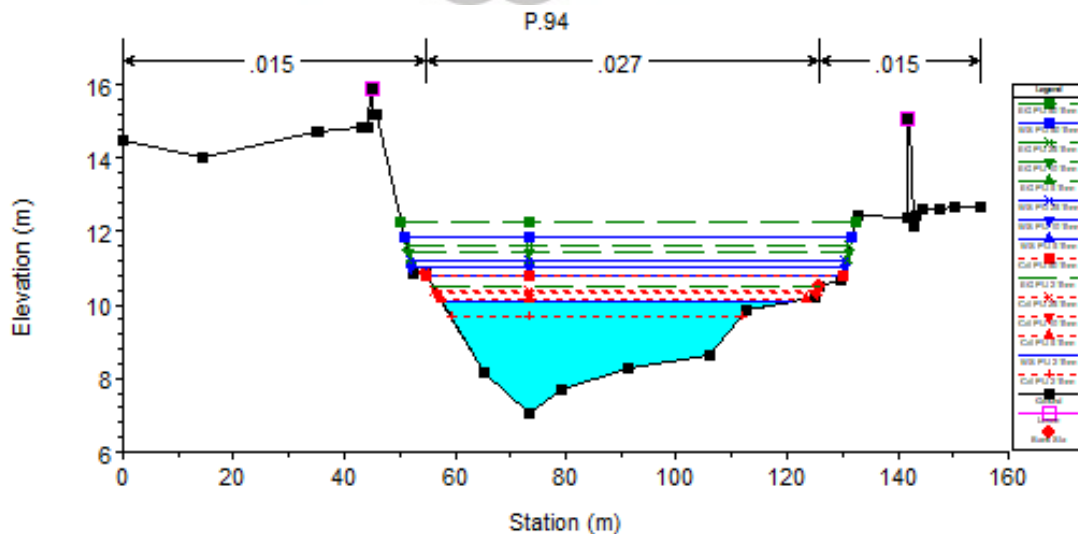
#### 4.7.2 Output Pemodelan HEC-RAS

Setelah melakukan seluruh tahapan memasukkan data geometri dan data aliran ke dalam *software* HEC-RAS, maka tahapan selanjutnya adalah dilakukannya *simulation run* pada *project* yang telah dibuat, sehingga dapat diperoleh dan diketahui bentuk penampang sungai dan tinggi muka air Sungai Banjir Kanal Barat. Posisi *cross section* pada Sungai Banjir Kanal Barat dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.

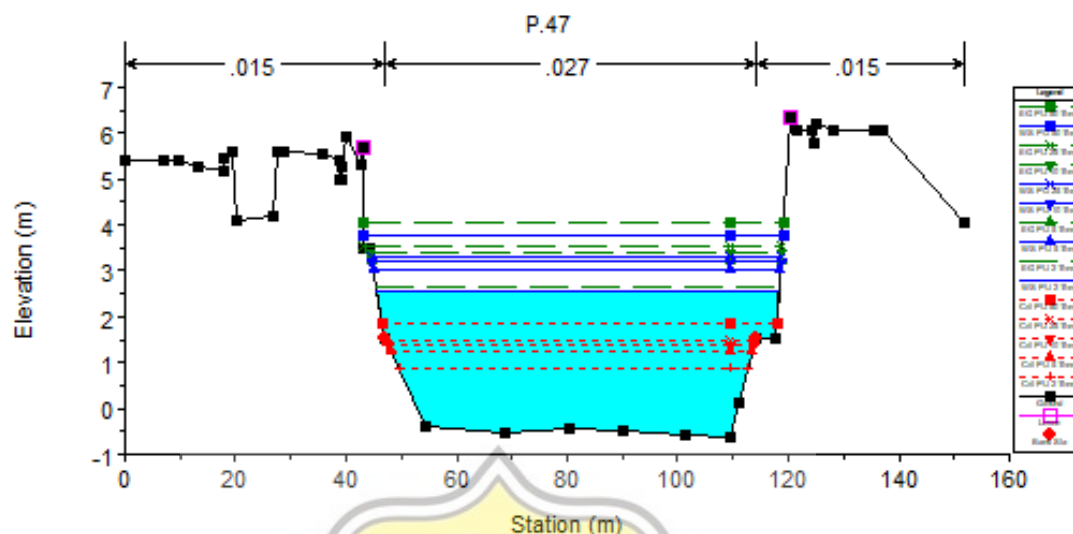


Gambar 4.8 Contoh Posisi *Cross Section*

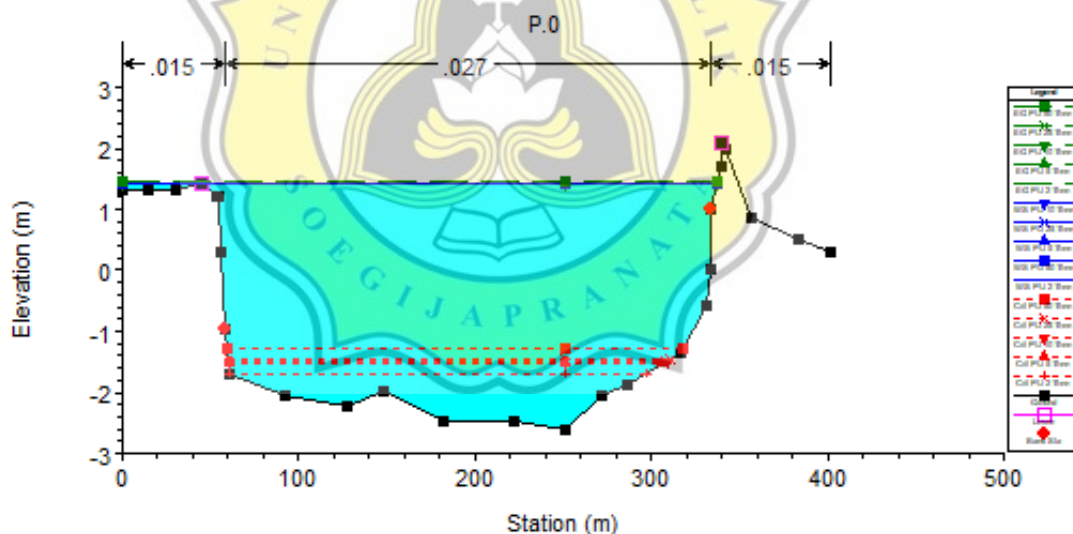
Output pemodelan HEC-RAS dengan periode ulang 2 tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, 25 tahunan dan 50 tahunan dapat dilihat pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.9 *Output* HEC-RAS dengan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan bagian Hulu (P.94)



Gambar 4.10 *Output* HEC-RAS dengan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan bagian Tengah (P.47)



Gambar 4.11 *Output* HEC-RAS dengan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan bagian Hilir (P.0)

Gambar 4.9 hingga Gambar 4.11 di atas menunjukkan *output* HEC-RAS terhadap data aliran pada titik kontrol untuk periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahunan. Titik awal aliran sungai (bagian hulu) adalah pada Sta. 94 atau P.94, bagian tengah adalah Sta. 47 atau P.47 dan titik akhir aliran sungai (bagian hilir) adalah Sta. 0 atau P.0. Pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa tidak terjadi limpasan



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

pada *cross section* tersebut. Hal ini dikarenakan elevasi muka air yang lebih rendah daripada elevasi tanggul yang ada. Untuk *output simulation run steady flow* HEC-RAS Sungai Banjir Kanal Barat P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan dapat dilihat pada Tabel 4.51 berikut.

Tabel 4.51 *Output Simulation Run Steady Flow* HEC-RAS Sungai Banjir Kanal Barat P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan

Station	Elv. Tgl. Kanan (mdpl)	Elv. Tgl. Kiri (mdpl)	Periode Ulang														
			2 Tahunan			5 Tahunan			10 Tahunan			25 Tahunan			50 Tahunan		
			Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan	
				Ka.	Ki.		Ka.	Ki.		Ka.	Ki.		Ka.	Ki.		Ka.	Ki.
P.94	15,037	15,902	10,110	TL	TL	10,810	TL	TL	11,050	TL	TL	11,190	TL	TL	11,860	TL	TL
P.93+50	14,640	15,718	10,190	TL	TL	10,870	TL	TL	11,100	TL	TL	11,240	TL	TL	11,910	TL	TL
P.93+37	15,835	15,824	10,260	TL	TL	10,940	TL	TL	11,170	TL	TL	11,320	TL	TL	11,980	TL	TL
P.93	14,241	15,023	10,210	TL	TL	10,880	TL	TL	11,110	TL	TL	11,250	TL	TL	11,900	TL	TL
P.92+50	14,557	14,979	10,100	TL	TL	10,730	TL	TL	10,950	TL	TL	11,080	TL	TL	11,690	TL	TL
P.92	14,692	14,887	10,050	TL	TL	10,690	TL	TL	10,910	TL	TL	11,040	TL	TL	11,660	TL	TL
P.91+50	15,096	13,546	10,030	TL	TL	10,680	TL	TL	10,900	TL	TL	11,030	TL	TL	11,660	TL	TL
P.91	11,999	12,612	10,140	TL	TL	10,820	TL	TL	11,060	TL	TL	11,200	TL	TL	11,860	TL	TL
P.90+50	12,270	12,398	9,990	TL	TL	10,620	TL	TL	10,840	TL	TL	10,970	TL	TL	11,590	TL	TL
P.90	14,368	14,042	10,040	TL	TL	10,680	TL	TL	10,900	TL	TL	11,040	TL	TL	11,660	TL	TL
P.89+50	14,267	11,627	10,000	TL	TL	10,640	TL	TL	10,860	TL	TL	11,000	TL	TL	11,610	TL	TL
P.89	14,281	12,276	9,980	TL	TL	10,620	TL	TL	10,840	TL	TL	10,980	TL	TL	11,600	TL	TL
P.88+50	14,135	12,884	9,940	TL	TL	10,570	TL	TL	10,790	TL	TL	10,920	TL	TL	11,550	TL	TL
P.88	14,253	12,916	9,910	TL	TL	10,530	TL	TL	10,740	TL	TL	10,870	TL	TL	11,480	TL	TL
P.87+50	14,015	11,090	9,880	TL	TL	10,510	TL	TL	10,730	TL	TL	10,860	TL	TL	11,500	TL	L
P.87	14,120	12,159	9,860	TL	TL	10,490	TL	TL	10,710	TL	TL	10,840	TL	TL	11,450	TL	TL
P.86+50	14,278	15,328	9,780	TL	TL	10,390	TL	TL	10,600	TL	TL	10,730	TL	TL	11,320	TL	TL
P.86	14,542	16,745	9,700	TL	TL	10,290	TL	TL	10,500	TL	TL	10,620	TL	TL	11,170	TL	TL
P.85	14,454	14,548	9,730	TL	TL	10,340	TL	TL	10,540	TL	TL	10,670	TL	TL	11,240	TL	TL
P.84	14,559	13,346	9,700	TL	TL	10,310	TL	TL	10,520	TL	TL	10,640	TL	TL	11,230	TL	TL
P.83+50	14,410	13,050	9,730	TL	TL	10,350	TL	TL	10,560	TL	TL	10,690	TL	TL	11,280	TL	TL
P.83	14,074	13,003	9,610	TL	TL	10,200	TL	TL	10,400	TL	TL	10,520	TL	TL	11,090	TL	TL
P.82+50	13,977	12,876	9,600	TL	TL	10,180	TL	TL	10,380	TL	TL	10,500	TL	TL	11,060	TL	TL
P.82	13,775	13,026	9,580	TL	TL	10,170	TL	TL	10,360	TL	TL	10,490	TL	TL	11,050	TL	TL
P.81+50	13,654	12,904	9,550	TL	TL	10,110	TL	TL	10,290	TL	TL	10,410	TL	TL	10,940	TL	TL
P.81	13,606	13,018	9,540	TL	TL	10,090	TL	TL	10,280	TL	TL	10,390	TL	TL	10,920	TL	TL
P.80+50	13,435	13,016	9,430	TL	TL	9,970	TL	TL	10,150	TL	TL	10,260	TL	TL	10,760	TL	TL
P.80	13,473	13,031	9,420	TL	TL	9,960	TL	TL	10,140	TL	TL	10,250	TL	TL	10,760	TL	TL
P.79+50	13,723	13,545	9,400	TL	TL	9,940	TL	TL	10,120	TL	TL	10,230	TL	TL	10,740	TL	TL
P.79	13,211	12,115	9,400	TL	TL	9,930	TL	TL	10,110	TL	TL	10,220	TL	TL	10,750	TL	TL
P.78+50	13,146	11,588	9,370	TL	TL	9,900	TL	TL	10,070	TL	TL	10,180	TL	TL	10,700	TL	TL
P.78	13,026	12,470	9,210	TL	TL	9,700	TL	TL	9,860	TL	TL	9,960	TL	TL	10,430	TL	TL
P.77+50	12,740	11,822	9,250	TL	TL	9,760	TL	TL	9,930	TL	TL	10,030	TL	TL	10,530	TL	TL
P.77	12,815	13,387	9,240	TL	TL	9,740	TL	TL	9,910	TL	TL	10,010	TL	TL	10,490	TL	TL
P.76+50	12,616	12,627	9,220	TL	TL	9,710	TL	TL	9,880	TL	TL	9,980	TL	TL	10,450	TL	TL
P.76	11,476	12,223	9,270	TL	TL	9,790	TL	TL	9,970	TL	TL	10,070	TL	TL	10,580	TL	TL
P.75+50	11,461	13,178	9,190	TL	TL	9,710	TL	TL	9,880	TL	TL	9,990	TL	TL	10,500	TL	TL
P.75	11,417	13,627	9,140	TL	TL	9,670	TL	TL	9,850	TL	TL	9,970	TL	TL	10,490	TL	TL
P.74+50	12,798	13,729	8,940	TL	TL	9,520	TL	TL	9,740	TL	TL	9,860	TL	TL	10,420	TL	TL
P.74	11,552	13,953	9,040	TL	TL	9,590	TL	TL	9,790	TL	TL	9,910	TL	TL	10,450	TL	TL
P.73+50	9,983	11,466	9,050	TL	TL	9,600	TL	TL	9,790	TL	TL	10,000	L	TL	10,550	L	TL





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

**Tabel 4.51 Output Simulation Run Steady Flow HEC-RAS Sungai Banjir Kanal Barat P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan (lanjutan)**

Station	Elv. Tgl. Kanan (mdpl)	Elv. Tgl. Kiri (mdpl)	Periode Ulang														
			2 Tahunan			5 Tahunan			10 Tahunan			25 Tahunan			50 Tahunan		
			Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan	
Ka.	Ki.	Ka.		Ki.	Ka.		Ki.	Ka.		Ki.	Ka.		Ki.				
P.73	11,346	12,058	9,100	TL	TL	9,650	TL	TL	9,850	TL	TL	9,970	TL	TL	10,520	TL	TL
P.72+50	11,357	11,639	9,060	TL	TL	9,610	TL	TL	9,800	TL	TL	9,920	TL	TL	10,450	TL	TL
P.72	11,322	11,897	8,980	TL	TL	9,500	TL	TL	9,680	TL	TL	9,800	TL	TL	10,300	TL	TL
P.71+50	11,211	11,258	8,960	TL	TL	9,470	TL	TL	9,660	TL	TL	9,770	TL	TL	10,280	TL	TL
P.71	11,213	11,332	8,970	TL	TL	9,500	TL	TL	9,680	TL	TL	9,800	TL	TL	10,310	TL	TL
P.70+50	11,236	12,113	8,930	TL	TL	9,450	TL	TL	9,640	TL	TL	9,750	TL	TL	10,270	TL	TL
P.70	11,086	11,213	8,930	TL	TL	9,470	TL	TL	9,670	TL	TL	9,790	TL	TL	10,330	TL	TL
P.69+50	11,512	11,473	8,960	TL	TL	9,500	TL	TL	9,690	TL	TL	9,810	TL	TL	10,340	TL	TL
P.69	11,247	11,980	8,900	TL	TL	9,440	TL	TL	9,630	TL	TL	9,750	TL	TL	10,280	TL	TL
P.68+50	11,113	11,278	8,870	TL	TL	9,400	TL	TL	9,590	TL	TL	9,710	TL	TL	10,230	TL	TL
P.68	11,211	11,151	8,820	TL	TL	9,330	TL	TL	9,510	TL	TL	9,630	TL	TL	10,130	TL	TL
P.67+50	11,259	11,153	8,780	TL	TL	9,270	TL	TL	9,450	TL	TL	9,560	TL	TL	10,040	TL	TL
P.67	10,968	11,219	8,770	TL	TL	9,270	TL	TL	9,460	TL	TL	9,570	TL	TL	10,080	TL	TL
P.66+50	11,315	10,955	8,810	TL	TL	9,340	TL	TL	9,530	TL	TL	9,650	TL	TL	10,170	TL	TL
P.66	10,978	11,318	8,720	TL	TL	9,300	TL	TL	9,500	TL	TL	9,620	TL	TL	10,160	TL	TL
P.65	11,001	10,884	8,780	TL	TL	9,320	TL	TL	9,520	TL	TL	9,640	TL	TL	10,170	TL	TL
P.64+50	10,754	10,990	8,750	TL	TL	9,300	TL	TL	9,490	TL	TL	9,620	TL	TL	10,150	TL	TL
P.64	11,180	10,988	8,700	TL	TL	9,280	TL	TL	9,480	TL	TL	9,600	TL	TL	10,140	TL	TL
P.63+50	11,363	11,079	8,710	TL	TL	9,280	TL	TL	9,480	TL	TL	9,600	TL	TL	10,140	TL	TL
P.63	11,081	10,989	8,700	TL	TL	9,280	TL	TL	9,480	TL	TL	9,600	TL	TL	10,140	TL	TL
P.62+50	10,898	11,059	8,700	TL	TL	9,280	TL	TL	9,480	TL	TL	9,600	TL	TL	10,140	TL	TL
P.62	10,941	12,456	8,580	TL	TL	9,100	TL	TL	9,290	TL	TL	9,410	TL	TL	10,000	TL	TL
P.61+50	10,581	12,436	8,560	TL	TL	9,080	TL	TL	9,270	TL	TL	9,390	TL	TL	9,990	TL	TL
P.61	10,806	11,200	8,650	TL	TL	9,190	TL	TL	9,390	TL	TL	9,510	TL	TL	10,070	TL	TL
P.60+50	11,856	12,083	8,540	TL	TL	9,020	TL	TL	9,190	TL	TL	9,300	TL	TL	9,790	TL	TL
P.60	12,760	13,993	8,480	TL	TL	8,930	TL	TL	9,090	TL	TL	9,190	TL	TL	9,650	TL	TL
P.59+50	12,643	13,564	8,460	TL	TL	8,900	TL	TL	9,060	TL	TL	9,150	TL	TL	9,600	TL	TL
P.59	11,918	12,301	8,440	TL	TL	8,880	TL	TL	9,030	TL	TL	9,130	TL	TL	9,570	TL	TL
P.58	10,578	10,559	8,410	TL	TL	8,830	TL	TL	8,980	TL	TL	9,070	TL	TL	9,500	TL	TL
P.57+43	10,551	11,431	8,420	TL	TL	8,850	TL	TL	9,000	TL	TL	9,100	TL	TL	9,550	TL	TL
P.57	10,216	10,447	8,410	TL	TL	8,840	TL	TL	8,990	TL	TL	9,090	TL	TL	9,530	TL	TL
P.56+50	10,360	10,475	8,400	TL	TL	8,830	TL	TL	8,980	TL	TL	9,080	TL	TL	9,520	TL	TL
P.56	10,186	10,398	8,380	TL	TL	8,800	TL	TL	8,950	TL	TL	9,040	TL	TL	9,470	TL	TL
P.55+50	9,940	9,664	8,380	TL	TL	8,790	TL	TL	8,940	TL	TL	9,040	TL	TL	9,470	TL	TL
P.55	9,901	9,561	8,370	TL	TL	8,790	TL	TL	8,940	TL	TL	9,030	TL	TL	9,460	TL	TL
P.54+54	11,138	11,079	7,870	TL	TL	8,160	TL	TL	8,260	TL	TL	8,330	TL	TL	8,610	TL	TL
P.53+98	8,418	8,733	2,950	TL	TL	3,550	TL	TL	3,750	TL	TL	3,880	TL	TL	4,430	TL	TL
P.53+50	8,094	8,482	2,880	TL	TL	3,470	TL	TL	3,680	TL	TL	3,800	TL	TL	4,350	TL	TL
P.53	7,568	9,091	2,800	TL	TL	3,370	TL	TL	3,570	TL	TL	3,690	TL	TL	4,220	TL	TL
P.52+70	7,369	6,580	2,710	TL	TL	3,220	TL	TL	3,400	TL	TL	3,510	TL	TL	3,980	TL	TL
P.51+98	7,804	7,808	2,780	TL	TL	3,330	TL	TL	3,520	TL	TL	3,640	TL	TL	4,150	TL	TL
P.51+50	6,586	6,074	2,740	TL	TL	3,280	TL	TL	3,460	TL	TL	3,580	TL	TL	4,070	TL	TL
P.51	6,586	6,065	2,720	TL	TL	3,260	TL	TL	3,440	TL	TL	3,560	TL	TL	4,040	TL	TL
P.50+50	6,883	6,023	2,660	TL	TL	3,180	TL	TL	3,360	TL	TL	3,480	TL	TL	3,950	TL	TL
P.50	6,195	5,996	2,660	TL	TL	3,180	TL	TL	3,360	TL	TL	3,480	TL	TL	3,950	TL	TL
P.49	6,407	5,893	2,610	TL	TL	3,130	TL	TL	3,310	TL	TL	3,420	TL	TL	3,890	TL	TL
P.48	6,484	5,798	2,570	TL	TL	3,080	TL	TL	3,260	TL	TL	3,370	TL	TL	3,820	TL	TL
P.47	6,362	5,707	2,540	TL	TL	3,040	TL	TL	3,210	TL	TL	3,320	TL	TL	3,770	TL	TL
P.46	6,134	5,594	2,480	TL	TL	2,970	TL	TL	3,140	TL	TL	3,240	TL	TL	3,680	TL	TL
P.45	4,326	5,236	2,440	TL	TL	2,920	TL	TL	3,090	TL	TL	3,190	TL	TL	3,620	TL	TL





**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

**Tabel 4.51 Output Simulation Run Steady Flow HEC-RAS Sungai Banjir Kanal Barat P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan (lanjutan)**

Station	Elv. Tgl. Kanan (mdpl)	Elv. Tgl. Kiri (mdpl)	Periode Ulang														
			2 Tahunan			5 Tahunan			10 Tahunan			25 Tahunan			50 Tahunan		
			Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan	
Ka.	Ki.	Ka.		Ki.	Ka.		Ki.	Ka.		Ki.	Ka.		Ki.				
P.44	5,658	5,149	2,390	TL	TL	2,860	TL	TL	3,020	TL	TL	3,120	TL	TL	3,540	TL	TL
P.43	5,291	4,699	2,350	TL	TL	2,810	TL	TL	2,960	TL	TL	3,060	TL	TL	3,470	TL	TL
P.42+50	5,142	4,673	2,320	TL	TL	2,770	TL	TL	2,920	TL	TL	3,020	TL	TL	3,400	TL	TL
P.42+50	5,057	4,632	2,300	TL	TL	2,750	TL	TL	2,900	TL	TL	2,990	TL	TL	3,380	TL	TL
P.40+90	6,015	6,138	2,270	TL	TL	2,700	TL	TL	2,850	TL	TL	2,940	TL	TL	3,310	TL	TL
P.40+50	4,260	4,620	2,250	TL	TL	2,680	TL	TL	2,830	TL	TL	2,920	TL	TL	3,300	TL	TL
P.40	4,105	4,483	2,220	TL	TL	2,630	TL	TL	2,770	TL	TL	2,860	TL	TL	3,210	TL	TL
P.39	4,310	4,719	2,190	TL	TL	2,590	TL	TL	2,730	TL	TL	2,820	TL	TL	3,150	TL	TL
P.38+50	4,213	4,788	2,170	TL	TL	2,570	TL	TL	2,700	TL	TL	2,790	TL	TL	3,110	TL	TL
P.38	4,282	4,814	2,150	TL	TL	2,540	TL	TL	2,670	TL	TL	2,760	TL	TL	3,080	TL	TL
P.37	4,733	5,251	2,110	TL	TL	2,490	TL	TL	2,620	TL	TL	2,700	TL	TL	2,990	TL	TL
P.36	3,171	3,460	2,080	TL	TL	2,440	TL	TL	2,570	TL	TL	2,650	TL	TL	2,930	TL	TL
P.35	3,110	3,493	2,030	TL	TL	2,380	TL	TL	2,500	TL	TL	2,570	TL	TL	2,830	TL	TL
P.34+50	3,221	3,337	2,020	TL	TL	2,370	TL	TL	2,450	TL	TL	2,530	TL	TL	2,800	TL	TL
P.34	3,053	3,152	2,010	TL	TL	2,340	TL	TL	2,420	TL	TL	2,490	TL	TL	2,760	TL	TL
P.33	2,986	2,852	1,980	TL	TL	2,310	TL	TL	2,370	TL	TL	2,440	TL	TL	2,710	TL	TL
P.32	2,950	2,705	1,950	TL	TL	2,270	TL	TL	2,330	TL	TL	2,400	TL	TL	2,650	TL	TL
P.31	2,811	2,642	1,920	TL	TL	2,230	TL	TL	2,290	TL	TL	2,360	TL	TL	2,600	TL	TL
P.30	2,718	2,391	1,890	TL	TL	2,190	TL	TL	2,270	TL	TL	2,330	TL	TL	2,590	TL	L
P.29	2,248	2,720	1,870	TL	TL	2,170	TL	TL	2,240	L	TL	2,310	L	TL	2,530	L	TL
P.28	2,347	2,444	1,850	TL	TL	2,140	TL	TL	2,200	TL	TL	2,260	TL	TL	2,520	L	L
P.27	2,369	2,299	1,830	TL	TL	2,110	TL	TL	2,170	TL	TL	2,230	TL	TL	2,510	L	L
P.26	2,275	2,320	1,810	TL	TL	2,080	TL	TL	2,180	TL	TL	2,250	TL	TL	2,500	L	L
P.25	2,141	2,218	1,790	TL	TL	2,060	TL	TL	2,150	L	TL	2,210	L	L	2,490	L	L
P.24	2,245	2,073	1,770	TL	TL	2,030	TL	TL	2,110	TL	L	2,170	TL	L	2,470	L	L
P.23+50	2,490	2,211	1,750	TL	TL	2,010	TL	TL	2,110	TL	TL	2,180	TL	TL	2,430	TL	L
P.23	2,455	2,002	1,740	TL	TL	1,990	TL	TL	2,080	TL	L	2,140	TL	L	2,420	TL	L
P.22+50	2,426	2,390	1,730	TL	TL	1,980	TL	TL	2,060	TL	TL	2,120	TL	TL	2,400	TL	L
P.22	2,411	2,322	1,720	TL	TL	1,970	TL	TL	2,050	TL	TL	2,110	TL	TL	2,390	TL	L
P.21+50	2,356	2,279	1,710	TL	TL	1,950	TL	TL	2,030	TL	TL	2,090	TL	TL	2,390	L	L
P.21	2,421	2,363	1,700	TL	TL	1,930	TL	TL	2,010	TL	TL	2,070	TL	TL	2,320	TL	TL
P.20+50	2,286	2,330	1,690	TL	TL	1,920	TL	TL	1,990	TL	TL	2,050	TL	TL	2,340	L	L
P.20	2,280	2,298	1,680	TL	TL	1,900	TL	TL	1,970	TL	TL	2,030	TL	TL	2,340	L	L
P.19+50	2,261	2,209	1,670	TL	TL	1,880	TL	TL	1,960	TL	TL	2,010	TL	TL	2,320	L	L
P.19	2,288	2,571	1,660	TL	TL	1,870	TL	TL	1,940	TL	TL	2,000	TL	TL	2,250	TL	TL
P.18+50	2,300	2,226	1,650	TL	TL	1,860	TL	TL	1,910	TL	TL	1,960	TL	TL	2,250	TL	L
P.18	2,264	2,217	1,640	TL	TL	1,830	TL	TL	1,900	TL	TL	1,960	TL	TL	2,220	TL	L
P.17+50	2,226	2,208	1,630	TL	TL	1,820	TL	TL	1,890	TL	TL	1,940	TL	TL	2,210	TL	L
P.17	2,256	2,146	1,620	TL	TL	1,810	TL	TL	1,820	TL	TL	1,860	TL	TL	2,200	TL	L
P.16+50	2,191	2,169	1,590	TL	TL	1,750	TL	TL	1,850	TL	TL	1,900	TL	TL	2,060	TL	TL
P.16	1,153	2,169	1,610	L	TL	1,780	L	TL	1,800	L	TL	1,840	L	TL	2,120	L	TL
P.15	2,110	2,102	1,580	TL	TL	1,730	TL	TL	1,760	TL	TL	1,800	TL	TL	2,040	TL	TL
P.14+50	2,060	2,021	1,560	TL	TL	1,700	TL	TL	1,730	TL	TL	1,760	TL	TL	1,980	TL	TL
P.14	2,030	1,968	1,550	TL	TL	1,670	TL	TL	1,690	TL	TL	1,720	TL	TL	1,920	TL	TL
P.13	2,030	1,894	1,530	TL	TL	1,640	TL	TL	1,660	TL	TL	1,690	TL	TL	1,910	TL	L
P.12	2,007	1,797	1,510	TL	TL	1,610	TL	TL	1,660	TL	TL	1,690	TL	TL	1,870	TL	L
P.11+67	3,747	3,751	1,510	TL	TL	1,610	TL	TL	1,660	TL	TL	1,690	TL	TL	1,840	TL	TL
P.11	1,468	1,388	1,520	L	L	1,620	L	L	1,630	L	L	1,660	L	L	1,860	L	L
P.10	0,575	2,044	1,500	L	TL	1,590	L	TL	1,560	L	TL	1,580	L	TL	1,800	L	TL
P.9	2,283	1,694	1,470	TL	TL	1,530	TL	TL	1,560	TL	TL	1,570	TL	TL	1,700	TL	L



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

Tabel 4.51 *Output Simulation Run Steady Flow HEC-RAS Sungai Banjir Kanal Barat P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan (lanjutan)*

Station	Elv. Tgl. Kanan (mdpl)	Elv. Tgl. Kiri (mdpl)	Periode Ulang														
			2 Tahunan			5 Tahunan			10 Tahunan			25 Tahunan			50 Tahunan		
			Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan		Elv. m.a (mdpl)	Ket. Limpasan	
				Ka.	Ki.		Ka.	Ki.		Ka.	Ki.		Ka.	Ki.		Ka.	Ki.
P.8+50	1,980	0,721	1,470	TL	L	1,530	TL	L	1,520	TL	L	1,540	TL	L	1,680	TL	L
P.8	2,049	1,540	1,460	TL	TL	1,500	TL	TL	1,520	TL	TL	1,540	TL	L	1,620	TL	L
P.7+50	1,149	1,416	1,460	L	L	1,500	L	L	1,510	L	L	1,520	L	L	1,630	L	L
P.7	1,042	0,685	1,450	L	L	1,490	L	L	1,500	L	L	1,520	L	L	1,590	L	L
P.6+67	0,979	1,703	1,450	L	TL	1,490	L	TL	1,460	L	TL	1,470	L	TL	1,590	L	TL
P.6	2,092	1,625	1,440	TL	TL	1,450	TL	TL	1,460	TL	TL	1,470	TL	TL	1,500	TL	TL
P.5	1,958	0,903	1,440	TL	L	1,450	TL	L	1,450	TL	L	1,450	TL	L	1,500	TL	L
P.4	1,939	1,202	1,430	TL	L	1,440	TL	L	1,440	TL	L	1,440	TL	L	1,480	TL	L
P.3	1,930	1,195	1,430	TL	L	1,430	TL	L	1,430	TL	L	1,430	TL	L	1,450	TL	L
P.2	2,157	1,162	1,420	TL	L	1,420	TL	L	1,420	TL	L	1,420	TL	L	1,430	TL	L
P.1	2,192	1,646	1,420	TL	TL	1,420	TL	TL	1,420	TL	TL	1,420	TL	TL	1,410	TL	TL
P.0	2,102	1,415	1,420	TL	L	1,420	TL	L	11,050	TL	L	11,190	TL	L	1,420	TL	L

Keterangan:

Elv. Tgl. Kanan = Elevasi tanggul bagian kanan sungai (mdpl)

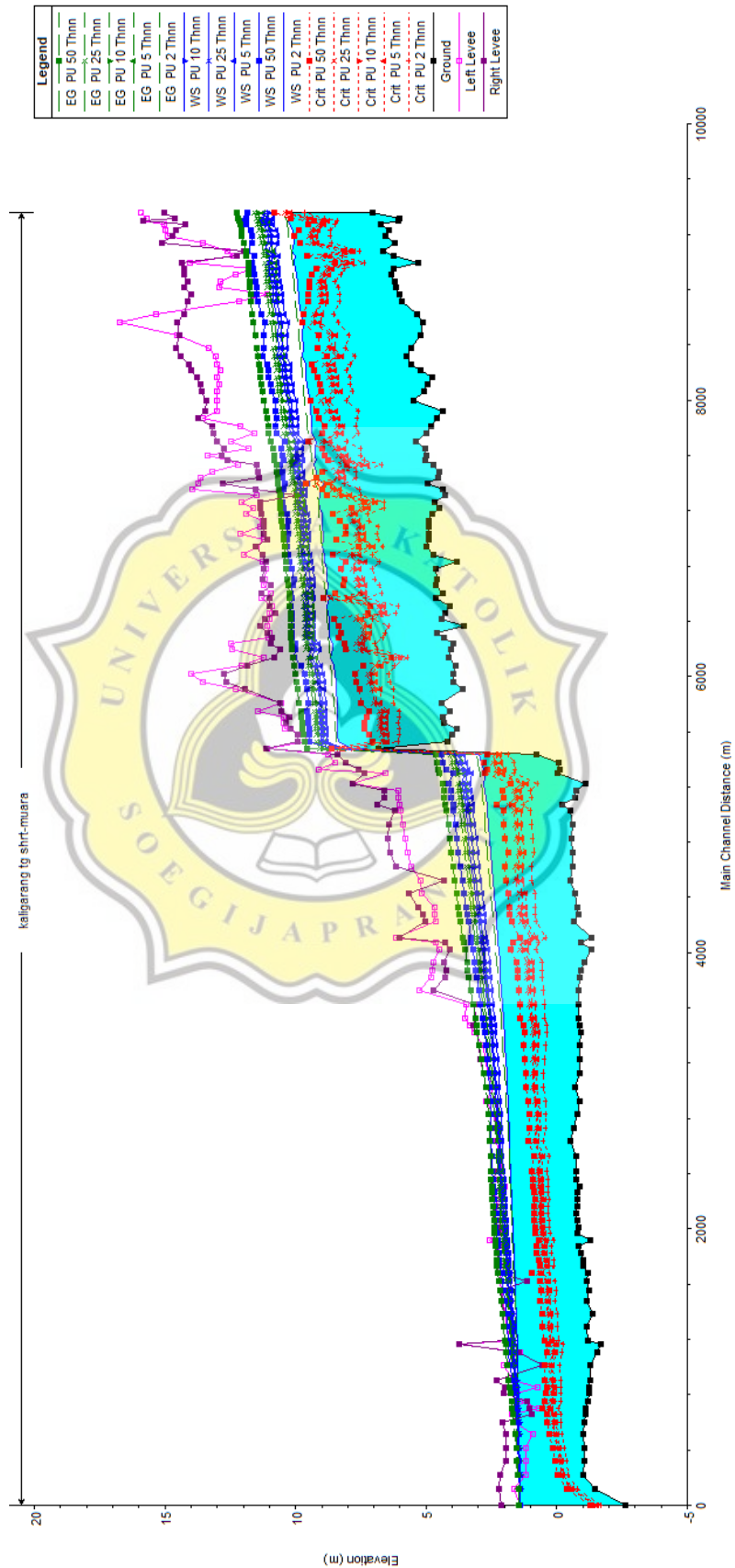
Elv. Tgl. Kiri = Elevasi tanggul bagian kiri sungai (mdpl)

Elv. m.a. = Elevasi muka air (mdpl)

L = Terjadi Limpasan, apabila elevasi muka air sungai lebih tinggi daripada elevasi tanggul kanan dan tanggul kiri

TL = Tidak Terjadi Limpasan, apabila elevasi muka air sungai tidak lebih tinggi daripada elevasi tanggul kanan dan tanggul kiri

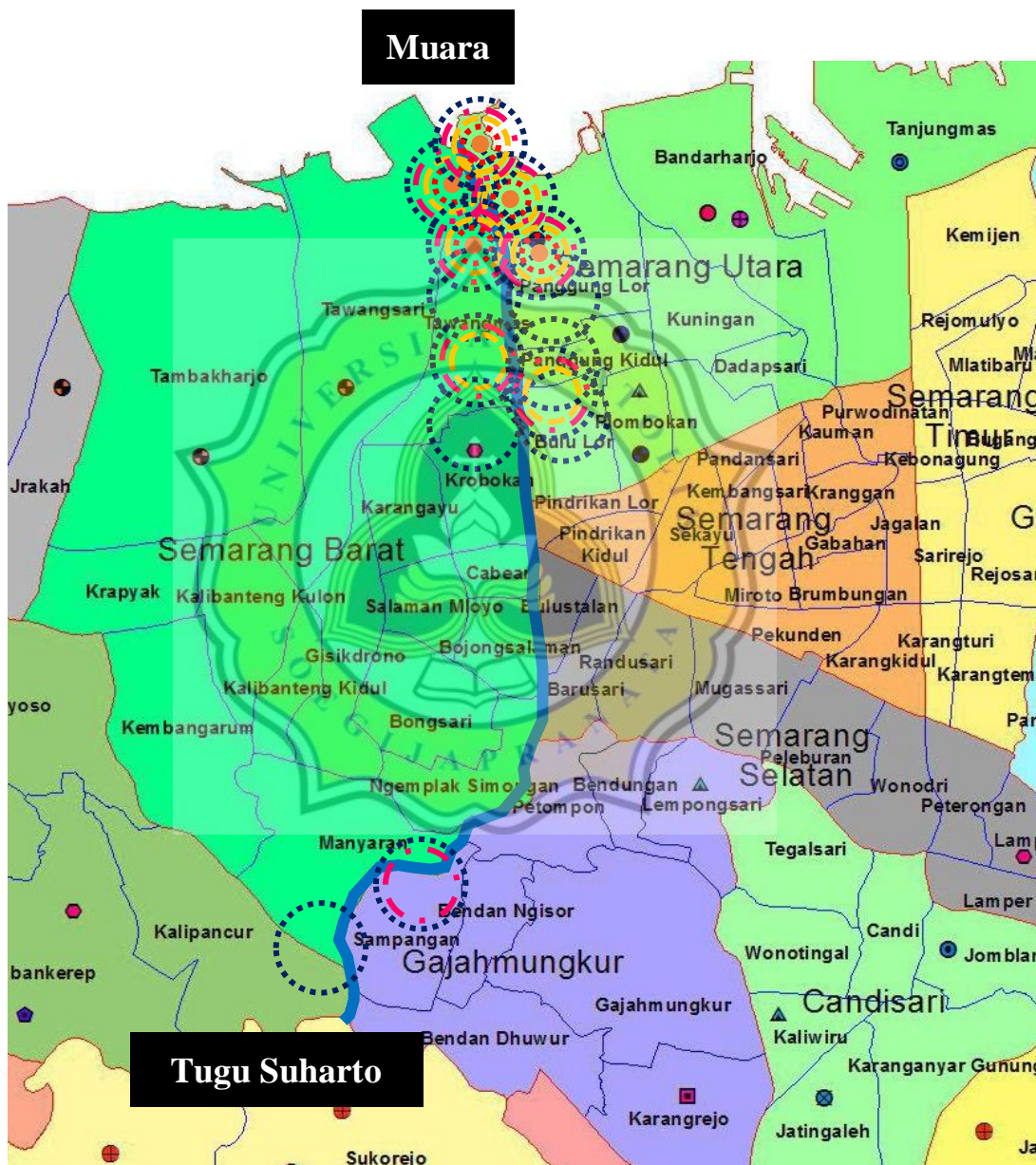
Berdasarkan Tabel 4.51, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa bagian sungai, baik bagian kanan maupun kiri terjadi limpasan. Berdasarkan Tabel. 4.51 juga dapat divisualisasikan pemodelan terjadinya limpasan dapat dilihat dengan menggunakan potongan memanjang dari Sungai Banjir Kanal Barat P.94 hingga P.0 yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Output HEC-RAS berupa Long Section (Potongan Memanjang) dengan Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan



Dari Tabel 4.51 dapat dilihat bahwa terjadi limpasan sebagian besar pada beberapa *cross section* bagian hilir dan apabila keterangan limpasan tersebut digambarkan pada peta administrasi Kota Semarang, maka akan seperti Gambar 4.13 sebagai berikut.






Gambar 4.13 Peta Limpasan Sungai Banjir Kanal Barat per Periode Ulang

Keterangan:

- = Limpasan pada periode ulang 2 Tahunan
- ⊙ = Limpasan pada periode ulang 5 Tahunan



Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

-  = Limpasan pada periode ulang 10 Tahunan
-  = Limpasan pada periode ulang 25 Tahunan
-  = Limpasan pada periode ulang 50 Tahunan

Tabel 4.52 Keterangan Limpasan pada Sungai Banjir Kanal Barat

Station	Keterangan Limpasan									
	T = 2 Thnn		T = 5 Thnn		T = 10 Thnn		T = 25 Thnn		T = 50 Thnn	
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
P.87+50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.M)
P.73+50	-	-	-	-	-	-	L (K.S)	-	L (K.S)	-
P.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.K)
P.29	-	-	-	-	L (K.BL)	-	L (K.BL)	-	L (K.BL)	-
P.28 – P.26	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.BL)	L (K.TM)
P.25	-	-	-	-	L (K.PK)	-	L (K.PK)	L (K.TM)	L (K.PK)	L (K.TM)
P.24	-	-	-	-	-	L (K.TM)	-	L (K.TM)	L (K.PK)	L (K.TM)
P.23+50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.TM)
P.23	-	-	-	-	-	L (K.TM)	-	L (K.TM)	-	L (K.TM)
P.22+50 – P.22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.TM)
P.21+50	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.PL)	L (K.TM)
P.20+50 – P.19+50	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.PL)	L (K.TM)
P.18+50 – P.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.TM)
P.16	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-
P.13 – P.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.TM)
P.11	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)
P.10	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-
P.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L (K.TS)
P.8+50	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)
P.8	-	-	-	-	-	-	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)
P.7+50 – P.7	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)	L (K.PL)	L (K.TS)
P.6+67	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-	L (K.PL)	-
P.5 – P.2	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)
P.0	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)	-	L (K.TS)





Keterangan:

- L = Terjadi limpasan
- K.M = Kelurahan Manyaran
- K.S = Kelurahan Sampangan
- K.BL = Kelurahan Bulu Lor
- K.PK = Kelurahan Panggung Kidul
- K.PL = Kelurahan Panggung Lor
- K.TM = Kelurahan Tawang Mas
- K.TS = Kelurahan Tawang Sari

Itulah gambaran mengenai beberapa bagian dari Sungai Banjir Kanal Barat yang terjadi limpasan air sungai. Sebagian besar limpasan terjadi pada bagian hilir sungai, tetapi ada juga yang terjadi pada bagian hulu sungai. Hal ini dapat disebabkan oleh karena elevasi penampang sungai yang semakin rendah dan elevasi muka air yang semakin tinggi (pada bagian hilir hal ini bisa karena dipengaruhi oleh tinggi pasang air laut). Hal ini juga dapat disebabkan elevasi tanggul yang kurang untuk menampung aliran sungai dengan elevasi muka air yang tinggi (dapat menjadi salah satu faktor pengaruh terjadinya limpasan), sehingga dapat menyebabkan limpasan pada sungai.

#### **4.8 Analisis Angkutan Sedimen**

Analisis angkutan sedimen bertujuan untuk memperoleh hasil angkutan sedimen pada sungai. Beberapa metode digunakan dalam analisis angkutan sedimen, yaitu Metode *Yang's*, *Ackers-White*, *Shen and Hung*, dan *Englund and Hansen*. Hal ini dilakukan agar memperoleh metode terbaik yang akan digunakan berdasarkan perbandingan antarmetode. Berikut merupakan hasil analisis angkutan sedimen menggunakan metode *Yang's*, *Ackers-White*, *Shen and Hung*, dan *Englund and Hansen*.

#### 4.8.1 Perhitungan Menggunakan Metode Yang's

Metode Yang's merupakan metode yang mendasarkan rumusnya pada konsep bahwa jumlah angkutan sedimen berbanding langsung dengan jumlah energi aliran. *Steady uniform flow* besarnya energi per satuan berat air dapat dinyatakan dengan hasil kali kemiringan dasar dan kecepatan aliran. Energi per satuan besar air tersebut oleh Yang's disebut sebagai *unit stream power* dan dianggap sebagai parameter penting dalam menentukan jumlah angkutan sedimen.

Dalam analisis menggunakan metode Yang's, data-data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.53, Tabel 4.54 dan keterangan yang antara lain sebagai berikut.

Tabel 4.53 Ketinggian Muka Air Maksimum ( $H_{max}$ ) per Periode Ulang pada Hulu dan Hilir Bendung

Periode Ulang (Tahunan)	$H_{max}$ (m)				
	2	5	10	25	50
Hulu Bendung	4,57	5,09	5,27	5,39	5,95
Hilir Bendung	3,57	4,17	4,37	4,50	5,05

Untuk ketinggian muka air ( $H_{max}$ ) diperoleh dari jarak antara tinggi muka air ke *trendline* dasar sungai paling besar antara P.94 hingga P.55 untuk bagian hulu bendung dan antara P.53+98 hingga P.0 untuk bagian hilir bendung)

Tabel 4.54 Debit Aliran Maksimum per Periode Ulang ( $Q_{max}$ )

Periode Ulang (Tahunan)	2	5	10	25	50
Q ( $m^3/s$ )	284,6	416,0	467,0	499,6	659,5

Parameter lain yang dibutuhkan:

S = 0,0007 (kemiringan sungai di hulu bendung) – Grafik 4.1  
(dapat dilihat pada halaman 89)

$d_{50}$  = 0,000165 m (diameter butiran)  
(diperoleh dari hasil analisis uji saringan yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada Grafik 4.3 halaman 92)



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

---

$\gamma_s$  = 2476 kg/m<sup>3</sup> (Berat jenis sedimen)  
(diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium,  
merupakan perbandingan antara berat tanah dan volume  
tanah dapat dilihat pada Tabel 4.5 halaman 96)

$\gamma_w$  = 1000 kg/m<sup>3</sup> (Berat jenis air)

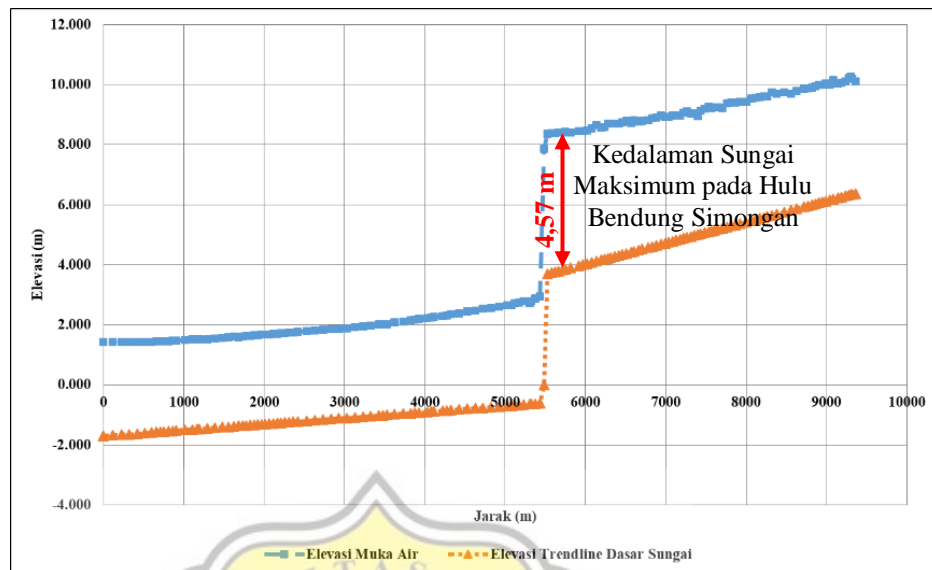
$\nu$  = 1,004 × 10<sup>-6</sup> m/s<sup>2</sup> (viskositas kinematik)  
= 0,000001004 m/s<sup>2</sup>  
(dapat dilihat pada Tabel 2.10 halaman 48)

$\omega$  =  $\frac{1}{18} \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} g \frac{d_{50}^2}{\nu}$   
=  $\frac{1}{18} \frac{2476 - 1000}{1000} 9,81 \frac{0,000165^2}{0,001}$   
= 0,02181 m/s (kecepatan jatuh sedimen)  
(diperoleh dari hasil perhitungan)

B = 58,2 m (Lebar sungai di hulu bendung simongan – P.94)  
(diperoleh dari data potongan cross section sungai yang  
dapat dilihat pada Lampiran 01)

Q<sub>2Th</sub> = 284,6 m<sup>3</sup>/s (debit puncak pada periode ulang 2 Tahunan)  
(diperoleh dari analisis menggunakan HEC-HMS yang  
dapat dilihat pada Tabel 4.48)

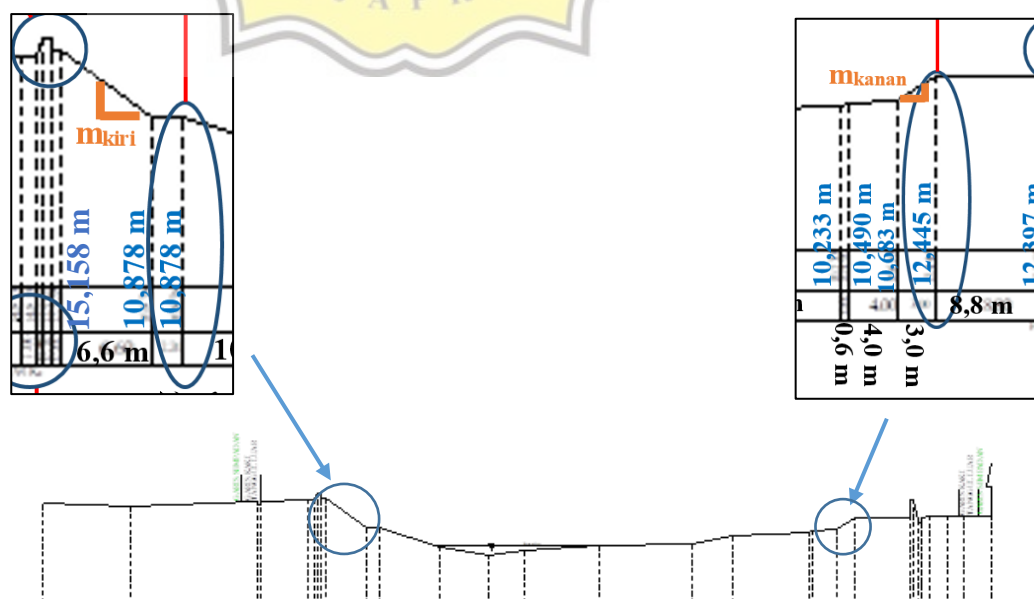
H<sub>max</sub> = 4,57 m (kedalaman maksimum sungai)  
(diperoleh dari jarak antara tinggi muka air ke trendline  
dasar sungai paling besar antara P.94 hingga P.55 dapat  
dilihat pada Tabel 4.53 halaman 174 dan Grafik 4.8 di  
bawah ini)



Grafik 4.8 Kedalaman Sungai Maksimum pada hulu Bendung Simongan

Berikut merupakan contoh perhitungan debit angkutan sedimen periode ulang 2 tahunan dengan lokasi pada bagian hulu bendung *cross section* P.94.

Untuk memperoleh nilai  $m_{kiri}$  (kemiringan dinding sungai bagian kiri) dan  $m_{kanan}$  (kemiringan dinding sungai bagian kanan), digunakan cara sebagai berikut.



Gambar 4.14 Dinding Sungai bagian Kanan dan Kiri pada P.94



**Tugas Akhir**  
**Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang**

---

---

Untuk dinding sungai bagian kiri

$$\text{Elevasi tertinggi dinding} = 15,158 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi terendah dinding} = 10,878 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Vertikal} = \text{Elevasi tertinggi} - \text{Elevasi terendah}$$

$$= 15,158 - 10,878$$

$$= 4,280 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Horizontal} = 6,600 \text{ m}$$

$$m_{\text{kiri}} = \text{Jarak Horizontal} / \text{Jarak Vertikal}$$

$$= 6,600 / 4,280$$

$$= 1,542$$

$$\text{Panjang sisi miring} = \sqrt{\text{Jarak Vertikal}^2 + \text{Jarak Horizontal}^2}$$

$$= \sqrt{4,280^2 + 6,600^2}$$

$$= \sqrt{18,318 + 43,560}$$

$$= \sqrt{61,878}$$

$$= 7,866 \text{ m}$$

Untuk dinding sungai bagian kanan

$$\text{Elevasi tertinggi dinding} = 12,245 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi terendah dinding} = 10,683 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Vertikal} = \text{Elevasi tertinggi} - \text{Elevasi terendah}$$

$$= 12,245 - 10,683$$

$$= 1,762 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Horizontal} = 3,000 \text{ m}$$

$$m_{\text{kanan}} = \text{Jarak Horizontal} / \text{Jarak Vertikal}$$

$$= 3,000 / 1,762$$

$$= 1,703$$

$$\text{Panjang sisi miring} = \sqrt{\text{Jarak Vertikal}^2 + \text{Jarak Horizontal}^2}$$

$$= \sqrt{1,762^2 + 3,000^2}$$





## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

---

$$\begin{aligned} &= \sqrt{3,104 + 9,000} \\ &= \sqrt{12,104} \\ &= 3,479 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah memperoleh nilai perbandingan dinding sungai dan panjang sisi miring sungai bagian kiri dan kanan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan luas penampang. Adapun *cross section* berbentuk trapesium tak beraturan, sehingga dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian kiri (berbentuk segitiga), tengah (berbentuk trapesium), dan kanan (berbentuk segitiga). Masing-masing bagian memiliki luas. Berikut merupakan perhitungan luas tiga bagian tersebut.

#### Bagian Kiri (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 6,600 m

Jarak Vertikal = tinggi = 4,280 m

Luas bagian kiri sungai

$$\begin{aligned} A_{\text{kiri}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 6,600 \times 4,280 \\ &= 14,12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### Bagian Tengah (berbentuk trapesium)

Jarak Vertikal bagian kiri = 4,280 m

Jarak Vertikal bagian kanan = 1,762 m

Lebar (B) = tinggi = 58,2 m

Luas bagian tengah sungai

$$\begin{aligned} A_{\text{tengah}} &= \left( \frac{\text{Jumlah sisi sejajar}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{\text{Jarak vertikal bag. kiri} + \text{Jarak vertikal bag. kanan}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{4,280 + 1,762}{2} \right) \times 58,2 \\ &= \left( \frac{6,042}{2} \right) \times 58,2 \\ &= 175,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

Bagian Kanan (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 3,000 m

Jarak Vertikal = tinggi = 1,762 m

Luas bagian kanan sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kanan}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 3,000 \times 1,762 \\ &= 2,64 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{total}} (\text{Luas penampang}) &= A_{\text{kiri}} + A_{\text{tengah}} + A_{\text{kanan}} \\ &= 14,12 + 175,82 + 2,64 \\ &= 192,59 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P (\text{Keliling penampang}) &= B + \text{pjj. sisi miring kiri} + \text{pjj. sisi miring kanan} \\ &= 58,2 + 7,866 + 3,479 \\ &= 69,55 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v (\text{Kecepatan aliran}) &= Q_{2\text{Tb}}/A \\ &= 284,6/192,59 \\ &= 1,48 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R (\text{jari-jari hidrolis}) &= A/P \\ &= 192,59/69,55 \\ &= 2,77 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U^* (\text{Kecepatan geser}) &= \sqrt{g R S} \\ &= \sqrt{9,81 \times 2,77 \times 0,0007} \\ &= 0,14 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_{\text{cr}} (\text{Kecepatan kritis}) &= \left[ \frac{2,5}{\log\left(\frac{U^* \cdot d_{50}}{v}\right) - 0,06} + 0,66 \right] \times \omega \\ &= \left[ \frac{2,5}{\log\left(\frac{0,14 \times 0,000165}{0,000001004}\right) - 0,06} + 0,66 \right] \times 0,02181 \\ &= 0,056 \text{ m/s}\end{aligned}$$



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

$$\begin{aligned}M_1 &= 5,435 - 0,286 \text{ Log } \frac{\omega d_{50}}{v} - 0,457 \text{ Log } \frac{U^*}{\omega} \\&= 5,435 - 0,286 \text{ Log } \frac{0,02181 \times 0,000165}{0,000001004} - 0,457 \text{ Log } \frac{0,14}{0,02181} \\&= 4,910\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_1 &= 1,799 - 0,409 \text{ Log } \frac{\omega d_{50}}{v} - 0,3141 \text{ Log } \frac{U^*}{\omega} \\&= 1,799 - 0,409 \text{ Log } \frac{0,02181 \times 0,000165}{0,000001004} - 0,3141 \text{ Log } \frac{0,14}{0,02181} \\&= 1,321\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Log } C_t &= M_1 + N_1 \text{ Log } \left( \frac{vS}{\omega} - \frac{v_{cr} S}{\omega} \right) \\&= 5,271 + 2,205 \text{ Log } \left( \frac{1,48 \times 0,0007}{0,02181} - \frac{0,056 \times 0,0007}{0,02181} \right) \\&= 3,14\end{aligned}$$

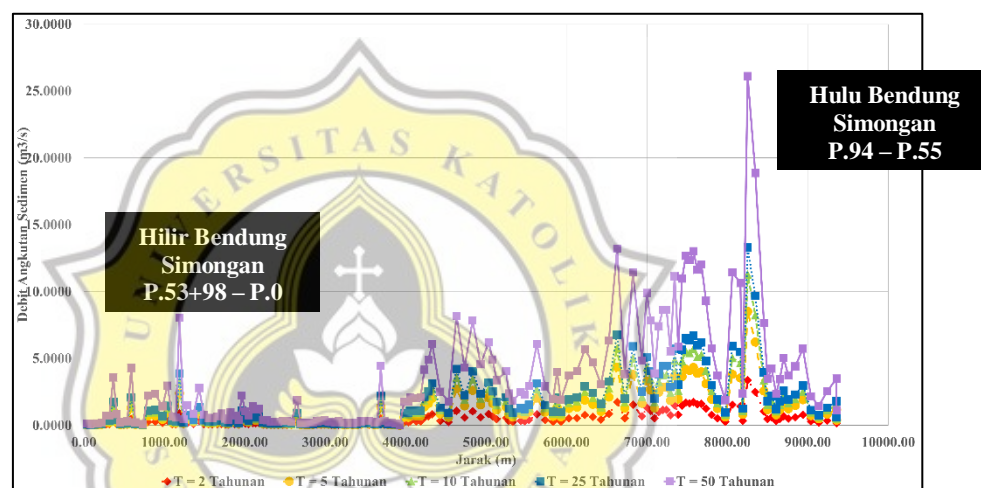
$$\begin{aligned}C_t \text{ (Konsentrasi Angkutan Sedimen Total)} &= 10^{3,14} \\&= 1378,73 \text{ ppm} \\&= 1,378 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_s \text{ (Debit angkutan sedimen)} &= C_t \times Q_{2Th} \\&= 1,378 \times 284,6 \\&= 392,39 \text{ kg/s} \\&= 0,3923 \text{ ton/s} \\&= \frac{0,3923}{\gamma_s} \\&= \frac{0,3923 \text{ ton/s}}{2,476 \text{ ton/m}^3} \\&= 0,1585 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil dari perhitungan debit angkutan sedimen total dengan metode *Yang's* dengan periode ulang tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 4.55 dan grafik perhitungan debit angkutan sedimen Metode *Yang's* dapat dilihat pada Grafik 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.55 Rekap Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Yang's* per Periode Ulang pada P.94

Periode Ulang	Q <sub>s</sub>
	(m <sup>3</sup> /s)
2 Tahunan	0,1585
5 Tahunan	0,3888
10 Tahunan	0,5104
25 Tahunan	0,5982
50 Tahunan	1,1476



Grafik 4.9 Hasil Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Yang's* pada P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan

#### 4.8.2 Perhitungan Menggunakan Metode *Ackers-White*

*Ackers-White* mengembangkan teori untuk angkutan sedimen total berdasarkan ukuran diameter butiran sedimen tak berdimensi dan mobilitas partikel sedimen. Parameter ukuran yang tidak berdimensi digunakan untuk membedakan antara ukuran sedimen halus, transisi dan kasar.

Dalam analisis menggunakan metode *Ackers-White*, data-data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.53, Tabel 4.54 sebelumnya dan keterangan yang antara lain sebagai berikut.



## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

Parameter lain yang dibutuhkan:

$$S = 0,0007 \text{ (kemiringan sungai di hulu)}$$

$$d_{50} = 0,000165 \text{ m (diameter butiran)}$$

(dapat dilihat pada Grafik 4.3)

$$\gamma_s = 2476 \text{ kg/m}^3 \text{ (Berat jenis sedimen)}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (Berat jenis air)}$$

$$\nu = 1,004 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2 \text{ (viskositas kinematik)}$$
$$= 0,000001004 \text{ m/s}^2$$

(dapat dilihat pada Tabel 2.10 hal. 58)

$$\omega = \frac{1}{18} \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} g \frac{d_{50}^2}{\nu}$$
$$= \frac{1}{18} \frac{2476 - 1000}{1000} 9,81 \frac{0,000165^2}{0,000001004}$$
$$= 0,02181 \text{ m/s (kecepatan jatuh sedimen)}$$

$$B = 58,2 \text{ m (Lebar sungai di hulu bendung simongan – P.94)}$$

$$H_{\max} = 4,57 \text{ m (kedalaman maksimum sungai)}$$

(dapat dilihat pada Tabel 4.53 halaman 174)

Berikut merupakan contoh perhitungan debit angkutan sedimen periode ulang 2 tahunan dengan lokasi pada bagian hulu bendung *cross section* P.94.

Kemiringan dinding sungai bagian kiri

$$m_{\text{kiri}} = 1,542$$

$$\text{Panjang sisi miring kiri} = 7,866 \text{ m}$$

Kemiringan dinding sungai bagian kanan

$$m_{\text{kanan}} = 1,703$$

$$\text{Panjang sisi miring kanan} = 3,479 \text{ m}$$

Setelah memperoleh nilai perbandingan dinding sungai dan panjang sisi miring sungai bagian kiri dan kanan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan luas penampang. Adapun *cross section* berbentuk trapesium tak beraturan, sehingga dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian kiri (berbentuk segitiga), tengah (berbentuk trapesium), dan





## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

---

kanan (berbentuk segitiga). Masing-masing bagian memiliki luas. Berikut merupakan perhitungan luas tiga bagian tersebut.

Bagian Kiri (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 6,600 m

Jarak Vertikal = tinggi = 4,280 m

Luas bagian kiri sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kiri}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 6,600 \times 4,280 = 14,12 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Bagian Tengah (berbentuk trapesium)

Jarak Vertikal bagian kiri = 4,280 m

Jarak Vertikal bagian kanan = 1,762 m

Lebar (B) = tinggi = 58,2 m

Luas bagian tengah sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{tengah}} &= \left( \frac{\text{Jumlah sisi sejajar}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{\text{Jarak vertikal bag. kiri} + \text{Jarak vertikal bag. kanan}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{4,280 + 1,762}{2} \right) \times 58,2 \\ &= \left( \frac{6,042}{2} \right) \times 58,2 \\ &= 175,82 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Bagian Kanan (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 3,000 m

Jarak Vertikal = tinggi = 1,762 m

Luas bagian kanan sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kanan}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 3,000 \times 1,762 \\ &= 2,64 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{total}} (\text{Luas penampang}) &= A_{\text{kiri}} + A_{\text{tengah}} + A_{\text{kanan}} \\ &= 14,12 + 175,82 + 2,64 \\ &= 192,59 \text{ m}^2\end{aligned}$$



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

$$\begin{aligned} P \text{ (Keliling penampang)} &= B + \text{pjg. sisi miring kiri} + \text{pjg. sisi miring kanan} \\ &= 58,2 + 7,866 + 3,479 = 69,55 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R \text{ (jari-jari hidrolis)} &= A/P \\ &= 192,59/69,55 \\ &= 2,77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v \text{ (Kecepatan aliran)} &= Q_{2Th}/A \\ &= 284,6/192,59 = 1,48 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U^* \text{ (Kecepatan geser)} &= \sqrt{g R S} \\ &= \sqrt{9,81 \times 2,77 \times 0,0007} \\ &= 0,14 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ (Rasio densitas air)} &= \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \\ &= \frac{2476}{1000} - 1 \\ &= 2,476 - 1 \\ &= 1,476 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{gr} \text{ (Diameter tak berdimensi)} &= d_{50} \left( \frac{\Delta \cdot g}{v^2} \right)^{1/3} \\ &= 0,000165 \left( \frac{1,476 \times 9,81}{0,000001004^2} \right)^{1/3} \\ &= 4,011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= 1,34 + \frac{9,66}{d_{gr}} \\ &= 1,34 + \frac{9,66}{4,011} \\ &= 3,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ (Pangkat transisi)} &= 1 - (0,56 \times \text{Log } d_{gr}) \\ &= 1 - (0,56 \times \text{Log } (4,011)) \\ &= 0,662 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 10^{(-3,53 + 2,86 \log d_{gr}) + (\log d_{gr})^2} \\ &= 10^{(-3,53 + 2,86 \log 4,011) + (\log 4,011)^2} \\ &= 147,44 \end{aligned}$$



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

$$\begin{aligned}A_1 \text{ (parameter angkutan sedimen kritis)} &= 0,14 + \frac{0,23}{\sqrt{d_{gr}}} \\ &= 0,14 + \frac{0,23}{\sqrt{4,011}} \\ &= 0,25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{gr} &= U_*^n \left[ g \cdot d_{50} \left( \frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right) \right]^{-1/2} \left[ \frac{v}{\sqrt{32 \log \frac{\alpha H}{d_{50}}}} \right]^{1-n} \\ &= 0,14^{0,662} \left[ 9,81 (1,476) \left( \frac{2476}{1000} - 1 \right) \right]^{-1/2} \left[ \frac{1,48}{\sqrt{32 \log \frac{12,3 \times 4,57}{0,000165}}} \right]^{1-0,662} \\ &= 0,062\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G_{gr} &= C \left[ \frac{F_{gr}}{A_1} - 1 \right]^m \\ &= 147,44 \left[ \frac{0,062}{0,25} - 1 \right]^{3,75} \\ &= 51,72\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X \text{ (Konsentrasi Angkutan Sedimen Total)} &= \frac{G_{gr} \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \cdot d_{50}}{H_{max} \cdot \left( \frac{U_*}{v} \right)^n} \\ &= \frac{51,72 \cdot \frac{2476}{1000} \cdot 0,000165}{4,57 \cdot \left( \frac{0,14}{1,48} \right)^{0,662}} \\ &= 0,022 \text{ ppm} \\ &= 0,000022 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

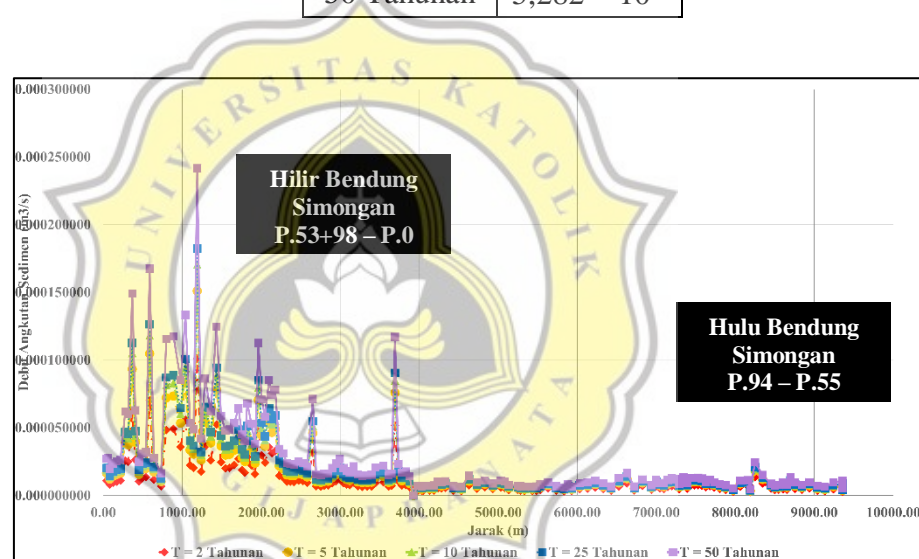
$$\begin{aligned}Q_s \text{ (Debit angkutan sedimen)} &= X \times Q_{2Th} \\ &= 0,000022 \times 284,6 \\ &= 0,00633 \text{ kg/s} \\ &= 0,00000633 \text{ ton/s} \\ &= \frac{0,00000633}{\gamma_s} = \frac{0,00000633 \text{ ton/s}}{2,476 \text{ ton/m}^3} \\ &= 0,000002556 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 2,556 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil dari perhitungan debit angkutan sedimen total dengan metode *Ackers White* dengan periode ulang tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 4.56 dan grafik perhitungan debit angkutan

sedimen Metode *Ackers White* dapat dilihat pada Grafik 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.56 Rekap Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Ackers-White* per Periode Ulang pada P.94

Periode Ulang	$Q_s$
	( $m^3/s$ )
2 Tahunan	$2,556 \times 10^{-6}$
5 Tahunan	$3,656 \times 10^{-6}$
10 Tahunan	$4,047 \times 10^{-6}$
25 Tahunan	$4,278 \times 10^{-6}$
50 Tahunan	$5,282 \times 10^{-6}$



Grafik 4.10 Hasil Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Ackers White* pada P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan

### 4.8.3 Perhitungan Menggunakan Metode *Shen and Hung*

Menurut *Shen*, (1971) mengasumsikan bahwa transportasi sedimen adalah begitu kompleks sehingga tidak menggunakan bilangan *Reynolds*, bilangan *Froude* kombinasi ini dapat ditemukan untuk menjelaskan transportasi sedimen dengan semua kondisi.

Dalam analisis menggunakan metode *Shen and Hung*, data-data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.53, Tabel 4.54 sebelumnya dan keterangan yang antara lain sebagai berikut.



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

Parameter lain yang dibutuhkan:

$$S = 0,0007 \text{ (kemiringan sungai di hulu)}$$

$$d_{50} = 0,000165 \text{ m (diameter butiran)}$$

(dapat dilihat pada Grafik 4.3)

$$\gamma_s = 2476 \text{ kg/m}^3 \text{ (Berat jenis sedimen)}$$

$$\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (Berat jenis air)}$$

$$\nu = 1,004 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2 \text{ (viskositas kinematik)}$$
$$= 0,000001004 \text{ m/s}^2$$

(dapat dilihat pada Tabel 2.10 hal. 58)

$$\omega = \frac{1}{18} \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} g \frac{d_{50}^2}{\nu}$$
$$= \frac{1}{18} \frac{2476 - 1000}{1000} 9,81 \frac{0,000165^2}{0,000001004}$$
$$= 0,02181 \text{ m/s (kecepatan jatuh sedimen)}$$

$$B = 58,2 \text{ m (Lebar sungai di hulu bendung simongan – P.94)}$$

$$H_{\max} = 4,57 \text{ m (kedalaman maksimum sungai)}$$

(dapat dilihat pada Tabel 4.53 halaman 174)

Berikut merupakan contoh perhitungan debit angkutan sedimen periode ulang 2 tahun dengan lokasi pada bagian hulu bendung *cross section* P.94.

Kemiringan dinding sungai bagian kiri

$$m_{\text{kiri}} = 1,542$$

$$\text{Panjang sisi miring kiri} = 7,866 \text{ m}$$

Kemiringan dinding sungai bagian kanan

$$m_{\text{kanan}} = 1,703$$

$$\text{Panjang sisi miring kanan} = 3,479 \text{ m}$$

Setelah memperoleh nilai perbandingan dinding sungai dan panjang sisi miring sungai bagian kiri dan kanan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan luas penampang. Adapun *cross section* berbentuk trapesium tak beraturan, sehingga dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian kiri (berbentuk segitiga), tengah (berbentuk trapesium), dan





## Tugas Akhir

### Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

---

kanan (berbentuk segitiga). Masing-masing bagian memiliki luas.

Berikut merupakan perhitungan luas tiga bagian tersebut.

Bagian Kiri (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 6,600 m

Jarak Vertikal = tinggi = 4,280 m

Luas bagian kiri sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kiri}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 6,600 \times 4,280 \\ &= 14,12 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Bagian Tengah (berbentuk trapesium)

Jarak Vertikal bagian kiri = 4,280 m

Jarak Vertikal bagian kanan = 1,762 m

Lebar (B) = tinggi = 58,2 m

Luas bagian tengah sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{tengah}} &= \left( \frac{\text{Jumlah sisi sejajar}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{\text{Jarak vertikal bag. kiri} + \text{Jarak vertikal bag. kanan}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{4,280 + 1,762}{2} \right) \times 58,2 \\ &= \left( \frac{6,042}{2} \right) \times 58,2 \\ &= 175,82 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Bagian Kanan (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 3,000 m

Jarak Vertikal = tinggi = 1,762 m

Luas bagian kanan sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kanan}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 3,000 \times 1,762 \\ &= 2,64 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{\text{total}} (\text{Luas penampang}) &= A_{\text{kiri}} + A_{\text{tengah}} + A_{\text{kanan}} \\ &= 14,12 + 175,82 + 2,64 = 192,59 \text{ m}^2\end{aligned}$$



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

$$\begin{aligned}v \text{ (Kecepatan aliran)} &= Q_{2Th}/A \\ &= 284,6/192,59 \\ &= 1,48 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S^{0,57} &= (0,0007)^{0,57} \\ &= 0,016\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega^{0,32} &= (0,02181)^{0,32} \\ &= 0,294 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y &= (v \times S^{0,57})/\omega^{0,32} \\ &= (1,48 \times 0,016)/0,294 \\ &= 0,080\end{aligned}$$

(dimasukkan ke dalam persamaan)

$$\begin{aligned}Y &= \left( \frac{v \cdot S^{0,57}}{\omega^{0,32}} \right)^{0,00750189} \\ &= 0,080^{0,00750189} \\ &= 0,981\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Log } C_t &= -107404.45938164 + 324214.74734085 Y - \\ &\quad 326309.58908739 Y^2 + 109503.87232539 Y^3 \\ &= -107404,45938164 + 324214,74734085 (0,981) - \\ &\quad 326309,58908739 (0,981)^2 + 109503,87232539 (0,981)^3 \\ &= 2,611\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_t &= 10^{2,611} \\ &= 408,00 \text{ ppm} \\ &= 0,4080 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_a &= C_t \times \gamma_w \times B \times H_{\max} \times v \\ &= 1,874 \times 1000 \times 58,2 \times 4,57 \times 1,48 \\ &= 160362,61 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_t &= (Q_a \times C_t)/10^6 \\ &= (160362,61 \times 0,4080)/10^6 = 65,42 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Lalu hasil akhir  $Q_t$  dikalikan  $Y$  menjadi persamaan

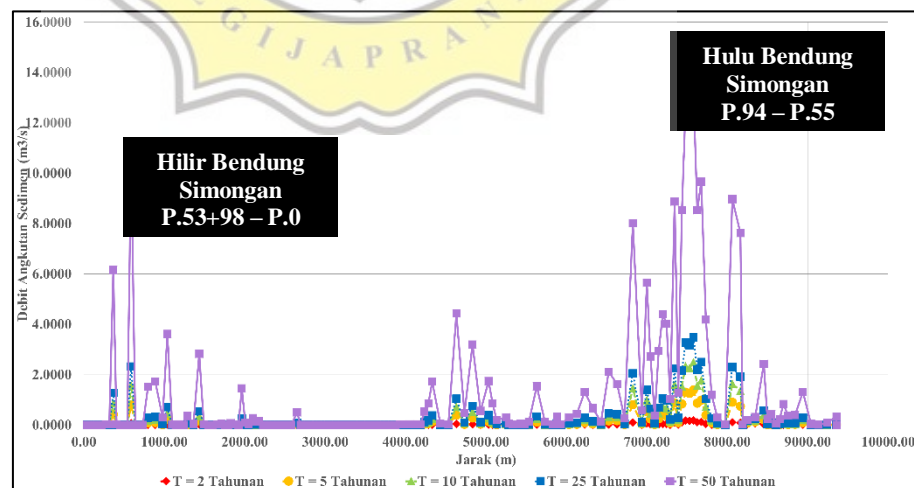
$$\begin{aligned}&= 65,42 \times 0,981 \\ &= 64,19 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0642 \text{ ton/s} \\
 &= \frac{0,0642}{\gamma_s} \\
 &= \frac{0,0642 \text{ ton/s}}{2,476 \text{ ton/m}^3} = 0,000002 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil dari perhitungan berat angkutan sedimen total dengan metode *Shen and Hung* dengan periode ulang tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 4.57 dan grafik perhitungan debit angkutan sedimen Metode *Shen and Hung* dapat dilihat pada Grafik 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.57 Rekap Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Shen and Hung* per Periode Ulang pada P.94

Periode Ulang	$Q_s$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
2 Tahunan	$2,0 \times 10^{-6}$
5 Tahunan	0,0001
10 Tahunan	0,0002
25 Tahunan	0,0003
50 Tahunan	0,0025



Grafik 4.11 Hasil Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Shen and Hung* pada P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan



#### 4.8.4 Perhitungan Menggunakan Metode *Englund and Hansen*

Pendekatan tegangan geser menjadi dasar dari Persamaan *Englund and Hansen*. Teori *Bagnold* diterapkan oleh *Englund and Hansen* (1972) dengan tujuan untuk mendapatkan persamaan analisis angkutan sedimen.

Dalam analisis menggunakan metode *Englund and Hansen*, data-data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.53 dan Tabel 4.54 sebelumnya, serta keterangan yang antara lain sebagai berikut.

$$\begin{aligned}d_{50} &= 0,000165 \text{ m (diameter butiran)} \\ &\text{(dapat dilihat pada Grafik 4.3)} \\ S &= 0,0007 \text{ (kemiringan sungai di hulu bendung simongan)} \\ B &= 58,2 \text{ m (Lebar sungai di hulu bendung simongan – P.94)} \\ \gamma_s &= 2476 \text{ kg/m}^3 \text{ (Berat jenis sedimen)} \\ \gamma_w &= 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (Berat jenis air)} \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ (gravitasi)} \\ H_{\max} &= 4,57 \text{ m (kedalaman maksimum sungai)} \\ &\text{(dapat dilihat pada Tabel 4.53 halaman 174)}\end{aligned}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan debit angkutan sedimen periode ulang 2 tahunan dengan lokasi pada bagian hulu bendung *cross section* P.94.

Kemiringan dinding sungai bagian kiri

$$m_{\text{kiri}} = 1,542$$

$$\text{Panjang sisi miring kiri} = 7,866 \text{ m}$$

Kemiringan dinding sungai bagian kanan

$$m_{\text{kanan}} = 1,703$$

$$\text{Panjang sisi miring kanan} = 3,479 \text{ m}$$

Setelah memperoleh nilai perbandingan dinding sungai dan panjang sisi miring sungai bagian kiri dan kanan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan luas penampang. Adapun *cross section* berbentuk



## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

trapesium tak beraturan, sehingga dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian kiri (berbentuk segitiga), tengah (berbentuk trapesium), dan kanan (berbentuk segitiga). Masing-masing bagian memiliki luas. Berikut merupakan perhitungan luas tiga bagian tersebut.

### Bagian Kiri (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 6,600 m

Jarak Vertikal = tinggi = 4,280 m

Luas bagian kiri sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kiri}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 6,600 \times 4,280 \\ &= 14,12 \text{ m}^2\end{aligned}$$

### Bagian Tengah (berbentuk trapesium)

Jarak Vertikal bagian kiri = 4,280 m

Jarak Vertikal bagian kanan = 1,762 m

Lebar (B) = tinggi = 58,2 m

Luas bagian tengah sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{tengah}} &= \left( \frac{\text{Jumlah sisi sejajar}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{\text{Jarak vertikal bag. kiri} + \text{Jarak vertikal bag. kanan}}{2} \right) \times \text{tinggi} \\ &= \left( \frac{4,280 + 1,762}{2} \right) \times 58,2 \\ &= \left( \frac{6,042}{2} \right) \times 58,2 \\ &= 175,82 \text{ m}^2\end{aligned}$$

### Bagian Kanan (berbentuk segitiga)

Jarak Horizontal = alas = 3,000 m

Jarak Vertikal = tinggi = 1,762 m

Luas bagian kanan sungai

$$\begin{aligned}A_{\text{kanan}} &= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\ &= \frac{1}{2} \times 3,000 \times 1,762 \\ &= 2,64 \text{ m}^2\end{aligned}$$





## Tugas Akhir Kajian Angkutan Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang

$$\begin{aligned}A_{\text{total}} (\text{Luas penampang}) &= A_{\text{kiri}} + A_{\text{tengah}} + A_{\text{kanan}} \\ &= 14,12 + 175,82 + 2,64 = 192,59 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P (\text{Keliling penampang}) &= B + \text{pjpg. sisi miring kiri} + \text{pjpg. sisi miring kanan} \\ &= 58,2 + 7,866 + 3,479 = 69,55 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v &= Q_{2\text{Th}}/A \\ &= 284,6/192,59 \\ &= 1,48 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_0 &= \gamma_w \times H_{\text{max}} \times S \\ &= 1000 \times 4,57 \times 0,0007 \\ &= 3,20 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

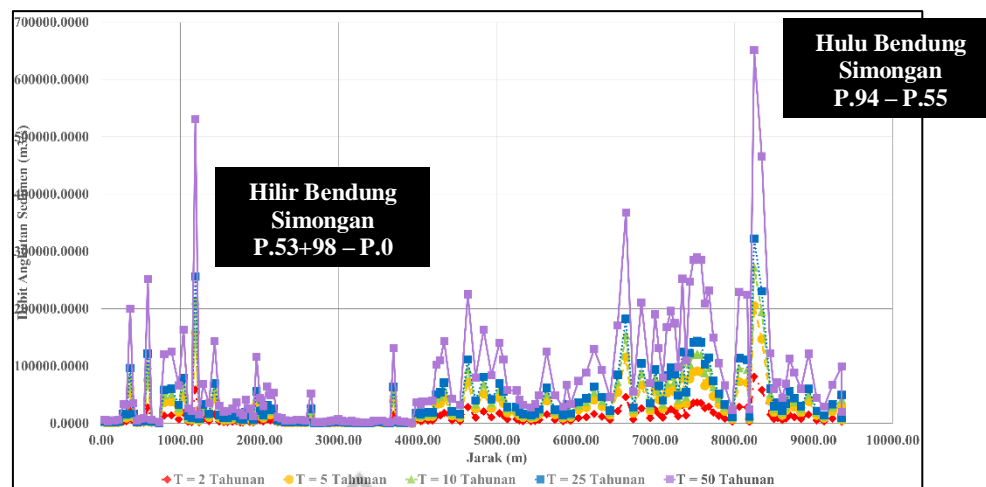
$$\begin{aligned}q_s &= 0,05 \gamma_s v^2 \left[ \frac{d_{50}}{g \left( \frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)} \right]^{1/2} \left[ \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d_{50}} \right]^{3/2} \\ &= 0,05 (2476) (1,48)^2 \left[ \frac{0,000165}{9,81 \left( \frac{2476}{1000} - 1 \right)} \right]^{1/2} \left[ \frac{3,20}{(2476 - 1000) 0,000165} \right]^{3/2} \\ &= 43,447 \text{ m}^2/\text{s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_s &= B \times q_s \\ &= 58,2 \times 43,447 \\ &= 2528,60 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil dari perhitungan berat angkutan sedimen total dengan metode *Englund and Hansen* dengan periode ulang tertentu yang dapat dilihat pada Tabel 4.58 dan grafik perhitungan debit angkutan sedimen Metode *Englund and Hansen* dapat dilihat pada Grafik 4.12 di bawah ini.

Tabel 4.58 Rekap Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Englund and Hansen* per Periode Ulang pada P.94

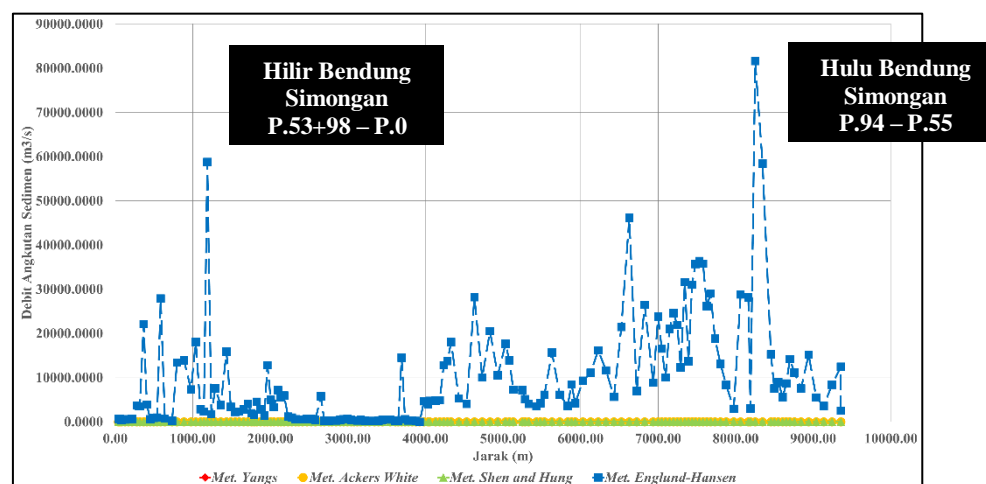
Periode Ulang	$Q_s$ (m <sup>3</sup> /s)
2 Tahunan	2528,59
5 Tahunan	6350,37
10 Tahunan	8431,12
25 Tahunan	9980,76
50 Tahunan	20171,62



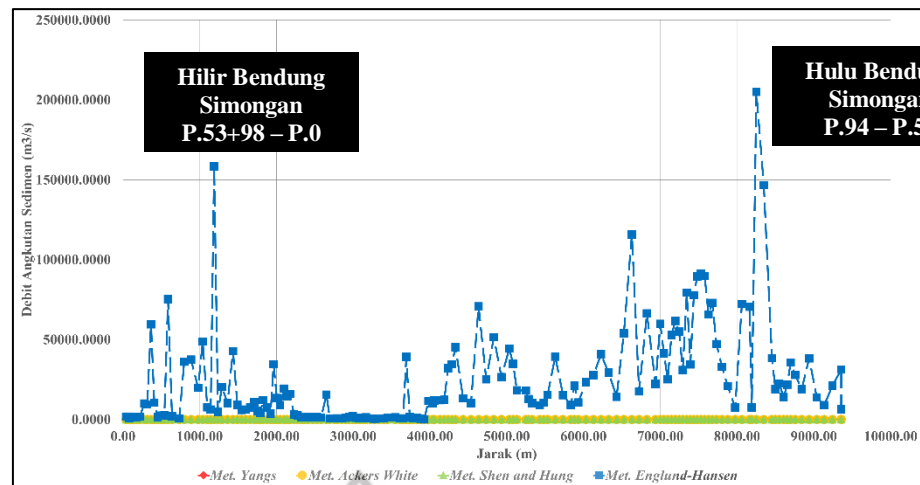
Grafik 4.12 Hasil Perhitungan Debit Angkutan Sedimen Metode *Englund and Hansen* pada P.94 – P.0 per Periode Ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan

#### 4.8.5 Perbandingan Debit Angkutan Sedimen Menurut Metode yang Digunakan

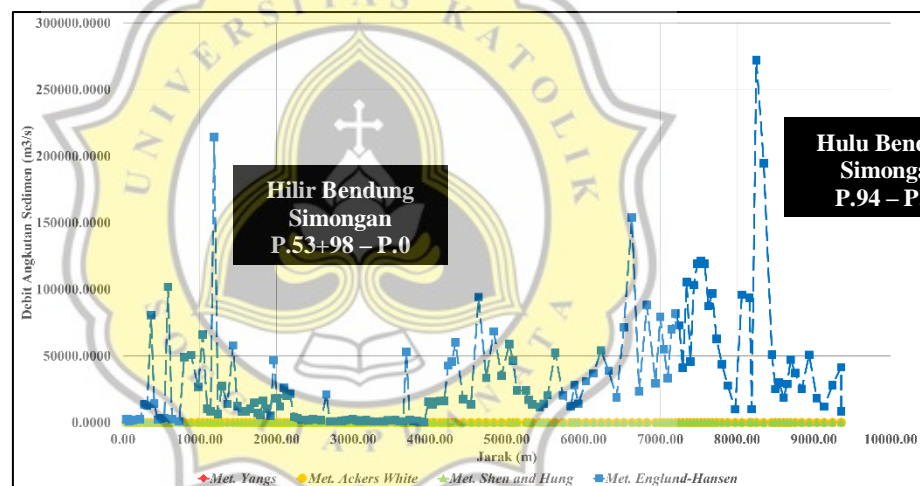
Untuk menentukan metode yang dapat digunakan untuk dimasukkan dalam perhitungan perencanaan, perlu adanya perbandingan antarmetode yang akan digunakan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode *Yang's*, *Ackers-White*, *Shen and Hung*, dan *Englund and Hansen*. Perbandingan berat angkutan sedimen yang diperoleh masing-masing metode pada masing-masing periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan dapat dilihat pada Grafik 4.13 hingga Grafik 4.17 di bawah ini.



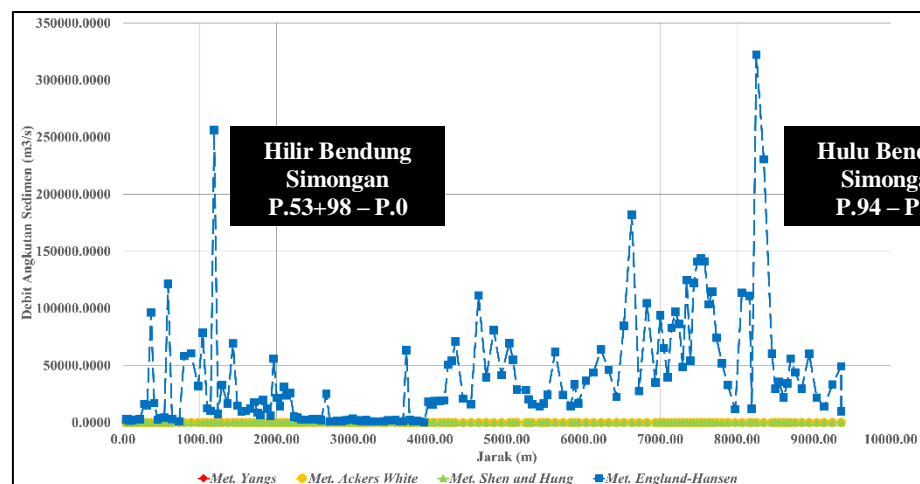
Grafik 4.13 Perbandingan Debit Angkutan Sedimen per satuan waktu (detik) Pada Periode Ulang 2 Tahunan masing-masing metode



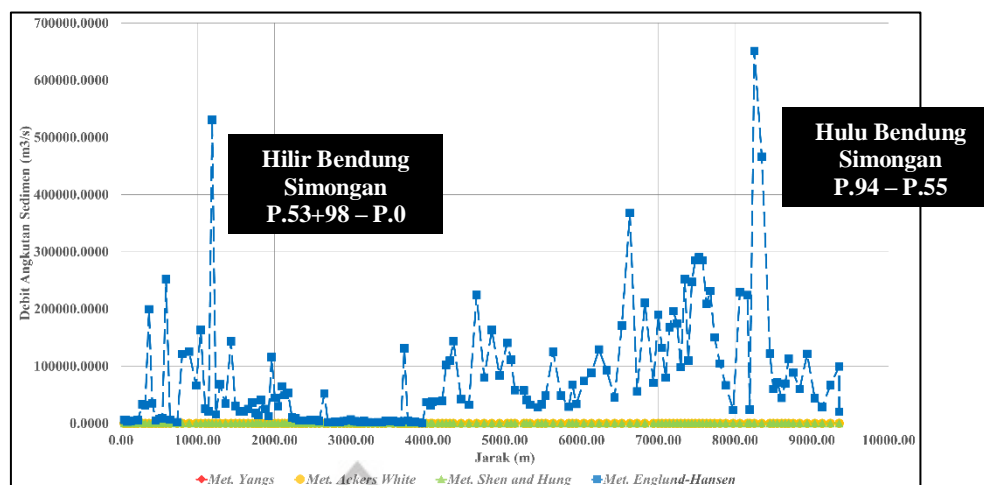
Grafik 4.14 Perbandingan Debit Angkutan Sedimen per satuan waktu (detik) Pada Periode Ulang 5 Tahunan masing-masing metode



Grafik 4.15 Perbandingan Debit Angkutan Sedimen per satuan waktu (detik) Pada Periode Ulang 10 Tahunan masing-masing metode



Grafik 4.16 Perbandingan Debit Angkutan Sedimen per satuan waktu (detik) Pada Periode Ulang 25 Tahunan masing-masing metode



Grafik 4.17 Perbandingan Debit Angkutan Sedimen per satuan waktu (detik) Pada Periode Ulang 50 Tahunan masing-masing metode

Dari beberapa grafik perbandingan debit angkutan sedimen dengan periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 Tahunan masing-masing metode dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil grafik perhitungan. Hal ini disebabkan oleh akibat adanya perbedaan pengaruh parameter perhitungan pada masing-masing metode dan kecepatan aliran pada masing-masing penampang. Untuk Metode *Yang's*, parameter perhitungan yang memiliki pengaruh besar adalah berat jenis sedimen ( $\gamma_s$ ). Semakin besar nilai berat jenis sedimen ( $\gamma_s$ ), maka nilai debit angkutan sedimen akan lebih kecil. Untuk Metode *Ackers White*, parameter perhitungan yang memiliki pengaruh besar adalah diameter butiran sedimen. Semakin besar diameter butiran sedimen, maka nilai debit angkutan sedimen akan lebih kecil. Untuk Metode *Shen and Hung*, parameter perhitungan yang memiliki pengaruh besar adalah debit aliran dan kedalaman sungai maksimum yang digunakan. Semakin besar debit aliran yang digunakan, maka nilai debit angkutan sedimen akan lebih besar. Sedangkan semakin besar nilai kedalaman muka air maksimum, maka nilai debit angkutan sedimen akan semakin kecil. Pada grafik perbandingan debit angkutan sedimen pada Metode *Ackers White* dapat dilihat bahwa nilai debit angkutan sedimen pada bagian hulu



Bendung Simongan lebih kecil daripada debit angkutan sedimen pada bagian hilir Bendung Simongan. Apabila demikian, maka hal tersebut akan menyebabkan terjadinya sedimentasi pada bagian hilir sungai. Untuk Metode *Englund and Hansen*, parameter perhitungan yang memiliki pengaruh besar adalah diameter butir sedimen dan nilai kedalaman maksimum sungai yang digunakan. Semakin besar nilai diameter butir sedimen dan nilai kedalaman maksimum sungai, maka nilai debit angkutan sedimen akan menjadi lebih besar. Berbeda dengan Metode *Ackers White*, sebaliknya dengan Metode *Englund and Hansen* per periode ulang, nilai debit angkutan sedimen pada bagian hulu lebih besar daripada debit angkutan pada bagian hilir. Apabila demikian, maka tidak akan terjadi sedimentasi pada bagian hilir dari sungai. Metode inilah yang dapat digunakan untuk perhitungan debit angkutan sedimen dikarenakan hasil perhitungan metode tersebut relevan untuk kondisi DAS Garang erosi pada hulu lebih besar daripada hilir. Pada grafik debit angkutan sedimen di atas dapat dilihat bahwa terdapat lonjakan kecepatan pada bagian bendung sehingga aliran air pada bendung menjadi deras.

#### **4.9 Hasil Analisis Kimia Kandungan Unsur Hara pada Sedimen**

Analisis kimia kandungan unsur hara pada suatu sampel sedimen bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi kimia unsur hara suatu endapan sedimen. Dalam penelitian ini dibatasi pada unsur Nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang memiliki pengaruh cukup besar dalam pertumbuhan tanaman. Analisis kimia kandungan sedimen dilakukan pada Laboratorium Agroteknologi Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga. Berikut merupakan lokasi pengambilan sampel sedimen pada Sungai Banjir Kanal Barat beserta hasil analisis kimia kandungan sedimen yang telah dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Tabel 4.59 di bawah ini.



**PETA PENGAMBILAN SAMPEL SEDIMEN SUNGAI BANJIR KANAL BARAT**



Gambar 4.15 Peta Pengambilan Sampel Sedimen Sungai Banjir Kanal Barat  
(Sumber: [eooeeearth.com](http://eooeeearth.com))

Tabel 4.59 Hasil Analisis Kimia Kandungan Sedimen

No. Sampel	N-Total (% N)	NO <sub>3</sub> (ppm-NO <sub>3</sub> )	NH <sub>4</sub> (ppm – NH <sub>4</sub> )	P-Tersedia (ppm – P)	P-Total (mg/100 g tanah – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
1A (Tugu Suharto)	0,039	45,26	21,33	20,86	20,22
1B (Tugu Suharto)	0,038	40,06	24,40	21,32	24,07
2A (Simongan)	0,027	57,11	37,34	26,35	24,51
2B (Simongan)	0,030	61,31	39,22	28,40	20,14
3A (Muara)	0,040	117,13	119,90	15,41	27,74
3B (Muara)	0,045	127,96	126,68	16,68	29,61

(Sumber: Hasil Penelitian Lab. Agroteknologi UKSW)

Pada Tabel 4.59 dapat dilihat hasil analisis kimia kandungan sedimen berupa unsur hara makro yaitu Nitrogen dan Fosfor. Terdapat dua bentuk hasil analisis unsur hara, yaitu unsur tersedia dan unsur total. Unsur tersedia adalah unsur yang memang sudah tersedia bebas pada sedimen dan dapat langsung diserap oleh tanaman. Untuk unsur total merupakan unsur yang tidak dapat langsung diserap oleh tanaman. Hal ini dikarenakan unsur yang dibutuhkan masih menyatu dalam bentuk senyawa kompleks yang berisi berbagai macam unsur. Agar unsur yang dibutuhkan tersebut dapat berubah menjadi unsur tersedia, maka diperlukan bantuan cairan asam atau basa kuat untuk memecah senyawa kompleks tersebut.

Nitrogen sangat berpengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, kualitas tanaman dan perkembangbiakannya. Untuk unsur Nitrogen terbagi menjadi tiga bagian yang dilakukan analisis yaitu unsur NO<sub>3</sub> (nitrat) dan NH<sub>4</sub> (amonium). Secara teori apabila kadar NH<sub>4</sub> tinggi, dapat dikatakan bahwa sampel tersebut berada pada daerah dengan kondisi tingkat air yang tinggi, sebagai contoh sawah. Sebaliknya apabila kadar NO<sub>3</sub> tinggi, maka dapat dikatakan bahwa sampel sedimen tersebut berada pada daerah dengan kondisi tingkat air yang rendah atau kering. Pada hasil

analisis kimia tersebut dapat dilihat bahwa nilai  $\text{NO}_3$  lebih tinggi daripada  $\text{NH}_4$ . Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Terjadinya pengambilan sedimen aktif/bergejolak yang mengandung oksigen difusi, sehingga unsur  $\text{NH}_4$  yang ada teroksidasi dan berubah menjadi  $\text{NO}_3$ .
2. Adanya limbah industri yang mengandung unsur  $\text{NO}_3$  yang lebih tinggi dan menyatu dengan unsur pada sedimen, sehingga menimbulkan nilai  $\text{NO}_3$  yang tinggi.

Unsur Fosfor berfungsi untuk memacu dan memperkuat pertumbuhan tanaman, beserta dengan sel dan jaringan yang terdapat dalam tanaman tersebut. Untuk unsur Fosfor dibagi menjadi dua hasil, yaitu P-Tersedia dan P-Total dalam bentuk  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Berikut merupakan beberapa jenis tanaman dan persentase kebutuhan unsur hara pada masing-masing tanaman tersebut yang digunakan sebagai perbandingan antara kebutuhan unsur hara tanaman dan hasil analisis kimia sedimen yang dapat dilihat pada Tabel 4.60 di bawah ini.

Tabel 4.60 Kebutuhan Unsur Hara pada Beberapa Jenis Tanaman

Jenis Tanaman	Kebutuhan Unsur Hara Tanaman	
	Nitrogen (N %)	Fosfor (P %)
Kedelai	4,26 – 5,50	0,26 – 0,50
Padi	3,81 – 5,06	0,14 – 0,27
Jagung	3,50 – 5,00	0,40 – 0,80
Sawi	2,50 – 4,00	0,40 – 0,60
Kubis	3,00 – 4,00	0,30 – 0,50

(Sumber: Soil Testing and Plant Analysis)

Dalam menganalisis lima bentuk parameter unsur hara tersebut, metode yang digunakan berbeda-beda sehingga kriteria penilaian masing-masing hasil pun berbeda. Berikut merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis kandungan sedimen, yaitu:





1. N-Total - Metode *Kjeldahl*
2. NO<sub>3</sub> - Metode *Morgan Wolf*
3. NH<sub>4</sub> - Metode *Morgan Wolf*
4. P-Tersedia - Metode *Bray*
5. P-Total - Menggunakan larutan HCl

Berikut merupakan masing-masing perbandingan antara hasil analisis dan kriteria penilaian berdasarkan Tabel 2.16 hingga Tabel 2.20 serta Tabel 4.60.

1. Nilai kandungan N-Total yang diperoleh melalui analisis kimia dengan Metode *Kjeldahl* pada enam buah sampel sedimen Sungai Banjir Kanal Barat berada pada kriteria Sangat Rendah. Hal ini disebabkan karena nilainya kurang dari 0,1 (lihat pada Tabel 2.15 halaman 67), yang berarti bahwa sedimen tersebut sangat beresiko apabila digunakan sebagai media tanam. Resiko yang terjadi apabila kandungan N-Total sangat rendah adalah terhambatnya pertumbuhan tanaman. Apabila dibandingkan dengan kebutuhan unsur Nitrogen pada beberapa jenis tanaman yang umum pada Tabel 4.60, hal ini membuktikan bahwa kadar Nitrogen pada sedimen yang dianalisis tidak memadai untuk digunakan sebagai media tanam. Apabila digunakan perlu adanya tambahan pupuk dengan kandungan nitrogen yang sangat tinggi.
2. Nilai kandungan P-Total yang diperoleh melalui analisis kimia dengan Metode P Ekstrak HCl 25% pada enam buah sampel sedimen, rata-rata berada pada kriteria Sedang. Hal ini disebabkan karena nilai kandungan P-Total berada pada kisaran 21 – 40 mg/100 g tanah (lihat Tabel 2.18 halaman 71). Hal ini berarti kandungan P-Total dalam sedimen tersebut sudah cukup untuk dapat digunakan sebagai media tanam bagi tanaman. Sedimen tersebut dapat diolah dengan cara memberi pupuk fosfor secukupnya atau bahkan tidak perlu karena kandungan P-Total yang sudah mencukupi.