

## BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

### 4.1. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dalam studi ini dilakukan untuk mendapatkan debit dengan peluang terjadi sebesar 26%, 50%, 75% dan 97% yang terjadi di Kali Porong. Hasil perhitungan debit tersebut nantinya akan digunakan sebagai input data perhitungan profil aliran dalam program HEC-RAS. Untuk perhitungan debit tersebut digunakan metode *flow characteristic*.

#### 4.1.1. Data AWLR

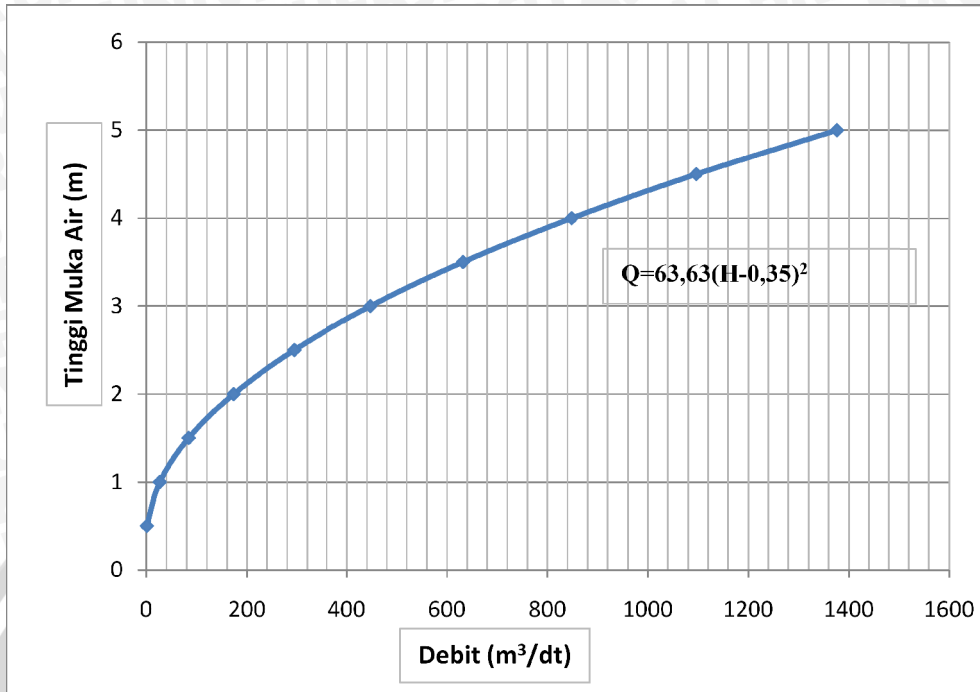
Data tinggi muka air merupakan data yang digunakan dalam analisis hidrologi yang diambil dari alat pengukur (*Automatic Water Level Record*). Data tinggi muka air digunakan untuk mendapatkan data debit melalui persamaan tinggi air dan debit (*rating curve*). Data tinggi muka air yang digunakan sejumlah 4 tahun yaitu tahun 2008 hingga 2011 yang terdiri dari data tiap jam. Dalam perhitungan yang digunakan adalah data kumulatif bulanan menggunakan metode *flow characteristic*. Data tinggi muka air kumulatif bulanan yang digunakan adalah dari data tiap jam yang maksimum untuk mewakili bulan dalam tahun tersebut seperti pada Tabel 4.1.

#### 4.1.2. Metode *Flow Characteristic*

Metode *flow characteristic* digunakan untuk menentukan debit dengan peluang terjadi sebesar 26%, 50%, 75% dan 97%. Metode ini menggunakan analisa frekuensi dengan metode Log-Pearson III untuk menentukan besaran nilai G dari tabel dan perhitungannya. Dalam perhitungannya menggunakan data tinggi muka air AWLR (*Automatic Water Level Record*) yang kemudian dirata-rata dan dimasukkan ke dalam rumus persamaan H-Q. Untuk perhitungan lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

#### 4.1.3. Lengkung Debit (*Rating Curve*)

Lengkung debit digunakan untuk mendapatkan nilai debit. Variabel H (tinggi air) terhadap Q (debit) digambarkan sehingga membentuk sebuah diagram kemudian ditarik sebuah garis yang disebut garis regresi. Data tinggi muka air (H) didapat dari stasiun pencatat tinggi muka air otomatis (AWLR) di Porong pada KP153. Dari penggambaran lengkung debit didapat sebuah persamaan  $Q=63,63(H-0,35)^2$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Rating Curve (Lengkung Debit)

Tabel 4.1. Data Tinggi Muka Air

Bulan	H maks pada tahun (m)			
	2008	2009	2010	2011
Januari	4,79	6,23	4,64	5,92
Februari	6,10	6,10	4,59	4,67
Maret	6,13	5,54	4,61	4,30
April	4,87	3,29	5,39	3,67
Mei	3,15	3,15	4,47	4,77
Juni	2,90	2,53	2,97	2,21
Juli	3,32	0,97	3,32	0,88
Agustus	4,54	2,80	2,46	1,65
September	12,90	0,41	3,27	2,59
Oktober	8,75	0,66	3,01	1,64
November	5,27	1,54	4,95	2,08
Desember	4,98	1,97	4,98	3,97

Sumber: Hasil Analisa Data

Tabel 4.2. Metode *Flow Characteristic*

Tahun	Kedalaman Aliran H (m)													Q rerata	Log Q rerata
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	H rerata		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2008	4,79	6,1	6,13	4,87	3,15	2,9	3,32	4,54	12,9	8,75	5,27	4,98	5,64	1782,90	3,25
2009	6,23	6,1	5,54	3,29	3,15	2,53	0,97	2,8	0,41	0,66	1,54	1,97	2,93	424,93	2,63
2010	4,64	4,59	4,61	5,39	4,47	2,97	3,32	2,46	3,27	3,01	4,95	4,98	4,06	874,25	2,94
2011	5,92	4,67	4,3	3,67	4,77	2,21	0,88	1,65	2,59	1,64	2,08	3,97	3,20	515,94	2,71
Jumlah														899,50	

Sumber: Hasil Perhitungan

keterangan

Kolom 1 s.d 13 diketahui (data)

Kolom 14 = H rerata AWLR bulan Januari s.d Desember

Kolom 15 = Q rerata menggunakan persamaan kurva H-Q,  $Q=63,63(H-0,35)^2$

Yang dipakai untuk analisis adalah Q rerata (kolom 15) dan dianalisis dengan metode Log Pearson III

Log Q rerata = 2,95

Simpangan Baku = 0,28

Skewness Cs = 0,87

- Debit andalan 97,3% pada tabel didapat  $G = -1,53$ , sehingga:

$$\text{Log}X = \text{Log} X \text{ rerata} + G \cdot S$$

$$\text{Log}X = 2,95 + (-1,53) \cdot 0,28$$

$$\text{Log}X = 2,53 \text{ maka, } X = 337,44 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Debit andalan 75,3% pada tabel didapat  $G = -0,74$ , sehingga:

$$\text{Log}X = \text{Log } X \text{ rerata} + G*S$$

$$\text{Log}X = 2,95 + (-0,74)*0,28$$

$$\text{Log}X = 2,75$$

$$X = 559,71 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Debit andalan 50,7% pada tabel didapat  $G = -0,74$ , sehingga:

$$\text{Log}X = \text{Log } X \text{ rerata} + G*S$$

$$\text{Log}X = 2,954 + (-0,74)*0,28$$

$$\text{Log}X = 2,91$$

$$X = 811,67 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Debit andalan 26% pada tabel didapat  $G = -0,55$ , sehingga:

$$\text{Log}X = \text{Log } X \text{ rerata} + G*S$$

$$\text{Log}X = 2,95 + (-0,55)*0,28$$

$$\text{Log}X = 3,11$$

$$X = 1279,88 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 4.3. Rekapitulasi  $Q_{\text{andalan}}$

No	$Q_{\text{andalan}}$	
	Peluang	$\text{m}^3/\text{dt}$
1	97,3%	337,44
2	75,3%	559,71
3	50,7%	811,67
4	26%	1279,88

Sumber: Hasil Perhitungan

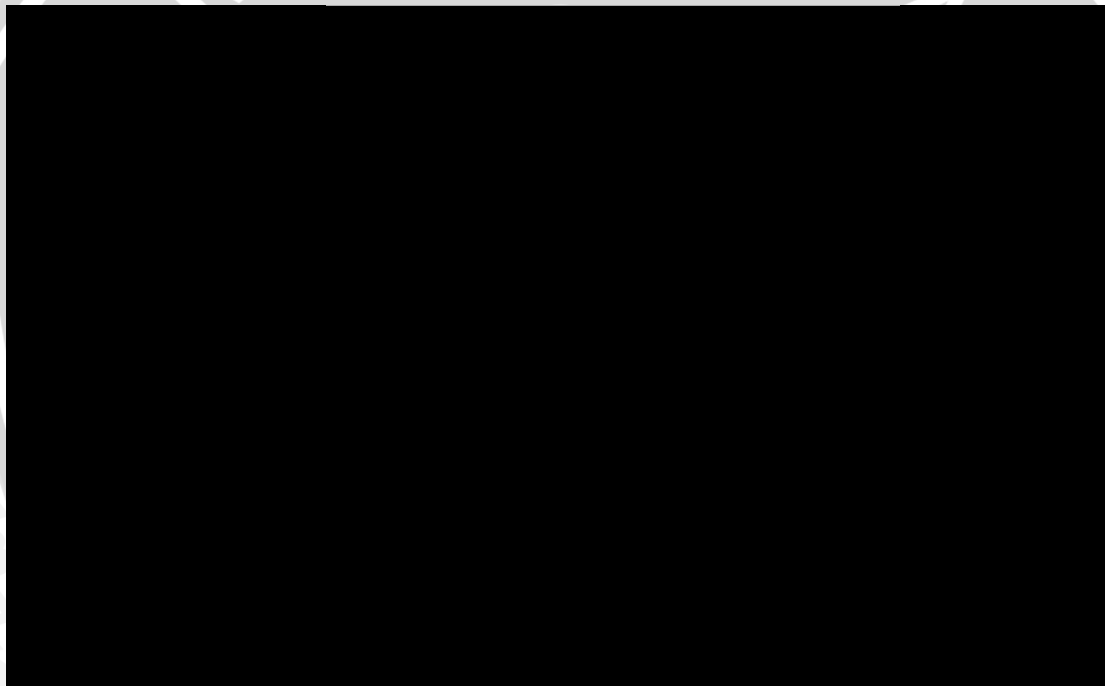
## 4.2. Analisa Geometri Sungai

Analisa geometri dalam studi ini dilakukan untuk mengetahui kondisi sungai baik secara melintang maupun memanjang. Data geometri ini nantinya akan digunakan sebagai input data sebelum melakukan perhitungan profil aliran dalam program HEC-RAS.

### 4.2.1. Data Potongan Memanjang Sungai

Data potongan memanjang pada studi ini dibagi menjadi dua, yaitu potongan memanjang alur sungai (skema sistem sungai) dan potongan memanjang dasar sungai. Data potongan memanjang sungai digunakan sebagai input awal data geometri pada program HEC-RAS. Sedangkan data potongan memanjang dasar sungai digunakan dalam analisa perubahan dasar sungai sebagai dampak pembuangan lumpur.

Dari data yang didapat, pada gambar potongan memanjang Kali Porong pada tahun 2001, elevasi dasar sungai berada pada -6,518 m di KP230, jauh dibawah dasar sungai rencana akibat penggerusan pada dasar sungai yang terjadi secara terus menerus. Sedangkan pengukuran pada Desember 2011 mengalami kenaikan elevasi dasar sungai namun masih dibawah elevasi dasar sungai rencana dengan elevasi dasar sungai terendah di KP205 sebesar -5,7 m. Namun terjadi penumpukan sedimen hingga melewati elevasi dasar sungai rencana ketika mendekati muara hingga muara Kali Porong yaitu pada KP245 hingga KP270. Hal ini dapat disebabkan akibat dari transport sedimen sepanjang sungai dan buangan Lumpur Sidoarjo (LUSI) yang menuju hilir serta bertemunya sedimen dari laut yang terbawa saat kondisi laut sedang pasang sehingga membentuk suatu tonjolan atau sumbatan seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Potongan Memanjang Kali Porong  
Sumber: Hasil Analisa Data

Dari gambar 4.2 dapat dihitung volume sedimen atau buangan lumpur yang bisa diterima Kali Porong untuk kembali pada elevasi dasar sungai rencana mulai dari KP160 hingga KP270.

Contoh perhitungan:

- Tinggi rata-rata dari elevasi dasar sungai (pengukuran Desember 2011) hingga dasar sungai rencana sebesar 1,235 m
- Lebar dasar sungai rata-rata 115 m

- Panjang sungai dari KP160 hingga KP270 sepanjang 21 km = 21.000 m
- Maka volume lumpur yang dapat diterima untuk kembali pada elevasi dasar sungai rencana, volume =  $1,235 \times 115 \times 21.1000 = 2.982.525 \text{ m}^3$

Analisa mengenai dasar sungai akan dijelaskan lebih detail pada hasil *running sediment analysis* pada kondisi eksisting dan setelah penanganan dengan menggunakan program HEC-RAS melalui permodelan *Quasi Unsteady Flow*.

#### 4.2.2. Data Potongan Melintang Sungai

Data potongan melintang sungai yang digunakan dalam studi ini adalah data pengukuran Desember 2011 yang didapat dari BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo) melalui UUKBPP-FT UB. Data potongan melintang Sungai Porong yang digunakan mulai dari KP150 (hulu) hingga KP270 (muara) dengan kelipatan 5 sebanyak 25 patok dan jarak antar patok  $\pm 1$  km. Data ini digunakan sebagai input awal data geometri pada program HEC-RAS. Data potongan melintang ini dilampirkan pada Lampiran II.

#### 4.3. Analisa Data Sedimen

Analisa sedimen dalam studi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh buangan Lumpur Sidoarjo terhadap kondisi sungai. Data sedimen yang digunakan dalam studi ini berupa pengukuran sampel sedimen dengan analisa saringan. Pengambilan contoh dilakukan oleh tim dari UUKBPP-FT UB pada Maret 2012 yang kemudian contoh diuji di Laboratorium Tanah dan AirTanah Teknik Pengairan FT UB. Pengambilan sampel dilakukan di 7 lokasi berbeda sehingga didapat 7 sampel. Namun yang digunakan dalam studi ini hanya 3 contoh karena pada program HEC-RAS hanya dapat memasukkan satu contoh dalam satu stasiun sungai, yaitu pada KP150 kiri tengah, KP262 kanan tengah, dan muara kiri tengah.

Tabel 4.4. Hasil Analisa Saringan KP150 Kiri Tengah

Saringan	Tertahan Saringan	Jumlah Tertahan	Jumlah Tertahan	Lolos Saringan
	gr	gr	%	%
0,85mm No.20	30	30	4,76	95,24
0,6mm No.30	55	85	13,49	86,51
0,425mm No.40	85	170	26,98	73,02
0,25mm No.60	390	560	88,89	11,11
0,15mm No.100	50	610	96,83	3,17
0,075mm No.200	5	615	97,62	2,38
PAN	15	630	100	0

Sumber: Hasil Analisa Data

Tabel 4.5. Hasil Analisa Saringan KP262 Kanan Tengah

Saringan	Tertahan Saringan	Jumlah Tertahan	Jumlah Tertahan	Lolos Saringan
	gr	gr	%	%
0,85mm No.20	25	25	2,13	97,87
0,6mm No.30	120	145	12,34	87,66
0,425mm No.40	260	405	34,47	65,53
0,25mm No.60	605	1010	85,96	14,04
0,15mm No.100	70	1060	91,91	8,09
0,075mm No.200	50	1130	96,17	3,83
PAN	45	1175	100	0

Sumber: Hasil Analisa Data

Tabel 4.6. Hasil Analisa Saringan Muara Kiri Tengah

Saringan	Tertahan Saringan	Jumlah Tertahan	Jumlah Tertahan	Lolos Saringan
	gr	gr	%	%
0,85mm No.20	5	5	0,53	99,47
0,6mm No.30	10	15	1,59	96,41
0,425mm No.40	40	55	5,82	94,18
0,25mm No.60	725	780	82,54	17,46
0,15mm No.100	95	875	92,59	7,41
0,075mm No.200	40	915	96,83	3,17
PAN	30	945	100	0

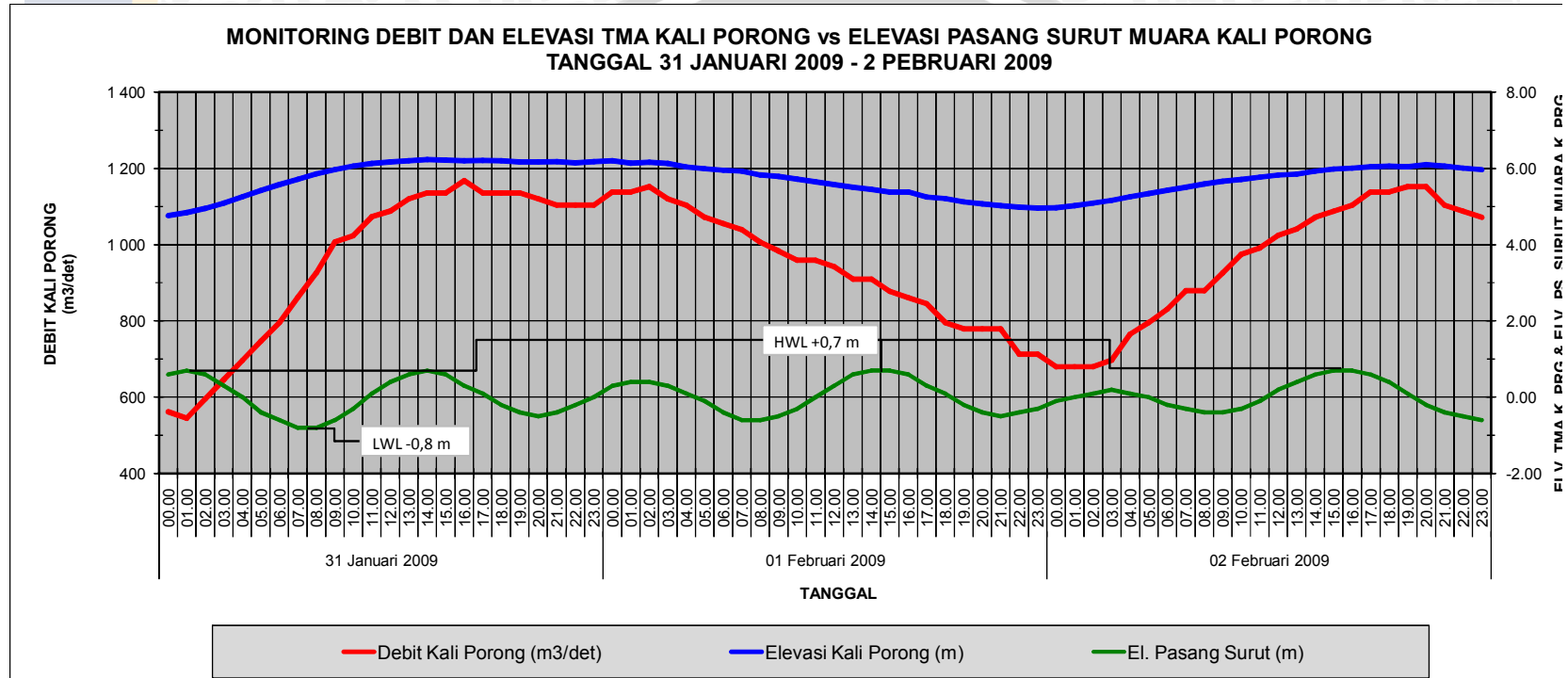
Sumber: Hasil Analisa Data

Untuk data volume lumpur yang dibuang ke Sungai Porong diestimasi sebesar 50.000 m<sup>3</sup>/hari sesuai dengan data pencatatan volume lumpur oleh BPLS. Dari pencatatan tersebut pada tahun 2011 mulai bulan Januari hingga Juli jika dirata-rata sebesar 1.500.000 m<sup>3</sup>/bulan. Data mengenai sedimen dan volume lumpur yang dibuang ke Sungai Porong selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran III.

#### 4.4. Analisa Data Pasang Surut

Analisa data pasang surut dalam studi ini dilakukan untuk mengetahui tinggi elevasi muka air saat pasang dan surut sebagai input data untuk analisa aliran *steady flow*, untuk mengetahui kondisi aliran sungai dengan data pasang surut historis sebagai input data untuk analisa aliran *unsteady flow* dan *quasi unsteady flow*.

Pada studi ini digunakan data pasang surut yang tercatat pada 31 Januari 2009 hingga 2 Februari 2009. Dari data tersebut dapat ditentukan nilai elevasi muka air laut tertinggi saat laut sedang pasang yaitu sebesar +0,7 m dan elevasi muka air laut saat surut terendah yaitu sebesar -0,8 m. Data ini didapat dari BPLS melalui UUKBPP-FTUB. Data mengenai pasang surut yang terjadi pada 31 Januari 2009 hingga 2 Februari 2009 selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan ditabelkan pada Tabel 4.7.



Gambar 4.3. Grafik Pasang Surut  
Sumber: Hasil Analisa Data



Tabel 4.7. Data Pasang Surut

Tanggal	Jam	Q <sub>Porong</sub>	MA <sub>Porong</sub>	Hpasut
31 Januari 2009	00.00	562.00	4.76	0.60
	01.00	545.00	4.84	0.70
	02.00	595.50	4.95	0.60
	03.00	646.00	5.09	0.30
	04.00	696.50	5.26	0.00
	05.00	747.00	5.42	-0.40
	06.00	796.00	5.58	-0.60
	07.00	862.00	5.72	-0.80
	08.00	926.00	5.86	-0.80
	09.00	1 007.00	5.97	-0.60
	10.00	1 024.00	6.06	-0.30
	11.00	1 073.00	6.13	0.10
	12.00	1 088.00	6.17	0.40
	13.00	1 120.00	6.20	0.60
	14.00	1 136.00	6.23	0.70
	15.00	1 136.00	6.22	0.60
	16.00	1 168.00	6.20	0.30
	17.00	1 136.00	6.21	0.10
	18.00	1 136.00	6.20	-0.20
	19.00	1 136.00	6.17	-0.40
	20.00	1 120.00	6.17	-0.50
	21.00	1 104.00	6.18	-0.40
	22.00	1 104.00	6.15	-0.20
23.00	1 104.00	6.18	0.00	
01 Februari 2009	00.00	1 138.00	6.20	0.30
	01.00	1 138.00	6.14	0.40
	02.00	1 152.00	6.16	0.40
	03.00	1 120.00	6.13	0.30
	04.00	1 104.00	6.04	0.10
	05.00	1 072.00	6.00	-0.10
	06.00	1 055.00	5.95	-0.40
	07.00	1 040.00	5.93	-0.60
	08.00	1 007.00	5.83	-0.60
	09.00	983.00	5.79	-0.50
	10.00	959.00	5.72	-0.30
	11.00	959.00	5.65	0.00
	12.00	943.00	5.58	0.30
	13.00	910.00	5.51	0.60
	14.00	910.00	5.45	0.70
	15.00	878.00	5.38	0.70
	16.00	861.00	5.38	0.60
	17.00	845.00	5.25	0.30
	18.00	796.00	5.21	0.10
	19.00	779.00	5.12	-0.20
	20.00	779.00	5.07	-0.40
	21.00	779.00	5.02	-0.50
	22.00	713.00	4.98	-0.40
23.00	713.00	4.96	-0.30	
02 Februari 2009	00.00	680.00	4.97	-0.10
	01.00	680.00	5.02	0.00
	02.00	680.00	5.09	0.10
	03.00	697.00	5.16	0.20
	04.00	765.00	5.26	0.10
	05.00	796.00	5.34	0.00
	06.00	831.00	5.43	-0.20
	07.00	879.00	5.51	-0.30
	08.00	879.00	5.59	-0.40
	09.00	926.00	5.66	-0.40
	10.00	975.00	5.71	-0.30
	11.00	991.00	5.77	-0.10
	12.00	1 025.00	5.83	0.20
	13.00	1 041.00	5.85	0.40
	14.00	1 072.00	5.93	0.60
	15.00	1 088.00	5.98	0.70
	16.00	1 104.00	6.01	0.70
	17.00	1 138.00	6.05	0.60
	18.00	1 138.00	6.06	0.40
	19.00	1 152.00	6.05	0.10
	20.00	1 152.00	6.10	-0.20
	21.00	1 104.00	6.06	-0.40
	22.00	1 088.00	6.01	-0.50
23.00	1 072.00	5.97	-0.60	

Sumber: Hasil Analisa Data

#### 4.5. Analisa Aliran (*Flow Analysis*) Kondisi Eksisting

Analisa aliran pada studi ini menggunakan bantuan program HEC-RAS 4.1 dengan analisa aliran berupa *steady flow* dan *unsteady flow*. Permodelan aliran menggunakan 2 model analisa aliran untuk membandingkan hasil antara *steady flow* dengan *unsteady flow* yang menggunakan data historis. Rangkaian kegiatan yang harus dilakukan pada program ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat *new project*
2. Skematisasi sistem sungai
3. Penyiapan data masukan
4. Memasukkan data *geometric* penampang sungai
5. Memasukkan data *flow* dan *boundary conditions* (yang didalamnya terdapat data kondisi-kondisi batas hidrolika yang melingkupi suatu sistem sungai, antara lain *Known W.S Elevations*, *Critical Depth*, *Normal Depth* dan *Rating Curve* untuk aliran *steady* sedangkan untuk aliran *unsteady* antara lain *Normal Depth*, *Rating Curve*, *Flow Hydrograph*, *Stage Hydrograph*, *Stage/Flow Hydrograph*)
6. Menjalankan *running* terhadap *SteadyAnalysis* dan *UnsteadyAnalysis*.
7. Evaluasi hasil perhitungan

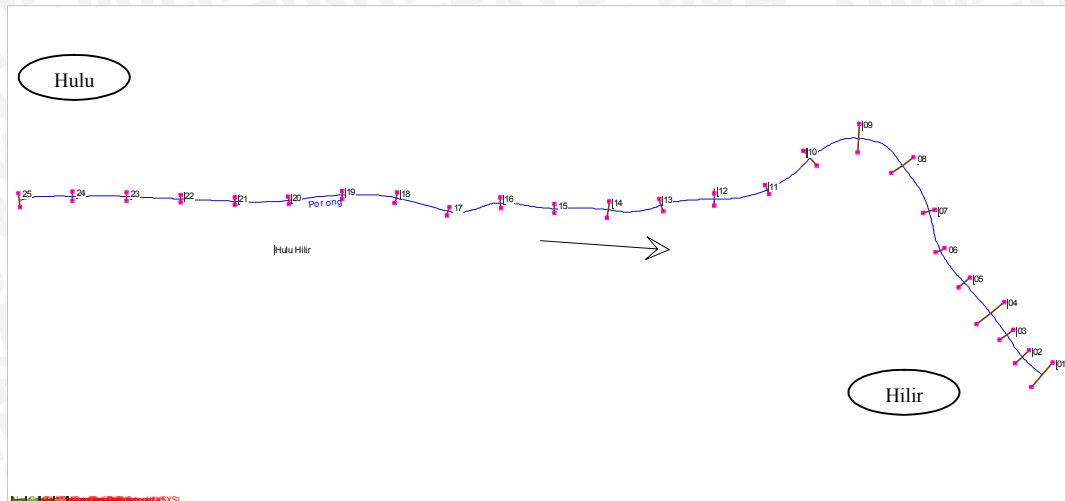
##### 4.5.1. Input Data Geometri

Data utama yang dibutuhkan pada suatu sistem sungai antara lain data potongan melintang sungai, jarak antara potongan melintang (panjang jangkauan), koefisien kehilangan energi, dan data pada percabangan sungai. Untuk analisa aliran *steady flow* dan *unsteady flow* menggunakan data geometri yang sama.

##### a. Skema sistem sungai

Skema sungai menggambarkan berbagai variasi jangkauan sungai yang saling berhubungan. Pada program ini, skema sistem sungai merupakan data awal yang dibutuhkan sebelum data lain dimasukkan.

Setiap penampang sungai pada skema sistem sungai diberi nama stasiun sebagai identifikasi berupa nomor stasiun dimana penampang melintang sungai itu berada. Pada kajian ini, titik hulu analisa adalah patok 25 (KP150) sedangkan titik hilir adalah patok 1 (KP270) muara sungai. Skema sistem sungai dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Skema sistem Sungai Porong (tanpa skala)  
Sumber: Analisa Program HEC-RAS

#### b. Geometri potongan melintang

Data penampang melintang digambarkan berupa titik-titik koordinat yang merupakan stasiun dan elevasi dari kiri ke kanan secara berurutan dan sistematis dari daerah hulu menuju hilir.

Sebagai data masukan pada program HEC-RAS, maka penyiapan data fisik sungai harus diperhatikan secara teliti karena akan mempengaruhi hasil keluaran perhitungan.

#### c. Tinjauan Koefisien Kekasaran Manning

Koefisien Manning yang dipakai dalam studi ini di ambil berdasarkan kondisi ruas sungai yang ditinjau. Nilai koefisien Manning yang digunakan dalam studi ini sebesar 0,022. Nilai tersebut diambil dari Tabel 2.3 dengan keadaan sungai yang berupa sungai galian, tanah, lurus dan seragam serta kondisinya yang bersih, setelah kerusakan karena iklim, diasumsikan akibat pembuangan lumpur sehingga menyebabkan kerusakan pada sungai.

#### d. Koefisien kontraksi dan ekspansi

Kontraksi dan ekspansi terjadi akibat efek arus balik yang disebabkan perubahan penampang atau perubahan kemiringan dasar saluran. Angka koefisien kontraksi dan ekspansi yang digunakan pada studi ini didasarkan pada Tabel 2.2 yaitu koefisien kontraksi sebesar 0,1 dan koefisien ekspansi sebesar 0,3 karena kondisi penampang sungai yang berubah secara berangsur-angsur.

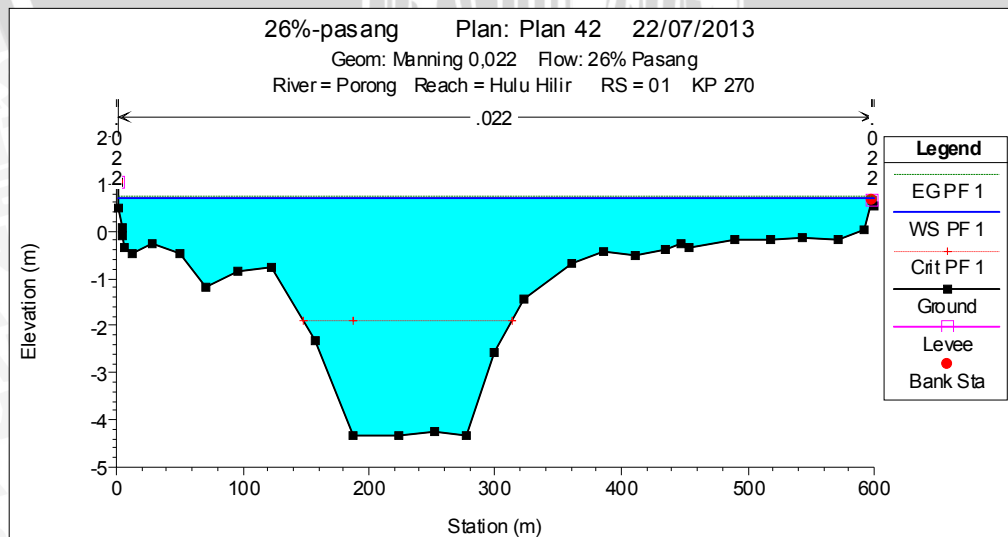
#### 4.5.2. Analisa Aliran Mantap (*Steady Flow Analysis*)

Pada *steady flow* ini dilakukan analisa empat kondisi hulu terhadap tiga kondisi pada bagian hilir. Kondisi hulu yang dimaksud adalah data batas kondisi (*Boundary Condition*) hulu dengan peluang keandalan debit sebesar 26%, 50%, 75%, dan 97% seperti yang telah dihitung dengan metode *Flow Characteristic*. Sedangkan kondisi hilir yang disimulasikan adalah data pasang surut yang pernah tercatat pada tanggal 31 Januari 2009 hingga 2 Februari 2009 antara lain kondisi surut tertinggi sebesar -0,8 m, kondisi normal 0 m, dan kondisi pasang tertinggi +0,7 m. Sehingga pada kondisi *Steady flow* analisis ini dilakukan 12 running program.

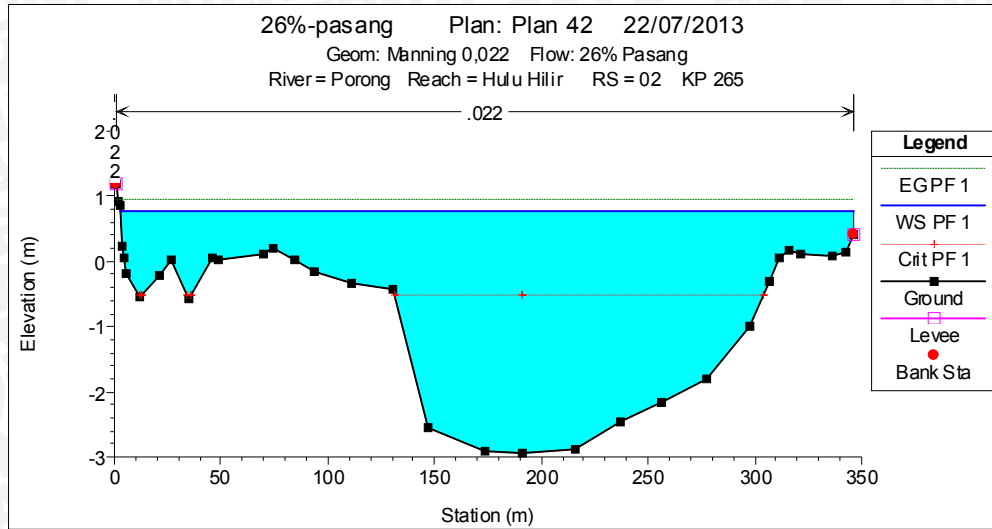
Setelah data aliran dimasukkan, dilakukan *running* dengan *Steady Flow Analysis*. Setelah itu akan muncul perintah *compute* dan klik perintah tersebut untuk melakukan permodelan dan tunggu beberapa saat. Setelah selesai dapat dilihat pada menu *View*.

Dari hasil *running* HEC-RAS dengan *steady flow* dapat diketahui bahwa kapasitas sungai eksisting tidak mampu untuk menampung debit dengan peluang keandalan tertentu dan kondisi tertentu, yaitu pada kondisi pasang dengan kondisi debit 26%, 50%, 75% dan 97% serta pada kondisi debit 26% dengan kondisi normal dan surut.

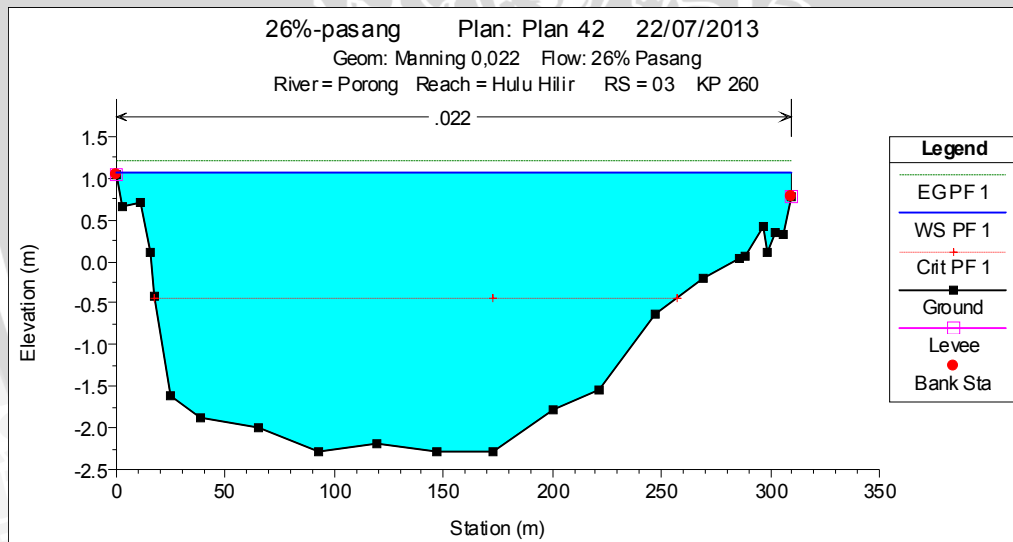
Pada Gambar 4.5, debit 26% dengan kondisi pasang di muara menjadikan kapasitas Kali Porong tidak mampu menampung atau meluap pada KP250, KP260, KP265 dan KP270. Berikut patok-patok yang tidak mampu menampung debit 26% ditampilkan pada Gambar 4.5 sampai Gambar 4.9.



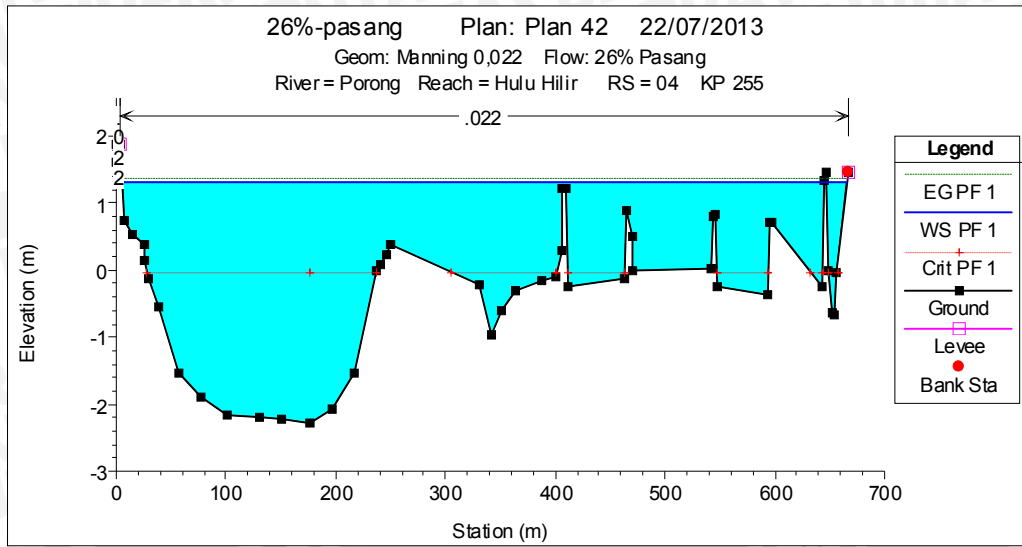
Gambar 4.5. Cross Section pada KP270 dengan  $Q_{26\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa HEC-RAS



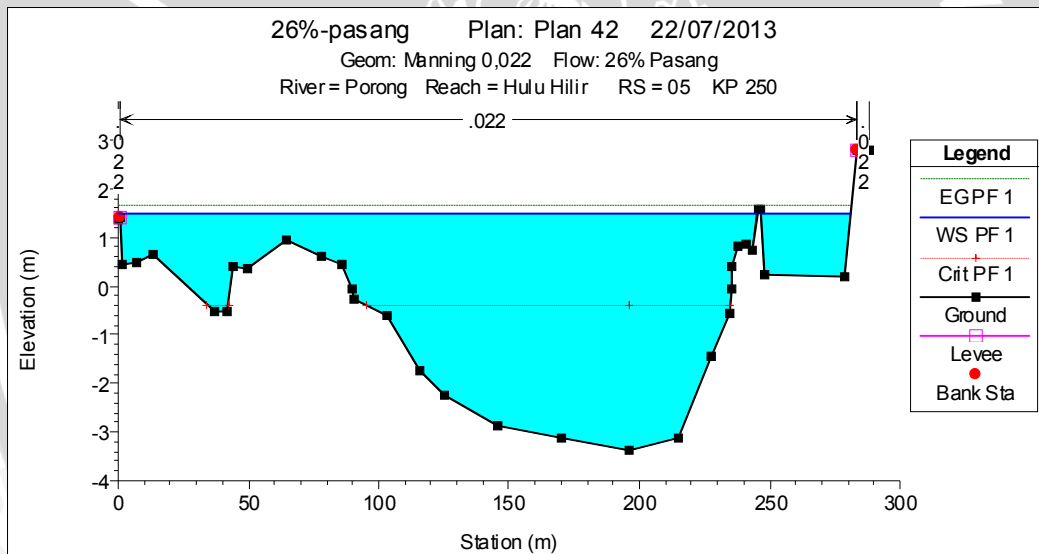
Gambar 4.6. Cross Section pada KP265 dengan  $Q_{26\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa HEC-RAS



Gambar 4.7. Cross Section pada KP260 dengan  $Q_{26\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

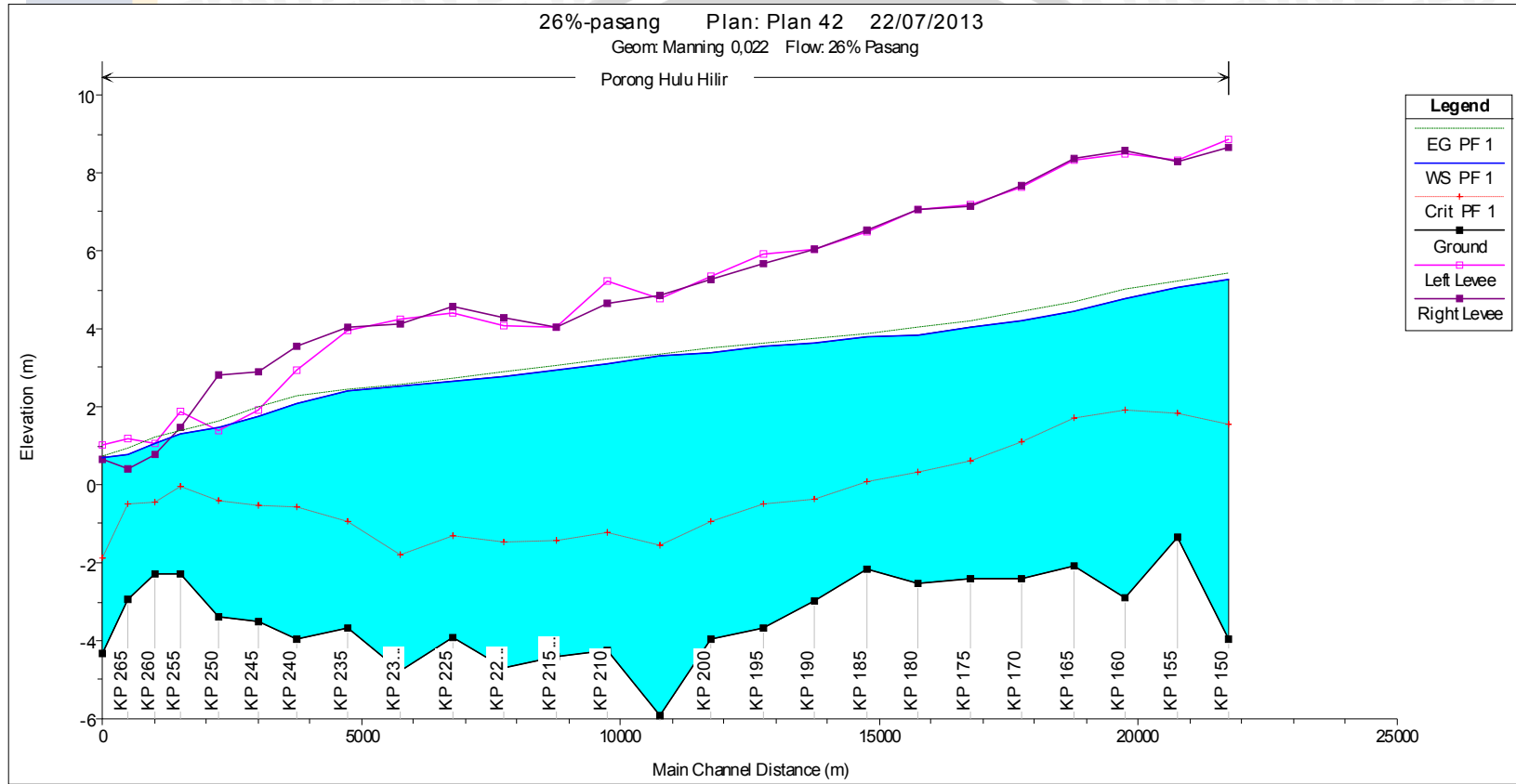


Gambar 4.8. Cross Section pada KP255 dengan  $Q_{26\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

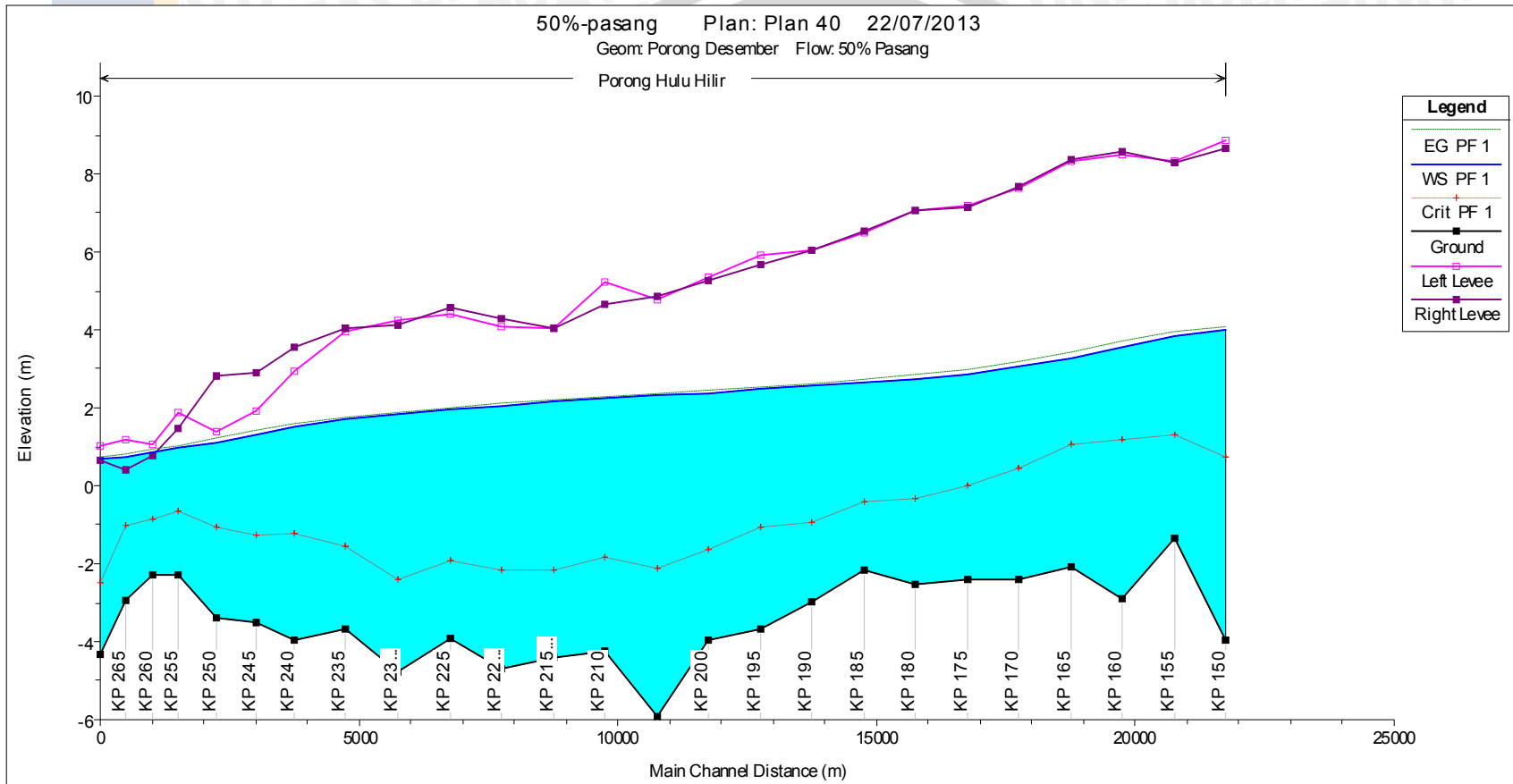


Gambar 4.9. Cross Section pada KP250 dengan  $Q_{26\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

Dari hasil analisa program HEC-RAS juga dapat ditampilkan profil muka air sungai atau *long section* seperti pada Gambar 4.10 sampai Gambar 4.15. Dari hasil *running* dapat dibuat rekapitulasi patok-patok yang meluber seperti pada Tabel 4.8.

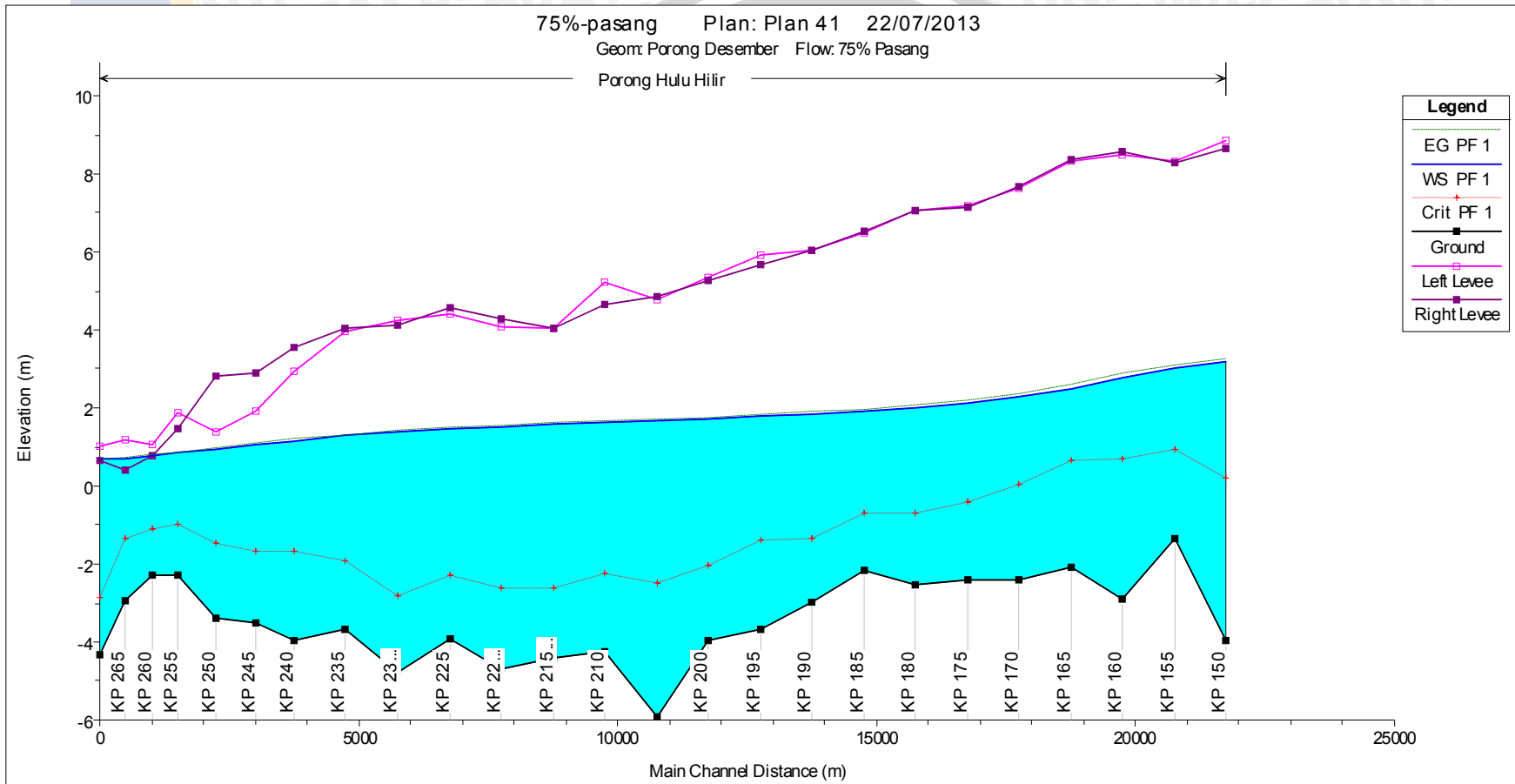


Gambar 4.10. Profil muka air  $Q_{26\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa program HEC-RAS

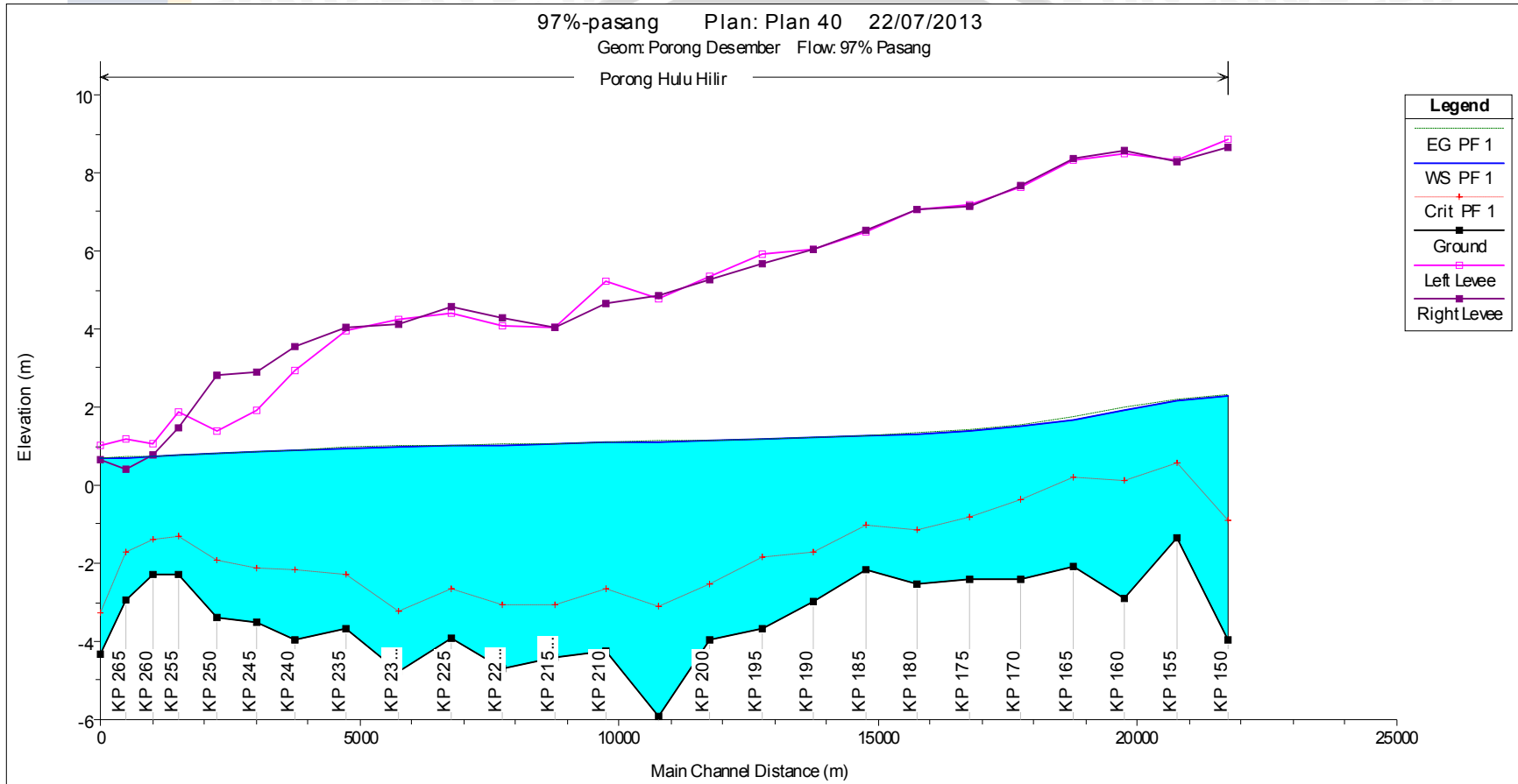


Gambar 4.11. Profil muka air  $Q_{50\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa program HEC-RAS





Gambar 4.12. Profil muka air Q75% kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa program HEC-RAS



Gambar 4.13. Profil muka air  $Q_{97\%}$  kondisi pasang  
 Sumber: Hasil analisa program HEC-RAS

Tabel 4.8. Rekapitulasi Patok yang meluber

No	Q <sub>andalan</sub>		Patok yang meluber (KP) pada kondisi muka air laut		
	Peluang	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Kondisi Pasang	Kondisi Normal	Kondisi Surut
1	97%	337,437	260, 265, 270	-	-
2	75%	559,713	260, 265, 270	-	-
3	50%	811,672	250, 260, 265, 270	-	-
4	26%	1279,88	250, 260, 265, 270	250, 260, 265	260

Sumber: Analisa *Steady Flow Output* HEC-RAS

Dari hasil analisa aliran mantab dilakukan analisa transport sedimen untuk mengetahui besaran debit yang dapat menyebabkan butiran mulai bergerak serta besaran angkutan *bed load* (muatan dasar) tiap hari.

Contoh perhitungan:

Diketahui saluran eksisting pada KP160 dari hasil permodelan HEC-RAS dengan debit  $Q_{26\%}$  pada kondisi air laut normal = 1279,88 m<sup>3</sup>/detik memiliki tinggi muka air sebesar 6,53 m, lebar sungai 145,59 m, kemiringan dasar sungai  $2,84 \cdot 10^{-4}$ , dengan suhu 20<sup>0</sup> C,  $\nu = 10^{-6}$ , diameter butiran  $d_{50} = 0,36$  mm,  $d_{65} = 0,4$  mm, dan  $d_{90} = 0,65$  mm.

Maka:

- a. Debit yang dapat menyebabkan  $d_{90}$  mulai bergerak

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = \frac{2650 - 1000}{1000} = 1,65$$

$$U^* = \sqrt{g \cdot h \cdot I} = \sqrt{9,81 \cdot 6,53 \cdot 2,84 \cdot 10^{-4}} = 0,135 \text{ m / dt}$$

$$Re = \frac{U^* \cdot d}{\nu} = \frac{0,135 \times 0,65 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-6}} = 87,673 \text{ m}$$

Dari grafik  $S_3 \dots \dots \dots \psi^* = 0,05$

$$U^*_{cr} = \sqrt{\psi^* \cdot \Delta \cdot g \cdot d_{90}}$$

$$U^*_{cr} = \sqrt{0,05 \cdot 1,65 \cdot 9,81 \cdot 0,65 \cdot 10^{-3}}$$

$$U^*_{cr} = 0,0229$$

$$U^*_{cr} = \sqrt{g \cdot hcr \cdot I}$$

$$U^*_{cr}^2 = g \cdot hcr \cdot I$$

$$0,0229^2 = 9,81 \cdot hcr \cdot 2,84 \cdot 10^{-4}$$

$$hcr = 0,188 \text{ m}$$

$$\bar{U}_{cr} = 5,75 \cdot U^*_{cr} \cdot \log \left( \frac{12 \cdot h_{cr}}{K} \right)$$

Pada kondisi kritis  $K = d_{65}$

$$\begin{aligned} \bar{U}_{cr} &= 5,75 \cdot U^*_{cr} \cdot \log \left( \frac{12 h_{cr}}{K} \right) \\ &= 5,75 \cdot 0,029 \cdot \log \left( \frac{12 \cdot 0,8823}{0,4 \cdot 10^{-3}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,494 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} A_{cr} &= b \cdot h_{cr} \\ &= 125,46 \cdot 0,188 \\ &= 23,615 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{cr} &= \bar{U}_{cr} \cdot A_{cr} \\ &= 0,494 \cdot 23,615 \\ &= 11,666 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Jadi debit yang menyebabkan  $d_{90}$  bergerak adalah = 11,666 m<sup>3</sup>/dt.

b. Perhitungan *bed load* dalam 1 hari dengan metode Frijlink

$$C = 18 \log \frac{12 \cdot R}{K} = 18 \log \frac{12 \cdot 6,53}{0,0004} = 95,2566$$

$$C_{d90} = 18 \log \frac{12 \cdot R}{d_{90}} = 18 \log \frac{12 \cdot 6,53}{0,65 \cdot 10^{-3}} = 91,461$$

$$\mu = \left( \frac{C}{C_{d90}} \right)^{3/2} = \left( \frac{95,257}{91,461} \right)^{3/2} = 1,0631$$

$$\Psi^* = \frac{\Delta \cdot d_{50}}{\mu \cdot R \cdot I} = \frac{1,65 \cdot 0,36 \cdot 10^{-3}}{1,063 \cdot 6,53 \cdot 2,84 \cdot 10^{-4}} = 0,301$$

Dari grafik gambar S9 diperoleh  $\phi = 4,8$

$$\phi = \frac{Tb}{d_{50} \sqrt{g \cdot \mu \cdot R \cdot I}}$$

$$4,8 = \frac{Tb}{0,4 \cdot 10^{-3} \sqrt{9,81 \cdot 1,0631 \cdot 6,53 \cdot 2,84 \cdot 10^{-4}}}$$

$$Tb = 2,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}$$

Maka muatan dalam satu hari :

$$\begin{aligned} T_b \text{ total} &= T_b \times b \times 24 \times 60 \times 60 \\ &= 2,67 \cdot 10^{-4} \cdot 145,59 \cdot 24 \cdot 3600 \\ &= 3358,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi angkutan bed load setiap harinya adalah 3358,8 m<sup>3</sup>.

Berikut disajikan rekapitulasi hasil perhitungan tiap besaran debit *flow characteristic* dengan kondisi muka air laut normal.

Tabel 4.9. Rekapitulasi Q<sub>andalan</sub> dengan muatan

No	Q <sub>andalan</sub>		Muatan dalam 1 hari (m <sup>3</sup> )
	Peluang	m <sup>3</sup> /detik	
1	97.3%	337.437	2,994.538
2	75.3%	559.713	3,124.964
3	50.7%	811.672	3,340.432
4	26.0%	1,279.88	3,358.800

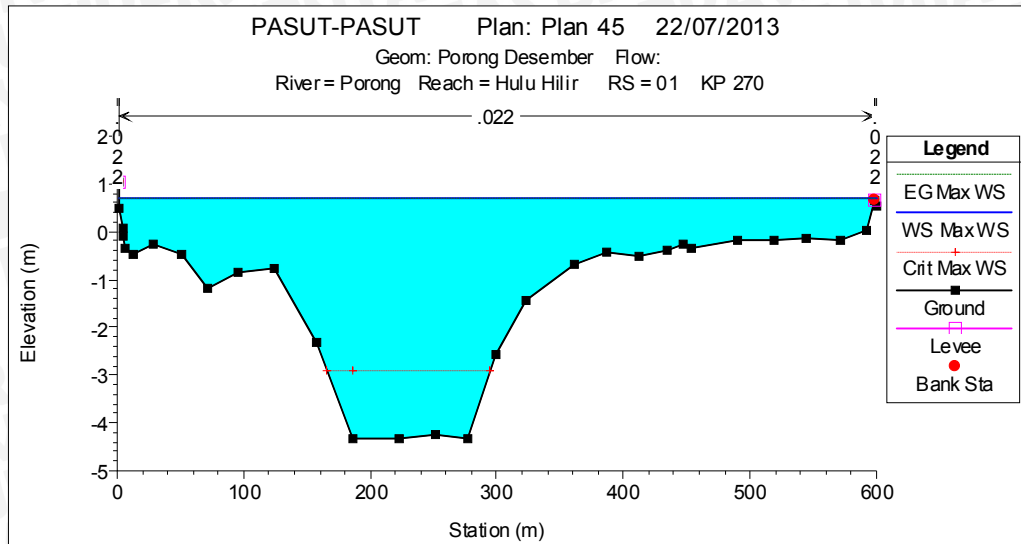
Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.5.3. Analisa Aliran Tidak Mantap (*Unsteady Flow Analysis*)

Data batas kondisi (*Boundary Condition*) yang diperlukan untuk menjalankan program HEC-RAS 4.1 adalah batas hulu dan batas hilir. Pada kondisi batas hilir digunakan data historis pasang surut yang tercatat pada tanggal 31 Januari 2009 hingga 2 Februari 2009, sedangkan untuk batas hulu menggunakan data debit Kali Porong pada tanggal yang sama.

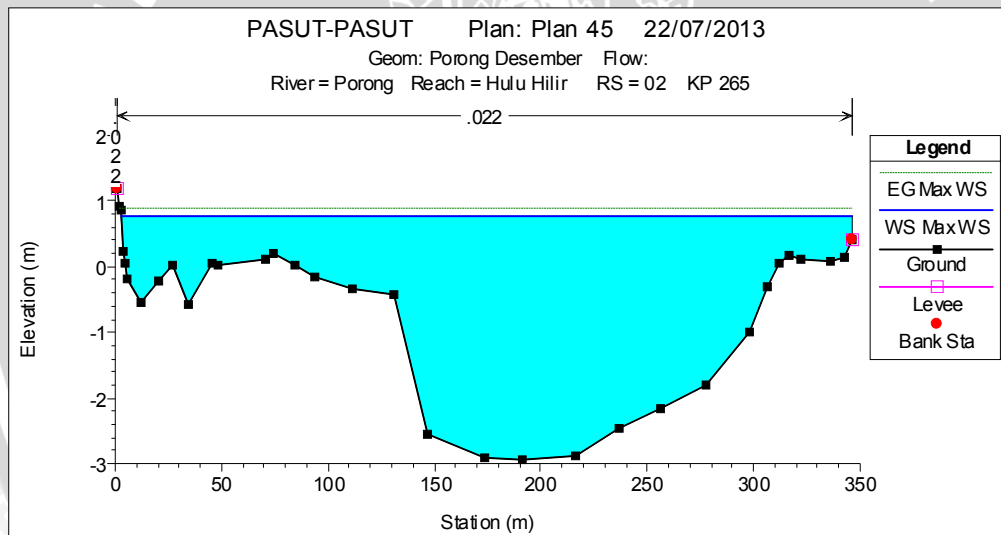
Setelah data aliran dimasukkan dilakukan *running* dengan *Unsteady Flow Analysis*. Setelah itu akan muncul perintah *compute* dan klik perintah tersebut untuk melakukan permodelan dan tunggu beberapa saat. Setelah selesai dapat dilihat pada menu *View*.

Dari hasil *running* HEC-RAS dengan *unsteady flow* dapat diketahui bahwa ada beberapa penampang sungai yang tidak mampu untuk menampung debit yang terjadi dengan tinggi muka air laut pasang-surut yang tercatat pada tanggal 31 Januari 2009 hingga 2 Februari 2009. Penampang sungai yang tinggi muka airnya melewati tanggul antara lain terletak pada KP260, KP265, dan KP 270. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.14 hingga Gambar 4.16.



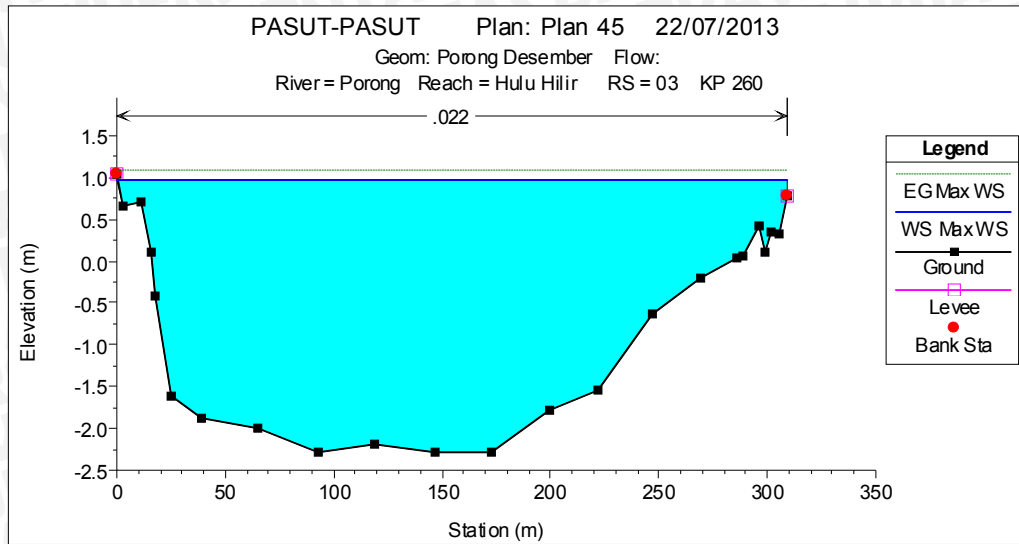
Gambar 4.14. Cross Section pada KP270 dengan unsteady flow 31 Januari 2009 - 2 Februari 2009

Sumber: Hasil analisa HEC-RAS



Gambar 4.15. Cross Section pada KP265 dengan unsteady flow 31 Januari 2009 - 2 Februari 2009

Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

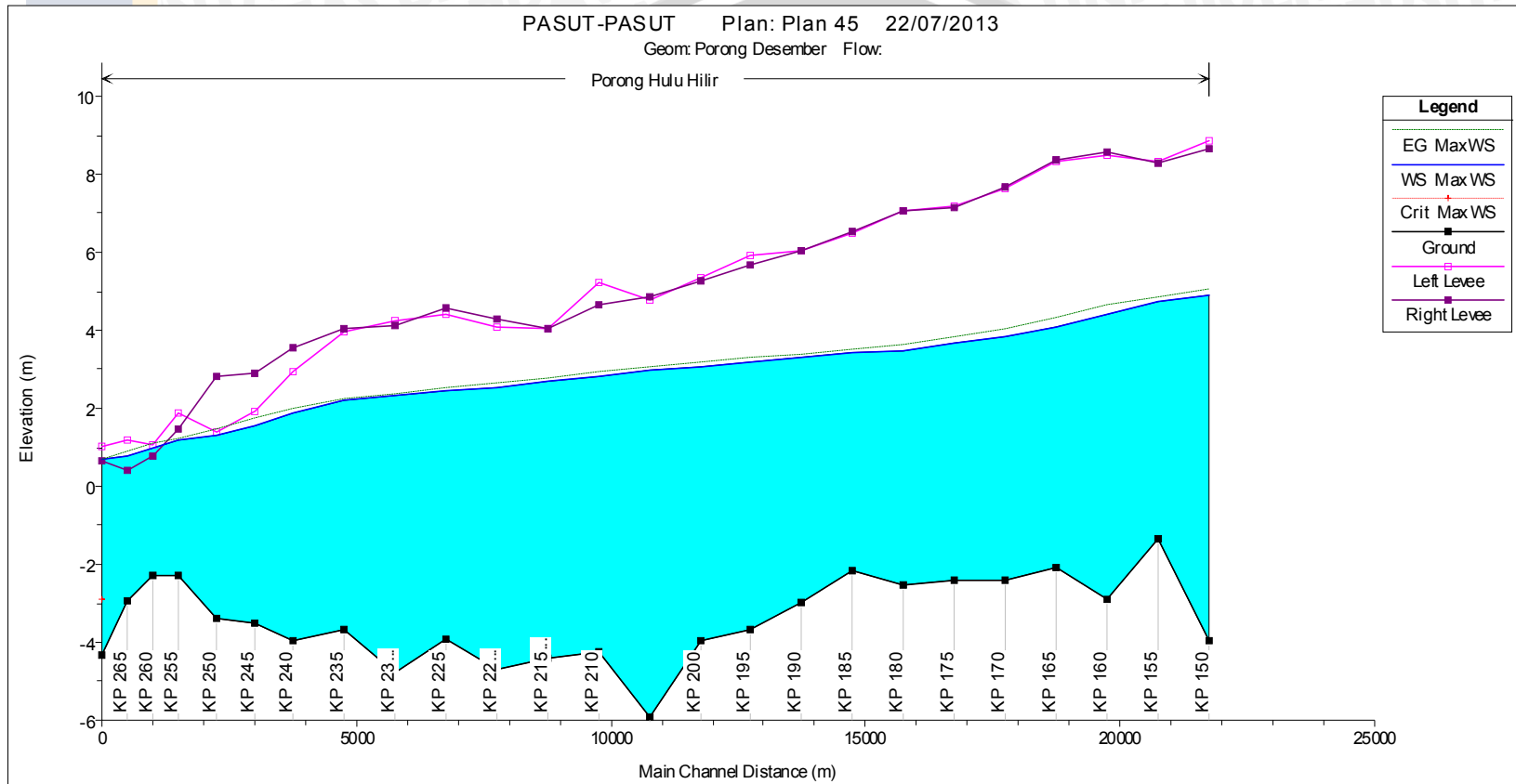


Gambar 4.16. Cross Section pada KP260 dengan *unsteady flow* 31 Januari 2009 - 2 Februari 2009

Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

Dari proses analisa *unsteady flow* dapat dilihat kondisi penampang sungai dengan tinggi muka air melebihi tanggul. Patok-patok dengan kondisi tinggi muka air melebihi tanggul dapat dilihat pada Gambar 4.17 dibawah ini.





Gambar 4.17. Profil muka air *unsteady flow* 31 Januari 2009 - 2 Februari 2009  
Sumber: Hasil analisa HEC-RAS



#### 4.5.4. Perbandingan Hasil *Running* HEC-RAS *Steady Flow* dengan *Unsteady Flow*

Setelah dilakukan *running* dan mengetahui hasil dari tiap analisa aliran maka dilakukan perbandingan untuk mengetahui perbedaan yang terjadi pada kondisi eksisting. Pada kondisi *steady flow* digunakan debit dengan keandalan 26% sebesar 1279,88 m<sup>3</sup>/det karena merupakan debit dengan keandalan yang paling mendekati pada debit historis yang digunakan untuk analisa *unsteady flow*.

Dari hasil *running* dengan analisa *Steady Flow* didapatkan hasil berupa limpasan di empat titik yaitu pada KP250, KP260, KP265, dan KP270. Sedangkan pada hasil *running* dengan analisa *unsteady flow* didapatkan hasil berupa limpasan di tiga titik yaitu pada KP260, KP265, dan KP270 namun pada KP250 hampir terjadi limpasan karena hanya berselisih 0,02 m dari puncak tanggul eksisting. Hal ini dapat terjadi karena pada *unsteady flow* dipengaruhi oleh debit historis Sungai Porong dan data historis pasang-surut muka air laut.

#### 4.6. Analisa Sedimen (*Sediment Analysis*) Kondisi Eksisting dengan Lumpur

Outlet pembuangan lumpur terletak pada KP160 dan KP165 di Sungai Porong. Analisa sedimen dilakukan untuk mengetahui akibat dari pembuangan lumpur pada ruas-ruas sungai mulai dari KP150 hingga KP270. Pembuangan lumpur disimulasikan selama 3 hari mulai tanggal 31 Januari 2009 hingga 2 Februari 2009.

Permodelan analisa sedimen dilakukan dengan menggunakan permodelan *Quasi unsteady flow* pada HEC-RAS. Pada permodelan ini membutuhkan data aliran seperti yang digunakan untuk mensimulasikan *unsteady flow* untuk analisa aliran dan data temperatur sungai yang digunakan berkisar antara 26<sup>0</sup>C-30<sup>0</sup>C.

Sebelum melakukan perhitungan atau *running* harus di atur dulu data sedimen. Untuk kondisi batas (*Boundary Conditions*) menggunakan *sediment load series* dengan tiga hari simulasi dan volume lumpur diatur sebesar 50.000 m<sup>3</sup>/hari. Data sedimen menggunakan data analisa saringan hasil pengambilan sampel di KP150, KP262 dan muara (dekat KP270). Data yang dapat dimasukkan pada HEC-RAS hanya bisa pada beberapa saringan saja, berikut rekapitulasi data analisa saringan yang dapat dimasukkan kedalam HEC-RAS pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Rekapitulasi Analisa Saringan untuk HEC-RAS

Saringan	Lolos Saringan (%)		
	KP 150	KP 262	Muara
0,85mm No.20	95,24	97,87	99,47
0,425mm No.40	73,02	65,53	94,18
0,25mm No.60	11,11	14,04	17,46
0,075mm No.200	2,38	3,83	3,17

Sumber: Hasil Analisa

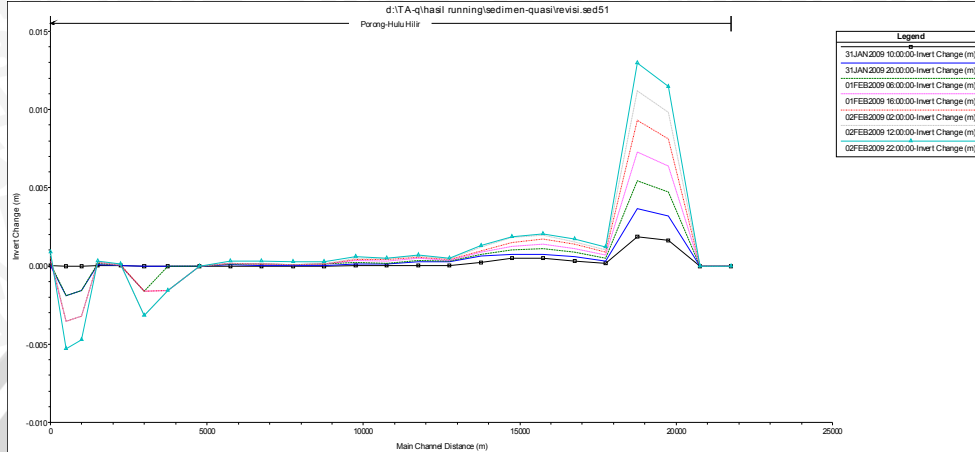
Dari hasil *running* analisa sedimen dapat diketahui bahwa ada beberapa penampang sungai mengalami perubahan elevasi maupun pergeseran bagian yang menyempit. Berikut rekapitulasi perubahan elevasi pada penampang sungai hasil analisa sedimen pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Rekapitulasi Perubahan Dasar Sungai Eksisting Dengan Lumpur

No	Sungai	Patok	Perubahan dasar sungai (m)	Keterangan
1	Porong	150	0,000	Stabil
2	Porong	155	0,000	Stabil
3	Porong	160	0,011	Sedimentasi
4	Porong	165	0,013	Sedimentasi
5	Porong	170	0,001	Sedimentasi
6	Porong	175	0,002	Sedimentasi
7	Porong	180	0,002	Sedimentasi
8	Porong	185	0,002	Sedimentasi
9	Porong	190	0,001	Sedimentasi
10	Porong	195	0,000	Stabil
11	Porong	200	0,001	Sedimentasi
12	Porong	205	0,000	Stabil
13	Porong	210	0,001	Sedimentasi
14	Porong	215	0,000	Stabil
15	Porong	220	0,000	Stabil
16	Porong	225	0,000	Stabil
17	Porong	230	0,000	Stabil
18	Porong	235	0,000	Stabil
19	Porong	240	-0,002	Erosi
20	Porong	245	-0,003	Erosi
21	Porong	250	0,000	Stabil
22	Porong	255	0,000	Stabil
23	Porong	260	-0,005	Erosi
24	Porong	265	-0,005	Erosi
25	Porong	270	0,001	Sedimentasi

Sumber: Hasil Analisa

Pada KP150 hingga KP235 terjadi perubahan elevasi pada bagian-bagian penampang sungai yang berkisar 0,00017-0,039797 m, sedangkan pada KP240 hingga KP270 hanya sedikit bagian penampang sungai yang mengalami perubahan elevasi dan penyempitan.

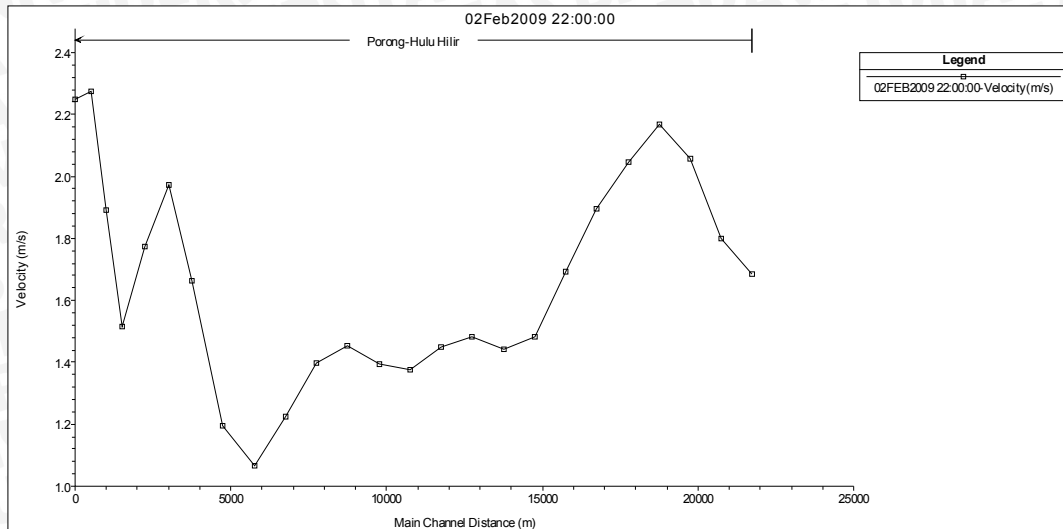


Gambar 4.18. Grafik Perubahan Dasar Sungai Eksisting Dengan Lumpur  
Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

Tabel 4.12. Kecepatan Eksisting Sungai Porong Dengan Lumpur

No	Sungai	Patok	Kecepatan (m)
1	Porong	150	1,575
2	Porong	155	1,694
3	Porong	160	1,938
4	Porong	165	2,042
5	Porong	170	1,935
6	Porong	175	1,799
7	Porong	180	1,610
8	Porong	185	1,412
9	Porong	190	1,375
10	Porong	195	1,420
11	Porong	200	1,388
12	Porong	205	1,313
13	Porong	210	1,306
14	Porong	215	1,336
15	Porong	220	1,314
16	Porong	225	1,169
17	Porong	230	1,006
18	Porong	235	1,135
19	Porong	240	1,593
20	Porong	245	1,872
21	Porong	250	1,651
22	Porong	255	1,421
23	Porong	260	1,794
24	Porong	265	2,166
25	Porong	270	2,158

Sumber: Hasil analisa HEC-RAS



Gambar 4.19. Grafik Kecepatan Aliran Eksisting Dengan Lumpur  
Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

#### 4.7. Upaya Perbaikan Sungai

Dari hasil analisa profil muka air pada kondisi eksisting, dapat diketahui bahwa di beberapa daerah sepanjang alur Sungai Porong merupakan daerah yang rawan terjadi banjir.

Dalam studi ini perencanaan perbaikan sungai menggunakan konsep eko-hidraulik yang dimaksudkan selain untuk melindungi daerah yang rawan terhadap banjir namun juga untuk jangka panjang terhadap kelestarian lingkungan di sungai.

Ada 3 perencanaan yang diusulkan dalam mengatasi masalah di Sungai Porong:

1. Perbaikan Lereng berupa pasangan batu kosong dengan tumbuhan pada celah batuan. Upaya ini dilakukan dengan harapan agar sungai memiliki perlindungan terhadap percepatan aliran air, erosi, dan banjir serta mengembalikan ekologi sungai.
2. Pembuatan tanggul di sisi sungai yang mengalami limpasan, dilakukan jika penampang sungai tidak cukup untuk menampung debit yang lewat dengan keandalan debit 26% sebesar  $1279,88 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan laut dalam keadaan pasang.
3. Perencanaan *ground sill* (ambang) direncanakan untuk menjaga agar dasar sungai tidak turun terlalu berlebihan. Ambang direncanakan terbuat dari tumpukan batu pada KP205 karena pada patok tersebut memiliki kecepatan yang cukup tinggi, dan memiliki elevasi dasar sungai terendah sebesar -5,92 m.

#### 4.7.1. Perbaikan Lereng

Dalam perencanaan perbaikan lereng harus diperhatikan kondisi lapangan yang terjadi sehingga dapat dihasilkan suatu perencanaan yang baik dan sesuai. Dalam studi ini penyusun merencanakan perbaikan lereng dengan menggunakan pasangan batu kosong yang diisi tumbuhan mulai dari KP150 hingga KP240, namun pada KP245 hingga KP270 menggunakan pasangan batu ditambah tanaman bakau pada lerengnya.

Hal ini dimaksudkan agar kecepatan aliran sungai dapat berkurang sehingga mengurangi resiko terjadinya erosi pada tebing serta mengembalikan kondisi lingkungan sungai menjadi lebih baik. Dengan adanya tumbuhan diantara celah batuan membuat batu semakin kokoh terikat pada tebingnya. Tingkat kekasaran pada tebing atau koefisien Manning sungai menjadi lebih besar, yaitu sebesar 0,027 pada nilai normal dengan rumput pendek sedikit rerumputan sedangkan pada KP245 hingga KP270 dengan tanaman bakau menggunakan nilai maksimum koefisien Manning sebesar 0,033. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.3 koefisien Manning. Untuk detail perencanaan dapat dilihat pada Lampiran V.

#### 4.7.2. Perencanaan Tanggul

Sebelum merencanakan tanggul terlebih dahulu harus diperhatikan dengan teliti situasi sungai, sehingga dalam perencanaan pembuatan tanggul terutama penempatan tanggul akan sesuai dengan situasi sungai sesungguhnya dan juga tidak mengganggu masyarakat sekitar.

Dari hasil *running* HEC-RAS dapat diketahui bahwa banjir yang terjadi pada Q26% dengan kondisi laut pasang, terjadi limpasan pada patok 250 hingga 270. Namun pada patok lainnya tidak terjadi limpasan sehingga tidak diperlukan tanggul, karena tanggul direncanakan pada patok-patok yang mengalami luapan.

Contoh perencanaan tanggul pada patok 265 adalah sebagai berikut:

1. Debit Rencana : Q26% sebesar 1279,88 m<sup>3</sup>/detik dengan kondisi laut pasang sebesar +0,8 m
2. Bahan : Urugan tanah
3. Tinggi tanggul : 1,61 m
4. Tinggi jagaan : Sesuai dengan Tabel 2.4. (tinggi jagaan = 1 m)
5. Kemiringan tanggul : 1 : 2
6. Kemiringan lereng : 1 : 2

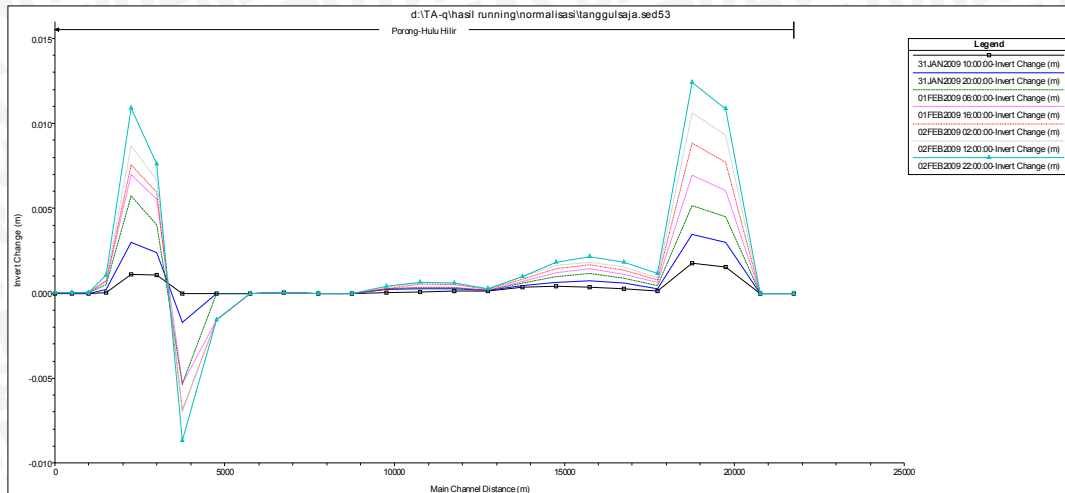
Tanggul dibangun dengan bahan urugan tanah dan pada bagian lereng ditanami tanaman yang hidup di sekitar sungai pada patok tersebut yaitu tanaman bakau. Tanaman bakau dipilih karena selain hidup di sekitar sungai namun juga bermanfaat sebagai alat pengendali banjir atau meretensi banjir, menjaga kelestarian ekologi, meningkatkan daya tahan terhadap erosi, biaya yang lebih murah dibanding dengan konstruksi permanen beton atau pasangan batu serta pemeliharaan yang relatif murah. Untuk gambar detail perencanaan tanggul pada KP245 hingga KP270 dapat dilihat dibagian Lampiran IV.

Untuk detail mengenai perubahan dasar sungai setelah dilakukan upaya normalisasi berupa tanggul dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13. Perubahan Dasar Sungai Dengan Tanggul

No	Sungai	Patok	Perubahan dasar sungai (m)	Keterangan
1	Porong	150	0,000	Stabil
2	Porong	155	0,000	Stabil
3	Porong	160	0,011	Sedimentasi
4	Porong	165	0,012	Sedimentasi
5	Porong	170	0,001	Sedimentasi
6	Porong	175	0,002	Sedimentasi
7	Porong	180	0,002	Sedimentasi
8	Porong	185	0,002	Sedimentasi
9	Porong	190	0,001	Sedimentasi
10	Porong	195	0,000	Stabil
11	Porong	200	0,001	Sedimentasi
12	Porong	205	0,001	Sedimentasi
13	Porong	210	0,000	Stabil
14	Porong	215	0,000	Stabil
15	Porong	220	0,000	Stabil
16	Porong	225	0,000	Stabil
17	Porong	230	0,000	Stabil
18	Porong	235	-0,002	Erosi
19	Porong	240	-0,009	Erosi
20	Porong	245	0,008	Sedimentasi
21	Porong	250	0,011	Sedimentasi
22	Porong	255	0,001	Sedimentasi
23	Porong	260	0,000	Stabil
24	Porong	265	0,000	Stabil
25	Porong	270	0,000	Stabil

Sumber: Hasil Analisa Output HEC-RAS

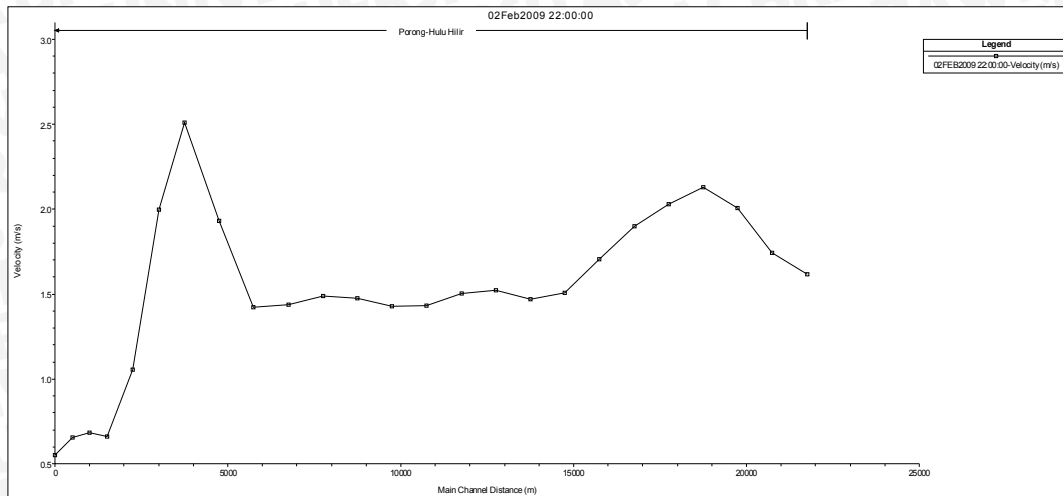


Gambar 4.20. Grafik Perubahan Dasar Sungai Setelah Normalisasi Dengan Tanggul  
 Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

Tabel 4.14 Kecepatan Aliran Setelah Normalisasi Dengan Tanggul

No	Sungai	Patok	Kecepatan (m)
1	Porong	150	1,614
2	Porong	155	1,741
3	Porong	160	2,005
4	Porong	165	2,129
5	Porong	170	2,030
6	Porong	175	1,897
7	Porong	180	1,707
8	Porong	185	1,506
9	Porong	190	1,472
10	Porong	195	1,524
11	Porong	200	1,502
12	Porong	205	1,434
13	Porong	210	1,429
14	Porong	215	1,473
15	Porong	220	1,487
16	Porong	225	1,439
17	Porong	230	1,421
18	Porong	235	1,931
19	Porong	240	2,509
20	Porong	245	1,998
21	Porong	250	1,056
22	Porong	255	0,659
23	Porong	260	0,681
24	Porong	265	0,654
25	Porong	270	0,549

Sumber: Hasil Analisa Output HEC-RAS



Gambar 4.21. Grafik Kecepatan Aliran Setelah Normalisasi Dengan Tanggul  
Sumber: Hasil analisa HEC-RAS

Setelah dilakukan upaya normalisasi berupa perbaikan tanggul pada KP250 hingga KP270 maka kondisi saluran menjadi lebih stabil atau erosi maupun sedimentasi menjadi berkurang, namun kondisi dasar sungai masih dibawah standar rencana sehingga perlu dilakukan upaya perbaikan lainnya dan dengan berjalannya waktu maka proses sedimentasi di Kali Porong diharapkan dapat memenuhi standar elevasi dasar sungai rencana.

#### 4.7.3. Perencanaan Ambang

Fungsi dari ambang adalah untuk menjaga agar dasar sungai tidak turun terlalu berlebihan. Untuk fungsi ekologi dari ambang dengan pasangan batu kosong yaitu sebagai aerasi di sungai atau suplai oksigen dengan celah-celah batuan yang dapat dilewati aliran air dan juga bisa sebagai tempat ikan untuk meletakkan telur-telurnya.

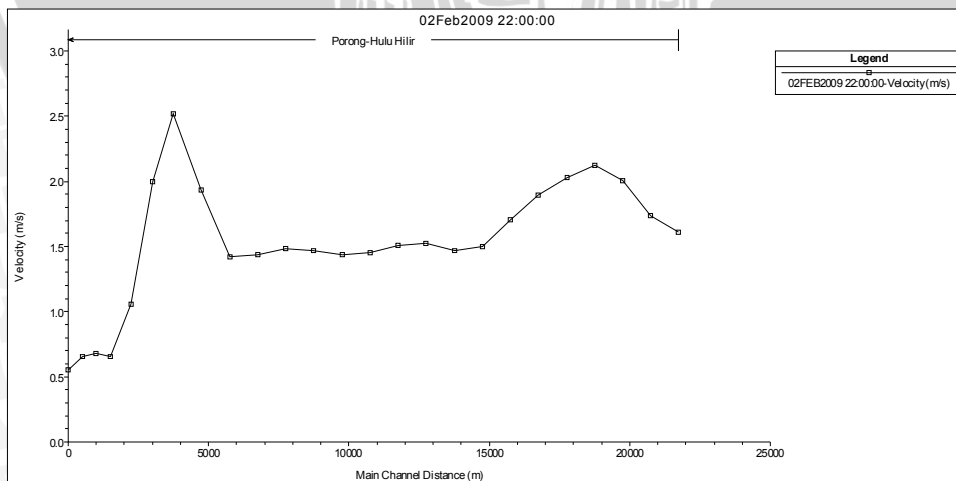
Dengan mempertimbangkan kecepatan dan elevasi dengan titik terendah di sepanjang lokasi studi maka pada patok KP205 direncanakan sebuah ambang. Kecepatan pada KP205 sebesar 1,437 m/detik meningkat sebesar 0,12 m/detik setelah dilakukan upaya normalisasi dengan tanggul dan memiliki elevasi dasar sungai terendah sebesar -5,92 m. Ambang direncanakan bertipe pasangan batu kosong menggunakan tumpukan batu dengan ukuran batuan 30 cm dan 27 cm, sedangkan pada lereng ambang menggunakan anyaman ranting dan tinggi ambang direncanakan sebesar 1,5 m dari dasar sungai. Perencanaan detail ambang dapat dilihat pada Lampiran V. Kecepatan sungai setelah dilakukan upaya normalisasi dengan tanggul dan ambang adalah seperti pada Tabel 4.15.



Tabel 4.15. Kecepatan Aliran dengan Tanggul dan Ambang

No	Sungai	Patok	Kecepatan (m)
1	Porong	150	1,613
2	Porong	155	1,740
3	Porong	160	2,003
4	Porong	165	2,127
5	Porong	170	2,027
6	Porong	175	1,895
7	Porong	180	1,705
8	Porong	185	1,503
9	Porong	190	1,469
10	Porong	195	1,521
11	Porong	200	1,509
12	Porong	205	1,454
13	Porong	210	1,440
14	Porong	215	1,473
15	Porong	220	1,487
16	Porong	225	1,439
17	Porong	230	1,421
18	Porong	235	1,931
19	Porong	240	2,509
20	Porong	245	1,999
21	Porong	250	1,056
22	Porong	255	0,659
23	Porong	260	0,681
24	Porong	265	0,654
25	Porong	270	0,549

Sumber: Hasil Analisa Output HEC-RAS



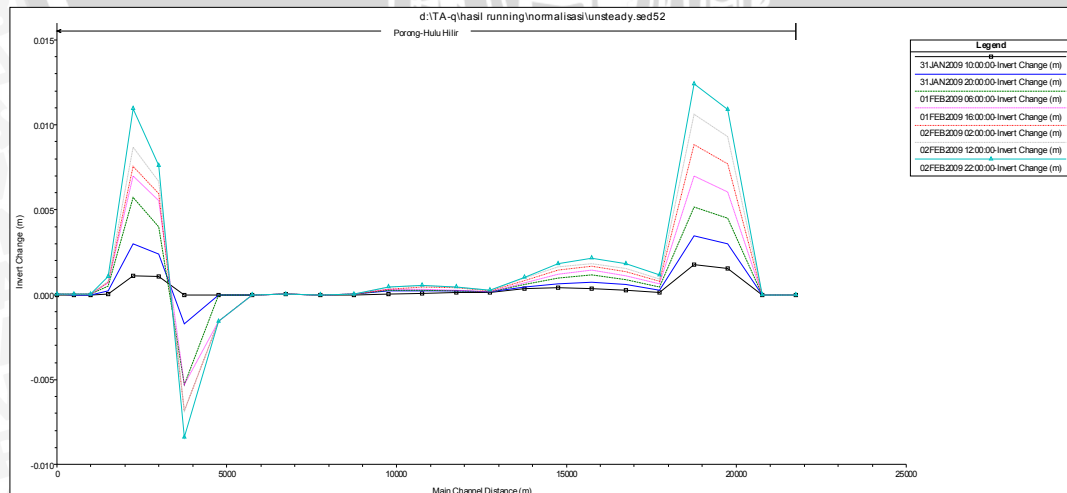
Gambar 4.22. Grafik Kecepatan Aliran Dengan Tanggul dan Ambang

Sumber: Hasil Analisa Output HEC-RAS

Tabel 4.16. Perubahan Dasar Sungai dengan Tanggul dan Ambang

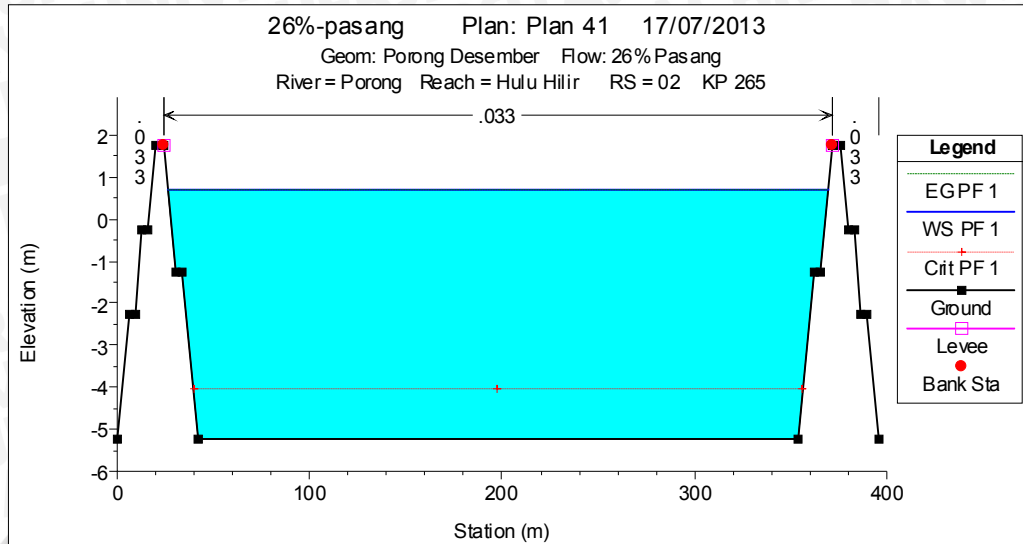
No	Sungai	Patok	Perubahan dasar sungai (m)	Keterangan
1	Porong	150	0,000	Stabil
2	Porong	155	0,000	Stabil
3	Porong	160	0,011	Sedimentasi
4	Porong	165	0,012	Sedimentasi
5	Porong	170	0,001	Sedimentasi
6	Porong	175	0,002	Sedimentasi
7	Porong	180	0,002	Sedimentasi
8	Porong	185	0,002	Sedimentasi
9	Porong	190	0,001	Sedimentasi
10	Porong	195	0,000	Stabil
11	Porong	200	0,000	Stabil
12	Porong	205	0,001	Sedimentasi
13	Porong	210	0,000	Stabil
14	Porong	215	0,000	Stabil
15	Porong	220	0,000	Stabil
16	Porong	225	0,000	Stabil
17	Porong	230	0,000	Stabil
18	Porong	235	-0,002	Erosi
19	Porong	240	-0,008	Erosi
20	Porong	245	0,008	Sedimentasi
21	Porong	250	0,011	Sedimentasi
22	Porong	255	0,001	Sedimentasi
23	Porong	260	0,000	Stabil
24	Porong	265	0,000	Stabil
25	Porong	270	0,000	Stabil

Sumber: Hasil Analisa Output HEC-RAS



Gambar 4.23. Grafik Perubahan Dasar Sungai dengan Tanggul dan Ambang

Sumber: Hasil Analisa Output HEC-RAS

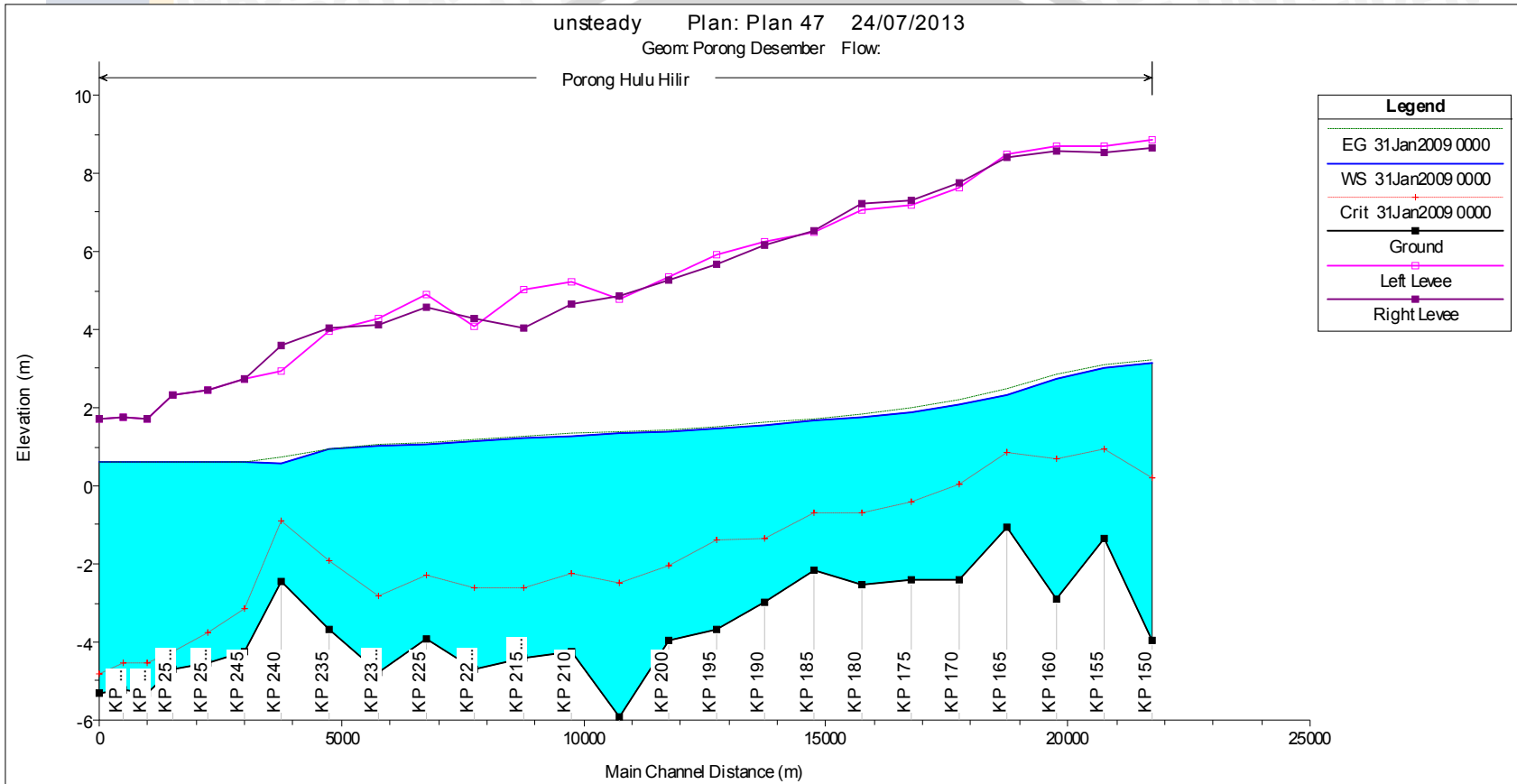


Gambar 4.24. Hasil *Running* HEC-RAS Pada KP265 Setelah Dibangun Tanggul dan Ambang

Sumber: Hasil Output HEC-RAS

Pada seluruh patok ketinggian muka air berada di bawah tanggul sehingga sudah tidak terjadi banjir, profil muka air setelah normalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.25.



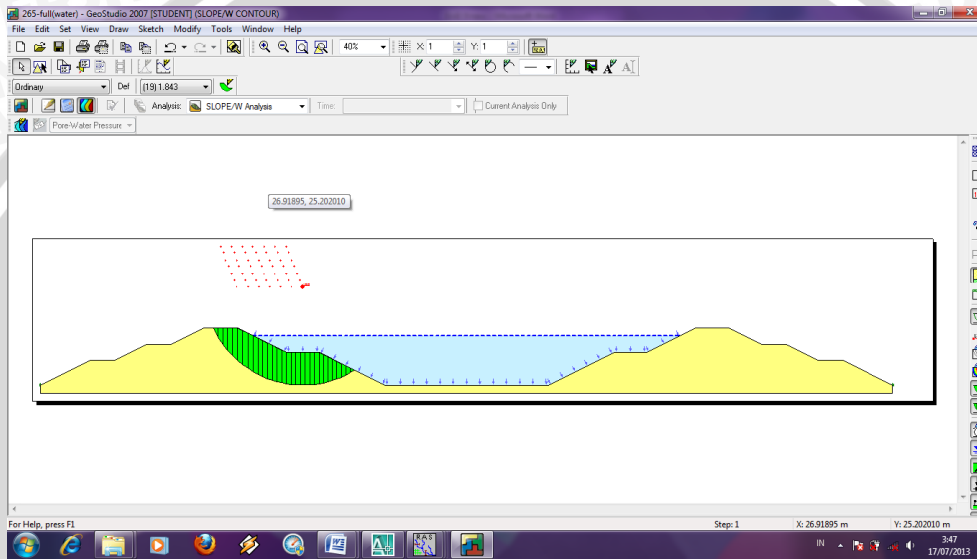


Gambar 4.25. Profil Muka Air Setelah Normalisasi  
Sumber: Hasil Output HEC-RAS

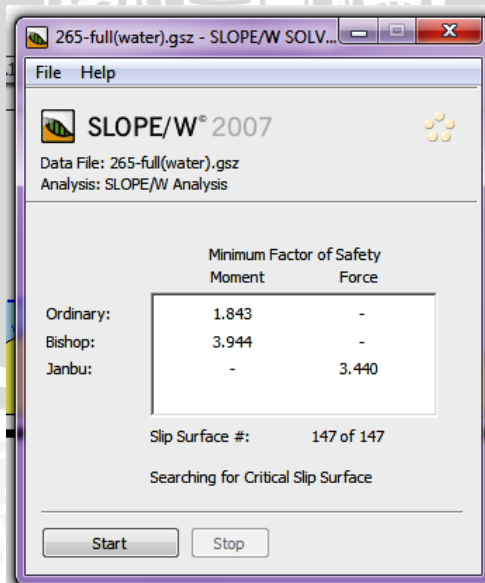
#### 4.10. Stabilitas Tanggul

Untuk analisa stabilitas tanggul penyusun menggunakan bantuan program *Geo-Slope Student License*. Dalam perhitungannya menggunakan metode *Bishop*, *Ordinary*, dan *Janbu*. Di bawah ini disajikan stabilitas pada tanggul kiri dan tanggul kanan dengan dimensi maksimum, dengan anggapan bahwa stabilitas tanggul di bawah ini cukup mewakili perhitungan tanggul pada patok-patok yang lainnya.

Hasil perhitungan nilai keamanan (*Safety Factor*) tanggul kiri pada patok 265 dapat dilihat pada Gambar 4.26.

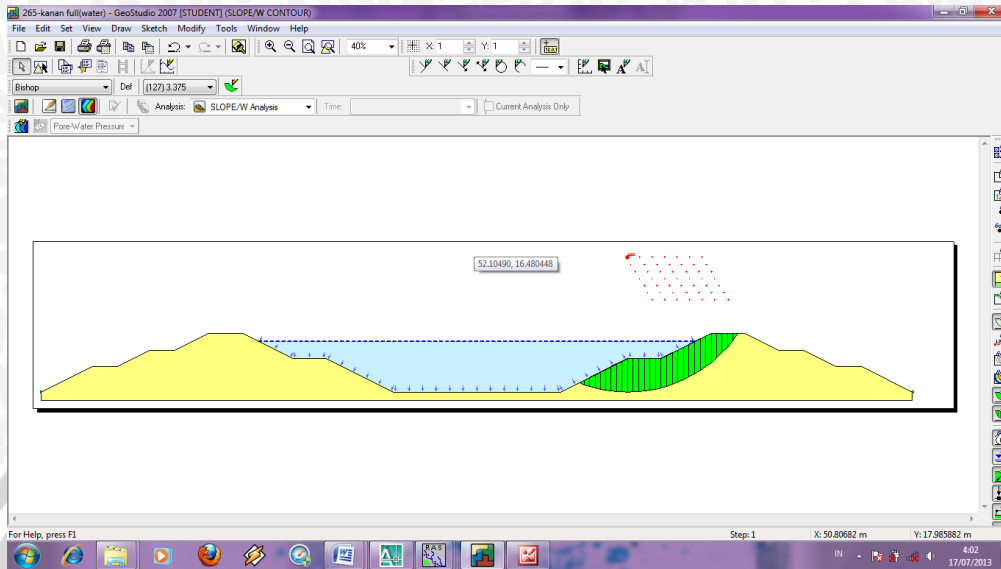


Gambar 4.26. Stabilitas Tanggul Kiri KP265  
Sumber: Hasil Perhitungan Geo-Slope



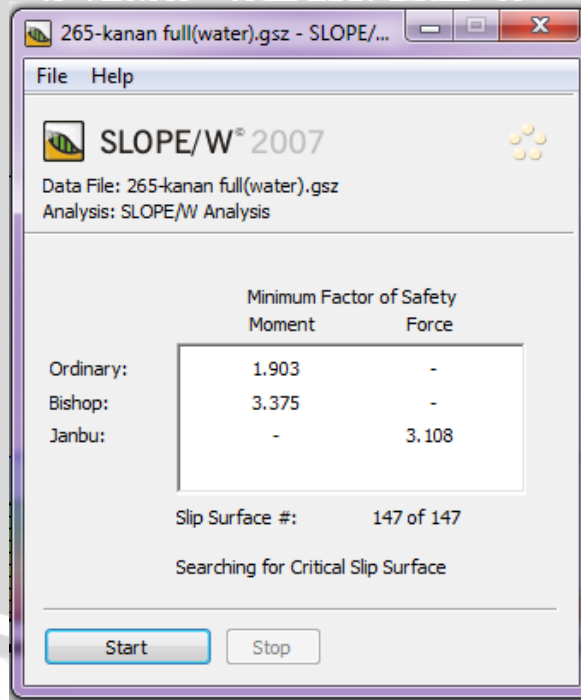
Gambar 4.27. Nilai Keamanan Minimum (*Safety Factor*) Tanggul Kiri KP265  
Sumber: Hasil Perhitungan Geo-Slope

Berikut juga disajikan analisa stabilitas tanggul kanan pada KP265 dengan dimensi tertinggi dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28. Stabilitas Tanggul Kanan KP265  
Sumber: Hasil Perhitungan Geo-Slope

Gambar 4.29. Nilai Keamanan Minimum (*Safety Factor*) Tanggul Kanan KP265



Sumber: Hasil Perhitungan Geo-Slope

Tabel 4.17. Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kali Porong menggunakan *Geo Studio Slope*.

No	Tanggul	<i>Fellenius</i>	<i>Bishop</i>	<i>Janbu</i>	Keterangan
1	Kiri	1,843	3,944	3,44	Aman
2	Kanan	1,903	3,375	3,108	Aman

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan demikian angka keamanan minimum stabilitas lereng yang diperoleh dari software *Geo Studio Slope / W Define* ini, diperoleh angka-angka keamanan Kali Porong terhadap kelongsoran dengan  $SF > 1,1$  sehingga dinyatakan aman terhadap kelongsoran baik pada metode *Fellenius*, *Bishop* ataupun *Janbu*.

