

STUDI PERENCANAAN TANGGUL UNTUK PENGENDALI BANJIR SUNGAI PETAPAHAN KABUPATEN KUANTAN SINGINGI

CHITRA HERMAWAN, ST.,MT¹⁾

¹Teknik Sipil, Teknik, Universitas Islam Kuantan Singingi, Logas, Kuantan Singingi
email: chitrahermawan22@gmail.com

Abstrak

Sungai Petapahan adalah salah satu sungai di Desa Petapahan yang rawan banjir yang memiliki luas DAS 89.23 km² dengan panjang 16 km. Setiap kejadian banjir akibat luapan sungai petapahan menyebabkan risk flood yang cukup besar seperti hampir kurang lebih 60 ha setiap tahun sawah tergenang, 143 rumah tergenang, 56 km jalan nasional maupun jalan wilayah terendam air. Perencanaan pengendalian banjir di sungai petapahan dapat dilakukan apabila debit banjir rencana disungai ini diketahui, sehingga dari debit banjir tersebut dapat didesain bangunan pengendali banjir yang dalam penelitian ini adalah tanggul. Tanggul berfungsi untuk menahan debit banjir sehingga luapan air akibat sungai petapahan diharapkan dapat di tahan oleh tanggul tersebut, tanggul didesain dengan menggunakan Analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Gama I menggunakan satu pencatatan pos curah hujan, untuk menghitung analisis hidrolika menggunakan software Hec-Ras dalam menentukan profil muka air sungai, dalam menghitung stabilitas lereng tanggul menggunakan metode bishop. Analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Gama I akan menghasilkan debit banjir kala ulang 25 tahun yang menjadi dasar dalam menghitung dimensi tanggul, untuk menghitung tinggi muka air yang meluap di tebing sungai maka debit air kala ulang 100 th tersebut disimulasikan kedalam *software hec-ras*. Berdasarkan hasil perhitungan aplikasi *Hec-Ras* diketahui tinggi muka air yang melewati tebing sebesar 150 cm. Maka untuk pembangunan tanggul penahan banjir dapat diketahui dimensi nya sebagai berikut : Tinggi tanggul: 350 cm, Lebar mercu: 300 cm, Kemiringan : 1:2, Lebar Tanggul: 500 cm Dari hasil perhitungan Geo-Slope diatas untuk Metode Bishop angka Faktor Keamanan nya > 1 yaitu 0.770 untuk tanah granuler yang mempunyai sudut geser 33

Kata kunci : Debit banjir rencana, HSS Gama I, Hec-Ras, Geo-Slope

Abstrac

The Petapahan River is one of the rivers in Petapahan village which is prone to flooding that has an area of 89.23 km² of watershed with a length of 16 km. Every flood incident due to overflow of the river has caused a significant risk flood such as almost 60 ha every year the fields are flooded, 143 houses are flooded, 56 km of national roads and roads are submerged in water. Planning flood control in the petapahan river can be done if the planned flood discharge in this river is known, so that the flood discharge can be designed to control the flood building in this study is the embankment. The embankment serves to hold flood discharge so that the overflow due to the petapahan river is expected to be the embankment, the embankment was designed using a flood discharge analysis plan using the HSS Gama I method using one rainfall post record, to calculate the hydraulic analysis using the Hec-Ras software in determining the river water profile, in calculating the embankment slope stability using the bishop method. The planned flood discharge analysis using the HSS Gama I method will produce a 25-year return flood discharge which is the basis for calculating the embankment dimensions, to calculate the overflowing water level on the river bank, then the 100 th re-flow of water is simulated into the hec-ras software. Based on the results of the calculation of the Hec-Ras application it is known that the water level that crosses a cliff is 150 cm. So for the construction of the flood retaining dike, the dimensions can be known as follows: Embankment height: 350 cm, Mercury width: 300 cm, Slope: 1: 2, Embankment Width: 500 cm From the calculation of Geo-Slope above for numerical Bishop Method Safety Factor > 1 which is 0.770 for granular soils which have a sliding angle of 33

Keywords: Flood discharge plan, HSS Gama I, Hec-Ras, Geo-Slope

1. PENDAHULUAN

Salah satu sungai orde I dari Sungai Indragiri yang terdapat di Kabupaten Kuantan Singingi sungai ini bernama Sungai Petapahan, sungai ini terletak di Desa Petapahan Kecamatan Gunung Toar. Sungai ini merupakan salah satu sungai yang rawan banjir, sehingga dapat menyimpulkan kerugian bagi masyarakat sekitar Daerah Aliran Sungai seperti terhambatnya perekonomian akibat terendamnya areal persawahan yang ada di desa tersebut.

Perencanaan pengendalian banjir, pengamanan sungai, dan struktur bangunan air lainnya di Sungai Petapahan dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana disungai tersebut diketahui.

Debit banjir rancangan adalah debit banjir maksimum yang mungkin terjadi pada daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menaksir banjir rancangan digunakan cara hidrograf banjir yang didasarkan oleh parameter dan karakteristik daerah pengalirannya. Debit banjir rancangan merupakan salah satu indikator dalam penentuan dimensi bangunan pengendali banjir. Bangunan pengendali banjir yang dapat mengatasi luapan sungai petapahan yang paling sesuai dengan memperhatikan situasi lingkungan disekitar sungai adalah tanggul, oleh karena itu peneliti disini mengangkat judul riset adalah bagaimana mengetahui dimensi tanggul yang sesuai dengan debit banjir disungai petapahan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan dihitung berdasarkan hubungan antara hujan dan aliran. Debit banjir rancangan adalah debit maksimum dari suatu sungai, yang besarnya didasarkan kala ulang atau periode yang telah ditentukan. Pemilihan banjir rancangan untuk bangunan air sangat tergantung pada analisis statistik dari rutan kejadian banjir, baik dari debit air dari sungai maupun curah hujan maksimum.

Hidrograf satuan dapat didefinisikan sebagai hidrograf aliran langsung (*direct runoff*), yang dihasilkan oleh satu unit tebal 1 mm curah hujan efektif yang jatuh merata pada daerah aliran sungai pada periode waktu tertentu. Unit tebal hujan efektif 1 mm biasanya digunakan untuk mengontrol volume hidrograf satuan yang apabila dibagi luas DAS akan mendapatkan unit ketebalan curah hujan efektif 1 mm (Hadisusanto, 2010).

Untuk memperoleh hidrograf satuan dalam suatu kasus banjir, maka diperlukan data sebagai berikut :

1. Peta tata guna lahan dan peta topografi
2. Data curah hujan

Jeffier Andrew (2014), Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan judul penelitian *Analisis Debit Banjir Sungai Ranoyapo Menggunakan Metode Hss Gama-I Dan Hss Limantara*. Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan nilai debit banjir rencana menggunakan metode HSS Gama I dan HSS Limantara, selanjutnya akan dilihat metode mana yang memberikan hasil paling mendekati besaran debit banjir rencana dengan menggunakan analisis frekuensi. Dari hasil analisis, debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang di setiap metode, memberikan hasil yang beragam. Hasil terbesar adalah HSS Gama I dan yang terkecil metode Melchior. Dalam perbandingan nilai debit banjir rencana antara HSS dan analisis frekuensi, maka HSS Limantara paling mendekati nilai debit banjir analisis frekuensi.

Azizah permata sari (2015), Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Brawijaya dengan judul penelitian *Studi Perencanaan Tanggul Dan Dinding Penahan Untuk*

Pengendalian Banjir Di Sungai Cileungsi Kabupaten Bogor Jawa Barat, tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana menghitung perencanaan tanggul dengan menggunakan debit banjir kala ulang 25 th, selanjutnya metode stabilitas lereng digunakan metode bishop, Hasil perencanaan bangunan tanggul didapatkan tinggi tanggul 2,70 m dengan kemiringan lereng 1:2. Hasil perencanaan bangunan dinding penahan didapatkan lebar pondasi (B) 2,50 m, kedalaman pondasi (D) 1,50 m, dan tinggi dinding penahan (H) 4,80 m.

Elza Patricia Siby (2014) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, dengan judul penelitian *Studi Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Pada Daerah Aliran Sungai Ranoyapo*. Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan Berdasarkan hasil pembahasan dari tiga metode Hidrograf Satuan Sintetik dengan menggunakan data sungai yang sama diperoleh kesimpulan bahwa Hidrograf Satuan Sintetik yang dapat diterapkan untuk kepentingan perhitungan dan perencanaan bangunan air di Daerah Aliran Sungai Ranoyapo adalah Hidrograf satuan sintetik Gamma I. Karena dari hasil analisis diperoleh bahwa HSS Gamma I menghasilkan debit banjir rencana paling besar dibandingkan dengan dua HSS lainnya yaitu 14476.78 m/det. Selain itu dari hasil analisis diperoleh bahwa pada DAS Ranoyapo :

1. HSS Gamma I waktu naik = 1,541 jam; waktu turun = 67,17 jam.
2. HSS Snyder waktu naik = 8,71 jam; waktu turun = 87,923 jam.
3. HSS Nakayasu waktu naik = 5,63 jam; waktu turun = 194,37 jam.

Jika bagian hulu DAS menyempit dan melebar dibagian hilir, maka DAS tersebut memiliki waktu puncak lebih cepat dan waktu turun lebih lambat.

2.1.1 Daerah aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah kesatuan ekosistem yang dibatasi oleh pemisah topografi dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpan penyalur air, sedimen dan unsur hara dalam sistem sungai dan mengeluarkannya melalui outlet tunggal.

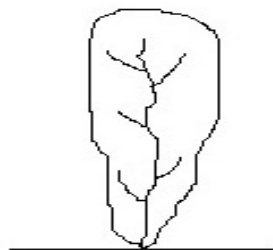
Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah dimana semua airnya mengalir kedalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasarkan pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian. (Sri Harto, 1993)

a. Bentuk-Bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS)

Bentuk-bentuk DAS dapat dibagi dalam empat macam antara lain:

1. Bulu Burung

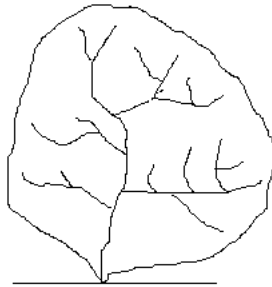
Aliran air dari anak sungai mengalir ke sungai utama, aliran dari masing-masing anak sungai tersebut tidak saling bertemu pada titik yang sama. Dengan demikian potensi terjadinya banjir kecil karena aliran air tidak langsung bertemu pada satu titik.



Gambar 1 Tipe DAS Bulu Burung
Sumber : (Sri Harto, 1993)

2. Radial

Bentuk DAS menyerupai lingkaran, aliran sungai dari tiap-tiap anak sungai berkumpul menuju satu titik. Banjir sering pada titik-titik pertemuan anak sungai.



Gambar 2 Tipe DAS Radial
Sumber : (Sri Harto, 1993)

3. Paralel

DAS dengan bentuk paralel memiliki dua jalur aliran sungai utama yang kemudian bersatu di bagian hilir, Potensi banjir sangat tinggi dikarenakan aliran air bertemu pada satu titik.



Gambar 3 Tipe DAS Paralel
Sumber : (Sri Harto, 1993)

4. Kompleks

DAS berbentuk kompleks maksudnya dapat terdiri dari beberapa tipe DAS di atas dalam satu DAS.

b. Pola Aliran Sungai

Pola aliran suatu sungai dapat terbentuk oleh sungai-sungai yang lainnya secara bersama-sama. Dalam suatu DAS sungai-sungai (baik utama maupun cabang) secara keseluruhan membentuk suatu pola jaringan. Umumnya dipengaruhi oleh struktur geologi daerah.

Arthur D.Howard telah mengklasifikasikan pola aliran sungai dalam beberapa kategori meliputi pola dasar, modifikasi pola dasar dan gabungan modifikasi pola dasar. Adapun pola aliran sungai yang diklsifikasikan menurut Arthur D.Howard adalah sebagai berikut:

1. Dendritik

Pola berbentuk cabang/mendaun ini umumnya terbentuk pada lapisan sedimen mendatar, sedimen-sedimen yang satu jenis atau batuan yang mempunyai resistensi yang sama. Bentuk pola ini menyerupai pelebaran bentuk silang pohon beringin. Pola ini berkembang di bebatuan yang cenderung homogen dan tidak melalui kontrol struktur.

2. Paralel

Pola yang berbentuk sejajar ini umumnya berbentuk pada daerah dengan kemiringan umum lereng menengah sampai terjal, atau pada singkapan batuan yang lebar dan sejajar serta miring.

3. Tredis

Pola berbentuk pagar ini terbentuk pada daerah batuan sedimen yang miring atau terlipat pada daerah batuan sedimen yang terubah. Dapat juga pada daerah dengan patahan yang saaling tegak lurus atau pada daerah dengan bukit-bukit sejajar.

4. Rectangular

Pola berbentuk menyudut ini hampir sama dengan trellis, hanya jumlah sungai yang lebih sedikit.

5. Radial

Pola yang berbentuk memencar ini muncul pada daerah dengan bentuk berhubungan atau bentuk kerucut, dan biasanya dijumpai pada daerah pegunungan. Pola pengaliran radial memiliki dua karakteristik yaitu:

- Sistem sentripugal (menyebar keluar dari titik pusat), berarti bahwa daerah tersebut berbentuk kerucut.
- Sistem sentripetal (menyebar ke arah titik pusat), memiliki arti bahwa daerah tersebut berbentuk cekungan.

6. Annular

Pola berbentuk cincin ini terletak di daerah sekitar bumbungan (kubah) terutama bila terdapat percampuran batuan yang lunak dan keras, sehingga sungai ini mengalir sejajar arah lapisan, anak-anak sungai searah dengan kemiringan lapisan.

7. Multibasinal

Pola dengan banyak cekungan ini muncul pada basement berbagai variasi dengan kondisi geologinya. Dapat terjadi pada daerah dengan banyak cekungan akibat pelarutan, atau daerah gunung api sekarang. Atau daerah yang belum ditemukan sebab-sebab cekungannya.

8. Kontorted

Pola ini muncul pada daerah dengan struktur geologi yang kompleks. Umumnya berasosiasi dengan batuan metamorfik kompleks dengan lipatan yang intensif, intrusi, kekar, dan sebagainya. (Azizah Permatasari, dkk, 2015)

2.2 Analisis Hidrolika

Teori umum Perhitungan Program HEC-RAS yang digunakan untuk melakukan perhitungan profil aliran sungai satu dimensi, baik aliran tetap (*steady flow*) maupun aliran tak tetap (*unsteady flow*). Persamaan energi digunakan sebagai dasar perhitungan untuk aliran steady dalam saluran terbuka (Chow, 1997:36):

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{U_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{U_2^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- | | | |
|----|---|---|
| g | : | percepatan gravitasi (m/det ²). |
| he | : | kehilangan tinggi energi (m) |
| U | : | kecepatan rerata (m/det). |
| α | : | koefisien distribusi kecepatan. |
| z | : | ketinggian air dari datum (m). |
| y | : | kedalaman air (m) |

kehilangan tinggi energi:

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{v_2 v_1^2}{4g} - \frac{v_1 v_2^2}{4g} \right|$$

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

$$S_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

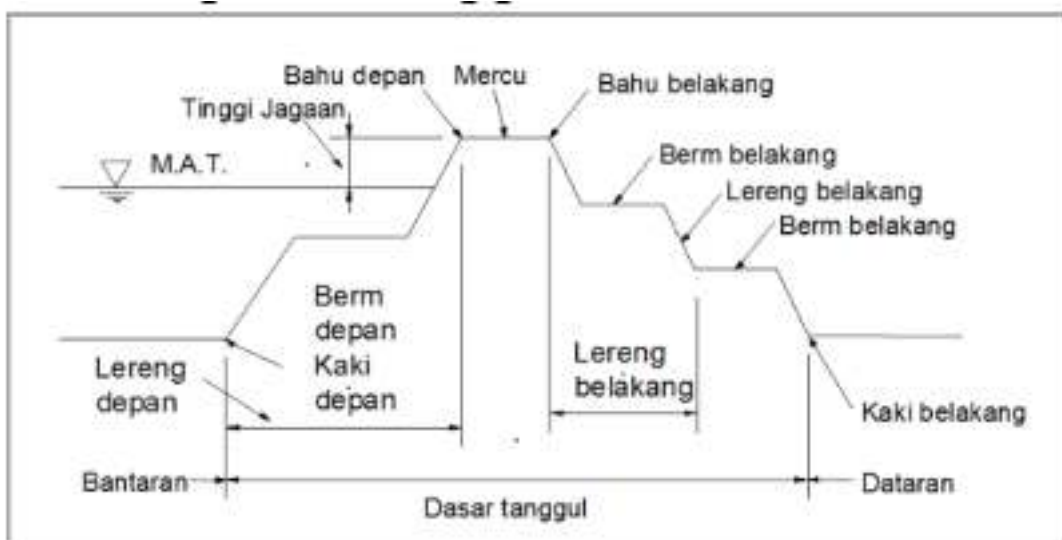
- L = Panjang penampang (m).
- Sf = Kemiringan garis energi (*friction..... slope*).
- K = Pengangkutan aliran tiap sub bagian.
- Q = Debit air (m³ /dt).
- C = koefisien akibat kehilangan tinggikontraksi dan ekspansi

Kehilangan tinggi energi akibat perubahan penampang diakibatkan oleh dua kejadian, yaitu kontraksi dan ekspansi. Kontraksi dan ekspansi terjadi akibat back water yang disebabkan perubahan penampang atau perubahan kemiringan dasar saluran yang sangat curam sekali.

2.2.1 Analisis Hidrolika

Tanggul disepanjang sungai adalah bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir. Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah.

a. Bagian Tanggul



Gambar 4 Nama Bagian Tanggul
 Sumber: Sosrodarsono (1994:29)

b. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi pada tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang mengalir.

Tabel 1. Tinggi jagaan Tanggul

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

Sumber: (Sorodarsono (1994:87))

c. Lebar Mercu Tanggul

Tabel 2. Lebar Mercu Tanggul

No	Debit Banjir Rencana (m ³ /dtk)	Lebar (m)
1	<500	3.0
2	500-2000	4.0
3	2000-5000	5.0
4	5000-10000	6.0
5	>10000	7.0

Sumber : (Sosrodarsono, 1994)

2.3 Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir yang berbentuk lingkaran. Untuk faktor keamanan terhadap kelongsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah dibidang longsor yang diandalkan (s) dengan tanah geser yang diperlukan untuk keseimbangan (τ).

Tabel 3 Tingkat nilai faktor keamanan

Fk	Keterangan
>1	Stabil
=1	Kritis
<1	Labil

Sumber : (Hardiyatmo, 2007)

Dalam praktek nya (Browles, 1984) tingkat nilai faktor keamanan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Fk	Keterangan
$> 1,5$	Stabil
$1,07 < Fk < 1,5$	Kritis
$< 1,07$	Labil

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penulis melakukan penelitian di Daerah Aliran Sungai Petapahan Kecamatan Gunung Toar. Penelitian direncanakan dimulai dari bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober 2018.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : (Peta Dasar, 2018)

3.2 Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Studi Literatur

Data-data yang diperoleh dari perpustakaan dan data-data yang diperoleh dari media internet yang sesuai dan berkaitan dengan penelitian dengan mentelaah dan mengutip secara cermat data-data tersebut.

3.2.2 Data Primer

Data primer dapat berupa data-data yang diperoleh langsung dari lapangan seperti foto dokumentasi dari daerah aliran sungai yang dijadikan objek penelitian sehingga dapat memperkuat kebenaran hasil penelitian.

3.2.3 Data Sekunder

Pengumpulan data dengan memakai data sekunder, dimana data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan yang telah tersusun dalam arsip. Data sekunder dalam penelitian ini berupa pengumpulan data seperti curah hujan dari stasiun hujan yang ada ataupun data pengunjung penelitian lainnya yang dapat diperoleh dari instansi terkait seperti Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air (BMSDA) ataupun instansi lain yang terkait dalam proses penelitian untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian.

3.2.4 Tahap Penelitian

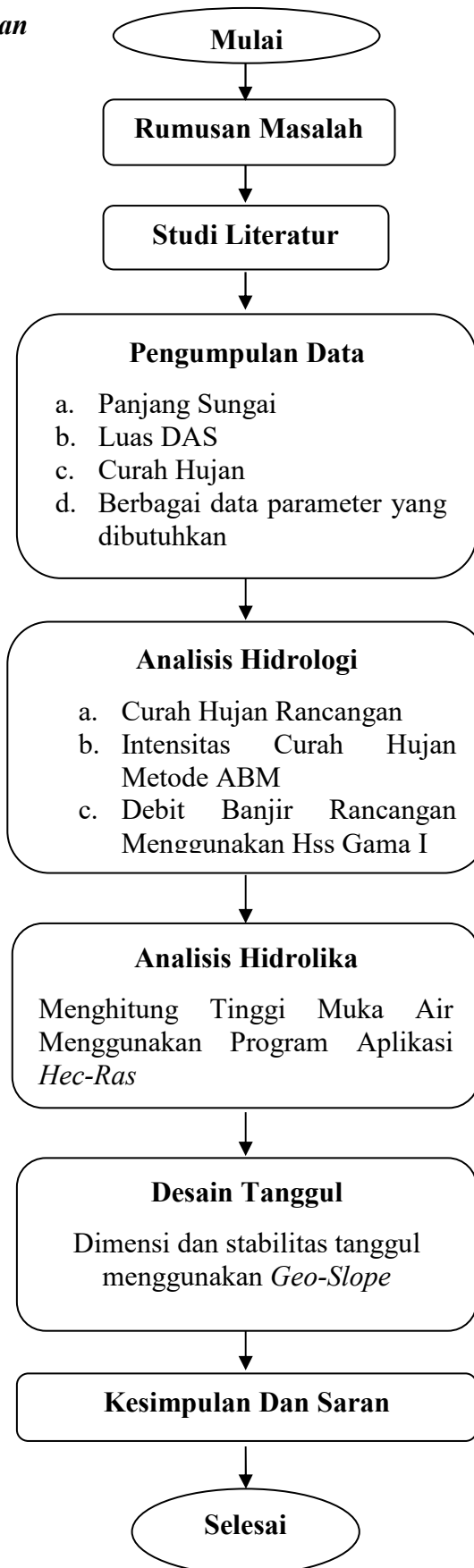
Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan batas-batas DAS dengan mengacu pada stasiun hidrometri di titik control pada DAS yang ditinjau.
2. Mengukur luas DAS.
3. Mengukur panjang sungai..
4. Menghitung parameter hidrograf satuan DAS.
5. Menganalisis frekuensi hujan sesuai dengan jenis sebarannya berdasarkan parameter statistic.
6. Menentukan curah hujan rancangan.
7. Melakukan uji kesesuaian distribusi frekuensi.
8. Menghitung debit banjir rancangan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I untuk kala ulang yang ditentukan.
9. Menghitung tinggi muka air dengan menggunakan program aplikasi Hec-Ras
10. Menentukan tinggi tanggul yang dibutuhkan untuk penanggulangan banjir yang terjadi didaerah Desa Petapahan.

3.2.5 Teknik Analisis Data

Untuk menganalisa data yang telah diperoleh menggunakan persamaan dari metode yang digunakan yaitu metode hidrograf satuan sintetik Gama I. Untuk mempermudah proses pengolahan data nantinya dapat menggunakan perangkat lunak yaitu *Microsoft excel*, *Arc-gis*, *Hec-ras*, *Geo.slope*.

3.3 Bagan Alir Penelitian



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan DAS

Parameter karakteristik daerah aliran sungai yang digunakan untuk perhitungan debit banjir rancangan dengan metode *Hidrograf Satuan Sintetik Gama I* di tabulasikan sebagai berikut :

Tabel 6. Parameter Daerah Aliran Sungai

No	Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
1	Luas DAS total	A	2,683	Km ²
2	Panjang sungai utama	L	5,344	Km
3	Jumlah pertemuan sungai	JN	3	-
4	Frekuensi Sumber	SN	0,75	-
5	Faktor Sumber	SF	0,0329	-
6	Kerapatan Jaringan Kuras	D	2,059	Km/Km ²
7	Perbandingan Luas DAS hulu dengan Luas DAS total	RUA	0,493	Km
8	Faktor Lebar	WF	1,156	-
9	Faktor Simetri	SIM	0,569	-
10	Kemiringan	S	0,003181	-
11	Luas DAS sebelah Hulu Titik Berat	Au	1,323	Km ²
12	Lebar Bawah DAS (0,25L)	W1	1,181	Km
13	Lebar Atas DAS (0,75L)	Wu	1,366	Km
14	Elevasi Hulu	-	69	m
15	Elevasi Hilir	-	52	m
16	Panjang sungai orde II	L1	0,182	Km
17	Panjang sungai semua orde	LN	5,526	Km
18	Jumlah sungai orde II	P1	3	-
19	Jumlah sungai semua Orde	PN	4	-

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. Data Curah Hujan Maksimum Tahunan DAS Petapahan

Data curah hujan maksimum tahunan										
Bulan	Tahun (Hujan dalam mm)									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	43	20	67	53	72	32	21,5	30	72	60
Februari	37	66	105,5	91,5	27	50	23	30	27	74,4
Maret	78	64	65	61	81	21	29	30	81	35
April	58	36	118	50	27	23	43	30	27	62,5
Mei	18	74	42	106	63	83	93	83	63	69,5
Juni	34	27	27	54	58	93	19	6,4	58	110
Juli	56	24	26	59	31	26	14	1	31	25
Agustus	47	67	76	34	92	109	114	87	92	50
September	66	66	103	34	59	21	21	5,5	59	30
Oktober	79,6	37	107	109	27	53	25	12,2	27	25
November	38	55	65	120	110	97	21	105,3	106	49

Desember	33	48	72	121	27	41	60	42	27	68
Curah Hujan Max	79,6	74	118	121	110	109	114	105,3	106	110

Sumber : Balai Pertanian Gunung Toar

Hitungan Statistik Hujan Maksimum DAS Petapahan			
m	P = m/(n+1)	Tahun	Hujan (mm)
1	0,091	2011	121
2	0,182	2010	118
3	0,273	2014	114
4	0,364	2012	110
5	0,455	2017	110
6	0,545	2013	109
7	0,636	2016	106
8	0,727	2015	105,5
9	0,818	2008	79,6
10	0,909	2009	74
Jumlah Data =			10
Nilai Rerata =			104,69
Standar Deviasi =			15,557
Koefisien kemencengan =			-1,357
Koefisien Kutosis =			0,148
Koefisien Variasi =			4,724

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2 Analisis Debit Banjir Rancangan

Perhitungan Hidrograf Satuan sintetik Gama I menggunakan parameter DAS dan persamaan-persamaan yang dijelaskan pada Bab III dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Menghitung TR (*Time of Resesion*) atau waktu mencapai puncak dengan menggunakan persamaan berikut :

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1,0665 \cdot SIM + 1,2775$$

$$TR = 0,43 \left(\frac{2,683}{100 \cdot (0,0329)} \right)^3 + 1,0665 \cdot (0,569) + 1,2775$$

$$TR = 2,114 \approx 2 \text{ jam}$$

2. Menghitung debit puncak Qp) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Qp = 0,1836 \cdot A^{0,5886} \cdot TR^{-0,4008} \cdot JN^{0,2381}$$

$$Qp = 0,1836 \cdot (2,683)^{0,5886} \cdot (2)^{-0,4008} \cdot (3)^{0,2381}$$

$$Qp = 0,3229 \text{ m}^3/\text{detik}$$

3. Menghitung waktu dasar TB (time base) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$TB = 27,4132 \cdot TR^{0,1475} \cdot S^{-0,0986} \cdot SN^{0,7344} \cdot RUA^{0,2754}$$

$$\begin{aligned} TB &= 27,4132 \cdot (2)^{0,1475} \cdot (0,003181)^{-0,0986} \cdot (0,75)^{0,7344} \cdot (0,493)^{0,2754} \\ TB &= 26,48 \text{ jam} \approx 26 \text{ jam} \end{aligned}$$

4. Menghitung koefisien tumpangan k dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} k &= 0,5617 \cdot A^{0,1798} \cdot S^{-0,1446} \cdot SF^{-1,0897} \cdot D^{0,0452} \\ k &= 0,5617 \cdot (2,683)^{0,1798} \cdot (0,003181)^{-1,0897} \cdot (2,059)^{0,0452} \\ k &= 364,92 \text{ menit} \approx 6,082 \text{ jam} \end{aligned}$$

5. Menghitung besar aliran dasar (QB) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} QB &= 0,4751 \cdot A^{0,6444} \cdot D^{0,9430} \\ QB &= 0,4751 \cdot (2,683)^{0,6444} \cdot (2,059)^{0,9430} \\ QB &= 1,77 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

6. Menghitung Indeks infiltrasi berdasarkan persamaan berikut :

$$\Phi = 10,4903 - (3,859 \cdot 10^{-6} \cdot A^2) + (1,6985 \cdot 10^{-13} \left(\frac{A}{SN}\right)^4)$$

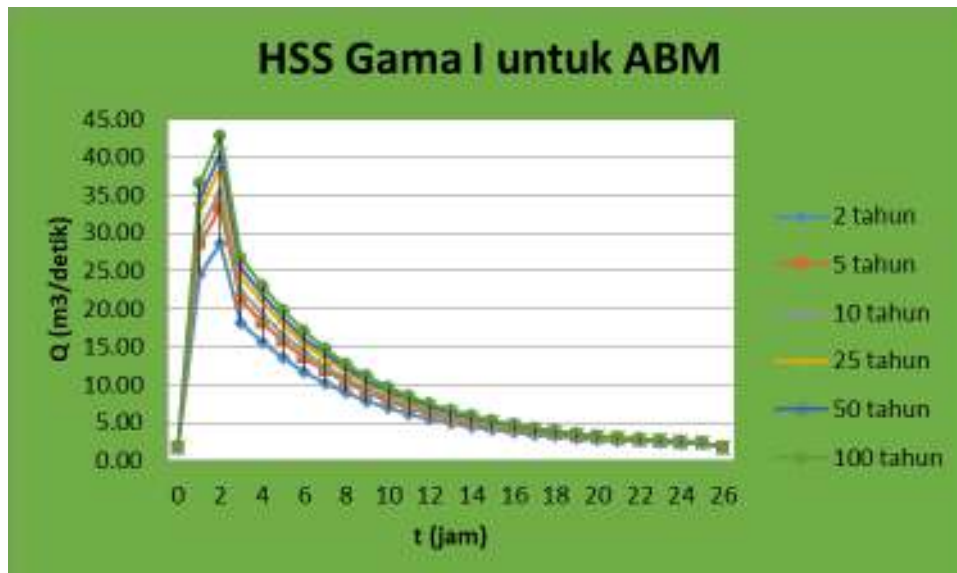
$$\Phi = 10,4903 - (3,859 \cdot 10^{-6} \cdot (2,683)^2) + (1,6985 \cdot 10^{-13} \left(\frac{2,683}{0,5}\right)^4)$$

$$\Phi = 10,49$$

7. Membuat unit hidrograf dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_t = Q_p \cdot E^{-t/k}$$

Dari hasil rekapitulasi debit banjir rancangan diatas, diambil nilai debit maksimum daerah aliran sungai yaitu pada jam ke-2 dan digambarkan dalam grafik hidrograf banjir untuk Daerah Aliran Sungai Petapahan seperti pada gambar berikut :



Gambar 5.9 Grafik Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan HSS Gama I (sumber : Hasil Perhitungan)

Dari hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I dapat diketahui debit maksimum pada Daerah Aliran Sungai Petapahan

untuk kala ulang 2 tahun 28,58 m³/detik, kala ulang 5 tahun 33,42 m³/detik, kala ulang 10 tahun 35,47 m³/detik, kala ulang 25 tahun 38,59 m³/detik, kala ulang 50 tahun 40,39 m³/detik, kala ulang 100 tahun 42,79 m³/detik. Waktu untuk mencapai puncak 2 jam dan waktu dasar selama 26 jam.

Tabel 8 Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan HSS Gama I Kala Ulang

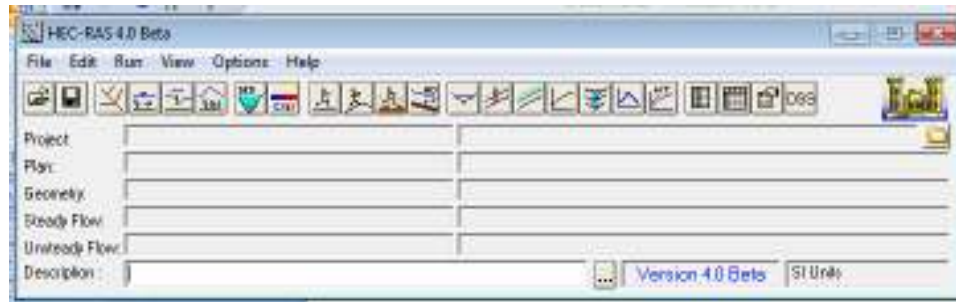
t (jam)	Debit Banjir Rancangan (m ³ /detik)					
	Q 2 tahun	Q 5 tahun	Q 10 tahun	Q 25 tahun	Q 50 tahun	Q 100 tahun
0	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
1	24.51	28.62	30.36	33.01	34.53	36.57
2	28.58	33.42	35.47	38.59	40.39	42.79
3	18.14	21.1	22.35	24.25	25.35	26.82
4	15.66	18.17	19.23	20.84	21.77	23.02
5	13.55	15.68	16.58	17.95	18.74	19.8
6	11.77	13.57	14.34	15.5	16.17	17.06
7	10.25	11.78	12.43	13.42	13.99	14.75
8	8.97	10.27	10.82	11.65	12.13	12.78
9	7.87	8.98	9.44	10.15	10.56	11.11
10	6.95	7.88	8.28	8.88	9.23	9.69
11	6.16	6.96	7.29	7.8	8.1	8.49
12	5.5	6.17	6.46	6.89	7.14	7.47
13	4.93	5.5	5.75	6.11	6.33	6.61
14	4.45	4.94	5.14	5.46	5.63	5.88
15	4.05	4.46	4.63	4.9	5.05	5.25
16	3.7	4.05	4.2	4.42	4.55	4.72
17	3.41	3.7	3.83	4.02	4.13	4.28
18	3.16	3.41	3.52	3.68	3.77	3.9
19	2.95	3.16	3.25	3.39	3.47	3.57
20	2.77	2.95	3.03	3.14	3.21	3.3
21	2.62	2.77	2.84	2.94	2.99	3.07
22	2.49	2.62	2.68	2.76	2.81	2.87
23	2.38	2.49	2.54	2.61	2.65	2.7
24	2.29	2.38	2.42	2.48	2.52	2.56
25	2.21	2.29	2.32	2.37	2.4	2.44
26	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3 Profil Muka Air Sungai Menggunakan Aplikasi Hec-Ras

Setelah mendapatkan debit banjir rancangan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik maka selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi *Hec-Ras*, data yang digunakan adalah debit banjir dengan kala ulang 50 tahun $40,39 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan kala ulang 100 tahun $42,79 \text{ m}^3/\text{detik}$. Seperti pada gambar dibawah ini :

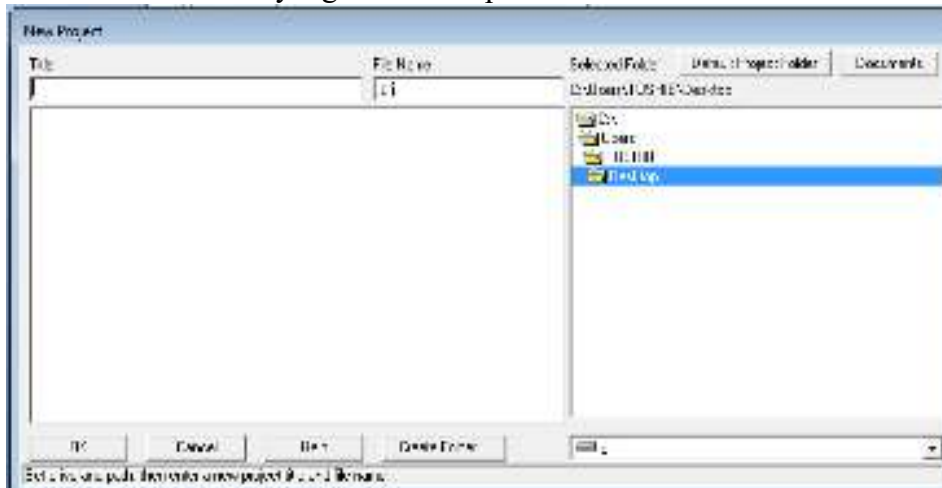
- a. Jalankan aplikasi Hec-Ras



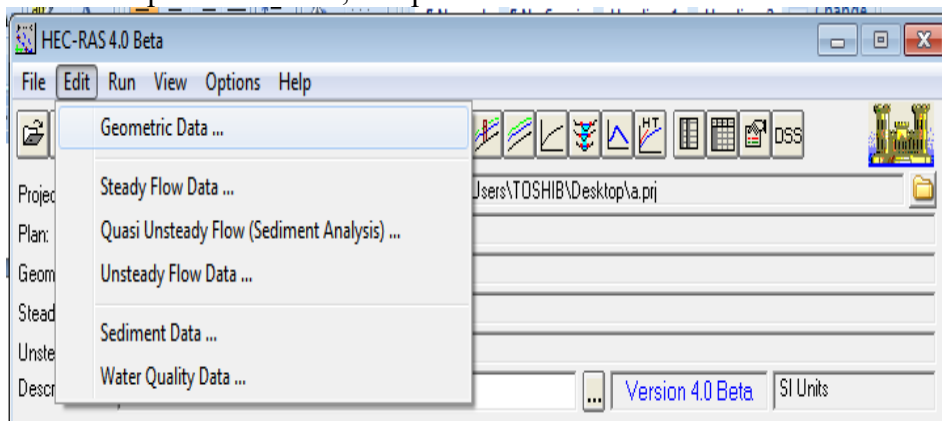
- b. Pilih menu File, kemudian New Project



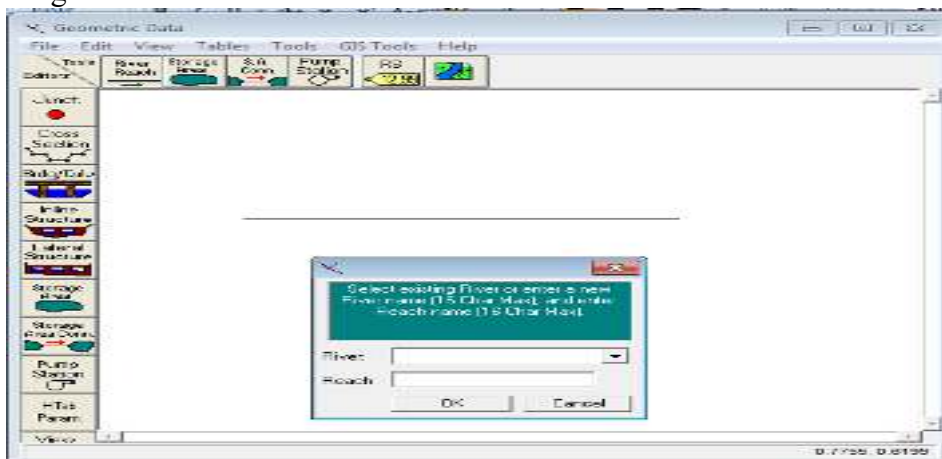
- c. Masukkan nama file yang akan disimpan



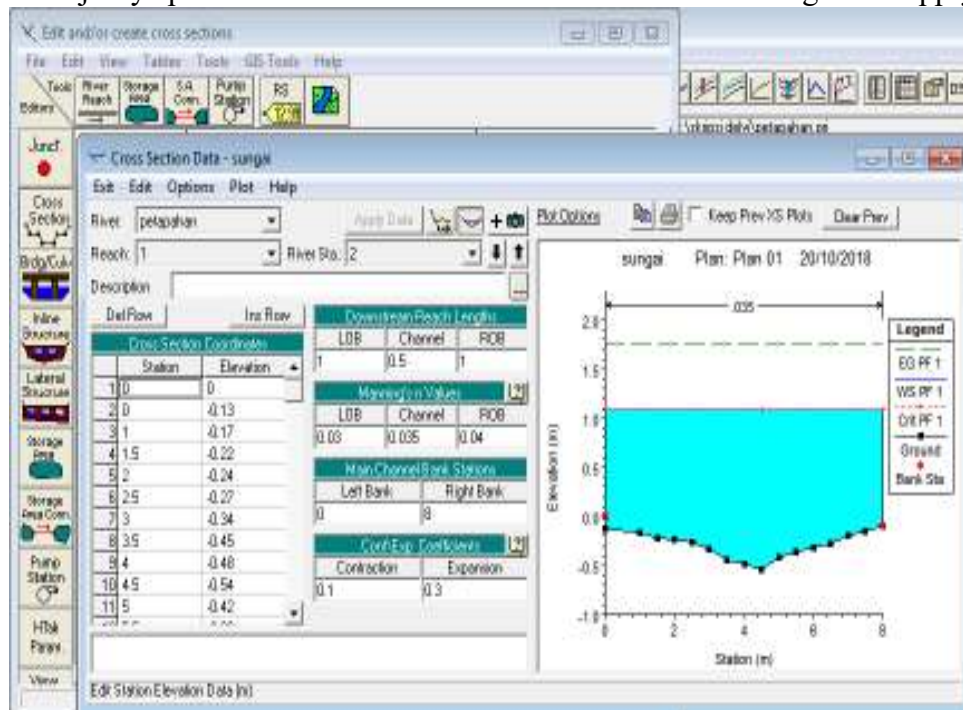
- d. Kemudian pilih menu edit, dan pilih Geometric Data



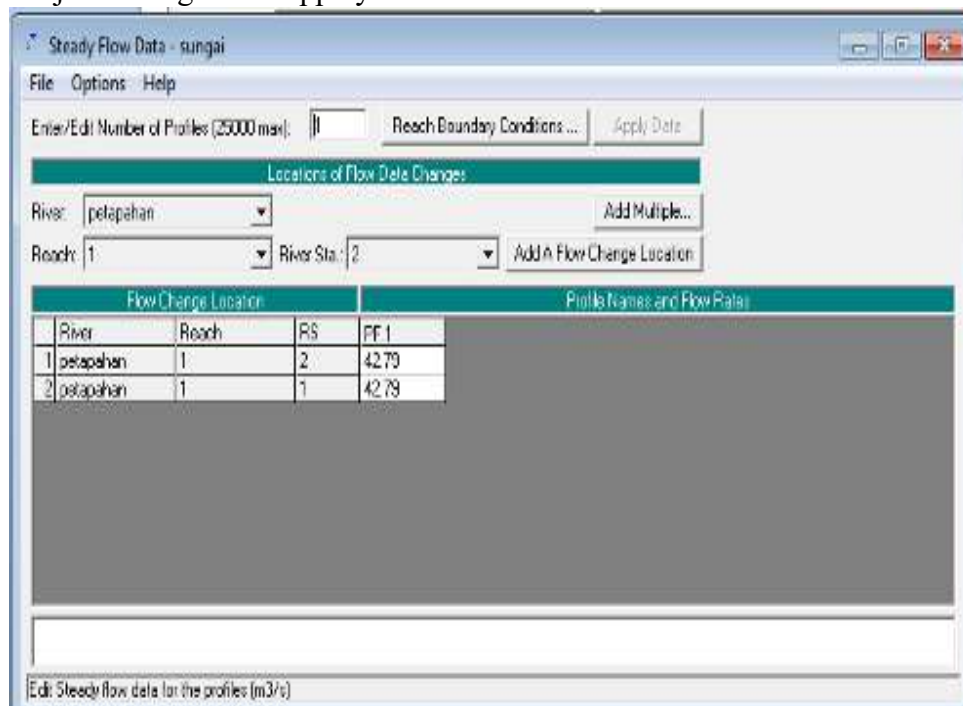
- e. Setelah itu gambarkan sungai dengan memilih River Reach, dan masukkan nama sungai.



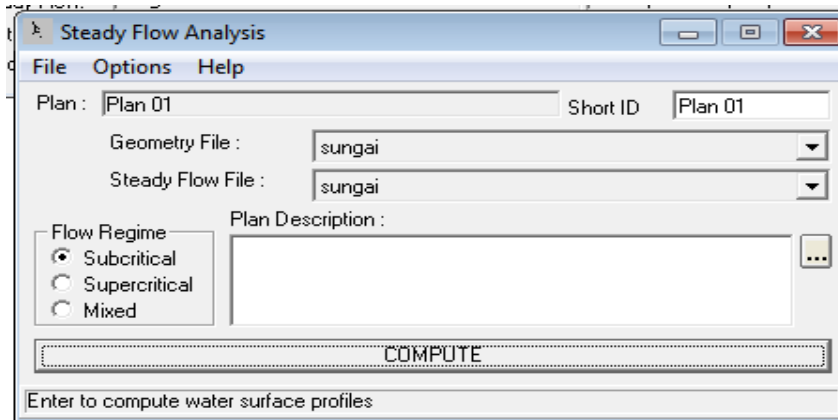
- f. Selanjutnya pilih cross section dan masukkan data elevasi sungai lalu apply data.



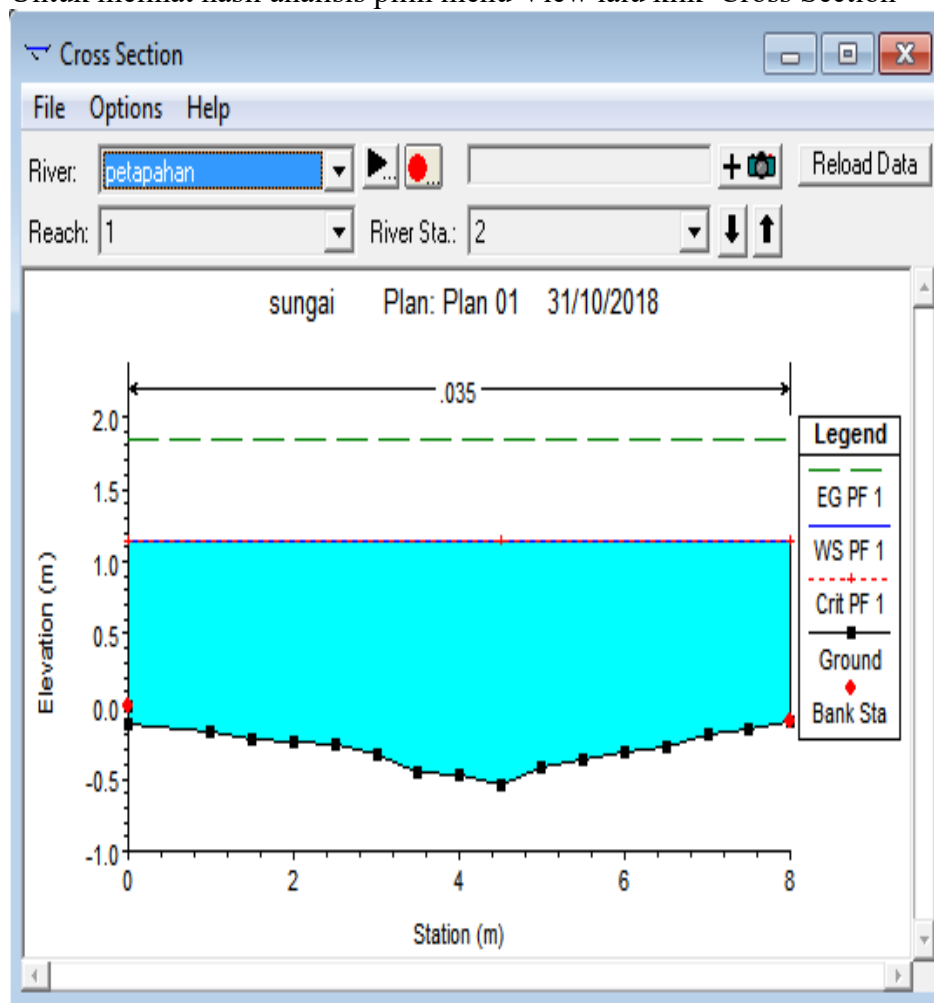
- g. Lalu pilih menu edit, dan pilih steady flow data kemudian masukkan data debit banjir rancangan dan apply data.



- h. Kemudian lakukan analisis data dengan memilih menu Run, pilih Steady Flow Analysis lalu klik Compute.



- i. Untuk melihat hasil analisis pilih menu View lalu klik Cross Section



Tabel 5.23 Data Elevasi Sungai Petapahan

STA 01		STA 02	
jarak (m)	elevasi (m)	jarak(m)	elevasi (m)
0	0	0	0
0,5	-0.1	0,5	-0.13
1	-0.12	1	-0.17
1.5	-0.12	1.5	-0.22
2	-0.1	2	-0.24
2.5	-0.08	2.5	-0.27
3	-0.14	3	-0.34
3.5	-0.18	3.5	-0.45
4	-0.22	4	-0.48
4.5	-0.3	4.5	-0.54
5	-0.34	5	-0.42
5.5	-0.4	5.5	-0.36
6	-0.36	6	-0.32
6.5	-0.31	6.5	-0.28
7	-0.24	7	-0.2
7.5	-0.19	7.5	-0.15
8	-0.15	8	-0.1
8.5	-0.11		
9	0		

Sumber : Hasil Pengukuran Langsung

Berdasarkan hasil perhitungan aplikasi *Hec-Ras* diketahui tinggi muka air yang melewati tebing sebesar 15 cm dimana tinggi tebing sungai petapahan 100 cm. Maka untuk pembangunan tanggul penahan banjir dapat diketahui dimensi nya sebagai berikut :

Tinggi tanggul : tinggi muka air + tinggi jagaan

: 15cm + 60cm

: 75 cm \approx 1 m

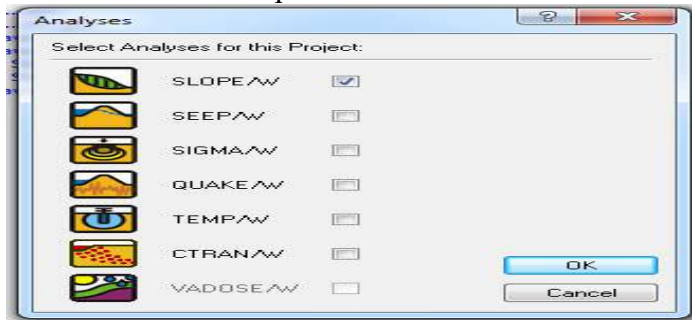
Lebar mercu : 300 cm

Kemiringan : 1:2

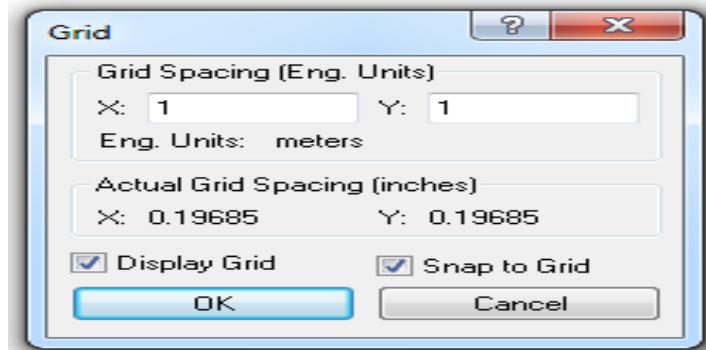
4.4 Perhitungan Menggunakan Aplikasi *Geo-Slope*

Dalam perhitungan stabilitas tanggul penulis mengasumsikan 2 jenis tanah yang dapat digunakan sebagai pembuatan tanggul :

- a. Pilih menu New dan ceklis Slope/W lalu Ok



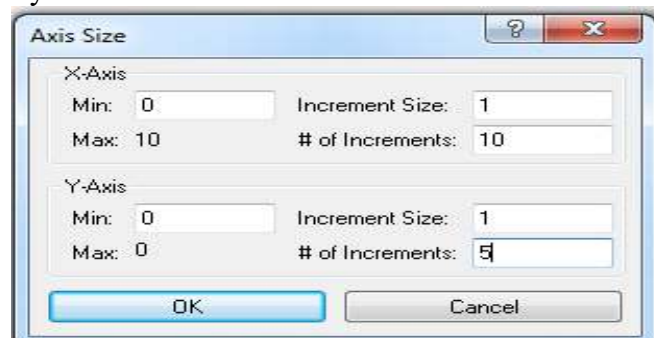
- b. Kemudian pilih menu Set dan Ceklis Display Grid dan Snap to Grid lalu Ok



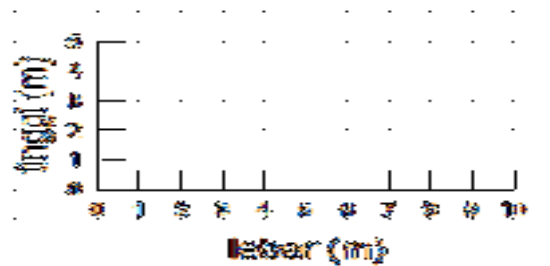
- c. Pada menu Set pilih Axes dan isi kolom Bottom X : Lebar (m), Kolom Left Y : Tinggi (m) lalu Ok



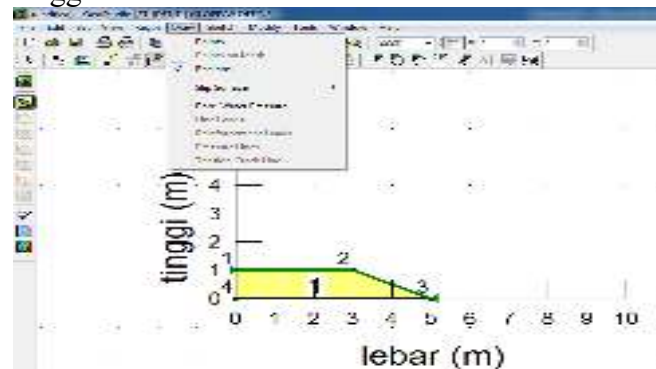
- d. Maka akan muncul tampilan seperti dibawah ini, dan isi sesuai dengan dimensi tanggul yang akan di analisis



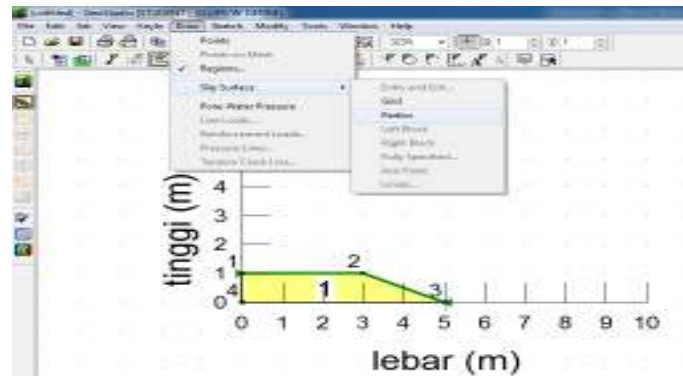
- e. Selanjutnya akan muncul tampilan ukuran tanggul yang akan digambar



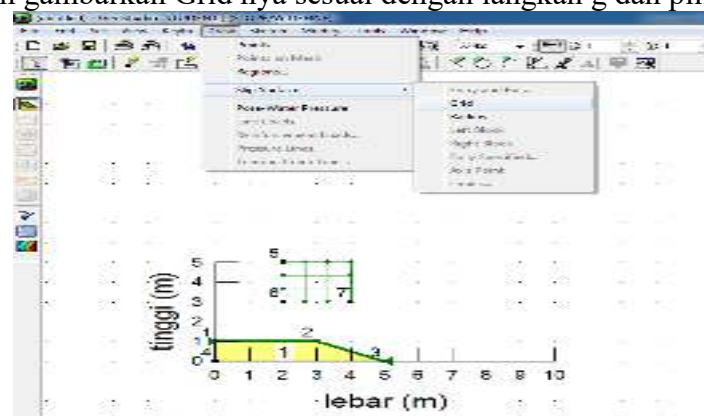
- f. Untuk membuat dimensi tanggul pilih menu Draw dan klik Region, gambar sesuai ukuran dimensi tanggul



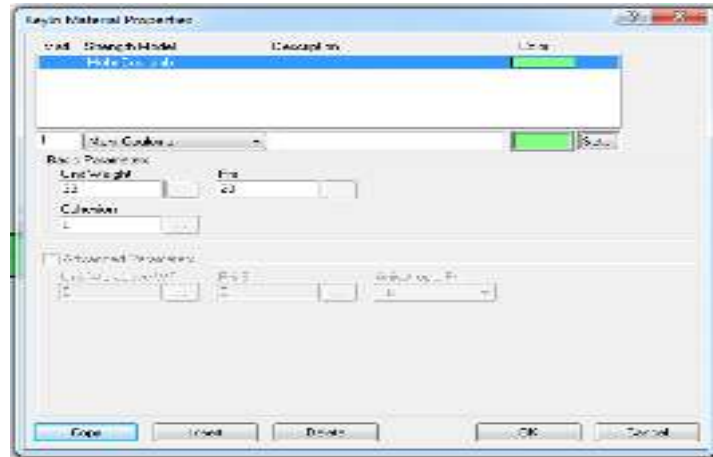
- g. Selanjutnya gambarkan Radius pada gambar tanggul pada menu Draw pilih Slip Surface dan klik Radius



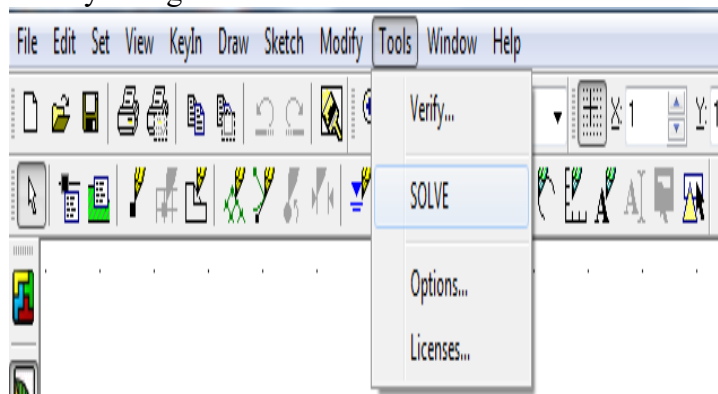
- h. Dan kemudian gambarkan Grid nya sesuai dengan langkah g dan pilih Grid



- i. Kemudian isi material yang akan digunakan untuk tanggul dengan memilih menu KeyIn dan pilih KeyIn Material Properties, lalu isi sesuai data material yang digunakan

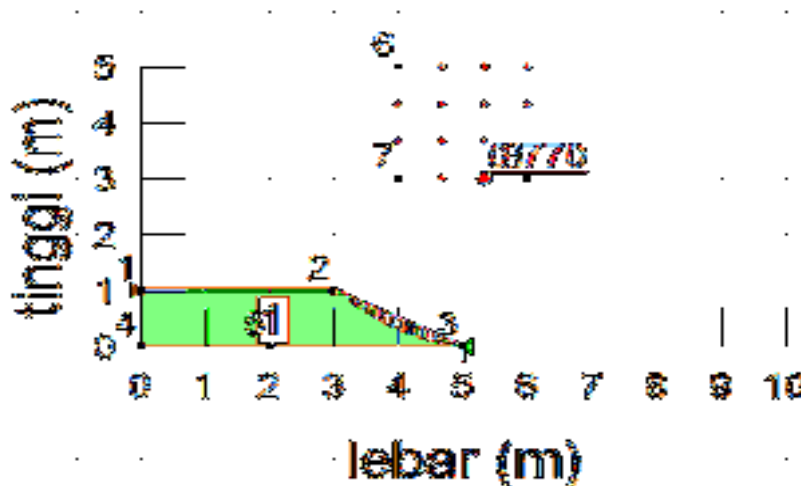


j. Lalu lakukan analisis dengan memilih menu SOLVE kemudian Start



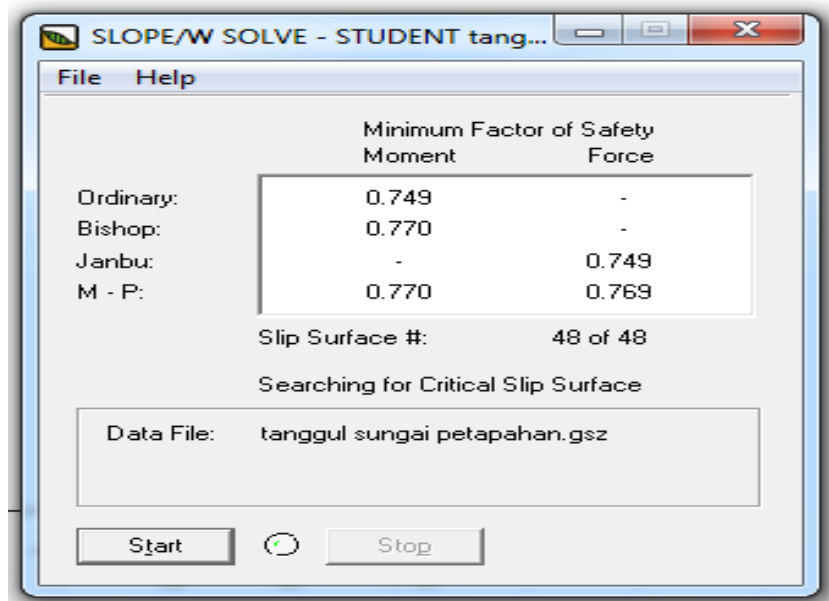
Sehingga didapat hasil analisis seperti dibawah ini:

1. Tanah Granuler dengan :
 - a. Sudut geser = 33 derajat
 - b. Nilai kohesi = 0
 - c. Berat volume = 20 kN/m³
 - d. Kerapatan Relatif = Sedang



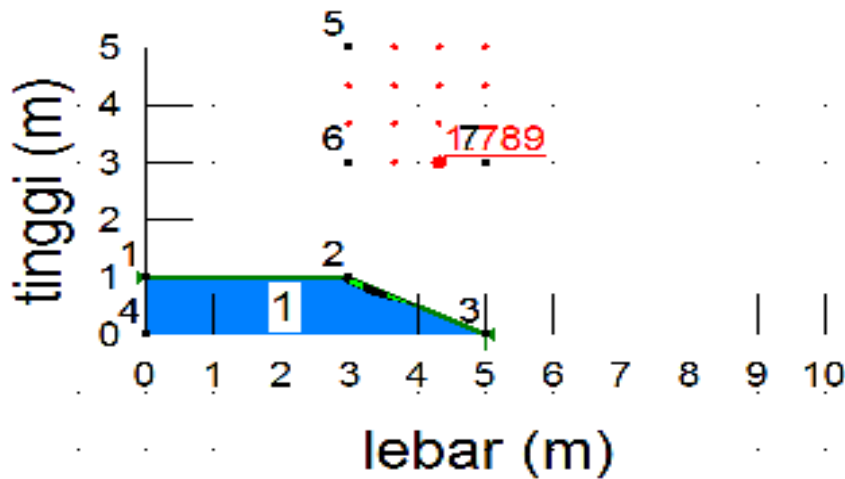
Gambar 5.12 Tampilan Hasil Slope W/ Contur Tanggul dengan Sudut Geser 33 derajat

Sumber : Hasil Perhitungan

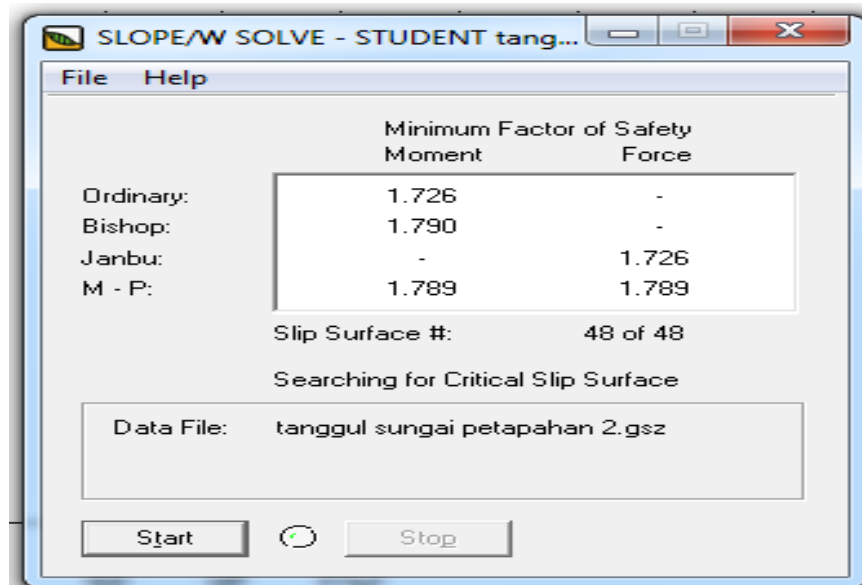


Gambar 5.13 Tampilan Faktor Keamanan Slope /W
Sumber : Hasil Perhitungan

2. Tanah Granuler dengan :
- a. Sudut geser = 38 derajat
 - b. Nilai kohesi = 0
 - c. Berat volume = 20 kN/m³
 - d. Kerapatan Relatif = Padat



Gambar 5.14 Tampilan Hasil Slope W/ Contur Tanggul dengan Sudut Geser 38 derajat
Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.15 Tampilan Faktor Keamanan Slope /W
Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9 Estimasi penetrasi tanggul/turap pada tanah granuler

Kerapatan relatif (D_r)	Nilai N-SPT	Kedalaman Penetrasi Tanggul/Turap
Sangat padat	>50	0,75 H
Padat	31 – 50	1,00 H
Sedang	11 – 30	1,25 H
Tidak padat	5 – 10	1,50 H
Sangat tidak padat	0 – 4	2,00 H

Sumber : (Teng, 1992)

Dari hasil perhitungan Geo-Slope diatas untuk Metode Bishop angka Faktor Keamanan nya > 1 . Untuk tanah granuler yang mempunyai sudut geser 33 derajat memiliki angka keamanan : 0,770 sedangkan untuk tanah granuler yang mempunyai sudut geser 38 derajat memiliki angka keamanan : 1,790. Jadi untuk keamanan tanggul dapat dipakai tanah granuler dengan sudut geser 38 derajat.

5. SIMPULAN

Dari hasil perhitungan data curah hujan maksimum tahunan untuk DAS Petapahan didapat hujan rancangan untuk kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun adalah 103,99 mm, 119,12 mm, 127,35 mm, 136,45 mm, 142,56 mm, 148,25 mm.

1. Berdasarkan perhitungan curah hujan rancangan untuk debit banjir rancangan DAS Petapahan berdasarkan kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun adalah 28,58 m³/detik, 33,42 m³/detik, 35,47 m³/detik, 38,56 m³/detik, 40,39 m³/detik, 42,79 m³/detik.
2. Berdasarkan hasil perhitungan aplikasi *Hec-Ras* diketahui tinggi muka air yang melewati tebing sebesar 15 cm dimana tinggi tebing sungai petapahan 100 cm. Maka untuk pembangunan tanggul penahan banjir dapat diketahui dimensi nya sebagai

berikut : Tinggi tanggul: 100 cm, Lebar mercu: 300 cm, Kemiringan : 1:2, Lebar Tanggul: 500 cm

3. Dari hasil perhitungan Geo-Slope diatas untuk Metode Bishop angka Faktor Keamanannya > 1 . Untuk tanah granuler yang mempunyai sudut geser 33 derajat memiliki angka keamanan : 0,770 sedangkan untuk tanah granuler yang mempunyai sudut geser 38 derajat memiliki angka keamanan : 1,790. Jadi untuk keamanan tanggul dapat dipakai tanah granuler dengan sudut geser 38 derajat.

DAFTAR PUSTAKA

- BR, Sri Harto.(1993). *Analisis Hidrologi*.Jakarta:Gramedia Pustaka Utama.
- Linsley, et.Al.(1982).*Hidrologi Untuk Insinyur*. Edisi ketiga.Penerbit Erlangga.Jakarta
- Seyhan E.(1997).*Fundamentals of Hydrology*. Terjemahan.S.Subagyo. 1993. *Dasar-Dasar Hidrologi*.Cetakan kedua.Gajah Mada Univ. Press. Yogyakarta.280 pp
- Sherman, L K.(1932).*Streamflow from Rainfall by the Unit-Graph Method*,Eng. News-Rec.,vol108,pp.501-505
- Suripin. (2004).*Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*.Penerbit Andi Offset, Yogyakarta
- Soemarto, C.D.(1999).*Hidrologi Teknik*. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Penerbit Nova. Bandung
- Sosrodarsono, Suyono.(1994).*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*.PT Pradya Paramita, Jakarta
- Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta
- Viessman, et.Al.(1989). *Introduction to Hydrology,3rd Edition* .Harpercollins Publisher.New York.
- Wilson,E.(1990).*Postmodernism and Society*.London-UK:Macmilan