

**TUGAS AKHIR**  
**NORMALISASI KALI CODE PASCA ERUPSI MERAPI**  
**TAHUN 2010**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



**NANDA SUHADA**

**05 511 093**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2011**

## ABSTRAK

Dampak bahaya sekunder pasca erupsi Gunung Merapi adalah banjir lahar yang membawa material dari puncak Gunung Merapi yang mengalir ke sisi selatan sungai. Akibat dari banjir lahar yang terjadi Kali Code mengalami pendakalan dan penurunan daya tampung banjir, sehingga sangat rawan terhadap banjir.

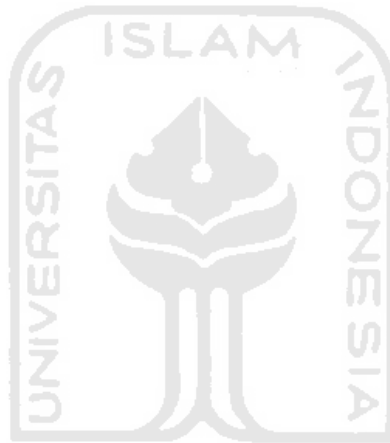
Metode penelitian dilakukan dengan meninjau langsung ke lapangan yang diteliti adalah 5 titik kontrol. Dimulai dari Kelurahan Terban sampai Bendung Mergangsan. Banjir rancangan di hitung dengan cara analisis frekuensi banjir metode Extreme Value Type 1 (*Gumbel's*). Atas dasar banjir maksimum tahunan yang terjadi selama 17 tahun, maka ditetapkan nilai banjir rancangan sebesar  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Kalibrasi debit digunakan untuk menentukan angka koefisien manning's (n), adapun nilai-nilainya sebagai berikut  $n_1 = 0,0383$  (dasar sungai),  $n_2 = 0,0240$  (tanggul),  $n_3 = 0,08733$  (dataran banjir). Hasil dari tinggi muka air banjir dari titik kontrol 1 sampai 5 secara berurutan adalah 2,20; 1,99; 1,68; 1,78; 1,45 dalam (m) untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  berurutan 3,08; 2,73; 2,74; 2,77; 2,90 dalam (m). Hasil normalisasi sungai dari titik kontrol 1 sampai 3 secara berurutan adalah 40; 68; 67 dalam (cm) untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 1 sampai 5 secara berurutan sebesar 148; 179; 168; 129; 32 dalam (cm).

Kata kunci: bahaya sekunder, banjir rancangan, normalisasi sungai.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	iii
<b>MOTTO</b>	iv
<b>KATA PENGHANTAR</b>	v
<b>ABSTRAK</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR NOTASI</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xxii
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN</b>	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pokok Permasalahan	3
1.3. Rumusan Masalah	4
1.4. Tujuan penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Batasan Penelitian	4



	Halaman
<b>BAB II</b>	
<b>STUDI PUSTAKA</b>	6
2.1. Umum	6
2.2. Penelitian terdahulu	6
1. Rima Oktariza dan Laila Verawati (2003)	6
2. Fahmi .P.H. dan M. Muslem Ptrio (2000)	7
3. Anton Prasetyo (2002)	9
4. Bambang Sulitono (2010)	10
<b>BAB III</b>	
<b>LANDASAN TEORI</b>	12
3.1. Umum	12
3.2. Sungai	13
3.2.1. Definisi Sungai	13
3.2.2. Karakteristik Sungai di Indonesia	14
a) Sifat dan Karakteristik Sungai	14
b) Karakteristik dan Jenis Sungai	15
3.2.3. Daerah Penguasaan Sungai	16
3.2.4. Peranan Sungai	17
3.3. Hidrolika banjir	18
3.3.1. Kapasitas Tampang Sungai	18
3.3.2. Debit Sungai	20
3.4. Banjir	20
3.4.1. Definisi Banjir	20
3.4.2. Pengendalian Banjir	21
3.4.3. Bangunan Pengendalian Banjir	23
3.5. Banjir Rancangan	24
3.6. Normalisasi	26

	Halaman	
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	27
4.1.	Umum	27
4.2.	Metode Penelitian	27
4.3.	Pelaksanaan Penelitian	29
4.4.	Peralatan Penelitian	29
4.5.	Lokasi Penelitian	30
4.6.	Bagan Alir Penelitian	31
4.7.	Analisis Data	32
4.7.1.	Banjir Rancangan	32
a)	Perhitungan Banjir Rancangan	32
b)	Sejarah Banjir	33
4.7.2.	Hidrolika Banjir	33
1.	Titik Kontrol 1, Terban	34
2.	Titik Kontrol 2, Jogoyudan	40
3.	Titik Kontrol 3, Juminahan	46
4.	Titik Kontrol 4, Sayidan	52
5.	Titik Kontrol 5, Bendung Mergangsan	58
<b>BAB V</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	64
5.1	Hasil Penelitian	64
1.	Titik Kontrol 1, Terban	64
2.	Titik Kontrol 2, Jogoyudan	66
3.	Titik Kontrol 3, Juminahan	67
4.	Titik Kontrol 4, Sayidan	69
5.	Titik Kontrol 5, Bendung Mergangsan	70

5.2 Pembahasan	72
1. Titik Kontrol 1, Terban	73
2. Titik Kontrol 2, Jogoyudan	74
3. Titik Kontrol 3, Juminahan	74
4. Titik Kontrol 4, Sayidan	75
5. Titik Kontrol 5, Bendung Mergangsan	76
<b>BAB VI</b>	
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	77
6.1 Kesimpulan	77
6.2 Saran	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	79
<b>LAMPIRAN</b>	80



## DAFTAR NOTASI

Q	= Debit aliran ( $m^3/s$ )
A	= Luas tampang aliran ( $m^2$ )
V	= Kecepatan aliran (m/s)
P	= Keliling basah aliran (m)
R	= Radius Hidrolik (m)
I	= Kemiringan memanjang sungai
L	= Panjang sungai (m)
$\Delta h$	= Beda tinggi antara dua titik yang ditinjau (m)
n	= koefisien kekasaran manning's
$n_c$	= Kekasaran koefisien dinding komposit
$P_i$	= Keliling basah material ke-i (m)
$n_i$	= Kekasaran dinding jenis material ke-i
$\sum P$	= Keseluruh keliling basah aliran (m)
$Q_T$	= Banjir Rancangan Kala Ulang T, tahun ( $m^3/s$ )
$Q_R$	= Debit rerata data ( $m^3/s$ )
$k_T$	= Faktor frekuensi
$\sigma$	= Standar deviasi
n	= Jumlah Data

## DAFTAR TABEL

	Halaman	
Tabel 3.1	Koefisien Kekasaran Manning's	19
Tabel 3.2	Diagram Pengendalian Banjir Dengan Metode struktur dan non-struktur	24
Tabel 4.1	Lokasi dan Jarak Penelitian	30
Tabel 4.2.	Nilai Banjir Rancangna (QT) Sebaran Gumbel's	32
Tabel L-3	Hasil Analisis Debit Titik Kontrol 1 (hub. h dan Q)	85
Tabel L-4	Hasil Analisis Normalisasi Debit Titik Kontrol 1 (hub. h dan Q)	87
Tabel L-5	Hasil Analisis Debit Titik Kontrol 2 (hub. h dan Q)	89
Tabel L-6	Hasil Analisis Normalisasi Debit Titik Kontrol 2 (hub. h dan Q)	91
Tabel L-7	Hasil Analisis Debit Titik Kontrol 3 (hub. h dan Q)	93
Tabel L-8	Hasil Analisis Normalisasi Debit Titik Kontrol 3 (hub. h dan Q)	95
Tabel L-9	Hasil Analisis Debit Titik Kontrol 4 (hub. h dan Q)	97
Tabel L-10	Hasil Analisis Normalisasi Debit Titik Kontrol 4 (hub. h dan Q)	99
Tabel L-11	Hasil Analisis Debit Titik Kontrol 5 (hub. h dan Q)	101
Tabel L-12	Hasil Analisis Normalisasi Debit Titik Kontrol 4 (hub. h dan Q)	103
Tabel L-13	Hasil Analisis Tinggi Muka Air Banjir untuk Debit $55,6 \text{ m}^3/\text{dt}$	105
Tabel L-14	Hasil Analisis Tinggi Muka Air Banjir untuk Debit $132 \text{ m}^3/\text{dt}$	106



	Halaman
Tabel L-15 Hasil Kedalaman Normalisasi Sungai untuk Debit 55,6 m <sup>3</sup> /dt dan 132 m <sup>3</sup> /dt	107
Tabel L-16 Hasil Debit Aman Tiap Titik Kontrol	108



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Grafik antara hubungan debit dan waktu	16
Gambar 3.2. Daerah Penguasaan Sungai	17
Gambar 4.1. Pengukuran pada titik kontrol 3 (Theodolith)	28
Gambar 4.2. Pengukuran pada titik kontrol 3 (Tampang Sungai)	28
Gambar 4.3. Gambar Alir Penelitian	31
Gambar 4.4. Grafik urutan banjir maksimum selama 17 tahun	33
Gambar 4.5. Sungai Code Titik Kontrol 1	34
Gambar 4.6. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 1	34
Gambar 4.7. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 1	35
Gambar 4.8. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	37
Gambar 4.9. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 1	38
Gambar 4.10. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	39
Gambar 4.11. Sungai Code Titik Kontrol 2	40
Gambar 4.12. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 2	40
Gambar 4.13. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 2	41
Gambar 4.14. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	43
Gambar 4.15. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 2	44
Gambar 4.16. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	45
Gambar 4.17. Sungai Code Titik Kontrol 3	46
Gambar 4.18. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 3	46
Gambar 4.19. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 3	47
Gambar 4.20. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	49
Gambar 4.21. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 3	50
Gambar 4.22. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	51
Gambar 4.23. Sungai Code Titik Kontrol 4	52

	Halaman
Gambar 4.24. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 4	52
Gambar 4.25. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 4	53
Gambar 4.26. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	55
Gambar 4.27. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 4	56
Gambar 4.28. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	57
Gambar 4.29. Sungai Code Titik Kontrol 5	58
Gambar 4.30. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 5	58
Gambar 4.31. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 5	59
Gambar 4.32. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	61
Gambar 4.33. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 5	62
Gambar 4.34. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	63
Gambar 5.1. Tinggi Muka Air Banjir Debit 55,6 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 1	64
Gambar 5.2. Tinggi Muka Air Banjir Debit 132 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 1	65
Gambar 5.3. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 1(55,6 m <sup>3</sup> /s)	65
Gambar 5.4. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 1 (132 m <sup>3</sup> /s)	65
Gambar 5.5. Tinggi Muka Air Banjir Debit 55,6 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 2	66
Gambar 5.6. Tinggi Muka Air Banjir Debit 132 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 2	66
Gambar 5.7. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 2(55,6 m <sup>3</sup> /s)	67
Gambar 5.8. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 2 (132 m <sup>3</sup> /s)	67
Gambar 5.9. Tinggi Muka Air Banjir Debit 55,6 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 3	68

	Halaman
Gambar 5.10. Tinggi Muka Air Banjir Debit 132 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 3	68
Gambar 5.11. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 3(55,6 m <sup>3</sup> /s)	68
Gambar 5.12. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 3 (132 m <sup>3</sup> /s)	69
Gambar 5.13. Tinggi Muka Air Banjir Debit 55,6 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 4	69
Gambar 5.14. Tinggi Muka Air Banjir Debit 132 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 4	70
Gambar 5.15. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 4 (132 m <sup>3</sup> /s)	70
Gambar 5.16. Tinggi Muka Air Banjir Debit 55,6 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 5	71
Gambar 5.17. Tinggi Muka Air Banjir Debit 132 m <sup>3</sup> /s Titik Kontrol 5	71
Gambar 5.18. Penurunan Dasar Sungai Titik Kontrol 5 (132 m <sup>3</sup> /s)	71
Gambar L-3 Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	86
Gambar L-4 Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	88
Gambar L-5 Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	90
Gambar L-6 Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	92
Gambar L-7 Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	94
Gambar L-8 Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	96
Gambar L-9 Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	98
Gambar L-10 Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	100
Gambar L-11 Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)	102
Gambar L-12 Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)	104

		Halaman
Gambar L-17a	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 0,50$ m	109
Gambar L-17b	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,00$ m	109
Gambar L-17c	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,50$ m	110
Gambar L-17d	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,00$ m	110
Gambar L-17e	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,50$ m	111
Gambar L-17f	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 3,00$ m	111
Gambar L-17g	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 3,50$ m	112
Gambar L-18a	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 0,50$ m	113
Gambar L-18b	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,00$ m	113
Gambar L-18c	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,50$ m	114
Gambar L-18d	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,00$ m	114
Gambar L-18e	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,50$ m	115
Gambar L-18f	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 3,00$ m	115
Gambar L-19a	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 0,50$ m	116
Gambar L-19b	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,00$ m	116
Gambar L-19c	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,50$ m	117
Gambar L-19d	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,00$ m	117
Gambar L-19e	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,50$ m	118
Gambar L-19f	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 3,00$ m	118
Gambar L-20a	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 0,50$ m	119
Gambar L-20b	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,00$ m	119
Gambar L-20c	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,50$ m	120
Gambar L-20d	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,00$ m	120
Gambar L-20e	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,50$ m	121
Gambar L-20f	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 3,00$ m	121

		Halaman
Gambar L-21a	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 0,50$ m	122
Gambar L-21b	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,00$ m	122
Gambar L-21c	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 1,50$ m	123
Gambar L-21d	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,00$ m	123
Gambar L-21e	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 2,50$ m	124
Gambar L-21f	Tinggi Muka Air Banjir untuk $h = 3,00$ m	124
Gambar L-22a	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,25$ m	125
Gambar L-22b	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,50$ m	125
Gambar L-22c	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,75$ m	126
Gambar L-22d	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,00$ m	126
Gambar L-22e	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,25$ m	127
Gambar L-22f	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,50$ m	127
Gambar L-23a	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,25$ m	128
Gambar L-23b	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,50$ m	128
Gambar L-23c	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,75$ m	129
Gambar L-23d	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,00$ m	129
Gambar L-23e	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,25$ m	130
Gambar L-23f	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,50$ m	130
Gambar L-23g	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,75$ m	131
Gambar L-23h	Normalisasi Sungai untuk $h = 2,00$ m	131
Gambar L-24a	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,25$ m	132
Gambar L-24b	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,50$ m	132
Gambar L-24c	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,75$ m	133
Gambar L-24d	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,00$ m	133
Gambar L-24e	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,25$ m	134
Gambar L-24f	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,50$ m	134

	Halaman	
Gambar L-25a	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,25$ m	136
Gambar L-25b	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,50$ m	136
Gambar L-25c	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,75$ m	137
Gambar L-25d	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,00$ m	137
Gambar L-25e	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,25$ m	138
Gambar L-25f	Normalisasi Sungai untuk $h = 1,50$ m	138
Gambar L-26a	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,25$ m	139
Gambar L-26b	Normalisasi Sungai untuk $h = 0,50$ m	139



## DAFTAR LAMPIRAN

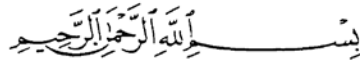
	Halaman	
Lampiran 1	Kartu Peserta Tugas Akhir	81
Lampiran 2	Nilai Kalibrasi Debit	82
Lampiran 3	Hasil Analisis Debit dan Grafik Titik Kontrol 1	85
Lampiran 4	Hasil Analisis Normalisasi dan Grafik Titik Kontrol 1	87
Lampiran 5	Hasil Analisis Debit dan Grafik Titik Kontrol 2	89
Lampiran 6	Hasil Analisis Normalisasi dan Grafik Titik Kontrol 2	91
Lampiran 7	Hasil Analisis Debit dan Grafik Titik Kontrol 3	93
Lampiran 8	Hasil Analisis Normalisasi dan Grafik Titik Kontrol 3	95
Lampiran 9	Hasil Analisis Debit dan Grafik Titik Kontrol 4	97
Lampiran 10	Hasil Analisis Normalisasi dan Grafik Titik Kontrol 4	99
Lampiran 11	Hasil Analisis Debit dan Grafik Titik Kontrol 5	101
Lampiran 12	Hasil Analisis Normalisasi dan Grafik Titik Kontrol 5	103
Lampiran 13	Hasil Tinggi Muka Air Banjir untuk debit 55,6 m <sup>3</sup> /dt	105
Lampiran 14	Hasil Tinggi Muka Air Banjir untuk debit 132 m <sup>3</sup> /dt	106
Lampiran 15	Hasil Kedalaman Normalisasi Sungai untuk Debit 55,6 m <sup>3</sup> /dt dan 132 m <sup>3</sup> /dt	107
Lampiran 16	Hasil Debit Aman Tiap Titik Kontrol	108



		Halaman
Lampiran 17	Gambar Tinggi Muka Air Banjir Titik Kontrol 1	109
Lampiran 18	Gambar Tinggi Muka Air Banjir Titik Kontrol 2	113
Lampiran 19	Gambar Tinggi Muka Air Banjir Titik Kontrol 3	116
Lampiran 20	Gambar Tinggi Muka Air Banjir Titik Kontrol 4	119
Lampiran 21	Gambar Tinggi Muka Air Banjir Titik Kontrol 5	122
Lampiran 22	Gambar Normalisasi Sungai Titik Kontrol 1	125
Lampiran 23	Gambar Normalisasi Sungai Titik Kontrol 2	128
Lampiran 24	Gambar Normalisasi Sungai Titik Kontrol 3	132
Lampiran 25	Gambar Normalisasi Sungai Titik Kontrol 4	136
Lampiran 26	Gambar Normalisasi Sungai Titik Kontrol 5	139



## KATA PENGANTAR



**Assalamu'alaikum Wr. Wb.**

Alhamdulillah rabbil 'alamin, Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, kesempatan, dan kemudahan dalam menjalankan amanah sehingga tugas akhir yang berjudul “ **Normalisasi Kali Code Pasca Erupsi Merapi Tahun 2010**” ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga beserta sahabat-sahabatnya, dan umatnya sampai akhir jaman.

Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat jenjang kesarjanaan strata satu (S-1) jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Masih banyak keterbatasan dalam penelitian tugas akhir ini, oleh karena itu penyusun mohon maaf dan berharap akan ada pengembangan penelitian yang lebih baik, sehingga dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Selama melaksanakan Tugas Akhir dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat karunia, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Suharyatmo, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, nasehat, dan dukungan yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Lalu Makrup, M.S. dan Bapak Dr. Ir. Ruzardi, M.S. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir, terima kasih atas nasehat dan dukungan yang diberikan kepada penyusun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Setyo Winarno, ST, MT, Ph.D, selaku DPPM UII yang telah menggerakkan mahasiswa/I dalam melakukan penelitian ini.
6. Bapak Yudi Fala dan Supardi yang telah membantu dalam penelitian dilapangan.
7. Ayah dan ibuku tercinta, Bapak Djoni Mardjozen, SKM dan Ibu Darwati terima kasih atas kasih sayang, doa, dukungan moral serta materi kepada Nanda untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Sahabat Sejatiku: Eko Suranto Putro, Antony Suhermanto, dan Sumarlin tetap semangat kawan dan jangan menyerah.

Penyusun menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

**Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.**

Yogyakarta, Agustus 2011

Penyusun



Nanda Suhada

## TUGAS AKHIR

### NORMALISASI KALI CODE PASCA ERUPSI MERAPI TAHUN 2010

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Strata Satu (1) Teknik Sipil**



**NANDA SUHADA**

**05 511 093**

**Disahkan Oleh**

**Pembimbing:**

**(Ir. Bambang Sulitono, MSCE)**

Tanggal : 15-09-2011

**Ketua Jurusan:**

**(Ir. Surhayatmo, MT)**

Tanggal : 10/8/2011

# TUGAS AKHIR

## NORMALISASI KALI CODE PASCA ERUPSI MERAPI TAHUN 2010

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil



**NANDA SUHADA**

**05 511 093**

**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing/Penguji:**

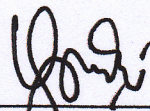
**Ir. Bambang Sulitono, MSCE**


**Penguji:**

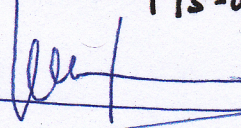
**Dr. Ir. Ruzardi, M.S.**

**Penguji:**

**Dr. Ir. Lalu Makrup, M.S.**

  
\_\_\_\_\_  
15-08-2011

  
\_\_\_\_\_  
15-08-2011

  
\_\_\_\_\_  
15-08-2011

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. LATAR BELAKANG

Tahun 2010 banyak terjadi bencana di wilayah Indonesia, tepatnya di wilayah D.I.Y. Yogyakarta dan Jawa Tengah yang terjadi pada bulan Oktober sampai bulan November akibat letusan dari Gunung Merapi. Gunung Merapi adalah gunung api yang paling aktif di dunia mempunyai periode waktu 4 tahun sekali mengeluarkan erupsi dari perut bumi. Erupsi itu merupakan fenomena keluarnya magma dari perut bumi. Erupsi itu terdiri dari 2 bagian, yaitu: erupsi letusan (*explosive eruption*) dan erupsi non-letusan (*non explosive eruption*). Akibat dari letusan erupsi tersebut telah menimbulkan kerugian, yaitu sebanyak 267 jiwa meninggal dunia, ternak-ternak warga hangus tersapu “Awan Panas” (wedhus gembel), puluhan rumah, serta 71579 jiwa menggungsi di sekitar kota Yogyakarta dan Jawa tengah ([www.sleman.go.id](http://www.sleman.go.id)).

Dampak bahaya sekunder pasca erupsi Gunung Merapi adalah banjir lahar yang membawa jutaan material dari puncak merapi yang mengalir dari hulu sungai ke hilir sungai. Sungai-sungai yang berpotensi membawa lahar adalah: Sungai Woro, Sungai Gendol, Sungai Kuning, Sungai Boyong, dan lain sebagainya. Di daerah Yogyakarta terdapat 3 sungai yaitu: Sungai Gendol, Sungai Kuning, dan Sungai Boyong. Sungai Boyong yang kemudian berubah nama menjadi Sungai Code di daerah perkotaan.

Musim penghujan merupakan salah satu penyebab dari terjadinya banjir lahar, karena material dari puncak Gunung Merapi akan cepat mengalir ke hilir sungai dengan cepat dan deras akibat dari erupsi Gunung Merapi, sehingga sungai-sungai yang berada di selatan Gunung Merapi bisa meluap dan membahayakan warga yang berada di sekitar bantaran sungai yang dilalui lahar. Pada tanggal 24 November 2010 hujan deras mengguyur puncak merapi yang

menyebabkan Sungai Code meluap dan berpotensi banjir lahar. Banjir lahar tersebut dikarenakan sedimen-sedimen vulkanik dari erupsi Gunung Merapi yang mengendap di sekitar sungai, sehingga terjadi pendangkalan tampang sungai, dan apabila intensitas curah hujan tinggi, maka besar kemungkinan banjir lahar terjadi.

Banjir adalah aliran air permukaan dengan debit diatas normal. Banjir luapan air sungai dapat terjadi karena presipitasi yang berlebihan (hujan deras). Gerakan permukaan air banjir mirip sebuah kurva parabola yang mempunyai titik ekstrim maksimum yaitu mulai meningkatnya suatu titik, mencapai maksimum, kemudian berangsur-angsur menurun (Dumairy, 1992, dalam Dimas Handika, 2010).

Penanggulangan banjir dari faktor hujan sangat sulit dan bahkan mustahil, karena hujan adalah faktor yang digerakkan oleh iklim global. Untuk mengurangi kerugian banjir akibat hujan salah satunya membuat kajian mendalam hubungan tinggi yang jatuh pada suatu DAS berdasarkan pencatatan tinggi hujan di berbagai stasiun pencatat pada DAS dan debit aliran atau tinggi muka air yang ditimbulkan dari hujan yang bersangkutan (Maryono, 2005, dalam Dimas Handika, 2010).

Sungai Code merupakan salah satu sungai besar yang melintasi dalam kota Yogyakarta selain dua sungai yang lain, yaitu : Sungai Winongo dan GajahWong. Sungai Code yang diteliti hingga Bendung Mergangsan yang memiliki luas daerah aliran sungai sebesar 30,57 km<sup>2</sup> dan memiliki panjang sungai yang diteliti dari Jembatan Sarjito hingga Bendung Mergangsan sebesar 4,15 km mengalir melewati tiga kabupaten Sleman, Bantul, dan Kotamadya Yogyakarta. Aliran Sungai Code berawal dari lereng gunung merapi dan bermuara di Sungai Opak dan selanjutnya diteruskan ke Samudra Hindia. Sungai Code merupakan sungai dengan aliran air sepanjang tahun dan mempunyai potensi cukup besar untuk menimbulkan kerusakan dan bencana bila terjadi banjir besar seperti yang pernah terjadi, merusakkan daerah pemukiman penduduk, tanah pertanian dan bahkan sampai menimbulkan korban jiwa. Kejadian itu pernah terjadi pada awal tahun 1984 yang merusakkan 3 buah jembatan dan menghanyutkan pemukiman dengan kerugian cukup besar serta dampak yang sangat luas serta peristiwa banjir satu lagi terjadi di Sungai Code pada Februari 2005 yang mengakibatkan talud di depan RRI roboh, rumah satu kamar rusak, rumah terendap air lebih 1 meter

sampai atap rumah di Ledok Tukangan, Syayidan, Bintaran dan Gemblakan (Pemda DIY, Suara Merdeka, 2006, dalam Bambang Sulistiono, 2010).

Pada erupsi Gunung Merapi ini debit Sungai Code sangat riskan untuk terjadinya banjir lahar karena pendangkalan tampang sungai tersebut. Hal itu terjadi di sejumlah titik, ketinggian air hampir menyamai tinggi dinding tanggul kali, bahkan disekitar Jogoyudan, Gondolayu, Kecamatan Jetis, serta beberapa pekarangan rumah warga sudah kemasukan air. Sementara didaerah bantaran Sungai Code tepatnya di wilayah Jagalan, Kelurahan Purwokinanti Pakualam dan daerah Jambu, Kecamatan Danurejan air bercampur endapan material vulkanik meluncur deras dan hamper masuk ke rumah warga.

Pemerintah setempat khawatir apabila hujan terus turun, dampaknya akan terasa bagi masyarakat yang tinggal di daerah bantaran sungai yang dilewati oleh lahar. Sehingga pemerintah setempat berkerja sama dengan Kementerian Pekerjaan Umum (PU). Kementerian Pekerjaan Umum (PU) telah menyiapkan 230 chekdam dan Sabo dam di 16 sungai yang berada di sekitar Gunung Merapi, untuk mengantisipasi bahaya sekunder berupa guguran lahar agar daya rusak menjadi berkurang, prasarana tersebut bisa menampung material batuan dan pasir yang meluncur ke sungai sebesar 28 juta meter kubik. Kementrian Pekerjaan Umum (PU) membangun 43 buah Sabo dam di Kali Boyong dan 20 buah di Sungai Gendol digunakan untuk menghindari bahaya lahar dingin di sekitar bantaran Kali.

Dengan adanya endapan sedimen-sedimen pasir di sungai akibat erupsi Gunung Merapi yang menyebabkan pendangkalan pada Sungai Code, maka sangat diperlukan penelitian terhadap berapa besar volume pasir yang mengendap. Sehingga dapat diketahui besar volume dan beda tinggi antara sedimen pasir yang mengendap dengan tinggi muka airnya.

## **1.2. POKOK PERMASALAHAN**

Dengan adanya sedimentasi akibat banjir lahar, Sungai Code mengalami penurunan daya tampung banjir, sehingga sangat rawan terhadap banjir.



### 1.3. RUMUSAN MASALAH

Dengan normalisasi tampang Sungai Code akibat dari erupsi merapi diharapkan bisa meminimalisir terjadinya banjir lahar di wilayah perkotaan, daerah D.I. Yogyakarta serta dapat memberikan solusi terhadap masyarakat yang tinggal di bantaran yang di aliri Sungai Code. Berapakah penggerakkan yang dilakukan agar Sungai Code aman terhadap banjir kriteria tertentu.

### 1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian, sebagai berikut:

1. Mengetahui tinggi muka air banjir lahar pada debit  $55.60 \text{ m}^3/\text{s}$  (dasarnya debit rancangan kala ulang 4,5 tahun) serta debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  (dasarnya debit rancangan kala ulang 100 tahun).
2. Menganalisis berapa kedalaman Sungai Code yang akan di keruk akibat pendangkalan dari erupsi Gunung Merapi.

### 1.5. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Code agar dapat mengantisipasi terjadinya bencana banjir
2. Membangkitkan minat mahasiswa/i khususnya di bidang Hidrologi untuk melakukan penelitian perbaikan sungai, cek dam yang berkaitan dengan lain tentang sungai.

### 1.6. BATAS PENELITIAN

Batasan penelitian ini meliputi sebagai berikut:

1. Sungai yang akan di teliti sejauh  $\pm 4,15 \text{ KM}$  dari Jembatan Sarjito sampai Bendung Mergangsan.
2. Analisis menggunakan rumus persamaan debit dengan aliran seragam dan kecepatan aliran menggunakan persamaan manning (n).

3. Pengukuran lapangan dilakukan pada Bulan Desember dengan menggunakan alat theodolith.
4. Tidak menganalisis berapa biaya dari hasil pengerukan tersebut.



## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. UMUM**

Studi pustaka adalah studi kepustakaan guna mendapatkan teori-teori yang diperlukan dan berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi pustaka berupa uraian tentang informasi yang relevan dengan masalah yang dibahas.

Tujuan studi pustaka adalah sebagai landasan dasar untuk menyelesaikan penelitian, sebab penelitian sebelumnya sangat berguna mengenai penelitian tentang Sungai Code.

Manfaat studi pustaka adalah mengetahui hasil dari peneliti sebelumnya, dengan berbagai macam metode analisis yang digunakan dalam menghitung banjir rancangan guna mengetahui kapasitas tampung debit pada Sungai Code.

#### **2.2. PENELITIAN TERDAHULU**

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya sangat penting untuk di ungkapkan atau dipahami, sebab dapat dipakai sebagai informasi dan sebagai acuan yang sangat berguna. Adapun beberapa penelitian yang berkaitan dengan Sungai Code, sebagai berikut :

##### **1. Rina Oktariza dan Laili Verawati (2003)**

Masalah banjir hampir setiap tahun selalu melanda kota Yogyakarta akibat meluapnya Sungai Code, adapun kondisi banjir lebih diperberat oleh padatnya pemukiman penduduk di sepanjang daerah aliran Sungai Code. Daerah pemukiman yang cukup padat di bantaran Sungai Code dapat menyebabkan semakin sempitnya aliran sungai, sehingga curah hujan yang tinggi tidak dapat ditampung sepenuhnya oleh DAS. Tujuannya adalah mengetahui kecenderungan

banjir di hulu DAS Code dan mengetahui besarnya banjir kiriman yang diterima Kodya Yogyakarta.

Metode yang digunakan dalam menentukan debit banjir dengan menggunakan metode rasional dan untuk menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan rumus manning's. Adapun untuk menghitung debit banjir diperlukan data curah hujan, panjang sungai, luas daerah tangkapan sungai, tata guna tanah, dan data kemiringan tanah. Aliran sungai yang diteliti memiliki panjang 32,10 Km dengan luas daerah tangkapan sungai sebesar 31,67 Km<sup>2</sup> dari daerah hulu DAS code hingga daerah hilir Desa Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman. Hasil disarikan sebagai beriku:

- a) Siklus debit banjir kiriman 200 tahun yang diterima oleh Kodya Yogyakarta masih cukup aman di tinjau dari tinggi muka air masih lebih rendah dari tanggul, sehingga untuk banjir 200 tahunan masih relatif aman. Dan debit maksimum yang dapat ditampung sebesar 157 m<sup>3</sup>/dt (pada titik yang di tinjau).
- b) Pergerakan pembangunan di kota Yogyakarta cenderung kearah utara. Bila pembangunan tersebut dilakukan dan tidak menghindahkan daerah resapan air, maka dampak ke depannya sangat rawan menimbulkan banjir kiriman serta menimbulkan kerugian yang sangat besar.

## 2. Fahmi Putra Hamijaya dan M. Muslem Patrio (2000)

Dalam penanganan bahaya banjir Sungai Code diperlukan perencanaan bangunan pengaman banjir (tanggul), sehingga diperlukan penelitian debit banjir dan kala ulang pada tampang Sungai Code. Tujuannya adalah menghitung debit maksimum kala ulang 5; 10; 25; 50; 100; 200 tahun dan mengetahui kapasitas tampang terkecil daerah padat pemukiman di bantaran Sungai Code agar dapat mengantisipasi bahaya banjir bagi masyarakat sekitar aliran Sungai Code.

Metode yang digunakan dalam menentukan debit banjir dengan menggunakan metode POT (*Peak Over Threshold*) dalam periode waktu: 5; 10; 25; 50; 100; 200 tahun dan untuk menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan Rumus Manning's. Aliran sungai yang diteliti memiliki panjang 26,39 Km dengan luas

DAS sebesar 35 Km<sup>2</sup> dari daerah daerah jalan Jagalan hingga daerah Sekip jalan Sendowo Blok E. Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari hasil pengamatan dan penelitian dilapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Hasil disarikan sebagai berikut:

- a) Analisis Sungai Code yang dilakukan dengan menggunakan metode POT dalam periode waktu 5, 10, 50, 100, 200 tahun debit maksimumnya, sebagai berikut: 55,7275; 66,6991; 80,3810; 100,4762; 118,8612; dan 139,8116 m<sup>3</sup>/det.
- b) Studi penampang yang dilakukan oleh penelitian ini dengan metode POT terdiri dari 3 penampang. Penampang 1 (satu) berlokasi di daerah jagalan, Penampang 2 (dua) berlokasi di daerah Terban, Dusun Belimbing Sari dan Penampang 3 (tiga) berlokasi di daerah Sekip Jl. Sendowo Blok E. Besar debit maksimum dari penampang satu sampai penampang tiga adalah, sebagai berikut: 89,6802; 36,0409; 107,9421 m<sup>3</sup>/det. Jadi kesimpulan dari masing-masing penampang, sebagai berikut: Penampang 1 (satu) dengan debit maksimum 89,6802 m<sup>3</sup>/det hanya mampu menampung air dalam periode waktu banjir 5 dan 10 tahun, sehingga untuk periode waktu 50 tahun tampang satu tidak dapat menampung air sebesar 100,4762 m<sup>3</sup>/det, penampang 2 (dua) debit maksimum 36,0409 m<sup>3</sup>/det tidak mampu menampung air pada periode waktu 5 tahun, dan penampang 3 (tiga) debit maksimum 107,9421 m<sup>3</sup>/det hanya mampu menampung air dalam periode waktu banjir 5, 10, dan 50 tahun, sehingga untuk periode waktu 100 tahun tampang tiga tidak dapat menampung air sebesar 100,4762 m<sup>3</sup>/det.

### 3. Anton Prasetyo (2002)

Semakin meningkatnya pembangunan didaerah hulu sungai menyebabkan semakin sempitnya daerah resepan, sehingga debit air hujan yang diterima daerah hilir semakin besar. Tujuannya adalah menghitung nilai banjir rancangan ( $Q_T$ ) dengan kala ulang 50; 100; 200; 500 tahun dan mengetahui tinggi muka air banjir pada daerah padat pemukiman di sepanjang daerah penelitian Sungai Code agar dapat mengantisipasi bahaya banjir bagi masyarakat sekitar aliran Sungai Code.

Metode yang digunakan dalam menentukan debit banjir dengan menggunakan Log Normal Dua Parameter (LN2P) dalam periode waktu: 50; 100; 200; 500 tahun dan untuk menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan Rumus Manning's. Aliran sungai yang diteliti memiliki panjang 4,15 Km dengan luas DAS sebesar 30,57 Km<sup>2</sup> dari Jembatan Sarjito sampai Bendung Mergangsan. Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari hasil pengamatan dan penelitian dilapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait.

Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Anton Prasetyo dengan judul "Kajian Tinggi Genangan Banjir Sungai Kali Code, di daerah perkotaan". Untuk mengetahui penepatan banjir rancangan yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan hidraulik, maka debit banjir untuk kala ulang tahun tertentu dapat di cari dengan menggunakan sebaran Log Normal Dua Parameter (LN2P). Dengan cara rasional dan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun didapatkan debit berturut-turut sebesar 123,22; 139,24; 151,290; dan 173,73 m<sup>3</sup>/det, disarikan sebagai berikut: analisis tampang Sungai Code digunakan dengan menggunakan metode Log Normal Dua Parameter (LN2P). Ditinjau dari beberapa titik mulai dari Kelurahan Terban sampai dengan di Bendung Mergangsan sejauh 4,15 KM. Adapun besaran debit yang di tinjau adalah sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/det pada periode waktu 50 tahun. Pada tampang 1 (satu) elevasi tebing kiri dan kanan, sebagai berikut: + 2,73 m dan +1,51 m terhadap titik nol setempat, sehingga tampang 1 sudah tidak mampu menampung air sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/det, maka akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitarnya. Pada tampang 2 (dua) elevasi tebing kiri dan kanan, sebagai berikut: +2,57 m dan +1,27 m terhadap titik nol setempat, sehingga tampang 2 sudah tidak mampu menampung air sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/det, maka akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitarnya. Pada tampang 3 (tiga), 4 (empat), dan 5 (lima) elevasi tebing kiri dan kanan, sebagai berikut secara berurutan: +2,60 m dan +1,51 m; +1,88 m dan +3,51 m; +2,18 m dan +2,20 m terhadap titik nol setempat, sehingga tampang 3 sudah tidak mampu menampung air sebesar 123,22 m<sup>3</sup>/det, maka akan terjadi banjir dan membahayakan masyarakat sekitarnya.

#### 4. Bambang Sulistiono (2010)

Erupsi Gunung Merapi yang terjadi pada Bulan Oktober sampai dengan November 2010. Pasca erupsi yang terjadi adalah banjir lahar dengan membawa material ke sisi hilir sungai, sehingga tampang Sungai Code mengalami pendangkalan. Tujuan penelitiannya adalah didapatkan batas tinggi muka air atas atas beberapa nilai banjir rancangan ( $Q_T$ ) dan beberapa nilai banjir ekstrim tahunan ( $Q_s$ ) sepanjang penggal Sungai Code antara daerah Terban (jembatan Sarjito) sampai dengan Mergangsan dalam bentuk tinggi genangan banjir terkini akibat adanya pendangkalan dari hasil erupsi merapi.

Metode yang digunakan dalam menentukan debit banjir dengan menggunakan metode analisis frekuensi banjir dalam periode waktu: 10; 25; 50; 100; 200 tahun dan untuk menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan Rumus Manning's. Aliran sungai yang diteliti memiliki panjang 4,15 Km di bagian hulu sungai adalah Jembatan Sarjito dan di bagian hilir adalah Bendung Mergangsan. Data penelitian terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari hasil pengamatan dan penelitian dilapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Hasil disarikan sebagai berikut:

- a) Tampang sungai code mengalami penurunan kapasitas daya tampung, sehingga besar kemungkinan banjir akan bisa terjadi, karena di akibatkan sedimentasi terhadap tampang sungai. Dan hasil dari analisis tinggi genangan, titik kontrol 1 (Jembatan Sarjito), 4 (Syaidan), dan 5 (Mergangsan) aman terhadap banjir maksimum rerata sebesar  $37,78 \text{ m}^3/\text{det}$ , sedangkan titik kontrol 2 (Jogoyudan) dan 3 (Juminahan) sudah mulai tergenang, walaupun tipis (17 cm dan 34 cm). Terhadap banjir terbesar kedua sebesar  $55,6 \text{ m}^3/\text{det}$ , titik kontrol 1 dan 5 yang masih aman, sedangkan untuk titik kontrol 2,3 dan 4 genangan telah melampaui tebing sungai sebesar 50 cm.
- b) Tinjauan untuk debit aman pada titik kontrol 1 sampai 5 berurutan sebesar : 50,79; 28,75; 21,85; 49,68; dan  $112,09 \text{ m}^3/\text{det}$  (masalahnya banjir lahar).

- c) Pada titik kontrol 2 dan 3 diketahui paling rentan terhadap bahaya banjir, karena kapasitas tampang sungai kurang memadai akibat sedimentasi yang terjadi.
- d) Dibandingkan dengan keadaan tahun 2006, terjadi pendakalan dasar sungai sebesar: 2,07; 1,52; 1,87; 1,42; dan 0,77 meter untuk titik kontrol 1 sampai 5





## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. UMUM

Sungai termasuk salah satu wilayah keairan. Wilayah keairan dapat di bedakan menjadi beberapa kelompok yang berbeda berdasarkan sudut pandang yang berbeda-beda. Sudut pandang yang biasa digunakan dalam pengelompokan jenis wilayah keairan ini antara lain adalah morfologi, ekologi, dan antropogenik (campur tangan manusia pada wilayah keairan tersebut).

Dari sudut pandang ekologi, secara umum wilayah sungai juga dapat dimasukkan kedalam bagian wilayah keairan, baik keairan diam (tidak mengalir) dan wilayah keairan dinamis (mengalir). Contoh wilayah keairan tidak mengalir adalah danau, telaga, anak sungai yang mengalir pada saat musim penghujan, dan rawa. Contoh untuk wilayah keairan yang dinamis atau mengalir adalah sungai permukaan, sungai bawah tanah.

Dari sudut pandang morfologi, pembentukan sungai terbentuk sesuai dengan kondisi geografi, ekologi, dan hidrologi daerah setempat serta dalam perkembangannya akan mencapai kondisi keseimbangan dinamik (Kern, 1994). Kondisi geografis banyak menentukan letak dan bentuk alur sungai memanjang dan melintang. Ekologi menentukan tampang melintang dan keragaman hayati serta faktor resistensi sungai, sedangkan hidrologi menentukan besar kecil dan frekuensi aliran di sungai.

Dari sudut pandang aktivitas manusia (antropogenik activities), sungai merupakan faktor yang sangat penting pada perubahan morfologi, ekologi maupun hidraulik sungai yang bersangkutan. Bahkan perubahan morfologi sungai besar-besaran, missal pelurusan sungai Bengawan Solo (dari Sukoharjo sampai Karanganyar) pada tahun 1994.

Sungai Code merupakan anak Sungai Opak, yang secara administratif bagian hulu Sungai Code berada di wilayah utara Propinsi D.I. Yogyakarta, yaitu Kabupaten Sleman dan mengalir ke arah selatan melalui daerah perkotaan yang memiliki tingkat kepadatan penduduk relatif tinggi di Kodya Yogyakarta. Sungai Code bermuara di Sungai Opak di Desa Kembang Songo (hilir Jembatan Sindet). (Dalam Dimas Handika, 2010).

Karakteristik sungai di D.I. Yogyakarta yang berhulu di kawasan Gunung Merapi secara umum terbagi menjadi dua bagian, yaitu meliputi karakteristik sungai di bagian hulu (daerah pengunungan) dan karakteristik sungai di dataran alluvial. Karakteristik sungai daerah hulu umumnya, sebagai berikut:

1. Kemiringan dasar sungai curam, pengaruh sifat ini adalah kecepatan aliran sangat besar dan karakteristik aliran di dominasi oleh aliran turbulensi.
2. Distribusi material dasar sungai terdiri dari pasir, kerikil sampai batu besar.
3. Material dasar sungai terbentuk oleh endapan akibat erosi alur rusak, longsoran tebing, bukit atau letusan gunung api pada umumnya dasar sungai bersifat unstable dan moveable. Pengaruh sifat ini adalah fluktuasi dasar sungai mudah berpindah oleh perubahan debit dan volume angkutan sedimen.
4. Debit sedimen kadang-kadang tidak proposional dengan debit aliran, karena alur curam ada dua fenomena angkutan sedimen, yaitu angkutan sedimen individu dan angkutan sedimen massa.

## **3.2. SUNGAI**

### **3.2.1. Definisi Sungai**

Sungai merupakan suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan. Aliran air merupakan bagian yang senantiasa tersentuh oleh air. Daerah aliran sungai merupakan lahan total dan permukaan air yang dibatasi oleh suatu batas-air topografi dan yang dengan salah satu cara memberikan sumbangan terhadap debit suatu sungai pada suatu irisan melintang (Sehyan, dalam Laeli Nur Baeti, 2007).

### 3.2.2. KARAKTERISTIK SUNGAI DI INDONESIA

#### a) Sifat dan Karakteristik Sungai

Menurut Robbet J. Kodoatie dan Sugianto, 2002, dalam bukunya berjudul Banjir, menyebutkan bahwa sungai dapat dikelompokkan menjadi tiga daerah yang menunjukkan sifat dan karakteristik dari sistem sungai yang berbeda, yaitu :

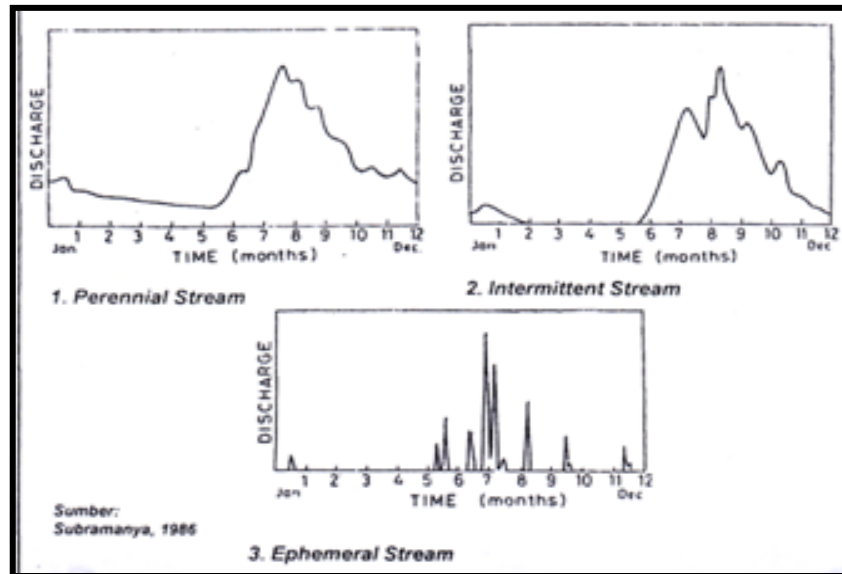
- 1) Pada daerah hulu (pegunungan); di daerah pegunungan sungai-sungai memiliki kemiringan yang terjal (*steep slope*). Kemiringan terjal ini dan curah hujan yang tinggi akan menimbulkan *stream power* (kuat arus) besar sehingga debit aliran sungai di daerah ini menjadi cukup besar. Periode waktu debit aliran umumnya berlangsung cepat. Pada bagian hulu ditandai dengan adanya erosi di Daerah Pengairan Sungai (DPS) maupun erosi akibat penggerusan dasar sungai dan longsoran tebing. Proses sedimentasi tebing sungai disebut degradasi. Material dasar sungai dapat berbentuk *boulder*/batu besar, krakal, krikil dan pasir. Bentuk sungai di daerah ini adalah *braider* (selempit/kepeng). Alur bagian atas hulu merupakan rangkaian jeram-jeram aliran yang deras. Penampang lintang sungai umumnya berbentuk V,
- 2) Pada daerah transisi batas pegunungan bagian sampai ke daerah pantai, kemiringan dasar sungai umumnya berkurang dari 2% karena kemiringan memanjang dasar sungai berangsur-angsur menjadi landai (*mild*). Pada daerah ini seiring dengan berkurangnya debit aliran walaupun erosi masih terjadi namun proses sedimentasi meningkat yang menyebabkan endapan sedimen mulai timbul, akibat pengendapan ini berpengaruh terhadap mengecilnya kapasitas sungai (pengurangan tampang lintang sungai). Proses degradasi (penggerusan) dan aggradasi (penumpukan sedimen) terjadi akibatnya banjir dapat terjadi dalam waktu yang relatif lama dibandingkan dengan daerah hulu. Material dasarnya relative lebih halus dibandingkan pada daerah pegunungan. Penampang melintang sungai umumnya berangsur-angsur berubah dari huruf V ke huruf U,

3) Pada daerah hilir; sungai mulai batas transisi, daerah pantai, dan berakhir di laut (mulut sungai/ *estuary*). Kemiringan di daerah hilir dari landai menjadi sangat landai bahkan ada bagian-bagian sungai, terutama yang mendekati laut kemiringan dasar sungai hampir mendekati 0 (nol). Umumnya bentuk sungai menunjukkan pola yang berbentuk meander sehingga akan menghambat aliran banjir. Proses agradasi (penumpukan sedimen) lebih dominan terjadi. Material dasar sungai lebih halus dibandingkan di daerah transisi atau daerah hulu. Apabila terjadi banjir, periodenya lebih lama dibandingkan daerah transisi maupun daerah hulu.

b) **Karakteristik dan Jenis Sungai**

Karakteristik dan Jenis Sungai, berdasarkan sebaran nilai debit tahunan (volume airnya), sungai dibedakan menjadi:

- 1) Sungai Perennial, adalah sungai yang mengalir sepanjang tahun (baseflow lebih dominan dibandingkan runoff), tanpa dipengaruhi hujan pada saat itu . Contoh Sungai Kapuas, Kahayan, Barito dan Mahakam Di Kalimantan. Sungai Musi, Batanghari dan Indragiri di Sumatera,
- 2) Sungai Intermittent, adalah sungai dengan baseflow yang terbatas (satu waktu dalam satu tahun terdapat waktu tanpa aliran), dikarenakan permukaan air tanah berada dibawah dasar sungai. Contoh sungai ini banyak dipulau Jawa seperti Bengawan Solo, sungai Opak, Sungai Progo, Sungai Code, dan Sungai Brantas,
- 3) Sungai Ephemeral, adalah sungai tanpa kontribusi baseflow, sehingga mempunyai aliran selama terjadi hujan pada daerah tangkapannya atau sungai yang ada airnya hanya pada saat musim hujan, pada musim hujan airnya belum tentu banyak .



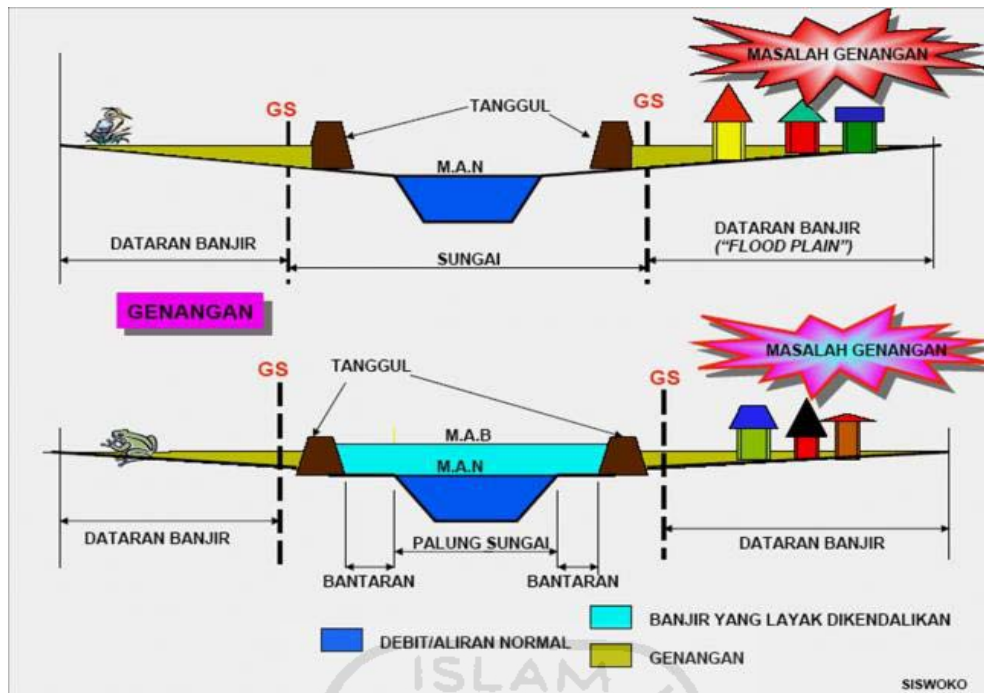
Gambar 3.1. Grafik antara hubungan debit dengan waktu

### 3.2.3. Daerah Penguasaan Sungai

Daerah penguasaan sungai adalah dataran banjir, daerah retensi banjir, bantaran atau daerah sempadan yang tidak dibebaskan.

Adapun macam- macam pengertian dari Daerah Penguasaan Sungai, sebagai berikut:

1. Dataran banjir (*flood plain*) adalah lahan/dataran yang berada di kanan kiri sungai yang sewaktu-waktu dapat tergenang banjir (debit yang melebihi muka air banjir).
2. Bantaran sungai adalah lahan pada kedua sisi sepanjang palung sungai dihitung dari tepi sungai sampai dengan tepi tanggul sebelah dalam. Fungsi bantaran sungai adalah tempat mengalirnya sebagian debit sungai pada saat banjir (*high water channel*). Sehubungan dengan itu maka pada bantaran sungai dilarang membuang sampah dan mendirikan bangunan untuk hunian
3. Garis sempadan (GS) adalah garis batas luar pengamanan sungai



Gambar 3.2. Daerah Penguasaan Sungai, (Sumber: Siswoko dari internet, 10 Mei 2011).

### 3.2.4. Peranan Sungai

Sungai sebagai aset negara yang bernilai dan perlu dipelihara. Sungai mempunyai peranan dalam kehidupan manusia di seluruh dunia, sehingga pada saat ini sungai masih mempunyai hubungan yang sangat erat dengan kehidupan kita sehari-hari. Peranan sungai selain sebagai pembangkit listrik tenaga air, sungai juga berperan sebagai sumber air untuk sarana irigasi, penyediaan air minum, dan masih banyak lagi yang lainnya.

Ada dua fungsi utama yang diberikan alam kepada sungai yang keduanya berlangsung secara bersamaan dan saling mempengaruhi (Mulyono, H. R, dalam Laeli Nur Baeti, 2007), yaitu :

a. Mengalirkan air

Air hujan yang jatuh pada sebuah daerah aliran sungai (DAS) akan terbagi menjadi akumulasi-akumulasi yang tertahan sementara disitu sebagai air tanah dan air permukaan, serta runoff yang akan memasuki alur sebagai debit sungai dan terus dialirkan kelaut.

b. Mengangkut sedimen hasil erosi pada DAS dan alurnya.

### 3.3. HIDROLIKA BANJIR

#### 3.3.1. Kapasitas Tampang Sungai

Prinsip pelaksanaan pengukuran atau perhitungan kapasitas tampang sungai adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran, dan kedalaman sungai tersebut. Kapasitas aliran tampang sungai tergantung pada luas tampang basah dan kecepatan aliran. Secara parsial, luas tampang basah tergantung pada tinggi muka air, sedangkan kecepatan tergantung pada tinggi muka air, kekasaran dinding dan kemiringan memanjang sungai pada penggal tersebut. Namun demikian, dapat disederhanakan bahwa debit adalah fungsi tinggi muka air. Pada aliran tunak seragam, sesuai persamaan Manning's, debit aliran adalah:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3.1)$$

Dengan  $V$  adalah kecepatan,  $n$  adalah koefisien kekasaran Manning's,  $R$  adalah radius hidraulik, dan  $I$  adalah kemiringan memanjang sungai. Radius hidraulik,  $R$ , adalah perbandingan antara luas tampang dengan keliling basah,  $R = A/P$ . Koefisien kekasaran dinding,  $n$ , tergantung dari jenis bahan dinding tampang basah, dengan karakter semakin licin dinding semakin besar kecepatan aliran yang akan terjadi. Pada kondisi jenis dinding basah tidak sejenis, kekasaran dinding diwakili oleh kekasaran komposit, dengan persamaan:

$$n_c = \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot n_i^2}{\sum P}} \quad (3.2)$$

dengan  $n_c$  adalah kekasaran komposit,  $n_i$  adalah kekasaran jenis bahan dinding individual,  $P_i$  adalah panjang kontak bahan. Nilai  $n$  untuk setiap jenis bahan dinding saluran/sungai dapat dilihat tabel 3.1. nilai koefisien kekasaran manning's:

Tabel 3.1. Koefisien Kekasaran Manning's (n)

<b>Tipe saluran dan Deskripsinya</b>	<b>Minimum</b>	<b>Normal</b>	<b>Maksimum</b>
<b>A. Saluran, dilapisi atau di poles</b>			
1. Bata			
- Di glasir	0,011	0,013	0,015
- Dalam adukan semen	0,012	0,015	0,018
2. Pasangan Batu			
- Batu pecah di semen	0,017	0,025	0,030
- Batu kosong	0,023	0,032	0,035
3. Dasar kerikil dengan tebing			
- Beton acuan	0,017	0,020	0,025
- Batu tak teratur dalam adukan	0,020	0,023	0,026
- Batu kosong atau rip-rap	0,023	0,033	0,036
<b>B. Saluran alam</b>			
1. Saluran di dataran			
- Bersih, berkelok-kelok, berkeruk, bertebing	0,033	0,040	0,045
- Bersih, terisi penuh, tanpa rekahan	0,025	0,030	0,033
- Banyak tanaman pengganggu, ceruk dalam	0,075	0,100	0,150
2. Saluran di pengunungan			
- Dasar: kerikil, kerakal, dan sedikit batu besar	0,030	0,040	0,050
- Dasar: kerakal dengan batu besar	0,040	0,050	0,070
<b>C. Dataran banjir</b>			
1. Daerah Pertanian			
- Tanpa tanaman	0,025	0,030	0,040
- Tanaman di bariskan	0,025	0,035	0,045
- Tanaman tidak di bariskan	0,030	0,040	0,050
2. Pohon-pohonan			
- Willow rapat, musim semi, lurus	0,110	0,150	0,200
- Tanah telah dibersihkan, tunggal kayu tanpa tunas	0,030	0,040	0,050
- Banyak batang kayu, beberapa tumbang	0,080	0,100	0,120

Sumber: ( Ven Te Chow,1985)



### 3.3.2. Debit Sungai

Debit sungai adalah besaran volume air yang mengalir per satuan waktu. Volume air dihitung berdasarkan luas penampang dikalikan dengan tinggi air. Sumber air sungai terbesar berasal dari curah hujan, di bagian hulu umumnya curah hujannya lebih tinggi, dibanding di daerah tengah dan hilir. Sumber lainnya berasal dari aliran bawah tanah, yang dibedakan menjadi air sub surface runoff, mata air dan air bawah tanah (*base flow*). Pada musim penghujan, aliran bawah tanah bersumber dari air hujan., yang masuk melalui peristiwa infiltrasi - perkolasi. Air perkolasi menuju ke lapisan air tanah dalam (*ground water*), namun sering ada yang keluar kesamping (*sub-surface runoff*). Air aliran samping ini sering keluar pada waktu musim hujan dan atau musim kemarau, yang berbeda dengan aliran bawah tanah yang akan keluar pada waktu musim kemarau. Adapun debit dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = A \times V \quad (3.3)$$

Dengan:  $Q =$  Debit ( $m^3/s$ )

$A =$  Luas Tampang Basah ( $m^2$ )

$V =$  Kecepatan aliran rata-rata pd luas bagian penampang basah ( $m/s$ )

## 3.4. Banjir

### 3.4.1. Definisi Banjir

Banjir merupakan proses meluapnya air sungai ke daratan sehingga dapat menimbulkan kerugian harta benda penduduk serta dapat menimbulkan korban jiwa. Banjir dapat merusak bangunan, sarana dan prasarana, lingkungan hidup serta merusak tata kehidupan masyarakat, maka sudah semestinya dari berbagai pihak perlu memperhatikan hal-hal yang dapat mengakibatkan banjir dan sedini mungkin diantisipasi, untuk memperkecil kerugian yang ditimbulkan (Kodoatie, J. Robert dan Sugiyanto, 2002).

Ada dua pengertian mengenai banjir dari Sub Direktorat Kawasan Daerah Bencana:

(1) Aliran air sungai yang tingginya melebihi muka air normal sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah disisi

sungai. Aliran air limpasan tersebut yang semakin meninggi, mengalir dan melimpas muka tanah yang biasanya tidak dilewati aliran air;

(2) Gelombang banjir berjalan kearah hilir sistem sungai yang berinteraksi dengan kenaikan muka air dimuara akibat badai. (Sumber: Intenet, 2011)

Banjir adalah kejadian hidrologi yang dicirikan dengan debit dan/atau muka air yang tinggi yang dapat menyebabkan penggenangan dari tanah disekitar sungai, danau, atau sistemair (*water body*) yang lain. (Manajemen Sungai dan Pengendalian Banjir, Internet, 2011).

### 3.4.2. Pengendalian Banjir

Pengendalian banjir adalah segala upaya yang dilakukan agar banjir tidak menimbulkan gangguan dan kerugian bagi masyarakat, atau untuk mengurangi dan menekan besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh banjir. Pengendalian banjir dimaksudkan untuk memperkecil dampak negatif dari bencana banjir, antara lain korban jiwa, kerusakan harta benda, kerusakan lingkungan dan terganggunya kegiatan sosial ekonomi.

Rencana perbaikan dan pengaturan sungai digunakan dalam perencanaan pengaliran banjir sungai secara aman, yang digunakan untuk mencegah terjadinya luapan-luapan yang dapat menyebabkan terjadinya bencana banjir (Kodoatie, J. Robert dan Sugiyanto, 2002). Tujuan Pengendalian Banjir adalah Penurunan tingkat risiko ancaman terhadap jiwa manusia dan harta benda akibat banjir sampai ke tingkat toleransi,

Meminimumkan dampak bencana banjir (mitigasi bencana banjir). Untuk mengatasi masalah banjir dan genangan sampai saat ini masih mengandalkan pada upaya yang bersifat represif dengan melaksanakan berbagai kegiatan fisik/upaya struktur yaitu membangun sarana dan prasarana pengendali banjir dan atau memodifikasi kondisi alamiah sungai sehingga membentuk suatu sistem pengendali banjir (**in-stream**). Langkah tersebut diterapkan hampir di seluruh negara-negara di dunia yang mengalami masalah banjir. Sedangkan upaya preventif yang pada dasarnya merupakan kegiatan non – struktur penerapannya masih terbatas. Di beberapa negara upaya struktur telah dikombinasikan dengan upaya nonfisik/nonstruktur (**off-stream**) sehingga membentuk sistem penanganan

yang menyeluruh/komprehensif dan terpadu seperti misalnya di Jepang . Ada juga negara yang mulai meninggalkan upaya struktur dan lebih mengutamakan upaya nonstruktur. Kedua jenis upaya ini berfungsi untuk menekan/memperkecil besarnya masalah banjir (*flood damage mitigation*) dan tidak dapat menghilangkan/membebasikan masalah secara mutlak. Adapun upaya-upaya fisik atau struktur untuk mengatasi banjir, sebagai berikut:

1. Pembangunan tanggul banjir untuk mencegah meluapnya air banjir sampai tingkat/besaran banjir tertentu. Dengan dibangun tanggul terbentuk penampang sungai yang tersusun untuk mengalirkan debit banjir rencana,
2. Normalisasi alur sungai, penggalian sudetan, banjir kanal, dan interkoneksi antar sungai untuk merendahkan elevasi muka air banjir sungai,
3. Pembangunan waduk penampung atau retensi banjir, serta
4. Pembangunan waduk /polder, pompa dan sistem drainase untuk mengurangi luas dan tinggi genangan

Kegiatan nonstruktur bertujuan untuk menghindarkan dan juga menekan besarnya masalah yang ditimbulkan oleh banjir, antara lain dengan cara mengatur pembudidayaan lahan di dataran banjir dan di DAS sedemikian rupa sehingga selaras dengan kondisi dan fenomena lingkungan termasuk kemungkinan terjadinya banjir. Untuk itu maka sebagai pelaku utama dari kegiatan ini adalah masyarakat baik secara langsung maupun tak langsung. Upaya-upaya non-struktur tersebut untuk mengatasi banjir, sebagai berikut:

1. Pengelolaan dataran banjir (*flood plain management*) berupa penataan ruang dan rekayasa di dataran banjir yang diatur dan menyesuaikan sedemikian rupa sehingga risiko/kerugian/bencana yang timbul apabila tergenang banjir sekecil mungkin (*flood risk/flood damage management*). Rekayasa yang berupa bangunan antara lain berupa: rumah tipe panggung, rumah susun, jalan layang, jalan dengan perkerasan beton, pengaturan penggunaan rumah/gedung bertingkat, dan sebagainya. Sedangkan rekayasa di bidang pertanian dapat berupa pemilihan varitas tanaman yang tahan genangan. Perangkat lunak yang diperlukan antara lain berupa *flood plain zoning*, *flood*

*risk map*, dan rambu-rambu atau papan peringatan yang dipasang di dataran banjir,

2. *Flood proofing* yang dilaksanakan sendiri baik oleh perorangan, swasta maupun oleh kelompok masyarakat untuk mengatasi masalah banjir secara lokal, misalnya di kompleks perumahan/real estat, industri, antara lain, dengan membangun tanggul keliling, polder dan pompa, serta rumah panggung,
3. Penanggulangan banjir (*flood fighting*) untuk menekan besarnya bencana dan mengatasinya secara darurat. Kegiatan ini merupakan bagian dari kegiatan satkorlak penanggulangan banjir, yang dilaksanakan sebelum kejadian banjir (meliputi perondaan dan pemberian peringatan dini kepada masyarakat yang tinggal di daerah rawan banjir/dataran banjir), pada saat kejadian banjir berupa upaya penyelamatan, pengungsian penutupan tanggul yang bocor dan atau limpas, maupun kegiatan pasca banjir yang berupa penanganan darurat perbaikan kerusakan akibat banjir, serta
4. Penetapan sempadan sungai yang didukung dengan penegakan hukum. Dasar hukum yang dapat dipakai sebagai acuan adalah Peraturan Menteri PU No. 63 Tahun 1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai. Pada setiap sungai harus ditetapkan batas sempadannya yang diatur dengan Peraturan Daerah.

### **3.4.3. Bangunan Pengendalian Banjir**

Bangunan pengendali banjir, sebagai berikut:

#### **1. Bendungan**

Bendungan adalah bangunan pada sungai untuk membendung air, sehingga didapatkan sejumlah volume air yang bisa digunakan untuk keperluan tertentu (Misalnya memutar turbin pembangkit listrik, pengairan, konservasi, dan rekreasi),

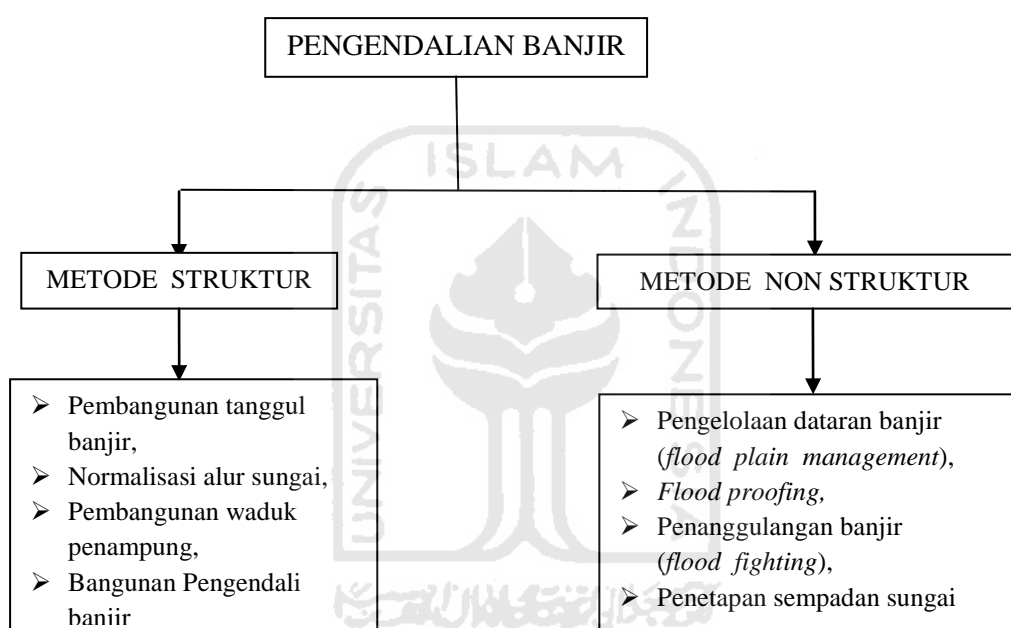
## 2. Kolam Penampungan (*retention basin*)

Kolam penampungan berfungsi untuk menyimpan sementara debit sungai, sehingga puncak banjir dapat dikurangi,

## 3. Tanggul penahan banjir

Tanggul penahan banjir adalah penghalang yang di disain untuk menahan air banjir di palung sungai untuk melindungi daerah sekitarnya.

Tabel 3.2 Diagram Pengendalian Banjir Dengan Metode struktur dan non-Struktur



### 3.5. BANJIR RANCANGAN

Banjir Rancangan adalah besaran debit yang dipakai sebagai dasar perancangan bangunan air (bendung, bendungan, pengendalian banjir, dan bangunan sipil yang terkait dengan aliran air). Analisis debit rancangan dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain: Metode rasional, analisis frekuensi banjir, dan metode hidrograf satuan.

Analisis Frekuensi adalah analisis berulangnya suatu peristiwa baik jumlah frekuensi persatuan waktu, maupun periode ulangnya. Kualitas data dan panjang pengamatan sangat menentukan hasil analisa yang dilakukan, karena perbedaan panjang data yang digunakan untuk analisa memberikan penyimpangan yang

cukup berarti terhadap perkiraan hujan dengan kala ulang tertentu. Dasar analisis frekuensi banjir persamaan sebagai berikut:

$$Q_T = Q_R + k_T \cdot \sigma \quad (3.4)$$

Dengan:  $Q_T$  = Banjir Rancangan Kala Ulang T, tahun ( $m^3/s$ )

$Q_R$  = Debit rerata data ( $m^3/s$ )

$k_T$  = Faktor frekuensi

$\sigma$  = Standar deviasi

Debit rerata dapat dihitung dengan persamaan, sebagai berikut:

$$Q_R = \frac{1}{n} \cdot \sum Q_i \quad (3.5)$$

Dengan: n = Jumlah Data

$Q_i$  = Nilai debit variate ke-i

Standar Deviasi di rumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_R)^2}{n-1}} \quad (3.6)$$

Dengan:  $Q_i$  = Nilai debit variate ke-i

$\sigma$  = Standar Deviasi

Nilai frekuensi ( $k_T$ ) dipengaruhi oleh jenis sebaran (parameter statistic) dan kala ulang (T). Dalam menghitung banjir rancangan menggunakan metode extreme value type 1 (gumbel's), nilai  $k_T$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$k_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} (0,5772 + \ln (\ln \frac{T}{T-1})) \quad (3.7)$$

Dengan : T = kala ulang tahun (Return Periods)

### 3.6. NORMALISASI SUNGAI

Normalisasi sungai adalah suatu usaha untuk mengembalikan tampang sungai seperti semula agar daya tampung sungai dapat terpenuhi. Sistem normalisasi (pengerukkan) saluran bertujuan untuk memperbesar kapasitas tampung sungai dan memperlancar aliran. Dalam penelitian tugas akhir pada Sungai Code bertujuan untuk mengetahui berapa kedalaman sungai yang dikeruk untuk mengembalikan daya tampung atau kapasitas sungai yang mengacu pada debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pengerukkan sungai (Normalisasi Sungai) dilakukan dengan menggunakan alat berat, tetapi ada juga pengerukkan dilakukan dengan manual atau masyarakat yang tinggal di bantaran Sungai Code (terjadi pada titik kontrol 1, daerah Terban). Dan hasil pengerukkan tersebut digunakan untuk meninggikan tanggul di sisi kiri dan kanan sungai, sehingga dapat mengantisipasi meluapnya air ke rumah warga.



## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1. UMUM

Metodologi penelitian adalah suatu rangkaian proses penelitian dari awal sampai akhir yang meliputi cara penelitian, lokasi penelitian, pengumpulan data, analisis data, dan hasil analisis. Dalam penelitian ini digunakan metode pengukuran langsung di lapangan, sedangkan untuk pengambilan data debit dengan cara survey instansional (Balai Besar Wilayah Sungai, Serayu-Opak, Provinsi Yogyakarta).

Langkah awal penelitian adalah mempersiapkan peralatan penelitian untuk di bawa ke tempat penelitian. Setelah persiapan selesai, dilanjutkan dengan tahap pengukuran langsung ke lapangan pada tiap titik kontrol yang di teliti. Pada tahap pengukuran dilapangan, diusahakan untuk memperoleh data yang akurat dan sesuai dengan tujuan awal penelitian, sehingga tidak terjadi kesalahan yang menyebabkan penelitian harus diulang kembali. Setelah itu data tersebut langsung diplotkan dalam bentuk gambar penampang tiap titik kontrol (*Autocad* 2008).

#### 4.2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai adalah deskriptif analitik. Langkah awal dalam melakukan metode penelitian ini adalah mengumpulkan data-data. Adapun pengumpulan data yang diperlukan untuk penelitian dilakukan dua cara, yaitu:

##### 1. Survey Lapangan

Survey Lapangan dilakukan di sekitar Sungai Code tinjau sejauh  $\pm 4.15$  KM dari Jembatan Sarjito sampai Bendung Mergangsan. Survey lapangan dilakukan oleh 3 orang, yang terdiri dari seorang Mahasiswa (Nanda Suhada)



dan 2 orang Laboratorium JTS (Yudi Fala dan Supardi). Penelitian ini dilakukan pada tanggal 7 Desember 2010 seminggu setelah status Gunung Merapi turun menjadi “Waspada”. Survey lapangan dilakukan dengan menggunakan alat Theodolith (alat ilmu ukur tanah) untuk mengetahui jarak, tinggi elevasi pada tiap tampang sungai di masing-masing titik kontrol yang di tinjau. Dalam penelitian ini ada 5 titik kontrol yang tinjau, di masing-masing titik itu mewakili setiap 1 KM didaerah tersebut. Lokasi titik kontrol 1; 2; 3; 4; dan 5 adalah sebagai berikut secara berurutan: Terban (50 m Jembatan Sardjito); Ledok Code, Yogoyudan (Kotabaru); Juminahan (Tegalpanggung); Sayidan; Mergangsan (25 m hulu Bendung Mergangsan).



Gambar 4.1 Pengukuran pada Titik Kontrol 3 (Theodolith)



Gambar 4.2 Pengukuran pada Titik Kontrol 3 (Tampang Sungai)

## 2. Survey Instansional

Dalam survey Instansional cara pengambilan data dilakukan ke instansi terkait. Ada beberapa macam instansi yang berkaitan dengan bidang keairan, antara lain: Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS), Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (BPSDA) serta Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Provinsi Yogyakarta. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah “Data Debit Sungai Tahunan Daerah Istimewa Yogyakarta, Balai PSDA Provinsi Tahun 2009”.

### 4.3. PELAKSANAAN PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Pengukuran dengan menggunakan Theodolith (alat ukur tanah) di semua titik.
2. Mencatat hasil dari pengukuran di semua titik.
3. Memplotkan hasil pengukuran ke dalam gambar tampang sungai dengan menggunakan program Autocad 2008.
4. Menentukan tinggi tinjauan dalam setiap tampang sungai tersebut.
5. Menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan koefisien kekasaran manning's (n).
6. Menghitung tinggi air di setiap tampang sungai tersebut, yang mengacu pada debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{4,5}$ ) dan debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{100}$ ).
7. Normalisasi Sungai dengan menurunkan elevasi dasar sungai untuk pada debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 4.4. PERALATAN PENELITIAN

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian, sebagai berikut:

1. Theodolith (Kampus JTS)
2. Program Autocad 2008
3. Program Microsoft Office Excel 2007
4. Modem Prolink

5. Alat tulis seperti: “Pulpen, penggaris, kertas HVS 80g (A4)”.
6. Alat untuk menghitung: “Kalkulator Algebra”
7. Alat untuk ngeprint : “Printer Canon”

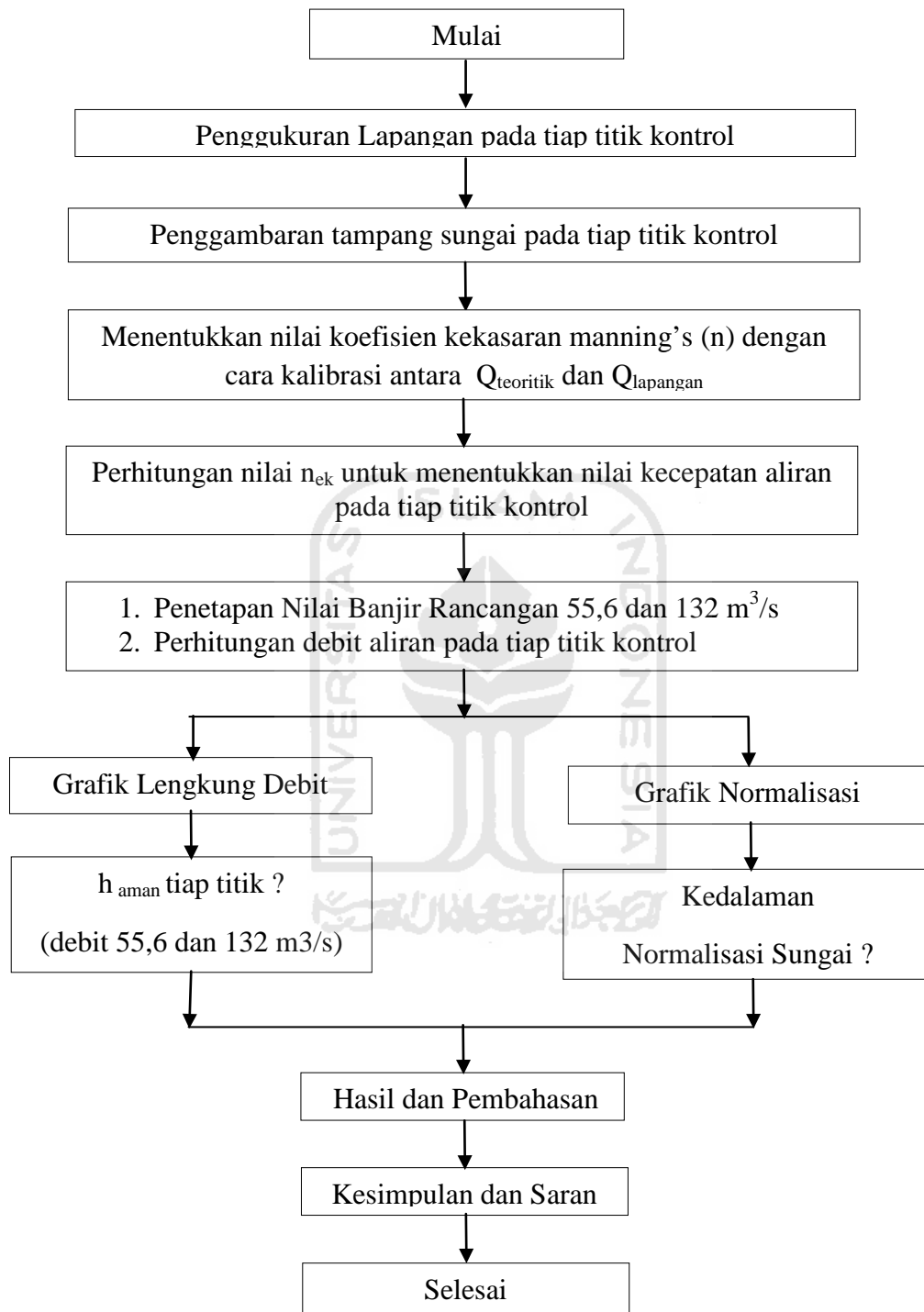
#### 4.5. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di bantaran kali code, terukur dari bagian paling hulu adalah Jembatan Sardjito (Jembatan Kuning), dan bagian paling hilir adalah Bendung Mergangsan dengan jarak sungai sepanjang 4150 meter. Terbagi dalam 5 titik kontrol yaitu: Terban, Joguyudan, Juminahan, Sayidan, Mergangsan. Lokasi dan jarak antar titik kontrol dapat di lihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Lokasi dan Jarak Penelitian

Titik Kontrol	Lokasi	Jarak tiap titik (Km)
1	Terban, 50 m sebelah hilir Jembatan Sarjito	0
2	Jogoyudan, 250 m sebelah hilir Jembatan Sudirman	1.050
3	Juminahan, 100 m sebelah hilir Jembatan Juminahan	2.300
4	Sayidan, 100 m sebelah hilir Jembatan Gondomanan	3.275
5	Mergangsan, 25 m sebelah hulu Bendung Mergangsan	4.150

#### 4.6. BAGAN ALIR PENELITIAN



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

## 4.7. ANALISIS DATA

Setelah semua data terkumpul dan telah disiapkan untuk proses perhitungan, maka selanjutnya dilakukan analisis data. Data-data tersebut didapat dari pengukuran dilapangan. Data tersebut dianalisis untuk memperoleh nilai hidrolika banjirnya.

### 4.7.1. Banjir Rancangan

Kriteria nilai banjir rancangan dalam pengendalian banjir menurut pedoman adalah kala ulang 5 sampai dengan 100 tahun. Atas dasar banjir maksimum tahunan yang terjadi selama 17 tahun, maka ditetapkan nilai banjir rancangan sebesar  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Adapun perhitungan banjir rancangan dan sejarah banjir selama 17 tahun dijelaskan dalam sub-bab, sebagai berikut:

#### a) Perhitungan Banjir Rancangan

Banjir rancangan di hitung dengan cara analisis frekuensi banjir metode Extreme Value Type 1 (*Gumbel's*), adapun data nilai debit maksimum tahunan selama 17 tahun terjadi (dari tahun 1993-2009), sebagai berikut:

6,21; 19,10; 9,80; 41,40; 1,40; 20,9; 17,82; 50,10; 55,60; 27,50; 23,40; 50; 132; 54,4; 35,69; 55,11; dan  $43,34 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tabel 4.2 Nilai Banjir Rancangan ( $Q_T$ ) Sebaran Gumbel's

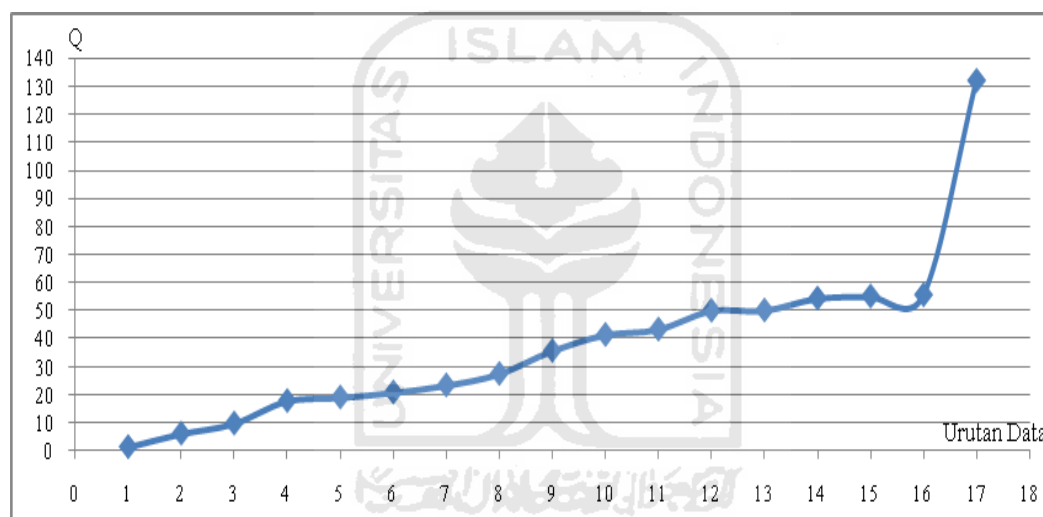
T (kala ulang)	$Q_R (\text{m}^3/\text{s})$	$\sigma (\text{m}^3/\text{s})$	$k_T$	$Q_T (\text{m}^3/\text{s})$
4,5	37,87	30,175	0,6267	55,78
5			0,7194	59,58
10			1,304	77,22
25			2,043	99,52
50			2,5912	116,06
100			3,1354	132,48

Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai debit rancangan kala ulang 5 sampai 100 tahun. Oleh karena itu pada penelitian ini dipakai debit 100 tahun ( $Q_{100}$ ) yang disamai dengan kejadian banjir maksimum dalam 17 tahun data

sebesar  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ , selain itu berdasarkan data banjir maka nilai banjir maksimum dibawahnya adalah  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maka nilai banjir tersebut juga dipakai dalam standard pengendalian banjir. Adapun nilai rata-rata banjir tahunan sebesar  $37,87 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### b) Sejarah Banjir:

Data banjir maksimum yang terjadi selama 17 tahun di Sungai Code terukur di stasiun AWLR (automatic water level recorder) Pogung dari tahun 1993 sampai dengan 2009 dibawah pengelolaan Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak (BBWS Serayu-Opak). Adapun grafik urutan banjir maksimum tahunan selama 17 tahun adalah sebagai berikut:



Gambar 4.4. Grafik urutan banjir maksimum tahunan selama 17 tahun

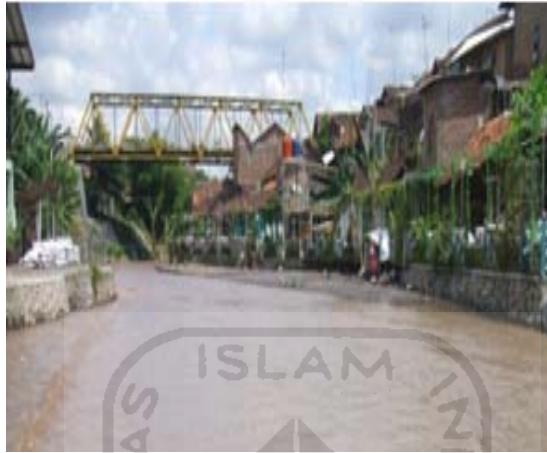
#### 4.7.2. Hidrolika Banjir

Untuk menentukan hidrolika banjir dipakai Rumus Kecepatan Mannig's. Rumus Kecepatan Mannig's digunakan untuk menghitung tinggi banjir yang akan terjadi, memperkirakan bahaya banjir bagi masyarakat sekitar tempat penelitian serta menghitung debit sungai apabila sungai tersebut di normalisasikan akibat erupsi dari Gunung Merapi. Untuk menentukan tinggi muka air banjir perlu diketahui besarnya angka kekasaran saluran, penampang basah permukaan dan kemiringan dasar saluran untuk masing-masing titik kontrol yang di tinjau. Angka

kekasaran sungai digunakan angka kekasaran Manning's, dapat dilihat pada tabel 3.1. Adapun analisis hidrolika banjir di tiap tampang adalah sebagai berikut:

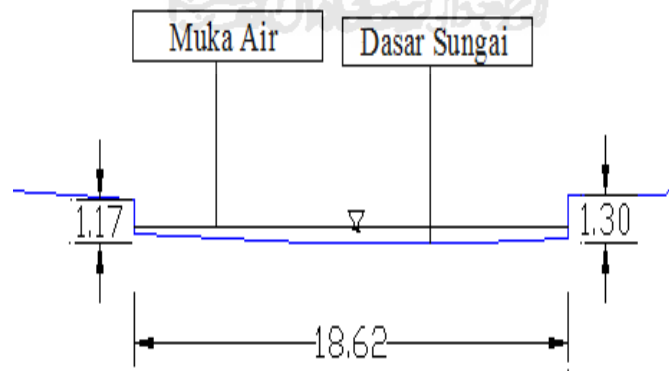
### 1. Titik kontrol 1, Terban

a) Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.5, sebagai berikut:



Gambar 4.5. Sungai Code (Titik Kontrol 1)

b) Gambar Penampang Sungai



Gambar 4.6. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 1

c) Analisis Perhitungan

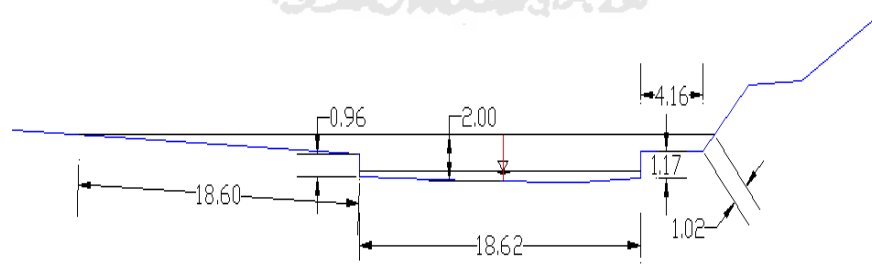
Untuk menentukan nilai koefisien kekasaran manning perlu dilakukan kalibrasi antara debit teoritik dengan debit lapangan, sehingga nilai debitnya tidak terlalu jauh dari dari debit pengukuran lapangan. Dan di dapat nilai koefisien kekasaran manning's. Untuk analisis perhitungan bertujuan untuk menentukan debit banjir  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  dan menormalisasikan tampang sungai akibat erupsi Gunung Merapi, dengan meninjau per 50 cm dari titik yang ditinjau untuk mengetahui tinggi muka air banjir , dan untuk Normalisasi sungai diambil per 25 cm dari titik yang ditinjau.

d) Perhitungan Lengkung Debit:

Diambil contoh:

Untuk  $h = 2,0 \text{ m}$ , maka:

$$P = 0,960 + 18,620 + 2,190 + 22,76 = 44,530 \text{ m}$$



Gambar 4.7. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 1

$$A = 47,2084 \text{ m}^2$$

$$R = 47,2084 / 44,530 = 1,0602 \text{ m}$$



( $Z_1 = 132$  m, dan  $Z_5 = 117$  m serta  $L_{\text{sungai}} = 4150$  m)

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$I = 0,00361$  (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$n_1 = 0,0383$  (Dasar Sungai)

$n_2 = 0,0240$  (Tanggul)

$n_3 = 0,08733$  (Bantaran Banjir)

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot n_i^2}{\sum P}}$$

$$n_c = \sqrt{\frac{[(0,960 \times 0,0240^2) + (18,620 \times 0,0383^2) + (2,190 \times 0,0240^2) + (22,760 \times 0,08733^2)]}{44,530}}$$

$n_c = 0,0675$

Kecepatan aliran:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,0675} \times (1,0602)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

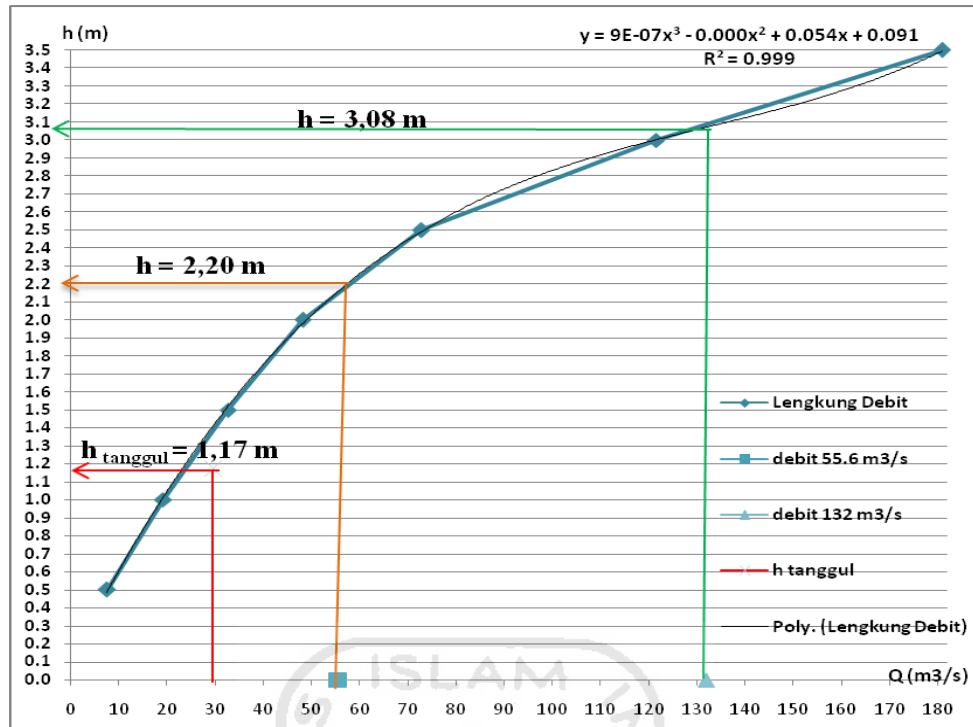
$V = 0,9261$  m/s

Debit Aliran:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 47,2084 \text{ m}^2 \times 0,9261 \text{ m/s}$$

$$Q = 43,7197 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.8. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)

Hasil dari perhitungan Untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pada gambar lengkung debit ini di dapat tingginya adalah  $h = 2,20 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $55,673 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  di dapat tingginya adalah  $h = 3,08 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $132,132 \text{ m}^3/\text{s}$  (Lebih detail hitungan dan grafik dapat di lihat di lampiran).

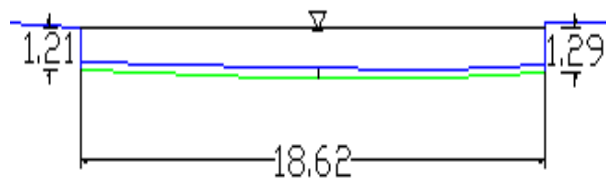
e) Perhitungan Normalisasi Sungai:

Normalisasi sungai dengan menurunkan dasar sungai setiap 25 cm, dengan rumus kecepatan aliran menggunakan nilai koefisien kekasaran manning's. Di tinjau tinggi dari muka air (tanggul terendah) sampai kedalaman yang mau ditinjau.

Diambil contoh:

Untuk  $h = 0,75 \text{ m}$  (Pada kedalaman 0,75 m dari tinggi muka air) , maka:

$$P = 3,50 + 18,620 = 22,120 \text{ m}$$



Gambar 4.9. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 1

Keterangan: Garis berwarna biru = Dasar Sungai Asli

Garis berwarna hijau = Dasar Sungai di Normalisasi

$$A = 34,850 \text{ m}^2$$

$$R = 34,850 / 22,120 = 1,5755 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132 \text{ m}$ , dan  $Z_5 = 117 \text{ m}$  serta  $L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m}$ )

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$I = 0,00361$  (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{[(3,50 \times 0,0240^2) + (18,620 \times 0,0383^2)]}{22,120}}$$

$$n_c = 0.0365$$

Kecepatan aliran:  $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

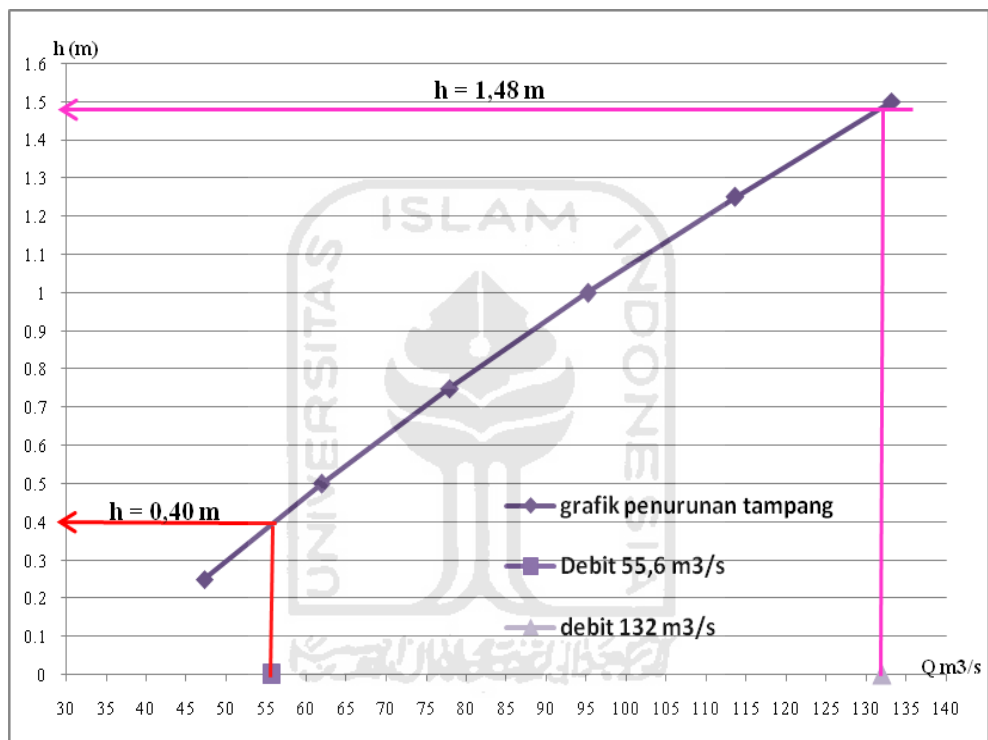
$$V = \frac{1}{0,0365} \times (1,5755)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

$$V = 2,2303 \text{ m/s}$$

Debit Aliran:  $Q = A \times V$

$$Q = 34,8500 \text{ m}^2 \times 2,2303 \text{ m/s}$$

$$Q = 77,7260 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.10. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)

Pada titik kontrol 1 perlu dinormalisasi, agar daya tampung sungai mencapai debit tertentu ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pada titik kontrol 1 perlu dilakukan pengerukkan sedalam 40 cm dari dasar sungai. Hasil debitnya sebesar  $55,630 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  diperlukan pengerukkan sedalam 148 cm dari dasar sungai. Adapun hasil debitnya sebesar  $132,392 \text{ m}^3/\text{s}$ .

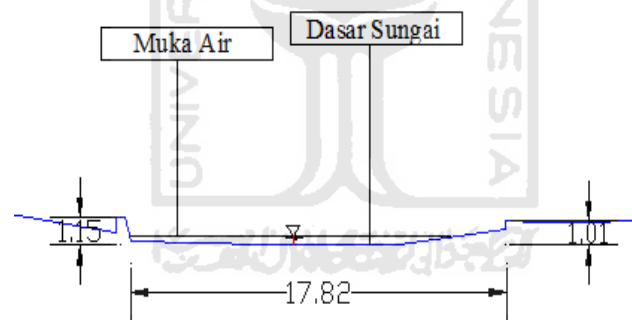
## 2. Titik kontrol 2, Jogoyudan

a) Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.11, sebagai berikut:



Gambar 4.11. Sungai Code (Titik Kontrol 2)

b) Gambar Penampang Sungai



Gambar 4.12. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 2

c) Analisis Perhitungan

Untuk menentukan nilai koefisien kekasaran manning perlu dilakukan kalibrasi antara debit teoritik dengan debit lapangan, sehingga nilai debitnya tidak terlalu jauh dari dari debit pengukuran dilapangan. Dan di dapat nilai koefisien kekasaran manning's. Untuk analisis perhitungan bertujuan untuk menentukan debit banjir  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  dan menormalisasikan

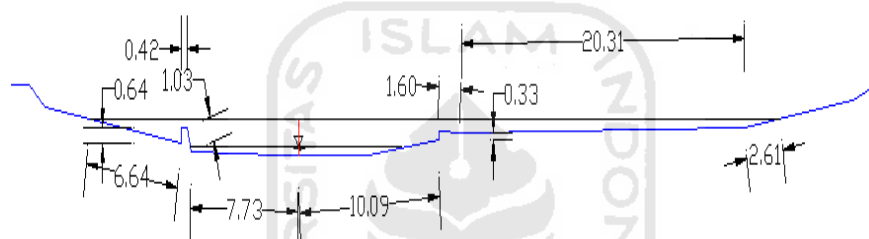
tampang sungai akibat erupsi Gunung Merapi, dengan meninjau per 50 cm dari titik yang ditinjau untuk mengetahui tinggi muka air banjir, dan untuk Normalisasi sungai diambil per 25 cm dari titik yang ditinjau.

d) Perhitungan Lengkung Debit:

Diambil contoh:

Untuk  $h = 1,5$  m, maka:

$$P = 2,09 + 17,820 + 0,330 + 31,16 = 51,40 \text{ m}$$



Gambar 4.13. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 2

$$A = 38,8664 \text{ m}^2$$

$$R = 38,8664 / 51,40 = 0,7562 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132$  m, dan  $Z_5 = 117$  m serta  $L_{\text{sungai}} = 4150$  m)

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}},$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$I = 0,00361$  (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

$$n_3 = 0,08733 \text{ (Bantaran Banjir)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot n_i^2}{\sum P}}$$

$$n_c = \sqrt{\frac{[(2,09 \times 0,0240^2) + (17,820 \times 0,0383^2) + (0,33 \times 0,0240^2) + (31,160 \times 0,08733^2)]}{51,40}}$$

$$n_c = 0,0719$$

Kecepatan aliran:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,0719} \times (0,7562)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

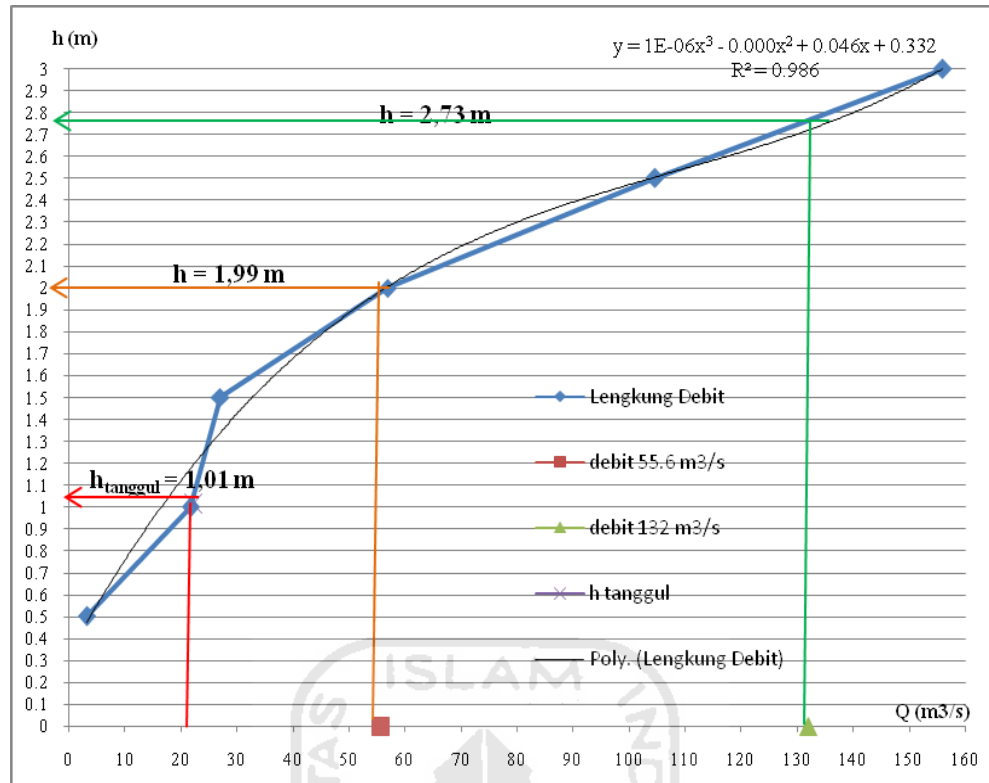
$$V = 0,6941 \text{ m/s}$$

Debit Aliran:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 38,8664 \text{ m}^2 \times 0,6941 \text{ m/s}$$

$$Q = 26,9772 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.14. Grafik Lengkung Debit (hubungan h dan Q)

Hasil dari perhitungan debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pada gambar lengkung debit ini di dapat tingginya adalah  $h = 1,99 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $55,655 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  di dapat tingginya adalah  $h = 2,73 \text{ m}^3/\text{s}$  didapat debit sebesar  $132,148 \text{ m}^3/\text{s}$ .

e) Perhitungan Normalisasi Sungai:

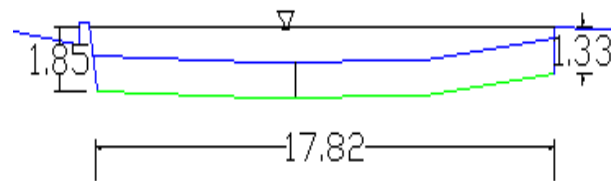
Normalisasi sungai dengan menurunkan dasar sungai setiap 25 cm, dengan menggunakan Rumus Koefisien Kekasaran Manning's. Di tinjau tinggi dari muka air (tanggul terendah) sampai kedalaman yang mau ditinjau.

Diambil contoh:

Untuk  $h = 1.0 \text{ m}$  (Pada kedalaman 1 m dari tinggi muka air) , maka:

$$P = 3,180 + 17,840 = 21,020 \text{ m}$$





Gambar 4.15. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 2

Keterangan: Garis berwarna biru = Dasar Sungai Asli

Garis berwarna hijau = Dasar Sungai di Normalisasi

$$A = 33,6387 \text{ m}^2$$

$$R = 33,6387 / 21,020 = 1,6004 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132 \text{ m}$ , dan  $Z_5 = 117 \text{ m}$  serta  $L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m}$ )

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$$I = 0,00361 \text{ (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)}$$

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{[(3,18 \times 0,0240^2) + (17,840 \times 0,0383^2)]}{21,020}}$$

$$n_c = 0.0365$$

Kecepatan aliran:  $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

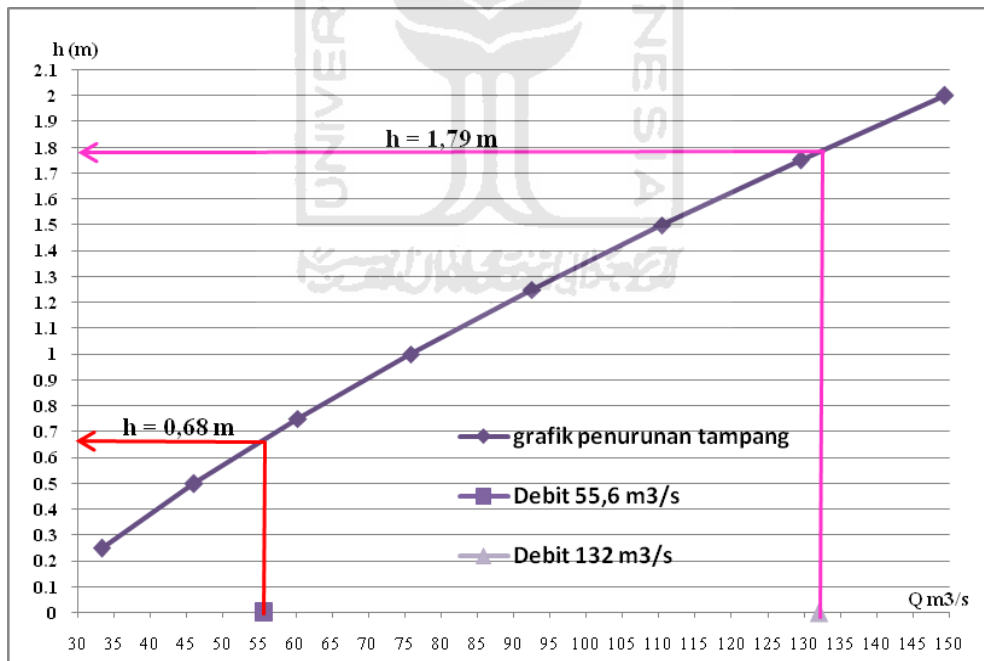
$$V = \frac{1}{0,0365} \times (1,6004)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

$$V = 2,2537 \text{ m/s}$$

Debit Aliran:  $Q = A \cdot V$

$$Q = 33,6387 \text{ m}^2 \times 2,2537 \text{ m/s}$$

$$Q = 75,811 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.16. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan  $h$  dan  $Q$ )

Pada titik kontrol 2 perlu dinormalisasi, agar daya tampung sungai mencapai debit tertentu ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pada titik kontrol 2 perlu dilakukan

pengerukkan sedalam 68 cm dari dasar sungai. Hasil debitnya sebesar  $55,616 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  diperlukan pengerukkan sedalam 179 cm dari dasar sungai. Adapun hasil debitnya sebesar  $132,602 \text{ m}^3/\text{s}$ .

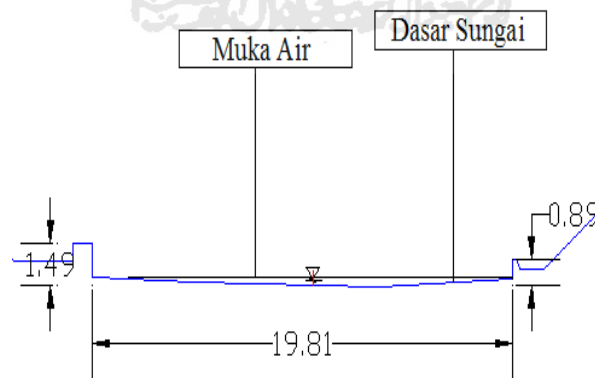
### 3. Titik kontrol 3, Juminahan

a) Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.17, sebagai berikut:



Gambar 4.17. Sungai Code (Titik Kontrol 3)

b) Gambar Penampang Sungai



Gambar 4.18. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 3

c) Analisis Perhitungan

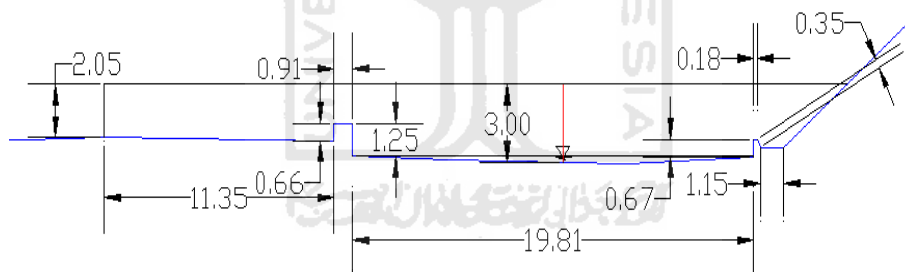
Untuk menentukan nilai koefisien kekasaran manning perlu dilakukan kalibrasi antara debit teoritik dengan debit lapangan, sehingga nilai debitnya tidak terlalu jauh dari dari debit pengukuran dilapangan. Dan di dapat nilai koefisien kekasaran manning's. Untuk analisis perhitungan bertujuan untuk menentukan debit banjir  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  dan menormalisasikan tampang sungai akibat erupsi Gunung Merapi, dengan meninjau per 50 cm dari titik yang ditinjau untuk debit aman banjir , dan untuk Normalisasi sungai diambil per 25 cm dari titik yang ditinjau.

d) Perhitungan Lengkung Debit:

Diambil contoh:

Untuk  $h = 3.0 \text{ m}$ , maka:

$$P = 2,830 + 19,81 + 5,137 + 13 = 40,777 \text{ m}$$



Gambar 4.19. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 3

$$A = 90,566 \text{ m}^2$$

$$R = 90,566 / 40,777 = 2,221 \text{ m}$$

$$(Z_1 = 132 \text{ m, dan } Z_5 = 117 \text{ m serta } L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m})$$

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{sungai}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$I = 0,00361$  (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$n_1 = 0,0383$  (Dasar Sungai)

$n_2 = 0,0240$  (Tanggul)

$n_3 = 0,08733$  (Bantaran Banjir)

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot n_i^2}{\sum P}}$$

$$n_c = \sqrt{\frac{[(2,83 \times 0,0240^2) + (19,810 \times 0,0383^2) + (5,137 \times 0,0240^2) + (13,00 \times 0,08733^2)]}{40,777}}$$

$n_c = 0,0571$

Kecepatan aliran:  $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

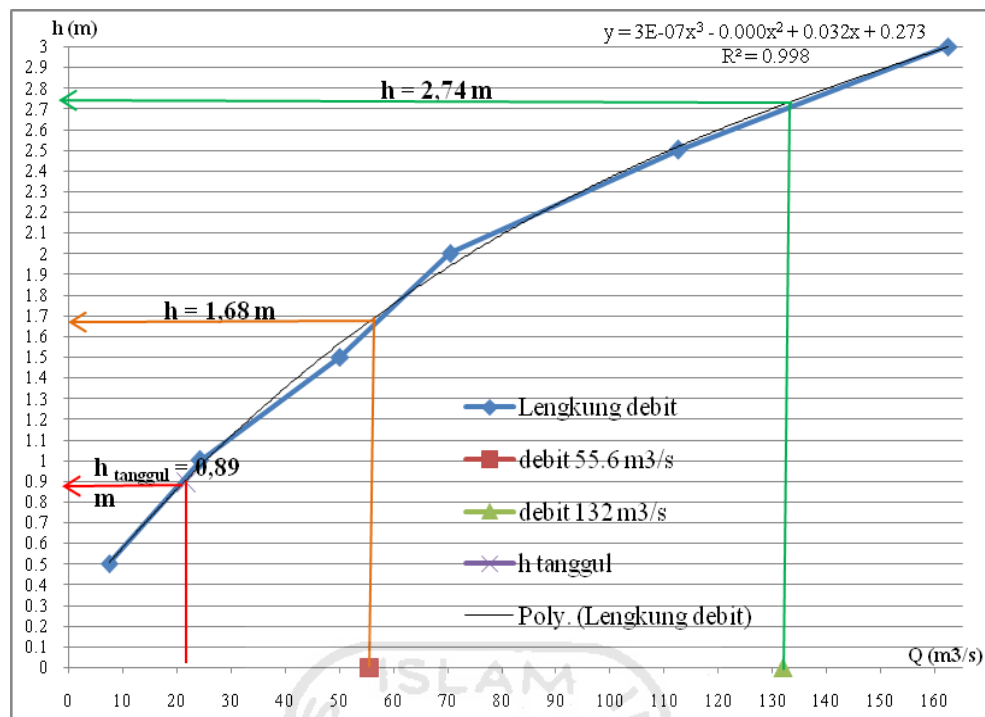
$$V = \frac{1}{0,0571} \times (2,221)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

$V = 1,7924 \text{ m/s}$

Debit Aliran:  $Q = A \times V$

$$Q = 90,566 \text{ m}^2 \times 1,7924 \text{ m/s}$$

$$Q = 162,3297 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.20. Grafik Lengkung Debit (hubungan  $h$  dan  $Q$ )

Hasil dari perhitungan debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pada tabel lengkung debit ini di dapat tingginya adalah  $h = 1,68 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $55,686 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  di dapat tingginya adalah  $h = 2,74 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $132,563 \text{ m}^3/\text{s}$ .

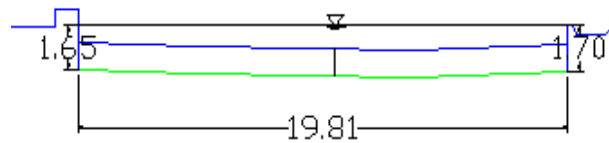
e) Perhitungan Normalisasi Sungai:

Normalisasi sungai dengan menurunkan dasar sungai setiap  $25 \text{ cm}$ , dengan menggunakan Rumus Koefisien Kekasaran Manning's. Di tinjau tinggi dari muka air (tanggul terendah) sampai kedalaman yang mau ditinjau.

Diambil contoh:

Untuk  $h = 1.0 \text{ m}$  (Pada kedalaman  $1 \text{ m}$  dari tinggi muka air) , maka:

$$P = 3,350 + 19,810 = 23,160 \text{ m}$$



Gambar 4.21. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 3

Keterangan: Garis berwarna biru = Dasar Sungai Asli

Garis berwarna hijau = Dasar Sungai di Normalisasi

$$A = 36,0305 \text{ m}^2$$

$$R = 36,0305 / 23,160 = 1,5558 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132 \text{ m}$ , dan  $Z_5 = 117 \text{ m}$  serta  $L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m}$ )

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$$I = 0,00361 \text{ (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)}$$

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{[(3,350 \times 0,0240^2) + (19,810 \times 0,0383^2)]}{23,160}}$$

$$n_c = 0.0366$$

Kecepatan aliran: 
$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

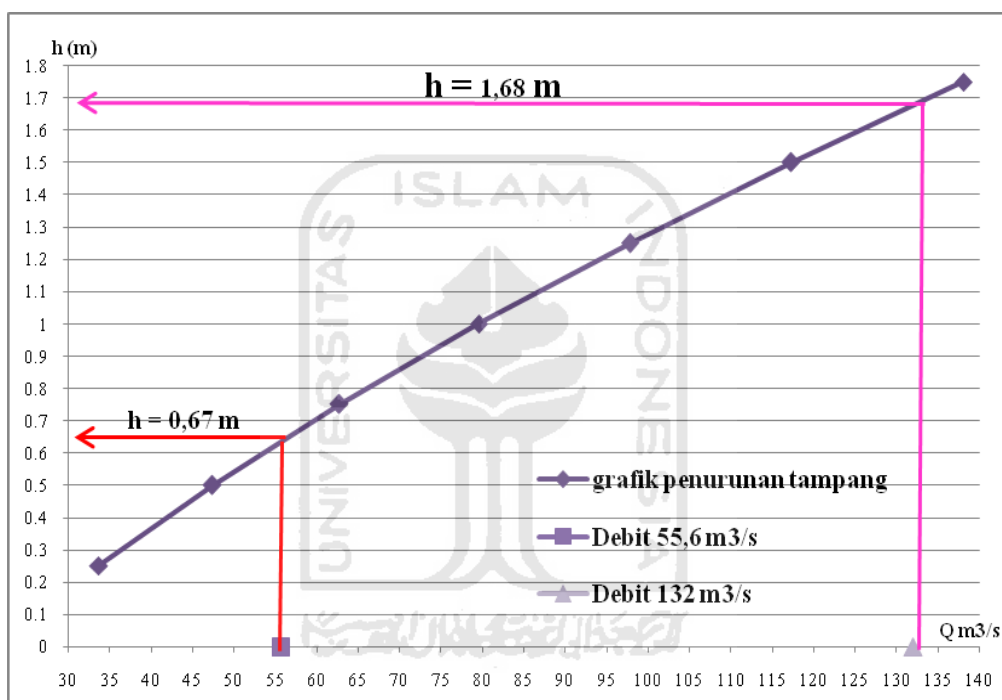
$$V = \frac{1}{0,0366} \times (1,5558)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

$$V = 2,2056 \text{ m/s}$$

Debit Aliran: 
$$Q = A \times V$$

$$Q = 36,0305 \text{ m}^2 \times 2,2056 \text{ m/s}$$

$$Q = 79,4689 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.22. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan h dan Q)

Pada titik kontrol 3 perlu dinormalisasi, agar daya tampung sungai mencapai debit tertentu ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pada titik kontrol 3 perlu dilakukan pengerukan sedalam 67 cm dari dasar sungai. Hasil debitnya sebesar  $55,629 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  diperlukan pengerukan sedalam 168 cm dari dasar sungai. Adapun hasil debitnya sebesar  $132,062 \text{ m}^3/\text{s}$ .



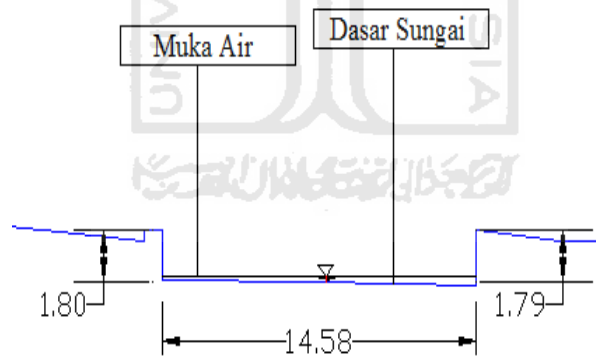
#### 4. Titik kontrol 4, Sayidan

a) Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.23, sebagai berikut:



Gambar 4.23. Sungai Code (Titik Kontrol 4)

b) Gambar Penampang Sungai



Gambar 4.24. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 4

c) Analisis Perhitungan

Untuk menentukan nilai koefisien kekasaran manning perlu dilakukan kalibrasi antara debit teoritik dengan debit lapangan, sehingga nilai debitnya tidak terlalu jauh dari dari debit pengukuran dilapangan. Dan di dapat nilai koefisien kekasaran manning's. Untuk analisis perhitungan bertujuan untuk

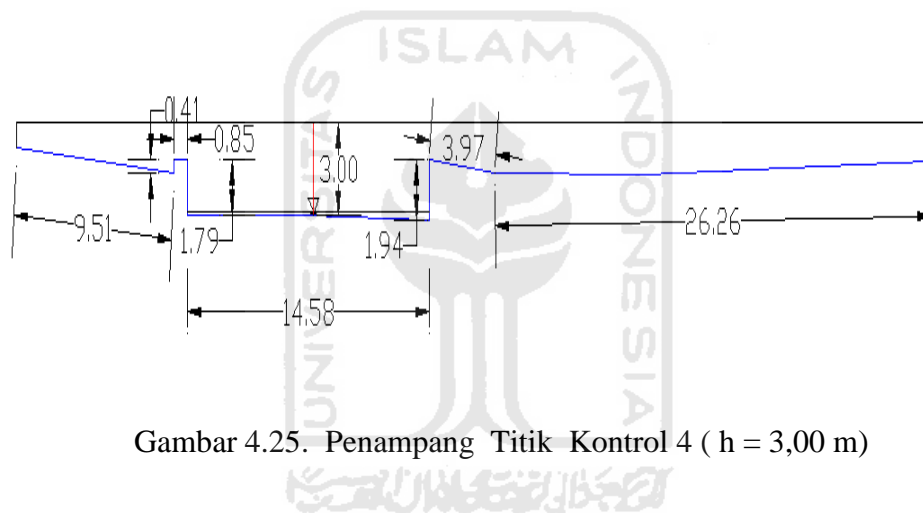
menentukan debit banjir  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  dan menormalisasikan tampang sungai akibat erupsi Gunung Merapi, dengan meninjau per 50 cm dari titik yang ditinjau untuk debit aman banjir, dan untuk Normalisasi sungai diambil per 25 cm dari titik yang ditinjau.

d) Perhitungan Lengkung Debit:

Diambil contoh:

Untuk  $h = 3,0 \text{ m}$ , maka:

$$P = 3,05 + 14,58 + 1,94 + 20 = 39,57 \text{ m}$$



Gambar 4.25. Penampang Titik Kontrol 4 ( $h = 3,00 \text{ m}$ )

$$A = 102,0103 \text{ m}^2$$

$$R = 102,0103 / 39,570 = 2,5780 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132 \text{ m}$ , dan  $Z_5 = 117 \text{ m}$  serta  $L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m}$ )

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$I = 0,00361$  (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

$$n_3 = 0,08733 \text{ (Bantaran Banjir)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot n_i^2}{\sum P}}$$

$$n_c = \sqrt{\frac{[(3,05 \times 0,0240^2) + (14,580 \times 0,0383^2) + (1,94 \times 0,0240^2) + (20 \times 0,08733^2)]}{39,570}}$$

$$n_c = 0,0669$$

Kecepatan aliran:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,0669} \times (2,5780)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

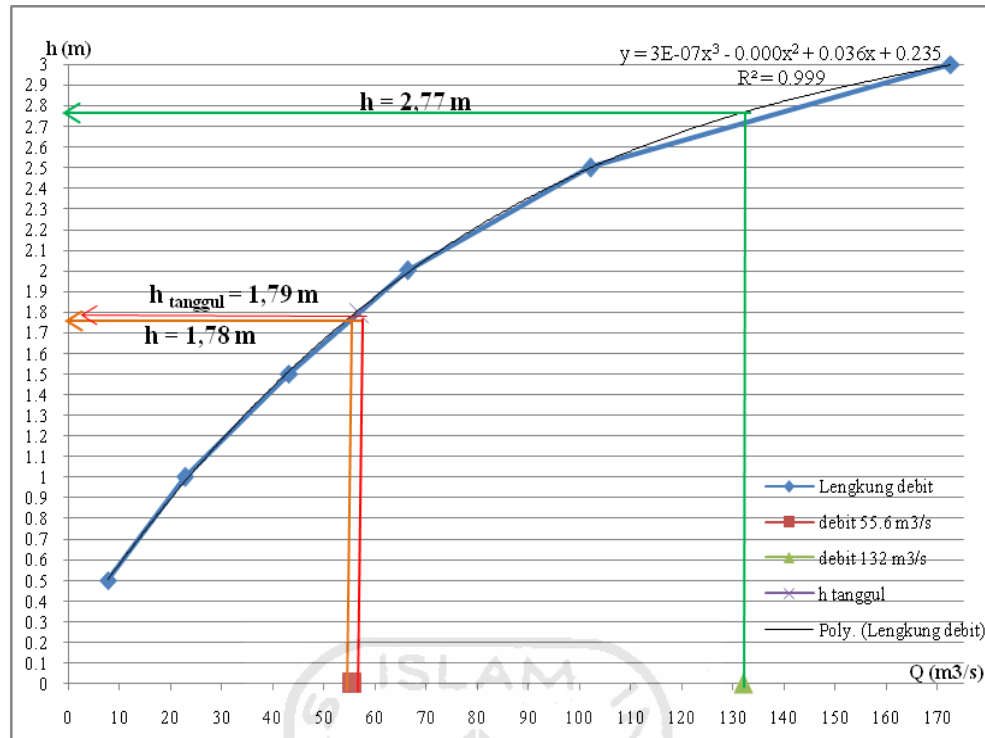
$$V = 1,6897 \text{ m/s}$$

Debit Aliran:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 102,0103 \text{ m}^2 \times 1,6897 \text{ m/s}$$

$$Q = 172,3669 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.26. Grafik Lengkung debit (hubungan  $h$  dan  $Q$ )

Hasil dari perhitungan debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pada tabel lengkung debit ini di dapat tingginya adalah  $h = 1,78 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $55,619 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  di dapat tingginya adalah  $h = 2,77 \text{ m}^3/\text{s}$  didapat debit sebesar  $132,526 \text{ m}^3/\text{s}$ .

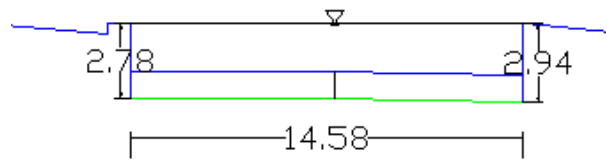
e) Perhitungan Normalisasi Sungai:

Normalisasi sungai dengan menurunkan dasar sungai setiap  $25 \text{ cm}$ , dengan menggunakan Rumus Koefisien Kekasaran Manning's. Di tinjau tinggi dari muka air (tanggul terendah) sampai kedalaman yang mau ditinjau.

Diambil contoh:

Untuk  $h = 1.0 \text{ m}$  (Pada kedalaman  $1 \text{ m}$  dari tinggi muka air) , maka:

$$P \ 5,720 + 14,58 = 20,30 \text{ m}$$



Gambar 4.27. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 4

Keterangan: Garis berwarna biru = Dasar Sungai Asli

Garis berwarna hijau = Dasar Sungai di Normalisasi

$$A = 41,1161 \text{ m}^2$$

$$R = 41,1161 / 20,30 = 2,0255 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132 \text{ m}$ , dan  $Z_5 = 117 \text{ m}$  serta  $L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m}$ )

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$$I = 0,00361 \text{ (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)}$$

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{[(5,270 \times 0,0240^2) + (14,580 \times 0,0383^2)]}{20,800}}$$

$$n_c = 0,0349$$

Kecepatan aliran:  $V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

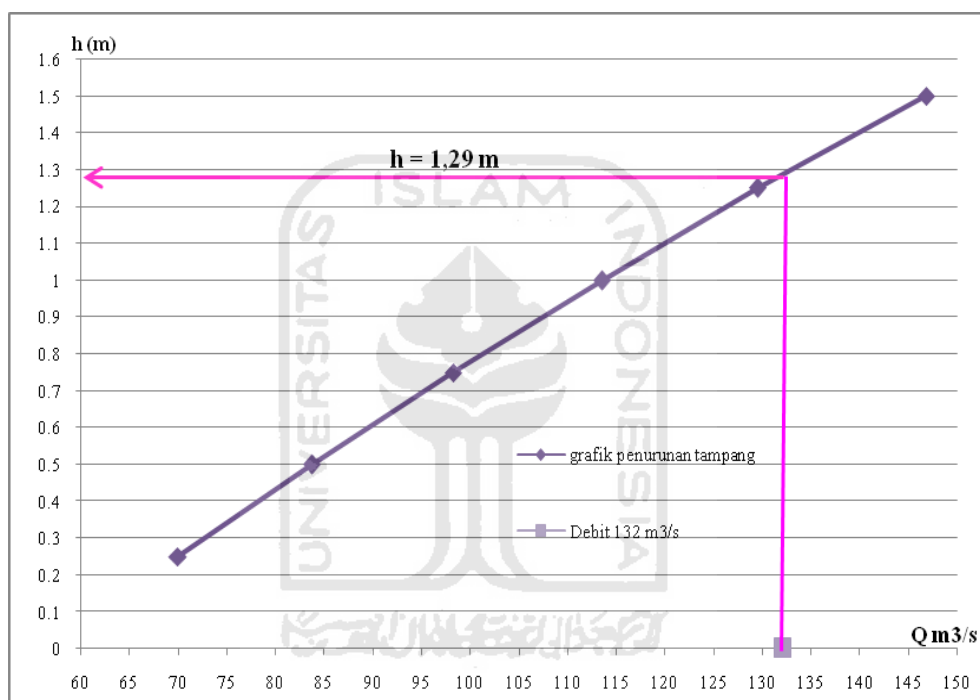
$$V = \frac{1}{0,0349} \times (2,0255)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

$$V = 2,7578 \text{ m/s}$$

Debit Aliran:  $Q = A \times V$

$$Q = 41,1161 \text{ m}^2 \times 2,7578 \text{ m/s}$$

$$Q = 113,390 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.28. Normalisasi Sungai (hubungan antara h dan Q)

Pada titik kontrol 4 perlu dinormalisasi, agar daya tampung sungai mencapai debit tertentu ( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Pada titik kontrol 4 perlu dilakukan pengerukan sedalam 129 cm dari dasar sungai. Hasil debitnya sebesar  $132,072 \text{ m}^3/\text{s}$ . Debit aman banjir pada titik kontrol 4 adalah  $57,007 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan tinggi tebing terendah sebesar 1,79 m.

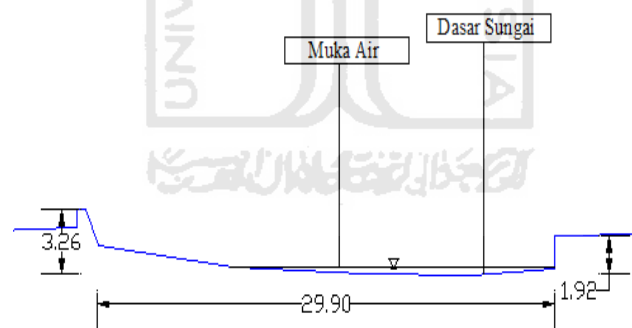
## 5. Titik kontrol 5, Bendung Mergangsan

a) Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.29, sebagai berikut:



Gambar 4.29. Sungai Code (Titik Kontrol 5)

b) Gambar Penampang Sungai



Gambar 4.30. Penampang Melintang Sungai Code Titik Kontrol 5

c) Analisis Perhitungan

Untuk menentukan nilai koefisien kekasaran manning perlu dilakukan kalibrasi antara debit teoritik dengan debit lapangan, sehingga nilai debitnya tidak terlalu jauh dari dari debit pengukuran dilapangan. Dan di dapat nilai koefisien kekasaran manning's. Untuk analisis perhitungan bertujuan untuk

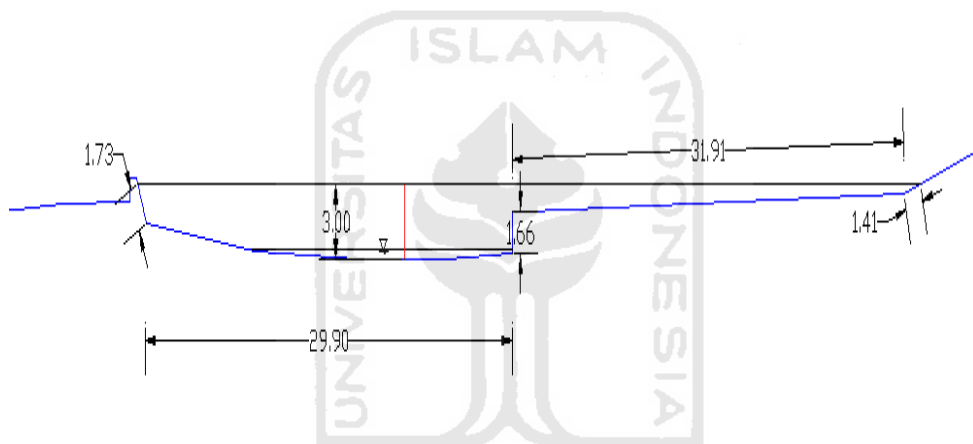
menentukan debit banjir  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  dan menormalisasikan tampang sungai akibat erupsi Gunung Merapi, dengan meninjau per 50 cm dari titik yang ditinjau untuk debit aman banjir, dan untuk Normalisasi sungai diambil per 25 cm dari titik yang ditinjau.

d) Perhitungan Lengkung Debit:

Diambil contoh:

Untuk  $h = 3.0 \text{ m}$ , maka:

$$P = 1,73 + 29,90 + 1,66 + 25 = 58,29 \text{ m}$$



Gambar 4.31. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 5

$$A = 104,0621 \text{ m}^2$$

$$R = 104,0621 / 58,29 = 1,7853 \text{ m}$$

( $Z_1 = 132 \text{ m}$ , dan  $Z_5 = 117 \text{ m}$  serta  $L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m}$ )

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$$I = 0,00361 \text{ (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)}$$



Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

$$n_3 = 0,08733 \text{ (Bantaran Banjir)}$$

Untuk menentukan nilai  $n_c$ , sebagai berikut:

$$n_c = \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot n_i^2}{\sum P}}$$

$$n_c = \sqrt{\frac{[(1,73 \times 0,0240^2) + (29,90 \times 0,0383^2) + (1,66 \times 0,0240^2) + (25 \times 0,08733^2)]}{58,29}}$$

$$n_c = 0,0637$$

Kecepatan aliran:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}_s$$

$$V = \frac{1}{0,0637} \times (1,7853)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

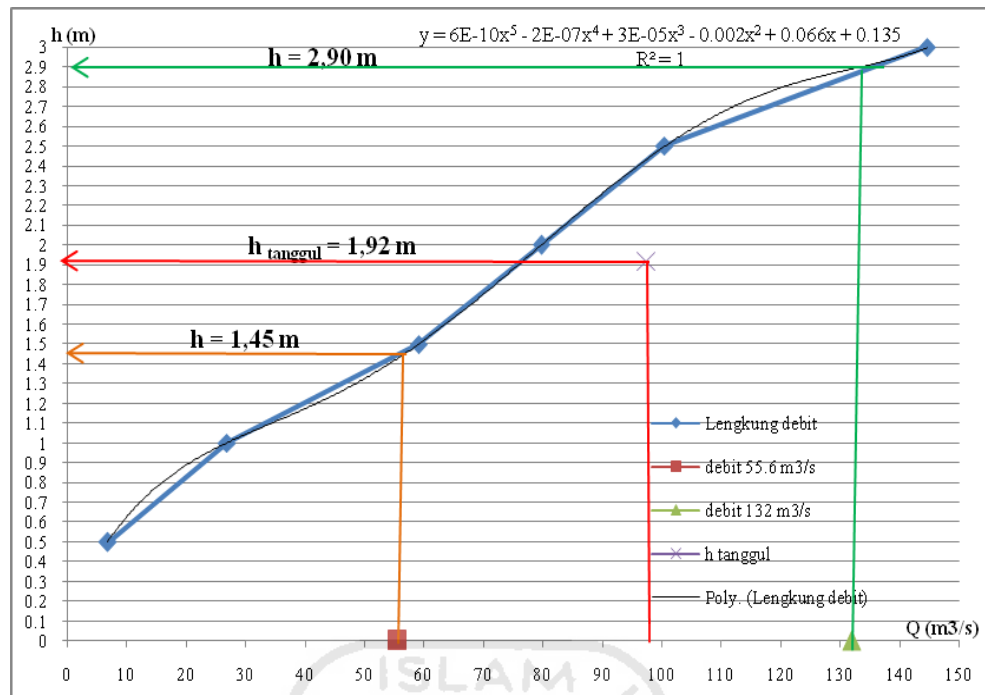
$$V = 1,389 \text{ m/s}$$

Debit Aliran:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 104,062 \text{ m}^2 \times 1,389 \text{ m/s}$$

$$Q = 144,552 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.32. Grafik Lengkung Debit (hubungan  $h$  dan  $Q$ )

Hasil dari perhitungan debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pada tabel lengkung debit ini di dapat tingginya adalah  $h = 1,45 \text{ m}$  didapat debit sebesar  $55,675 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  di dapat tingginya adalah  $h = 2,90 \text{ m}^3/\text{s}$  didapat debit sebesar  $132,637 \text{ m}^3/\text{s}$ .

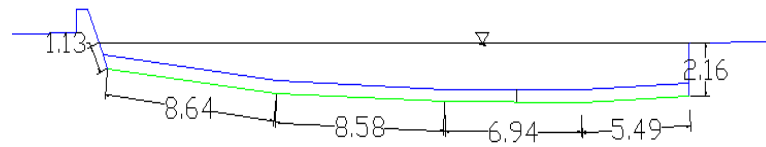
e) Perhitungan Normalisasi Sungai:

Normalisasi sungai dengan menurunkan dasar sungai setiap  $25 \text{ cm}$ , dengan menggunakan Rumus Koefisien Kekasaran Manning's. Di tinjau tinggi dari muka air (tanggul terendah) sampai kedalaman yang mau ditinjau.

Diambil contoh:

Untuk  $h = 0,50 \text{ m}$  (Pada kedalaman  $0,50 \text{ m}$  dari tinggi muka air) , maka:

$$P = 3,29 + 29,65 = 32,940 \text{ m}$$



Gambar 4.33. Keliling Basah (P) Titik Kontrol 5

$$A = 61,9951 \text{ m}^2$$

$$R = 61,9951 / 32,940 = 1,8821 \text{ m}$$

$$(Z_1 = 132 \text{ m, dan } Z_5 = 117 \text{ m serta } L_{\text{sungai}} = 4150 \text{ m})$$

$$I = \frac{(Z_1 - Z_5)}{L_{\text{sungai}}}$$

$$I = \frac{(132 - 117)}{4150}$$

$$I = 0,00361 \text{ (diambil dari elevasi titik 1 sampai 5)}$$

Diketahui nilai koefisien kekasaran atas dasar kalibrasi debit didapat:

$$n_1 = 0,0383 \text{ (Dasar Sungai)}$$

$$n_2 = 0,0240 \text{ (Tanggul)}$$

$$n_c = \sqrt{\frac{[(3,290 \times 0,0240^2) + (29,650 \times 0,0383^2)]}{33,820}}$$

$$n_c = 0,0372$$

Kecepatan aliran: 
$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

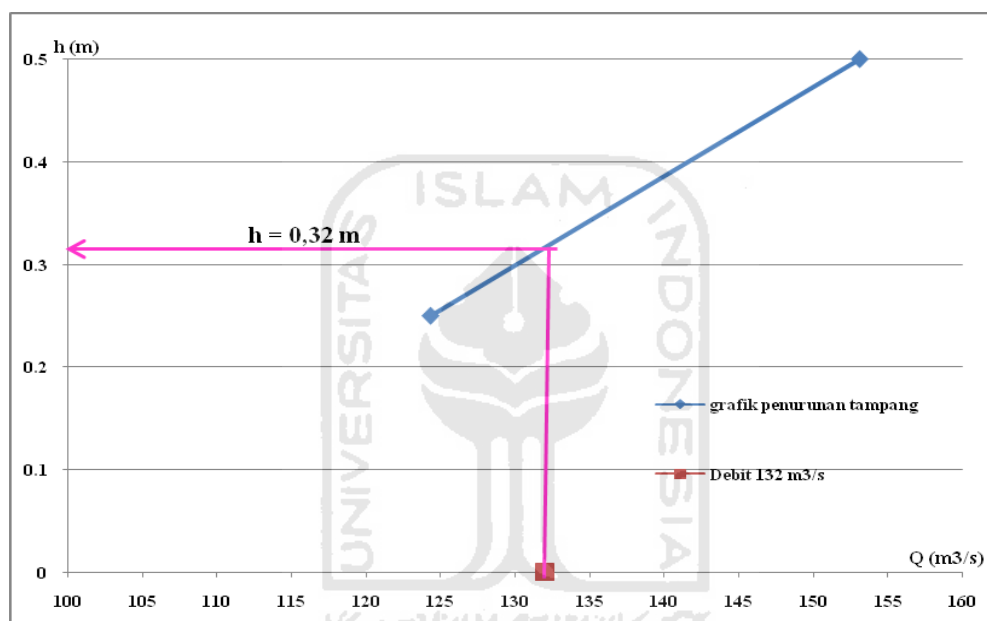
$$V = \frac{1}{0,0372} \times (1,8821)^{2/3} \times (0,00361)^{1/2}$$

$$V = 2,4637 \text{ m/s}$$

Debit Aliran: 
$$Q = A \times V$$

$$Q = 61,9951 \text{ m}^2 \times 2,4637 \text{ m/s}$$

$$Q = 152,7374 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 4.34. Grafik Normalisasi Sungai (hubungan  $h$  dan  $Q$ )

Pada titik kontrol 5 perlu dinormalisasi, agar daya tampung sungai mencapai debit tertentu (132 m<sup>3</sup>/s). Pada titik kontrol 5 perlu dilakukan pengerukan sedalam 32 cm dari dasar sungai. Hasil debitnya sebesar 132,032 m<sup>3</sup>/s. Debit aman banjir pada titik kontrol 5 adalah 97,427 m<sup>3</sup>/s dengan tinggi tebing terendah sebesar 1,92 m.

## BAB V

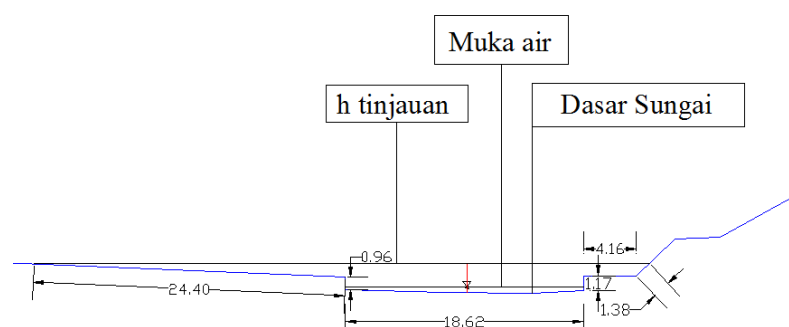
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. HASIL PENELITIAN

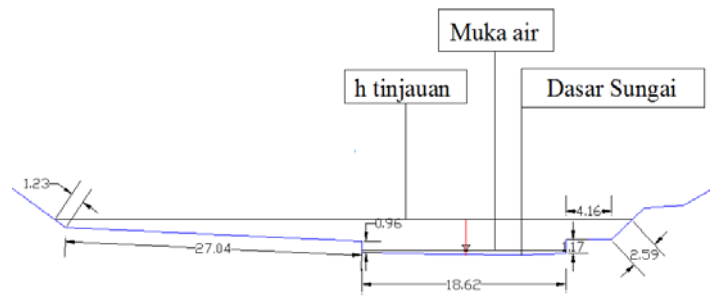
Dari analisis data didapat tinggi muka air banjir dan kedalaman tampang Sungai Code yang dilakukan penggerukkan (Normalisasi Sungai) pada masing-masing titik kontrol dengan mengacu pada debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  serta debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$ , adalah sebagai berikut ini.

##### 1. Titik Kontrol 1, Terban

Pada titik kontrol 1 didapatkan tinggi air untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  adalah sebesar  $2,20 \text{ m}$  terhadap dasar sungai terendah, sedangkan tinggi tanggul terendah adalah  $1,17 \text{ m}$ , sehingga tinggi air telah melebihi tanggul setinggi  $0,03 \text{ m}$ , berarti pada titik kontrol 1 terjadi banjir, demikian pula halnya untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan tinggi air sebesar  $3,08 \text{ m}$ , sehingga telah terjadi banjir dengan ketinggian air sebesar  $1,91 \text{ m}$  diatas tanggul terendah. Tinggi air untuk banjir  $55,6$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.1 dan 5.2

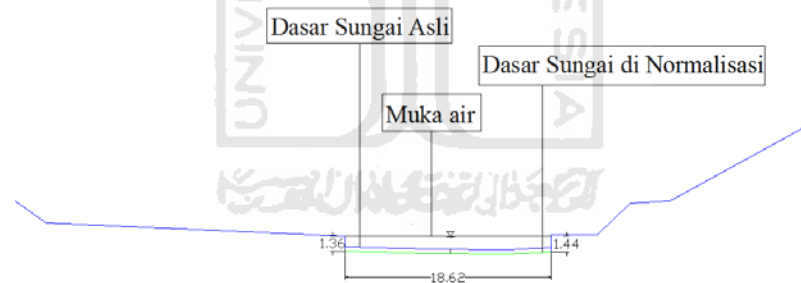


Gambar 5.1 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 2,20 \text{ m}$ ;  $Q = 55,673 \text{ m}^3/\text{s}$ )

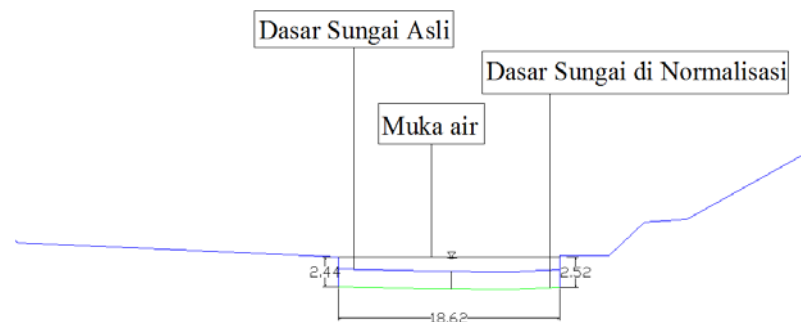


Gambar 5.2 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 3,08 \text{ m}$ ;  $Q = 132,132 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Dalam upaya normalisasi dengan pengerukkan, maka dari analisis tampang sungai agar aman terhadap debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 1 harus dilakukan pengerukkan sedalam  $0,40 \text{ m}$  dengan debit didapat sebesar  $55,630 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 1 harus dilakukan pengerukkan sedalam  $1,48 \text{ m}$  dengan debit didapat sebesar  $132,392 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.3 dan gambar 5.4



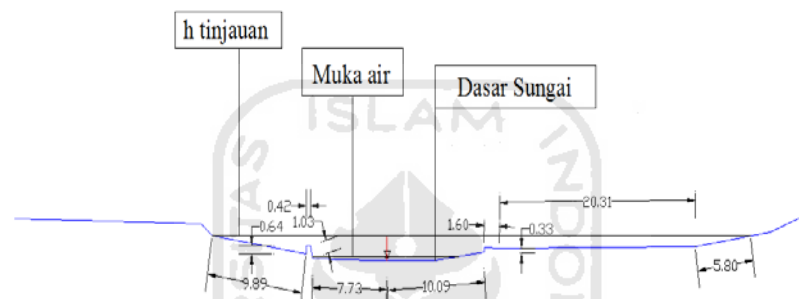
Gambar 5.3 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)



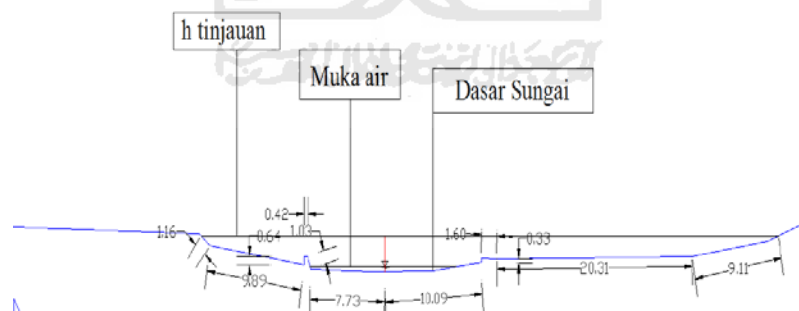
Gambar 5.4 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)

## 2. Titik Kontrol 2, Jogoyudan

Pada titik kontrol 2 didapatkan tinggi air untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  adalah sebesar  $1,99 \text{ m}$  terhadap dasar sungai terendah, sedangkan tinggi tanggul terendah adalah  $1,01 \text{ m}$ , sehingga tinggi air telah melebihi tanggul setinggi  $0,98 \text{ m}$ , berarti pada titik kontrol 2 terjadi banjir, demikian pula halnya untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan tinggi air sebesar  $2,73 \text{ m}$ , sehingga telah terjadi banjir dengan ketinggian air sebesar  $1,72 \text{ m}$  diatas tanggul terendah. Tinggi air untuk banjir  $55,6$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.5 dan 5.6



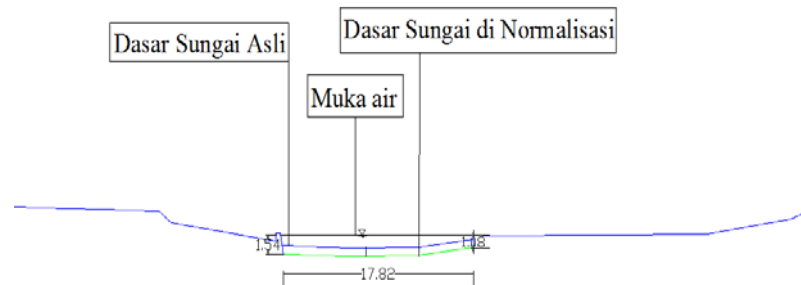
Gambar 5.5 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 1,99 \text{ m}$ ;  $Q = 55,655 \text{ m}^3/\text{s}$ )



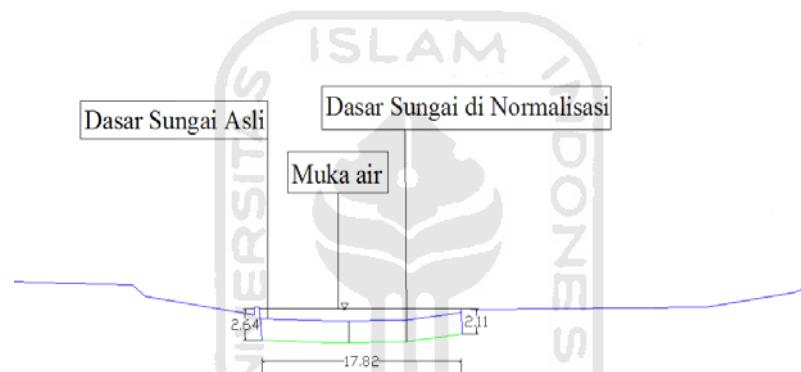
Gambar 5.6 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 2,73 \text{ m}$ ;  $Q = 132,148 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Dalam upaya normalisasi dengan pengerukkan, maka dari analisis tampang sungai agar aman terhadap debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 2 harus dilakukan pengerukkan sedalam  $0,68 \text{ m}$  dengan debit didapat sebesar  $55,616 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 1 harus dilakukan

penggerakkan sedalam 1,79 m dengan debit didapat sebesar  $132,602 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.7 dan gambar 5.8



Gambar 5.7 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)

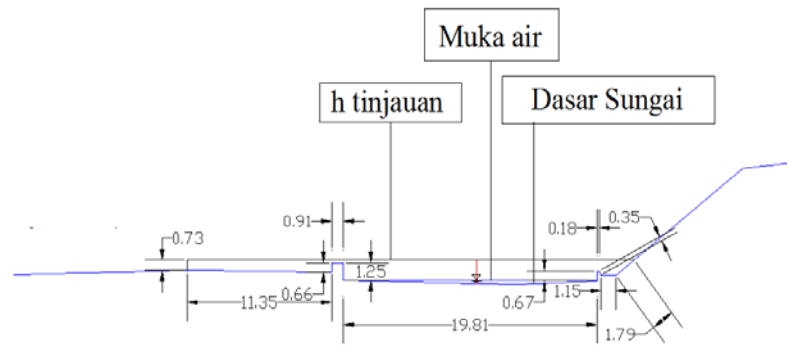


Gambar 5.8 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)

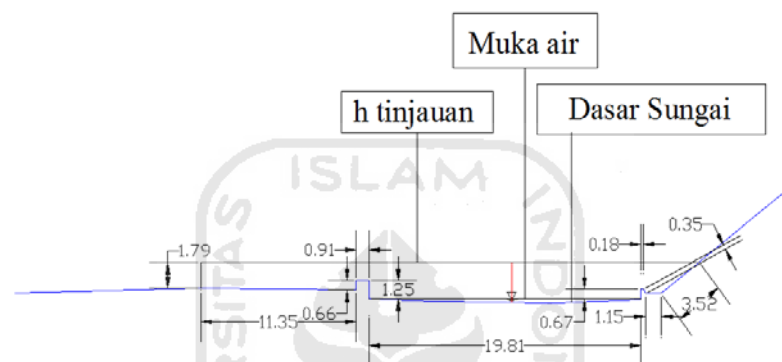
### 3. Titik Kontrol 3, Juminahan

Pada titik kontrol 3 didapatkan tinggi air untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  adalah sebesar 1,68 m terhadap dasar sungai terendah, sedangkan tinggi tanggul terendah adalah 0,89 m, sehingga tinggi air telah melebihi tanggul setinggi 0,79 m, berarti pada titik kontrol 3 terjadi banjir, demikian pula halnya untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan tinggi air sebesar 2,74 m, sehingga telah terjadi banjir dengan ketinggian air sebesar 1,85 m di atas tanggul terendah. Tinggi air untuk banjir  $55,6$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.9 dan 5.10



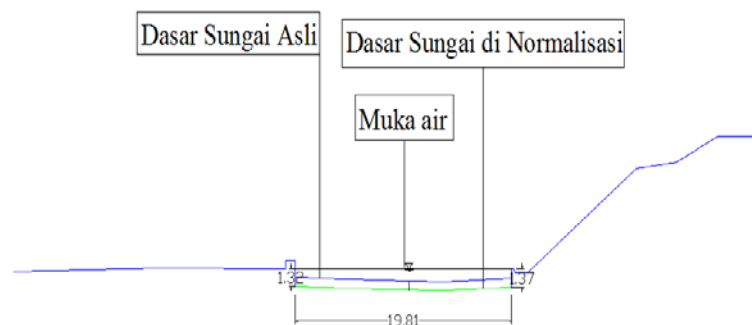


Gambar 5.9 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 1,68 \text{ m}$ ;  $Q = 55,686 \text{ m}^3/\text{s}$ )

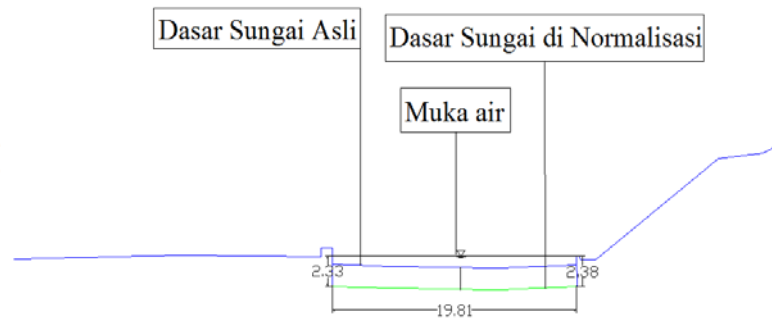


Gambar 5.10 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 2,74 \text{ m}$ ;  $Q = 132,563 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Dalam upaya normalisasi dengan pengerukkan, maka dari analisis tampang sungai agar aman terhadap debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 3 harus dilakukan pengerukkan sedalam  $0,67 \text{ m}$  dengan debit didapat sebesar  $56,629 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 3 harus dilakukan pengerukkan sedalam  $1,79 \text{ m}$  dengan debit didapat sebesar  $132,062 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.11 dan gambar 5.12



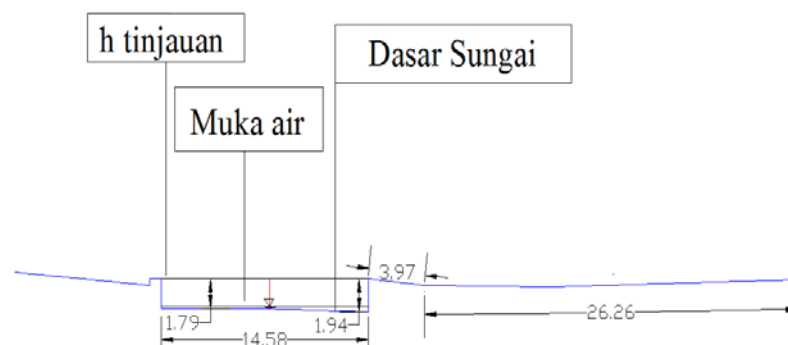
Gambar 5.11 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)



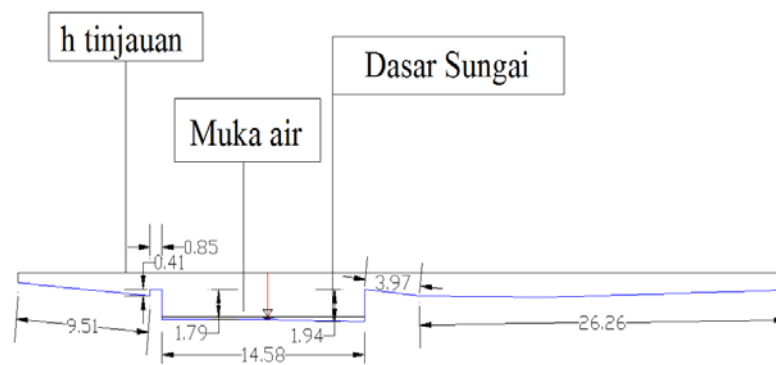
Gambar 5.12 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)

#### 4. Titik Kontrol 4, Sayidan

Pada titik kontrol 4 didapatkan tinggi air untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  adalah sebesar  $1,78 \text{ m}$  terhadap dasar sungai terendah, sedangkan tinggi tanggul terendah adalah  $1,79 \text{ m}$ , sehingga tinggi air tidak melebihi tanggul setinggi  $0,01 \text{ m}$ , berarti pada titik kontrol 4 tidak terjadi banjir, demikian pula halnya untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  didapatkan tinggi air sebesar  $2,77 \text{ m}$ , sehingga telah terjadi banjir dengan ketinggian air sebesar  $0,98 \text{ m}$  diatas tanggul terendah. Tinggi air untuk banjir  $55,6$  dan  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebagaimana terlihat pada gambar 5.13 dan 5.14

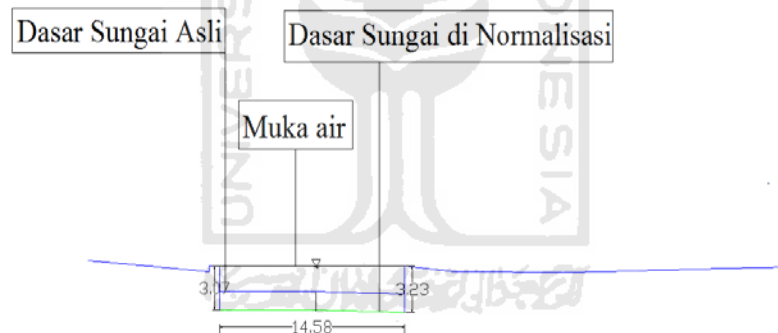


Gambar 5.13 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 1,78 \text{ m}$ ;  $Q = 55,619 \text{ m}^3/\text{s}$ )



Gambar 5.14 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 2,77$  m;  $Q = 132,526$  m<sup>3</sup>/s)

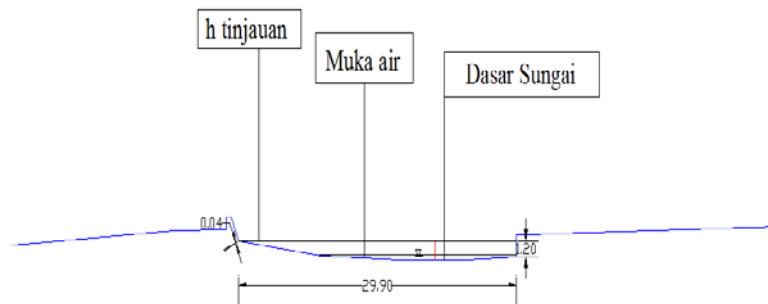
Dalam upaya normalisasi dengan pengerukkan, maka dari analisis tampang sungai agar aman terhadap debit 132 m<sup>3</sup>/s titik kontrol 4 harus dilakukan pengerukkan sedalam 1,29 m dengan debit didapat sebesar 132,072 m<sup>3</sup>/s, sebagaimana terlihat pada gambar 5.15.



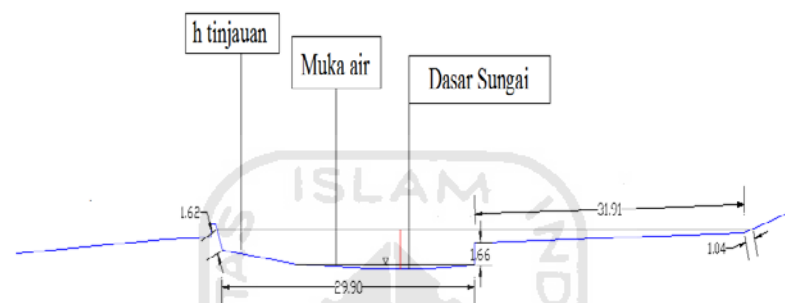
Gambar 5.15 Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)

##### 5. Titik Kontrol 5, Bendung Mergangsang

Pada titik kontrol 5 didapatkan tinggi air untuk debit 55,6 m<sup>3</sup>/s adalah sebesar 1,45 m terhadap dasar sungai terendah, sedangkan tinggi tanggul terendah adalah 1,92 m, sehingga tinggi air tidak melebihi tanggul setinggi 0,48 m, berarti pada titik kontrol 5 tidak terjadi banjir, sedangkan untuk debit 132 m<sup>3</sup>/s didapatkan tinggi air sebesar 2,90 m, sehingga telah terjadi banjir dengan ketinggian air sebesar 0,98 m diatas tanggul terendah. Tinggi air untuk banjir 132 m<sup>3</sup>/s sebagaimana terlihat pada gambar 5.16

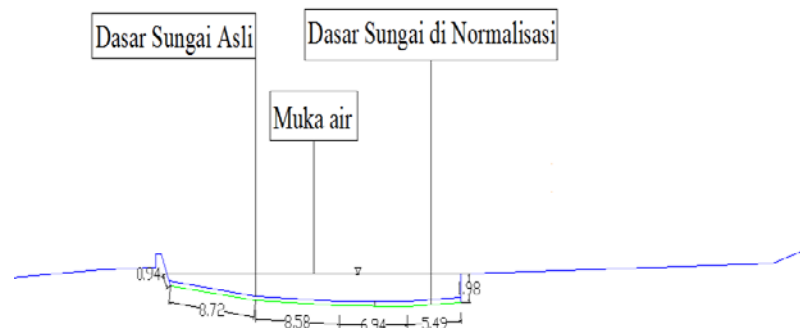


Gambar 5.16 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 1,45 \text{ m}$ ;  $Q = 55,675 \text{ m}^3/\text{s}$ )



Gambar 5.17 Tinggi Muka Air Banjir ( $h = 2,90 \text{ m}$ ;  $Q = 132,637 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Dalam upaya normalisasi dengan pengerukkan, maka dari analisis tampang sungai agar aman terhadap debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  titik kontrol 5 harus dilakukan pengerukkan sedalam  $0,32 \text{ m}$  dengan debit didapat sebesar  $132,03 \text{ m}^3/\text{s}$ , sebagaimana terlihat pada gambar 5.17.



Gambar 5.18. Penurunan Dasar Sungai (Normalisasi)

## 5.2. PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini diperlukan data pengukuran lapangan dan data instansional. Data pengukuran lapangan untuk menentukan elevasi dan jarak di setiap titik kontrol yang di tinjau, sedangkan data instansional untuk menentukan kalibrasi nilai kekasaran manning's. Data yang dipergunakan pada tahun 2009, pengambilan data dilakukan sekitar bulan Maret 2011. Data instansional 2010 belum bisa dipergunakan karena masih dalam penyusunan. Dari data instansional yang dipakai adalah persamaan "Garis Lengkung Debit". Cara kalibrasi nilai koefisien kekasaran manning's adalah  $Q_{teoritik} = Q_{lapangan}$ . Untuk menentukan debit lapangan ( $Q_{lapangan}$ ) digunakan persamaan "Garis Lengkung Debit" dari Balai PSDA Provinsi sedangkan untuk menentukan debit teoritik ( $Q_{teoritik}$ ) digunakan persamaan koefisien manning's. Tujuan kalibrasi adalah untuk menentukan angka kekasaran manning's di dasar sungai, tanggul, dan bantaran banjir yang mengacu pada  $Q_{teoritik} = Q_{lapangan}$ .

Kemudian didapat angka kekasaran manning' di dasar sungai, tanggul dan bantaran banjir. Syarat-syarat angka kekasaran manning's dapat di lihat pada buku "Ven Te Chow" dalam Hidrolika Saluran Terbuka, maka didapat besarnya angka kekasaran manning's yang akan digunakan untuk menghitung tinggi muka air banjir serta untuk menentukan normalisasi sungai. Semakin besar angka kekasaran manning's yang digunakan maka kecepatan aliran ( $v$ ) akan semakin kecil (kecepatannya menjadi sangat lambat), sebaliknya apabila angka kekasaran manning's yang digunakan kecil, maka akan timbul asumsi bahwa air yang mengalir tidak terhambat oleh adanya gesekan dengan permukaan penampang saluran.

Untuk menentukan tinggi muka air banjir digunakan tiga nilai angka kekasaran manning's, yaitu:  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ . Didalam analisis data dijelaskan bahwa nilai  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  berurutan sebagai berikut: 0,0383 (dasar sungai); 0,0240 (tanggul); 0,08733 (dataran banjir), sedangkan untuk perhitungan normalisasi sungai digunakan dua nilai angka kekasaran manning's, yaitu:  $n_1$  dan  $n_2$ . Didalam analisis data dijelaskan bahwa nilai  $n_1$  dan  $n_2$ , berurutan sebagai berikut: 0,0383 (dasar sungai); 0,0240 (tanggul). Untuk nilai  $n_1$  (dasar sungai), dianggap dasar sungainya adalah pasir kasar dengan syaratnya sebagai berikut ini: 0,030

(minimum); 0,040 (normal); 0,050 (maksimum), sedangkan untuk nilai  $n_2$  (tanggul), dianggap pasangan batu pecah di semen dengan syaratnya sebagai berikut ini: 0,017 (minimum); 0,025 (normal); 0,030 (maksimum), serta nilai  $n_3$  (dataran banjir), dianggap pohon-pohonan (batang kayu) dengan syaratnya sebagai berikut ini: 0,080 (minimum); 0,100 (normal); 0,120 (maksimum).

Bahaya sekunder yang diakibatkan oleh erupsi dari Gunung Merapi adalah banjir lahar. Banjir lahar membawa sejumlah material yang mengalir ke sisi selatan hilir sungai, sehingga terjadi pendangkalan pada tampang sungai. Untuk mengembalikan kondisi tampang sungai seperti semula, maka sungai harus dikeruk agar tidak terjadi banjir.

Pada metode pengendalian banjir menggunakan normalisasi sungai, dimana pada tiap titik kontrol yang ditinjau dengan menurunkan 25 cm pada tiap tampang (titik 0 dari dasar sungai yang ditinjau). Adapun pembahasan tiap titik kontrol sebagai berikut ini:

#### 1. Titik Kontrol 1, Terban

Pada titik kontrol 1 sisi kiri dan kanan tanggul terdapat pemukiman warga setempat yang jaraknya sangat dekat dengan bibir tanggul, sehingga sangat rawan apabila terjadi banjir lahar. Adapun ketinggian air banjir adalah 1,03 m untuk debit banjir terbesar kedua ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) serta 1,91 m untuk debit banjir pertama ( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ) terhadap tinggi tanggul terendah. Titik kontrol 1 perlu dilakukan normalisasi sungai, agar tampang sungai pada titik kontrol 1 dapat menampung debit banjir terbesar kedua. Normalisasi sungai yg dilakukan dengan melakukan penggerukkan sedalam 40 cm dari dasar sungai terendah untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebesar 148 cm, sehingga kapasitas tampang sungai dapat menampung debit tersebut. Titik kontrol 1 di daerah kelurahan Terban penggerukkan dilakukan secara manual, dikarenakan alat berat tidak ada akses jalan menuju ke sungai. Warga setempat bergotong-royong untuk menggeruk pasir yang ada di dasar sungai, sehingga hasil penggerukkan pasir tersebut bisa di jadikan peninggi di masing-masing sisi tanggul dan juga bisa di manfaatkan untuk menambah penghasilan dengan menjual pasir tersebut. Tak lama setelah banjir lahar tersebut, DPPM UII terjun langsung ke lapangan dengan

membantu para warga yang tinggal di bantaran sungai code di Kelurahan Terban di titik kontrol 1 yang diketuai oleh Bapak Setyo Winarno. Bapak Setyo Winarno langsung menggerakkan mahasiswa/i Fakultas Teknik Sipil dan perencanaan (FTSP) serta berkoordinasi dengan dosen-dosen Teknik Sipil pada umumnya, serta dosen yang paham tentang sungai khususnya.

## 2. Titik Kontrol 2, Jogoyudan

Pada titik kontrol 2 sisi kiri dan kanan tanggulnya sangat rendah, sehingga warga setempat yang tinggal di dataran sungai merasa sangat khawatir terhadap banjir lahar. Adapun ketinggian air banjir adalah 0,98 m untuk debit banjir terbesar kedua ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) serta 1,72 m untuk debit banjir pertama ( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ) terhadap tinggi tanggul terendah, sehingga pada daerah Kelurahan Jogoyudan ini sangat perlu di lakukan normalisasi sungai dengan maksud untuk mencengah air agar tidak menggenangi pemukiman warga setempat. Pada daerah ini perlu dilakukan penggerakkan sungai sedalaman 68 cm dari dasar sungai terendah, sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebesar 179 cm. Metode penggerakannya pada sisi hulu titik kontrol 2 menggunakan alat berat, sedangkan di titik kontrol 2 yang ditinjau dengan manual, yaitu: melibatkan warga setempat untuk proses penggerakannya. Hasil dari penggerakkan tersebut dijadikan untuk peninggi di masing-masing sisi tanggul, agar air ketika banjir lahar terjadi tidak langsung menggenangi pemukiman warga setempat. Adapun hasil lain dari proses penggerakkan bisa dijadikan penambah penghasilan bagi warga setempat dengan menjual material berupa pasir.

## 3. Titik Kontrol 3, Juminahan

Pada titik kontrol 3 ini daerahnya rendah, tetapi pada sisi kanan tanggul daerah terdapat dinding penahan yang terbuat dari pasangan batu pecah disemen serta di sisi kiri tanggul terdapat rumah susun berlantai 4 (dapat dilihat pada gambar 5.9 Tinggi Muka Air Banjir), sehingga warga setempat tidak terlalu panik mengatasi banjir lahar yang terjadi, tetapi di daerah hulu kelurahan Juminahan terdapat pemukiman warga yang berada di dekat tanggul sungai. Adapun ketinggian air banjir adalah 0,79 m untuk debit banjir terbesar kedua ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ )

serta 1,85 m untuk debit banjir pertama ( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ) terhadap tinggi tanggul terendah. Titik kontrol 3 perlu dilakukan normalisasi sungai, agar tampang sungai pada titik kontrol 3 dapat menampung debit banjir terbesar kedua. Normalisasi sungai yg dilakukan dengan melakukan penggerukkan sedalam 67 cm dari dasar sungai terendah, sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  sebesar 168 cm, sehingga kapasitas tampang sungai dapat menampung debit tersebut. Titik kontrol 3 di daerah kelurahan Juminahan penggerukkan dilakukan secara manual, dikarenakan alat berat tidak ada akses jalan menuju ke sungai. Warga setempat bergotong-royong untuk menggerak pasir yang ada di dasar sungai, sehingga hasil penggerukkan pasir tersebut bisa di jadikan peninggi di masing-masing sisi tanggul dan juga bisa di manfaatkan untuk menambah penghasilan dengan menjual pasir tersebut.

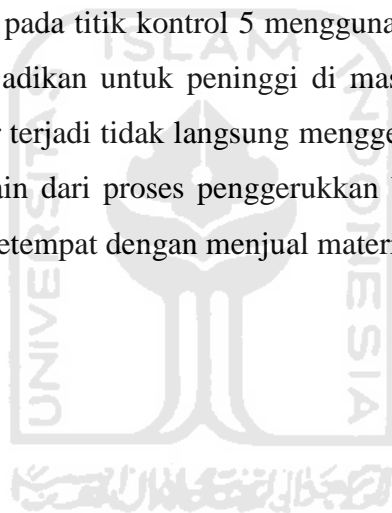
#### 4. Titik Kontrol 4, Sayidan

Pada titik kontrol 4 sangat ideal tampang sungainya, karena daerah dataran banjirnya cukup lebar dari bibir tanggul serta tanggulnya di masing-masing sisi cukup tinggi walau terjadi pendangkalan sungai akibat erupsi Gunung Merapi, sehingga warga setempat tidak terlalu panik mengatasi banjir lahar yang terjadi. Adapun ketinggian air banjir adalah 0,01 m untuk debit banjir terbesar kedua ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dibawah tinggi tanggul terendah dan 0,98 m untuk debit banjir pertama ( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ) terhadap tinggi tanggul terendah. Titik kontrol 4 perlu dilakukan normalisasi sungai, agar tampang sungai pada titik kontrol 4 dapat menampung debit banjir terbesar pertama. Normalisasi sungai yg dilakukan dengan melakukan penggerukkan sedalam 129 cm dari dasar sungai terendah, sehingga kapasitas tampang sungai dapat menampung debit tersebut. Metode penggerukkannya pada titik kontrol 4 menggunakan alat berat. Hasil dari penggerukkan tersebut dijadikan untuk peninggi di masing-masing sisi tanggul, agar air ketika banjir lahar terjadi tidak langsung menggenangi pemukiman warga setempat. Adapun hasil lain dari proses penggerukkan bisa dijadikan penambah penghasilan bagi warga setempat dengan menjual material berupa pasir.



#### 5. Titik Kontrol 5, Bendung Mergangsang

Pada titik kontrol 5 mempunyai lebar sungai yang sangat panjang, sehingga tidak terlalu khawatir terhadap banjir lahar yang akan terjadi. Dibagian hilir titik kontrol 5 yang ditinjau terdapat bendung. Bendung itu sendiri berfungsi untuk menaikkan tinggi muka air. Adapun ketinggian air banjir adalah 0,48 m untuk debit banjir terbesar kedua ( $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dibawah tinggi tanggul terendah serta 0,98 m untuk debit banjir pertama ( $132 \text{ m}^3/\text{s}$ ) terhadap tinggi tanggul terendah. Titik kontrol 5 perlu dilakukan normalisasi sungai, agar tampang sungai pada titik kontrol 5 dapat menampung debit banjir terbesar pertama. Normalisasi sungai yg dilakukan dengan melakukan penggerukkan sedalam 32 cm dari dasar sungai terendah, sehingga kapasitas tampang sungai dapat menampung debit tersebut. Metode penggerukkannya pada titik kontrol 5 menggunakan alat berat. Hasil dari penggerukkan tersebut dijadikan untuk peninggi di masing-masing sisi tanggul, agar air ketika banjir lahar terjadi tidak langsung menggenangi pemukiman warga setempat. Adapun hasil lain dari proses penggerukkan bisa dijadikan penambah penghasilan bagi warga setempat dengan menjual material berupa pasir.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan, maka dapat di buat kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Berdasarkan hasil analisis tinggi muka air banjir didapat tinggi dari masing-masing titik kontrol dari 1 sampai 5 untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  secara berurutan sebesar 2,20 m ; 1,99 m ; 1,68 m ; 1,78 m ; 1,45 m, sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  secara berurutan sebesar 3,08 m ; 2,73 m ; 2,74 m ; 2,77 m ; 2,90 m.
2. Adapun tinggi air yang melebihi tanggul terendah di titik kontrol 1 sampai 3 untuk debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  secara berurutan sebesar 1,03 m ; 0,98 m ; dan 0,79 m, sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  secara berurutan sebesar 1,91 m ; 1,72 m ; dan 1,85 m. Titik kontrol 4 dan 5 tinggi air berada di bawah tanggul terendah, sehingga aman terhadap debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Adapun nilai tinggi air sebesar 0,01 dan 0,48 m, sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  tinggi air secara berurutan sebesar 0,98 m ; dan 0,98 m pada titik kontrol 4 dan 5.
3. Berdasarkan hasil normalisasi sungai di titik kontrol 1 sampai 3 mengacu pada debit  $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$  secara berurutan sebesar 40 cm, 68 cm dan 67 cm, sedangkan untuk debit  $132 \text{ m}^3/\text{s}$  pada titik kontrol 1 sampai 5 secara berurutan sebesar 148 cm, 179 cm, 168 cm, 129 cm dan 32 cm.
4. Debit aman titik kontrol 1 sampai 5 secara berurutan:  $29,503 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $22,123 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $21,792 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $57,007 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $97,427 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 6.2. SARAN

Adapun saran-saran dari tugas akhir dalam bentuk penelitian langsung dilapangan adalah sebagai berikut:

1. Perlu diperhatikan bagi masyarakat yang tinggal di Kelurahan Terban dan Jogoyudan bahaya banjir sewaktu-waktu bisa mengancam jiwa mereka, karena pemukiman mereka sangat dekat dengan tebing sungai, sehingga daerah itu harus diseterilkan dan masyarakat setempat bisa menggungsi ke daerah yang lebih tinggi.
2. Untuk pemerintah setempat harus memperhatikan daerah-daerah pemukiman yang sangat dekat bibir tanggul, agar dalam program jangka panjang menanggulangi banjir daerah tersebut harus bebas dari bahaya banjir.
3. Untuk mengatasi banjir lahar, ada baiknya ditambah lagi bangunan penahan sedimen di daerah hulu, agar sedimen yang masuk di daerah hilir lebih sedikit jumlahnya.
4. Perlu adanya daerah bantaran banjir, agar bisa mengontrol debit banjir pada kriteria tertentu. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan daerah Sungai Code tidak mempunyai bantaran, palung sungai langsung bertemu dengan tanggul di masing-masing sisi, sehingga resiko terjadinya banjir cukup besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te (1985). Open Channel Hydraulics. Terjemahkan oleh Suyatman, dkk. 1985. Bandung.
- Handika, Dimas (2010). Kajian Kondisi Sub Das Code Atas Deviasi Antara Debit Analitik dengan Debit Terukur di Stasiun AWL Pogung, Tugas Akhir UII. Yogyakarta.
- Hamijaya, Fahmi Putra dan Patrio, M. Muslem (2000). Laporan Tugas Akhir JTS FTSP UII
- Jurusan Teknik Sipil (2010). Buku Pedoman Tugas Akhir. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam. Indonesia. Yogyakarta.
- Kiyotoko Mori, dkk (1976). Manual on Hydrology. Terjemahkan oleh Sosrodarsono Suyono, dkk. 2006. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Kodoatie, J. Robert dan Sugiyanto, (2002). Banjir dan Pengendaliannya.
- Maryono, Agus (2001). Penanggulangan Banjir dengan Konsep Eko-Hidrolik. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Prasetyo, Anton (2002). Laporan Tugas Akhir JTS FTSP UII
- Rina Oktariza, Rina dan Verawati, Laili (2003). Laporan Tugas Akhir JTS FTSP UII
- Siswoko (2007). “Banjir, Masalah Banjir, dan Upaya Mengatasinya”. di upload pada tanggal 10 Mei 201. (<http://bebasbanjir2025.wordpress.com/>).
- Sulistiono, Bambang. Modul Hidrologi Terapan (applied hydrology).
- Sulistiono, Bambang (2010). Prediksi Tinggi Genangan Banjir Kali Code Di Kota Yogyakarta Pasca Erupsi Merapi Tahun 2010. Yogyakarta.
- Suara Merdeka, Kali Code Meluap Genangi Ratusan Rumah, tanggal 23 Pebruari 2005, dalam artikel Bambang Sulistiono. Yogyakarta.
- Website Pemerintah Kabupaten Sleman, [www.slemanb.go.id](http://www.slemanb.go.id); tanggal 23 November 2010.

# LAMPIRAN

