



**ANALISIS PROFIL MUKA AIR DAN LUAS GENANGAN DI
LAHAN AKIBAT VARIASI POSISI SUDETAN SUNGAI
CILIWUNG**

TESIS

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister**



Oleh :

ROGANDA PARULIAN SIGALINGGING

NIM. 126060400011018

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAIRAN
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

TESIS

**ANALISIS PROFIL MUKA AIR DAN LUASAN GENANGAN DI LAHAN AKIBAT
VARIASI POSISI SUDETAN SUNGAI CILIWUNG**

Oleh:

ROGANDA PARULIAN SIGALINGGING

Dipertahankan didepan penguji

Pada tanggal 12 Juni 2015

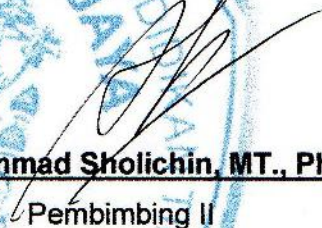
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Komisi Pembimbing,



Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS.

Pembimbing I



Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D.

Pembimbing II

Malang, Juni 2015

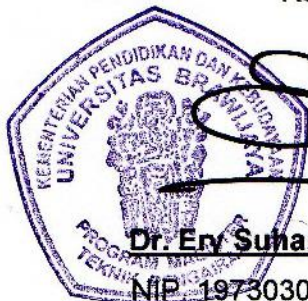
Universitas Brawijaya

Fakultas Teknik

Jurusan Teknik Pengairan

Program Magister Teknik Pengairan

Ketua,



Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.

NIP. 19730305 199903 1 002

LEMBAR IDENTITAS PENGUJI

JUDUL TESIS

Analisis Profil Muka Air Dan Luas Genangan Di Lahan Akibat Variasi Posisi
Sudetan Sungai Ciliwung

Nama Mahasiswa : ROGANDA PARULIAN SIGALINGGING

NIM : 126060400011017

Program Studi : Magister Teknik Pengairan

Minat : Manajemen Sumber Daya Air

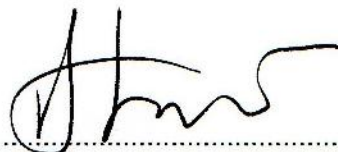
KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS.

Anggota : Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D.

TIM DOSEN PENGUJI

Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS.



Penguji 2 : Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D.



Penguji 3 : Dr. Ir. Endang Purwati, MP.



Penguji 4 : Dr. Very Dermawan, ST., MT.



Tanggal Ujian Tesis : 12 Juni 2015

SK Penguji : 452/UN.10.6/SK/2015

**PERNYATAAN
ORISINALITAS TESIS**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TESIS ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TESIS ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TESIS ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU no.20 tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Juni 2015

Mahasiswa,



Nama :Roganda Parulian Sigalingging

NIM : 126060400011018

PM : Teknik Pengairan

FT UB

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Roganda Parulian Sigalingging, lahir pada tanggal 22 Januari 1987 di Kota Ujung Pandang. Penulis merupakan anak ke dua dari empat bersaudara pasangan Alm. Raden Sigalingging dan Dra. Berliana Lumantoruan.

Penulis merupakan seorang Pegawai Negeri Sipil pada Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang-Kementerian Pekerjaan Umum. Sebelum melanjutkan program studi S2

Manajemen Sumber Daya Air di Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, penulis menyelesaikan studi S1 di Teknik Sipil ITS (Institut teknologi Sepuluh Nopember). Dalam penyelesaian studi S2 di Universitas, penulis merupakan mahasiswa beasiswa kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dengan Universitas Brawijaya tahun 2013-2015.

Guna menyelesaikan studi, penulis menyusun tesis dengan judul ***“Analisis Profil Muka Air dan Luas Genangan di Lahan Akibat Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung”*** di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS. dan Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D. yang telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 12 Juni 2015 dengan Indeks Prestasi Kumulatif 3,80.

RINGKASAN

Roganda Parulian Sigalingging, Program Magister Teknik Pengairan, Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Juni 2015. Analisis Profil Muka Air Dan Luas Genangan Di Lahan Akibat Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung. Komisi Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS. dan Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D.

DKI Jakarta dalam beberapa tahun terakhir sering mengalami banjir akibat Sungai Ciliwung. Adanya banjir yang terjadi maka pemerintah dalam hal ini Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung Cisadane-Kementerian Pekerjaan Umum mencoba memberikan solusi yang disebut *Total Solution for Ciliwung*. Salah satu kegiatan dalam *Total Solution* tersebut adalah melakukan sudetan di Kalibata dan di Kebon Baru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebijakan pemerintah berkaitan dengan sudetan Sungai Ciliwung. Lokasi Sudetan ada 3 (tiga) lokasi, yaitu di Kalibata, di Kebon Baru, dan di Kampung Melayu. Perhitungan dilakukan dengan melakukan variasi posisi di tiga lokasi. Ada 7 variasi posisi yang dilakukan. Model simulasi menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0. Hasil perhitungan menunjukkan variasi posisi 7 yaitu sudetan di Kalibata, di Kebon Baru dan di Kampung Melayu menjadi variasi yang paling optimal dalam mengurangi banjir. Hasil sudetan dengan variasi posisi 7 adalah profil muka air di patok 260 berupa aliran sub kritis/tenang dengan elevasi muka air +18,54 m atau berkurang 0,48 m dari kondisi eksisting +19,02 m. Luas genangan yang terjadi akibat sudetan dengan variasi posisi 7 sebesar 2,3502 km² berkurang 0,596 km² (20,24%) dari kondisi eksisting 2,9466 km².

Kata kunci : DKI Jakarta, Sungai Ciliwung, variasi posisi, profil muka air, luas genangan .

SUMMARY

Roganda Parulian Sigalingging, Watery Engineering Master Program, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya. Juni 2015. Analysis Of Water Surface Profile and The Extent of Inundation on Land Due to Variation Potition of Divertion Ciliwung River. Lecturer: Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS. and Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D.

In recent years, DKI Jakarta was frequently flooded by The Ciliwung River. In this case, The government of Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung Cisadane-Kementerian Pekerjaan Umum was trying to provide a solution which called Total Solution for Ciliwung,. One of the Total Solution activities Total Solution is doing diversion channel in Kalibata and Kebon Baru. This study aimed to analyze the government's policy that related to diversion of Ciliwung River. There are 3 (three) locations of diversion. The location are in Kalibata, Kebon Baru, and Kampung Melayu. Calculation was done by variation of the position at three locations. There are 7 variations of position which done. The model of simulation was using HEC-RAS 4.1.0 program. The result of diversion in 7th variation position is the water profile in the point 260 that form of sub critical flow/tranquil with water level +18,54 m or less 0,48 m in the existing condition +19.02 m. Extensive inundation caused by variation position 7 of diversion is 2,3502 km² reduced 0,596 km² (20,24%) of existing condition 2,9466 km².

Key word : DKI Jakarta, Ciliwung River, variation position, water profile, extensive inundation .



KATA PENGANTAR

Puji, Syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah menyertai dalam penyelesaian tesis ini. Penulisan ini merupakan bagian dari salah satu kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan perkuliahan yang ada pada Pasca Sarjana Universitas Brawijaya. Adapun judul dalam tesis ini adalah tugas ini disajikan sajian rencana pemodelan yang akan digunakan untuk tesis yang berjudul **“Analisis Profil Muka Air Dan Luas Genangan Di Lahan Akibat Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung”**.

Penelitian ini menjadi bagian dari studi terhadap solusi yang dilakukan pada masalah banjir yang sering terjadi di Kota Jakarta. Kompleksnya faktor penyebab dari peristiwa banjir yang terjadi mendorong segala lapisan akademisi maupun praktisi yang bergerak di bidang Sumber Daya Air untuk memecahkan permasalahan tersebut.

Dengan adanya penilitian ini diharapkan menjadi bahan tinjauan yang akan dipakai untuk melakukan sudetan jika diperlukan. Sudetan tidak menjadi solusi prioritas terhadap kejadian banjir. Namun sudetan bisa menjadi alternatif jika memang dibutuhkan.

Dalam penulisan penelitian ini, penulis mampu menyelesaikannya berkat dukungan orang-orang di sekitarnya. Dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS. Dan bapak Ir. Mohammad Sholichin, MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan sehingga penelitian ini boleh terlaksana.
2. Ibu Dr. Ir. Endang Purwati, MP. Dan Dr. Very Dermawan, St., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan terhadap penelitian ini.



3. Ibunda tercinta Dra. Berliana Lumbantoran yang selalu mendukung saya dalam penyusunan penelitian ini, baik dukungan doa maupun moral. Tak henti-hentinya beliau memberi semangat dan dorongan lewat telepon.

4. Kakanda terkasih Monica Oktarevina Sigalingging, ST. yang sudah meminjamkan laptonya untuk dipakai dalam penyusunan penelitian ini. Doa dan dukungan moral juga diberikan sedemikian rupa.

5. Adik-adik saya yang terkasih Bravel Henri Almawijaya Sigalingging, ST. dan Silverina Sigalingging yang terus memberikan doa dan semangat sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini.

6. Ikrar, ST. yang sudah mengajarkan program bantu HEC-GeoRAS 10 dengan sabar sehingga penilitian ini boleh selesai.

7. Erni Junita Sinaga, ST. yang terus mengingatkan dan menyemangati untuk pantang mundur dalam penyusunan penelitian ini.

8. Teman-teman S2 Tenknik Pengairan angkatan 2012 kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum yang sudah bersama kurang lebih dua tahun dalam menimba ilmu di Universitas Brawijaya dan memberi dukungan dalam penyusunan penelitian ini.

9. Teman-teman PMK Yehezkiel Universitas Brawijaya dan semua pihak yang telah memberi dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Demikian tugas ini disusun semoga bermanfaat bagi masyarakat dan perkembangan ilmu khususnya di bidang teknik pengairan.

Malang, Mei 2015

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....i

DAFTAR ISI.....iii

DAFTAR TABEL.....vi

DAFTAR GAMBAR.....ix

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1. Latar Belakang.....1

1.2. Identifikasi Masalah.....4

1.3. Batasan Masalah.....5

1.4. Rumusan Masalah.....5

1.5. Tujuan dan Manfaat.....6

1.6. *Road Map* Penelitian.....7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....10

2.1. Umum.....10

2.2. Sungai.....11

2.2.1. Definisi Sungai.....11

2.2.2. Morfologi Sungai.....11

2.2.3. Perilaku Umum Sungai.....12

2.2.4. Perilaku Aliran di Belokan.....13

2.3. Analisis Debit Banjir Rancangan.....14

2.3.1. Seri Data Hidrologi.....14

2.3.2. Periode Ulang.....14

2.3.3. Analisis Frekuensi.....14

2.3.4. Metode Distribusi Log Person Tipe III.....16



2.3.5.	Uji Kesesuaian Distribusi.....	18
2.4.	RMSE (Root Mean Square Error).....	22
2.5.	Hidrolika.....	22
2.5.1.	Aliran Laminar dan Bilangan Reynold.....	22
2.5.2.	Klasifikasi Aliran Saluran Terbuka.....	23
2.5.3.	Aliran Seragam dan Tak Seragam.....	24
2.5.4.	Distribusi Kecepatan.....	26
2.5.5.	Kemiringan dan Kedalaman Kritik pada Saluran.....	26
2.5.6.	Klasifikasi Profil Muka Air.....	28
2.5.7.	Analisis Dimensi Saluran.....	30
2.6.	Sudetan (<i>Shortcut</i>).....	31
2.7.	Pemodelan HEC-RAS (<i>Hydrolic Center's River Analysis System</i>).....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		35
3.1.	Lokasi Penelitian.....	35
3.2.	Diagram Alir.....	38
3.3.	Lingkup Penelitian.....	42
BAB IV PENGELOLAAN DATA DAN ALANALISIS.....		47
4.1.	Analisis Debit Rancangan.....	47
4.1.1.	Analisis Frekuensi.....	48
4.1.2.	Uji Kesesuaian Distribusi.....	52
4.2.	Analisis Eksisting Sungai Ciliwung.....	55
4.2.1.	Perhitungan Hidrolika Eksisting Sungai Ciliwung.....	56
4.2.2.	Kalibrasi.....	68
4.2.3.	Analisis Profil Muka Air Eksisting Sungai Ciliwung dengan Q_{50}	70
4.2.4.	Analisis Luas Genangan di Lahan pada Kondisi Eksisting Sungai Ciliwung.....	78
4.3.	Penentuan Titik <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> Sudetan Sungai Ciliwung.....	79



4.4.	Desain Penampang Saluran Sudetan Sungai Ciliwung.....	81
4.4.1.	Desain Penampang Saluran di Kalibata.....	81
4.4.2.	Desain Penampang Saluran di Kebon Baru (KB).....	83
4.4.3.	Desain Penampang Saluran di Kampung Melayu (KM).....	84
4.5.	Pemodelan Sudetan Sungai Ciliwung.....	86
4.6.	Analisis Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung.....	94
4.6.1.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 1 (Sudetan di Kalibata).....	94
4.6.2.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 2 (Sudetan di Kebon Baru).....	102
4.6.3.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 3 (Sudetan di Kampung Melayu).....	109
4.6.4.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 4 (Sudetan di Kalibata dan Kebon Baru).....	116
4.6.5.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 5 (Sudetan di Kalibata dan Kampung Melayu).....	124
4.6.6.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 6 (Sudetan di Kebon Baru dan Kampung Melayu).....	132
4.6.7.	Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 7 (Sudetan di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu).....	140
4.7.	Analisis Luas Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung.....	149
4.8.	Pemilihan Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung.....	158
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		159
5.1.	Kesimpulan.....	159
5.2.	Saran.....	160

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. <i>Road Map</i> Penelitian Yang Berkaitan Sungai Ciliwung.....	8
Tabel 1. 2. <i>Road Map</i> Penelitian Yang Berkaitan Sudetan.....	9
Tabel 2. 1. Karakteristik Distribusi Frekuensi.....	15
Tabel 2.2. Tabel Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III.....	17
Tabel 2.3. Nilai Kritis (Δ_{cr}) Smirnov Kolmogorov.....	19
Tabel 2.4. Nilai Kritis (Δ_{cr}) Uji Chi Square.....	21
Tabel 2.5. Koefisien Kekasaran Manning.....	28
Tabel 4.1. Seri Data Hidrologi Tahunan Tinggi Muka Air dan Debit di AWLR MT. Haryono Patok 174 (2004-2013)	47
Tabel 4.2. Perhitungan Nilai Log Debit (Log Pearson Tipe III)	48
Tabel 4.3. Debit Rancangan Kala Ulang	51
Tabel 4.4. Tabel Perhitungan Δ_{maks}	53
Tabel 4.5. Urutan Data Debit Maksimum (dari Kecil ke Besar).....	54
Tabel 4.6. Nilai X Untuk Pr pada Masing-Masing Kelas	54
Tabel 4.7. Nilai X_{hitung}^2	55
Tabel 4.8. Koordinat x,y Eksisting Sungai Ciliwung (Patok 260-Patok 1).....	59
Tabel 4.9. Debit pada Masing-Masing Tahun Profil di Patok 174 (n = 0,035).....	63
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Eksisting Sungai Ciliwung pada P 174 (n = 0,035).....	67
Tabel 4.11. Perbandingan Elevasi Muka Air Kejadian dengan Elevasi Muka Air Hasil Perhitungan pada Patok 174	68
Tabel 4.12. Perhitungan RMSE dengan n =0,035	69
Tabel 4.13. Nilai RMSE Berdasarkan Nilai Koefisien Manning (n).....	69
Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Eksisting Sungai Ciliwung pada P 174 (n = 0,0456) dengan Q_{50} tahun 2004-2013	70



Tabel 4.15. Hasil Perhitungan Eksisting Sungai Ciliwung Q_{50}	71
Tabel 4.16 Analisis Profil Muka Air Eksisting Sungai Ciliwung Q_{50}	73
Tabel 4.17. Titik <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> pada Masing-Masing Lokasi Sudetan	79
Tabel 4.18. Perhitungan Saluran Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata	81
Tabel 4.19. Ukuran Penampang Saluran Sudetan di Kalibata	82
Tabel 4.20. Perhitungan Saluran Sudetan Sungai Ciliwung di Kebon Baru.....	83
Tabel 4.21. Ukuran Penampang Saluran Sudetan di Kebon Baru.....	83
Tabel 4.22. Perhitungan Saluran Sudetan Sungai Ciliwung di Kampung Melayu.....	84
Tabel 4.23. Ukuran Penampang Saluran Sudetan di Kampung Melayu	84
Tabel 4.24. Koordinat x,y Variasi 1 (Sudetan di Kalibata)	87
Tabel 4.25. Koordinat x,y Variasi 2 (Sudetan di Kebon Baru)	88
Tabel 4.26. Koordinat x,y Variasi 3 (Sudetan di Kampung Melayu)	89
Tabel 4.27. Koordinat x,y Variasi 4 (Sudetan di Kalibata dan Kebon Baru).....	90
Tabel 4.28. Koordinat x,y Variasi 5 (Sudetan di Kalibata dan Kampung Melayu).....	91
Tabel 4.29. Koordinat x,y Variasi 6 (Sudetan di Kebon Baru dan Kampung Melayu).....	92
Tabel 4.30. Koordinat x,y Variasi 7 (Sudetan di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu)	93
Tabel 4.31. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 1 (di Kalibata) dengan Q_{50}	95
Tabel 4.32. Analisa Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 1 (di Kalibata)	95
Tabel 4.33. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 2 (di Kebon Baru) dengan Q_{50}	103
Tabel 4.34. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 2 (di Kebon Baru).....	104
Tabel 4.35. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 3 (di Kampung Melayu) dengan Q_{50}	110



Tabel 4.36. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 3 (di Kampung Melayu).....	111
Tabel 4.37. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 4 (di kalibata dan Kebon Baru) dengan Q_{50}	117
Tabel 4.38. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 4 (di kalibata dan Kebon Baru).....	119
Tabel 4.39. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 5 (di Kalibata dan Kampung Melayu) dengan Q_{50}	125
Tabel 4.40. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 5 (di Kalibata dan Kampung Melayu).....	127
Tabel 4.41. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 6 (di Kebon Baru dan Kampung Melayu) dengan Q_{50}	133
Tabel 4.42. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 6 (di Kebon Baru dan Kampung Melayu).....	135
Tabel 4.43. Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 7 (di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu dengan Q_{50}	141
Tabel 4.44. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 7 (di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu).....	143
Tabel 4.45. Rekapitulasi Elevasi Muka Air Akibat Variasi Posisi Sudetan.....	149
Tabel 4.47. Rekapitulasi Genangan di Lahan.....	157
Tabel 4.46. Matriks Profil Muka Air dan Luas Genangan pada Masing-Masing Perlakuan.....	158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1. Meander Sungai yang Mengalami Penyudetan Secara Alami.	13
Gambar 3. 1. Lokasi Rencana Sudetan	35
Gambar 3. 2. Rencana Sudetan di Kalibata	36
Gambar 3. 3. Rencana Sudetan di Kebon Baru	36
Gambar 3. 4. Rencana Sudetan di Kampung Melayu	37
Gambar 3. 5. Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3. 5a. Diagram Alir Analisis Eksisting Sungai Ciliwung dan Kalibrasi(Diagram Alir Rumusan Masalah 1)	39
Gambar 3. 5b. Diagram Alir Penentuan Titik <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> Sudetan, dan Analisis Penampang Saluran Sudetan	40
Gambar 3. 5b. Diagram Alir Pemilihan Alternatif Sudetan(Diagram Alir Rumusan Masalah 2, 3 dan 4)	41
Gambar 4.1. Layar Utama HEC-RAS 4.1.0.	56
Gambar 4.2. Layar Pengaturan Sistem Satuan	57
Gambar 4.3. Layar Pembuatan Proyek Baru	58
Gambar 4.4. Layar Pembuatan File	58
Gambar 4.5. Layar Editor	60
Gambar 4.6. Layar Edit Reach Lines pada Toolbar GIS Tool	60
Gambar 4.7. Layar <i>Cross Section Data</i> Patok 174.	61
Gambar 4.8. Layar <i>Geometric Data</i> yang Menggambarkan Alur Sungai Ciliwung dari Patok 260-Patok 1	62
Gambar 4.9. Layar <i>Steady Flow Data</i> untuk Pengaturan Syarat Batas Hulu.	63
Gambar 4.10. Layar Syarat Batas Hilir	63
Gambar 4.11. Nilai <i>Rating Curve</i> pada Kolom Downstream	64



Gambar 4.12 . Nilai <i>Normal Depth</i> pada Kolom Upstream	64
Gambar 4.13 . Layar Perhitungan Aliran Tetap/Seragam.....	65
Gambar 4.14 . Profil Muka Air Tampang Lintang P174.....	65
Gambar 4.15 . Profil Muka Air Tampang Memanjang P260-P1 pada Profil 2013.....	66
Gambar 4.16 . Alur Sungai Ciliwung pada Kondisi Eksisting (Patok 260-Patok 1).....	71
Gambar 4.17 . Profil Muka Air Tampang Lintang Eksisting Sungai Ciliwung Hasil Perhitungan dengan Q_{50}	76
Gambar 4.18 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sungai Ciliwung Patok 260 sampai Patok1 Dengan Q_{50}	77
Gambar 4.19 . Peta Luas Genangan di Lahan Akibat Limpasan Eksisting Sungai Ciliwung Dengan Q_{50}	78
Gambar 4.20 . Rencana Posisi Sudetan Sungai Ciliwung.....	80
Gambar 4.21 . Desain Penampang Saluran <i>Inlet</i> (P239 dan P238) di Kalibata.....	82
Gambar 4.22 . Desain Penampang Saluran <i>Outlet</i> (P206 dan P205) di Kalibata.....	82
Gambar 4.23 . Desain Penampang Saluran <i>Inlet</i> (P161 dan P160) di Kebon Baru.....	83
Gambar 4.24 . Desain Penampang Saluran <i>Outlet</i> (P161 dan P160) di Kebon Baru.....	84
Gambar 4.25 . Desain Penampang Saluran <i>Inlet</i> (P90 dan P89) di Kampung Melayu.....	85
Gambar 4.26 . Desain Penampang Saluran <i>Outlet</i> (P71 dan P70) di Kampung Melayu.....	85
Gambar 4.27 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 1.....	94
Gambar 4.28 . Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 1 dengan Q_{50}	100



Gambar 4.29 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 1 dengan Q_{50}	101
Gambar 4.30 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 2.....	102
Gambar 4.31. Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 2 dengan Q_{50}	107
Gambar 4.32 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 2 dengan Q_{50}	108
Gambar 4.33 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 3.....	109
Gambar 4.34 . Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 3 dengan Q_{50}	114
Gambar 4.35 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 3 dengan Q_{50}	115
Gambar 4.36 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 4.....	116
Gambar 4.37 . Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 4 dengan Q_{50}	122
Gambar 4.38 . Muka Air Tampang Memanjang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 4 dengan Q_{50}	123
Gambar 4.39 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 5.....	124
Gambar 4.40 . Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 5 dengan Q_{50}	130
Gambar 4.41 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sudetan Akibat Sudetan Variasi Posisi 5 dengan Q_{50}	131
Gambar 4.42 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 6.....	132
Gambar 4.43 . Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 6 dengan Q_{50}	138
Gambar 4.44 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sudetan Akibat Sudetan Variasi Posisi 6 dengan Q_{50}	139



Gambar 4.45 . Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 7.....	140
Gambar 4.46 . Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 7 dengan Q_{50}	146
Gambar 4.47 . Profil Muka Air Tampang Memanjang Sudetan Akibat Sudetan Variasi Posisi 7 dengan Q_{50}	147
Gambar 4.48. Grafik Perbandingan Elevasi Muka Air Eksisting Sungai Ciliwung dengan Masing-Masing Variasi Posisi Sudetan.....	148
Gambar 4.49 . Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata (Variasi 1) dengan Q_{50}	150
Gambar 4.50 . . Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kebon Baru (Variasi 2) dengan Q_{50}	151
Gambar 4.51 Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kampung Melayu (Variasi 3) dengan Q_{50}	152
Gambar 4.52 . Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata dan Kebon Baru (Variasi 4) dengan Q_{50}	153
Gambar 4.53 . Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata dan Kampung Melayu (Variasi 5) dengan Q_{50}	154
Gambar 4.54 . Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kebon Baru dan Kampung Melayu (Variasi 6) Dengan Q_{50}	155
Gambar 4.55 . Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu (Variasi 7) dengan Q_{50}	156



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir, genangan banjir terjadi di beberapa wilayah kota (DKI Jakarta). Menurut Kepala Seksi Informatika Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DKI Jakarta, Bambang Surya Putra mengatakan selain berdampak pada 32 titik genangan, banjir juga menggenangi beberapa wilayah permukiman warga. Badan Penanggulangan Bencana Daerah DKI Jakarta juga mencatat 32 genangan di pusat kota dengan ketinggian 50 sentimeter (cm) pada November 2011. Bahkan di Daerah Jakarta Timur, Jakarta Barat dan Jakarta Selatan ketinggian banjir telah mencapai 70 cm (Kompas, 13/11/2013).

Salah satu penyebab terjadinya banjir adalah luapan Sungai Ciliwung. Debit aliran yang melalui Sungai Ciliwung tidak lagi sesuai kapasitas pengaliran. Baik karena mengecilnya luas penampang sungai maupun bertambahnya debit aliran dari tahun ke tahun. Penyempitan luas penampang sungai terjadi akibat pendangkalan oleh sedimen maupun bantaran sungai yang telah berubah fungsi sebagai pemukiman. Sedangkan debit aliran yang bertambah dari tahun ke tahun diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan yang terjadi di bagian hulu Sungai Ciliwung.



Perubahan tata guna lahan yang sangat signifikan terjadi dari tahun 1989 sampai tahun 2008, dimana 40% lahan hutan pada DAS Ciliwung telah hilang dan berubah fungsi menjadi lahan perkebunan, pertanian industri bahkan pemukiman (Dewi Nurhayati, 2013). Hutan yang memiliki daya serap air 85-98% berubah menjadi perkebunan dan pertanian hanya bisa menyerap air sebesar 35-79%, Industri 10-50% dan pemukiman hanya mampu menyerap 30-65%. Dengan demikian, air hujan yang jatuh dapat langsung berubah menjadi limpasan permukaan yang akan membebani daya tampung Sungai Ciliwung. Perubahan koefisien limpasan (C) berbanding lurus dengan debit aliran (Q) sungai yang akan terjadi. Artinya, semakin besar koefisien limpasan maka debit aliran sungai makin besar. Semakin bertambah debit aliran yang mengalir maka jumlah luapan air yang menyebabkan banjir pun semakin besar.

Pemerintah dalam hal ini Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Ciliwung Cisadane mencoba memberikan solusi untuk penanganan banjir di Jakarta. Solusi itu disebut *Total Solution for Ciliwung*. Ada 9 kegiatan yang telah direncanakan dalam *Total Solution* dan salah satunya adalah Sudetan Sungai Ciliwung yang direncanakan di daerah Kebon Baru dan Kalibata. Untuk rencana lokasi sudetan telah diatur dalam Instruksi Gubernur DKI Jakarta No.44 Tahun 2010. Sudetan bertujuan untuk memperpendek jarak aliran ke muara yang berarti mempersingkat waktu pengaliran dari hulu ke hilir.

Harapan pemerintah, selain mereduksi banjir sudetan ini bertujuan untuk mendapatkan lahan pada bekas belokan sungai lama yang nantinya digunakan sebagai lahan pemukiman dalam rangka merelokasi pemukiman di sepanjang bantaran Sungai Ciliwung. Jika relokasi



penduduk dapat terlaksana dengan baik maka rencana Normalisasi Sungai Ciliwung bisa dilaksanakan. Saat ini rencana sudetan Sungai Ciliwung sudah pada tahap Studi Investigasi Desain (Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung, 2012)

Menurut Djoko Legono, sungai yang berbelok atau biasa disebut meander seperti yang terjadi pada Sungai Ciliwung terjadi secara alamiah. Umumnya meander sungai akan mempunyai kemiringan dasar yang sangat landai. Meander yang terjadi karena aliran air mencari kemiringannya untuk mengalir sehingga terjadi belokan-belokan sungai. Dengan melakukan sudetan, itu berarti melakukan perlawanan terhadap perilaku alamiah sungai. Sudetan yang dilakukan akan mengubah kondisi morfologi sungai yang sudah ada. Menurut Agus Maryono (2003), ada indikasi dampak negatif dari sudetan sungai. Beberapa dampak negatif yang dapat terjadi adalah retensi tahanan aliran berkurang, peningkatan sedimentasi di daerah hilir dan erosi di daerah hulu.

Ada perbedaan yang dipaparkan oleh Djoko Legono dan Agus Maryono dengan rencana sudetan oleh pemerintah. Untuk itu penelitian ini mencoba mengkaji rencana pemerintah apakah sudetan layak secara teknis digunakan sebagai salah satu solusi pengendalian banjir. Penulis mencoba membuat sebuah kajian dengan menganalisis variasi posisi sudetan. Judul penelitian yang coba diangkat adalah **"Analisis Profil Muka Air Dan Luas Genangan Di Lahan Akibat Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung"**.

Dalam penelitian ini, penulis tidak hanya mengkaji dua lokasi yang direncanakan oleh pemerintah yaitu di daerah Kebon baru dan Kalibata. Penulis akan menambah satu lokasi lagi di daerah Kampung Melayu.



Penambahan lokasi sebagai salah satu variasi posisi sudetan dalam penelitian ini.

1.2. Identifikasi Masalah

Beberapa masalah yang coba diidentifikasi dalam tulisan ini untuk melakukan kajian dalam hal pengendalian banjir di Kota Jakarta adalah:

1. Banjir Kota Jakarta yang sering terjadi akibat luapan Sungai

Ciliung. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DKI Jakarta tahun 2013, ada berdampak 34 titik genangan banjir (Kompas, 13/11/2013).

2. Banjir yang terjadi akibat meningkatnya debit aliran sungai.

Perubahan tata guna lahan yang signifikan di daerah hulu DAS Ciliung dari tahun 1989 sampai tahun 2008 berimbas pada besarnya limpasan permukaan yang berakibat meningkatkan debit banjir dimana kapasitas tampungan Sungai Ciliung terlampaui sehingga banjir pun terjadi. (Dewi Nurhayati, 2013).

3. Banjir yang terjadi akibat menurunnya kapasitas pengaliran

Sungai Ciliung. Penurunan kapasitas ini akibat pendangkalan oleh sedimen dan penyempitan sungai oleh pemukiman penduduk yang berada di bantaran bahkan di badan sungai.

4. Rencana Pemerintah dalam hal ini Balai Besar Wilayah Sungai

Ciliung Cisadane untuk melakukan sudetan (pelurusan) Sungai Ciliung yang bertentangan dengan konsep perilaku aliran secara alamiah yang membentuk belokan sungai (Djoko Legono).



1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Digunakan data debit sungai dan tinggi muka air untuk melakukan analisis hidrolika, data 10 tahun terakhir (tahun 2004 sampai tahun 2013).
2. Wilayah yang akan dikaji dari Kalibata sampai pintu air Manggarai sepanjang sekitar 11,95 km.
3. Sudetan dilakukan pada tiga posisi yaitu di Kalibata, di Kebon Baru dan di Kampung Melayu.
4. Dilakukan 7 simulasi variasi posisi sudetan yaitu: (a) di Kalibata, (b) di Kebon Baru, (c) di Kampung Melayu, (d) di Kalibata dan Kebon Baru, (e) di Kalibata dan Kampung Melayu, (f) di Kebon Baru dan Kampung Melayu dan (g) di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu.
5. Kajian profil muka air terbatas pada perubahan tinggi muka air dan bentuk profil muka air yang terjadi maupun bentuk profil muka air.
6. Kajian luas genangan dilakukan sebatas luasan yang terjadi akibat sudetan dengan variasi posisi sudetan.
7. Pada pembahasan penelitian ini tidak menganalisis detail desain struktur bangunan air.

1.4. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas penelitian ini meliputi

1. Bagaimana kondisi profil muka air dan luas genangan Sungai Ciliwung pada kondisi eksisting?
2. Bagaimana profil muka air yang terjadi pada masing-masing variasi posisi Sudetan Sungai Ciliwung?



3. Berapa luas genangan yang terjadi di lahan pada masing-masing variasi posisi sudetan Sungai Ciliwung?

4. Variasi posisi sudetan mana yang paling efektif mengurangi banjir berdasarkan profil muka air dan luas genangan yang terjadi?

1.5. Tujuan dan Manfaat

a. Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan profil muka air Sungai Ciliwung dan luas genangan di lahan pada kondisi eksisting.

2. Untuk mendapatkan profil muka air baik elevasi muka air pada penampang maupun bentuk profil aliran yang terjadi akibat sudetan Sungai Ciliwung pada masing-masing variasi posisi.

3. Untuk mendapatkan luas genangan di lahan yang terjadi akibat sudetan Sungai Ciliwung pada masing-masing variasi posisi.

4. Untuk mendapatkan variasi posisi yang paling efektif dalam mengurangi banjir.

b. Manfaat dari penelitian ini adalah

- Menjadi pembanding antara rencana pemerintah dalam hal ini rencana Sudetan Sungai Ciliwung dengan hasil analisis dalam penelitian ini.

- Sebagai referensi dan bahan pertimbangan terhadap kajian Sudetan Sungai yang berkaitan dengan perilaku aliran dan perilaku banjir dalam rangka mengoptimalkan fungsi sarana untuk pengendalian banjir.

Tabel 1.1. Road Map Penelitian yang Berkaitan Sungai Ciliwung

No	Nama Jurnal studi/tulisan	Tahun Penulisan	Nama Penulis	Judul	Review
1	Forum Teknik Sipil No.XVII/3	2007	Herianto Waluyadi; Rachmad Jayadi; Joko Legono	Kajian Penanganan Banjir Kali Ciliwung DKI Jakarta Ditinjau Dari Aspek Hidro-Ekonomi (Studi Kasus Pada Ruas Cawang-Pintu Air Manggarai)	Analisa keuntungan terhadap bangunan pengendali banjir dengan menggunakan pintu air pada daerah Cawang-Manggarai. Analisa dilakukan dengan menggunakan variasi lebar pintu yaitu dengan lebar 2,5 m, 3,0 m, dan 3,5 m. Dalam analisa ini meninjau aspek hidrologi, hidrolika dan eko-hidro. Sebelum menentukan keuntungan bangunan pengendali banjir, dilakukan perhitungan kerugian akibat banjir tiap tahun terlebih dahulu.
2	Deteksi Parameter Geofisika dan Diserbinasi Penginderaan Jauh Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014	2014	M. Rokhis Khomarudin; Suwarsono; Dini Oktavia Ambrawati; Gunawan Prabowo	Evaluasi Kejadian Banjir Kampung Pulo DKI Jakarta dan Analisis Pengurangan Resiko Berbasis Data Unmanned Air Vehicle (UAV) dan Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi	Evaluasi kejadian banjir yang terjadi di Kampung Pulo dari sisi topografi, kondisi sungai, karakteristik bangunan, dan sosial ekonomi masyarakat di wilayah tersebut. Data penginderaan jauh resolusi tinggi seperti Quickbird, SPOT 6 Tristereco dan hasil potret pesawat tanpa awak oleh tim Lapan. Hasil ini diunakan untuk menyusun rekomendasi dan strategi penanganan banjir di Kampung Pulo Jakarta.
3	Studi Sungai Ciliwung-Infid	2010	SitiKhoirun Nikmah	Pengabaian Pemerintah Terhadap Eksistensi Penduduk Pinggir Sungai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah abai terhadap kehidupan masyarakat yang tinggal di bantaran Sungai Ciliwung. 2. Penggusuran adalah ancaman terbesar bagi warga yang tinggal di bantaran Sungai Ciliwung. 3. Proyek JEDI (Jakarta Emergency Dredging Terminal) terbukti tidak efektif menyelesaikan banjir di Jakarta. 4. Konsep penataan sungai dan air seyogyanya memperhatikan semua aspek. 5. Konsepsi privatisasi harus ditinjau kembali, mengingat privatisasi tidak serta merta menjawab masalah efisiensi dan perbaikan layanan.
4	Nalar Volume 11 No 1	2011	Lily Mauliani; Nurhidayah; Fika Masrurroh	Kajian Konservasi Kawasan Bantaran Sungai. Studi Kasus : Boat Quay Singapura dan Sungai Ciliwung Jakarta	Kajian tentang konsep konservasi dan juga aplikasinya dan kawasan bantaran sungai khususnya pada kawasan Boat Quay yang dinilai sangat berhasil dang mengkaitkan dengan kondisi bantaran Sungai Ciliwung Jakarta. Metode menggnakan metode deskriptif komparatif antara dua lokasi yang berbeda namun memiliki karakteristik hampir sama yaitu area bantaran sungai.



Tabel 1.2. Road Map Penelitian yang Berkaitan Sudetan

No	Nama Jurnal/studi/tulisan	Tahun Penulisan	Nama Penulis	Judul	Review
1	Jurnal Rekayasa Perencanaan	2007	Iwan Wahyudijayanto; Nyoman Dita P.Putra	Study Pengendalian Banjir Wilayah Dukuh Menanggal Dengan Sistem Saluran Sudetan	Membuat saluran sudetan yang menghubungkan saluran Menanggal Indah dan saluran pembatasan (Surabaya-Sidoarjo) untuk mengalirkan kelebihan air.
2	Jurnal GEA	2009	Dr. Ir. Dede Rohmat, MT.	Solusi Aspiratif Penanganan Masalah Sungai Mati (Kasus: Desa Andir Kecamatan Bale Endah Kabupaten Bandung)	Mengetahui kondisi fisik dan sosial serta menggali solusi penanganan yang berdasarkan aspirasi masyarakat. Sungai Mati terbentuk karena adanya sudetan/pelurusan kelokan-kelokan pada ruas sungai.
3	Final Environmental Assessment (Final EIA) U.S. Department of Agriculture (USDA)	2014	David Brown	Final Environmental Assessment For The Little Weber River Cutoff Channel	Salah satu alternatif yang dilakukan untuk mengalirkan banjir untuk melindungi pemukiman dan lahan pertanian di sekitarnya. Saluran ini dibangun sebagai upayamemotong pembatas-pembatas yang ada di Sungai Weber yang berada di Negara Webber.
4	Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol.10, No.1, 2007:14-20	2007	Burhan Barid, ST.; Muhammad Yacob, ST.	Perubahan Kecepatan Aliran Sungai Akibat Perubahan Pelurusan Sungai	Penanganan <i>run off</i> dengan secepat-cepatnya cenderung hanya menyelesaikan masalah pada sub DAS tersebut dalam jangka pendek dan akan memberikan resiko banjir pada daerah yang lebih hilir. Kecepatan aliran naik 19,523%; 19,808%; dan 21,527% pada tiga titik pantau.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Masalah utama yang ditimbulkan dalam melakukan sudetan terhadap alur sungai adalah adanya perubahan perilaku aliran. Perilaku aliran merupakan salah satu cabang dari morfologi sungai. Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri, jenis, dan perilaku sungai dengan segala aspek pembahasannya dalam dimensi ruang dan waktu menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling berkaitan. Sifat-sifat sungai tersebut sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) serta kemiringan sungai.

Beberapa hal yang berkaitan mengenai morfologi dalam tulisan ini adalah profil muka air baik tinggi muka air maupun bentuk profil muka air. Ada beberapa data dan perhitungan yang diperlukan untuk melihat kondisi-kondisi tersebut seperti analisis hidrologi dan analisis penampang saluran.

Selain perubahan perilaku aliran, penilitan ini juga menganalisis perilaku banjir yang terjadi di lahan sebagai dampak dari perlakuan sudetan Sungai Ciliwung. Data topografi dalam hal ini kontur lahan sangat dibutuhkan untuk menghitung luasan genangan yang terjadi nantinya.

Teori mengenai sungai dan perilakunya dibutuhkan untuk sebagai acuan dalam penentuan lokasi sudetan. Selain teori tersebut, teori mengenai hidrologi dan hidraulika menjadi referensi utama dalam penyelesaian penelitian ini.



2.2. Sungai

2.2.1. Definisi Sungai

Sungai adalah tempat mengalirnya air yang berasal dari mata air maupun air hujan menuju tempat yang lebih rendah yaitu danau maupun laut. Menurut Dr.Ir. Djoko Legono, sungai diartikan sebagai alur alamiah permukaan bumi yang berfungsi untuk mengalirkan air dan sedimen. Dengan kata lain sungai dapat diartikan sebagai salah satu dari sumber daya alam yang bersifat mengalir (*flowing resources*) sehingga pemanfaatan air di hulu yang tak terkendali akan menghilangkan peluang pemanfaatan air di hilir (*opportunity value*), pencemaran di hulu akan menimbulkan biaya sosial di hilir (*externality effect*) dan pelestarian di hulu akan memberikan manfaat di hilir.

2.2.2. Morfologi Sungai

Sungai akan leluasa dalam menyesuaikan ukuran-ukuran dan bentuknya sebagai reaksi oleh adanya perubahan kondisi hidraulik dari aliran. Dengan demikian maka bagian dasar dan tebing sungai akan dibentuk oleh material yang diangkut oleh aliran sungai berasal dari pelapukan geologi pada periode yang panjang. Ukuran dan bentuk sungai tersebut selanjutnya disebut morfologi sungai.

A. Variabel yang berpengaruh terhadap morfologi sungai.

Variabel yang mempengaruhi geometri dan kekasaran dasar sungai jenisnya sangat padat, dan saling terkait satu sama lain. Kekhususannya adalah bahwa kelakuannya sangat berbeda dengan masalah hidraulika pada suatu saluran dengan tampang basah yang kaku (*rigid boundary*), sehingga pemisahan suatu variabel menganalisisnya secara tersendiri adalah hal yang belum tepat. Misalnya dalam mencari kecepatan rerata,



suatu variabel lain yaitu kedalaman air, akan mempengaruhi besarnya kecepatan rerata. Tapi pada saat yang sama akan terjadi perubahan pada parameter fisik/geometri sungai, antara lain kekasaran dasar, letak dan bentuk garis endapan, bentuk tampang, serta besarnya transport sedimen.

B. Pengaruh air dan sedimen pada morfologi sungai.

Oleh karena jarak pengaliran lebih pendek saat dilakukan pelurusan, maka kemiringan pengaliran menjadi lebih besar (curam), sehingga kecepatan yang terjadi akan lebih besar. Dengan kecepatan aliran yang besar, airnya akan menggerus tanah-tanah dasar dan tebingnya.

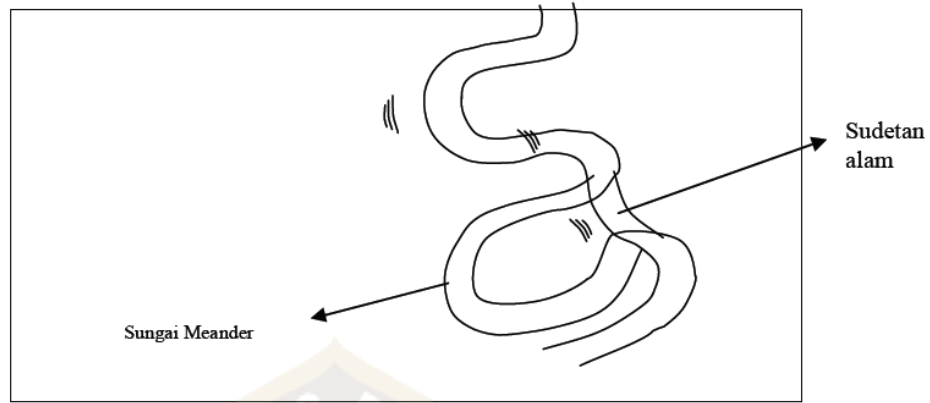
Air dan sedimen yang mengalir pada alur sungai di pandang sebagai variabel utama yang mempengaruhi morfologi sungai. Hubungan sederhana antara angkutan bahan dasar (Q_s), diameter partikel sedimen (d_{50}) dan kemiringan dasar sungai (I).

2.2.3. Perilaku Umum Sungai

Dengan terjadinya perubahan kemiringan yang mendadak pada saat alursungai ke luar dari daerah pegunungan yang curam dan memasuki dataran yang lebih landai, maka pada lokasi ini terjadi proses pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berubahnya alur sungai. Pada lokasi tersebut sungai bertambah lebar dan dangkal, erosi dasar sungai tidak lagi dapat terjadi, bahkan sebaliknya terjadi pengendapan yang sangat intensif. Dasar sungai secara terus menerus naik, dan sedimen yang hanyut terbawa arus banjir, bersama dengan luapan air banjir tersebar dan mengendap secara luas membentuk dataran *alluvial*. Pada daerah dataran yang rata alur sungai tidak



stabil dan apabila sungai mulai membelok, maka terjadilaherosi pada tebing belokan luar yang berlangsung secara intensif, sehinggaterbentuklah meander seperti yang tertera pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Meander Sungai yang Mengalami Penyudetan Secara Alami.

Meander semacam ini umumnya terjadi pada ruas-ruas sungai di dataranrendah dan apabila proses meander berlangsung terus, maka pada akhirnya terjadisudetan alam pada dua belokan luar yang sudah sangat dekat dan terbentuklah sebuahdanau (Suyono Sosrodarsono, “Perbaikan dan Pengaturan Sungai”).

2.2.4. Perilaku Aliran di Belokan

Gerakan air pada saluran terbuka yang membelok akan mengalami gaya lemparan ke sisi luar belokan yang disebut dengan gaya sentripetal. Pada kondisi ini aliran akan berusaha bergerak ke luar, tetapi angkutan masa air total pada arah transversal harus sama dengan nol. Gaya sentripetal akan lebih besar di permukaan karena distribusi kecepatan vertikal di dekat permukaan adalah lebih besar dari pada di dekat dasar. Aliran akan menghasilkan aliran *helicoidal* sehingga aliran di sisi luar belokan lebih besar dari sisi dalam (Djoko Legono, “Teknik Sungai”).



2.3. Analisis Debit Banjir Rancangan

2.3.1. Seri Data Hidrologi

Data debit banjir atau hujan yang digunakan untuk analisis frekuensi dipilih dari seri data lengkap hasil observasi selama beberapa tahun (Triatmodjo Bambang, 2013). Data yang digunakan untuk analisis frekuensi dapat dibedakan menjadi dua tipe berikut ini:

1. *Partial duration series* (seri durasi parsial).

Metode ini digunakan apabila jumlah data kurang dari 10 tahun data runtut waktu. Metode ini merupakan rangkaian data debit/hujan yang besarnya di atas suatu nilai batas bawah tertentu.

2. *Annual maximum series* (seri maksimal tahunan).

Metode ini digunakan apabila tersedia data debit/hujan minimal 10 tahun data runtut waktu. Metode ini memilih satu data maksimum tiap tahun.

2.3.2. Periode Ulang

Periode ulang didefinisikan sebagai waktu hipotetik dimana debit/hujan dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tertentu (Triatmodjo Bambang, 2013). Berdasarkan data debit/hujan untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan debit/hujan yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun.

2.3.3. Analisis Frekuensi

Menurut Triatmodjo Bambang (2013), dalam melakukan analisis hidrologi sering dihadapkan pada kejadian-kejadian ekstrim seperti banjir dan kekeringan. Banjir mempengaruhi bangunan-bangunan air seperti bendung, bendungan, tanggul, jembatan, gorong-gorong, dan sebagainya. Sebagai contoh, jebolnya tanggul sungai yang cukup luas dan dapat menimbulkan korban dan kerugian

bagi masyarakat di sekitar sungai. Maka dari itu penampang sungai harus direncanakan untuk dapat melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi.

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi dilakukan dengan cara statistik berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pencatatan secara berkala pada stasiun hujan. Adapun distribusi yang dipakai dapat ditentukan setelah mengetahui terlebih dahulu karakteristik data yang ada. Ada beberapa jenis distribusi frekuensi yang biasa digunakan dalam analisis Hidrologi :

1. Distribusi Normal
2. Distribusi Gumbel
3. Distribusi Log Normal
4. Distribusi Log Pearson III

Dari jenis-jenis distribusi frekuensi tersebut dipilih setelah diuji kesesuaiannya dengan ciri statistik masing-masing distribusi frekuensi.

Tabel 2.1. Karakteristik Distribusi Frekuensi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
1. Distribusi Normal	$C_s = 0$ dan $C_k = 3$
2. Distribusi Gumbel	$C_s = 1,14$; $C_k = 5,4$
3. Distribusi Log Normal	$C_s = 0$
4. Distribusi Log Person III	C_s dan C_k bebas

Sumber : Triatmodjo Bambang (2013) dan Limantara Lily (2010)



2.3.4. Metode Distribusi Log Pearson Tipe III

Pada perhitungan distribusi probabilitas dalam penelitian ini menggunakan distribusi Log Pearson tipe III. Alasan pemakaian metode ini yaitu tidak ada syarat khusus untuk distribusi ini dimana nilai C_s dan C_k bebas. Perhitungan dengan menggunakan metode Log Pearson Tipe III menurut buku Hidrologi Teknik, oleh Soemarto, CD., hal.152 adalah:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + (G \cdot S) \dots (2.1)$$

dengan:

X_T : Debit rencana dengan kala ulang T tahun.

$\text{Log } \bar{X}$: Harga rata-rata.

S : Standar deviasi.

G : Faktor sifat distribusi Log Pearson Tipe III yang harganya tergantung pada nilai asimetri (C_s) dan kala ulang (T).

1. Mencari harga $\text{Log } \bar{X}$

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X}{n} \dots (2.2)$$

2. Mencari harga standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} \dots (2.3)$$

3. Mencari harga variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S_1}{\text{Log } x} \dots (2.4)$$

Tabel 2.2. Tabel Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III

SKEW COEFFICIENT (Cs)	Recurrence Interval In Years										
	1.0101	1.053	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5
3	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.769	-0.762	-0.747	-0.695	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2	-0.990	-0.949	-0.896	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-1.318	-1.163	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	-2.544	-1.762	-1.309	-0.824	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	-1.894	-1.341	-0.745	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	-1.925	-1.339	-0.719	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	-3.330	-1.961	-1.333	-0.690	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	-3.380	-1.962	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	-1.972	-1.324	-0.660	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	-1.989	-1.310	-0.627	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2	-3.605	-1.996	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	-3.656	-2.001	-1.294	-0.592	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.575	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	-3.753	-2.009	-1.274	-0.555	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	-3.800	-2.011	-1.262	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	-3.899	-2.013	-1.238	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	-2.011	-1.224	-0.479	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	-3.973	-2.010	-1.210	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	-2.007	-1.195	-0.440	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

Sumber: Limantara Lily, "Hidrologi Praktis"(2010)





4. Mencari harga asimetri/kepengcangan (Cs)

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } x - \text{Log } X)^3}{(n-1)(n-2) \cdot s^3} \dots (2.5)$$

5. Mencari harga kurtosis

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (\text{Log } x - \text{Log } X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot (s \cdot \text{Log } x)^4} \dots (2.6)$$

2.3.5. Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris (berupa pengeplotan data) benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoritis, perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi (Limantara Lily, 2010). Ada dua uji yang bisa dilakukan dalam hal ini, yaitu uji Smirnov Kolmogorof atau uji Chi Square.)

1. Uji Smirnov Kolmogorof

Uji Smirnov Kolmogorof adalah ujidistribusi terhadap penyimpangan data kearah *horizontal* untuk mengetahui suatu data sesuai atau tidak dengan jenis sebaran data teoritis yang dipilih. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis yang dinyatakan dalam delta (Δ). Harga delta terbesar (Δ_{maks}) dibandingkan dengan delta kritis (Δ_{cr}) pada *table* Smirnov Kolmogorof dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika:

$$\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$$

Menghitung probilitas empiris dengan rumus Weillbull (Limantara Lily, 2010:64) :

$$Pe = \frac{m}{n+1} \dots (2.7)$$

Menghitung Probabilitas teoritis dengan nilai Pr (Limantara

Lily, 2010:65) :

$$P_t = \frac{100 - Pr}{100} \dots (2.8)$$

Menghitung nilai delta maksimal:

$$\Delta_{maks} = P_e - P_t \dots (2.9)$$

dengan:

P_e : Peluang empiris

m : nomor urut data

n : jumlah data

P_t : Peluang teoritis

Pr : Peluang kala ulang (Log Pearson III)

Δ_{maks} : Selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

Tabel 2.3. Nilai Kritis (Δ_{cr}) Smirnov Kolmogorov

Ukuran Sampel (n)	Level of Significance α (persen)				
	20	15	10	5	1
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,636	0,708	0,829
4	0,493	0,525	0,565	0,624	0,734
5	0,447	0,474	0,509	0,563	0,669
6	0,410	0,436	0,468	0,519	0,617
7	0,381	0,405	0,436	0,483	0,576
8	0,359	0,381	0,410	0,454	0,542
9	0,339	0,360	0,387	0,430	0,513
10	0,323	0,342	0,369	0,409	0,486
11	0,308	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,296	0,313	0,338	0,375	0,449
13	0,285	0,302	0,325	0,361	0,432
14	0,275	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,327	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,279	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,271	0,301	0,361
20	0,232	0,246	0,265	0,294	0,352
Rumus Asimtotik	$1,07/\sqrt{n}$	$1,14/\sqrt{n}$	$1,22/\sqrt{n}$	$1,36/\sqrt{n}$	$1,63/\sqrt{n}$

Sumber : Limantara Lily, "Hidrologi Praktis" (2010)





2. Uji Chi Square

Uji Chi Square (χ^2) juga salah satu metode untuk uji kesesuaian distribusi, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\chi_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(F_e - F_t)^2}{F_t} \dots (2.10)$$

dengan:

χ_{hitung}^2 : Harga Chi Square hitung

F_e : Frekuensi pengamatan kelas j

F_t : Frekuensi teoritis kelas j

k : jumlah kelas

- Menghitung jumlah kelas (k)

$$k = 1 + 3,22 \log n \dots (2.11)$$

dimana n adalah jumlah sampel data.

- Nilai frekuensi teoritis (F_t)

$$F_t = 25\% \times n \dots (2.12)$$

- Nilai derajat bebas (d.f) dirumuskan sebagai berikut:

$$a) \text{ d.f} = k - 1 \dots (2.13)$$

Jika frekuensi dihitung tanpa mengistimasi parameter dan sampel,

$$b) \text{ d.f} = k - 1 - m \dots (2.14)$$

jika frekuensi dihitung dengan mengistimasi m parameter dari sampel.



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya²¹
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository
Repository

Tabell 2.4. Nilai Kritis (Δ_{α}) Uji Chi Square

d.f.	.995	.99	.975	.95	.9	.1	.05	.025	.01
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	2.71	3.84	5.02	6.63
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	4.61	5.99	7.38	9.21
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	6.25	7.81	9.35	11.34
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	7.78	9.49	11.14	13.28
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	9.24	11.07	12.83	15.09
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	10.64	12.59	14.45	16.81
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	12.02	14.07	16.01	18.48
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	13.36	15.51	17.53	20.09
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	14.68	16.92	19.02	21.67
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	15.99	18.31	20.48	23.21
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	17.28	19.68	21.92	24.72
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	18.55	21.03	23.34	26.22
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	19.81	22.36	24.74	27.69
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	21.06	23.68	26.12	29.14
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	22.31	25.00	27.49	30.58
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	23.54	26.30	28.85	32.00
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	24.77	27.59	30.19	33.41
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	25.99	28.87	31.53	34.81
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	27.20	30.14	32.85	36.19
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	28.41	31.41	34.17	37.57
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	30.81	33.92	36.78	40.29
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	33.20	36.42	39.36	42.98
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	35.56	38.89	41.92	45.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	37.92	41.34	44.46	48.28
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	40.26	43.77	46.98	50.89
32	15.13	16.36	18.29	20.07	22.27	42.58	46.19	49.48	53.49
34	16.50	17.79	19.81	21.66	23.95	44.90	48.60	51.97	56.06
38	19.29	20.69	22.88	24.88	27.34	49.51	53.38	56.90	61.16
42	22.14	23.65	26.00	28.14	30.77	54.09	58.12	61.78	66.21
46	25.04	26.66	29.16	31.44	34.22	58.64	62.83	66.62	71.20
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	63.17	67.50	71.42	76.15
55	31.73	33.57	36.40	38.96	42.06	68.80	73.31	77.38	82.29
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	74.40	79.08	83.30	88.38
65	39.38	41.44	44.60	47.45	50.88	79.97	84.82	89.18	94.42
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	85.53	90.53	95.02	100.43
75	47.21	49.48	52.94	56.05	59.79	91.06	96.22	100.84	106.39
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	96.58	101.88	106.63	112.33
85	55.17	57.63	61.39	64.75	68.78	102.08	107.52	112.39	118.24
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	107.57	113.15	118.14	124.12
95	63.25	65.90	69.92	73.52	77.82	113.04	118.75	123.86	129.97
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	118.50	124.34	129.56	135.81

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository
Repository
Repository
Repository
Repository



2.4. RMSE (Root Mean Square Error)

Salah satu analisis statistik yang digunakan adalah metode *Root Mean Square Error* (RMSE). Evaluasi statistik dari nilai RMSE ini menginformasikan pengguna model tentang ukuran aktual *error* yang dihasilkan oleh model.

Parameter ini mengindikasikan pengaruh signifikan yang cukup tinggi dalam prediksi. Batasan dalam parameter statistik ini adalah 0 sampai dengan ∞ (Soemarto, CD.) Semakin kecil nilai RMSE suatu model menandakan semakin akurat model tersebut. Metode ini dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (El.MukaAir(i)_{observasi} - El.MukaAir(i)_{HeeRas})^2}{n}} \dots (2.15)$$

dengan:

n : Jumlah data.

2.5. Hidraulika

2.5.1. Aliran Laminar dan Bilangan Reynold

Aliran laminar adalah partikel-partikel zat cair yang bergerak teratur mengikuti lintasan yang saling sejajar. Aliran laminar terjadi apabila kecepatan kecil dan/atau kekentalan besar. Sedangkan aliran dimana partikel-partikel zat cair tidak teratur dan kekentalan kecil serta kecepatan alirannya besar disebut aliran turbulen. Bilangan yang menunjukkan sifat aliran ini disebut bilangan Reynold. Bilangan Reynold memiliki persamaan sebagai berikut (Triatmodjo Bambang, "Hiraulika II" 2013) :

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu} \dots (2.16)$$

dengan:

V : Kecepatan karakteristik.

L : Panjang karakteristik.

ν : kekentalan kinematis cairan.

Menurut Reynold, ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu:

- a) Kekentalan (μ).
- b) Rapat massa zat cair.
- c) Dan diameter pipa (D).

2.5.2. Klasifikasi Aliran Saluran Terbuka

Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar (Triatmodjo Bambang, "Hiraulika II" 2013). Aliran pada saluran terbuka dengan harga Re kurang sama dengan lima ratus ($UR/v \leq 500$) adalah aliran laminar (*laminar flow*) sedangkan aliran pada saluran terbuka menjadi turbulen jika angka Re lebih dari 1000 ($UR/v \geq 1000$).

Di dalam saluran terbuka dikenal juga istilah aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran tak seragam (*non uniform flow*). Aliran seragam apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Sedangkan sebaliknya, aliran disebut tak seragam apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan.

Selain itu pada saluran terbuka, aliran juga dapat dibedakan menjadi aliran subkritis (mengalir) dan aliran super kritis (meluncur). Diantara kedua tipe itu disebut aliran kritis.



Penentuan tipe aliran ditentukan dengan angka Froude. Aliran itu dikatakan kritis apabila bilangan Froude sama dengan satu ($F = 1$). Aliran subkritis apabila $F < 1$ dan superkritis apabila $F > 1$. Aliran subkritis kadang-kadang dinamakan aliran tenang (*tranquil flow*) sedangkan aliran superkritis dikenal dengan nama aliran cepat (*rapid flow*) dan aliran mengeram (*shooting flow*). Angka Froude mempunyai persamaan:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} \dots (2.17)$$

dengan:

V : Kecepatan karakteristik (m/s).

g : Gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$).

D : Kedalaman aliran (m).

Aliran dapat digolongkan ke dalam empat resin yang didasarkan pada harga bilangan Froude dan Reynolds, yaitu:

1. Laminar Subkritis $F < 1$; $Re \leq 500$
2. Laminar Superkritis $F > 1$; $Re \leq 500$
3. Turbulen Subkritis $F < 1$; $Re \geq 2000$
4. Turbulen Superkritis $F > 1$; $Re \geq 2000$

2.5.3. Aliran Seragam dan Tak Seragam

Menurut Triatmodjo Bambang dalam buku Hidraulika II (2013), aliran seragam adalah mantap dan satu dimensi. Aliran tidak mantap yang seragam hampir tidak ada di alam. Dengan anggapan satu dimensi berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampak lintang adalah sama. Contoh aliran seragam adalah aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Aliran ini tidak lagi menjadi seragam jika adanya



pembendungan atau terjunan. Pada umumnya aliran seragam di saluran terbuka adalah turbulen, sedang aliran laminar sangat jarang terjadi.

Aliran seragam tidak dapat terjadi pada kecepatan aliran yang besar atau kemiringan saluran sangat besar. Apabila kecepatan aliran melampaui batas tertentu (kecepatan kritis), maka muka air menjadi tidak stabil dan akan terjadi gelombang. Pada kecepatan yang sangat tinggi (lebih dari 6 m/s), udara akan masuk ke dalam aliran dan menjadi tidak mantap.

Aliran tidak seragam terjadi apabila tampang lintang depan/saluran tidak konstan, seperti sungai, atau juga disaluran seragam (irigasi) di daerah dekat bendung atau di ujung saluran. Kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang saluran tidak konstan. Analisis aliran tidak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran di sepanjang saluran/sungai.

Analisis aliran tidak seragam banyak dilakukan dalam perencanaan perbaikan sungai atau penanggulangan banjir, terutama dalam menentukan elewasi puncak tanggul. Meskipun aliran banjir di sungai merupakan aliran tidak mantap (*unsteady flow*), tetapi sering analisis profil muka air di sepanjang saluran dilakukan berdasarkan aliran mantap dengan menggunakan debit puncak dari hidrograf banjir.

Aliran tidak seragam dapat dibedakan dalam dua kelompok:

- a. Aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*), dimana parameter hidraulis (kecepatan dan tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke tampang yang lain.
- b. Aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), dimana parameter hidraulis berubah secara mendadak dan kadang-kadang juga tidak kontinu (*discontinue*).



2.5.4. Distribusi Kecepatan

Dalam aliran melalui saluran terbuka, distribusi kecepatan tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding dan juga debit aliran.

Distribusi kecepatan tidak merata di setiap titik pada tampang lintang.

Kecepatan minimum terjadi di dekat dinding batas (dasar dan tebing) dan bertambah besar dengan jarak menuju ke permukaan. Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di sekitar tengah-tengah lebar saluran dan sedikit di bawah permukaan. Hal ini disebabkan karena adanya gesekan antara zat cair dan tebing saluran dan juga karena adanya gesekan dengan udara dan permukaan.

Untuk saluran yang sangat lebar, distribusi kecepatan di sekitar bagian tengah lebar saluran adalah sama. Hal ini terjadi karena sisi-sisi saluran tidak terpengaruh pada daerah tersebut, sehingga saluran di bagian itu dapat dianggap 2 dimensi (vertikal). Keadaan ini akan terjadi apabila saluran lebih besar dari 5-10 kali kedalaman aliran yang tergantung pada kekasaran dinding.

Dalam praktek, saluran dapat dianggap sangat lebar (lebar tak terhingga) apabila lebar saluran lebih besar dari 10 kali kedalaman aliran (Triatmodjo Bambang, "Hiraulika II" 2013).

2.5.5. Kemiringan dan Kedalaman Kritik pada Saluran

Kemiringan dasar saluran yang diperlukan untuk menghasilkan aliran seragam di dalam saluran pada kedalaman kritik disebut dengan kemiringan kritik (I_c).

Apabila aliran seragam terjadi pada saluran dengan kemiringan dasar lebih kecil dari kemiringan kritik ($I_0 < I_c$) maka aliran adalah subkritik dan kemiringan dasar disebut landai. Sebaliknya, apabila kemiringan dasar lebih besar dari kemiringan kritik ($I_0 > I_c$) maka aliran adalah superkritik dan kemiringan dasar disebut curam (Triatmodjo Bambang, "Hiraulika II" 2013).



Apabila digunakan rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \dots (2.18)$$

Kecepatan aliran pada kedalaman kritis menjadi:

$$V_c = \sqrt{g \cdot D_c} \dots (2.19)$$

Pada kondisi tersebut $R = R_c$ dan $I = I_c$, sehingga rumus Manningnya menjadi:

$$I_c = \frac{g \cdot D_c n^2}{R_c^{4/3}} \dots (2.20)$$

Persamaan (11) menunjukkan bahwa kemiringan kritis tergantung pada debit dan kekasaran dinding. Untuk saluran lebar, $R_c = y_c = D_c$ sehingga:

$$I_c = \frac{g \cdot n^2}{y_c^{1/3}} \dots (2.21)$$

Kedalaman air kritis dapat dihitung dengan persamaan:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g}} \dots (2.22)$$

dengan:

V : Kecepatan karakteristik (m/s).

V_c : Kecepatan kritis (m/s).

R : Jari-jari hidrolis.

R_c : Jari-jari hidrolis aliran kritis.

J : Kemiringan dasar saluran.

I_c : Kemiringan kritis dasar saluran.

D_c : Diameter saluran kritis.

N : Koefisien Manning.

G : Gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$).

y_c : Kedalaman aliran kritis (m).

Q : Debit aliran (m^3/s)

Tabel 2.5. Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Koefisien Kekasaran Manning	
	Minimum	Maksimum
Saluran besar (lebar atas pada taraf banjir > 100 kaki (30m). Nilai n lebih kecil darisaluran kecil dengan perincian yang		
a. Penampang beraturan tanpa batu besar atau belukar	0.025	0.060
b. Penampang tidak beraturan dan kasar	0.035	0.100

Sumber : Ven Te Chow, "Aliran Saluran Terbuka"(1992)

2.5.6. Klasifikasi Profil Muka Air

Profil muka air akan berubah tergantung pada I_0 dan apakah perbandingan kedalaman normal dengan kedalaman aliran (y_n/y) dan perbandingan kedalaman kritis dengan kealaman aliran (y_c/y) lebih besar dari satu (Triatmodjo Bambang, "Hiraulika II" 2013). Kemiringan dasar dapat bernilai negatif, nol dan positif. Kemiringan negatif disebut kemiringan balik ($I_0 < 0$) yang diberi *symbol* A (*adverse slope*). Kemiringan negatif terjadi apabila elevasi dasar saluran bertambah dalam arah aliran. Kemiringan dasar saluran bernilai nol apabila dasar saluran adalah *horizontal* ($I_0 = 0$) dan diberi *symbol* H (*horizontal*). Sedangkan kemiringan positif disebut kemiringan searah yang dibedakan menjadi landai (*mild*) diberi simbol M, kritik (*critical*) diberi simbol C, dan curam (*steep*) diberi simbol S.

a) Kurva M (*mild*)



Kurva M terjadi apabila $I_0 < I_c$ dan $y_n > y_c$. Kurva M dibagi menjadi 3 profil yaitu M_1 , M_2 , dan M_3 .

- Profil muka air M_1 apabila $y > y_n > y_c$. Profil M_1 dapat ditemui pada bendungan, penyempitan saluran, dan belokan di sungai.

- Profil muka air M_2 apabila $y_n > y > y_c$. Profil M_2 terjadi pada saluran landai dengan ujung hilirnya adalah saluran curam, pelebaran saluran, dan bangunan terjunan. Kedalaman air pada arah aliran berkurang.

- Profil muka air M_3 apabila $y_n > y_c > y$. Profil M_3 terjadi apabila air mengalir dari saluran curam menuju saluran landai.

Profil M_2 dan M_3 adalah sangat pendek dibanding dengan profil M_1 .

b) Kurva C (*critical*)

Kurva C terjadi apabila $I_0 = I_c$ dan $y_n = y_c$. Karena garis kedalaman normal dan kritik berimpit maka hanya ada dua profil yaitu profil C_1 dan C_3 .

c) Kurva S (*steep*)

Kurva S terjadi apabila $I_0 > I_c$ dan $y_n < y_c$. Ada 3 tipe kurva S yaitu profil S_1 , S_2 , dan S_3 .

- Profil muka air S_1 apabila $y > y_c > y_n$. Profil S_1 dapat ditemui pada hulu bendung yang berada di saluran curam dimana hulunya terjadi loncatan air.

- Profil muka air S_2 apabila $y_c > y > y_n$. Profil S_2 terdapat pada perubahan aliran dari saluran landai masuk ke



saluran curam, atau pada pemasukan ke saluran curam.

Profil S_2 sangat pendek.

- Profil muka air S_3 apabila $y_c > y_n > y$. Profil S_3 terdapat disebelah hilir pintu air yang berada pada saluran curam atau di sebelah hilir dari perubahan saluran curam ke saluran kurang curam. Profil ini merupakan transisi profil

M dan S.

2.5.7. Analisis Dimensi Saluran

Dimensi saluran tergantung pada kapasitas air, yaitu jumlah air yang perlu dibuang (Q), karakteristik saluran (n, C, K), dan topografi daerah (i). Dimensi saluran hitung dengan perumusan Manning. Hubungan dasar untuk aliran seragam dinyatakan dengan Manning dengan rumus pada persamaan (2.17).

Pada penampang saluran dengan bentuk trapesium, luas penampang basah (A) dapat dirumuskan:

$$A = (B + mh)h \dots (2.23)$$

Dan keliling basah penampang (P) dirumuskan:

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots (2.24)$$

dengan:

B : Lebar dasar penampang (m).

H : Tinggi penampang (m).

M : Kemiringan dinding/tebing saluran.

Maka nilai jari-jari hidrolis (R) didapatkan dengan membandingkan luas penampang saluran (A) dengan keliling basah penampang (S) seperti rumus:

$$R = \frac{A}{P} \dots (2.25)$$



2.6. Sudetan (*Diversion*)

Salah satu metode pengendalian banjir bagian struktur (Diagram 2.1.) adalah sudetan. Pada alur sungai yang berbelok-belok sangat kritis, sebaiknya dilakukan sudetan agar air banjir dapat mencapai bagian hilir atau laut dengan cepat, dengan mempertimbangkan alur sungai stabil. Hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh oleh aliran air banjir tersebut menjadi lebih pendek, kemiringan sungai lebih curam dan kapasitas pengaliran bertambah.

Sudetan pada alur sungai *alluvial* yang bermeander dapat terjadi secara alamiah karena adanya pergerakan/pergeseran meander. Didalam perencanaan sudetan buatan diharapkan kesadaran dan pengertian para perencana, mengingat dengan dilakukannya sudetan berarti mengganggu keseimbangan yang ada, sehingga secara alamiah alur sungai cenderung kembali pada kondisi semula. Pada masa mencari atau mencapai keseimbangan baru tersebut, biasanya disertai dengan kerusakan-kerusakan yang tidak diinginkan dan diperkirakan sebelumnya. Hal ini terjadi pada sudetan yang tidak disertai dengan perencanaan alur sungai stabil dan pertimbangan terhadap proses yang akan timbul. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan sudetan adalah :

- a. Tujuan dilakukan sudetan.
- b. Arah alur sungai sudetan (kondisi meander yang ada).
- c. Penampang sungai sudetan.
- d. Usaha mempertahankan fungsi dari sudetan.
- e. Pengaruh sudetan terhadap sungai secara keseluruhan, bangunan-bangunan pemanfaatan sumber daya air maupun bangunan fasilitas.
- f. Pengaruh penurunan muka air disebelah hulu sudetan terhadap lingkungan.
- g. Pengaruh berkurangnya fungsi retensi banjir.

h. Tinjauan terhadap sosial ekonomi.

Sedangkan tujuan dari sudetan sehubungan dengan pengendalian banjir adalah:

1. Sungai yang berbelok-belok atau bermeander kritis adalah merupakan alur yang relatif tidak stabil. Dengan adanya sudetan akan menjadi lebih baik.
2. Dengan adanya sudetan akan mempercepat aliran air yang berasal dari hulu, sehingga daerah dibagian hulunya tidak terjadi limpasan pada saat penampang tidak mampu menampung debit banjir yang sering terjadi.

Pertimbangan-pertimbangan teknis didalam perencanaan adalah sebagai berikut:

a. Daerah Sudetan (Meander kritis)

Analisis yang dilakukan berkaitan dengan daerah sudetan adalah penentuan kondisi meander (kritis atau tidak) dengan memperhatikan parameter-parameter yang berkaitan yaitu L (panjang meander), R (jari-jari meander), a (amplitudo meander), Q (debit sungai), B (lebar sungai).

Kondisi meander ini dapat ditentukan dengan memperhatikan biaya pemeliharaan sungai dengan mengetahui harga dari:

$$R / B < 10 \text{ adalah dalam kondisi kritis}$$

Maka berdasarkan analisis harga R / B tersebut dapat ditentukan daerah yang akan di sudet dengan memperhatikan efisiensi dan sistem sungai secara keseluruhan.

b. Perbaikan arah alur (jalur) sungai

Faktor non teknis juga merupakan faktor yang tidak kalah penting dari faktorteknis, faktor non teknis meliputi masalah sosial ekonomi misalnya pemilihan alur yang tidak melewati permukiman penduduk, situs sejarah dan lain-lain. Pertimbangan teknis dalam pembuatan sudetan meliputi pertimbangan terhadap rencana pola alur sungai stabil, terutama arah *horizontal*. Maka perlu dihindari adanya rencana alur sungai meander atau berbelok-belok, yang menyebabkan awal proses pergerakan meander sungai ke arah tikungan luar. Apabila terpaksa harus berbelok-belok perlu dipertimbangkan terhadap alur sungai meander yang baik atau yang tidak kritis.

2.7. Pemodelan HEC-RAS (*Hydrolic Engineers Center's River Analysis System*)

Untuk menentukan elevasi muka air banjir rancangan digunakan analisis profil muka air (analisis hidraulik) dengan memakai debit yang diambil dari data debit puncak dan menggunakan data geometri penampang sungai.

Menurut Istiarto (2012), HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai, *River Analysis system (RAS)*, yang dibuat oleh *Hydraulic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resource (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineer (USACE)*. HEC-RAS mempunyai empat komponen model satu dimensi:

1. Hitungan profil muka air aliran permanen.
2. Simulasi aliran tak permanen.
3. Hitungan transpor sedimen.
4. Hitungan kalitas air.



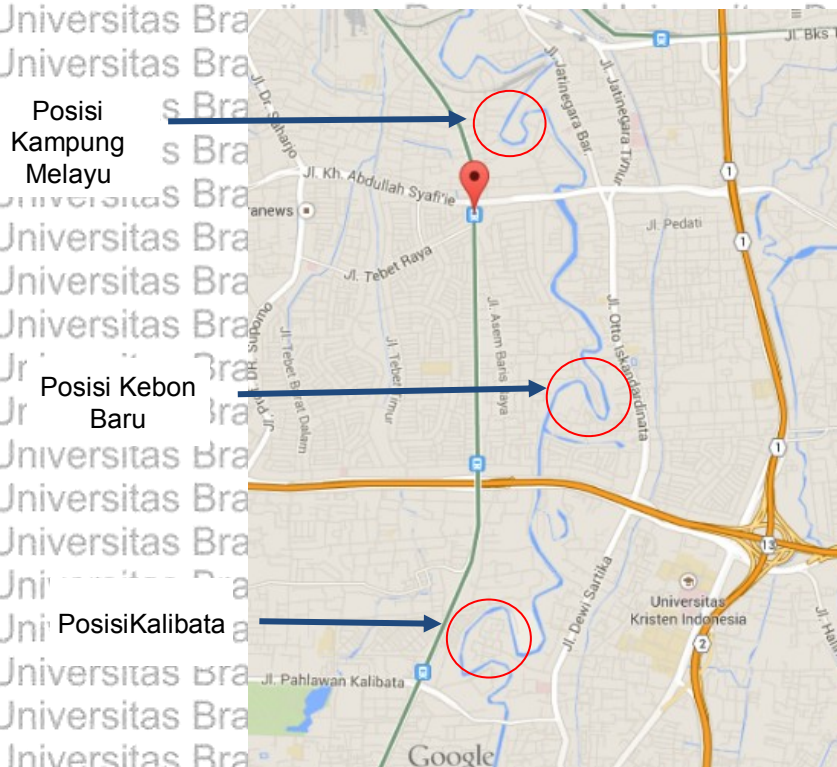
Hal penting yang perlu diperhatikan dalam keempat komponen tersebut adalah memakai data geometri yang sama, *routine* hidraulika yang sama, serta fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air yang dilakukan. HEC-RAS merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur *graphical user inteface*, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, serta pelaporan.



BAB III METODOLOGI

3.1. Lokasi Penelitian

Sudetan dilakukan di Sungai Ciliwung. Sungai Ciliwung berada pada DAS Ciliwung dengan luas DAS 382,6 km². Titik Sudetan dilakukan pada tiga posisi. Posisi pertama berada di Kelurahan Kalibata di Kecamatan Pancoran termasuk wilayah Kota Administrasi Jakarta Selatan. Posisi kedua berada di Kelurahan Kebon Baru di Kecamatan Tebet termasuk wilayah Kota Administrasi Jakarta Selatan. Posisi Sudetan ketiga berada di Kelurahan Kampung Melayu di Kecamatan Jatinegara, termasuk wilayah Kota Administrasi Jakarta Timur.



Gambar 3.1. Lokasi Rencana Sudetan



Gambar 3.2. Rencana Sudetan di Kalibata



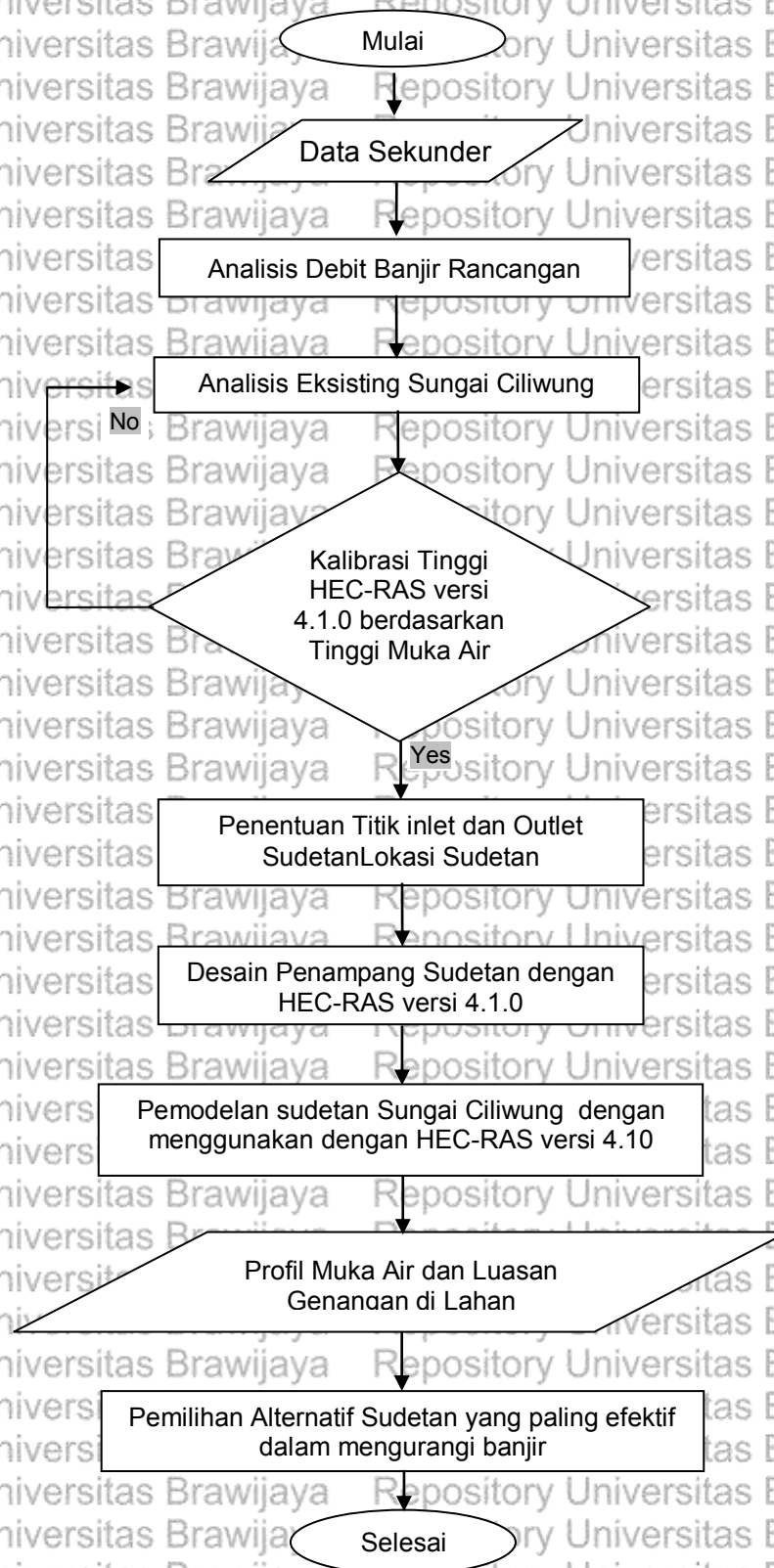
Gambar 3.3. Rencana Sudetan di Kebon Baru



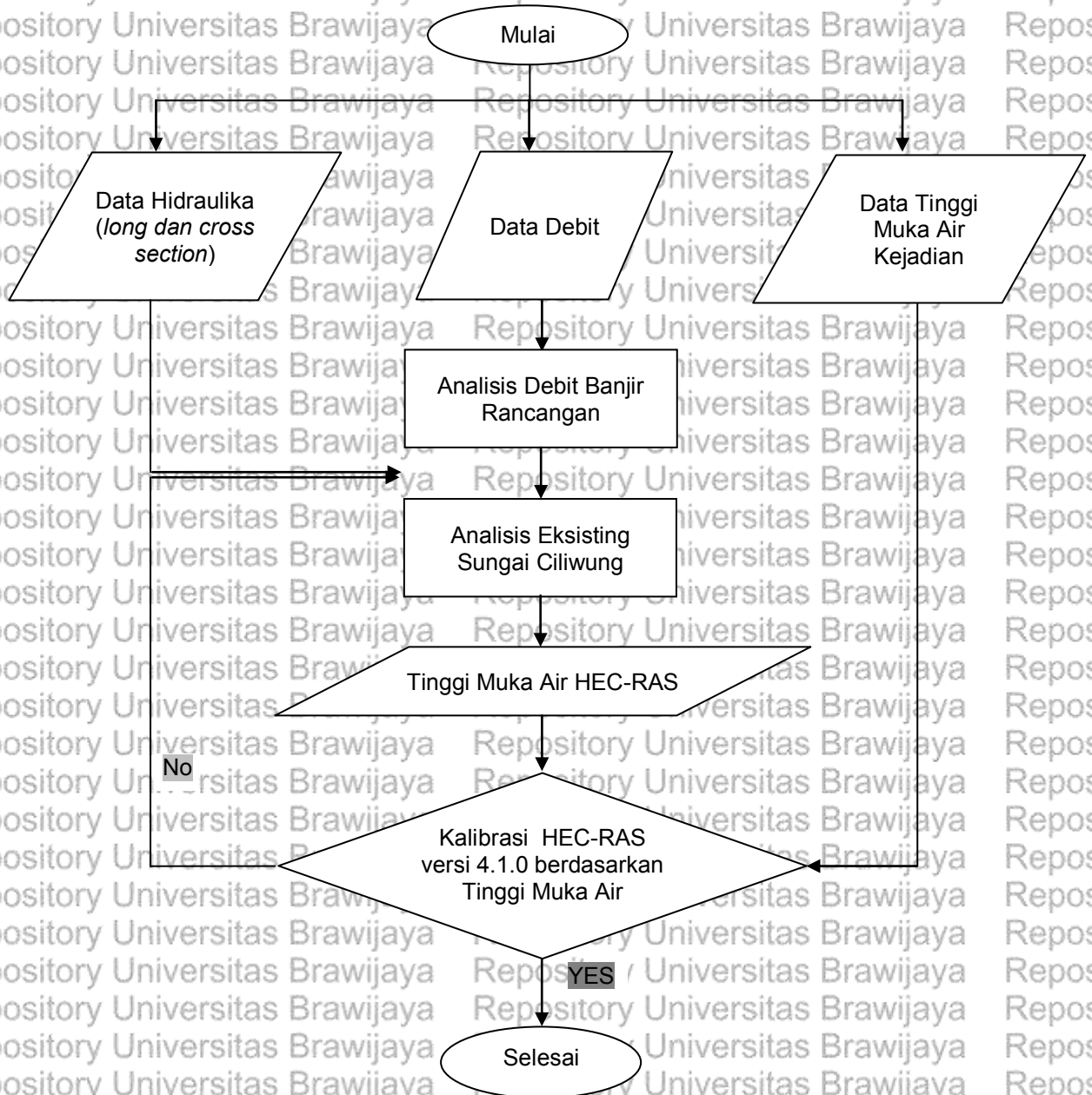
Gambar 3.4. Rencana Sudetan di Kampung Melayu



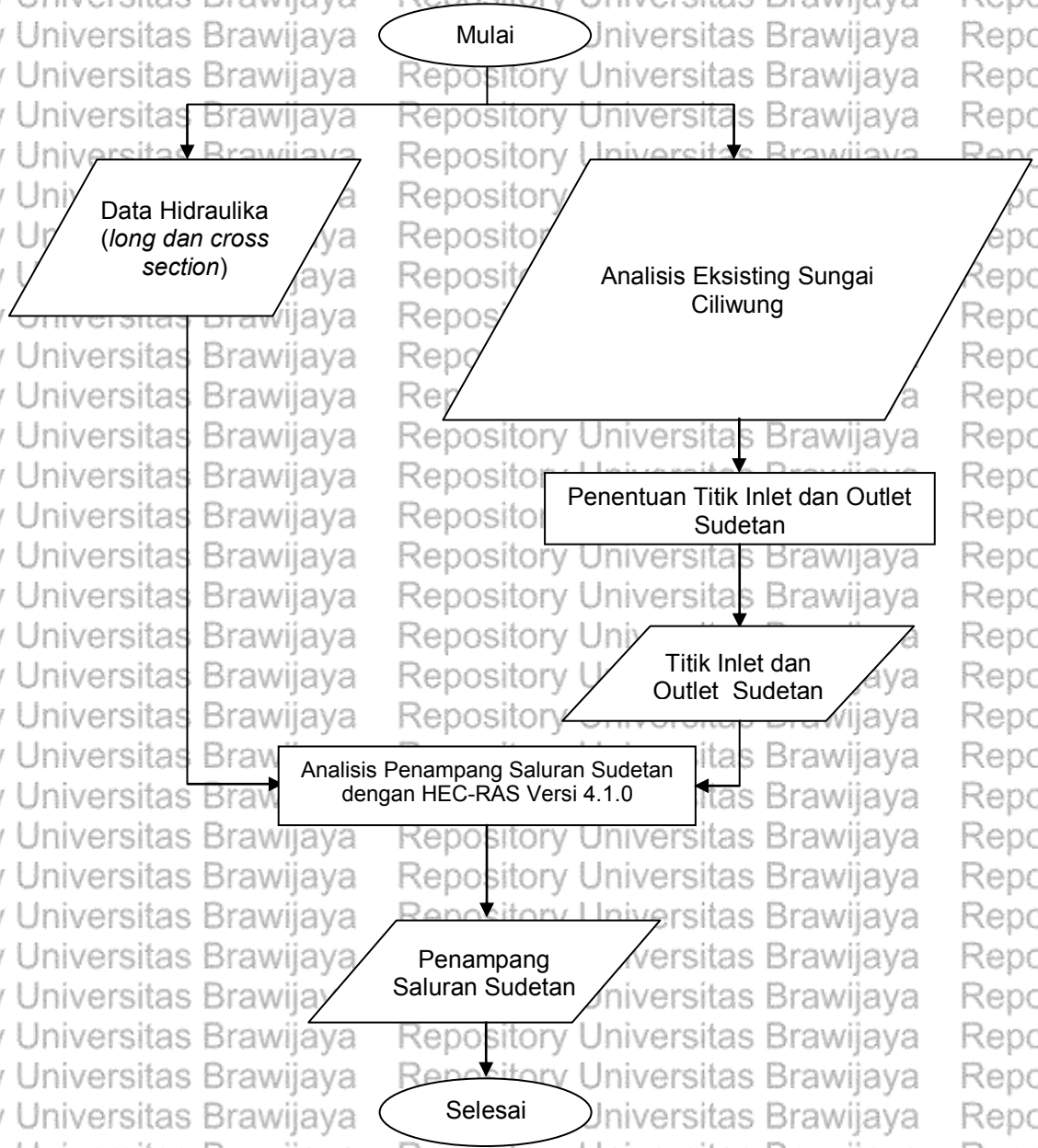
3.2. Diagram Alir



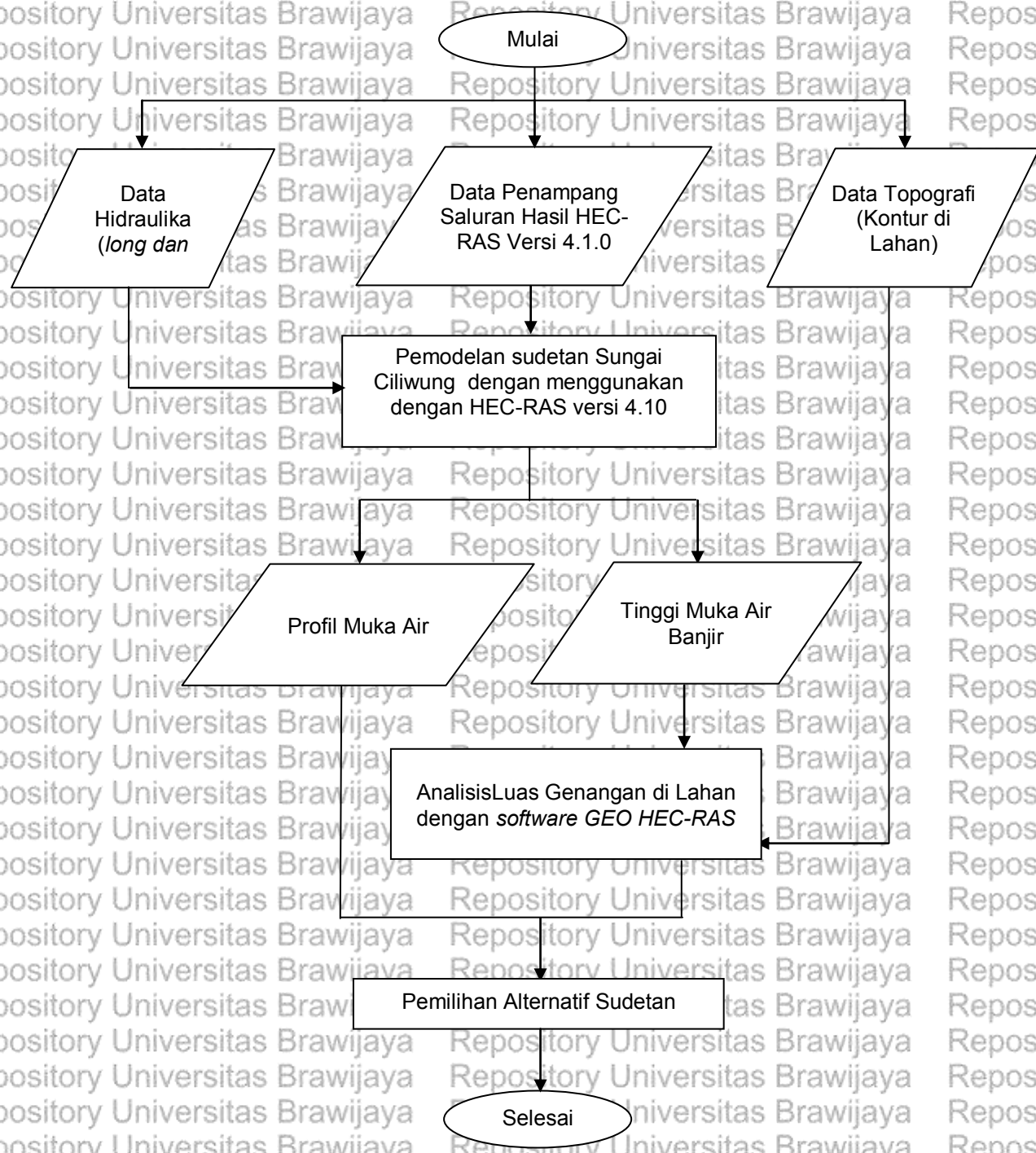
Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5a. Diagram Alir Analisis Eksisting Sungai Ciliwung dan Kalibrasi(Diagram Alir Rumusan Masalah 1)



Gambar 3.5b. Diagram Alir Penentuan Titik *Inlet* dan *Outlet* Sudetan, dan Analisis Penampang Saluran Sudetan.



Gambar 3.5c. Diagram Alir Pemilihan Alternatif Sudetan (Diagram Alir Rumusan Masalah 2, 3 dan 4)



3.3. Lingkup Penelitian

Secara garis besar lingkup penelitian **Analisis Profil Muka Air Dan Luas Genangan Di Lahan Akibat Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung** adalah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan Data Sekunder;
- b. Analisis Debit Banjir Rancangan;
- c. Analisis Eksisting Sungai Ciliwung;
- d. Kalibrasi;
- e. Penentuan Titik *Inlet* dan *Outlet* Sudetan;
- f. Desain Penampang Saluran Sudetan;
- g. Pemodelan Sudetan Sungai Ciliwung;
- h. Analisis Profil Muka Air;
- i. Analisis Luas Genangan; dan
- j. Pemilihan Variasi Posisi Sudetan.

A. Pengumpulan data sekunder berupa:

1. Data debit harian dan tinggi muka air (pembacaan peilscala) sungai dari pencatat AWLR jembatan MT.Haryono 10 tahun terakhir (tahun 2004-2013).
2. Data-data geometri yaitu peta situasi Sungai Ciliwung, *long* dan *cross* Sungai Ciliwung.
3. Data kontur lahan di sekitar Sungai Ciliwung. Data dapat berupa data manual atau berupa peta digitasi.



B. Analisis Debit Rancangan.

Data debit harian yang ada dikelola menjadi seri data hidrologi tahunan. Analisis debit rancangan menggunakan kala lebih besar atau sama dari kala ulang banjir maksimal pada seri data hidrologi tahun yang terjadi (tahun 2004-2013). Perhitungan distribusi frekuensi data debit menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III.

Setelah melakukan perhitungan distribusi frekuensi dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan menggunakan dua cara yaitu Uji Smirnov Kolmogorof dan Uji Chi Square.

C. Analisis Eksisting Sungai Ciliwung

Analisis dilakukan secara hidraulika untuk mengetahui perilaku aliran yaitu profil muka air dan perilaku banjir pada kondisi eksisting. Analisis kondisi eksisting menggunakan data *long* dan *cross* sungai eksisting dengan debit kala ulang berdasarkan debit banjir maksimum yang pernah terjadi dari tahun 2004-2013.

D. Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan terhadap program bantu yang digunakan yaitu program bantu HEC-RAS 4.1.0. Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui apakah hasil program bantu yang dipakai sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Kalibrasi mengacu pada tinggi muka air hasil analisis eksisting Sungai Ciliwung dengan tinggi muka air yang terjadi berdasarkan AWLR MT.Haryono. Penyesuaian hasil analisis dengan kondisi lapangan dengan menyesuaikan koefisien manning (n).



E. Penentuan Titik *Inlet* dan *Outlet* Sudetan

Penentuan titik inlet dan outlet berdasarkan hasil analisis eksisting Sungai Ciliwung. Penentuan titik *inlet* dan *outlet* ditentukan berdasarkan teori perilaku aliran dengan mempertimbangkan:

- Reduksi panjang aliran : diambil reduksi aliran terbesar.
- Sudut Belokan Aliran : diambil sudut belokan terbesar.
- Kemiringan Dasar Saluran : diambil kemiringan yang landau.

Reduksi panjang aliran adalah selisih dari panjang alur yang akan disudet dengan panjang rencana saluran sudetan. Sudut belokan aliran adalah sudut yang terjadi pada aliran masuk dan aliran keluar dari belokan. Sedangkan kemiringan aliran adalah kemiringan saluran sudetan rencana dari titik *inlet* ke titik *outlet*.

F. Desain Penampang Saluran Sudetan.

Analisis penampang ini bertujuan untuk menentukan profil penampang saluran sudetan yaitu lebar (B) dan tinggi (h) saluran. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan analisis penampang sudetan:

➤ Kecepatan Aliran

Kecepatan yang diijinkan dalam saluran tergantung pada bahan yang digunakan dan sifat-sifat hidrolisnya.

➤ Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dasar saluran biasanya dipengaruhi oleh keadaan topografi daerah setempat.

➤ Koefisien Kekasaran Manning (n).

G. Pemodelan Sudetan Sungai Ciliwung

Pemodelan sudetan memakai aplikasi program HEC-RAS versi 4.1.0 yang sudah dikalibrasi. Pemodelan dilakukan sepanjang sungai mulai dari Kalibata (patok P260) sampai Pintu Air Manggarai (patok P1) sepanjang 11,95 km.

Untuk melakukan *running program*, langkah-langkah pemakaian aplikasi program HEC-RAS 4.1.0 sebagai berikut:

a) Memasukkan data geometri sungai.

Data-data geometri sungai yang diperlukan untuk melakukan perhitungan hidraulikasungai, yang antara lain meliputi: informasi hubungan sistem pengaliran sungai/skema aliran sungai (*river system schematic*), data potongan melintang (*cross-section*), data struktur/bangunan hidrolis yang ada di sungai (*bridge, wier, levee*, dan lain-lain).

b) Variasi posisi sudetan.

c) *Running* model terhadap masing-masing variasi sudetan

d) Penyajian data hasil simulasi dalam bentuk tabel dan grafik.

H. Analisis Profil Muka Air.

Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan bentukprofil dan tinggi muka air yang terjadi pada pemodelan variasi posisi sudetan. Analisis dilakukan dengan simulasi sudetan yang menggunakan program HEC-RAS. Simulasi dilakukan dengan melakukan variasi posisi sudetan. Ada 7 variasi posisi sudetan yang akan dilakukan yaitu:

Variasi posisi 1 : di Kalibata.

Variasi posisi 2 : di Kebon Baru.

Variasi posisi 3 : di Kampung Melayu



Variasi posisi 4 : di Kalibata dan Kebon Baru.

Variasi posisi 5 : di Kalibata dan Kampung Melayu

Variasi posisi 6 : di Kebon Baru dan Kampung Melayu.

Variasi posisi 7 : di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu.

I. Analisis Luasan Genangan.

Analisis luasan untuk mendapatkan luasan genangan yang terjadi di lahan berdasarkan hasil analisis profil muka air. Analisis ini dilakukan dengan 7 variasi posisi sudetan sesuai variasi posisi sudetan pada analisis perilaku aliran. Untuk mendapatkan kondisi genangan akan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS yang akan di *running* akibat sudetan yang dilakukan dari masing-masing variasi.

J. Pemilihan Variasi Posisi Sudetan

Dari ke tujuh variasi posisi sudetan akan dipilih satu variasi yang paling efektif dalam mengurangi banjir sesuai dengan kriteria pemilihan berdasarkan profil muka air dan luasan genangan. Adapun kriteria pemilihan yaitu:

1. Berdasarkan profil muka air:
 - a. Elevasi muka air terendah.
 - b. Jenis aliran subkritis.
2. Berdasarkan luasan genangan: luas genangan yang paling kecil.



BAB IV PENGELOLAN DATA DAN ANALISIS

4.1. Analisis Debit Rancangan

Langkah awal dalam penelitian ini adalah analisis debit rancangan. Analisis debit rancangan dilakukan untuk menganalisis kala ulang banjir rancangan dan menentukan debit kala ulang yang akan dipakai dalam mendesain penampang saluran. Analisis debit rancangan dilakukan dengan menggunakan data debit harian pada AWLR MT. Haryono. Dari data debit harian yang terjadi tahun 2003-2012 dibuat menjadi seri data hidrologi tahunan.

Tabel 4.1 Seri Data Hidrologi Tahunan Tinggi Muka Air dan Debit di AWLR MT. Haryono Patok 174 (2004-2013)

Tahun	Tinggi Muka Air	Debit
	(m)	(m ³ /det)
2004	4.66	124.67
2005	6.78	284.44
2006	4.39	108.81
2007	5.10	152.34
2008	3.74	76.39
2009	4.80	132.97
2010	4.75	129.92
2011	4.03	90.17
2012	4.84	135.52
2013	6.82	287.88

Sumber: BBWS Ciliwung-Cisadane

Dengan menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III dilakukan analisis frekuensi dengan kala ulang rencana dari seri data debit maksimum. Kala ulang yang direncanakan berdasarkan debit banjir maksimum yang pernah terjadi.

4.1.1. Analisis Frekuensi

a. Menghitung Simpangan Baku (S) dari debit tahunan.

Sebelum mendapatkan nilai simpangan baku maka perlu dihitung nilai log rata-rata debit maksimum seri data hidrologi dengan rumus sesuai Persamaan (2.1):

$$\text{Log } X_{\text{rt}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n}$$

dimana:

$\text{Log } X_{\text{rt}}$: nilai Log rata-rata debit maksimum seri data hidrologi

$\text{Log } X_i$: nilai log debit maksimum tiap tahun seri data hidrologi

n : jumlah data tahun 2004-2013 = 10 data

Tabel 4.2. Perhitungan Nilai Log Debit (Log Pearson Tipe III)

Tahun	No	Data (X_i) Q(m ³ /det)	Peluang	Log X_i	Log X_i - Log X_{rt}	(Log X_i - Log X_{rt}) ²	(Log X_i - Log X_{rt}) ³
2004	1	124.67	9.0909	2.0958	-0.0478	-0.0023	-0.0001
2005	2	284.44	18.1818	2.4540	0.3104	0.0963	0.0299
2006	3	108.81	27.2727	2.0367	-0.1069	0.0114	-0.0012
2007	4	152.34	36.3636	2.1828	0.0392	0.0015	0.0001
2008	5	76.39	45.4545	1.8830	-0.2606	-0.0679	-0.0177
2009	6	132.97	54.5455	2.1238	-0.0198	0.0004	0.0000
2010	7	129.92	63.6364	2.1137	-0.0299	0.0009	0.0000
2011	8	90.17	72.7273	1.9551	-0.1885	0.0355	-0.0067
2012	9	135.52	81.8182	2.1320	-0.0116	0.0001	0.0000
2013	10	287.88	90.9091	2.4592	0.3156	0.0996	0.0314
Jumlah				21.4360		0.3161	0.0356
Log X_{rt}				2.1436			

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan pada Tabel 4.1., maka didapatkan nilai Log rata-rata.

$$\text{Log } X_{\text{rt}} = \frac{21.436}{10}$$

$$\text{Log } X_{\text{rt}} = 2.1436$$

Kemudian nilai simpangan baku (S) dapat kita tentukan dengan menggunakan rumus sesuai Persamaan (2.3):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2}{n-1}}$$

Pada Tabel 4.1, nilai $\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2$ sebesar 0,3161, maka:

$$S = \sqrt{\frac{0,3161}{10-1}}$$

$$S = 0,1874$$

b. Menghitung koefisien kepengcangan (C_s) berdasarkan Persamaan (2.5).

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

dimana:

$\text{Log } X_{rt}$: nilai Log rata-rata debit maksimum seri data hidrologi

$\text{Log } X_i$: nilai log debit maksimum tiap tahun seri data hidrologi

n : jumlah data tahun 2004-2013 = 10 data

S : nilai simpangan baku

Pada Tabel 4.1, nilai $\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^3$ sebesar 0,0356, maka:

$$C_s = \frac{10 (0,0356)}{(10-1)(10-2)0,1874^3}$$

$$C_s = 0,7522$$

c. Menghitung nilai debit rancangan terhadap kala ulang rencana.

Untuk mendapatkan debit rancangan kala ulang dengan menghitung nilai dari anti logaritma X (anti $\text{Log } X$) menggunakan metode distribusi Log Pearson Tipe III dengan rumus:

$$\text{Log } X = \text{Log } X_{rt} + (G ; S)$$



dimana:

$\log X_m$: nilai Log rata-rata debit maksimum seri data hidrologi

$\log X$: nilai log debit rancangan kala ulang

S : nilai simpangan baku

G : Faktor Frekuensi

Mendapatkan Debit rancangan dengan kala ulang 5 tahun. Kala ulang (T) 5 tahun

itu berarti peluang kejadian (Pr) sebesar 20 %.

$$Pr = \frac{1}{T} 100\%$$

$$\text{sehingga, } Pr = \frac{1}{5 \text{ tahun}} 100\% = 20\%$$

Nilai G ditentukan berdasarkan Tabel 2.2. dengan acuan nilai kepercengan (C_s) dan kala ulang kejadian (Pr).

Dengan Nilai

$$Pr = 20\% \text{ dan nilai } C_s = 0,7522,$$

$$\text{maka } G = 0,7848$$

$$\log X = 2,1436 + (0,7848 \cdot 0,1874)$$

$$\log X = 2,2907$$

Nilai anti Log X = 195.2845. Sehingga Debit Rancangan 5 tahun ($Q_{5\text{tahun}}$) sebesar **195.28 m³/det.**

Untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dilakukan cara perhitungan yang sama. Pada 4.3. disajikan hasil perhitungan debit rancangan kala ulang.

Tabel 4.3. Debit Rancangan Kala Ulang

Kala Ulang (tahun)	Pr	Log X_{rt}	Standar Deviasi (S)	C_s	G	Log X_T	Q (m^3/det)
2	50%	2.1436	0.1874	0.75217	-0.1243	2.1203	131.92
5	20%	2.1436	0.1874	0.75217	0.7848	2.2907	195.28
10	10%	2.1436	0.1874	0.75217	1.3346	2.3937	247.57
25	4%	2.1436	0.1874	0.75217	1.9806	2.5148	327.16
50	2%	2.1436	0.1874	0.75217	2.4310	2.5992	397.35
100	1%	2.1436	0.1874	0.75217	2.8590	2.6794	477.94

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Menentukan kala ulang debit banjir maksimal.

Menurut seri data hidrologi debit maksimal yang paling besar terjadi pada tahun 2013 dengan debit (Q) sebesar $287,88 m^3/det$ (lihat Tabel 4.1.). Dengan debit kejadian tersebut kita akan memperkirakan kala ulang kemungkinan terjadi dengan menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III.

Kita akan menentukan nilai G untuk mendapatkan berapa kala ulang kejadian.

Diketahui $Q_{maks} = 287,88 m^3/det$, maka

$$\text{Log } Q_{maks} = \text{Log } 287,88 = 2,4592$$

Berdasarkan Persamaan (1):

$$\text{Log } X = \text{Log } X_{rt} + (G \cdot S)$$

$$2,4592 = 2,1436 + (G \cdot 0,1874)$$

$$2,4592 - 2,1436 = (G \cdot 0,1874)$$

$$\frac{0,3156}{0,1874} = G$$

$$\underline{\underline{G = 1,6841}}$$

Diketahui $G = 1,6841$ dan $C_s = 0,7522$, maka besar kala ulang (T) bisa didapatkan dengan menggunakan Tabel 2.2. Faktor frekuensi (G) Distribusi Log Pearson Tipe III. Maka nilai $T = 18,12$ tahun, hasil interpolasi 15 dan 20 tahun pada Tabel 2.2.

Berdasarkan kala ulang banjir yang terjadi tahun 2003 T sebesar 18,12 tahun, sehingga untuk debit rancangan diambil kala ulang lebih besar dari 18,12 tahun. Selain alasan banjir kejadian perlu mempertimbangkan kondisi dimasa depan. Tiap tahun jumlah penduduk bertambah yang berarti jumlah pemukiman juga ikut bertambah. Untuk mengurangi resiko banjir yang lebih besar ke depan maka untuk debit banjir rancangan sebaiknya diambil yang lebih besar. Maka untuk mendesain penampang saluran sudetan dipakai debit banjir kala ulang 50 tahun $Q_{50\text{tahun}} = 397,35\text{m}^3/\text{det}$

4.1.2. Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris (berupa pengeplotan data) benar-benar bisa diwakili oleh kurva teoritis, maka dilakukan uji kesesuaian distribusi. Dalam penelitian ini menggunakan dua pengujian yaitu Uji Smirnov Kolmogorof dan Uji Chi Square.

a. Uji Smirnov Kolmogorof. Berikut langkah perhitungan untuk Uji Smirnov Kolmogorof:

1. Data debit maksimum tahunan disusun dari kecil ke besar.
2. Menghitung probabilitas empiris (P_e) dengan rumus *Weibull* dengan Persamaan (2.7).
3. Mencari nilai Log dari debit rerata dengan Persamaan (2.2).
4. Mencari nilai G dengan Persamaan (2.1).
5. Mencari harga P_r melalui Tabel 2.2. Tabel Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III.
6. Menghitung nilai probabilitas teoritis (P_t) dengan Persamaan (2.8).

7. Menghitung selisih (Δ) antara Pe dan Pt dengan Persamaan (2.9).
8. Mencari Δ_{maks} dari seluruh data yang telah diurutkan.

Tabel 4.4. Tabel Perhitungan Δ_{maks}

No	Tahun	Debit Maks m^3/s	$Pe(X)$	$\log X_i$	G	$Pr(\%)$	$Pt(X)$	$Pe(X)-Pt(X)$
1	2008	76.390	0.091	1.883	-1.390	94.842	0.052	0.039
2	2011	90.171	0.182	1.955	-1.006	84.708	0.153	0.029
3	2006	108.806	0.273	2.037	-0.571	68.288	0.317	0.044
4	2004	124.668	0.364	2.096	-0.255	55.366	0.446	0.083
5	2010	129.920	0.455	2.114	-0.160	51.447	0.486	0.031
6	2009	132.973	0.545	2.124	-0.106	49.389	0.506	0.039
7	2012	135.521	0.636	2.132	-0.062	47.938	0.521	0.116
8	2007	152.341	0.727	2.183	0.209	38.991	0.610	0.117
9	2005	284.443	0.818	2.454	1.656	7.012	0.930	0.112
10	2013	287.876	0.909	2.459	1.684	6.753	0.932	0.023
Jumlah				21.436				
$\log X_{rt}$				2.144				
Simpangan Baku (S)				0.187				
Koefisien Kepencengan (C_s)				0.752				
					Δ_{maks}		0.117	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4. memperlihatkan hasil perhitungan dalam mencari Δ_{maks} . Dalam Tabel tersebut disajikan hasil perhitungan dari tiap langkah (langkah 1-8) dari langkah perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov dimana didapatkan $\Delta_{maks}=0,117$.

9. Mencari nilai Δ_{cr} pada Tabel 2.3. Nilai kritis Δ_{cr} Smirnov Kolmogorof pada ukuran sampel $n=10$.

Untuk $\alpha=5\%$ Didapatkan Nilai $\Delta_{cr}=0,409$

10. Membandingkan nilai Δ_{c} dengan nilai Δ_{maks} . Syarat: $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka data dapat diterima.

$$\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$$

$$0,117 < 0,409 \text{ (ok)}$$

Berdasarkan Uji Smirnov Kolmogorof, data yang digunakan dengan menggunakan distribusi frekuensi metode Log Pearson Tipe III dapat diterima.

b. Uji Chi Square. Berikut langkah perhitungan untuk Uji Chi Square:

1) Data debit maksimum tahunan disusun dari kecil ke besar.

Tabel 4.5. Urutan Data Debit Maksimum (dari Kecil ke Besar)

No	Tahun	Debit Maks
		m^3/s
1	2008	76.390
2	2011	90.171
3	2006	108.806
4	2004	124.668
5	2010	129.920
6	2009	132.973
7	2012	135.521
8	2007	152.341
9	2005	284.443
10	2013	287.876

Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane

2) Kelompokkan data menjadi k kelas, tiap kelas minimal 4 data pengamatan sesuai dengan Persamaan (2.11):

$k = 1 + 3,22 \log n$, jumlah data (n) = 10, maka

$k = 4$ (hasil pembulatan)

3) Menghitung batas kelas (Pr) dengan sebaran peluang

$$\frac{100\%}{k} = \frac{100\%}{4} = 25\%$$

4) Menghitung nilai X untuk Pr pada masing-masing kelas berdasarkan nilai Log X .

Tabel 4.6. Nilai X Untuk Pr pada Masing-Masing Kelas

No	Pr (%)	Log X_{rt}	Cs	G	S	Log X	X (m^3/s)
1	75	2.144	0.752	-0.734	0.187	2.006	101.381
2	50	2.144	0.752	-0.124	0.187	2.120	131.915
3	25	2.144	0.752	0.633	0.187	2.262	182.925

Sumber: Hasil Perhitungan

- 5) Menghitung nilai frekuensi empiris (F_e) berdasarkan nilai X .
- 6) Menghitung nilai frekuensi teoritis (F_t) dengan Persamaan (2.12)
- 7) Menghitung nilai X_{hitung}^2 dengan Persamaan (2.10)

Tabel 4.7. Nilai X_{hitung}^2

No	Batas Kelas	Jumlah Data		Fe-Ft	$(Fe-Ft)^2/Ft$
		Fe	Ft		
1	0 - 101.38	2	2.5	-0.5	0.1
2	101.38 - 131.915	3	2.5	0.5	0.1
3	131.915 - 182.9245	3	2.5	0.5	0.1
4	182.9245 - ∞	2	2.5	-0.5	0.1
Jumlah		10	10	X_{hitung}^2	0.4

Sumber : Hasil Perhitungan

- 8) Mencari nilai X_{cr}^2 dari Tabel 2.4. Nilai kritis Chi Square berdasarkan:

- Derajat kebebasan $d.f = 4 - 1 - 2 = 1$
- $\alpha = 5\%$

$$\text{Maka } X_{cr}^2 = 3,841$$

- 9) Membandingkan nilai X_{cr}^2 dengan nilai X_{hitung}^2 . Syarat: $X_{hitung}^2 < X_{cr}^2$, maka data dapat diterima.

$$X_{hitung}^2 < X_{cr}^2$$

$$0,400 < 3,841 \text{ (ok)}$$

Berdasarkan Uji Chi Square, data yang digunakan dengan menggunakan distribusi frekuensi metode Log Pearson Tipe III dapat diterima.

4.2. Analisis Eksisting Sungai Ciliwung

Analisis ini bertujuan mendapatkan profil muka air dan luasan genangan di lahan pada kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Profil muka air dihitung dengan menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0, sedangkan untuk mendapatkan hasil luasan genangan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS.

4.2.1. Perhitungan Hidrolika Eksisting Sungai Ciliwung


Perhitungan hid ini menggunakan data hitungan seperti data Kampung Melayu, data melintang sungai, dan data memanjang sungai yang secara detail dapat dilihat pada lampiran 1 serta data lain di bawah ini:

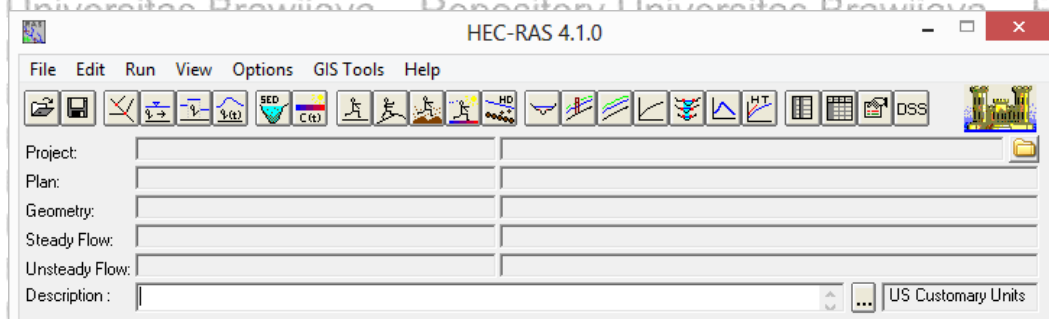
Data eksisting:

- Elevasi dasar saluran
 - P260 (hulu) : +10,52
 - P1 (hilir) : + 3,37
- Sta P260 : 11,950 m
- Sta P1 : 0,000m
- Kemiringan saluran (l) : 0,000598
- Koefisien manning (n) : 0,035 (lihat Tabel 2.5)
- Elevasi AWLR (P174) : +8,50
- Sta AWLR : 8,000m

Ada 10 perhitungan eksisting sesuai jumlah data debit yang ada. Berikut langkah pelaksanaan analisis profil muka air dengan menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0:

a) Mengaktifkan Layar Utama HEC-RAS.

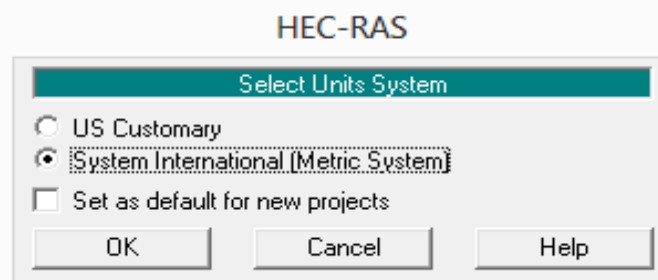
Mengaktifkan layar HEC-RAS cukup dengan klik  pada layar komputer. Tampilan layar utama dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.1. Layar Utama HEC-RAS 4.1.0

b) Pengaturan Awal Program.

Pengaturan pertama yang perlu dilakukan adalah mengubah sistem satuan yang dipakai dalam HEC-RAS. Sistem yang dipakai dalam analisis ini adalah sistem Satuan Internasional (SI). Caranya dengan klik *toolbar* **Option** pada bagian atas lalu klik **Unit Sistem (US Customary/SI)**, maka akan muncul layar seperti Gambar 4.2.



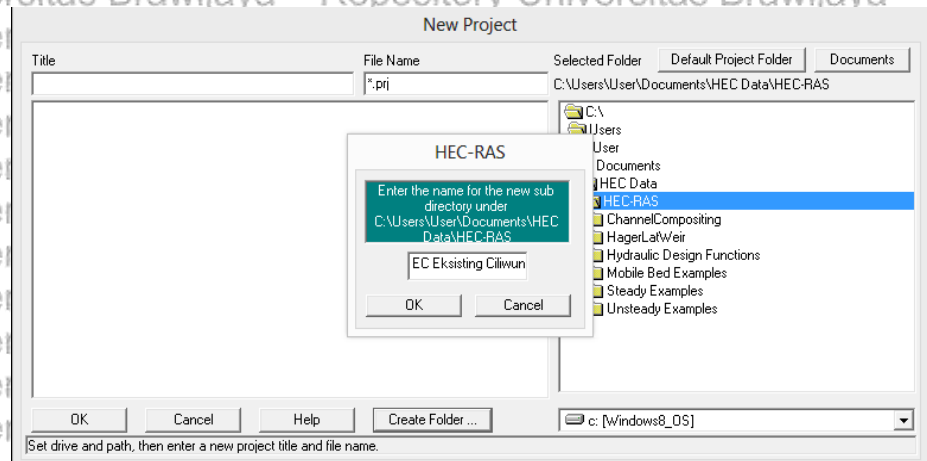
Gambar 4.2. Layar Pengaturan Sistem Satuan

Untuk pengaturan yang lain seperti nilai penyempitan (kontraksi) dan pelebaran (ekspansi) tampang saluran, serta sistem pembuatan folder dan penyimpanan file pada bawaan awal (default) tidak mengalami perubahan. Sistem pembuatan folder dan penyimpanan file menggunakan pengaturan bawaan awal (default).

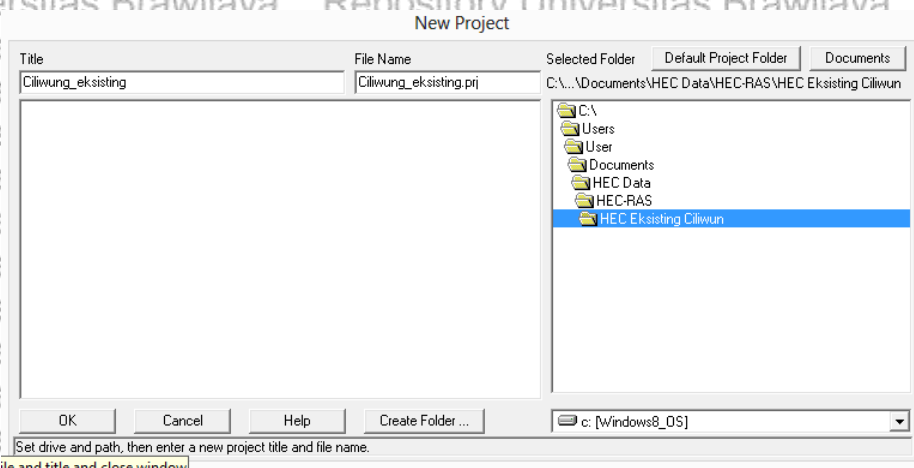
c) Pembuatan File Proyek

Mulai dengan memilih menu **File** pada *toolbar* yang berada pada pojok kiri atas layar HEC-RAS lalu klik **New Project**. Pada layar New Project klik tombol **Default Project Folder** yang berada di kanan atas layar, klik **Create Folder** pada sisi bawah layar. Nama Folder yang dibuat adalah **HEC Eksisting Ciliwung**. Buat nama file dengan nama

Ciliwung_eksisting pada kolom **Title** di atas kiri layar lalu klik **OK**, maka program HEC-RAS siap dipakai.



Gambar 4.3. Layar Pembuatan Proyek Baru



Gambar 4.4. Layar Pembuatan File

d) Pembuatan Alur Saluran

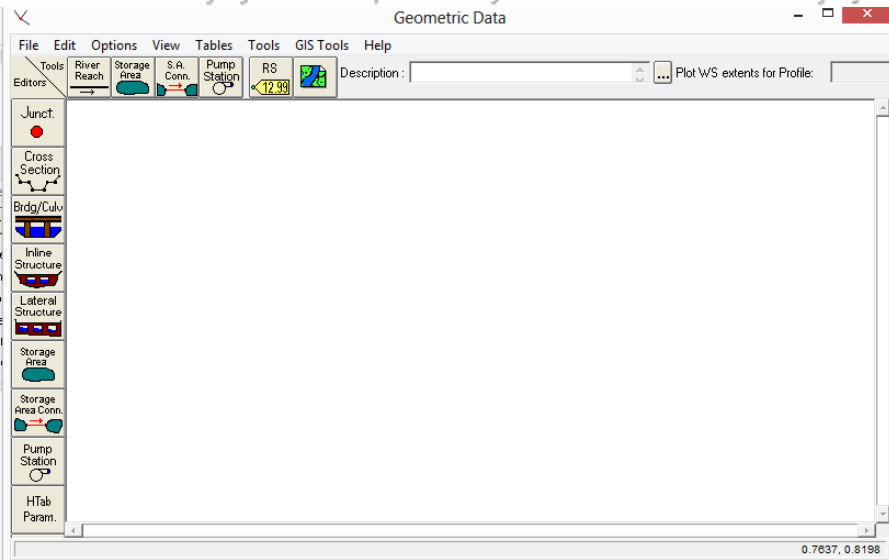
Mengaktifkan layar **Geometric Data** dengan cara klik icon **Edir/Enter GeometricData** yang terdapat pada layar utama. Cara membuat alur bisa dengan cara menggambar pada layar atau dengan cara memasukkan koordinat X,Y pada **toolbar GIS Tool** maka secara otomatis

akan terGambar alur saluran. Data koordinat X,Y diperoleh dari data pengukuran di lapangan sesuai dengan urutan patok.

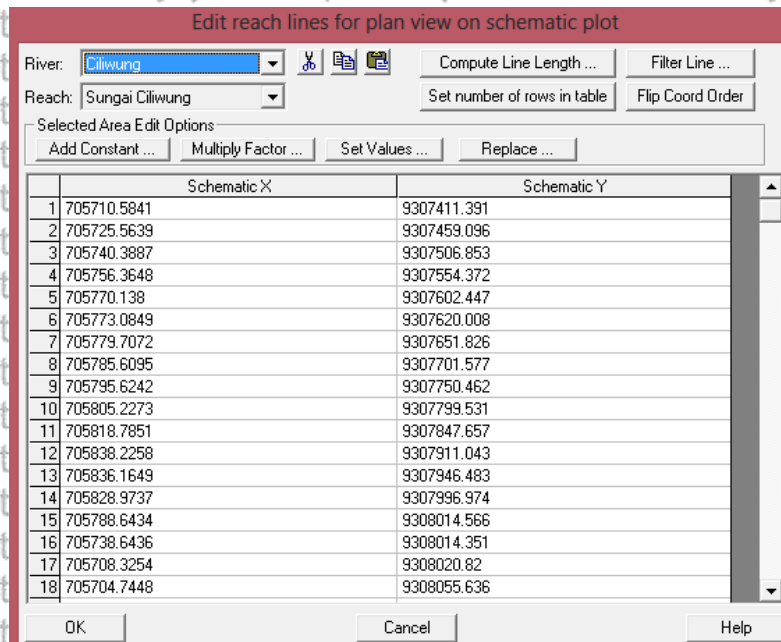
Tabel 4.8. Koordinat x,y Eksisting Sungai Ciliwung (Patok 260-Patok1)

Koordinat Eksisting Sungai Ciliwung (Patok 260- Patok 1)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.6	9307411	195	706127.1	9308798	130	706326	9310771	65	706177.8	9312480
259	705725.6	9307459	194	706173.4	9308816	129	706289.2	9310793	64	706186.7	9312496
258	705740.4	9307507	193	706219.4	9308838	128	706246.6	9310819	63	706185.1	9312528
257	705756.4	9307554	192	706236.8	9308859	127	706205.6	9310847	62	706138.3	9312542
256	705770.1	9307602	191	706228.5	9308887	126	706190.8	9310858	61	706117.4	9312540
255	705773.1	9307620	190	706191.2	9308920	125	706173.7	9310884	60	706088.9	9312535
254	705779.7	9307652	189	706159.1	9308958	124	706171	9310932	59	706043.7	9312514
253	705785.6	9307702	188	706128.2	9308997	123	706188.4	9310975	58	706002.3	9312486
252	705795.6	9307750	187	706094.8	9309034	122	706223.6	9311024	57	705955.8	9312458
251	705805.2	9307800	186	706064.8	9309074	121	706256	9311048	56	705914.7	9312438
250	705818.8	9307848	185	706038.3	9309116	120	706287.9	9311087	55	705867.6	9312421
249	705838.2	9307911	184	706018.2	9309162	119	706319.6	9311125	54	705819.6	9312409
248	705836.2	9307946	183	706005.2	9309210	118	706325	9311165	53	705797.4	9312413
247	705829	9307997	182	706004.5	9309237	117	706329.2	9311225	52	705778	9312431
246	705788.6	9308015	181	706005.9	9309260	116	706328.6	9311276	51	705742.8	9312467
245	705738.6	9308014	180	706014.3	9309310	115	706321.9	9311340	50	705703.3	9312500
244	705708.3	9308021	179	706028.9	9309358	114	706318.3	9311364	49	705645.4	9312515
243	705704.7	9308056	178	706047.8	9309404	113	706284	9311415	48	705615.6	9312489
242	705720.9	9308081	177	706062.5	9309452	112	706251.6	9311453	47	705589.8	9312446
241	705761.7	9308109	176	706071	9309502	111	706226.8	9311495	46	705570.5	9312400
240	705804.7	9308134	175	706070.3	9309543	110	706208	9311527	45	705544.3	9312358
239	705845.1	9308165	174	706067.9	9309602	109	706196	9311589	44	705499.3	9312359
238	705859.9	9308213	173	706066.3	9309652	108	706231	9311617	43	705462.8	9312396
237	705844.3	9308262	172	706067.5	9309702	107	706281	9311617	42	705428.9	9312432
236	705805.2	9308292	171	706069	9309752	106	706330.8	9311613	41	705399.5	9312472
235	705758.2	9308311	170	706072.9	9309806	105	706379.6	9311627	40	705386.5	9312513
234	705708.2	9308309	169	706078.4	9309850	104	706404.4	9311672	39	705398.2	9312563
233	705666.6	9308281	168	706091.7	9309899	103	706398.4	9311723	38	705411.3	9312611
232	705626.3	9308251	167	706105.2	9309947	102	706368.4	9311763	37	705418.6	9312635
231	705586.6	9308221	166	706120.8	9309994	101	706333.1	9311806	36	705429.5	9312657
230	705558.8	9308208	165	706135.2	9310042	100	706305.3	9311840	35	705448	9312704
229	705524.5	9308223	164	706150.8	9310090	99	706273.9	9311879	34	705471.4	9312747
228	705509.5	9308252	163	706168.1	9310136	98	706256.7	9311900	33	705492.1	9312793
227	705508.8	9308302	162	706188.4	9310182	97	706239.1	9311915	32	705509.3	9312805
226	705511.8	9308351	161	706225.1	9310216	96	706206.1	9311944	31	705538.2	9312807
225	705518.4	9308401	160	706267.3	9310244	95	706179.2	9311993	30	705585.5	9312812
224	705528.4	9308449	159	706295.7	9310252	94	706162	9312040	29	705604.6	9312847
223	705547.3	9308495	158	706316.6	9310254	93	706142.7	9312081	28	705583.1	9312892
222	705575.1	9308537	157	706366.6	9310253	92	706118.9	9312130	27	705565.8	9312912
221	705610.3	9308571	156	706389.9	9310209	91	706098.8	9312143	26	705550.5	9312939
220	705645.5	9308607	155	706408.1	9310163	90	706072.3	9312149	25	705523.7	9312972
219	705682	9308639	154	706425.6	9310116	89	706021.3	9312146	24	705485.2	9313004
218	705722.8	9308669	153	706443.8	9310069	88	705977.3	9312123	23	705440	9313026
217	705768.9	9308689	152	706470.1	9310027	87	705959.3	9312074	22	705390.9	9313036
216	705825.2	9308680	151	706505.2	9309991	86	705973	9312035	21	705342.9	9313049
215	705845.6	9308644	150	706548.1	9309997	85	705995.4	9311991	20	705296.8	9313065
214	705859.1	9308596	149	706558.6	9310047	84	705981.5	9311942	19	705247	9313078
213	705870.4	9308547	148	706550.9	9310097	83	705937.9	9311916	18	705198.2	9313089
212	705876.1	9308497	147	706535.4	9310144	82	705888.5	9311914	17	705165.5	9313109
211	705882.3	9308448	146	706521	9310192	81	705824.3	9311933	16	705130.1	9313159
210	705890.9	9308399	145	706507.6	9310241	80	705808.9	9311963	15	705107.1	9313185
209	705897	9308378	144	706479.3	9310282	79	705812.8	9312012	14	705087.6	9313209
208	705912.9	9308355	143	706448.1	9310321	78	705845.6	9312059	13	705061.1	9313232
207	705962.9	9308354	142	706414.7	9310358	77	705867	9312096	12	705017.8	9313256
206	706010	9308371	141	706380.4	9310394	76	705890.7	9312140	11	704973.5	9313284
205	706056.3	9308390	140	706363.2	9310441	75	705913.3	9312185	10	704926.4	9313295
204	706090.4	9308426	139	706366.9	9310463	74	705924.5	9312214	9	704878.1	9313308
203	706098.4	9308476	138	706406.9	9310477	73	705934.6	9312230	8	704826.5	9313329
202	706077.8	9308529	137	706438.1	9310467	72	705971.1	9312264	7	704789.3	9313351
201	706063	9308569	136	706487.3	9310475	71	706001.7	9312304	6	704751.6	9313384
200	706043	9308615	135	706501.5	9310523	70	706034.2	9312342	5	704724.4	9313401
199	706026.1	9308662	134	706485.5	9310570	69	706063.7	9312382	4	704701.3	9313437
198	706018.4	9308712	133	706456.9	9310611	68	706101.4	9312415	3	704678	9313459
197	706035.4	9308759	132	706428.5	9310652	67	706140.6	9312446	2	704637.9	9313480
196	706080.8	9308779	131	706401.6	9310694	66	706177.8	9312480	1	704588.6	9313488

Sumber : BBWS Ciliwung Cisadane



Gambar 4.5. Layar Editor



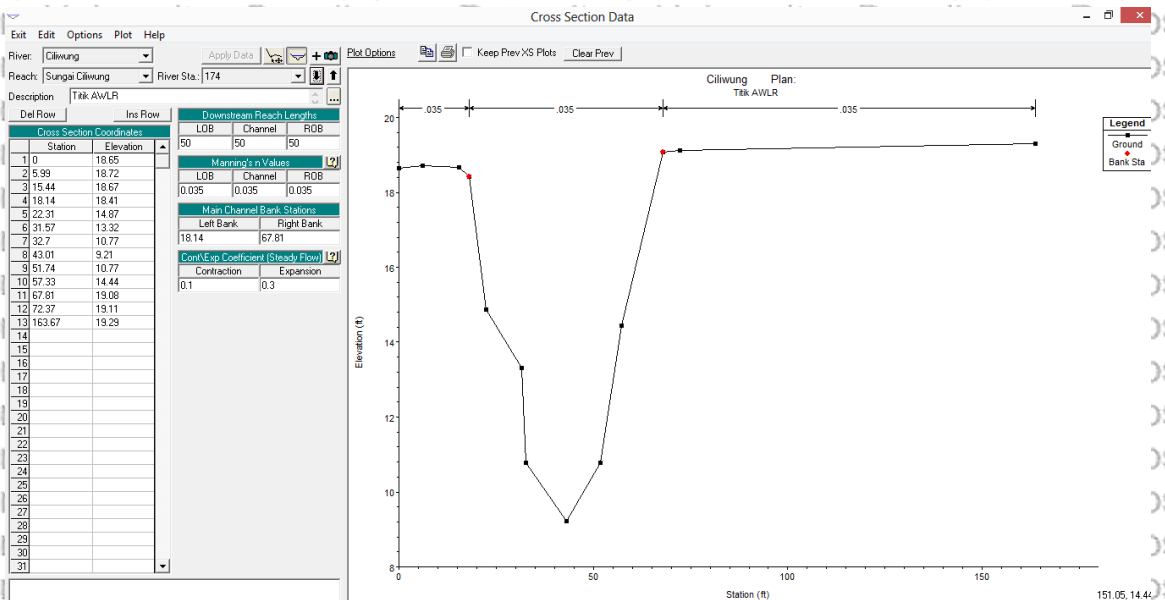
Gambar 4.6. Layar Edit Reach Lines pada Toolbar GIS Tool

Seluruh data koordinat x,y pada Tabel 4.8. dimasukkan dalam plot koordinat seperti yang terlihat pada Gambar 4.6.

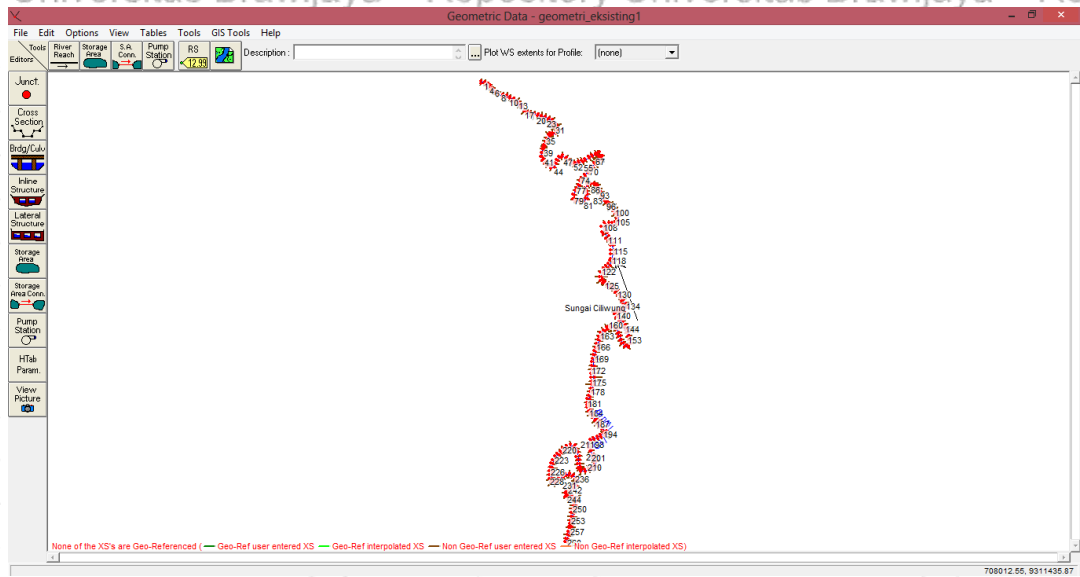
e) Tampang Lintang Saluran

Untuk memasukkan data lintang saluran, maka klik  icon pada layar **Geometric Data**. Masukkan satu persatu seluruh data lintang berdasarkan patok. Isikan nilai koefisien maning pada kolom *Manning's n Values* sebesar 0,035 (lihat data). Untuk nilai **LOB, Channel, dan ROB** pada kolom *Downstream Reach Lengths* masukkan nilai sesuai jarak antara patok sesuai lampiran data memanjang penampang (*long section*).

Lalu klik *apply data* bahwa seluruh data yang dimasukkan pada penampang melintang sudah benar. Maka akan tergambar bentuk penampang melintang seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.7. Layar Cross Section Data Patok 174.



Gambar 4.8. Layar *GeometricData* yang Menggambarkan Alur Sungai Ciliwung dari Patok 260-Patok 1

Setelah memasukkan seluruh data melintang pada layar *cross section* dari patok 260-patok 1, maka tampilan alur Sungai Ciliwung dapat dilihat pada

Gambar 4.6.

f) Peniruan Hidrolika

Dalam analisis ini menggunakan aliran tetap/seragam. Untuk melakukan perhitungan pada HEC-RAS kita pilih menu **File ISteady Flow Data**. Pada

kolom **River Sta** dipakai patok 260 sebagai batas hulu dari pemodelan ini.

Pada layar editor data aliran tetap/seragam masukkan angka 10 sebagai jumlah profil muka air yang akan dihitung sesuai debit kejadian. Untuk

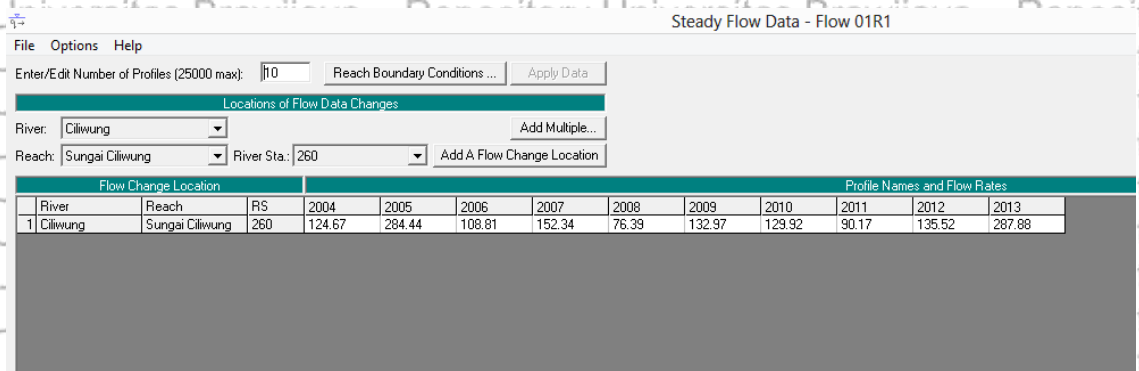
nama profil aliran diberi nama tahun data debit yang akan dihitung mulai tahun 2004 sampai tahun 2013. Tampilan layar dapat dilihat pada

Gambar 4.7.

Tabel 4.9. Debit pada Masing-Masing Tahun Profil di Patok 174

Nama Profil	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Debit (m ³ /det)	124.67	284.44	108.81	152.34	76.39	132.97	129.92	90.17	135.52	287.88

Sumber: BBWS Ciliwung Cisadane

Gambar 4.9. Layar *Steady Flow Data* untuk Pengaturan Syarat Batas Hulu

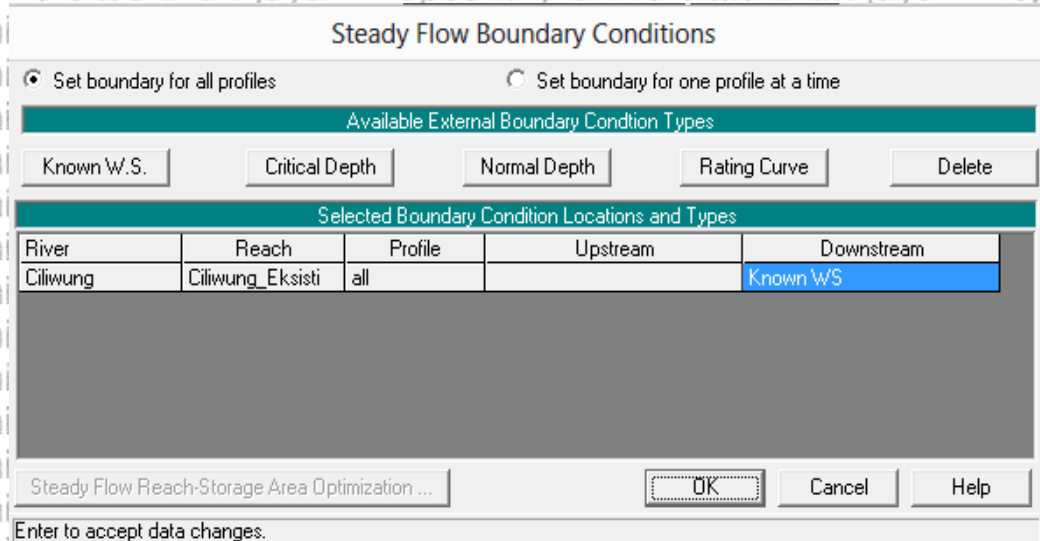
Syarat batas hilir dapat diatur dengan klik **Reach Boundary Conditions**.

Pengaturan **Downstream** dengan memasukkan nilai rating curve,

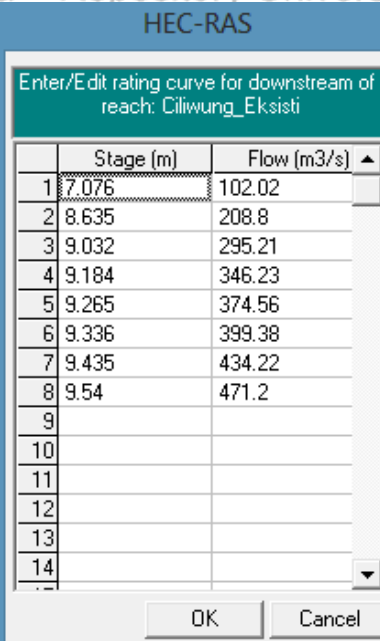
sedangkan pengaturan **Upstream** dengan memasukkan nilai slope

saluran sebesar 0,0006 masing-masing dapat dilihat pada Gambar 4.11

dan Gambar 4.11.

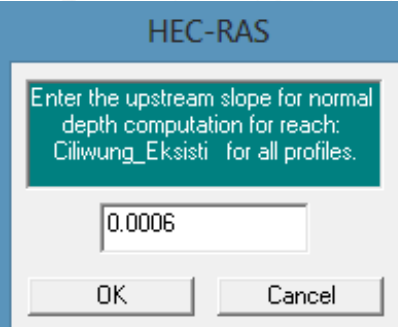


Gambar 4.10. Layar Pengaturan Syarat batas Hilir



	Stage (m)	Flow (m3/s)
1	7.076	102.02
2	8.635	208.8
3	9.032	295.21
4	9.184	346.23
5	9.265	374.56
6	9.336	399.38
7	9.435	434.22
8	9.54	471.2
9		
10		
11		
12		
13		
14		

Gambar 4.11. Nilai *Rating Curve* pada Kolom **Downstream**



HEC-RAS

Enter the upstream slope for normal depth computation for reach: Ciliwung_Eksisti for all profiles.

0.0006

OK Cancel

Gambar 4.12. Nilai *Normal Depth* pada Kolom **Upstream**

g) Perhitungan Hidrolika

Perhitungan hidrolika dapat dilakukan dengan mengaktifkan layar

permanen. Caranya pilih menu **Run ISteady Flow Analysis** atau dengan

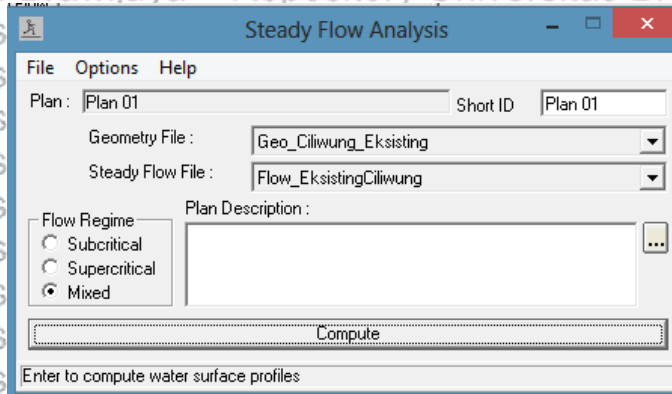
cara klik icon **Perform**



A Steady Flow Simulation. Pada regim

aliran (*flow regime*) pilih **Mixed**, kemudian klik tombol **Compute** untuk

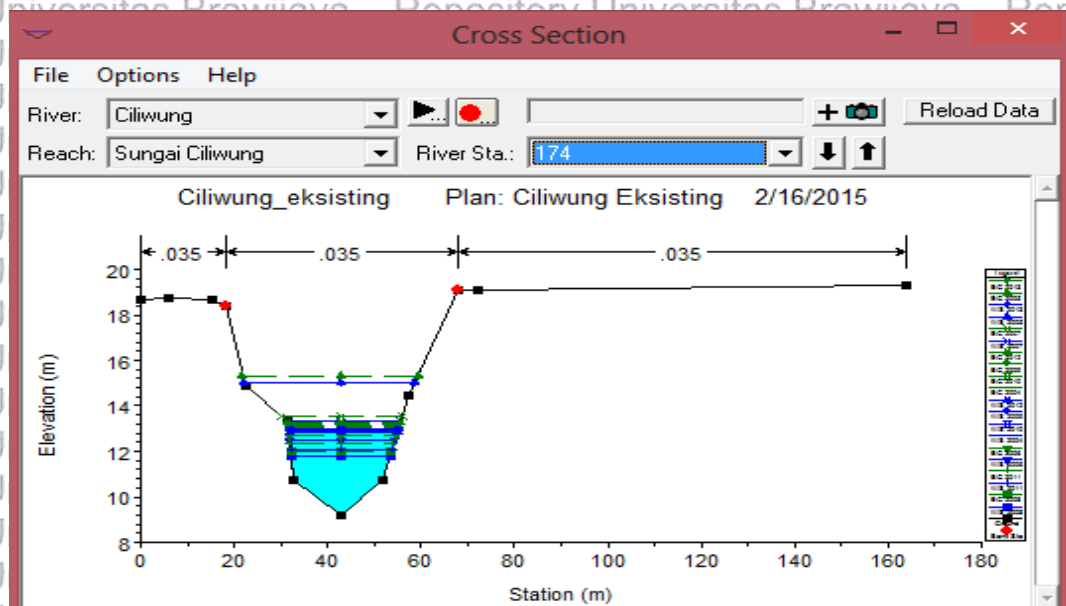
memulai hitungan.



Gambar 4.13. Layar Perhitungan Aliran Tetap/Seragam

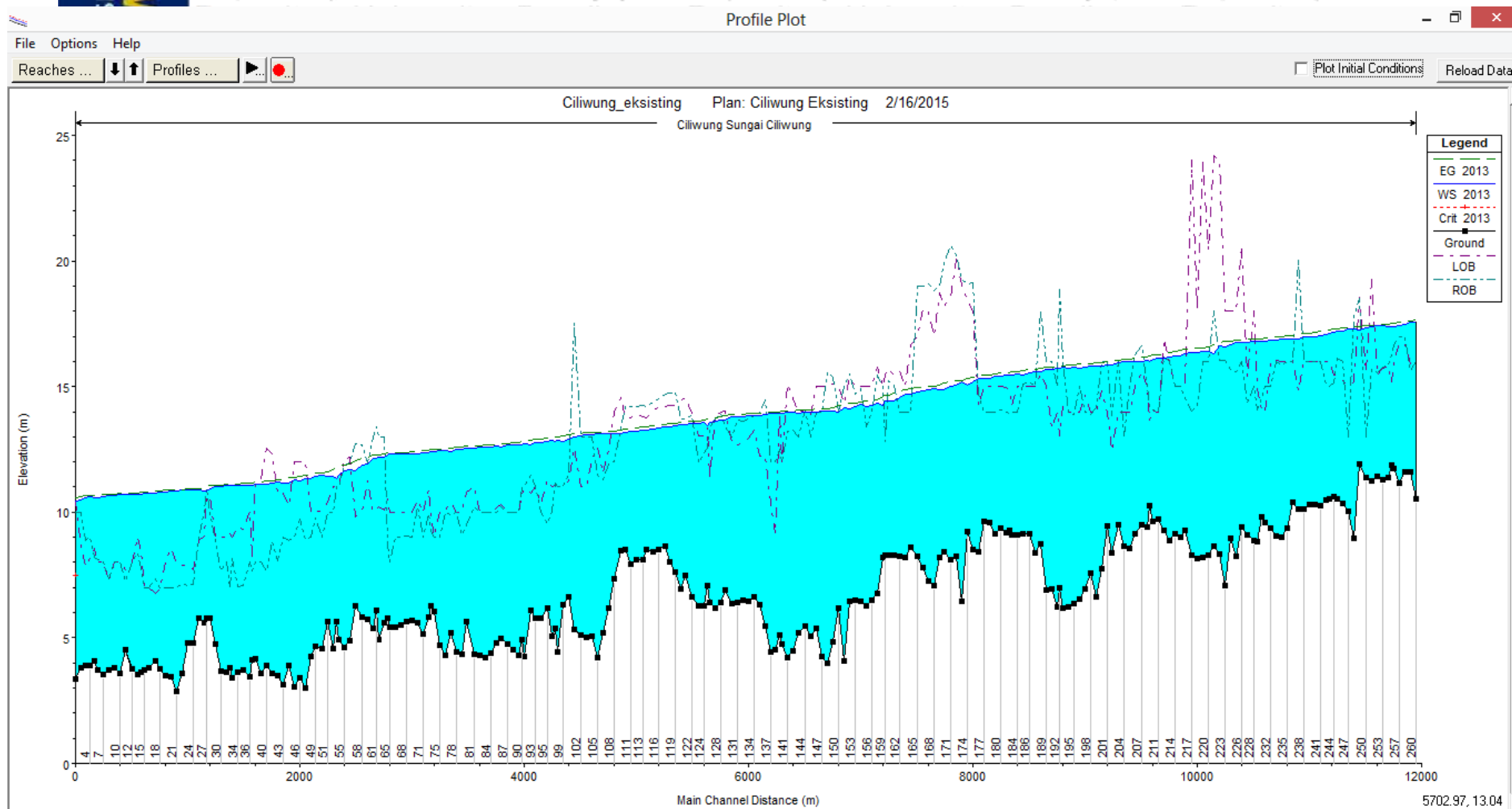
h) Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan dari pemodelan HEC-RAS adalah elevasi muka air, kecepatan aliran, luas area pengaliran, lebar muka air dan bilangan *Froude* pada masing-masing penampang. Hasil hitungan secara umum dapat dilihat pada Tabel 4.10. Pada Gambar 4.14. didapathasil perhitungan profil muka air tampang melintang pada patok 174 dengan debit profil 2004 sampai profil 2013. Gambar 4.15. merupakan profil aliran tampang memanjang hasil perhitungan pada profil 2013.



Sumber : Hasil Simulasi HEC-RAS 4.1.0.

Gambar 4.14. Profil Muka Air Tampang Lintang P174



Sumber : Hasil Simulasi HEC-RAS 4:1.0

Gambar 4.15. Profil Muka Air Tampang Memanjang Patok 260-Patok 1 pada Profil 2013

Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Eksisting Sungai Ciliwung pada Patok 174 ($n = 0,035$)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Elevasi Dasar Saluran	Elevasi Muka Air	Elevasi Aliran Kritis	Elevasi Garis Energi	Kemiringan Garis Energi	Kecepatan Aliran	Flow Area	Lebar Atas Saluran	Bilangan Froude (Fr)
Sungai Ciliwung	174	2004	124.67	9.21	13.44	11.58	13.58	0.000942	1.66	75.13	26.76	0.32
Sungai Ciliwung	174	2005	284.44	9.21	15.37	12.74	15.56	0.000927	1.94	168.83	110.5	0.33
Sungai Ciliwung	174	2006	108.81	9.21	13.22	11.43	13.34	0.000875	1.57	69.36	25.4	0.3
Sungai Ciliwung	174	2007	152.34	9.21	13.83	11.81	13.99	0.000998	1.77	86.14	29.14	0.33
Sungai Ciliwung	174	2008	76.39	9.21	12.79	11.09	12.87	0.000671	1.3	58.84	23.56	0.26
Sungai Ciliwung	174	2009	132.97	9.21	13.56	11.65	13.71	0.000963	1.7	78.41	27.5	0.32
Sungai Ciliwung	174	2010	129.92	9.21	13.52	11.63	13.66	0.000957	1.68	77.18	27.23	0.32
Sungai Ciliwung	174	2011	90.17	9.21	13.01	11.24	13.11	0.000728	1.41	64.13	24.1	0.28
Sungai Ciliwung	174	2012	135.52	9.21	13.6	11.67	13.75	0.000969	1.71	79.44	27.72	0.32
Sungai Ciliwung	174	2013	287.88	9.21	15.41	12.76	15.59	0.000916	1.94	172.55	112.88	0.33

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 menampilkan besarnya elevasi muka air, elevasi garis energi, kemiringan garis energi, kecepatan aliran pada penampang, luas area pengaliran dan bilangan *Froude* yang terjadi pada penampang patok 174 dari profil 2004 sampai 2013.

Berdasarkan Tabel 4.10 profil 2004 sampai profil 2013 menunjukkan perbedaan nilai tinggi muka air. Nilai tinggi muka air bergantung besarnya debit kejadian. Elevasi muka air yang tertinggi pada profil 2013 sebesar +15,41 dengan debit (Q) 287,88 m³/det, sedangkan elevasi muka air terkecil pada profil 2008 sebesar +12,79 dengan debit 76,39 m³/det.

Tinggi muka air hasil perhitungan ternyata berbeda dengan tinggi muka air yang terjadi. Perbedaan tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.11. Jika tinggi muka air hasil perhitungan berbeda dengan tinggi muka air yang terjadi maka perlu dilakukan kalibrasi.

Berdasarkan Tabel 4.10, nilai bilangan *Froude* pada patok 174 tidak sama pada masing-masing profil. Besar bilangan *Froude* bergantung pada besar kecepatan aliran (V) dan tinggi muka air (y) pada saluran. Bilangan *Froude* akan menentukan profil muka air, jika bilangan *Froude* lebih dari satu ($Fr > 1$) maka profil muka air adalah super kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu maka profil aliran muka air adalah kritis, dan jika bilangan *Froude* kurang dari satu maka profil aliran muka air adalah

subkritis (<1). Pada patok 174 yang ditampilkan dalam Tabel 4.10 dapat disimpulkan seluruh profil memiliki profil muka air subkritis dimana $Fr < 1$.

Tabel 4.11. Perbandingan Elevasi Muka Air Kejadian dengan Elevasi Muka Air

Hasil Perhitungan pada Patok 174

Tahun	Debit (m^3/det)	Elevasi Muka Air (m)	
		Kejadian	Perhitungan HEC-RAS 4.1.0
2004	124.67	13.87	13.44
2005	284.44	15.99	15.37
2006	108.81	13.60	13.22
2007	152.34	14.31	13.83
2008	76.39	12.95	12.79
2009	132.97	14.01	13.56
2010	129.92	13.96	13.52
2011	90.17	13.24	13.01
2012	135.52	14.05	13.60
2013	287.88	16.03	15.41

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2. Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan elevasi muka air sungai hasil perhitungan HEC-RAS 4.1.0 dibandingkan dengan kondisi aktual hasil survei pengukuran yang tercatat di AWLR (Patok 174). Kalibrasi ini bertujuan untuk menyatakan bahwa perhitungan hidrolika saluran dengan program bantu HEC-RAS 4.1.0 sudah sesuai dengan kondisi aktual. Jika belum terjadi kesesuaian maka dilakukan kalibrasi dengan mengubah variabel yang mempengaruhi hasil perhitungan.

Perubahan dilakukan terhadap variabel koefisien manning (n). Pada simulasi awal digunakan $n=0,035$. Penentuan koefisien manning awal sebesar 0,035 sesuai Tabel 2.5, dimana nilai koefisien manning (n) berkisar 0,035 sampai 0,100, sehingga nilai n akan diubah sesuai kisaran nilai yang diijinkan.

Metode kalibrasi yang digunakan dengan cara membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran lapangan dengan pendekatan statistik. Metode statistik yang digunakan adalah metode RMSE (*Root Mean Square Error*).

Tabel 4.12. Perhitungan RMSE dengan $n = 0,035$

RMSE dengan $n = 0.035$					
Reach	River Sta	Profile	Elevasi	Elevasi di AWLR	
			HEC-RAS (m)	(Patok 174) (m)	
			1	2	$3 = (2-1)^2$
Sungai Ciliwung	174	2004	13.44	13.87	0.1871
Sungai Ciliwung	174	2005	15.37	15.99	0.3839
Sungai Ciliwung	174	2006	13.22	13.60	0.1409
Sungai Ciliwung	174	2007	13.83	14.31	0.2340
Sungai Ciliwung	174	2008	12.79	12.95	0.0256
Sungai Ciliwung	174	2009	13.56	14.01	0.2025
Sungai Ciliwung	174	2010	13.52	13.96	0.1936
Sungai Ciliwung	174	2011	13.01	13.24	0.0529
Sungai Ciliwung	174	2012	13.6	14.05	0.2036
Sungai Ciliwung	174	2013	15.41	16.03	0.3806
Total					2.0048
RMSE					0.4477

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.12, nilai RMSE = 0,4477. Nilai ini bisa diterima, namun lebih baik kalibrasi dilakukan terus sampai didapatkan nilai RMSE yang lebih kecil atau paling mendekati nilai nol (0).

Tabel 4.13 Nilai RMSE Berdasarkan Nilai Koefisien Manning (n)

n	RMSE	n	RMSE
0.0350	0.4477	0.0456	0.0721
0.0400	0.2378	0.0457	0.0732
0.0450	0.0800	0.0458	0.0740
0.0451	0.0758	0.0459	0.0733
0.0452	0.0758	0.0460	0.0742
0.0453	0.0763	0.0500	0.1742
0.0454	0.0745	0.0550	0.3462
0.0455	0.0748	0.0600	0.5126

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 memperlihatkan nilai RMSE yang dihitung dengan mengubah nilai n .

Dari Tabel tersebut didapatkan nilai RMSE yang paling kecil adalah 0,0721 pada $n=0,0456$. Ini berarti perhitungan hidrolikayang menggunakan HEC-RAS

4.1.0. akan mendekati paling tepat dengan koefisien manning (n) = 0,0456.

Sehingga perhitungan hidrolika selanjutnya dengan program bantu HEC-RAS

4.1.0 akan menggunakan nilai n = 0,0456.

Tabel 4.14. Hasil Perhitungan Eksisting Sungai Ciliwung pada P 174 (n = 0,0456) dengan Q_{50} tahun 2004-2013

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Elevasi Dasar Saluran	Elevasi Muka Air	Elevasi Aliran Kritis	Elevasi Garis Energi	Kemiringan Garis Energi	Kecepatan Aliran	Flow Area	Lebar Atas Saluran	Bilangan Froude (Fr)
Sungai Ciliwung	174	2004	124.67	9.21	13.89	11.58	13.99	0.001084	1.42	87.7	29.46	0.26
Sungai Ciliwung	174	2005	284.44	9.21	15.87	12.74	15.98	0.000899	1.55	232.34	146.01	0.25
Sungai Ciliwung	174	2006	108.81	9.21	13.62	11.43	13.71	0.00104	1.36	80.03	27.85	0.26
Sungai Ciliwung	174	2007	152.34	9.21	14.32	11.81	14.43	0.001146	1.51	100.99	32.43	0.27
Sungai Ciliwung	174	2008	76.39	9.21	13.08	11.09	13.15	0.000829	1.16	65.94	24.56	0.23
Sungai Ciliwung	174	2009	132.97	9.21	14.03	11.65	14.13	0.001095	1.45	91.85	30.26	0.27
Sungai Ciliwung	174	2010	129.92	9.21	13.98	11.63	14.08	0.001089	1.44	90.38	29.96	0.26
Sungai Ciliwung	174	2011	90.17	9.21	13.29	11.24	13.38	0.000953	1.26	71.29	25.86	0.24
Sungai Ciliwung	174	2012	135.52	9.21	14.07	11.67	14.17	0.001103	1.46	93.06	30.56	0.27
Sungai Ciliwung	174	2013	287.88	9.21	15.9	12.76	16	0.000892	1.55	236.39	147.98	0.25

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.3. Analisis Profil Muka Air Eksisting Sungai Ciliwung dengan Q_{50}

Data yang dipakai pada perhitungan ini sama dengan data pada pembahasan

4.2.1 dan bentuk alur Sungai Ciliwung pada kondisi eksisting dapat dilihat pada

Gambar 4.15. Perhitungan Hidrolika Eksisting Sungai Ciliwung, namun nilai

koefisien manning (n) dan debit (Q) yang digunakan tidak sama. Nilai n yang

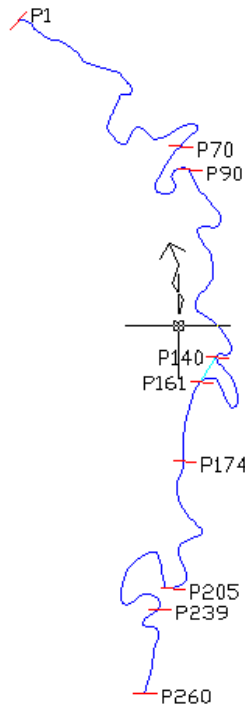
dipakai adalah nilai n hasil kalibrasi sebesar 0,0456, sedangkan debit yang

dipakai adalah debit banjir banjir rancangan yaitu debit kala ulang 50 tahun

(Q_{50}) = **397,35 m³/det.** Kemudian dihitung kembali menggunakan program

bantu HEC-RAS 4.1.0 untuk mendapatkan profil muka air eksisting Sungai

Ciliwung.



Gambar 4.16. Alur Sungai Ciliwung pada Kondisi Eksisting (Patok 260-Patok 1)

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Eksisting Sungai Ciliwung Q_{50}

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
Ciliwung_Eksisti	260	Q50	397.35	10.52	19.02	15.16	19.13	0.000527	1.64	349.69	179.39	0.21
Ciliwung_Eksisti	239	Q50	397.35	10.29	18.33	14.75	18.49	0.00008	1.9	265.89	98.36	0.24
Ciliwung_Eksisti	205	Q50	397.35	8.54	17.61	13.47	17.69	0.000373	1.38	412.39	177.09	0.17
Ciliwung_Eksisti	174	Q50	397.35	9.21	16.61	13.45	16.7	0.000741	1.53	360.02	198.57	0.23
Ciliwung_Eksisti	161	Q50	397.35	8.31	16.61	13.25	16.62	0.00005	0.42	1167.9	396.02	0.06
Ciliwung_Eksisti	140	Q50	397.35	4.77	14.95	11.2	14.96	0.000039	0.44	1251.25	395.12	0.05
Ciliwung_Eksisti	90	Q50	397.35	4.95	13.77	10.42	13.85	0.000483	1.56	415.87	196.39	0.19
Ciliwung_Eksisti	70	Q50	397.35	5.59	13.5	10.15	13.55	0.000254	1.16	485.13	157.2	0.14
Ciliwung_Eksisti	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber :Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.15, nilai bilangan *Froude* dengan debit Q_{50} pada patok 174 ($Fr=0.23$), lebih kecil dibandingkan dengan nilai bilangan *Froude* secara

umum pada debit kejadian tahun 2004-2013 (Tabel 4.14). Nilai bilangan Froude tergantung pada perbandingan kecepatan (V) dan kedalaman muka air (y) pada penampang saluran.

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.15, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

- a. Banjir terjadi pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +16,61 m atau setinggi 7,40 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok 174 tidak terjadi banjir, juga pada patok 1 tidak terjadi banjir. Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Secara keseluruhan kapasitas penampang Eksisting Sungai Ciliwung tidak dapat mengalirkan debit banjir rancangan 50 tahun (Q_{50}) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya pengendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

- b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan Froude dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan Froude, merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,23 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($I_0 < 0$) dan kedalaman aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $I_0 = -0,0142 < 0$, dan

- $y = 7,40 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

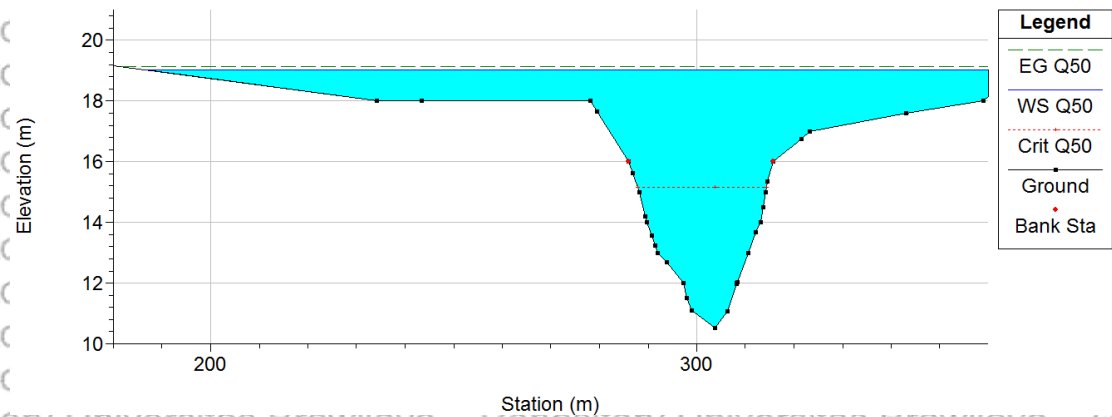
Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1. Detail bentuk profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Analisis Profil Muka Air Eksisting Sungai Ciliwung Q50

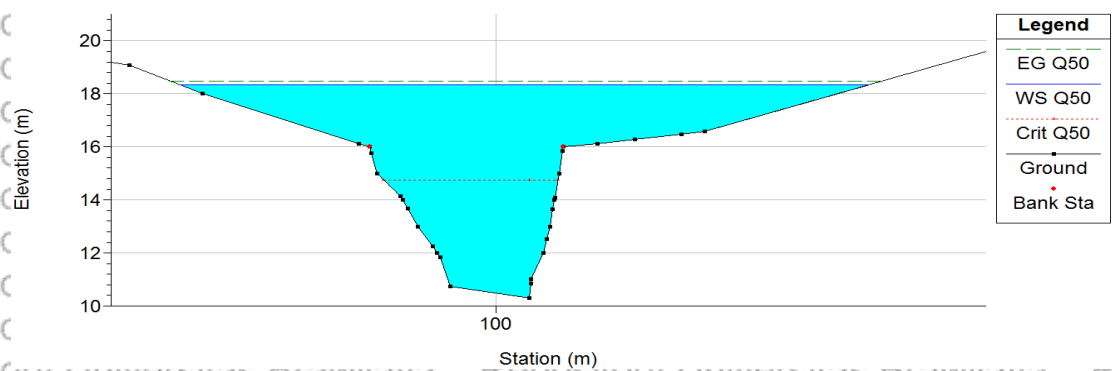
Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tangul Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	19.02	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	18.33	16.00	Banjir
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.61	14.00	Banjir
174	Subkritis	A2	Sub kritis	16.61	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	16.61	14.00	Banjir
140	Subkritis	A2	Sub kritis	14.95	12.00	Banjir
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.77	9.09	Banjir
70	Subkritis	A2	Sub kritis	13.50	9.00	Banjir
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 260



Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 239



a) Tampang Lintang Patok 260

b) Tampang Lintang Patok 239



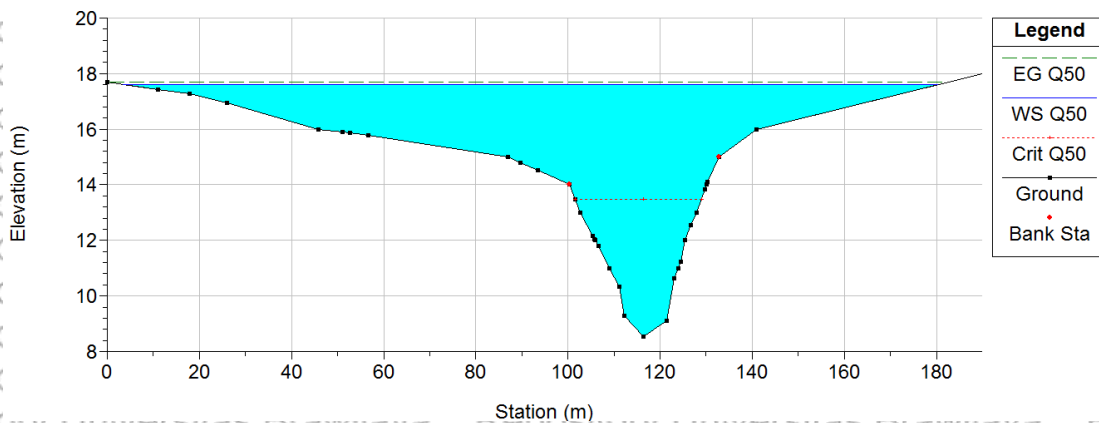


Repository Universitas Brawijaya

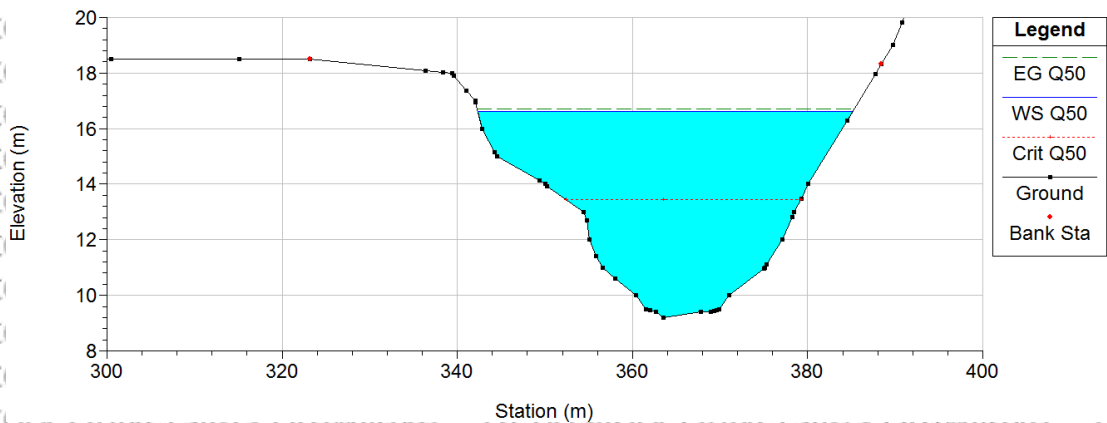
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 205



Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 174

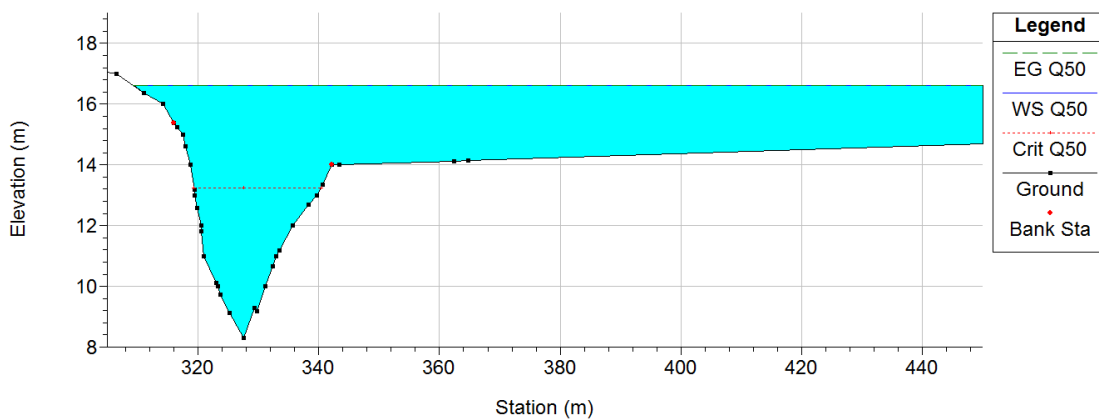


c) Tampang Lintang Patok 205

d) Tampang Lintang Patok 174

e) Tampang Lintang Patok 161

Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 161

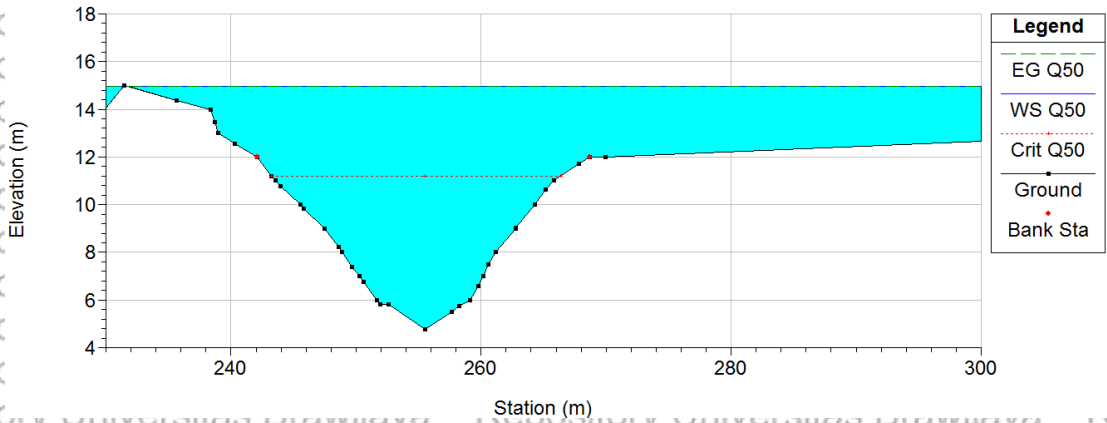


Repository Universitas Brawijaya

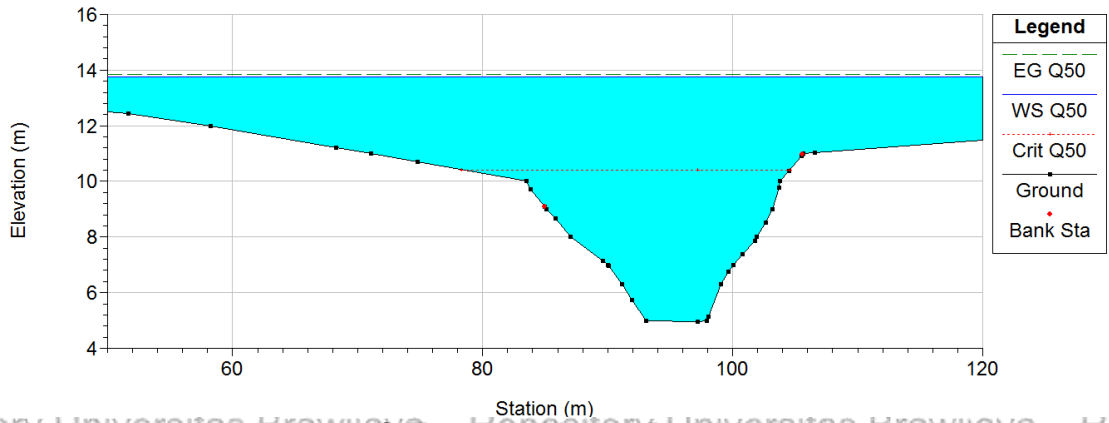
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 140



Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 90

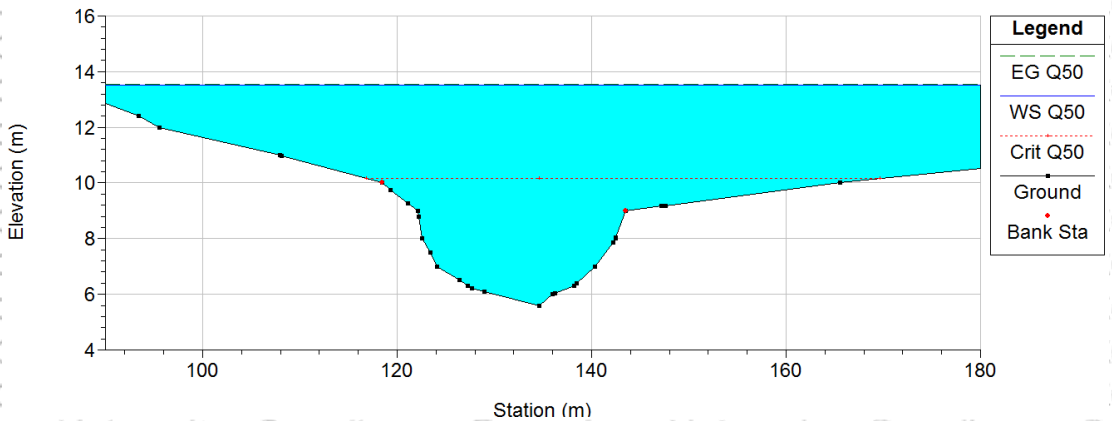


f) Tampang Lintang Patok 140

g) Tampang Lintang Patok 90

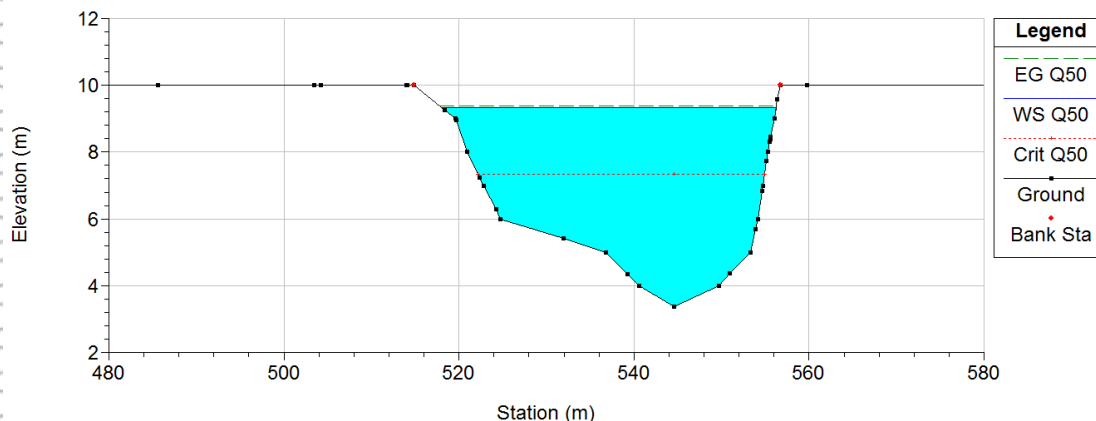
h) Tampang Lintang Patok 70

Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70





Ciliwung_Eksisting Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 1



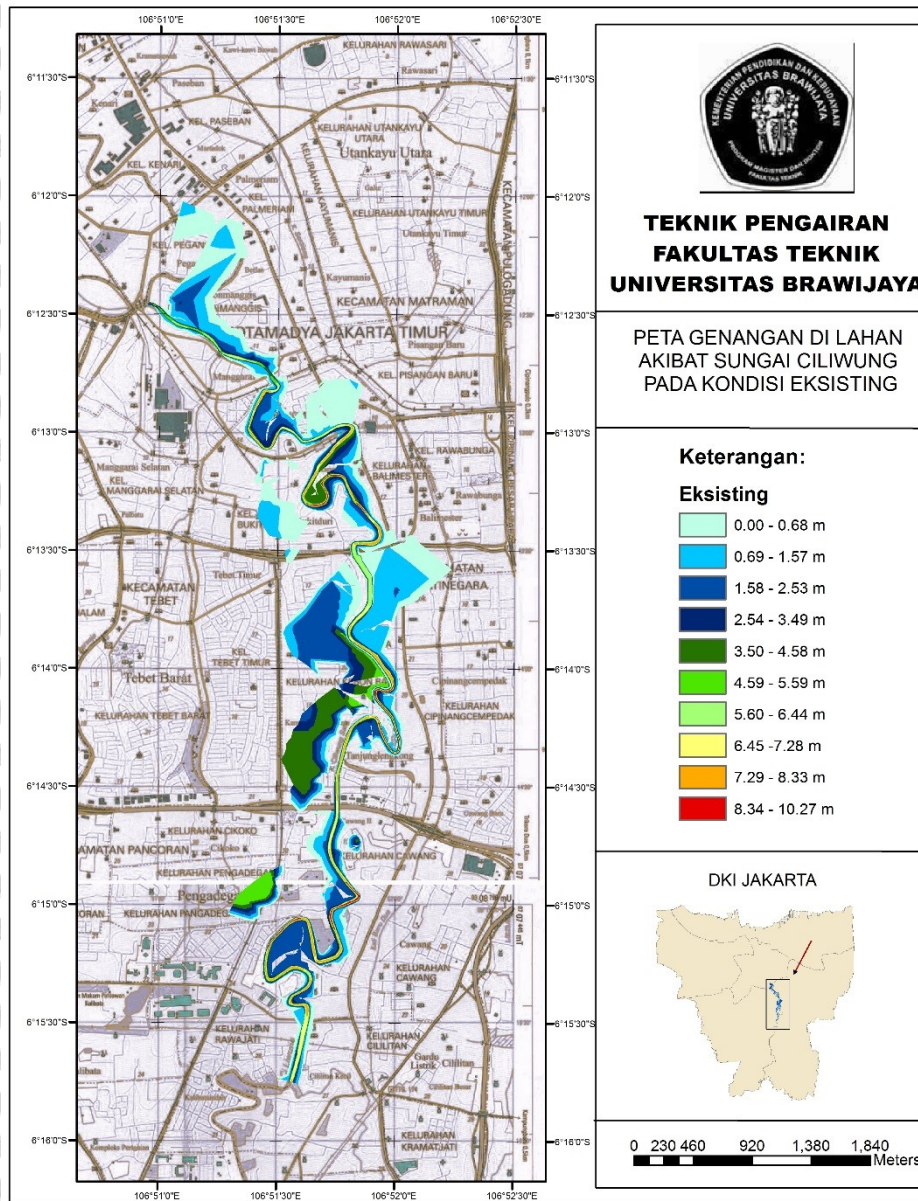
i) Tampang Lintang Patok 1

Sumber : Hasil Simulasi HEC-RAS 4.1.0.

Gambar 4.17. Profil Muka Air Tampang Lintang Eksisting Sungai Ciliwung Hasil Perhitungan dengan Q_{50}

4.2.4. Analisis Luas Genangan di Lahanpada Kondisi Eksisting Sungai Ciliwung

Luas genangan didapatkan dengan menggunakan HEC-GeoRAS. Hasil perhitungan dari HEC-RAS diekspor ke HEC-GeoRAS untuk menampilkan luasan genangan akibat limpasan sungai.



Sumber : Hasil Perhitungan HEC-GeoRAS

Gambar 4.19. Peta Luas Genangan di Lahan Akibat Limpasan Sungai Ciliwung pada Kondisi Eksisting Dengan Q_{50}



Berdasarkan Gambar 4.19, kedalaman genangan berbeda-beda di masing-masing daerah. Perbedaan tinggi genangan diperlihatkan dengan gradasi warna. Warna merah merupakan genangan terdalam sampai kedalaman 10.27 m. Total luas genangan yang terjadi di lahan akibat limpasan Sungai Ciliwung dengan debit banjir Kala ulang 50 tahun (Q_{50}) sebesar 3,0185 km².

4.3. Penentuan Titik *Inlet* dan *Outlet* Sudetan Sungai Ciliwung

Penentuan titik *inlet* dan *oulet* saluran sudetan dilakukan setelah melakukan analisis Sungai Ciliwung pada kondisi eksisting. Berdasarkan kriteria penentuan titik inlet dan outlet sudetan pada Bab III yaitu:

- Reduksi panjang aliran terbesar terbesar
- Sudut belokan aliran terbesar (tumpul)
- Kemiringan dasar saluran yang landai

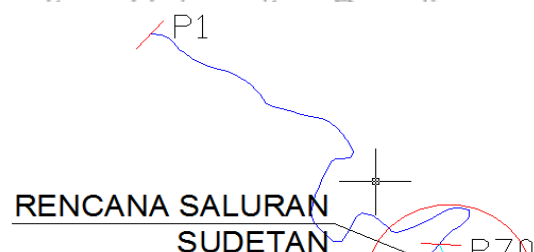
maka ditentukan titik *inlet* dan *oulet* sesuai dengan lokasi sudetan seperti pada

Tabel 4.13.

Tabel 4.17. Titik *Inlet* dan *Outlet* pada Masing-Masing Lokasi Sudetan

Lokasi Sudetan	Titik Inlet	Titik Outlet	Sudut Belokan (°)		Panjang Belokan (m)	Panjang Sudetan (m)	Reduksi Panjang (m)
			Inlet	Outlet			
Kalibata	P239	P205	170	180	1600.00	308.68	1291.32
Kebon Baru	P161	P140	164	158	1000.00	264.00	736.00
Kampung Melayu	P90	P70	154	108	926.37	187.61	738.76

Sumber: Hasil Perhitungan



Penampang saluran pada sudetan adalah bentuk trapesium dengan kemiringan dinding (tebing saluran) $m = 1:1$ (45°). Perhitungan desain saluran sudetan menggunakan debit Q_{50} dan tinggi muka air (h) untuk mendapatkan lebar saluran. Berikut adalah data utama dalam mendesain saluran sudetan.

- Koefisien manning (n) : 0,0456
- Debit banjir rancangan 50 tahun (Q_{50}) : $397,35 \text{ m}^3/\text{det}$
- Kemiringan dasar saluran (I_0) : 0,0006
- Kemiringan tebing saluran (m) : $1:1$ (45°)
- Tinggi jagaan (W) : 0,8 m

Ada 3 lokasi sudetan, maka desain saluran dilakukan pada masing-masing lokasi. Tiap lokasi direncanakan saluran pada titik inlet dan outlet sudetan. Pada masing-masing lokasi telah diketahui kedalaman aliran/elevasi muka air berdasarkan hasil perhitungan eksisting Sungai Ciliwung. Sehingga perhitungan ukuran lebar (B) saluran berdasarkan data yang ada. Perhitungan dilakukan berdasarkan Persamaan (2.18), (2.23), (2.24) dan (2.25).

4.4.1. Desain Penampang Saluran di Kalibata

Hasil perhitungan penampang saluran sudetan pada titik *inlet* dan *outlet* di Kalibata yaitu:

Tabel 4.18. Perhitungan Saluran Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata

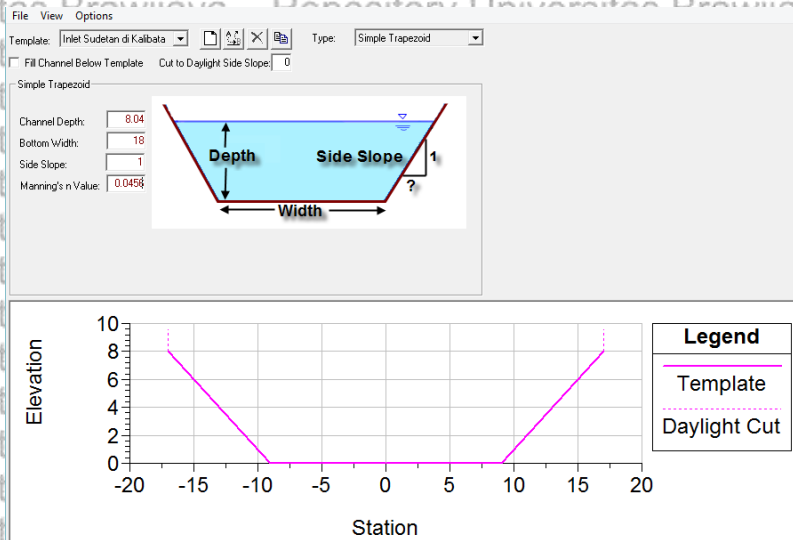
Patok	Q	V	I	n	A	El Muka Air	El Dasar	h	B	w	h+w
P205	397,35	1,38	0,0006	0,0456	287,9348	17,61	8,54	9,07	23	0,8	9,87
P239	397,35	1,9	0,0006	0,0456	209,1316	18,33	10,29	8,04	18	0,8	8,84

Sumber : Hasil Perhitungan

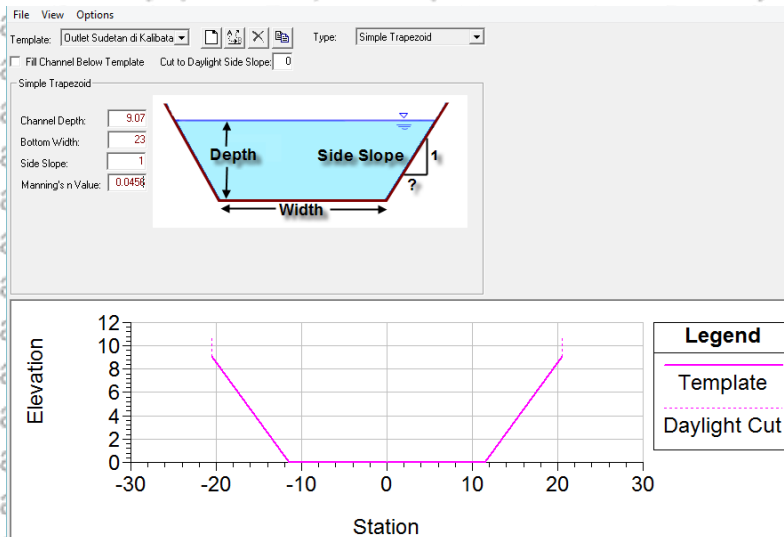
Tabel 4.19. Ukuran Penampang Saluran Sudetan di Kalibata

Posisi	Patok	Jarak antara (m)	Lebar Saluran (B) (m)	Kedalaman muka air (h) (m)	Tinggi jagaan (W) (m)	Elevasi Dasar Saluran	Elevasi Puncak Tebing
Inlet	P239	50,00	18	8,04	0,8	10,29	19,13
	238	208,68	18	8,04	0,8	10,26	19,10
Outlet	206	50,00	23	9,07	0,8	8,57	18,44

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.21. Desain Penampang Saluran *Inlet* (P239 dan P238) di Kalibata



Gambar 4.22. Desain Penampang Saluran *Outlet* (P206 dan P205) di Kalibata

4.4.2. Desain Penampang Saluran di Kebon Baru (KB)

Hasil perhitungan penampang saluran sudetan pada titik *inlet* dan *outlet* di

Kebon Baru yaitu:

Tabel 4.20. Perhitungan Saluran Sudetan Sungai Ciliwung di di Kebon Baru

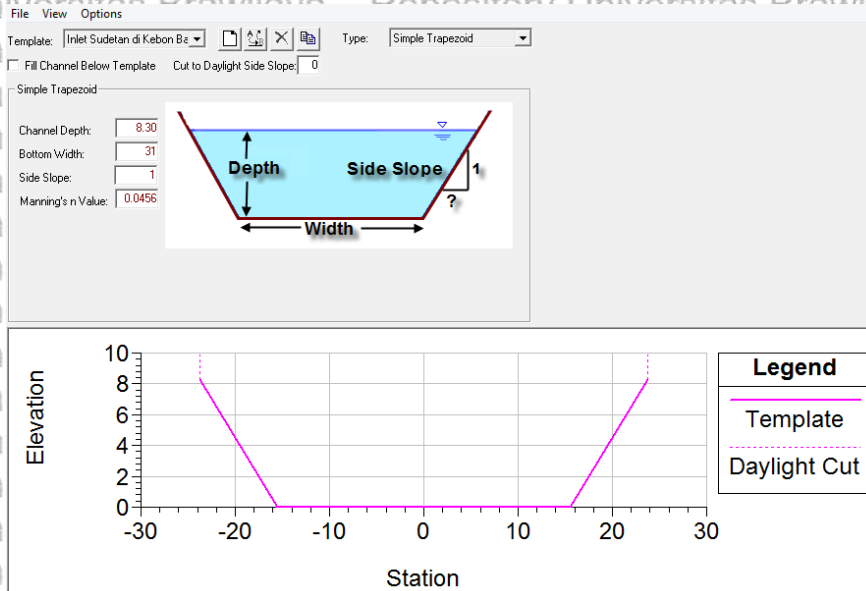
Patok	Q	V	I	n	A	El Muka Air	El Dasar	h	B	w	h+w
P140	397.35	1.24	0.0006	0.0456	320.4435	14.95	4.77	10.18	22	0.8	10.98
P161	397.35	1.22	0.0006	0.0456	325.6967	16.61	8.31	8.3	31	0.8	9.1

Sumber : Hasil Perhitungan

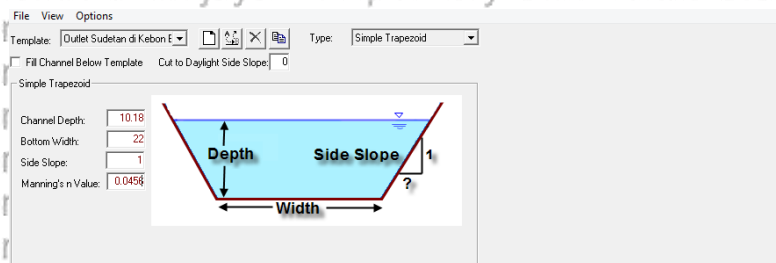
Tabel 4.21. Ukuran Penampang Saluran Sudetan di Kebon Baru

Posisi	Patok	Jarak antara (m)	Lebar Saluran (B) (m)	Kedalaman muka air (h) (m)	Tinggi jagaan (W) (m)	Elevasi Dasar Saluran	Elevasi Puncak Tebing
Inlet	P161	50.00	31	8.3	0.8	8.31	17.41
	P160	164.00	31	8.3	0.8	8.28	17.38
Outlet	P141	50.00	22	10.18	0.8	4.80	15.78
	P140	50.00	22	10.18	0.8	4.77	15.75

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.23. Desain Penampang Saluran *Inlet* (P161 dan P160) di Kebon Baru



Gambar 4.24. Desain Penampang Saluran Outlet (P141 dan P140) di Kebon Baru

4.4.3. Desain Penampang Saluran di Kampung Melayu (KM)

Hasil perhitungan penampang saluran sudetan pada titik *inlet* dan *outlet* yaitu:

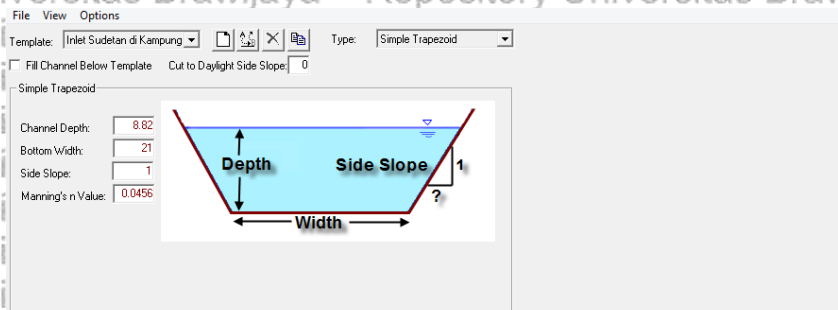
Tabel 4.22. Perhitungan Saluran Sudetan Sungai Ciliwung di di Kampung Melayu

Patok	Q	V	I	n	A	El Muka Air	El Dasar	h	B	w	h+w
P70	397.35	1.16	0.0006	0.0456	342.5431	13.5	5.59	8.82	31	0.8	9.62
P90	597.35	1.56	0.0006	0.0456	254.7115	13.77	4.95	8.82	21	0.8	9.62

Tabel 4.23. Ukuran Penampang Saluran Sudetan di Kampung Melayu

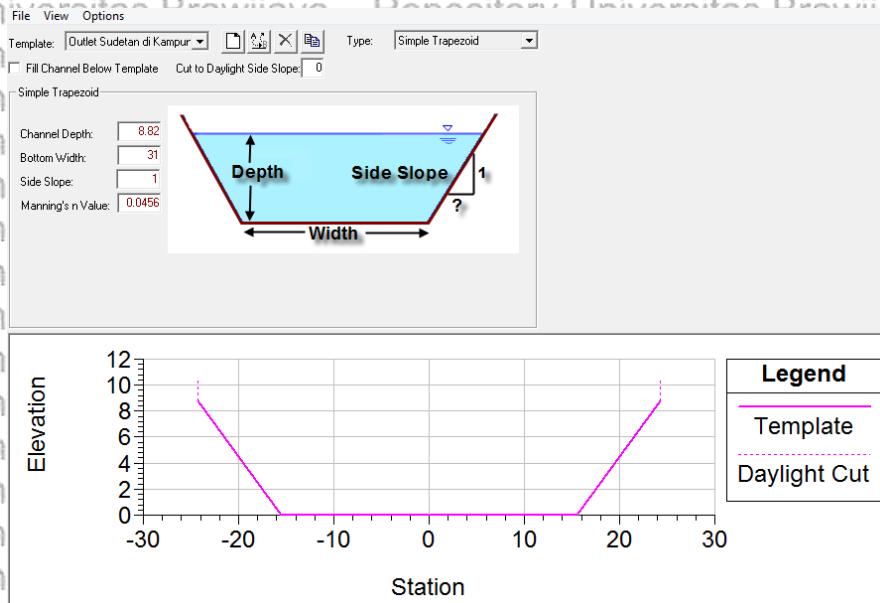
Posisi	Patok	Jarak antara (m)	Lebar Saluran (B) (m)	Kedalaman muka air (h) (m)	Tinggi jagaan (W) (m)	Elevasi Dasar Saluran	Elevasi Puncak Tebing
Inlet	P90	50.00	21	8.82	0.8	4.95	14.57
	P89	87.61	21	8.82	0.8	4.92	14.54
Outlet	P71	50.00	31	8.82	0.8	5.62	15.24
	P70	50.00	31	8.82	0.8	5.59	15.21

Sumber : Hasil Perhitungan





Gambar 4.25. Desain Penampang Saluran *Inlet* (P90 dan P89) di Kampung Melayu



Gambar 4.26. Desain Penampang Saluran *Outlet* (P71 dan P70) di Kampung Melayu

4.5. Pemodelan Sudetan Sungai Ciliwung

Pemodelan yang dilakukan ada dua jenis. Pemodelan pertama adalah pemodelan Sudetan Sungai Ciliwung menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0. Tujuannya untuk mendapatkan profil muka air jika dilakukan sudetan pada Sungai Ciliwung. Langkah pemodelan untuk sudetan ini sama dengan langkah pemodelan pada kondisi eksisting pada sub bab 4.2.1 termasuk proses perhitungannya. Perbedaannya hanya terletak pada data *cross section* pada di inlet dan outlet sudetan yang digunakan. Data *cross section* di inlet dan outlet sudetan menggunakan hasil desain saluran sudetan (Tabel 4.19, Tabel 4.21, dan Tabel 4.23). Data penampang dan jarak antara penampang serta koordinat x,y saluran sudetan menggunakan hasil hitungan pada analisis penampang sudetan sesuai Tabel 4.17; 4.19; 4.21; 4.23.

Pemodelan yang kedua adalah Pemodelan luas genangan di lahan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS. Tujuan pemodelan dilakukan untuk menggunakan luas dan sebaran genangan yang terjadi di lahan akibat sudetan yang dilakukan pada Sungai Ciliwung. Hasil dari pemodelan ini adalah peta genangan. Data yang digunakan untuk pemodelan kedua adalah hasil perhitungan pada pemodelan pertama.

Baik pemodelan yang pertama maupun yang kedua dilakukan sebanyak tujuh kali sesuai dengan variasi posisi sudetan yang direncanakan. Debit yang digunakan untuk melakukan perhitungan adalah debit banjir kala ulang 50 tahun (Q_{50}).



Tabel 4.24. Koordinat x,y Variasi Posisi 1 (Sudetan di Kalibata)

Koordinat Patok Pada Variasi 1 (Sudetan di Kalibata)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.6	9307411	170	706072.9	9309806	114	706321.9	9311340	57	705955.8	9312458
259	705725.6	9307459	169	706078.4	9309850	113	706318.3	9311364	56	705914.7	9312438
258	705740.4	9307507	168	706091.7	9309899	112	706284	9311415	55	705867.6	9312421
257	705756.4	9307554	167	706105.2	9309947	111	706251.6	9311453	54	705819.6	9312409
256	705770.1	9307602	166	706120.8	9309994	110	706226.8	9311495	53	705797.4	9312413
255	705773.1	9307620	165	706135.2	9310042	109	706208	9311527	52	705778	9312431
254	705779.7	9307652	164	706150.8	9310090	108	706196	9311589	51	705742.8	9312467
253	705785.6	9307702	163	706168.1	9310136	107	706231	9311617	50	705703.3	9312500
252	705795.6	9307750	162	706188.4	9310182	106	706281	9311617	49	705645.4	9312515
251	705805.2	9307800	161	706225.1	9310216	105	706330.8	9311613	48	705615.6	9312489
250	705818.8	9307848	160	706267.3	9310244	104	706379.6	9311627	47	705589.8	9312446
249	705838.2	9307911	159	706295.7	9310252	103	706404.4	9311672	46	705570.5	9312400
248	705836.2	9307946	158	706316.6	9310254	102	706398.4	9311723	45	705544.3	9312358
247	705829	9307997	157	706366.6	9310253	101	706368.4	9311763	44	705499.3	9312359
246	705788.6	9308015	156	706389.9	9310209	100	706333.1	9311806	43	705462.8	9312396
245	705738.6	9308014	155	706408.1	9310163	99	706305.3	9311840	42	705428.9	9312432
244	705708.3	9308021	154	706425.6	9310116	98	706273.9	9311879	41	705399.5	9312472
243	705704.7	9308056	153	706443.8	9310069	97	706256.7	9311900	40	705386.5	9312513
242	705720.9	9308081	152	706470.1	9310027	96	706239.1	9311915	39	705398.2	9312563
241	705761.7	9308109	151	706505.2	9309991	95	706206.1	9311944	38	705411.3	9312611
240	705804.7	9308134	150	706548.1	9309997	94	706179.2	9311993	37	705418.6	9312635
239	705845.1	9308165	149	706558.6	9310047	93	706162	9312040	36	705429.5	9312657
205	706056.3	9308390	148	706550.9	9310097	92	706142.7	9312081	35	705448	9312704
204	706090.4	9308426	147	706535.4	9310144	91	706118.9	9312130	34	705471.4	9312747
203	706098.4	9308476	146	706521	9310192	90	706098.8	9312143	33	705492.1	9312793
202	706077.8	9308529	145	706507.6	9310241	89	706072.3	9312149	32	705509.3	9312805
201	706063	9308569	144	706479.3	9310282	88	706021.3	9312146	31	705538.2	9312807
200	706043	9308615	143	706448.1	9310321	87	705977.3	9312123	30	705585.5	9312812
199	706026.1	9308662	142	706414.7	9310358	86	705959.3	9312074	29	705604.6	9312847
198	706018.4	9308712	141	706380.4	9310394	85	705973	9312035	28	705583.1	9312892
197	706035.4	9308759	140	706363.2	9310441	84	705995.4	9311991	27	705565.8	9312912
196	706080.8	9308779	139	706366.9	9310463	83	705981.5	9311942	26	705550.5	9312939
195	706127.1	9308798	138	706406.9	9310477	82	705937.9	9311916	25	705523.7	9312972
194	706173.4	9308816	137	706438.1	9310467	81	705888.5	9311914	24	705485.2	9313004
193	706219.4	9308838	136	706487.3	9310475	80	705824.3	9311933	23	705440	9313026
192	706236.8	9308859	135	706501.5	9310523	79	705808.9	9311963	22	705390.9	9313036
191	706228.5	9308887	134	706485.5	9310570	78	705812.8	9312012	21	705342.9	9313049
190	706191.2	9308920	133	706456.9	9310611	77	705845.6	9312059	20	705296.8	9313065
189	706159.1	9308958	132	706428.5	9310652	76	705867	9312096	19	705247	9313078
188	706128.2	9308997	131	706401.6	9310694	75	705890.7	9312140	18	705198.2	9313089
187	706094.8	9309034	130	706369.5	9310733	74	705913.3	9312185	17	705165.5	9313109
186	706064.8	9309074	129	706326	9310771	73	705924.5	9312214	16	705130.1	9313159
185	706038.3	9309116	128	706289.2	9310793	72	705934.6	9312230	15	705107.1	9313185
184	706018.2	9309162	127	706246.6	9310819	71	705971.1	9312264	14	705087.6	9313209
183	706005.2	9309210	126	706205.6	9310847	70	706001.7	9312304	13	705061.1	9313232
182	706004.5	9309237	125	706190.8	9310858	69	706034.2	9312342	12	705017.8	9313256
181	706005.9	9309260	124	706173.7	9310884	68	706063.7	9312382	11	704973.5	9313284
180	706014.3	9309310	123	706171	9310932	67	706101.4	9312415	10	704926.4	9313295
179	706028.9	9309358	122	706188.4	9310975	66	706140.6	9312446	9	704878.1	9313308
178	706047.8	9309404	121	706223.6	9311024	65	706177.8	9312480	8	704826.5	9313329
177	706062.5	9309452	120	706256	9311048	64	706186.7	9312496	7	704789.3	9313351
176	706071	9309502	119	706287.9	9311087	63	706185.1	9312528	6	704751.6	9313384
175	706070.3	9309543	118	706319.6	9311125	62	706138.3	9312542	5	704724.4	9313401
174	706067.9	9309602	117	706325	9311165	61	706117.4	9312540	4	704701.3	9313437
173	706066.3	9309652	116	706329.2	9311225	60	706088.9	9312535	3	704678	9313459
172	706067.5	9309702	115	706328.6	9311276	59	706043.7	9312514	2	704637.9	9313480
171	706069	9309752				58	706002.3	9312486	1	704588.6	9313488



Tabel 4.25. Koordinat x,y Variasi Posisi 2 (Sudetan di Kebon Baru)

Koordinat Patok Pada Variasi 2 (Sudetan di Kebon Baru)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.6	9307411.4	200	706043.0	9308615.2	120	706256.0	9311048.3	60	706088.9	9312534.9
259	705725.6	9307459.1	199	706026.1	9308662.2	119	706287.9	9311086.8	59	706043.7	9312514.0
258	705740.4	9307506.9	198	706018.4	9308711.6	118	706319.6	9311125.4	58	706002.3	9312485.9
257	705756.4	9307554.4	197	706035.4	9308759.2	117	706325.0	9311165.1	57	705955.8	9312457.5
256	705770.1	9307602.4	196	706080.8	9308778.8	116	706329.2	9311224.9	56	705914.7	9312437.6
255	705773.1	9307620.0	195	706127.1	9308797.9	115	706328.6	9311276.2	55	705867.6	9312420.7
254	705779.7	9307651.8	194	706173.4	9308816.4	114	706321.9	9311339.7	54	705819.6	9312408.9
253	705785.6	9307701.6	193	706219.4	9308837.6	113	706318.3	9311364.4	53	705797.4	9312412.7
252	705795.6	9307750.5	192	706236.8	9308858.7	112	706284.0	9311415.2	52	705778.0	9312431.4
251	705805.2	9307799.5	191	706228.5	9308886.8	111	706251.6	9311453.3	51	705742.8	9312467.0
250	705818.8	9307847.7	190	706191.2	9308920.0	110	706226.8	9311495.3	50	705703.3	9312499.5
249	705838.2	9307911.0	189	706159.1	9308957.5	109	706208.0	9311527.1	49	705645.4	9312515.3
248	705836.2	9307946.5	188	706128.2	9308996.8	108	706196.0	9311588.9	48	705615.6	9312488.6
247	705829.0	9307997.0	187	706094.8	9309034.1	107	706231.0	9311617.2	47	705589.8	9312445.8
246	705788.6	9308014.6	186	706064.8	9309074.1	106	706281.0	9311617.4	46	705570.5	9312399.6
245	705738.6	9308014.4	185	706038.3	9309116.5	105	706330.8	9311613.4	45	705544.3	9312358.2
244	705708.3	9308020.8	184	706018.2	9309162.2	104	706379.6	9311626.5	44	705499.3	9312358.8
243	705704.7	9308055.6	183	706005.2	9309210.3	103	706404.4	9311672.1	43	705462.8	9312395.5
242	705720.9	9308080.9	182	706004.5	9309236.8	102	706398.4	9311722.8	42	705428.9	9312432.3
241	705761.7	9308108.9	181	706005.9	9309260.5	101	706368.4	9311762.7	41	705399.5	9312472.2
240	705804.7	9308134.3	180	706014.3	9309309.9	100	706333.1	9311806.2	40	705386.5	9312513.2
239	705845.1	9308164.8	179	706028.9	9309357.7	99	706305.3	9311840.4	39	705398.2	9312562.8
238	705859.9	9308212.5	178	706047.8	9309403.9	98	706273.9	9311879.3	38	705411.3	9312611.0
237	705844.3	9308262.1	177	706062.5	9309451.9	97	706256.7	9311900.4	37	705418.6	9312635.4
236	705805.2	9308292.3	176	706071.0	9309501.8	96	706239.1	9311915.3	36	705429.5	9312657.1
235	705758.2	9308311.0	175	706070.3	9309543.3	95	706206.1	9311943.7	35	705448.0	9312703.5
234	705708.2	9308308.6	174	706067.9	9309601.8	94	706179.2	9311992.8	34	705471.4	9312747.4
233	705666.6	9308281.0	173	706066.3	9309651.8	93	706162.0	9312039.7	33	705492.1	9312793.2
232	705626.3	9308251.3	172	706067.5	9309701.8	92	706142.7	9312080.8	32	705509.3	9312805.3
231	705586.6	9308220.9	171	706069.0	9309751.8	91	706118.9	9312130.4	31	705538.2	9312807.2
230	705558.8	9308207.9	170	706072.9	9309805.8	90	706098.8	9312143.5	30	705585.5	9312811.8
229	705524.5	9308222.9	169	706078.4	9309850.5	89	706072.3	9312148.8	29	705604.6	9312847.0
228	705509.5	9308251.7	168	706091.7	9309898.6	88	706021.3	9312146.3	28	705583.1	9312891.5
227	705508.8	9308301.7	167	706105.2	9309946.8	87	705977.3	9312122.7	27	705565.8	9312911.6
226	705511.8	9308351.1	166	706120.8	9309994.3	86	705959.3	9312073.9	26	705550.5	9312938.8
225	705518.4	9308400.7	165	706135.2	9310042.2	85	705973.0	9312035.3	25	705523.7	9312972.2
224	705528.4	9308449.2	164	706150.8	9310089.7	84	705995.4	9311990.6	24	705485.2	9313004.4
223	705547.3	9308495.3	163	706168.1	9310136.3	83	705981.5	9311941.5	23	705440.0	9313025.7
222	705575.1	9308536.9	162	706188.4	9310181.7	82	705937.9	9311916.0	22	705390.9	9313035.5
221	705610.3	9308570.9	161	706225.1	9310215.7	81	705888.5	9311914.0	21	705342.9	9313049.4
220	705645.5	9308606.7	140	706363.2	9310440.7	80	705824.3	9311933.1	20	705296.8	9313064.5
219	705682.0	9308639.4	139	706366.9	9310463.1	79	705808.9	9311963.4	19	705247.0	9313077.7
218	705722.8	9308668.7	138	706406.9	9310476.7	78	705812.8	9312012.3	18	705198.2	9313089.5
217	705768.9	9308688.6	137	706438.1	9310466.6	77	705845.6	9312059.4	17	705165.5	9313108.6
216	705825.2	9308679.5	136	706487.3	9310474.7	76	705867.0	9312096.3	16	705130.1	9313159.5
215	705845.6	9308644.0	135	706501.5	9310522.6	75	705890.7	9312140.3	15	705107.1	9313184.5
214	705859.1	9308595.8	134	706485.5	9310569.9	74	705913.3	9312184.9	14	705087.6	9313208.7
213	705870.4	9308547.1	133	706456.9	9310611.0	73	705924.5	9312213.6	13	705061.1	9313231.6
212	705876.1	9308497.5	132	706428.5	9310652.1	72	705934.6	9312230.0	12	705017.8	9313256.5
211	705882.3	9308447.9	131	706401.6	9310694.2	71	705971.1	9312264.5	11	704973.5	9313283.8
210	705890.9	9308398.8	130	706369.5	9310732.9	70	706001.7	9312304.0	10	704926.4	9313295.5
209	705897.0	9308377.6	129	706326.0	9310770.7	69	706034.2	9312342.0	9	704878.1	9313308.2
208	705912.9	9308354.6	128	706289.2	9310793.0	68	706063.7	9312382.1	8	704826.5	9313328.7
207	705962.9	9308354.3	127	706246.6	9310819.4	67	706101.4	9312415.0	7	704789.3	9313351.1
206	706010.0	9308370.9	126	706205.6	9310847.5	66	706140.6	9312446.3	6	704751.6	9313384.1
205	706056.3	9308389.9	125	706190.8	9310857.8	65	706177.8	9312480.1	5	704724.4	9313400.9
204	706090.4	9308426.4	124	706173.7	9310884.3	64	706186.7	9312495.7	4	704701.3	9313437.2
203	706098.4	9308475.7	123	706171.0	9310932.2	63	706185.1	9312527.6	3	704678.0	9313459.1
202	706077.8	9308529.5	122	706188.4	9310975.3	62	706138.3	9312542.1	2	704637.9	9313479.5
201	706063.0	9308569.3	121	706223.6	9311023.9	61	706117.4	9312540.3	1	704588.6	9313487.7



Tabel 4.27. Koordinat x,y Variasi Posisi 4 (Sudetan di Kalibata dan Kebon Baru)

Koordinat Patok Pada Variasi 4 (Sudetan di Kalibata dan Kebon Baru)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.6	9307411.4	175	706070.3	9309543.3	103	706404.4	9311672.1	51	705742.8	9312467
259	705725.6	9307459.1	174	706067.9	9309601.8	102	706398.4	9311722.8	50	705703.3	9312499.5
258	705740.4	9307506.9	173	706066.3	9309651.8	101	706368.4	9311762.7	49	705645.4	9312515.3
257	705756.4	9307554.4	172	706067.5	9309701.8	100	706333.1	9311806.2	48	705615.6	9312488.6
256	705770.1	9307602.4	171	706069	9309751.8	99	706305.3	9311840.4	47	705589.8	9312445.8
255	705773.1	9307620	170	706072.9	9309805.8	98	706273.9	9311879.3	46	705570.5	9312399.6
254	705779.7	9307651.8	169	706078.4	9309850.5	97	706256.7	9311900.4	45	705544.3	9312358.2
253	705785.6	9307701.6	168	706091.7	9309898.6	96	706239.1	9311915.3	44	705499.3	9312358.8
252	705795.6	9307750.5	167	706105.2	9309946.8	95	706206.1	9311943.7	43	705462.8	9312395.5
251	705805.2	9307799.5	166	706120.8	9309994.3	94	706179.2	9311992.8	42	705428.9	9312432.3
250	705818.8	9307847.7	165	706135.2	9310042.2	93	706162	9312039.7	41	705399.5	9312472.2
249	705838.2	9307911	164	706150.8	9310089.7	92	706142.7	9312080.8	40	705386.5	9312513.2
248	705836.2	9307946.5	163	706168.1	9310136.3	91	706118.9	9312130.4	39	705398.2	9312562.8
247	705829	9307997	162	706188.4	9310181.7	90	706098.8	9312143.5	38	705411.3	9312611
246	705788.6	9308014.6	161	706225.1	9310215.7	89	706072.3	9312148.8	37	705418.6	9312635.4
245	705738.6	9308014.4	140	706363.2	9310440.7	88	706021.3	9312146.3	36	705429.5	9312657.1
244	705708.3	9308020.8	139	706366.9	9310463.1	87	705977.3	9312122.7	35	705448	9312703.5
243	705704.7	9308055.6	138	706406.9	9310476.7	86	705959.3	9312073.9	34	705471.4	9312747.4
242	705720.9	9308080.9	137	706438.1	9310466.6	85	705973	9312035.3	33	705492.1	9312793.2
241	705761.7	9308108.9	136	706487.3	9310474.7	84	705995.4	9311990.6	32	705509.3	9312805.3
240	705804.7	9308134.3	135	706501.5	9310522.6	83	705981.5	9311941.5	31	705538.2	9312807.2
239	705845.1	9308164.8	134	706485.5	9310569.9	82	705937.9	9311916	30	705585.5	9312811.8
205	706056.3	9308389.9	133	706456.9	9310611	81	705888.5	9311914	29	705604.6	9312847
204	706090.4	9308426.4	132	706428.5	9310652.1	80	705824.3	9311933.1	28	705583.1	9312891.5
203	706098.4	9308475.7	131	706401.6	9310694.2	79	705808.9	9311963.4	27	705565.8	9312911.6
202	706077.8	9308529.5	130	706369.5	9310732.9	78	705812.8	9312012.3	26	705550.5	9312938.8
201	706063	9308569.3	129	706326	9310770.7	77	705845.6	9312059.4	25	705523.7	9312972.2
200	706043	9308615.2	128	706289.2	9310793	76	705867	9312096.3	24	705485.2	9313004.4
199	706026.1	9308662.2	127	706246.6	9310819.4	75	705890.7	9312140.3	23	705440	9313025.7
198	706018.4	9308711.6	126	706205.6	9310847.5	74	705913.3	9312184.9	22	705390.9	9313035.5
197	706035.4	9308759.2	125	706190.8	9310857.8	73	705924.5	9312213.6	21	705342.9	9313049.4
196	706080.8	9308778.8	124	706173.7	9310884.3	72	705934.6	9312230	20	705296.8	9313064.5
195	706127.1	9308797.9	123	706171	9310932.2	71	705971.1	9312264.5	19	705247	9313077.7
194	706173.4	9308816.4	122	706188.4	9310975.3	70	706001.7	9312304	18	705198.2	9313089.5
193	706219.4	9308837.6	121	706223.6	9311023.9	69	706034.2	9312342	17	705165.5	9313108.6
192	706236.8	9308858.7	120	706256	9311048.3	68	706063.7	9312382.1	16	705130.1	9313159.5
191	706228.5	9308886.8	119	706287.9	9311086.8	67	706101.4	9312415	15	705107.1	9313184.5
190	706191.2	9308920	118	706319.6	9311125.4	66	706140.6	9312446.3	14	705087.6	9313208.7
189	706159.1	9308957.5	117	706325	9311165.1	65	706177.8	9312480.1	13	705061.1	9313231.6
188	706128.2	9308996.8	116	706329.2	9311224.9	64	706186.7	9312495.7	12	705017.8	9313256.5
187	706094.8	9309034.1	115	706328.6	9311276.2	63	706185.1	9312527.6	11	704973.5	9313283.8
186	706064.8	9309074.1	114	706321.9	9311339.7	62	706138.3	9312542.1	10	704926.4	9313295.5
185	706038.3	9309116.5	113	706318.3	9311364.4	61	706117.4	9312540.3	9	704878.1	9313308.2
184	706018.2	9309162.2	112	706284	9311415.2	60	706088.9	9312534.9	8	704826.5	9313328.7
183	706005.2	9309210.3	111	706251.6	9311453.3	59	706043.7	9312514	7	704789.3	9313351.1
182	706004.5	9309236.8	110	706226.8	9311495.3	58	706002.3	9312485.9	6	704751.6	9313384.1
181	706005.9	9309260.5	109	706208	9311527.1	57	705955.8	9312457.5	5	704724.4	9313400.9
180	706014.3	9309309.9	108	706196	9311588.9	56	705914.7	9312437.6	4	704701.3	9313437.2
179	706028.9	9309357.7	107	706231	9311617.2	55	705867.6	9312420.7	3	704678	9313459.1
178	706047.8	9309403.9	106	706281	9311617.4	54	705819.6	9312408.9	2	704637.9	9313479.5
177	706062.5	9309451.9	105	706330.8	9311613.4	53	705797.4	9312412.7	1	704588.6	9313487.7
176	706071	9309501.8	104	706379.6	9311626.5	52	705778	9312431.4			

Tabel 4.28. Koordinat x,y Variasi Posisi 5 (Sudetan diKalibata dan Kampung Melayu)

Koordinat Patok Pada Variasi 5 (Sudetan di Kalibata dan Kampung Melayu)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.58	9307411.39	175	706070.30	9309543.35	123	706170.98	9310932.22	52	705777.99	9312431.44
259	705725.56	9307459.10	174	706067.95	9309601.80	122	706188.37	9310975.34	51	705742.79	9312466.96
258	705740.39	9307506.85	173	706066.31	9309651.77	121	706223.63	9311023.89	50	705703.30	9312499.54
257	705756.36	9307554.37	172	706067.53	9309701.76	120	706255.95	9311048.29	49	705645.40	9312515.28
256	705770.14	9307602.45	171	706069.05	9309751.78	119	706287.89	9311086.76	48	705615.62	9312488.58
255	705773.08	9307620.01	170	706072.92	9309805.80	118	706319.60	9311125.43	47	705589.75	9312445.79
254	705779.71	9307651.83	169	706078.39	9309850.46	117	706325.04	9311165.06	46	705570.53	9312399.63
253	705785.61	9307701.58	168	706091.74	9309898.65	116	706329.21	9311224.91	45	705544.32	9312358.23
252	705795.62	9307750.46	167	706105.19	9309946.80	115	706328.58	9311276.21	44	705499.33	9312358.82
251	705805.23	9307799.53	166	706120.84	9309994.29	114	706321.88	9311339.65	43	705462.79	9312395.54
250	705818.79	9307847.66	165	706135.15	9310042.20	113	706318.28	9311364.39	42	705428.94	9312432.34
249	705838.23	9307911.04	164	706150.83	9310089.70	112	706283.98	9311415.20	41	705399.53	9312472.16
248	705836.16	9307946.48	163	706168.13	9310136.29	111	706251.65	9311453.35	40	705386.54	9312513.15
247	705828.97	9307996.97	162	706188.41	9310181.67	110	706226.85	9311495.26	39	705398.17	9312562.81
246	705788.64	9308014.57	161	706225.06	9310215.68	109	706207.98	9311527.09	38	705411.33	9312611.05
245	705738.64	9308014.35	160	706267.25	9310244.32	108	706195.96	9311588.93	37	705418.62	9312635.38
244	705708.33	9308020.82	159	706295.68	9310251.80	107	706230.99	9311617.17	36	705429.49	9312657.12
243	705704.74	9308055.64	158	706316.60	9310253.75	106	706280.99	9311617.35	35	705448.03	9312703.55
242	705720.94	9308080.89	157	706366.59	9310253.33	105	706330.84	9311613.39	34	705471.43	9312747.39
241	705761.74	9308108.92	156	706389.92	9310209.10	104	706379.59	9311626.54	33	705492.12	9312793.24
240	705804.68	9308134.34	155	706408.13	9310162.54	103	706404.44	9311672.11	32	705509.31	9312805.32
239	705845.11	9308164.77	154	706425.62	9310115.91	102	706398.40	9311722.75	31	705538.24	9312807.23
205	706056.26	9308389.93	153	706443.76	9310069.10	101	706368.38	9311762.74	30	705585.52	9312811.83
204	706090.44	9308426.43	152	706470.09	9310026.60	100	706333.11	9311806.18	29	705604.62	9312846.98
203	706098.38	9308475.69	151	706505.22	9309991.02	99	706305.35	9311840.37	28	705583.07	9312891.54
202	706077.79	9308529.48	150	706548.11	9309996.97	98	706273.93	9311879.27	27	705565.75	9312911.59
201	706063.00	9308569.33	149	706558.56	9310046.89	97	706256.69	9311900.43	26	705550.53	9312938.83
200	706043.01	9308615.16	148	706550.94	9310097.02	96	706239.11	9311915.34	25	705523.74	9312972.21
199	706026.09	9308662.20	147	706535.43	9310144.44	95	706206.08	9311943.66	24	705485.18	9313004.35
198	706018.43	9308711.61	146	706520.98	9310192.33	94	706179.20	9311992.78	23	705439.96	9313025.67
197	706035.40	9308759.18	145	706507.62	9310240.61	93	706162.02	9312039.74	22	705390.94	9313035.54
196	706080.84	9308778.81	144	706479.31	9310281.79	92	706142.72	9312080.83	21	705342.91	9313049.44
195	706127.08	9308797.91	143	706448.10	9310320.85	91	706118.89	9312130.40	20	705296.82	9313064.54
194	706173.41	9308816.44	142	706414.68	9310358.07	90	706098.75	9312143.47	19	705247.03	9313077.69
193	706219.36	9308837.63	141	706380.40	9310394.48	70	706001.70	9312304.01	18	705198.23	9313089.48
192	706236.84	9308858.74	140	706363.17	9310440.67	69	706034.22	9312341.99	17	705165.50	9313108.58
191	706228.49	9308886.82	139	706366.93	9310463.06	68	706063.70	9312382.13	16	705130.09	9313159.48
190	706191.24	9308920.03	138	706406.87	9310476.67	67	706101.38	9312414.99	15	705107.10	9313184.53
189	706159.10	9308957.54	137	706438.07	9310466.56	66	706140.62	9312446.30	14	705087.64	9313208.71
188	706128.15	9308996.81	136	706487.31	9310474.65	65	706177.78	9312480.05	13	705061.14	9313231.57
187	706094.85	9309034.10	135	706501.52	9310522.59	64	706186.73	9312495.67	12	705017.78	9313256.47
186	706064.82	9309074.09	134	706485.46	9310569.92	63	706185.14	9312527.64	11	704973.51	9313283.76
185	706038.33	9309116.50	133	706456.88	9310610.99	62	706138.33	9312542.11	10	704926.45	9313295.46
184	706018.24	9309162.17	132	706428.54	9310652.06	61	706117.40	9312540.31	9	704878.08	9313308.17
183	706005.18	9309210.34	131	706401.55	9310694.15	60	706088.92	9312534.85	8	704826.52	9313328.70
182	706004.50	9309236.77	130	706369.47	9310732.89	59	706043.70	9312513.99	7	704789.26	9313351.15
181	706005.92	9309260.49	129	706326.04	9310770.73	58	706002.31	9312485.94	6	704751.62	9313384.07
180	706014.26	9309309.89	128	706289.17	9310793.04	57	705955.82	9312457.50	5	704724.42	9313400.92
179	706028.94	9309357.68	127	706246.58	9310819.43	56	705914.70	9312437.55	4	704701.33	9313437.19
178	706047.83	9309403.87	126	706205.56	9310847.50	55	705867.62	9312420.73	3	704678.04	9313459.14
177	706062.48	9309451.88	125	706190.82	9310857.83	54	705819.56	9312408.88	2	704637.93	9313479.53
176	706071.05	9309501.75	124	706173.74	9310884.30	53	705797.38	9312412.65	1	704588.59	9313487.65

Tabel 4.29. Koordinat x,y Variasi Posisi 6 (Sudetan di Kebon Baru dan Kampung Melayu)

Koordinat Patok Pada Variasi 6 (Sudetan di Kebon Baru dan Kampung Melayu)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.58	9307411.39	204	706090.44	9308426.43	129	706326.04	9310770.73	55	705867.62	9312420.73
259	705725.56	9307459.10	203	706098.38	9308475.69	128	706289.17	9310793.04	54	705819.56	9312408.88
258	705740.39	9307506.85	202	706077.79	9308529.48	127	706246.58	9310819.43	53	705797.38	9312412.65
257	705756.36	9307554.37	201	706063.00	9308569.33	126	706205.56	9310847.50	52	705777.99	9312431.44
256	705770.14	9307602.45	200	706043.01	9308615.16	125	706190.82	9310857.83	51	705742.79	9312466.96
255	705773.08	9307620.01	199	706026.09	9308662.20	124	706173.74	9310884.30	50	705703.30	9312499.54
254	705779.71	9307651.83	198	706018.43	9308711.61	123	706170.98	9310932.22	49	705645.40	9312515.28
253	705785.61	9307701.58	197	706035.40	9308759.18	122	706188.37	9310975.34	48	705615.62	9312488.58
252	705795.62	9307750.46	196	706080.84	9308778.81	121	706223.63	9311023.89	47	705589.75	9312445.79
251	705805.23	9307799.53	195	706127.08	9308797.91	120	706255.95	9311048.29	46	705570.53	9312399.63
250	705818.79	9307847.66	194	706173.41	9308816.44	119	706287.89	9311086.76	45	705544.32	9312358.23
249	705838.23	9307911.04	193	706219.36	9308837.63	118	706319.60	9311125.43	44	705499.33	9312358.82
248	705836.16	9307946.48	192	706236.84	9308858.74	117	706325.04	9311165.06	43	705462.79	9312395.54
247	705828.97	9307996.97	191	706228.49	9308886.82	116	706329.21	9311224.91	42	705428.94	9312432.34
246	705788.64	9308014.57	190	706191.24	9308920.03	115	706328.58	9311276.21	41	705399.53	9312472.16
245	705738.64	9308014.35	189	706159.10	9308957.54	114	706321.88	9311339.65	40	705386.54	9312513.15
244	705708.33	9308020.82	188	706128.15	9308996.81	113	706318.28	9311364.39	39	705398.17	9312562.81
243	705704.74	9308055.64	187	706094.85	9309034.10	112	706283.98	9311415.20	38	705411.33	9312611.05
242	705720.94	9308080.89	186	706064.82	9309074.09	111	706251.65	9311453.35	37	705418.62	9312635.38
241	705761.74	9308108.92	185	706038.33	9309116.50	110	706226.85	9311495.26	36	705429.49	9312657.12
240	705804.68	9308134.34	184	706018.24	9309162.17	109	706207.98	9311527.09	35	705448.03	9312703.55
239	705845.11	9308164.77	183	706005.18	9309210.34	108	706195.96	9311588.93	34	705471.43	9312747.39
238	705859.95	9308212.51	182	706004.50	9309236.77	107	706230.99	9311617.17	33	705492.12	9312793.24
237	705844.29	9308262.10	181	706005.92	9309260.49	106	706280.99	9311617.35	32	705509.31	9312805.32
236	705805.18	9308292.28	180	706014.26	9309309.89	105	706330.84	9311613.39	31	705538.24	9312807.23
235	705758.18	9308311.01	179	706028.94	9309357.68	104	706379.59	9311626.54	30	705585.52	9312811.83
234	705708.23	9308308.63	178	706047.83	9309403.87	103	706404.44	9311672.11	29	705604.62	9312846.98
233	705666.55	9308281.02	177	706062.48	9309451.88	102	706398.40	9311722.75	28	705583.07	9312891.54
232	705626.31	9308251.34	176	706071.05	9309501.75	101	706368.38	9311762.74	27	705565.75	9312911.59
231	705586.61	9308220.94	175	706070.30	9309543.35	100	706333.11	9311806.18	26	705550.53	9312938.83
230	705558.83	9308207.88	174	706067.95	9309601.80	99	706305.35	9311840.37	25	705523.74	9312972.21
229	705524.47	9308222.90	173	706066.31	9309651.77	98	706273.93	9311879.27	24	705485.18	9313004.35
228	705509.47	9308251.74	172	706067.53	9309701.76	97	706256.69	9311900.43	23	705439.96	9313025.67
227	705508.75	9308301.73	171	706069.05	9309751.78	96	706239.11	9311915.34	22	705390.94	9313035.54
226	705511.84	9308351.14	170	706072.92	9309805.80	95	706206.08	9311943.66	21	705342.91	9313049.44
225	705518.38	9308400.73	169	706078.39	9309850.46	94	706179.20	9311992.78	20	705296.82	9313064.54
224	705528.41	9308449.21	168	706091.74	9309898.65	93	706162.02	9312039.74	19	705247.03	9313077.69
223	705547.31	9308495.28	167	706105.19	9309946.80	92	706142.72	9312080.83	18	705198.23	9313089.48
222	705575.07	9308536.87	166	706120.84	9309994.29	91	706118.89	9312130.40	17	705165.50	9313108.58
221	705610.35	9308570.86	165	706135.15	9310042.20	90	706098.75	9312143.47	16	705130.09	9313159.48
220	705645.48	9308606.73	164	706150.83	9310089.70	70	706001.70	9312304.01	15	705107.10	9313184.53
219	705682.04	9308639.36	163	706168.13	9310136.29	69	706034.22	9312341.99	14	705087.64	9313208.71
218	705722.80	9308668.66	162	706188.41	9310181.67	68	706063.70	9312382.13	13	705061.14	9313231.57
217	705768.89	9308688.56	161	706225.06	9310215.68	67	706101.38	9312414.99	12	705017.78	9313256.47
216	705825.17	9308679.53	140	706363.17	9310440.67	66	706140.62	9312446.30	11	704973.51	9313283.76
215	705845.59	9308643.98	139	706366.93	9310463.06	65	706177.78	9312480.05	10	704926.45	9313295.46
214	705859.11	9308595.84	138	706406.87	9310476.67	64	706186.73	9312495.67	9	704878.08	9313308.17
213	705870.42	9308547.14	137	706438.07	9310466.56	63	706185.14	9312527.64	8	704826.52	9313328.70
212	705876.12	9308497.47	136	706487.31	9310474.65	62	706138.33	9312542.11	7	704789.26	9313351.15
211	705882.34	9308447.85	135	706501.52	9310522.59	61	706117.40	9312540.31	6	704751.62	9313384.07
210	705890.93	9308398.80	134	706485.46	9310569.92	60	706088.92	9312534.85	5	704724.42	9313400.92
209	705896.96	9308377.64	133	706456.88	9310610.99	59	706043.70	9312513.99	4	704701.33	9313437.19
208	705912.86	9308354.59	132	706428.54	9310652.06	58	706002.31	9312485.94	3	704678.04	9313459.14
207	705962.86	9308354.26	131	706401.55	9310694.15	57	705955.82	9312457.50	2	704637.93	9313479.53
206	706010.01	9308370.90	130	706369.47	9310732.89	56	705914.70	9312437.55	1	704588.59	9313487.65
205	706056.26	9308389.93									

Tabel 4.30. Koordinat x,y Variasi Posisi 7 (Sudetan di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu)

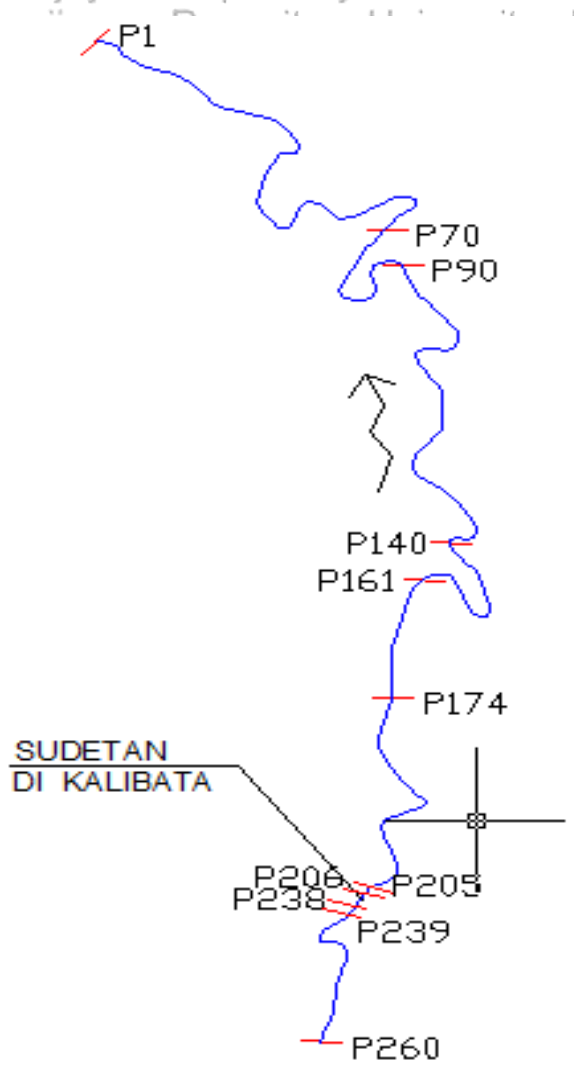
Koordinat Patok Pada Variasi 7 (Sudetan di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu)											
Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y	Patok	x	y
260	705710.58	9307411.39	180	706014.26	9309309.89	113	706318.28	9311364.39	47	705589.75	9312445.79
259	705725.56	9307459.10	179	706028.94	9309357.68	112	706283.98	9311415.20	46	705570.53	9312399.63
258	705740.39	9307506.85	178	706047.83	9309403.87	111	706251.65	9311453.35	45	705544.32	9312358.23
257	705756.36	9307554.37	177	706062.48	9309451.88	110	706226.85	9311495.26	44	705499.33	9312358.82
256	705770.14	9307602.45	176	706071.05	9309501.75	109	706207.98	9311527.09	43	705462.79	9312395.54
255	705773.08	9307620.01	175	706070.30	9309543.35	108	706195.96	9311588.93	42	705428.94	9312432.34
254	705779.71	9307651.83	174	706067.95	9309601.80	107	706230.99	9311617.17	41	705399.53	9312472.16
253	705785.61	9307701.58	173	706066.31	9309651.77	106	706280.99	9311617.35	40	705386.54	9312513.15
252	705795.62	9307750.46	172	706067.53	9309701.76	105	706330.84	9311613.39	39	705398.17	9312562.81
251	705805.23	9307799.53	171	706069.05	9309751.78	104	706379.59	9311626.54	38	705411.33	9312611.05
250	705818.79	9307847.66	170	706072.92	9309805.80	103	706404.44	9311672.11	37	705418.62	9312635.38
249	705838.23	9307911.04	169	706078.39	9309850.46	102	706398.40	9311722.75	36	705429.49	9312657.12
248	705836.16	9307946.48	168	706091.74	9309898.65	101	706368.38	9311762.74	35	705448.03	9312703.55
247	705828.97	9307996.97	167	706105.19	9309946.80	100	706333.11	9311806.18	34	705471.43	9312747.39
246	705788.64	9308014.57	166	706120.84	9309994.29	99	706305.35	9311840.37	33	705492.12	9312793.24
245	705738.64	9308014.35	165	706135.15	9310042.20	98	706273.93	9311879.27	32	705509.31	9312805.32
244	705708.33	9308020.82	164	706150.83	9310089.70	97	706256.69	9311900.43	31	705538.24	9312807.23
243	705704.74	9308055.64	163	706168.13	9310136.29	96	706239.11	9311915.34	30	705585.52	9312811.83
242	705720.94	9308080.89	162	706188.41	9310181.67	95	706206.08	9311943.66	29	705604.62	9312846.98
241	705761.74	9308108.92	161	706225.06	9310215.68	94	706179.20	9311992.78	28	705583.07	9312891.54
240	705804.68	9308134.34	140	706363.17	9310440.67	93	706162.02	9312039.74	27	705565.75	9312911.59
239	705845.11	9308164.77	139	706366.93	9310463.06	92	706142.72	9312080.83	26	705550.53	9312938.83
205	706056.26	9308389.93	138	706406.87	9310476.67	91	706118.89	9312130.40	25	705523.74	9312972.21
204	706090.44	9308426.43	137	706438.07	9310466.56	90	706098.75	9312143.47	24	705485.18	9313004.35
203	706098.38	9308475.69	136	706487.31	9310474.65	70	706001.70	9312304.01	23	705439.96	9313025.67
202	706077.79	9308529.48	135	706501.52	9310522.59	69	706034.22	9312341.99	22	705390.94	9313035.54
201	706063.00	9308569.33	134	706485.46	9310569.92	68	706063.70	9312382.13	21	705342.91	9313049.44
200	706043.01	9308615.16	133	706456.88	9310610.99	67	706101.38	9312414.99	20	705296.82	9313064.54
199	706026.09	9308662.20	132	706428.54	9310652.06	66	706140.62	9312446.30	19	705247.03	9313077.69
198	706018.43	9308711.61	131	706401.55	9310694.15	65	706177.78	9312480.05	18	705198.23	9313089.48
197	706035.40	9308759.18	130	706369.47	9310732.89	64	706186.73	9312495.67	17	705165.50	9313108.58
196	706080.84	9308778.81	129	706326.04	9310770.73	63	706185.14	9312527.64	16	705130.09	9313159.48
195	706127.08	9308797.91	128	706289.17	9310793.04	62	706138.33	9312542.11	15	705107.10	9313184.53
194	706173.41	9308816.44	127	706246.58	9310819.43	61	706117.40	9312540.31	14	705087.64	9313208.71
193	706219.36	9308837.63	126	706205.56	9310847.50	60	706088.92	9312534.85	13	705061.14	9313231.57
192	706236.84	9308858.74	125	706190.82	9310857.83	59	706043.70	9312513.99	12	705017.78	9313256.47
191	706228.49	9308886.82	124	706173.74	9310884.30	58	706002.31	9312485.94	11	704973.51	9313283.76
190	706191.24	9308920.03	123	706170.98	9310932.22	57	705955.82	9312457.50	10	704926.45	9313295.46
189	706159.10	9308957.54	122	706188.37	9310975.34	56	705914.70	9312437.55	9	704878.08	9313308.17
188	706128.15	9308996.81	121	706223.63	9311023.89	55	705867.62	9312420.73	8	704826.52	9313328.70
187	706094.85	9309034.10	120	706255.95	9311048.29	54	705819.56	9312408.88	7	704789.26	9313351.15
186	706064.82	9309074.09	119	706287.89	9311086.76	53	705797.38	9312412.65	6	704751.62	9313384.07
185	706038.33	9309116.50	118	706319.60	9311125.43	52	705777.99	9312431.44	5	704724.42	9313400.92
184	706018.24	9309162.17	117	706325.04	9311165.06	51	705742.79	9312466.96	4	704701.33	9313437.19
183	706005.18	9309210.34	116	706329.21	9311224.91	50	705703.30	9312499.54	3	704678.04	9313459.14
182	706004.50	9309236.77	115	706328.58	9311276.21	49	705645.40	9312515.28	2	704637.93	9313479.53
181	706005.92	9309260.49	114	706321.88	9311339.65	48	705615.62	9312488.58	1	704588.59	9313487.65

4.6. Analisis Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung

Analisis profil muka air dilakukan pada masing-masing variasi. Perhitungan hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS 4.1.0.

4.6.1. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 1 (Sudetan di Kalibata)

Pada variasi posisi 1 sudetan dilakukan di Kalibata. Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 1



Hasil perhitungan HEC-RAS 4.1.0 pada Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 1, sebagai berikut:

Tabel 4.31 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 1 (di Kalibata) dengan Q_{50}

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
Sudetan Kalibata	260	Q50	397.35	10.52	18.65	15.16	18.81	0.00076	1.89	286.89	159.55	0.25
Sudetan Kalibata	239	Q50	397.35	10.29	17.59	13.72	17.83	0.001194	2.15	184.76	32.6	0.29
Sudetan Kalibata	205	Q50	397.35	8.54	17.6	11.52	17.68	0.000319	1.29	359.36	130.28	0.15
Sudetan Kalibata	174	Q50	397.35	9.21	16.61	13.45	16.7	0.000741	1.53	359.99	198.56	0.23
Sudetan Kalibata	161	Q50	397.35	8.31	16.61	13.25	16.62	0.00005	0.42	1167.97	396.03	0.06
Sudetan Kalibata	140	Q50	397.35	4.77	14.95	11.2	14.96	0.000039	0.44	1251.64	395.13	0.05
Sudetan Kalibata	90	Q50	397.35	4.95	13.77	10.42	13.85	0.000482	1.56	416.13	196.39	0.19
Sudetan Kalibata	70	Q50	397.35	5.59	13.5	10.15	13.55	0.000254	1.16	485.36	157.23	0.14
Sudetan Kalibata	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.32. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 1 (di Kalibata)

Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tangul Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	18.65	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	17.59	19.13	Aman
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.60	18.41	Aman
174	Subkritis	A2	Sub kritis	16.61	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	16.61	14.00	Banjir
140	Subkritis	A2	Sub kritis	14.95	12.00	Banjir
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.77	9.09	Banjir
70	Subkritis	A2	Sub kritis	13.50	9.00	Banjir
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.31, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

- Hasil sudetan variasi posisi 1 (di Kalibata) mengalami perubahan dari kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 161,



140, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +16,61 m atau setinggi 7,40 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok 174 tidak terjadi banjir (aman), juga pada patok 239, 205, dan 1 tidak terjadi banjir. Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Hasil sudetan variasi posisi 1 (di Kalibata) mengakibatkan tinggi muka air di hilir *inlet* sudetan (hilir patok 239) mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada patok 260. Elevasi muka air pada kondisi eksisting patok 260 +19,02 m berkurang menjadi +18,65 (berkurang 0,48 m) akibat sudetan di Kalibata.

Secara keseluruhan, kapasitas penampang Sungai Ciliwung akibat sudetan variasi posisi 1 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q_{50}) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan *Froude* dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan *Froude* merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,23 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

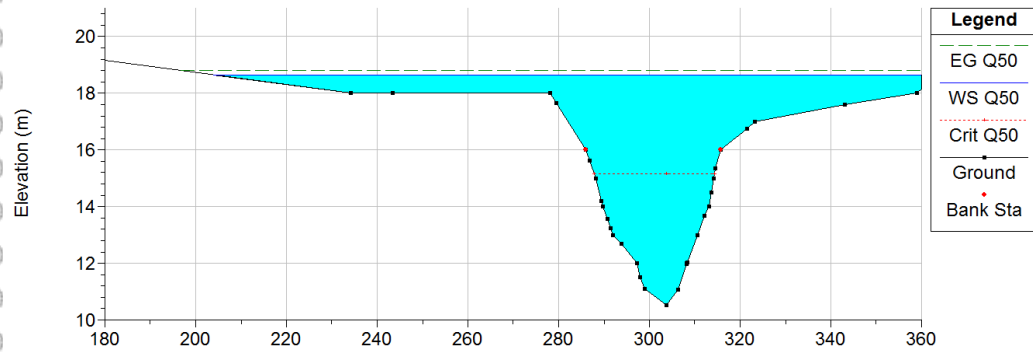
A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($I_0 < 0$) dan kedalaman aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $I_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 7,40 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.32

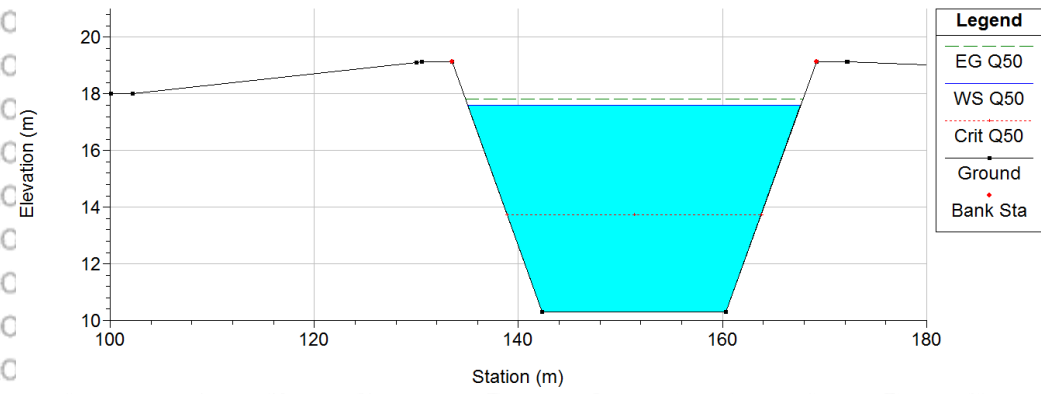
Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.28 (tampang lintang) dan Gambar 4.29 (tampang memanjang).

Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 260



a) Tampang Lintang Patok 260

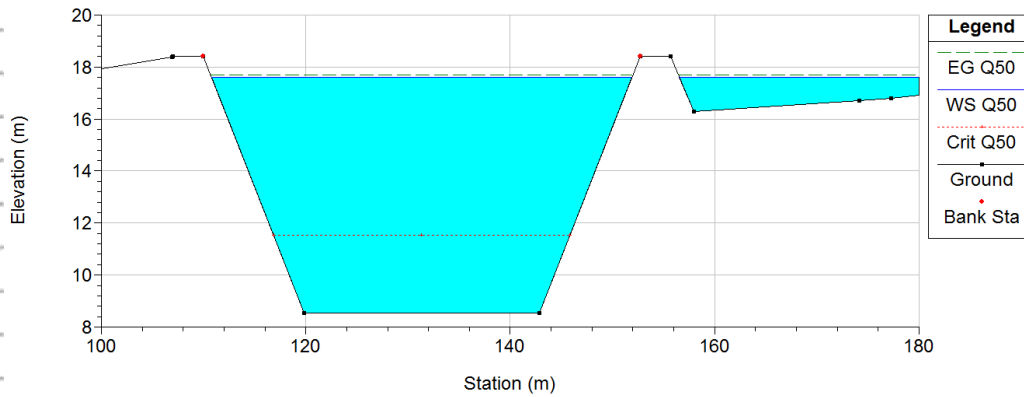
Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 239



b) Tampang Lintang Patok 239

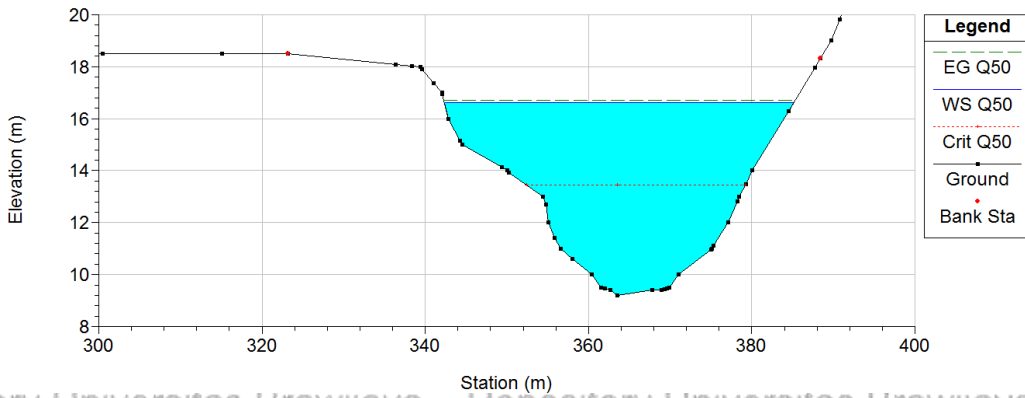


Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 205



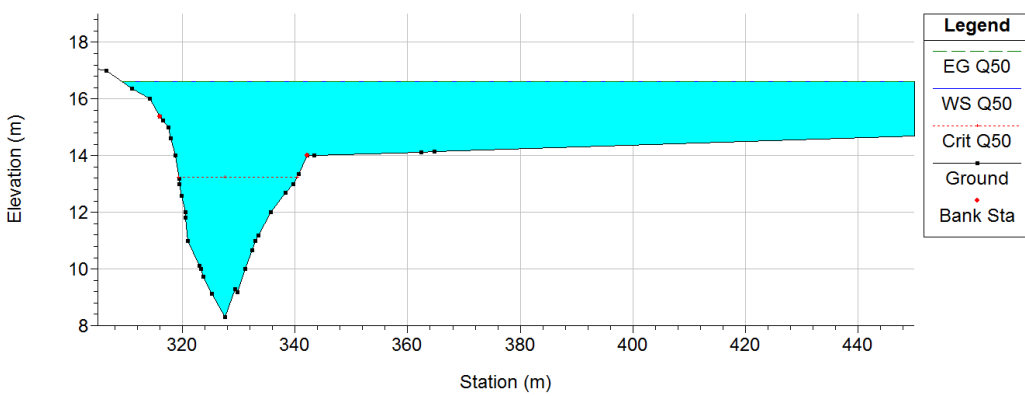
c) Tampang Lintang Patok 205

Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 174



d) Tampang Lintang Patok 174

Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 161



e) Tampang Lintang Patok 161

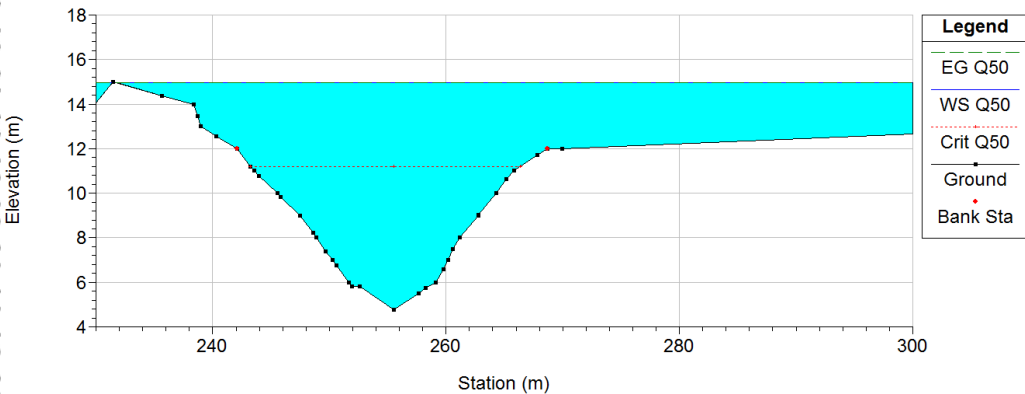


Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

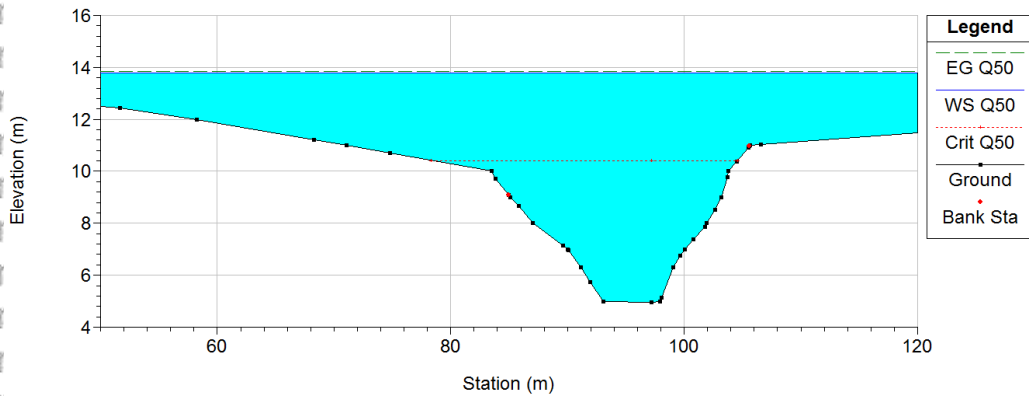
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 140



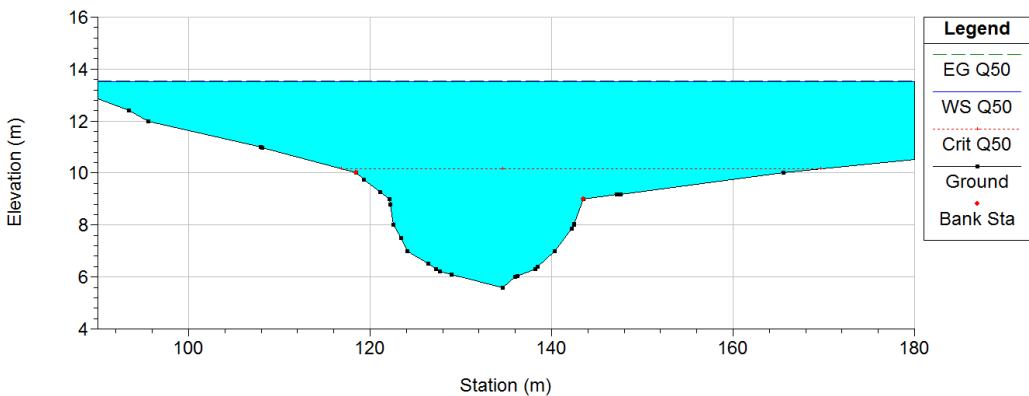
f) Tampang Lintang Patok 140

Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 90



g) Tampang Lintang Patok 90

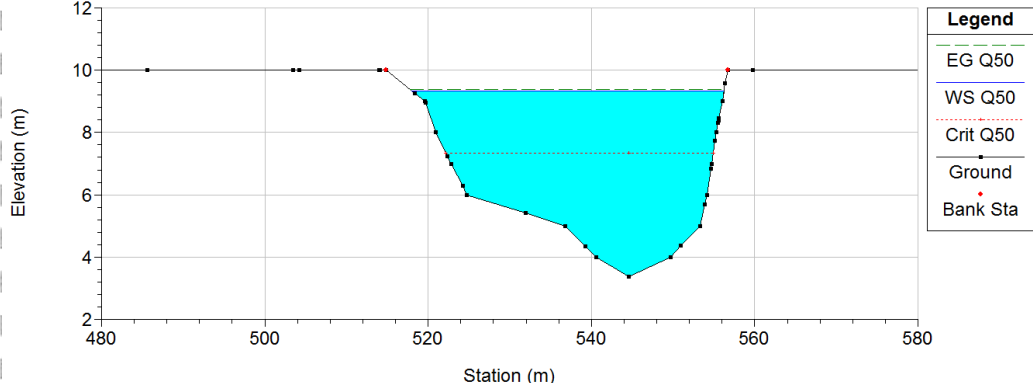
Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70



h) Tampang Lintang Patok 70



Sudetan_Kalibata Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 1



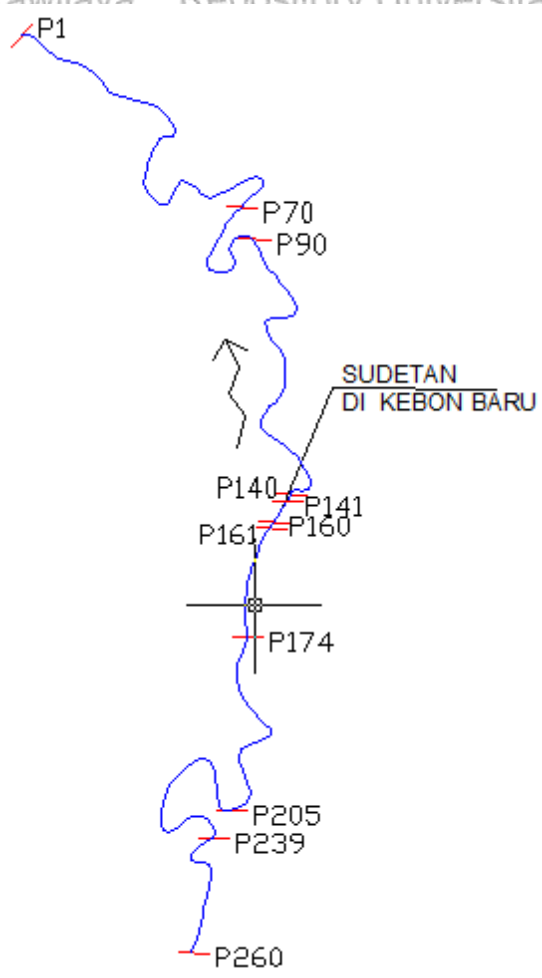
i) Tampang Lintang Patok 1

Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.28. Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 1 dengan Q₅₀

4.6.2. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 2 (Sudetan di Kebon Baru)

Pada variasi posisi 2 sudetan dilakukan di Kebon Baru. Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 2

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.33, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

- a. Hasil sudetan variasi posisi 2 (di Kebon Baru) berbeda dengan kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 239, 205, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +14,93 m atau setinggi

5,72m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok 174 tidak terjadi banjir. Hal serupa juga terjadi pada patok 161, 140 dan 1 dimana tidak terjadi banjir (aman). Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Hasil sudetan variasi posisi 2 (di Kebon Baru) mengakibatkan tinggi muka air di hilir inlet sudetan (hilir patok 161) mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada patok 260, 239, 205 dan 174. Elevasi muka air dari kondisi eksisting dan setelah disudet sebagai berikut:

- patok 260 = +19,02 m menjadi +18,93 m (berkurang 0,09 m),
- patok 239 = +18,33 m menjadi +18,18 m (berkurang 0,15 m),
- patok 205 = +17,61 m menjadi +17,30 m (berkurang 0,31 m),
- patok 174 = +16,61 m menjadi +14,93 m (berkurang 1,68 m).

Secara keseluruhan kapasitas penampang Sungai Cililung akibat sudetan variasi posisi 2 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q_{50}) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 2 (di Kebon Baru) dengan Q_{50}

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
Variasi Posisi 2	260	Q50	397.35	10.52	18.93	15.16	19.05	0.000573	1.69	334.59	174.83	0.22
Variasi Posisi 2	239	Q50	397.35	10.29	18.18	14.75	18.36	0.000905	1.99	251.31	94.89	0.26
Variasi Posisi 2	205	Q50	397.35	8.54	17.3	13.47	17.4	0.000486	1.52	360.76	156.62	0.2
Variasi Posisi 2	174	Q50	397.35	9.21	14.93	13.45	15.46	0.004858	3.24	126.88	78.43	0.57
Variasi Posisi 2	161	Q50	397.35	8.31	14.96	10.16	14.98	0.000109	0.67	846.92	314.32	0.09
Variasi Posisi 2	140	Q50	397.35	4.77	14.95	7.83	14.96	0.000032	0.43	1286.37	404.11	0.05
Variasi Posisi 2	90	Q50	397.35	4.95	13.77	10.42	13.85	0.000484	1.56	415.43	196.39	0.19
Variasi Posisi 2	70	Q50	397.35	5.59	13.5	10.15	13.54	0.000255	1.16	484.67	157.16	0.14
Variasi Posisi 2	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan Froude dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan Froude, profil alirannya merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,57 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($l_0 < 0$) dan kedalam aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $l_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 5,72 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70 meskipun bentuk kurva alirannya beragam. Sedangkan profil muka air pada patok 1 merupakan aliran superkritis. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.31 (tampang lintang) dan Gambar 4.32 (tampang memanjang).

Tabel 4.34. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 2(di Kebon Baru)

Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tanguk Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	18.93	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	18.18	16.00	Banjir
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.30	14.00	Banjir
174	Subkritis	A2	Sub kritis	14.93	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	14.96	17.41	Aman
140	Subkritis	S1	Sub kritis	14.95	15.75	Aman
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.77	9.09	Banjir
70	Subkritis	A2	Sub kritis	13.50	9.00	Banjir
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber: Hasil Perhitungan



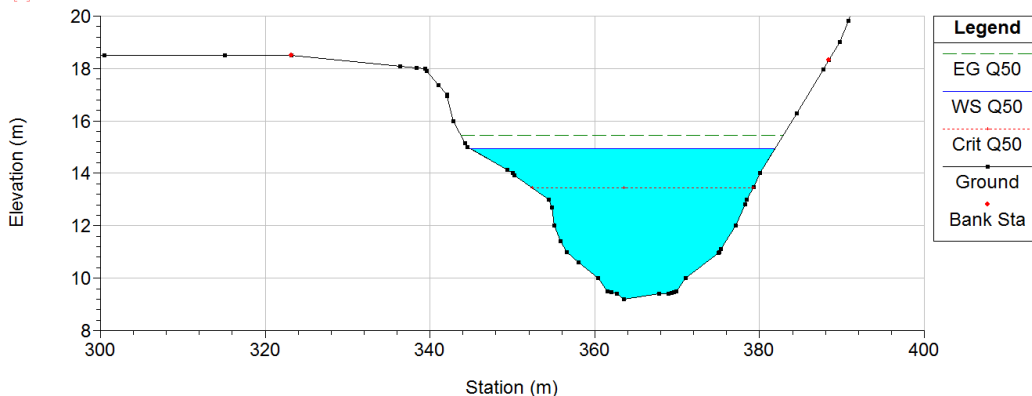
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



Sudetan_KebonBaru_VP2 Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 174



d) Tampang Lintang Patok 174

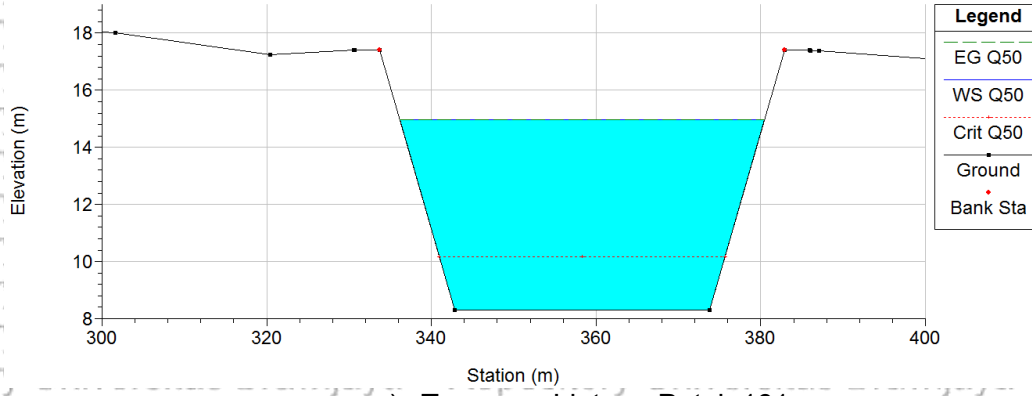
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



Sudetan_KebonBaru_VP2 Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 161



e) Tampang Lintang Patok 161

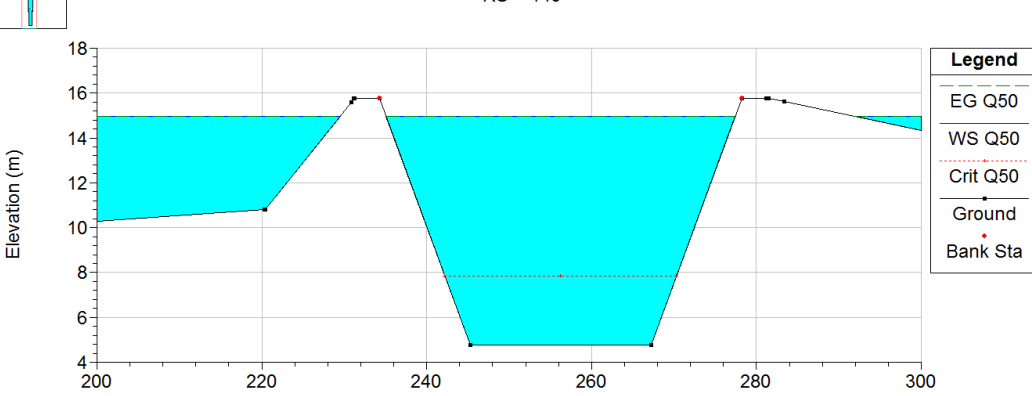
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



Sudetan_KebonBaru_VP2 Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 140



f) Tampang Lintang Patok 140

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

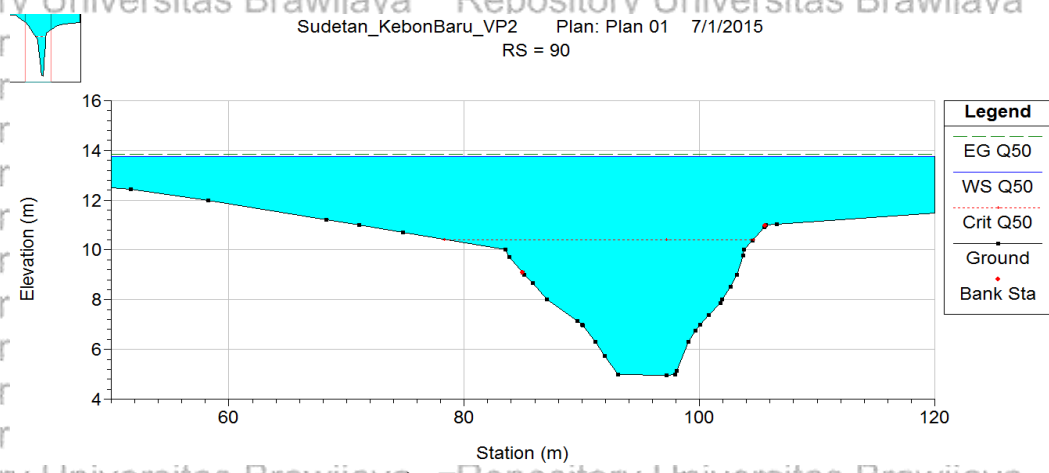
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

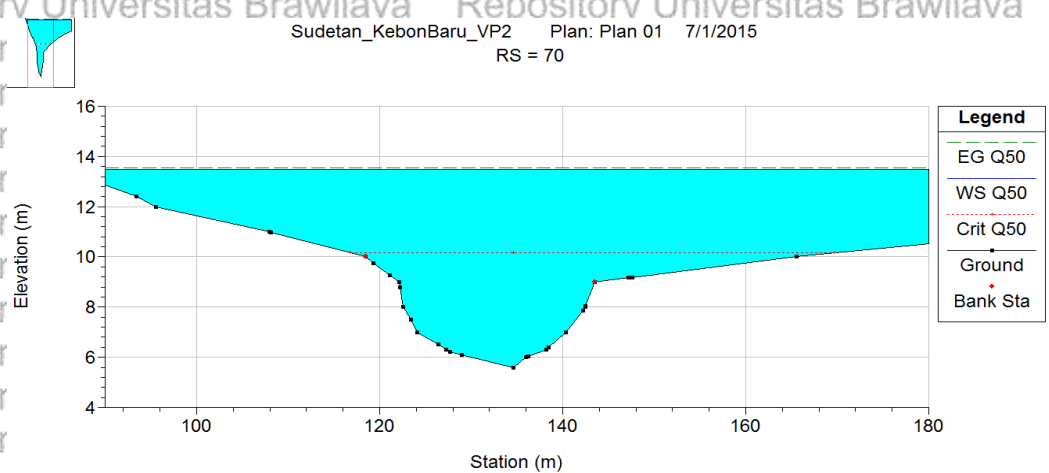


Sudetan_KebonBaru_VP2 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 90



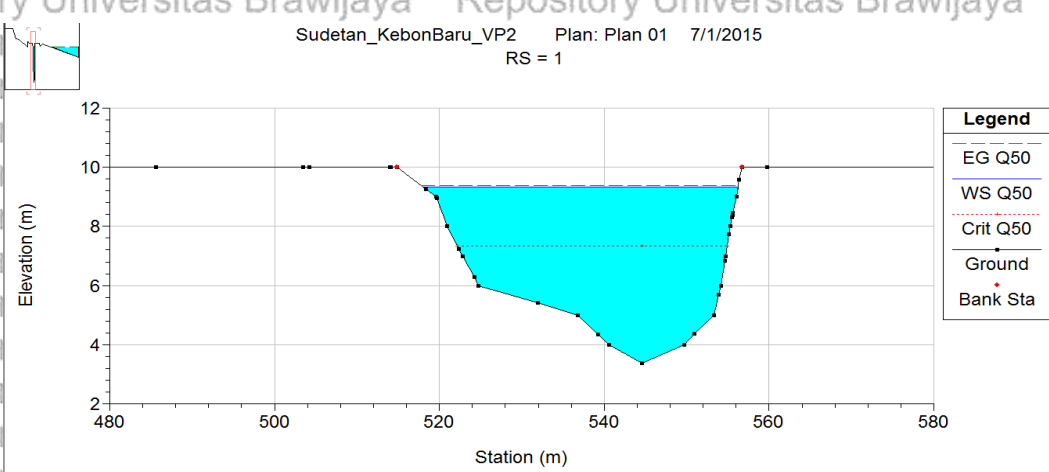
g) Tampang Lintang Patok 90

Sudetan_KebonBaru_VP2 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70



h) Tampang Lintang Patok 70

Sudetan_KebonBaru_VP2 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 1



i) Tampang Lintang Patok 1

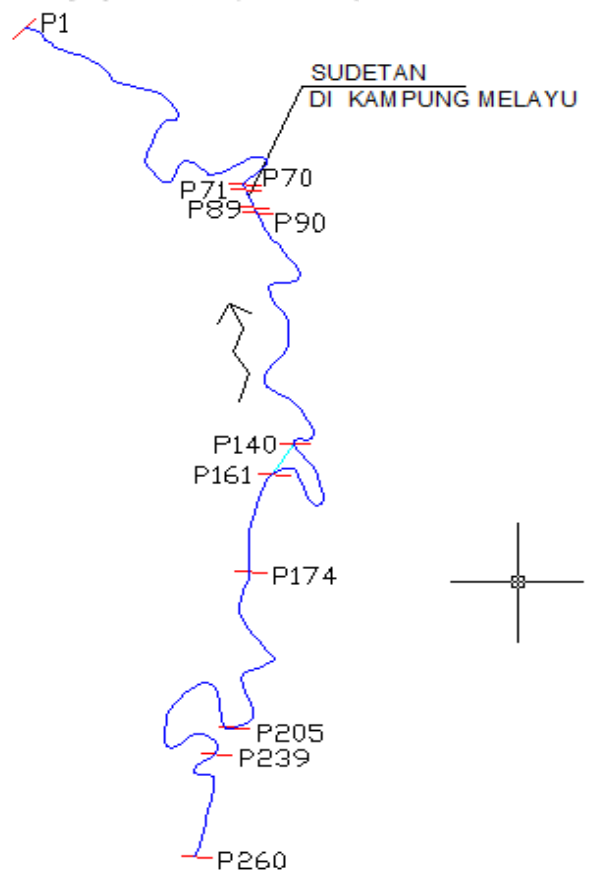
Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.31 Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat

Sudetan Variasi Posisi 2 dengan Q₅₀

4.6.3. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 3 (Sudetan di Kampung Melayu)

Pada variasi posisi 3 sudetan dilakukan di Kampung Melayu. Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 3 dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 3

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.35, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

- a. Hasil sudetan variasi posisi 3 (di Kampung Melayu) berbeda dengan kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +16,60 m atau setinggi 7,39 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok



174 tidak terjadi banjir, juga pada patok 1 tidak terjadi banjir. Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Hasil sudetan variasi posisi 3 (di Kampung Melayu) mengakibatkan tinggi muka air mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada 140, dan 90. Elevasi muka air dari kondisi eksisting dan setelah sudetan variasi posisi 3 adalah sebagai berikut:

- patok 140 = +14,95 m menjadi +14,89 m (berkurang 0,06 m), dan
- patok 90 = +13,77 m menjadi +13,54 m (berkurang 0,23 m).

Secara keseluruhan kapasitas penampang Sungai Ciliwung akibat sudetan variasi posisi 3 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q_{50}) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

Tabel 4.35 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 3 (di Kampung Melayu) dengan Q_{50}

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
VariasiPosisi3	260	Q50	397.35	10.52	19.02	15.16	19.13	0.000529	1.64	349.16	179.24	0.21
VariasiPosisi3	239	Q50	397.35	10.29	18.33	14.75	18.49	0.000803	1.9	265.49	98.27	0.24
VariasiPosisi3	205	Q50	397.35	8.54	17.61	13.47	17.68	0.000376	1.38	411.16	176.65	0.17
VariasiPosisi3	174	Q50	397.35	9.21	16.6	13.45	16.69	0.000747	1.53	358.52	198.03	0.23
VariasiPosisi3	161	Q50	397.35	8.31	16.61	13.25	16.61	0.00005	0.42	1164.95	395.6	0.06
VariasiPosisi3	140	Q50	397.35	4.77	14.89	11.2	14.89	0.000041	0.45	1226.02	394.6	0.06
VariasiPosisi3	90	Q50	397.35	4.95	13.54	8.09	13.57	0.000172	0.91	578.51	209.17	0.11
VariasiPosisi3	70	Q50	397.35	5.59	13.52	8.08	13.54	0.000116	0.76	678.41	194.56	0.09
VariasiPosisi3	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan *Froude* dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan *Froude*, profil alirannya merupakan aliran subkritis dimana $Fr =$

0,23($Fr < 1$). Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($l_0 < 0$) dan kedalam aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $l_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 7,39 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70 meskipun bentuk kurva alirannya beragam. Sedangkan profil muka air pada patok 1 merupakan aliran superkritis. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.34 (tampang lintang) dan Gambar 4.35 (tampang memanjang).

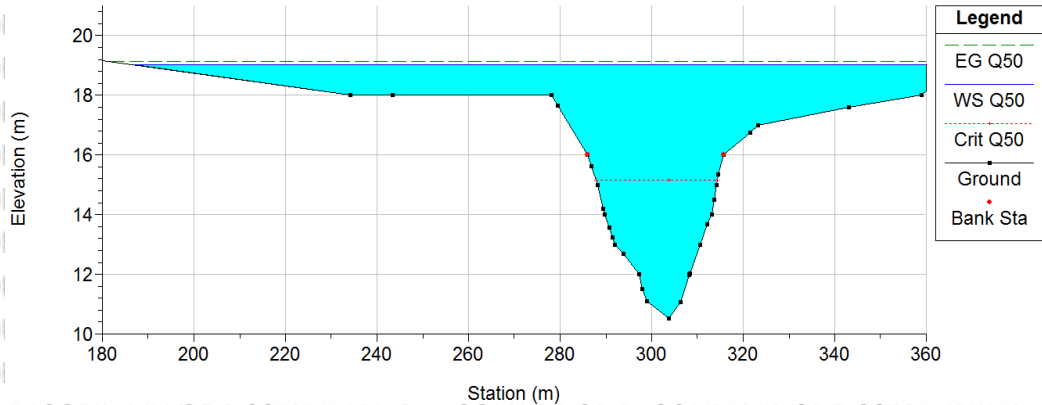
Tabel 4.36. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 3(di Kampung Melayu)

Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tangul Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	19.02	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	18.33	16.00	Banjir
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.61	14.00	Banjir
174	Subkritis	A2	Sub kritis	16.60	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	16.61	14.00	Banjir
140	Subkritis	A2	Sub kritis	14.89	12.00	Banjir
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.54	14.57	Aman
70	Subkritis	S1	Sub kritis	13.52	15.21	Aman
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

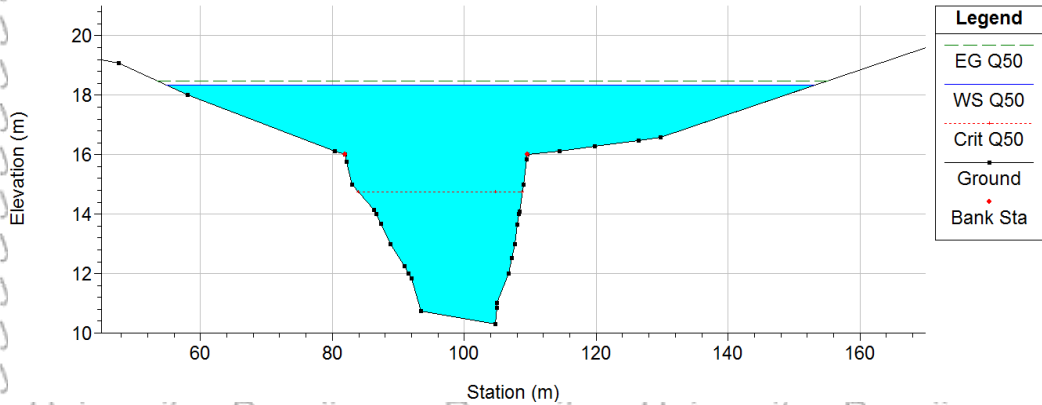


Sudetan_KampungMelayu_VP3 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 260



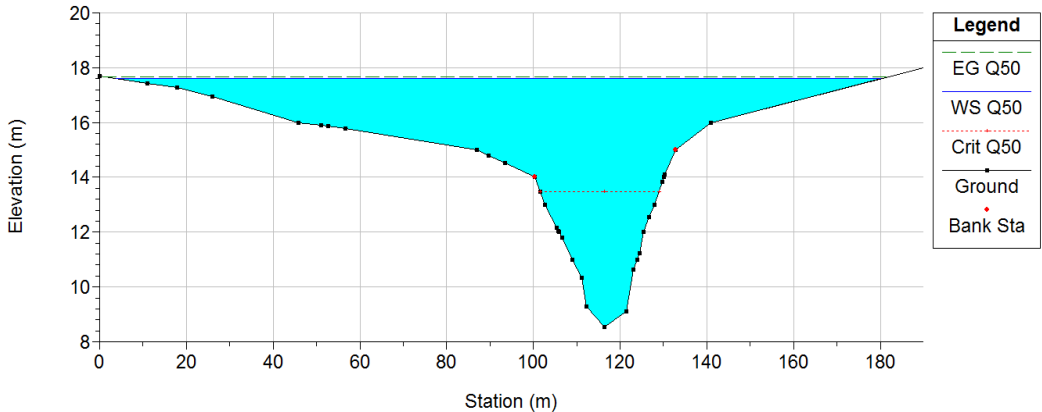
a) Tampang Lintang Patok 260

Sudetan_KampungMelayu_VP3 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 239



b) Tampang Lintang Patok 239

Sudetan_KampungMelayu_VP3 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 205



c) Tampang Lintang Patok 205



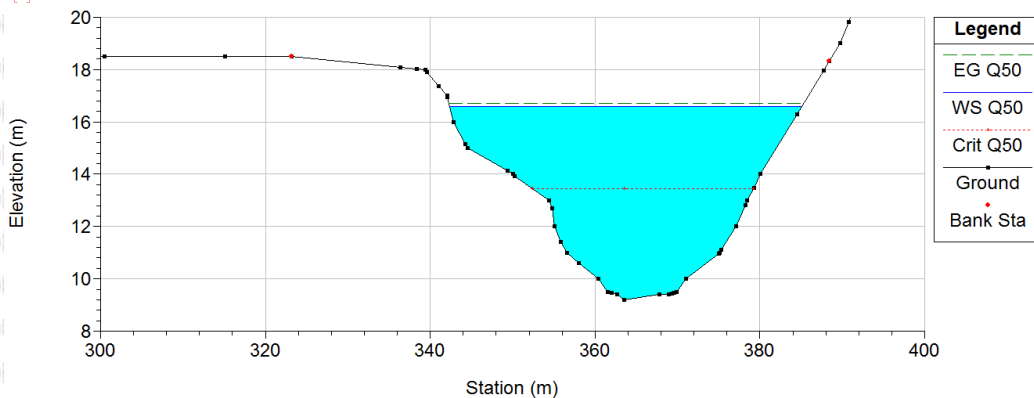
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



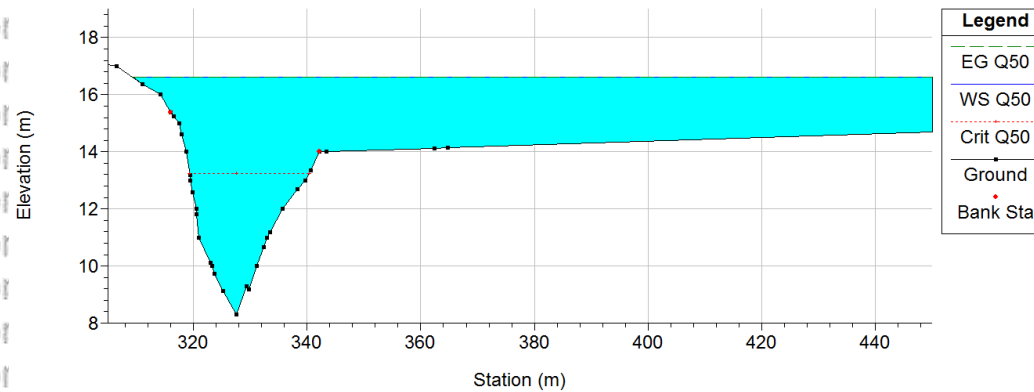
Sudetan_KampungMelayu_VP3 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 174



d) Tampang Lintang Patok 174



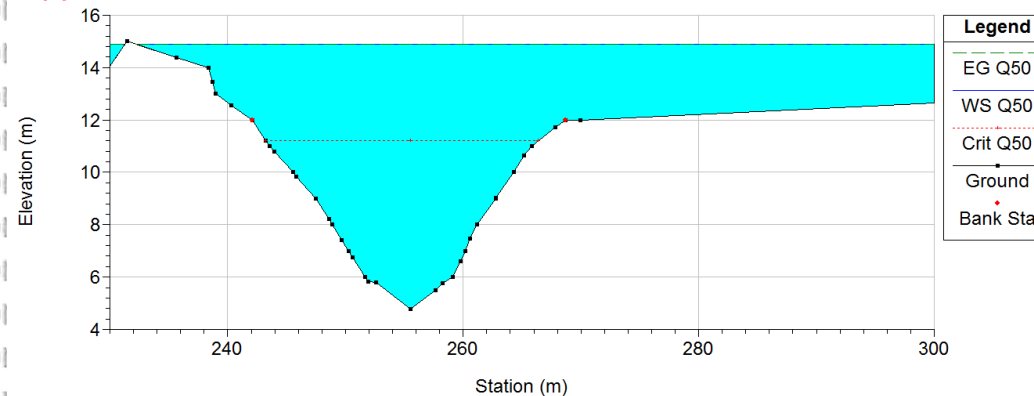
Sudetan_KampungMelayu_VP3 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 161



e) Tampang Lintang Patok 161



Sudetan_KampungMelayu_VP3 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 140



f) Tampang Lintang Patok 140

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

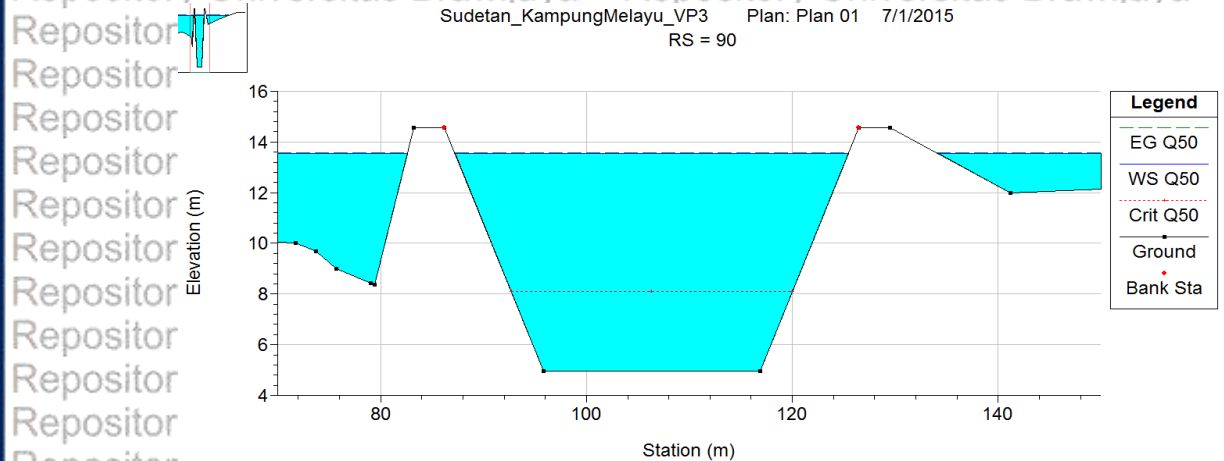
Repository Universitas Brawijaya



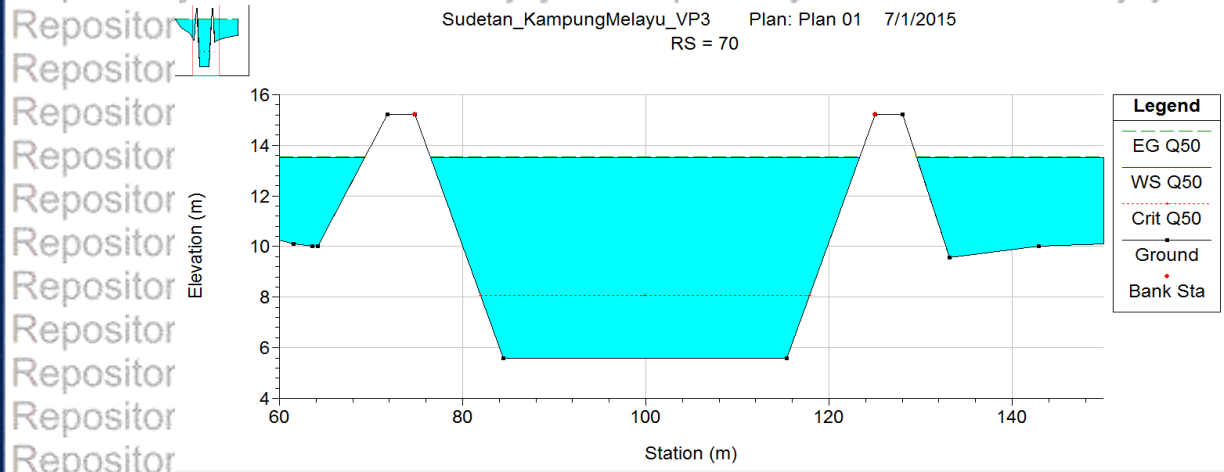
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

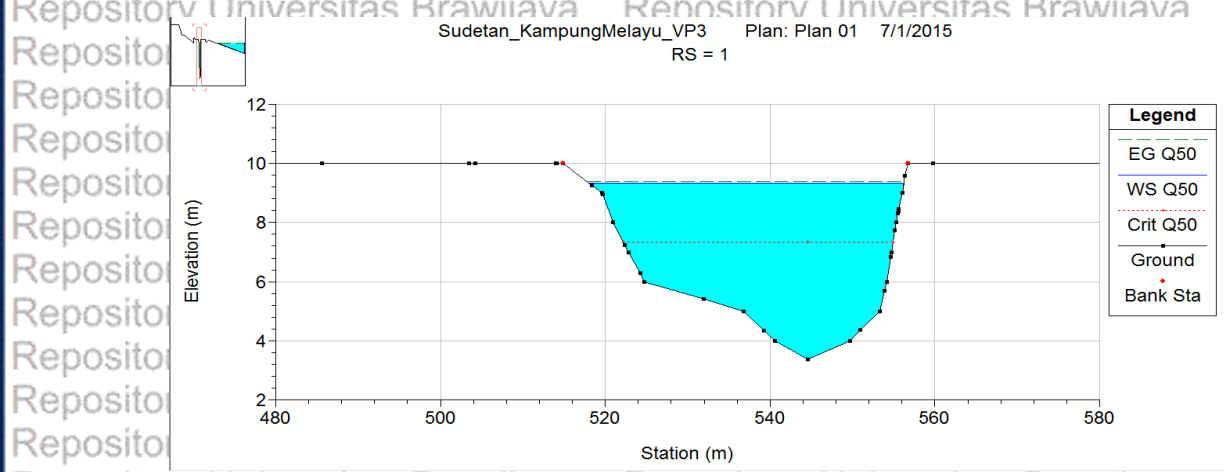
Repository Universitas Brawijaya



g) Tampang Lintang Patok 90



h) Tampang Lintang Patok 70



i) Tampang Lintang Patok 1

Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.34. Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan

Variasi Posisi 3 dengan Q₅₀

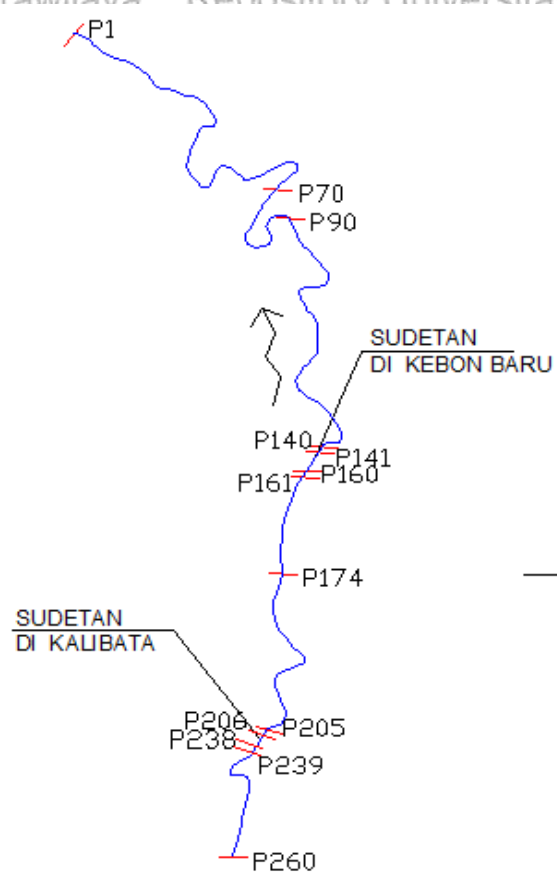
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

4.6.4. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 4 (Sudetan di Kalibata dan Kebon Baru)

Pada variasi posisi 4 sudetan dilakukan di Kalibata dan Kebon Baru Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 4 dapat dilihat pada Gambar 4.36



Gambar 4.36. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 4

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.37, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

- a. Hasil sudetan variasi posisi 4 (di Kalibata dan Kebon Baru) berbeda dengan kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +14,93 m atau setinggi 5,72 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok 174 tidak



terjadi banjir. Hal ini juga terjadi pada patok 239, 205, 161, 140 dan 1 dimana tidak terjadi banjir (aman). Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Hasil Sudetan variasi posisi 4 mengakibatkan tinggi muka air di hilir inlet sudetan (hilir patok 161) mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada 260, 239, 205, 174, dan 161. Elevasi muka air dari kondisi eksisting dan setelah sudetan variasi posisi 4 adalah sebagai berikut:

- patok 260 = +19,02 m menjadi +18,54 m (berkurang 0,48 m),
- patok 239 = +18,33 m menjadi +17,29 m (berkurang 1,15 m),
- patok 205 = +17,61 m menjadi +17,29 m (berkurang 0,32 m),
- patok 174 = +16,61 m menjadi +14,93 m (berkurang 1,68 m), dan
- patok 161 = +16,61 m menjadi +14,96 m (berkurang 1.65 m).

Tabel 4.37 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 4 (di Kalibata dan Kebon Baru dengan Q₅₀)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
Variasi Posisi 4	260	Q50	397.35	10.52	18.54	15.16	18.71	0.000848	1.97	269.34	153.55	0.26
Variasi Posisi 4	239	Q50	397.35	10.29	17.29	13.72	17.55	0.001387	2.27	175.08	32.01	0.31
Variasi Posisi 4	205	Q50	397.35	8.54	17.29	11.52	17.39	0.000379	1.38	321.83	112.35	0.17
Variasi Posisi 4	174	Q50	397.35	9.21	14.93	13.45	15.46	0.004858	3.24	126.88	78.44	0.57
Variasi Posisi 4	161	Q50	397.35	8.31	14.96	10.16	14.98	0.000109	0.67	846.91	314.32	0.09
Variasi Posisi 4	140	Q50	397.35	4.77	14.95	7.83	14.96	0.000032	0.43	1286.36	404.11	0.05
Variasi Posisi 4	90	Q50	397.35	4.95	13.77	10.42	13.85	0.000484	1.56	415.5	196.39	0.19
Variasi Posisi 4	70	Q50	397.35	5.59	13.5	10.15	13.54	0.000255	1.16	484.75	157.17	0.14
Variasi Posisi 4	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

Secara keseluruhan kapasitas penampang Sungai Ciliwung akibat sudetan variasi posisi 4 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q₅₀) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang

saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan Froude dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan Froude, profil alirannya merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,57 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($l_0 < 0$) dan kedalam aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $l_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 5,72 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

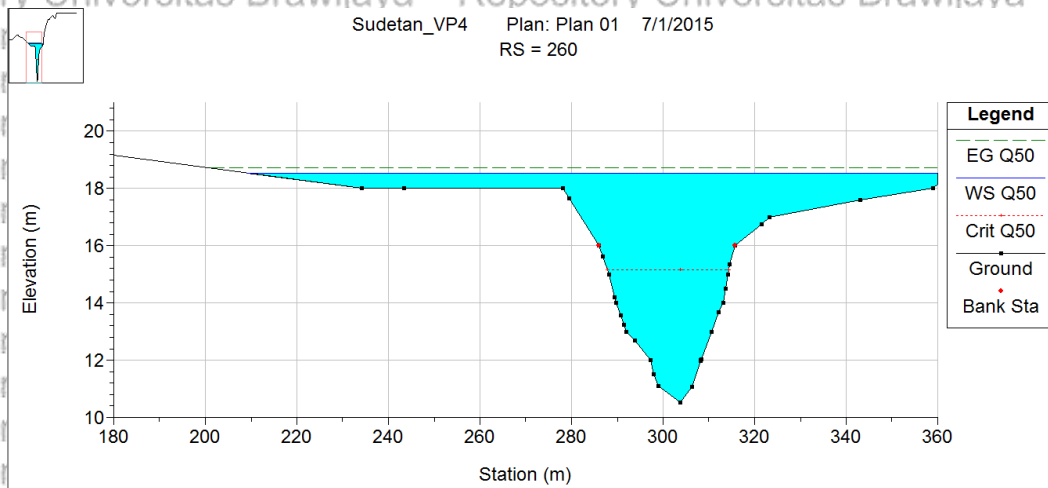
Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70 meskipun bentuk kurva alirannya beragam. Sedangkan profil muka air pada patok 1 merupakan aliran superkritis. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.37 (tampang lintang) dan Gambar 4.38 (tampang memanjang).

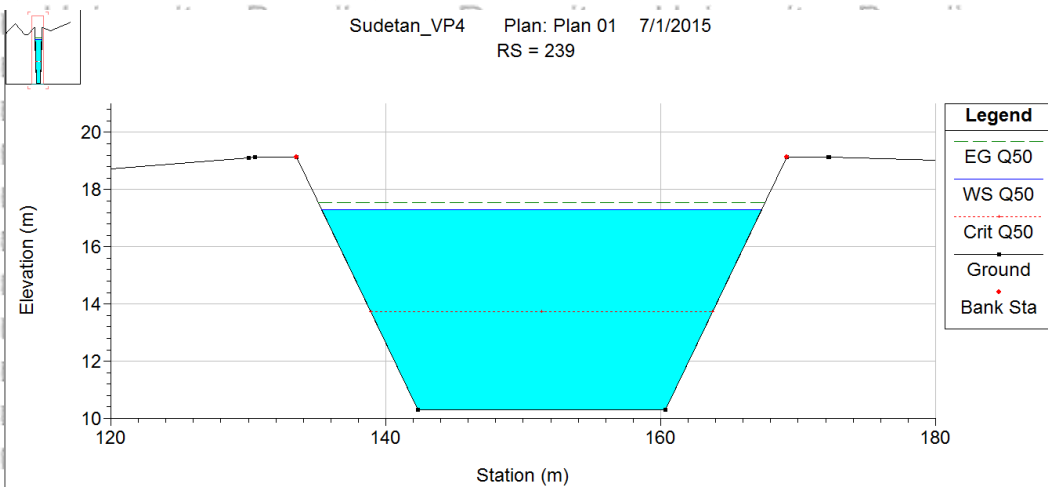
Tabel 4.38: Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 4(di Kalibata dan Kebon Baru)

Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tugal Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	18.54	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	17.29	19.13	Aman
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.29	18.41	Aman
174	Subkritis	A2	Sub kritis	14.93	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	14.96	17.41	Aman
140	Subkritis	S1	Sub kritis	14.95	15.75	Aman
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.77	9.09	Banjir
70	Subkritis	A2	Sub kritis	13.50	9.00	Banjir
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber: Hasil Perhitungan



a) Tampang Lintang Patok 260



b) Tampang Lintang Patok 239



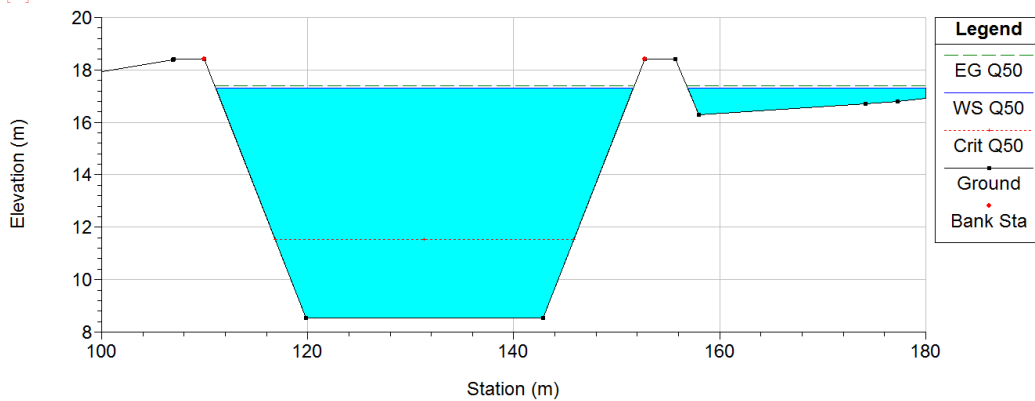
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



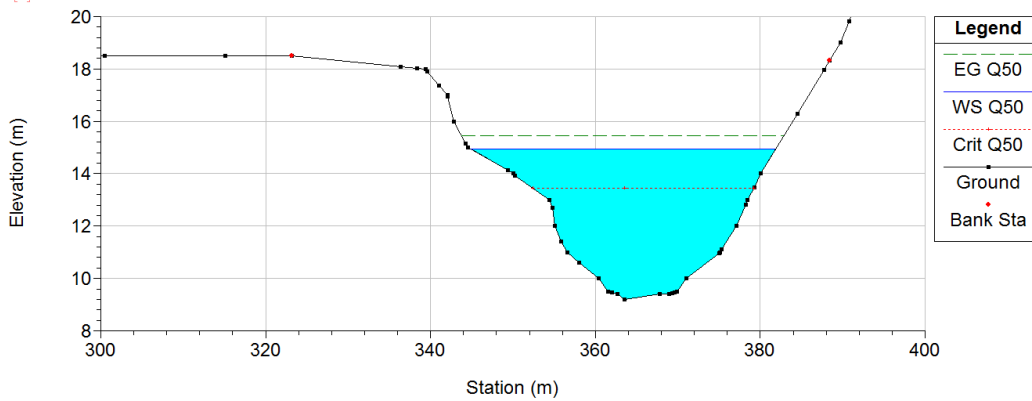
Sudetan_VP4 Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 205



c) Tampang Lintang Patok 205



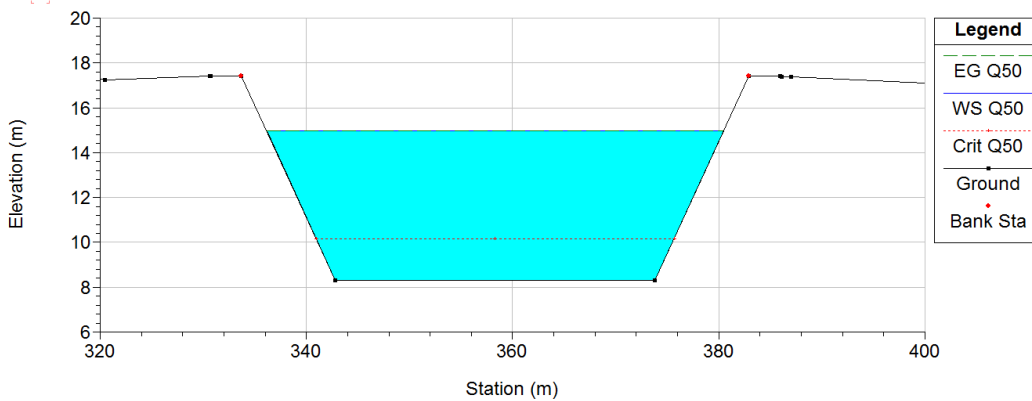
Sudetan_VP4 Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 174



d) Tampang Lintang Patok 174



Sudetan_VP4 Plan: Plan 01 7/1/2015 RS = 161



e) Tampang Lintang Patok 161

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

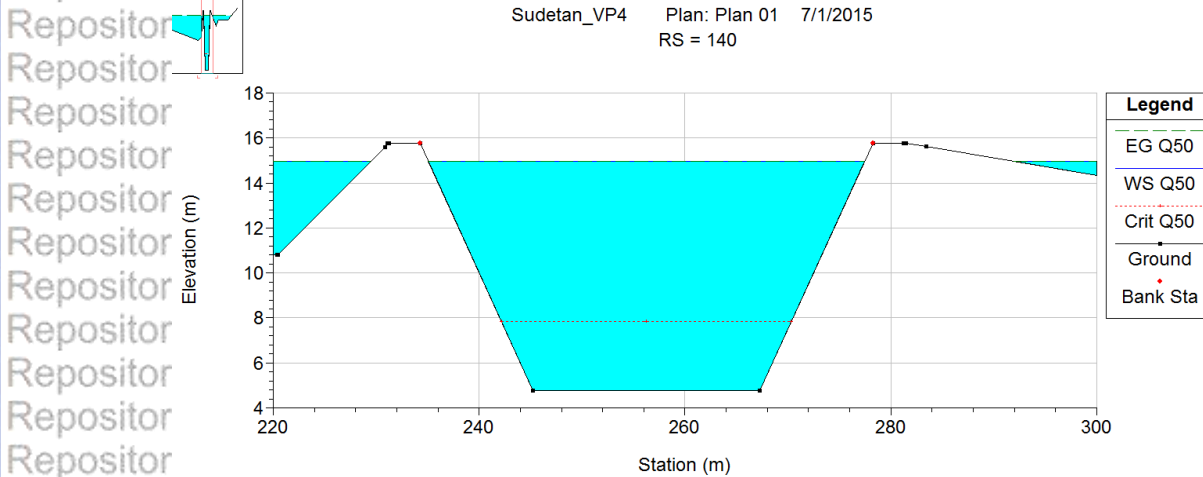
Repository Universitas Brawijaya



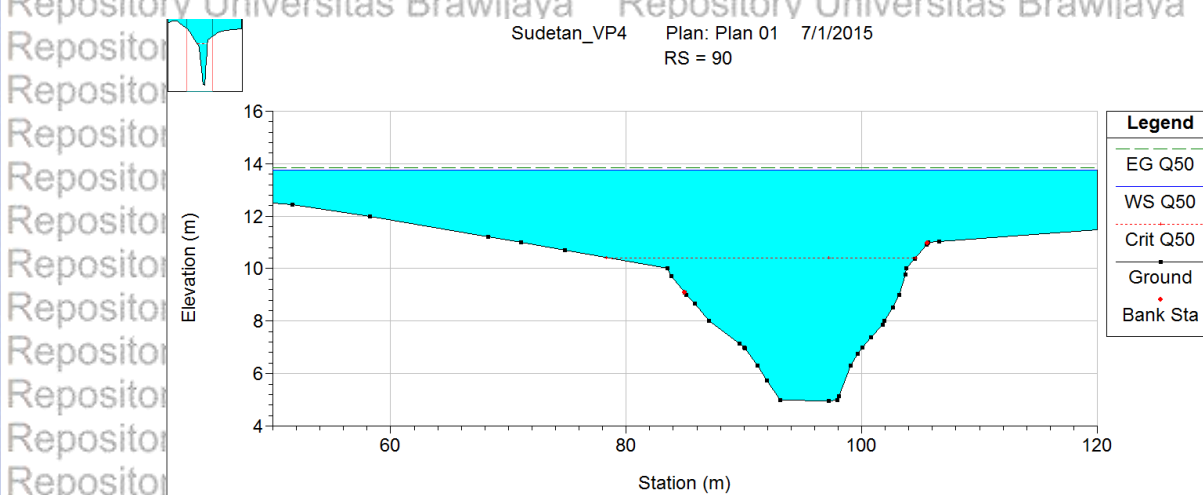
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

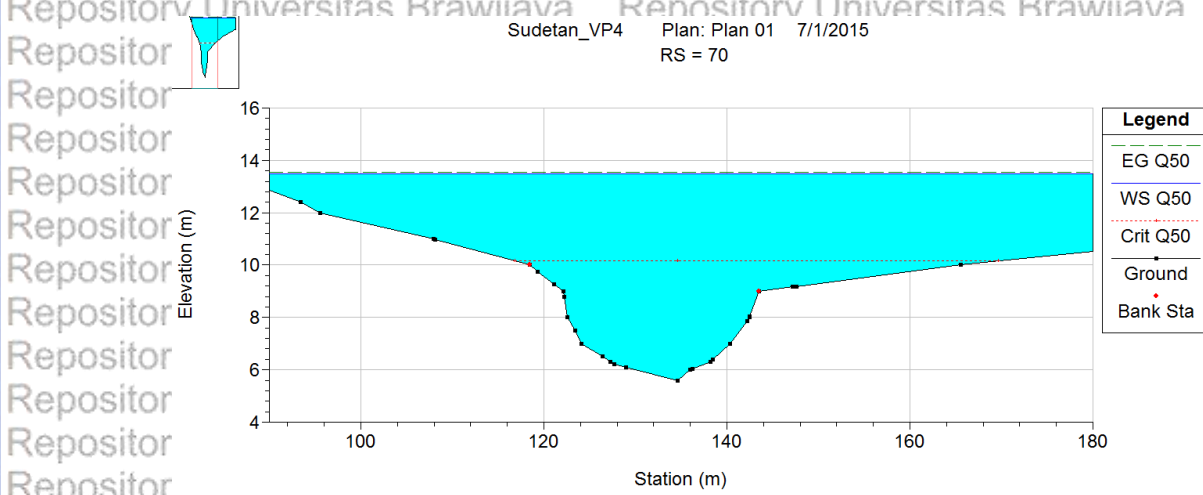
Repository Universitas Brawijaya



f) Tampang Lintang Patok 140



g) Tampang Lintang Patok 90



h) Tampang Lintang Patok 70



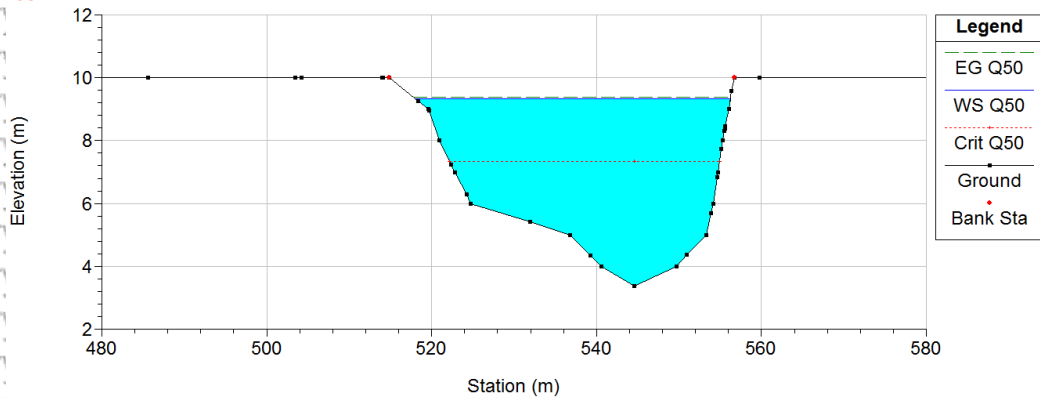
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



Sudetan_VP4 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 1



i) Tampang Lintang Patok 1

Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.37. Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan

Variasi Posisi 4 dengan Q_{50}

Repository Universitas Brawijaya

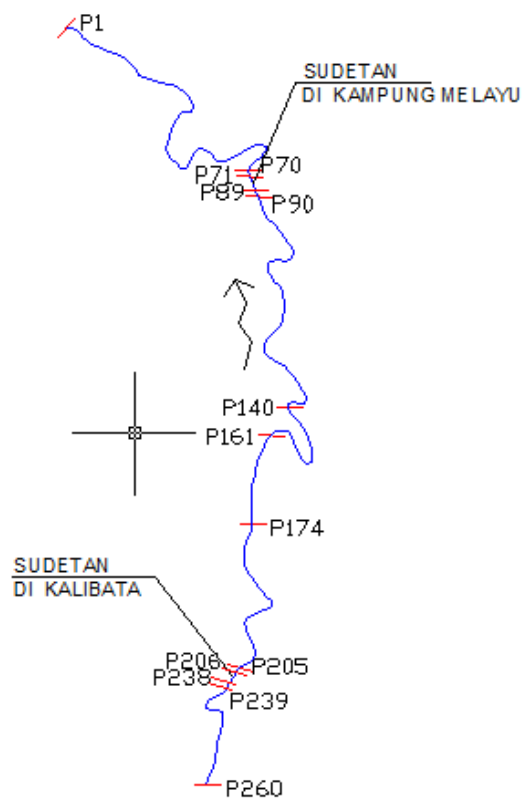
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

4.6.5. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 5 (Sudetan di Kalibata dan Kampung Melayu)

Pada variasi posisi 5 sudetan dilakukan di Kalibata dan Kampung Melayu.

Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 5 dapat dilihat pada Gambar 4.39



Gambar 4.39. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 5

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.39, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

- a. Hasil sudetan di Kalibata dan di Kampung Melayu berbeda dengan kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 161, 140, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +16,69 m atau setinggi 7,48 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok 174 tidak terjadi banjir (aman). Hal ini juga terjadi pada patok 239, 205,



dan 1 dimana tidak terjadi banjir(aman). Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Hasil sudetan variasi posisi 5 (di Kalibata dan Kampung Melayu) mengakibatkan tinggi muka air mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada 260, 239, 205, 140, 90 dan 70. Elevasi muka air dari kondisi eksisting dan setelah sudetan variasi posisi 5 adalah sebagai berikut:

- patok 260 = +19,02 m menjadi +18,65 m (berkurang 0,37 m),
- patok 239 = +18,33 m menjadi +17,83m (berkurang 0,50 m),
- patok 140 = +14,95 m menjadi +14,89 m (berkurang 0.06 m),
- patok 90 = +13,77 m menjadi +13,54 m (berkurang 0,23 m), dan
- patok 70 = +13,59 m menjadi +13,54 m (berkurang 0,05 m).

Tabel 4.39 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 5(di Kalibata dan Kampung Melayu) dengan Q_{50}

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
Variasi Posisi 5	260	Q50	397.35	10.52	18.65	15.16	18.8	0.000762	1.89	286.47	159.41	0.25
Variasi Posisi 5	239	Q50	397.35	10.29	17.59	13.72	17.83	0.001196	2.15	184.68	32.6	0.29
Variasi Posisi 5	205	Q50	397.35	8.54	17.6	11.52	17.68	0.000319	1.29	359.01	130.13	0.15
Variasi Posisi 5	174	Q50	397.35	9.21	16.6	13.45	16.69	0.000747	1.53	358.52	198.03	0.23
Variasi Posisi 5	161	Q50	397.35	8.31	16.61	13.25	16.61	0.00005	0.42	1164.95	395.6	0.06
Variasi Posisi 5	140	Q50	397.35	4.77	14.89	11.2	14.89	0.000041	0.45	1226.02	394.6	0.06
Variasi Posisi 5	90	Q50	397.35	4.95	13.54	8.09	13.57	0.000172	0.91	578.51	209.17	0.11
Variasi Posisi 5	70	Q50	397.35	5.59	13.52	8.08	13.54	0.000116	0.76	678.41	194.56	0.09
Variasi Posisi 5	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

Secara keseluruhan kapasitas penampang Sungai Ciliwung akibat sudetan variasi posisi 5 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q_{50}) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang



saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan *Froude* dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan *Froude*, profil alirannya merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,29 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($I_0 < 0$) dan kedalaman aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $I_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 7,48 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

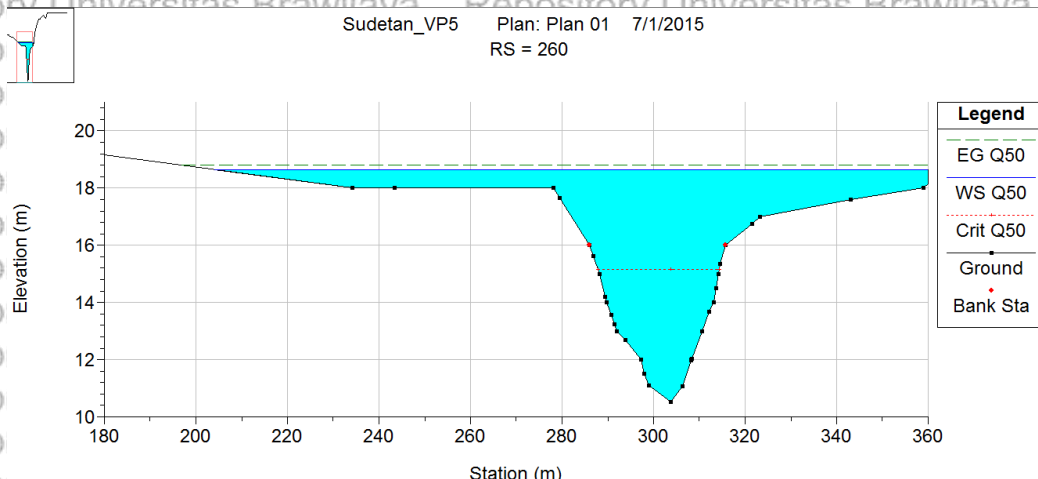
Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70 meskipun bentuk kurva alirannya beragam. Sedangkan profil muka air pada patok 1 merupakan aliran superkritis. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.40 (tampang lintang) dan Gambar 4.41 (tampang memanjang).

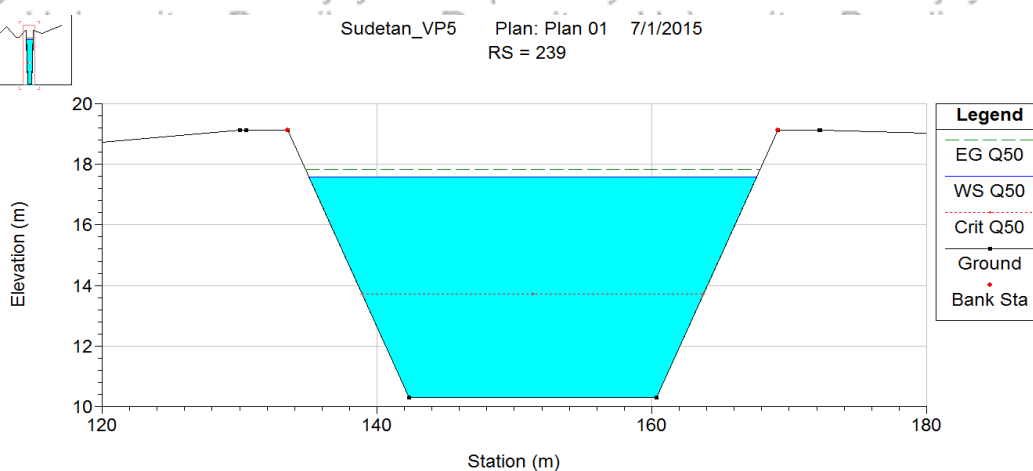
Tabel 4.40. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 5 (di Kalibata dan Kampung Melayu)

Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tangul Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	18.65	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	17.59	19.13	Aman
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.60	18.41	Aman
174	Subkritis	A2	Sub kritis	16.60	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	16.61	14.00	Banjir
140	Subkritis	A2	Sub kritis	14.89	12.00	Banjir
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.54	14.57	Aman
70	Subkritis	S1	Sub kritis	13.52	15.21	Aman
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan



a) Tampang Lintang Patok 260



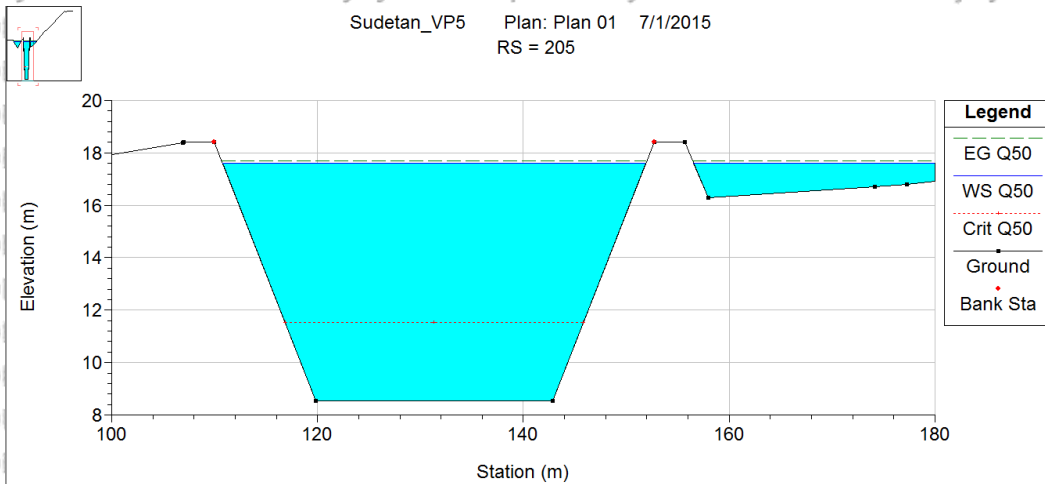
b) Tampang Lintang Patok 239



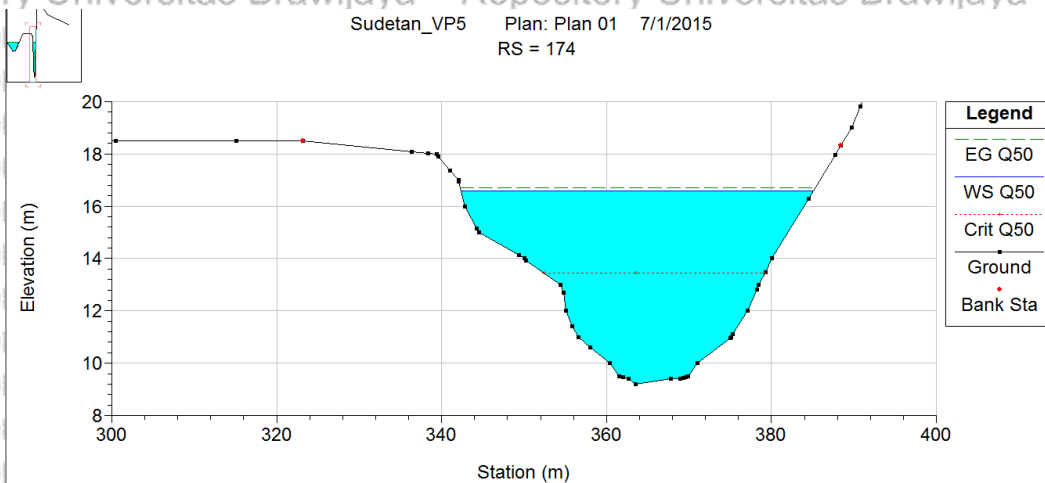
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

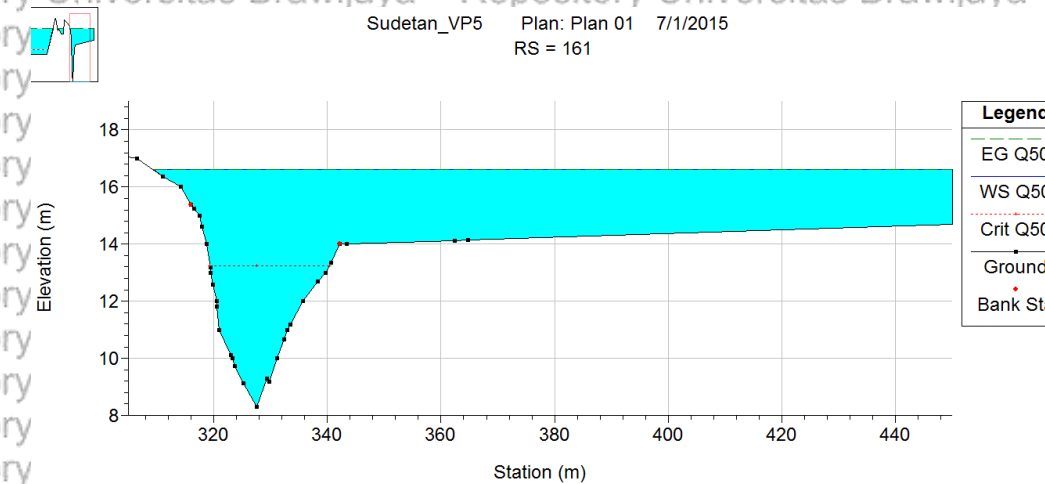
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



c) Tampang Lintang Patok 205



d) Tampang Lintang Patok 174



e) Tampang Lintang Patok 161

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



Repository Universitas Brawijaya

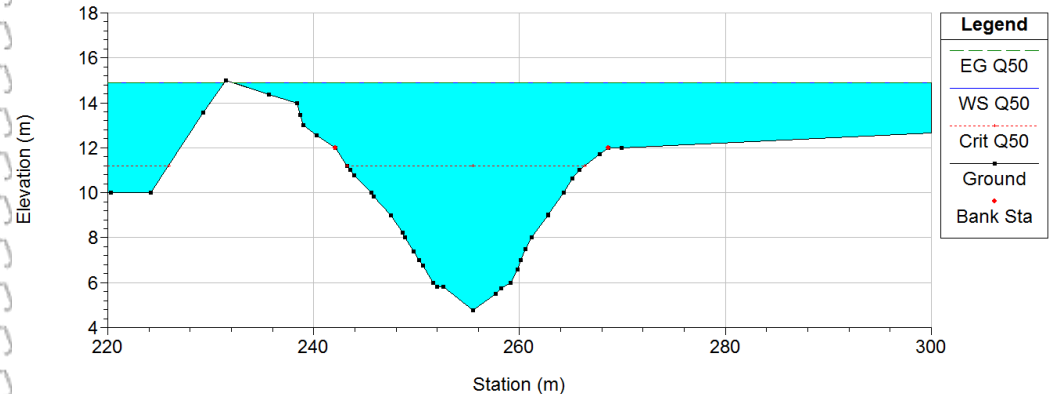
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 140

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 140

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 140

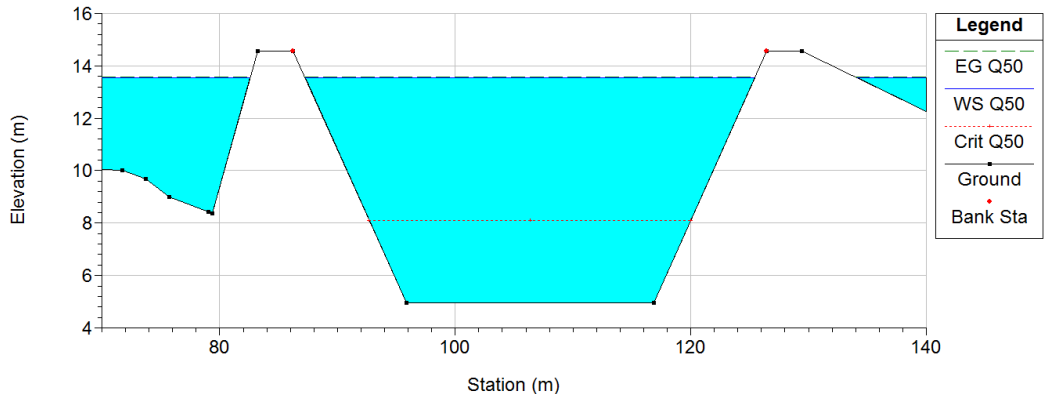


f) Tampang Lintang Patok 140

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 90

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 90

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 90

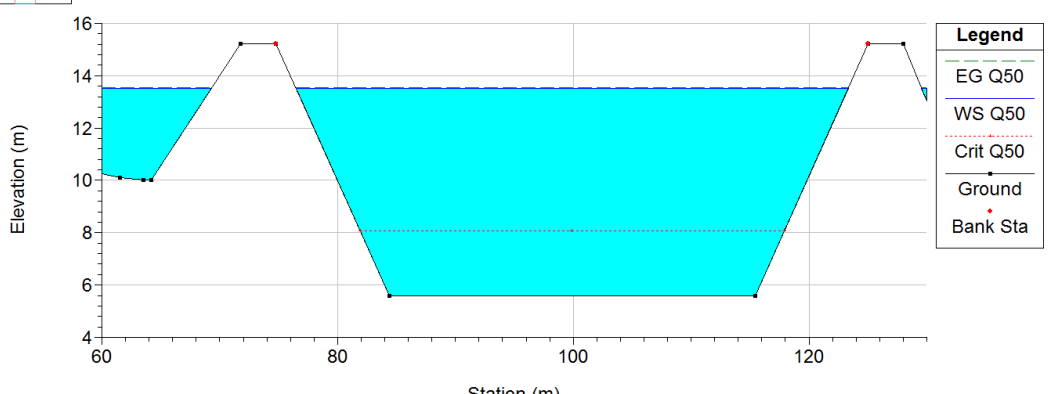


g) Tampang Lintang Patok 90

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70



h) Tampang Lintang Patok 70

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70

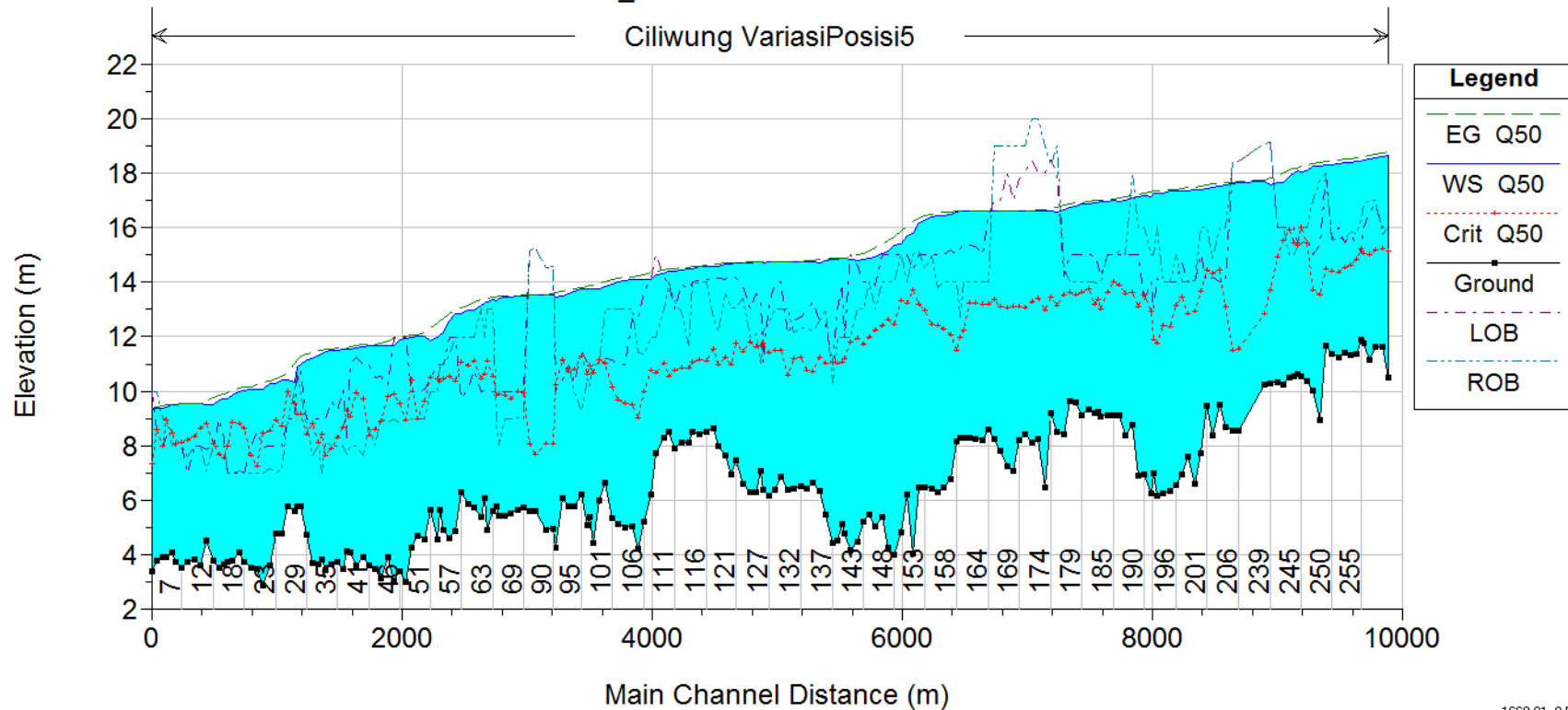
Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015
RS = 70

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Sudetan_VP5 Plan: Plan 01 7/1/2015



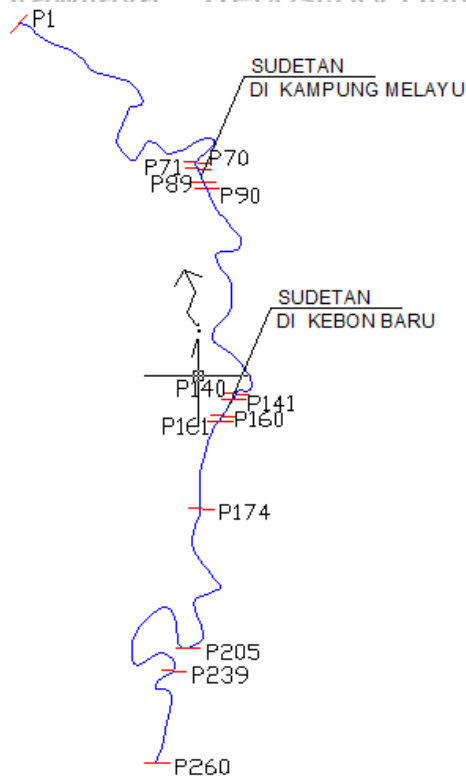
1669.81, 9.55

Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.41. Profil Muka Air Tampang Memanjang Sudetan Akibat Sudetan Variasi Posisi 5 dengan Q_{50}

4.6.6. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 6 (Sudetan di Kebon Barudan Kampung Melayu)

Pada variasi posisi 6, sudetan dilakukan di Kebon Baru dan Kampung Melayu. Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 6 dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 6

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.41, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

a. Hasil sudetan variasi posisi 6 (di Kebon Baru dan Kampung Melayu)

berbeda dengan kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 239, 205, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +14,88 m atau setinggi 5,67 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,32 m. Ini berarti pada patok 174 tidak terjadi banjir. Hal ini juga terjadi pada patok

161,140, dan 1 dimana tidak terjadi banjir(aman) Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Hasil sudetan variasi posisi 6 (di Kebon Baru dan Kampung Melayu) mengakibatkan tinggi muka air mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada 260, 239, 205, 174, 161, 140, dan 90. Elevasi muka air dari kondisi eksisting dan setelah sudetan variasi posisi 6 adalah sebagai berikut:

- patok 260 = +19,02 m menjadi +18,93 m (berkurang 0,09 m),
 - patok 239 = +18,33 m menjadi +18,18 m (berkurang 0,15 m),
 - patok 205 = +17,61 m menjadi +17,29 m (berkurang 0,32 m),
 - patok 174 = +16,61 m menjadi +14,88 m (berkurang 1,73 m),
 - patok 161 = +16,61 m menjadi +14,90 m (berkurang 1,71 m),
 - patok 140 = +14,95 m menjadi +14,89 m (berkurang 0,06 m),
- dan
- patok 90 = +13,77 m menjadi +13,54 m (berkurang 0,23 m),

Tabel 4.41 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 6 (di Kebon Baru dan Kampung Melayu) dengan Q_{50}

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m ²)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
VariasiPosisi6	260	Q50	397.35	10.52	18.93	15.16	19.05	0.000575	1.69	334.01	174.65	0.22
VariasiPosisi6	239	Q50	397.35	10.29	18.18	14.75	18.35	0.000909	1.99	250.81	94.77	0.26
VariasiPosisi6	205	Q50	397.35	8.54	17.29	13.47	17.39	0.00049	1.53	359.08	155.86	0.2
VariasiPosisi6	174	Q50	397.35	9.21	14.88	13.45	15.43	0.005065	3.29	123.08	70.66	0.58
VariasiPosisi6	161	Q50	397.35	8.31	14.9	10.16	14.92	0.000115	0.69	828.38	310.38	0.09
VariasiPosisi6	140	Q50	397.35	4.77	14.89	7.83	14.9	0.000033	0.44	1262.19	401.4	0.05
VariasiPosisi6	90	Q50	397.35	4.95	13.54	8.09	13.57	0.000172	0.91	578.81	209.28	0.11
VariasiPosisi6	70	Q50	397.35	5.59	13.52	8.08	13.54	0.000116	0.76	678.69	194.59	0.09
VariasiPosisi6	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan



Secara keseluruhan kapasitas penampang Sungai Ciliwung akibat variasi posisi 6 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q_{50})

sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan Froude dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan Froude, profil alirannya merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,58 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($I_0 < 0$) dan kedalam aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $I_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 5,67 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

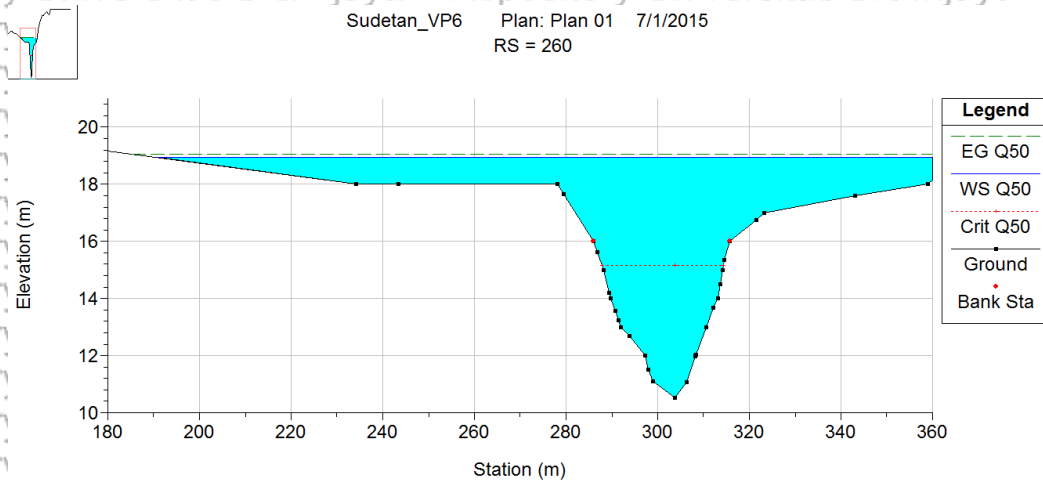
Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub-kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70 meskipun bentuk kurva alirannya beragam. Sedangkan profil muka air pada patok 1 merupakan aliran superkritis. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.43 (tampang lintang) dan Gambar 4.44 (tampang memanjang).

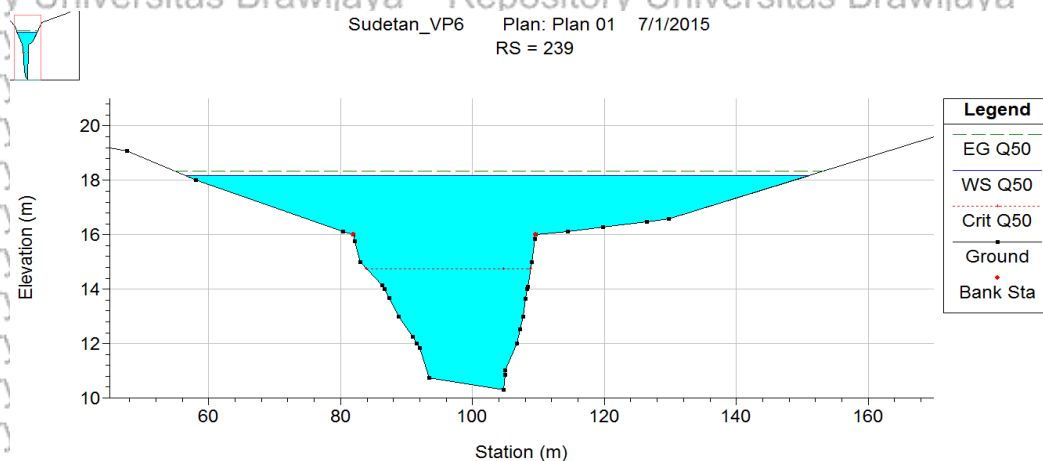
Tabel 4.42. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 6 (di Kebon Baru dan Kampung Melayu)

Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tunggul Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	18.93	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	18.18	16.00	Banjir
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.29	14.00	Banjir
174	Subkritis	A2	Sub kritis	14.88	18.32	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	14.90	17.41	Aman
140	Subkritis	S1	Sub kritis	14.89	15.75	Aman
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.54	14.57	Aman
70	Subkritis	S1	Sub kritis	13.52	15.21	Aman
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

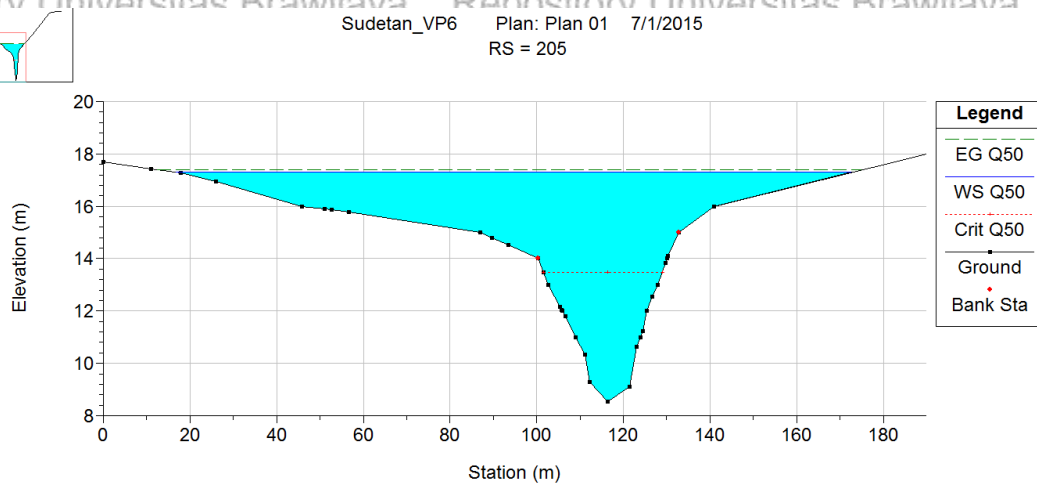


a) Tampang Lintang Patok 260

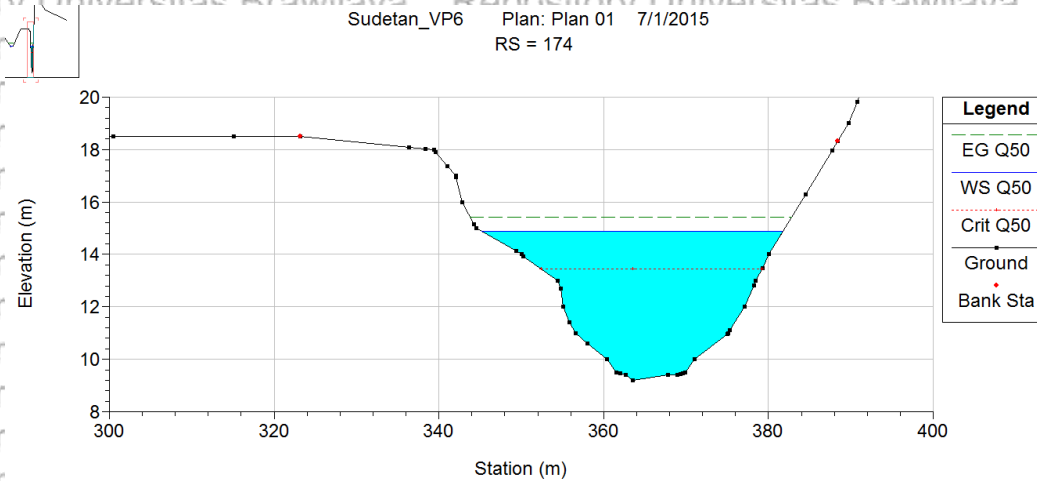




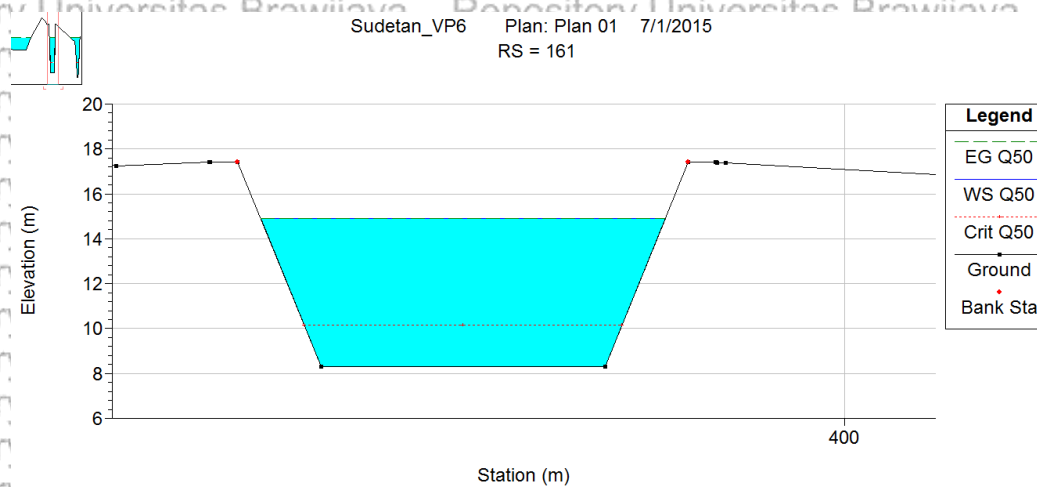
b) Tampang Lintang Patok 239



c) Tampang Lintang Patok 205



d) Tampang Lintang Patok 174



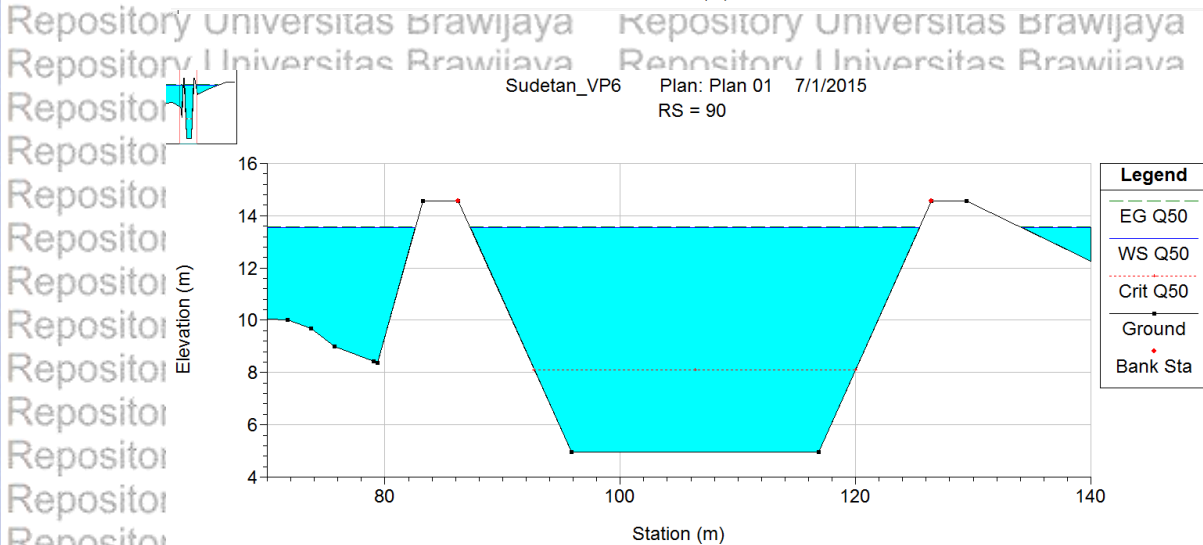
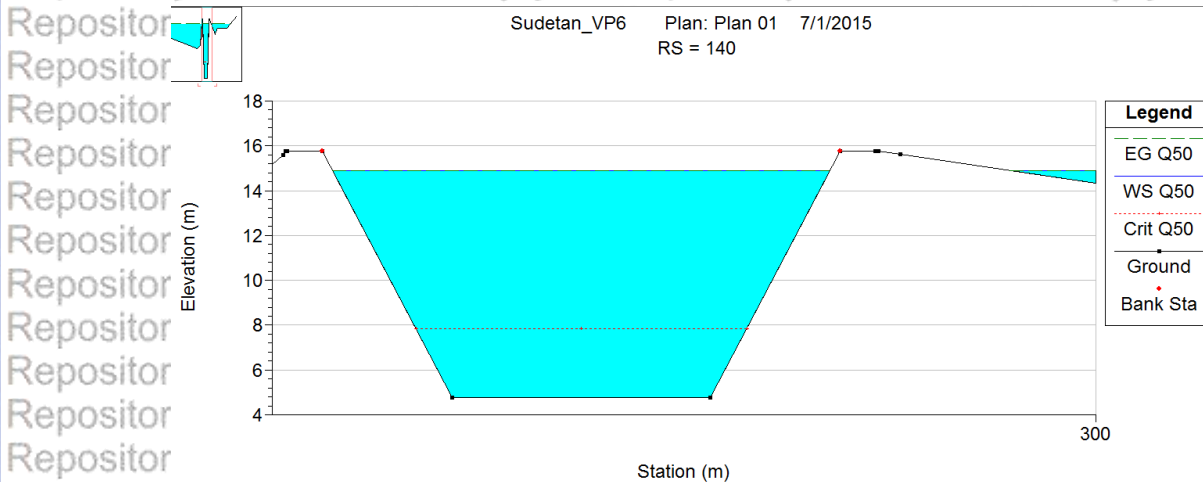
e) Tampang Lintang Patok 161



Repository Universitas Brawijaya

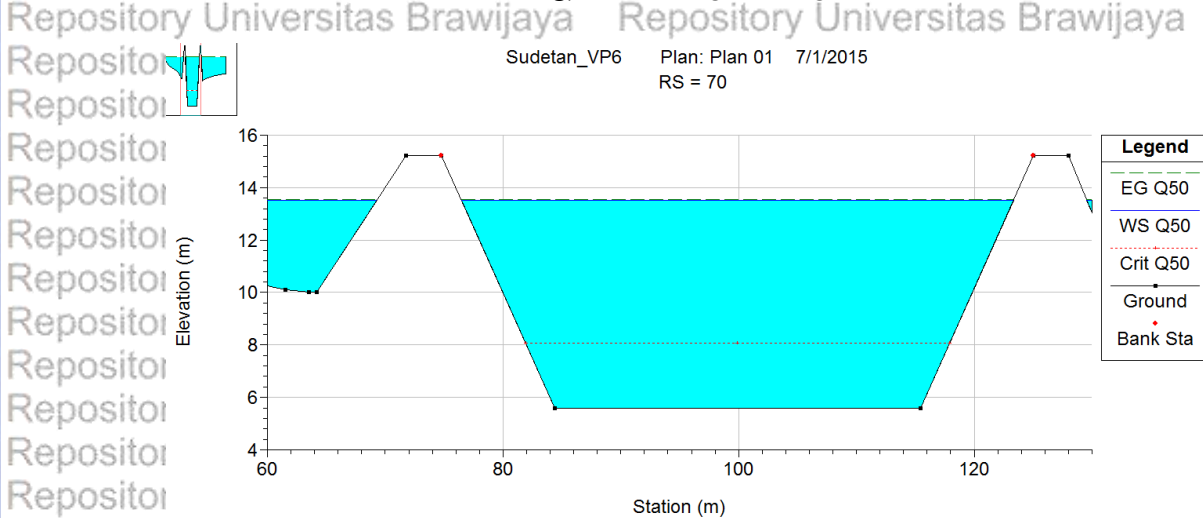
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



f) Tampang Lintang Patok 140

g) Tampang Lintang Patok 90



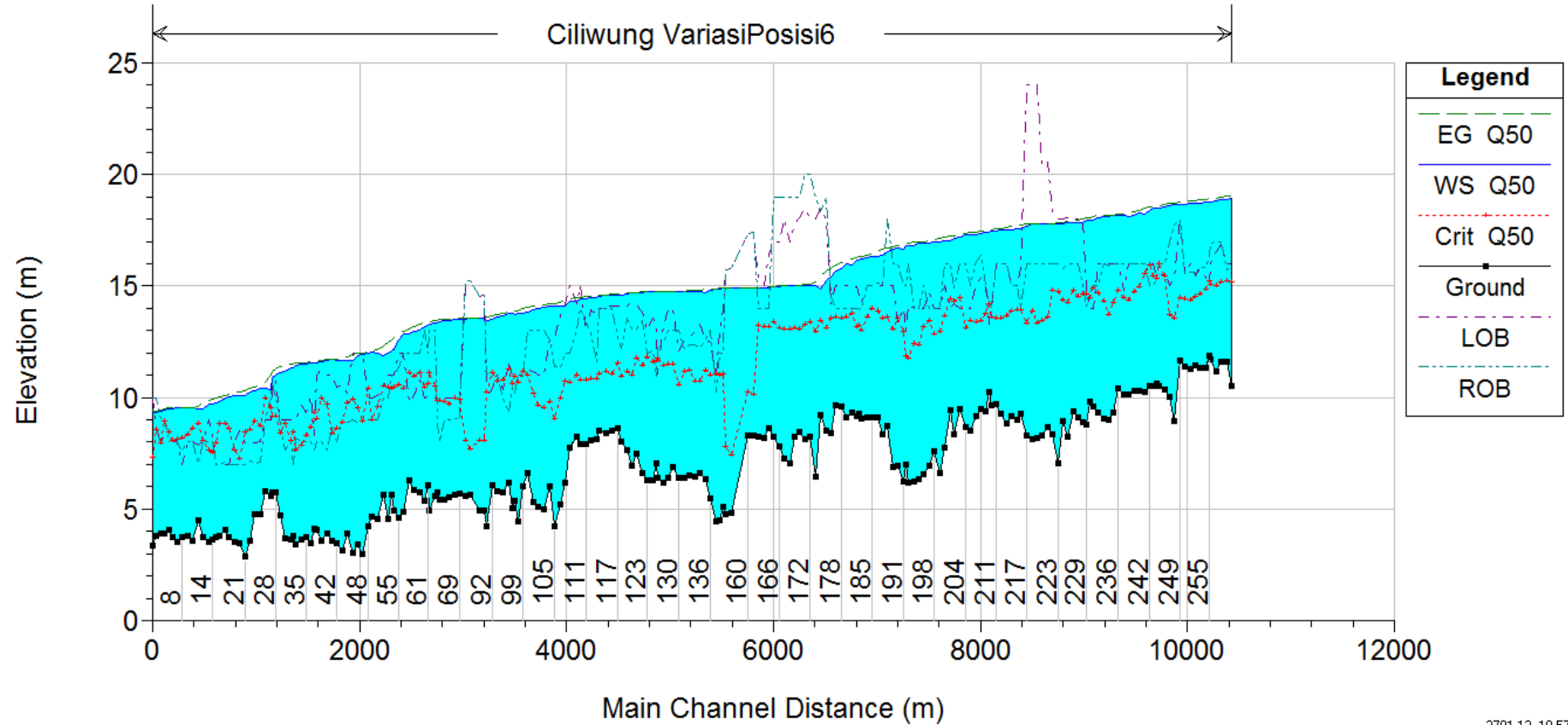
h) Tampang Lintang Patok 70

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Sudetan_VP6 Plan: Plan 01 7/1/2015



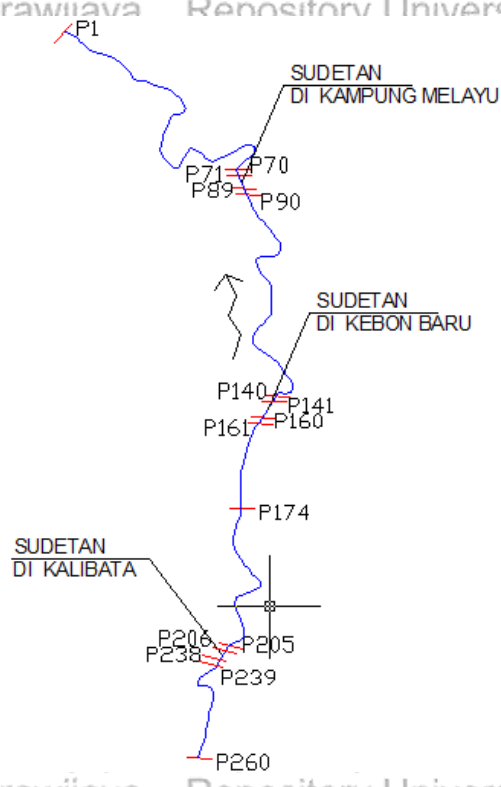
3781.13.10.57

Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.44. Profil Muka Air Tampang Memanjang Sudetan Akibat Sudetan Variasi Posisi 6 dengan Q_{50}

4.6.7. Profil Muka Air Sudetan Sungai Ciliwung Variasi Posisi 7 (Sudetan di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu)

Pada variasi posisi 7 sudetan dilakukan di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu. Alur Sungai Ciliwung akibat sudetan dengan variasi posisi 7 dapat dilihat pada Gambar 4.45



Gambar 4.45. Alur Sungai Ciliwung Akibat Sudetan dengan Variasi Posisi 7 Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.43, kita dapat menganalisis kondisi profil muka air sebagai berikut:

a. Hasil sudetan di Kalibata dan di Kampung Melayu berbeda dengan kondisi eksisting Sungai Ciliwung. Banjir terjadi pada patok 260, 90, dan 70. Pada patok 174 elevasi muka air = +14,88 m atau setinggi 5,67 m dari dasar saluran (elevasi dasar saluran = +9,21) sedangkan elevasi tanggul terendah = +18,41 m. Ini berarti pada patok 174 tidak terjadi banjir. Hal ini juga terjadi pada patok 239, 205, 161, 140 dan 1 dimana



tidak terjadi banjir(aman) Hasil analisis tinggi muka air dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Hasil sudetan variasi posisi 7 (di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu) mengakibatkan tinggi muka air di hilir inlet sudetan mengalami penurunan elevasi muka air seperti pada 260, 239, 205, 174,161,140, dan 90. Elevasi muka air dari kondisi eksisting dan setelah dilakukan sudetan variasi posisi 7 adalah sebagai berikut:

- patok 260 = +19,02 m menjadi +18,54 m (berkurang 0,48 m),
 - patok 239 = +18,33 m menjadi +17,29 m (berkurang 1,04 m),
 - patok 205 = +17,61 m menjadi +17,29 m (berkurang 0,32 m),
 - patok 174 = +16,61 m menjadi +14,88 m (berkurang 1,73 m),
 - patok 161 = +16,61 m menjadi +14,90 m (berkurang 1,71 m),
 - patok 140 = +14,95 m menjadi +14,89 m (berkurang 0,06 m),
- dan
- patok 90 = +13,77 m menjadi +13,54 m (berkurang 0,23 m),

Tabel 4.43 Hasil Perhitungan Sudetan Variasi Posisi 7 (di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu dengan Q₅₀)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Elevasi Dasar Saluran (m)	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Aliran Kritis (m)	Elevasi Garis Energi (m)	Kemiringan Garis Energi (m/m)	Kecepatan Aliran (m/s)	Flow Area (m2)	Lebar Atas Saluran (m)	Bilangan Froude (Fr)
VariasiPosisi7	260	Q50	397.35	10.52	18.54	15.16	18.71	0.000849	1.97	269.27	153.52	0.26
VariasiPosisi7	239	Q50	397.35	10.29	17.29	13.72	17.55	0.001388	2.27	175.04	32	0.31
VariasiPosisi7	205	Q50	397.35	8.54	17.29	11.52	17.39	0.000379	1.38	321.67	112.27	0.17
VariasiPosisi7	174	Q50	397.35	9.21	14.88	13.45	15.43	0.005077	3.3	122.88	69.91	0.58
VariasiPosisi7	161	Q50	397.35	8.31	14.9	10.16	14.91	0.000115	0.69	827.31	310.16	0.09
VariasiPosisi7	140	Q50	397.35	4.77	14.89	7.83	14.89	0.000033	0.44	1260.8	401.24	0.05
VariasiPosisi7	90	Q50	397.35	4.95	13.54	8.09	13.57	0.000172	0.91	578.51	209.17	0.11
VariasiPosisi7	70	Q50	397.35	5.59	13.52	8.08	13.54	0.000116	0.76	678.41	194.56	0.09
VariasiPosisi7	1	Q50	397.35	3.37	9.33	7.34	9.38	0.000604	1.26	578.9	539.69	0.2

Sumber : Hasil Perhitungan

Secara keseluruhan kapasitas penampang Sungai Ciliwung dengan sudetan variasi posisi 7 tidak dapat mengalirkan debit rancangan 50 tahun (Q_{50}) sehingga terjadi banjir di sebagian besar penampang saluran. Maka dari itu perlu dilakukan upaya penendalian banjir untuk mengatasi banjir yang terjadi.

b. Analisis bentuk profil muka air didasarkan pada bilangan Froude dan bentuk kurva aliran. Contoh pada Patok 174, berdasarkan bilangan Froude, profil alirannya merupakan aliran subkritis dimana $Fr = 0,69 (Fr < 1)$. Sedangkan berdasarkan bentuk kurva aliran patok 174 juga merupakan aliran subkritis. Dengan bentuk Profil A2.

A2 berarti kemiringan dasar saluran lebih kecil dari nol ($l_0 < 0$) dan kedalaman aliran lebih besar dari kedalaman kritis ($y > y_c$), dimana :

- $l_0 = -0,0142 < 0$, dan
- $y = 5,67 \text{ m} > y_c = 4,24 \text{ m}$

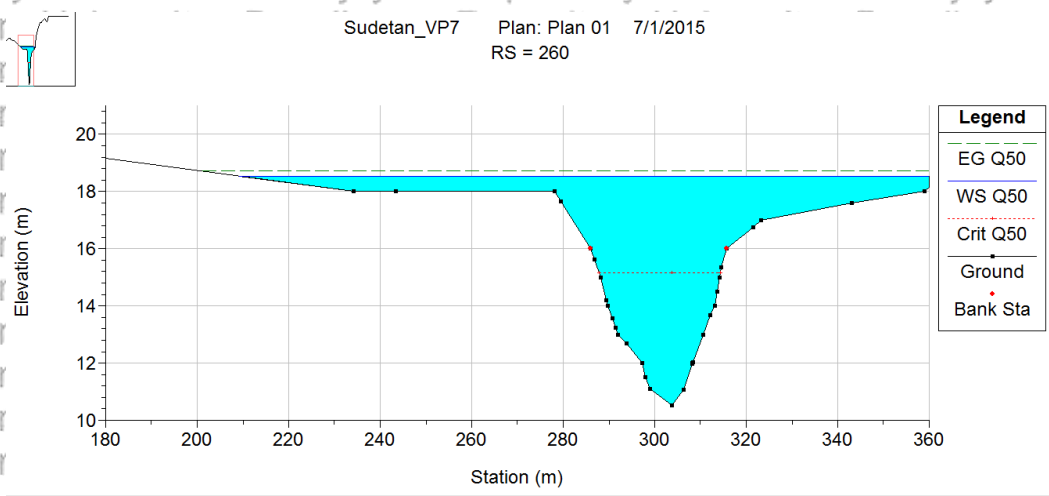
Dan hampir di semua penampang aliran profil muka air berupa aliran sub kritis seperti pada patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, dan 70 meskipun bentuk kurva alirannya beragam. Sedangkan profil muka air pada patok 1 merupakan aliran superkritis. Hasil analisis profil muka air dapat dilihat pada Tabel 4.44.

Aliran yang terjadi akibat sudetan di Kalibata patok 260, 239, 205, 161, 140, 90, 70, dan 1 dapat dilihat pada Gambar 4.46 (tampang lintang) dan Gambar 4.47 (tampang memanjang).

Tabel 4.44. Analisis Profil Muka Air Sudetan Variasi Posisi 7(di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu)

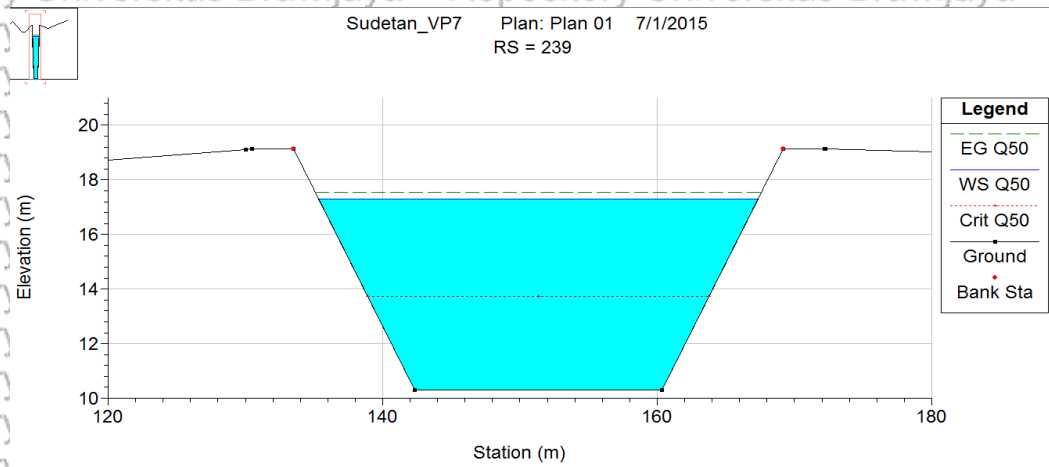
Patok	Jenis Aliran Berdasarkan Froude	Jenis Aliran Berdasarkan Profil Muka Air		Analisa Banjir		Keterangan
		Bentuk Kurva	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	Elevasi Tangul Terendah (m)	
260	Subkritis	A2	Sub kritis	18.54	16.00	Banjir
239	Subkritis	M2	Sub kritis	17.29	19.13	Aman
205	Subkritis	S1	Sub kritis	17.29	18.41	Aman
174	Subkritis	A2	Sub kritis	14.88	18.41	Aman
161	Subkritis	A2	Sub kritis	14.90	17.41	Aman
140	Subkritis	S1	Sub kritis	14.89	15.75	Aman
90	Subkritis	A2	Sub kritis	13.54	14.57	Aman
70	Subkritis	S1	Sub kritis	13.52	15.21	Aman
1	Subkritis	S1	Sub kritis	9.33	10.00	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

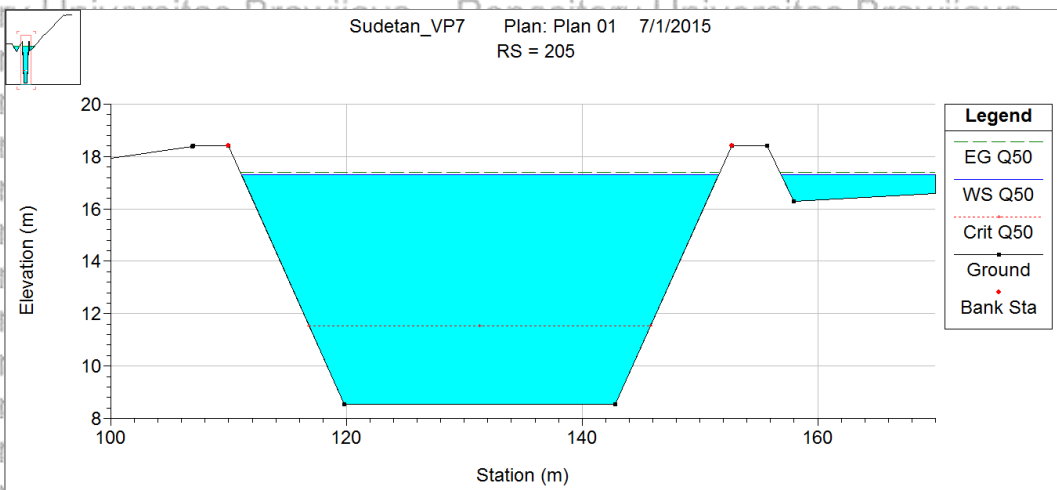


a) Tampang Lintang Patok 260

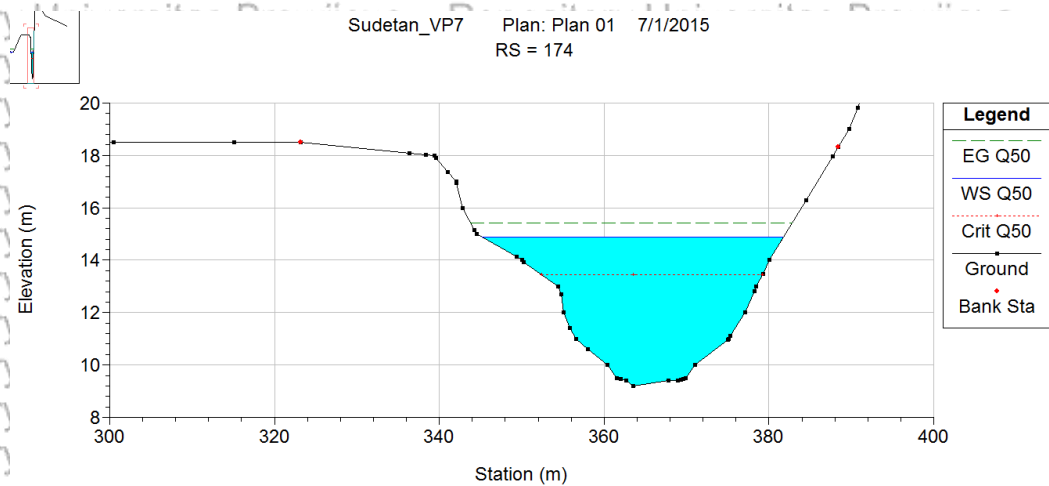




b) Tampang Lintang Patok 239



c) Tampang Lintang Patok 205



d) Tampang Lintang Patok 174

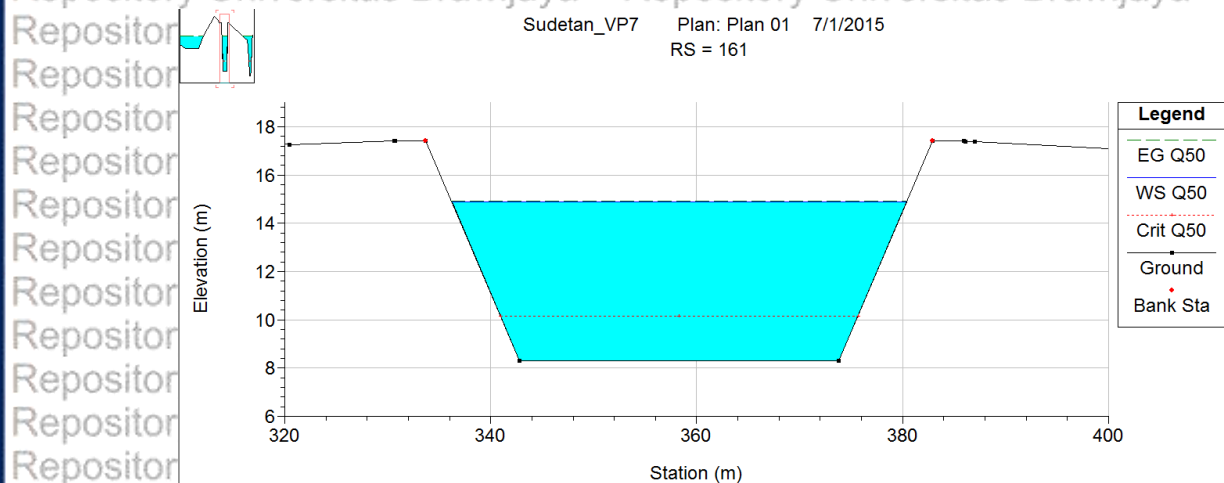




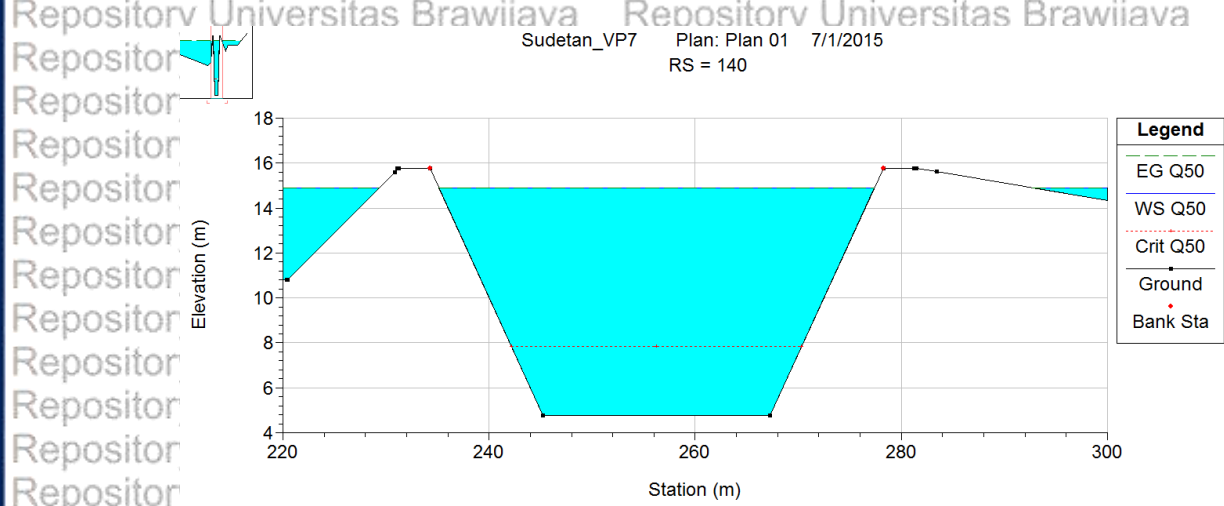
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

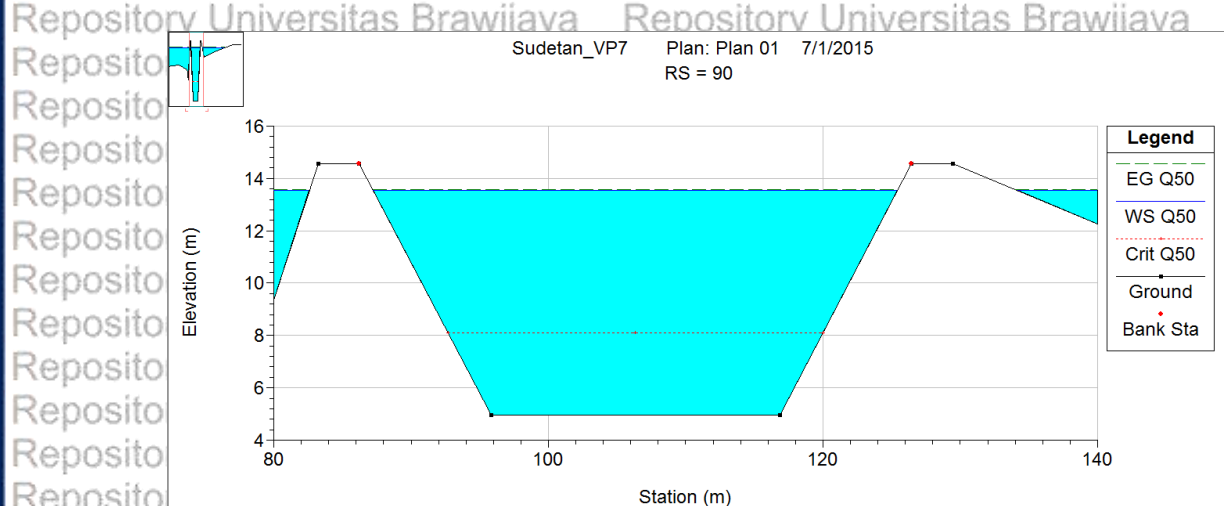
Repository Universitas Brawijaya



e) Tampang Lintang Patok 161



f) Tampang Lintang Patok 140

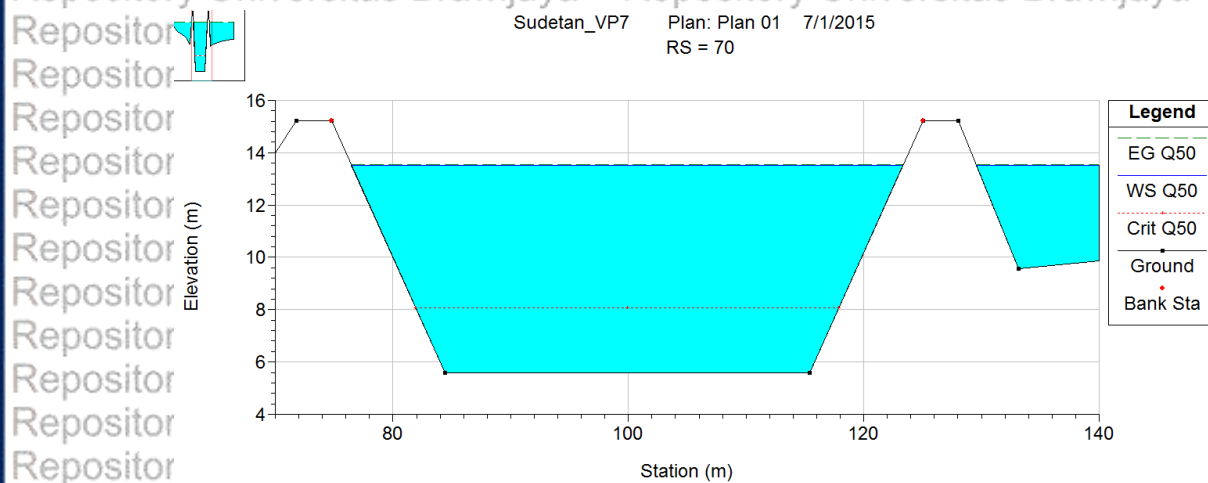


g) Tampang Lintang Patok 90

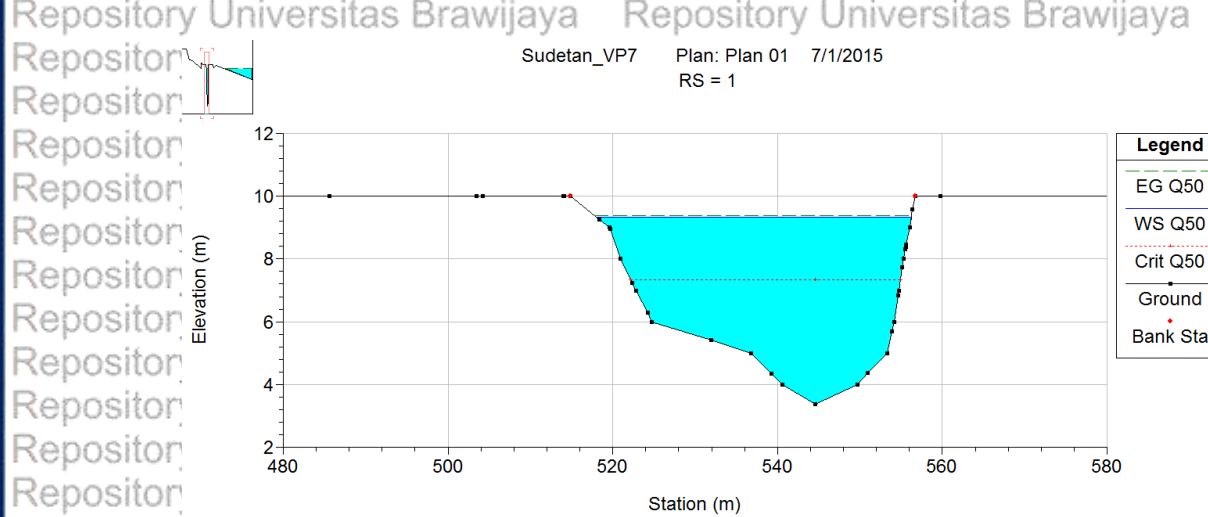
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya



h) Tampang Lintang Patok 70



i) Tampang Lintang Patok 1

Sumber: Hasil HEC-RAS 4.1.0

Gambar 4.46. Profil Muka Air Tampang Lintang Sungai Ciliwung Akibat Sudetan Variasi Posisi 7 dengan Q₅₀

Tabel 4.45. Rekapitulasi Elevasi Muka Air Akibat Variasi Posisi Sudetan

Patok	Elevasi Muka Air (m)							
	Eksisting	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	Vp7
260	19.02	18.65	18.93	19.02	18.54	18.65	18.93	18.54
239	18.33	17.59	18.18	18.33	17.29	17.59	18.18	17.29
205	17.61	17.60	17.30	17.61	17.29	17.60	17.29	17.29
174	16.61	16.61	14.93	16.60	14.93	16.60	14.88	14.88
161	16.61	16.61	14.96	16.61	14.96	16.61	14.90	14.90
140	14.95	14.95	14.95	14.89	14.95	14.89	14.89	14.89
90	13.77	13.77	13.77	13.54	13.77	13.54	13.54	13.54
70	13.50	13.50	13.50	13.52	13.50	13.52	13.52	13.52
1	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33	9.33

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7. Analisis Luas Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung

Luas Genangan dihitung pada masing-masing variasi posisi sudetan.

Perbedaan kedalaman genangan diperlihatkan pada peta genangan akibat sudetan.

a. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kalibata (Variasi Posisi 1).

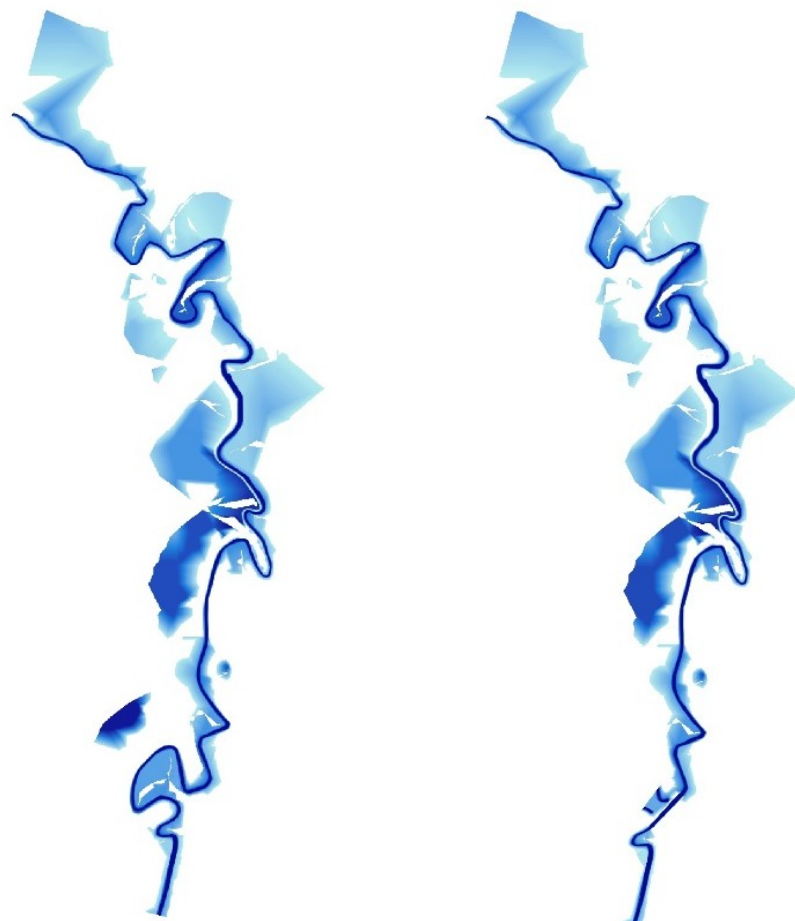
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,7197 km².

Terjadi pengurangan luasan sebesar 7,70 % dari kondisi eksisting.

Sebaran luasan dan perbedaan kedalaman genangan dapat dilihat pada Gambar 4.49.

Luasan Genangan Eksisting Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat Variasi Posisi 1



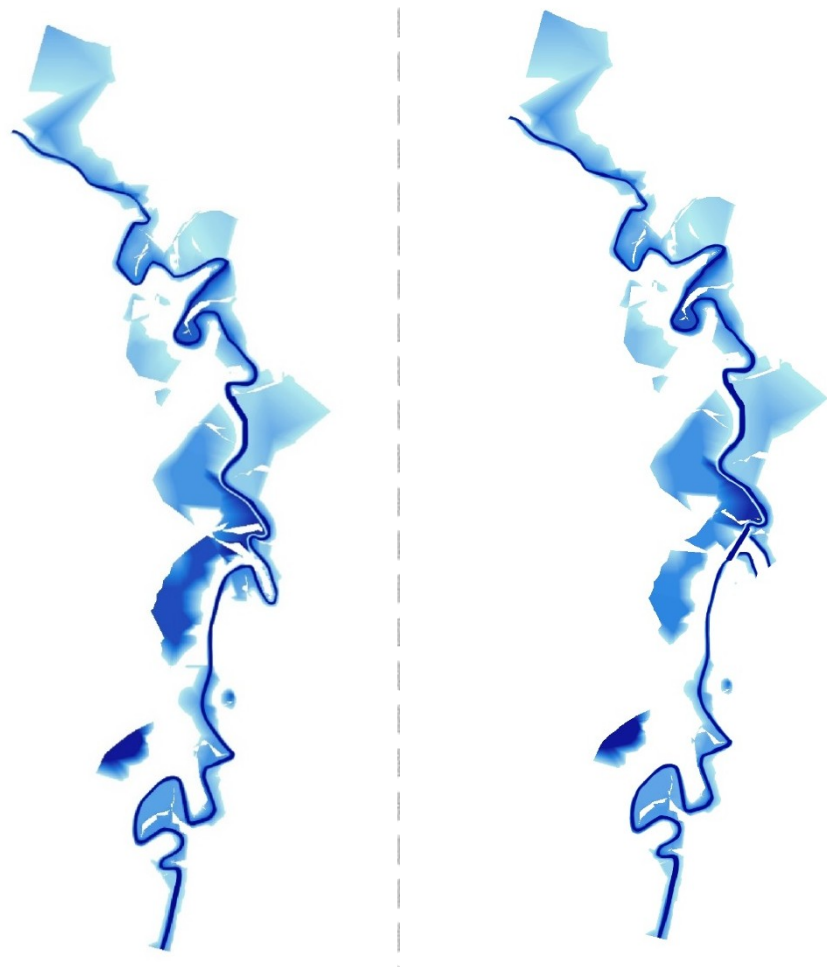
Gambar 4.49. Perbandingan Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata (Variasi Posisi 1) dengan Kondisi Eksisting

b. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kebon Baru (Variasi Posisi 2).

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,8483 km². Terjadi pengurangan luasan sebesar 5,64 % dari kondisi eksisting. Perbedaan luasan genangan akibat variasi posisi 2 dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.50.

Luasan Genangan Eksisting Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat Variasi Posisi 2



Gambar 4.50. Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kebon Baru (Variasi Posisi 2) dengan Kondisi Eksisting.

c. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kampung Melayu (Variasi Posisi 3).

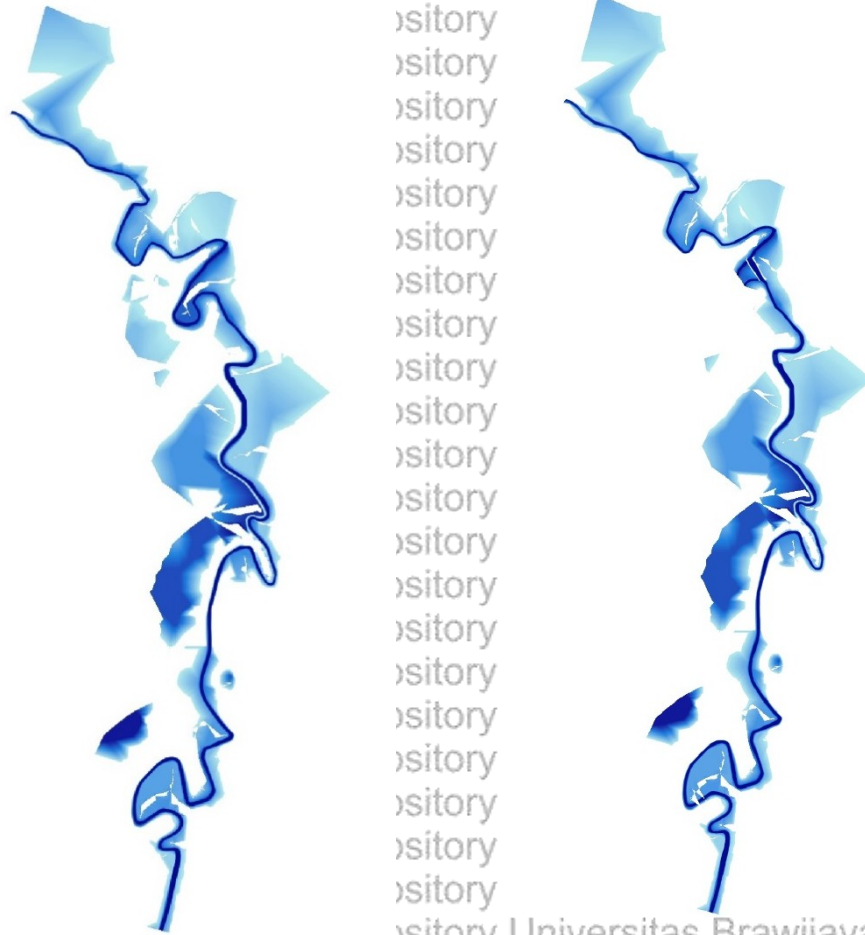
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,7973 km². Terjadi pengurangan luasan sebesar 7,33 % dari kondisi eksisting. Perbedaan luasan genangan akibat variasi posisi 3 dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.51.





Luasan Genangan Eksisting
Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat
Variasi Posisi 3



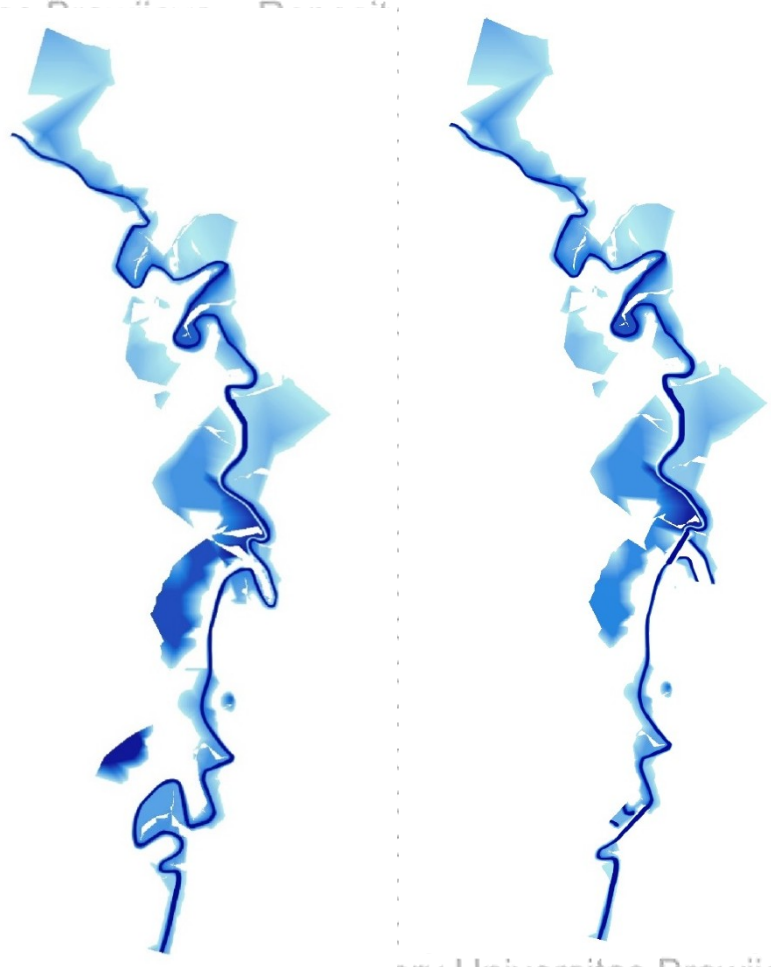
Gambar 4.51. Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kampung Melayu (Variasi Posisi 3) dengan Kondisi Eksisting

d. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kalibata dan Kebon Baru (Variasi Posisi 4).

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,6228 km². Terjadi pengurangan luasan sebesar 13,11 % dari kondisi eksisting. Perbedaan luasan genangan akibat variasi posisi 4 dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.52.

Luasan Genangan Eksisting Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat Variasi Posisi 4



Gambar 4.52. Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata dan Kebon Baru (Variasi Posisi 4) dengan Kondisi Eksisting

e. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kalibata dan Kampung melayu (Variasi Posisi 5).

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,5800 km². Terjadi pengurangan luasan sebesar 14,53 % dari kondisi eksisting. Perbedaan luasan genangan akibat variasi posisi 5 dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.53.

Luasan Genangan Eksisting Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat Variasi Posisi 5



Gambar 4.53. Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata dan Kampung Melayu (Variasi Posisi 5) dengan Kondisi Eksisting f. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kebon Baru dan Kampung Melayu (Variasi Posisi 6).

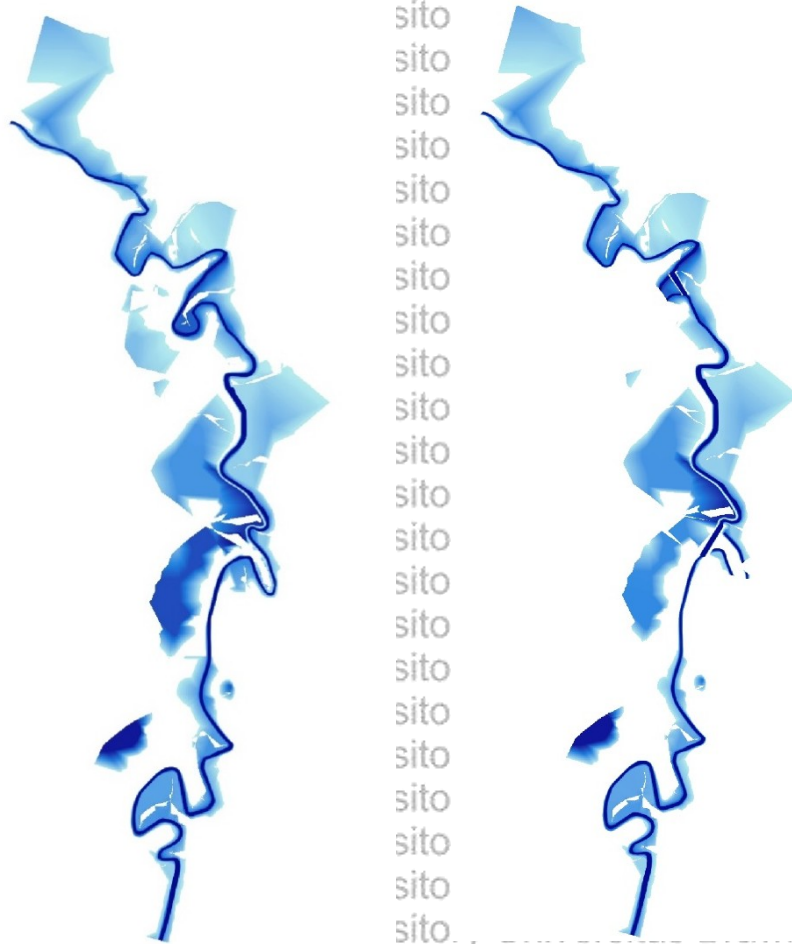
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,6417 km². Terjadi pengurangan luasan sebesar 12,48 % dari kondisi eksisting. Perbedaan luasan genangan akibat variasi posisi 6 dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.54.





Luasan Genangan Eksisting
Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat
Variasi Poissi 6

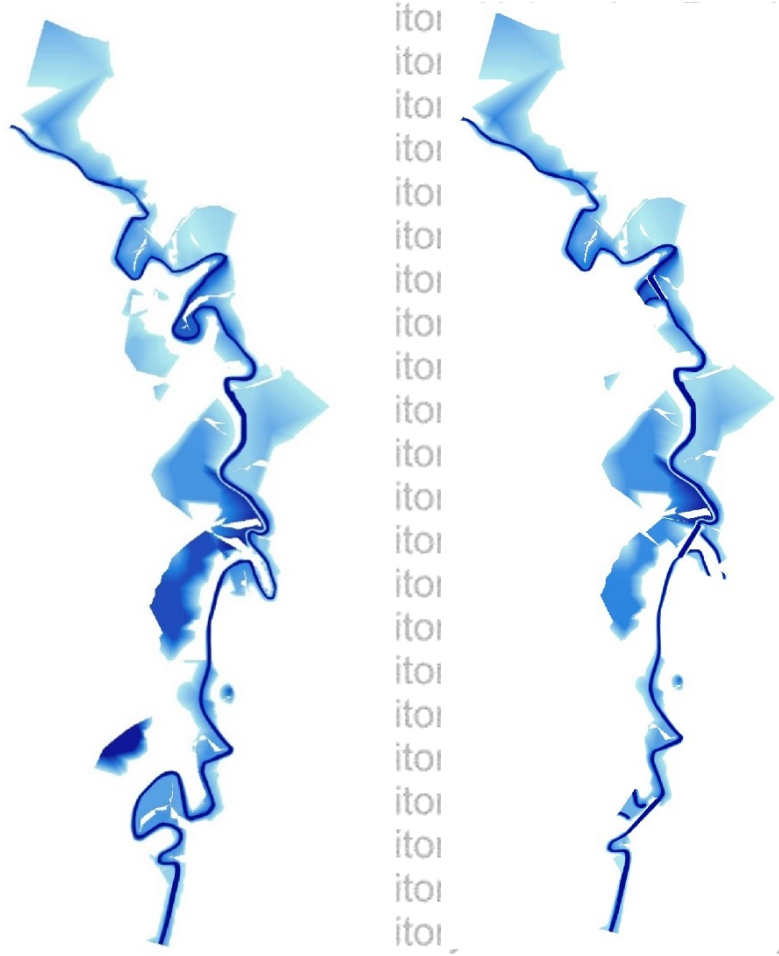


Gambar 4.54. Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kebon Baru dan Kampung Melayu (Variasi Posisi 6) dengan Kondisi Eksisting g. Genangan di Lahan Akibat Sudetan di Kalibata, Kebon Baru, dan Kampung Melayu (Variasi Posisi 7).

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS, didapatkan total luasan genangan sebesar 2,4143 km². Terjadi pengurangan luasan sebesar 20,02 % dari kondisi eksisting. Perbedaan luasan genangan akibat variasi posisi 7 dengan kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.55..

Luasan Genangan Eksisting
Sungai Ciliwung

Luasan Genangan Akibat
Variasi Posisi 7



Gambar 4.55. Peta Luasan Genangan di Lahan Akibat Sudetan Sungai Ciliwung di Kalibata, Kebon Baru dan Kampung Melayu (Variasi Posisi 7) dengan Kondisi Eksisting

Rekapitulasi perhitungan luas genangan dengan menggunakan program bantu HEC-GeoRAS dapat dilihat pada Tabel 4.46. Berdasarkan tabel tersebut didapatkan variasi posisi sudetan yang mengalami luas genangan terkecil sebesar 2,4143 km² pada variasi posisi 7. Sudetan pada variasi posisi sudetan 7 dapat mengurangi luas genangan sebesar 0,6042 km² atau sebesar 20,02% dari kondisi eksisting dimana luas genangan kondisi eksisting sebesar 3,0185 km².

Tabel 4.46 Rekapitulasi Genangan di Lahan

Perlakuan	Luas Genangan	Selisih Luas Genangan terhadap Eksisting	
	(km ²)	(km ²)	(%)
Eksisting	3.0185	0	0
Variasi Posisi 1	2.7920	0.2265	7.50
Variasi Posisi 2	2.8483	0.1702	5.64
Variasi Posisi 3	2.7973	0.2212	7.33
Variasi Posisi 4	2.6228	0.3957	13.11
Variasi Posisi 5	2.5800	0.4386	14.53
Variasi Posisi 6	2.6417	0.3768	12.48
Variasi Posisi 7	2.4143	0.6042	20.02

Sumber: Hasil Perhitungan

4.8. Pemilihan Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung

Hasil perhitungan profil muka air dengan HEC-RAS 4.1.0 dan hasil perhitungan dengan HEC-GeoRAS 10 direkap dalam sebuah matriks (lihat Tabel 4.46).

Tabel 4.47. Matriks Profil Muka Air dan Luas Genangan pada Masing-Masing

Perlakuan	Profil Muka Air (Patok 260)		Luas Genangan (km ²)
	Jenis Aliran	Elevasi Muka Air (m)	
Eksisting	Subkritis	19.02	3.0185
Variasi Posisi 1	Subkritis	18.65	2.7920
Variasi Posisi 2	Subkritis	18.93	2.8483
Variasi Posisi 3	Subkritis	19.02	2.7973
Variasi Posisi 4	Subkritis	18.54	2.6228
Variasi Posisi 5	Subkritis	18.65	2.5800
Variasi Posisi 6	Subkritis	18.93	2.6417
Variasi Posisi 7	Subkritis	18.54	2.4143

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan kriteria pemilihan:

1. Berdasarkan profil muka air:
 - a. Elevasi muka air terendah.
 - b. Jenis aliran subkritis



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi Analisis Profil Muka Air dan Luasan Genangan di Lahan Akibat Variasi Posisi Sudetan Sungai Ciliwung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan profil muka air pada kondisi eksisting dengan debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun (Q_{50}) didapatkan bentuk profil muka air secara umum adalah bentuk aliran subkritis dengan tinggi muka air melewati elevasi tebing terendah di sebagian besar penampang. Pada hulu aliran (patok 260) elevasi muka air +19,02 m melewati elevasi tebing terendah +16,00 m dengan bentuk profil muka air subkritis. Sedangkan luas genangan yang terjadi akibat limpasan Sungai Ciliwung pada kondisi eksisting dengan Q_{50} sebesar 3,0185 km².
2. Berdasarkan hasil kajian, bentuk Profil pada hulu aliran (Patok 260) tidak mengalami perubahan bentuk akibat variasi posisi sedetan, bentuk aliran subkritis. Sedangkan Elevasi profil muka air mengalami perubahan pada masing-masing variasi posisi sudetan. Elevasi muka air patok 260 variasi posisi 1 sebesar +18,65 m, variasi posisi 2 sebesar 18,93 m, variasi posisi 3 sebesar 19,02 m, variasi posisi 4 sebesar 18,54 m, variasi posisi 5 sebesar 18,65 m, variasi posisi 6 sebesar 18,93 m, variasi posisi 7 sebesar 18,54 m. Elevasi



muka air pada seluruh variasi posisi sudetan di patok 260 mengalami penurunan dibanding kondisi eksisting +19,02 m kecuali pada variasi posisi 3.

3. Berdasarkan hasil kajian, luasan genangan pada seluruh alternatif variasi posisi sudetan mengalami pengurangan luasan genangan dibanding luasan genangan kondisi eksisting. Luasan genangan pada variasi posisi 1 sebesar 2,7920 km² berkurang 7,50%, variasi posisi 2 sebesar 2,8483 km² berkurang 5,64%, variasi posisi 3 sebesar 2,7973 km² berkurang 7,33%, variasi posisi 4 sebesar 2,6228 km² berkurang 13,11%, variasi posisi 5 sebesar 2,5800 km² berkurang 14,53%, variasi posisi 6 sebesar 2,6417 km² berkurang 12,48%, dan variasi posisi 7 sebesar 2,4143 km² berkurang 20,02%.

4. Berdasarkan penurunan elevasi muka air, variasi posisi 7 mengalami penurunan muka air terbesar yaitu berkurang 0,48 m (el.muka air +18,54 m dari eksisting +19,02 m). Berdasarkan luasan genangan dengan sudetan variasi posisi 7, luas genangan adalah sebesar 2,4143 km² berkurang 0,6042 km² (20,02%) dari kondisi eksisting 3,0185 km².

5.2. Saran

Perlakuan Sungai Ciliwung dengan melakukan sudetan memang mampu mengurangi tinggi muka air dan luas genangan di lahan, namun hal itu terjadi di sebagian besar hulu sudetan sedangkan di bagian hilir sudetan cenderung tidak mengalami perubahan tinggi muka air dan luasan genangan. Ini berarti perlakuan sudetan efektif mengurangi banjir pada bagian hulu. Disarankan untuk melakukan



peninggian tanggul penampang di bagian hilir sudetan untuk mencegah luapan aliran yang dibawa dari hulu. Selain peninggian tanggul, tindakan yang dapat dilakukan adalah Normalisasi saluran.

Normalisasi dapat berupa pelebaran maupun pengerukan dasar sungai.

Dalam penelitian ini perhitungan hidrolika mengabaikan sedimentasi. Diharapkan ada penilitan lanjutan dengan memperhitungkan jumlah sedimentasi di penampang saluran agar analisis profil aliran bisa lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

Adam, M. dan Permadi, E. 2014. *Ini Empat Faktor Penyebab Banjir*, Viva News, www.viva.co.id. Tanggal akses 02 Agustus 2014.

Anonim 1. 2010. *HECRAS4.1.0 Hydraulic Reference Manual*. California: U.S. Army Corps of Engineering.

Anonim 2. 2010. *HECRAS4.1.0 User's Manual*. California: U.S. Army Corps of Engineering.

Anonim 3. 2010. *HEC-GeoRAS 2.1. Hydraulic Reference Manual*. California: U.S. Army Corps of Engineering.

Bedient, Philip B. 2008. *Hydrology And Floodplain Analysis*, Fourth Edition. Prentice Hall. United State of America.

Chow, V. T. 1992. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.

Frans, Edward Ricardo. 2009. *Macam-macam Pola Aliran Sungai*. <http://www.scribd.com/doc/24235938/MACAM-MACAM-POLA-ALIRAN-SUNGAI>. Tanggal akses 26 Maret 2014.

French, Richard H. 1986. *Open Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book-Co, Singapore.

Harto Sri. 1980. *Hidrologi Terapan*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Istiarto. 2013. *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Lanjut: Gates, Pum Station, And Storage Area*. Yogyakarta.

Kodoatie, Robert dan Sjarief, Roestam. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air*. Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta.



Komaruddin, M. Rokhis; Suwarsono; Ambarwati, D. O. Dan Prabowo, Gunawan.

2014. *Evaluasi Kejadian Banjir Kampung Pulo DKI Jakarta Dan Analisis Pengurangan Resiko Berbasis Data Unmanned Air Vehicle (UAV) Dan Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi*, Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014.

Kompas. 2013. *Mereka Yang Belum Terbebas dari Banjir*, News/Megapolitan, www.kompas.com. Tanggalakses 26 Juni 2014.

Legono, Djoko. -. *Teknik Sungai*. Diklat ajar tidakdipublikasikan. Malang: UniversitasBrawijaya.

Mauliani, L., Nurhidayah dan Masrurroh, F. 2012. *Kajian Konservasi Kawasan Bantaran Sungai Studi Kasus: Boat Quay Singapura dan Sungai Ciliwung Jakarta*. Nalas Volume 11 No.1.

McMillen, LLC. 2014. *Final Environmental Assesment For The Little Weber River Cutoff Channel*, U.S. Department of Agriculture, Natural Resource Conservation Service, Utah.

Montarchih, Lily. 2010. *HidrologiPraktis*. Cetakan I. CV. LubukAgung, Bandung.

Nikmah, Siti K. 2010. *Studi Sungai Ciliwung : Pengabaian Pemerintah Terhadap Eksistensi Penduduk Pinggir Sungai*, Infid, Jakarta.

RanggaRaju K.G. 1986. *AliranMelaluiSaluran Terbuka*. EdisiPertama. PenerbitErlangga, Jakarta.

Raudviki dan Breusers.1991. *Scouring*. First Edition. A.A. Balkema, Rotterdam

Rohmat, Dede. 2009. *Solusi Alternatif Penanganan Masalah Sungai Mati*, Jurnal GEA, Bandung.



Sosrodarsono, SuyonodanMasateruTominaga. 1994. *PerbaikandanPengaturan Sungai*. Jakarta :PradnyaParamita.

Sosrodarsono, Suyono. 1985. *HidrologiUntukPengairan*. Jakarta :PradnyaParamita.

Soemarto, CD. 1999. *HidrologiTeknik*. Jakarta: PenerbitErlangga.

Triatmodjo, Bambang. 2013. *Hidraulika II*. Cetakan Kesembilan. Beta Offset, Yogyakarta

Triatmodjo, Bambang. 2013. *Hidrologi Terapan*. Cetakan Ketiga, Beta Offset, Yogyakarta

Wahjudijanto, IwandanDita, Nyoman P. Putra. 2007. *Study PengendaliBanjir Wilayah DukuhMenanggalDenganSistemSaluranSudetan*, JurnalRekayasaPerencanaan, Vol.4, No.1.

Waluyadi, H., Jayadi, R. dan Legono, Djoko. 2007. *Kajian Penanganan Banjir Kali Ciliwung DKI Jakarta Ditinjau Dari Aspek Hidro-Ekonomi (Studi Kasus Pada Ruas Cawang-Pintu Air Manggarai)*, Forum Teknik Sipil No. XVII/3.