TUGAS AKHIR–RC14-1501

Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Kali Bokor Surabaya

DADANG ANUGRANANTO
NRP 3111 100 129

Dosen Pembimbing 1
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST, M.Sc.
NIP. 197212021998021001

Dosen Pembimbing 2
Nastasia Festy Margini, ST, MT
NIPH. 3100201405001

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

FINAL PROJECT–RC14-1501

Drainage Network Planning of Sub System Kalibokor Surabaya

DADANG ANUGRANANTO
NRP 3111 100 129

Supervisor 1
Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST, M.Sc.
NIP. 197212021998021001

Supervisor 2
Nastasia Festy Margini, ST, MT
NIPH. 3100201405001

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI BOKOR SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DADANG ANUGRANANTO
NRP. 3111 100 129

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc** .....

2. **Nastasia Festy Margini, ST., MT** .....

SURABAYA
JULI, 2016

PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUB SISTEM KALI BOKOR SURABAYA

Nama Mahasiswa : Dadang Anugrananto
NRP : 3111 100 129
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dr.Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.

Abstrak

Saluran Kalibokor di Surabaya Timur mengalami luapan air ketika musim penghujan. Tinggi genangan yang terjadi adalah antara 0-15 cm. Beberapa kawasan rawan banjir yang dilewati oleh saluran tersebut adalah Manyar, Klampis, dan JL. Arif Rahman Hakim. Daerah-daerah tersebut merupakan daerah padat penduduk dan padat lalu lintas. Sehingga akan mengakibatkan keresahan pada masyarakat jika terjadi banjir, seperti misalnya kemacetan lalu lintas dan kerusakan jalan.

Tugas akhir ini melakukan perencanaan drainase pada sub sistem Kali Bokor. Pada perencanaan hidrologi dilakukan dengan program bantu HEC-HMS dengan meninjau tata guna lahan DAS Kali Bokor. Hasil dari HEC-HMS akan dijadikan dasar dalam merencanakan hidrolika saluran ini. Perencanaan hidrolika dilakukan dengan program bantu HEC-RAS.

Berdasarkan hasil analisa untuk mengatasi banjir yang ada, didapatkan lebar rencana saluran Kalibokor untuk bagian hulu sebesar 15 m. Sedangkan bagian hilirnya sebesar 35 m dengan tinggi saluran 2,5 m. Kolam tampungan direncanakan seluas 100 ha dan dilengkapi dengan pompa dan pintu air untuk memperbesar kapasitas tampungan. Jumlah pompa dan pintu yang digunakan, yakni 4 pompa dan 4 pintu air.

Kata kunci : Drainase, HEC-HMS, HEC-RAS, Kali Bokor.

DRAINAGE NETWORK PLANNING OF SUB SYSTEM KALIBOKOR SURABAYA

Student Name	**: Dadang Anugrananto**
NRP	**: 3111 100 129**
Departement	**: Teknik Sipil FTSP – ITS**
Supervisor 1	**: Dr.Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.**
Supervisor 2	**: Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.**

Abstract

Channel Kalibokor in East Surabaya experiencing overflow when the rainy season. High mundation that happened was between 0-15 cm. Some areas prone to flooding are bypassed by the channel is Manyar, Klampis, and JL. Arif Rahman Hakim. These areas are densely populated and congested traffic. That will cause unrest in the community in case of floods, such as traffic congestion and road damage.

This final project planning sub-system drainage Kali Bokor. In hydrological planning is done with the help HEC-HMS program by reviewing land use DAS Kali Bokor. Results of HEC-HMS will be the basis in planning this channel hydraulics. Planning computer hydraulics done by HEC-RAS program.

Based on the analysis to resolve existing flood, gained wide plan Kalibokor channels to the upstream part of 15 m. While the downstream by 35 m with a height of 2.5 m channel. Swimming pitcher planned area of 100 hectares and is equipped with pumps and sluice gates to increase the storage capacity. The number of pumps and the gates is used, ie 4 pumps and 4 gates.

Keywords : Drainase, HEC-HMS, HEC-RAS, Kali Bokor.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR…….. i
ABSTRAK iii
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Lokasi Studi 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Analisa Hidrologi 5
2.1.1 Analisa Hujan Rata-rata 5
2.1.2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik 7
2.1.2.1 Nilai rata-rata (*mean*) 7
2.1.2.2 Deviasi Standar 8
2.1.2.3 Koefisien variasi (*coefficient of variation*) 8
2.1.2.4 Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) 8
2.1.2.5 Koefisien ketajaman (*coefficient of kurtosis*)…….9

2.1.3 Analisa Distribusi Peluang 10
2.1.3.1 Distribusi Normal 10
2.1.3.2 Distribusi Gumbel 11
2.1.3.3 Distribusi Pearson Tipe III 13
2.1.3.4 Distribusi Log Pearson Tipe III 13
2.1.4 Uji Kecocokan Distribusi Peluang 16
2.1.4.1 Uji Chi Kuadrat 16
2.1.4.2 Uji Smirnov Kolmogorov 18
2.1.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang 20
2.2 Analisa Hidrolika 21
2.3.1 Analisa Kapasitas Saluran 21
2.3.2 Tinggi Jagaan 22
2.3.3 Profil Air Balik (*backwater*) 22
2.3 Fasilitas Sistem Drainase Perkotaan 23
2.3.1 Pompa 23
2.3.1.1 Kapasitas Pompa 23
2.3.1.2 Daya Pompa 23
2.3.2 Kolam Tampung 24
2.3.2.1 Prinsip Kerja Kolam Tampung 24
2.3.2.2 Perhitungan Kapasitas Kolam Tampung dengan Metode Rasional 25
2.3.2.3 Lokasi Kolam Tampung 26
2.3.3 Pintu Air 27

2.4 Program Bantu Perencanaan Drainase..... 29
2.4.1 HEC-HMS 29
2.4.1.1 Analisa Limpasan SCS *Curve Number* (CN) 29
2.4.1.2 Analisa SCS Unit Hidrograf 30
2.4.2 HEC-RAS 31
2.4.2.1 Konsep Analisis HEC-RAS 32

BAB III METODOLOGI 35
3.1 Survei Pendahuluan ..... 35\
3.2 Pengumpulan Data 35
3.3 Studi Literatur 35
3.4 Analisis data dan perhitungan 36
3.4.1 Analisis Hidrologi 36
3.4.2 Analisis Hidrolika 36
3.5 Analisa *Backwater* akibat pasang surut 36
3.6 Perencanaan Pompa dan Kolam Tampung 36
3.7 Skema Pekerjaan Tugas Akhir 36

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Survey Pendahuluan……..... 39
4.2 Pengumpulan Data 41
4.3 Analisa Hidrologi 48
4.3.1 Analisa Data Hujan 48
4.3.2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik 50

4.3.3 Uji Kecocokan..... 53
4.3.4 Perhitungan Hujan Periode Ulang Rencana..... 57
4.3.5 Perhitungan SCS *Unit Hydrograph* 59
4.3.6 Perhitungan Debit dengan Program Bantu HEC-HMS 64
4.3.6.1 Skema Saluran pada *Basin Model*..... 67
4.3.6.2 Input Parameter..... 68
4.3.6.3 Output HEC-HMS……69
4.4 Analisa Hidrolika..... 73
4.4.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Tersier..... 73
4.4.2 Analisa Kapasitas Saluran Primer dan Sekunder . 77
4.4.3 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Program Bantu HEC-RAS..... 78
4.4.3.1 *Setting Units System*..... 78
4.4.3.2 Skema Saluran Primer dan Sekunder..... 78
4.4.3.3 Input Data *Unsteady Flow* 80
4.4.3.4 Output Dimensi Saluran Primer dan Sekunder pada HEC-RAS DAS Kali Bokor 82
4.4.4 Analisa*Backwater*……87
4.4.5 Bangunan Pelengkap 88
4.4.5.1 Analisa Kolam Tampungan 89
4.4.5.2 Analisa Pompa 89
4.4.5.3 Analisa Pintu Air..... 90
4.4.5.4 Hasil Analisa Bangunan Pelengkap…… 90

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 93
5.1. Kesimpulan 93
5.2. Saran 94

DAFTAR PUSTAKA 95
LAMPIRAN 97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Perencanaan Sistem Drainase Kalibokor…...3
Gambar 2.1 Poligon Thiessen…….....6
Gambar 2.2 Pengaliran secara gravitasi……..24
Gambar 2.3 Pengaliran dengan bantuan pompa……..25
Gambar 2.4 Hidrograf Rasional……..25
Gambar 2.5 Penggambaran Lokasi Busem di Tempat Rendah....26
Gambar 2.6 Busem di ruas saluran drainase (*long storage*)…….26
Gambar 2.7 Busem di muara saluran drainase……27
Gambar 2.8 Aliran air melalui Ambang (pintu air)……..28
Gambar 2.9 Contoh Penampang Saluran dalam HEC-RAS……32
Gambar 3.1 Skema Pekerjaan Tugas Akhir…….38
Gambar 3.2 Jadwal Pekerjaan Tugas Akhir……38
Gambar 4.1 Pemukiman di tepi saluran Kalibokor……..39
Gambar 4.2 Sampah di permukaan saluran Kalibokor……40
Gambar 4.3 Poligon Thiessen DAS Kalibokor……48
Gambar 4.4 *Program setting* HEC-HMS……65
Gambar 4.5 *Basin Model Manager*…….66
Gambar 4.6 Layout utama HEC-HMS……67
Gambar 4.7 Skema Jaringan HEC-HMS DAS Kalibokor……...68
Gambar 4.8 *Setting Units System* HEC-RAS……..78
Gambar 4.9 Skema saluran primer dan sekunder HEC-RAS pada DAS Kalibokor…….....79

Gambar 4.10 *Cross Section* saluran primer HEC-RAS pada DAS Kalibokor…….80
Gambar 4.11 *Boundary Condition Unsteady Flow Data*…….81
Gambar 4.12 *Initial Condition Unsteady Flow Data*……...82
Gambar 4.13 Potongan memanjang Saluran Primer……83
Gambar 4.14 Potongan memanjang saluran dengan *stage hydrograph*……....88
Gambar 4.15 Lokasi Perencanaan Kolam Tampung……...89
Gambar 4.16 Hasil Analisa Bangunan Pelengkap pada saluran primer Kalibokor……...91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pedoman Pemilihan Distribusi……9
Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss……...11
Tabel 2.3 Nilai Yn (*Reduced Mean*)…….12
Tabel 2.4 Nilai Sn (*Reduced Standart Deviation*)…….12
Tabel 2.5 Nilai Y (*Reduced Variate*)……13
Tabel 2.6 Nilai k Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III……..15
Tabel 2.7 Nilai Kritis untuk Distribusi Uji Chi-Kuadrat……...18
Tabel 2.8 Nilai kritis D_0 Uji Smirnov – Kolmogorov……19
Tabel 2.9 Periode Ulang Hujan (PUH) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunan-Bangunannya……..20
Tabel 2.10 Koefisien kekasaran manning (n)……21
Tabel 2.11 Tinggi jagaan minimum untuk saluran dari tanah dan Pasangan…….22
Tabel 2.12 Harga CN yang disesuaikan dengan DAS di Indonesia……30
Tabel 4.1 Kode Area Tersier dan Luasnya……41
Tabel 4.2 Nama Saluran Tersier dan Kode Saluran serta Panjang Saluran…….43
Tabel 4.3 Kode Saluran Sekunder dan Primer serta Panjang Saluran…….46
Tabel 4.4 Koefisien Thiessen masing-masing Stasiun Hujan…...49

Tabel 4.5 Nilai Tinggi Hujan Maksimum per tahun…….....50
Tabel 4.6 Perhitungan Parameter Dasar Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I……...51
Tabel 4.7 Perhitungan Parameter Dasar Statistik untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III…….52
Tabel 4.8 Pemilihan Jenis Distribusi…….53
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Chi Kuadrat pada Distribusi Gumbel Tipe I…….54
Tabel 4.10 Perhitungan Uji Kecocokan Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Tipe III……..55
Tabel 4.11 Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov pada Distribusi Gumbel Tipe I…….56
Tabel 4.12 Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov pada Distribusi Log Pearson Tipe III……...57
Tabel 4.13 Tinggi Hujan pada Jam ke – t……..59
Tabel 4.14 Parameter SCS UH untuk DAS Kalibokor……..60
Tabel 4.15 $Q_{hidrologi}$ Saluran Tersier DAS Kalibokor…….69
Tabel 4.16 $Q_{hidrologi}$ Saluran Primer DAS Kalibokor……..71
Tabel 4.17 $Q_{hidrologi}$ Saluran Sekunder DAS Kalibokor…….72
Tabel 4.18 Dimensi *Box Culvert* Pabrikan……73
Tabel 4.19 Perencanaan Tipe *Box Culvert* Saluran Tersier……...76
Tabel 4.20 Dimensi Saluran Primer DAS Kalibokor……84
Tabel 4.21 Dimensi Saluran Sekunder DAS Kalibokor……85

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia. Jumlah penduduk yang besar dan keadaan kota semakin modern, membuat perubahan tata guna lahan terbuka hijau menjadi bangunan hunian dan gedung perkantoran. Hal ini dapat mengakibatkan beberapa macam permasalahan. Salah satunya masalah terhadap banjir.

Surabaya memiliki banyak saluran, dari saluran berdimensi besar hingga kecil. Saluran Kalibokor adalah salah satu saluran tipe primer di Surabaya Timur. Saluran ini mengalami luapan air ketika musim penghujan. Tinggi genangan yang terjadi adalah antara 0-15 cm. Beberapa penyebabnya karena curah hujan yang tinggi di Surabaya sehingga saluran tidak dapat menampung air hujan dengan baik. Ruang terbuka hijau yang berubah fungsi menjadi kawasan permukiman dan perkantoran mengakibatkan penyerapan air hujan ke dalam tanah berkurang. Saluran drainase yang mengalami penurunan kapasitas pengaliran karena banyaknya endapan sedimen dan sampah di dalam saluran. Beberapa kawasan rawan banjir yang dilewati oleh saluran tersebut adalah Manyar, Klampis, dan JL. Arif Rahman Hakim. Daerah-daerah tersebut merupakan daerah padat penduduk dan padat lalu lintas. Sehingga akan mengakibatkan keresahan pada masyarakat jika terjadi banjir, seperti misalnya kemacetan lalu lintas dan kerusakan jalan.

Oleh karena terjadi banjir pada saluran Kalibokor maka diperlukan perencanaan sistem saluran drainase Kalibokor menggunakan pemodelan hidrologi program bantu HEC-HMS dan dari sisi hidrolika dimodelkan dengan program bantu HEC-RAS. Perencanaan ini diharapkan mampu menjadi alternatif solusi untuk mengatasi banjir di daerah tersebut. Sehingga genangan yang terjadi pada musim penghujan dapat dikurangi secara signifikan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Berapa debit banjir rencana pada saluran-saluran di sub sistem Kalibokor?
2. Berapa ukuran dimensi saluran-saluran yang dapat menampung debit banjir rencana di sub sistem Kalibokor?
3. Bagaimana mengetahui terjadi backwater atau tidak di saluran Kalibokor?
4. Bagaimana desain pompa dan kolam tampung jika terjadi backwater?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui debit banjir rencana pada saluran-saluran di sub sistem Kalibokor.
2. Mengetahui ukuran dimensi saluran-saluran yang dapat menampung debit banjir rencana di sub sistem Kalibokor.
3. Mengetahui terjadi backwater atau tidak di saluran Kalibokor.
4. Mengetahui desain pompa dan kolam tampung yang dibutuhkan jika terjadi backwater.

1.4 Batasan Masalah

1. Tidak melakukan perhitungan sedimentasi.
2. Tidak membahas analisis dampak lingkungan.
3. Tidak membahas pelaksanaan teknis pembuatan saluran.

1.5 Lokasi Perencanaan

Lokasi Perencanaan Sistem Drainase Sub Catchment Kalibokor ini terletak sepanjang dari outlet Kali Mas sebagai hulu Kalibokor sampai bermuara di Selat Madura seperti terlihat pada gambar 1.1.

Gambar 1.1 Lokasi Perencanaan Sistem Drainase Kalibokor

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada tugas akhir ini ada beberapa dasar teori yang akan digunakan sebagai dasar dari analisa perhitungan. Terdapat 2 macam analisa perhitungan yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu analisa hidrologi dan analisa hidrolika.

2.1. Analisa Hidrologi

2.1.1. Analisa Hujan Rata – Rata

Analisa ini digunakan untuk mengetahui tinggi hujan rata – rata suatu daerah. Suatu daerah yang akan ditinjau memiliki beberapa stasiun hujan yang berpengaruh. Tinggi hujan rata – rata tidak dapat ditentukan langsung karena setiap stasiun hujan memiliki hasil pengukuran yang berbeda.

Terdapat 3 cara untuk memperhitungkan hujan rata – rata, yaitu :

a. Aritmatik
b. Thiessen
c. Isohyet

a. Metode Aritmatik

Metode perhitungan rata-rata aljabar (*arithmetic mean*) adalah cara yang paling sederhana. Metode ini biasanya digunakan untuk daerah yang datar dengan jumlah stasiun hujan yang cukup banyak dan dengan anggapan bahwa curah hujan di daerah tersebut cenderung bersifat seragam (*uniform distribution*). Curah hujan metode rata-rata aljabar dihitung dengan persamaan 2.1.

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \cdots + dn}{n} = \sum \frac{di}{n} \quad \text{..... (2.1)}$$

dimana:

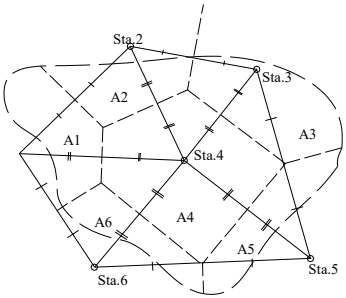
d : Tinggi curah hujan rata-rata (mm)
n : Jumlah stasiun pengukuran hujan
$d_1 \ldots d_n$: Besarnya curah hujan yang tercatat pada masing-masing stasiun (mm)

(Soemarto, 1993)

b. Metode Poligon Thiessen

Cara Thiessen ialah cara yang memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan (luas daerah pengaruh) untuk digunakan sebagai faktor dalam menghitung hujan rata – rata seperti pada gambar 2.1. Menurut Thiessen, luas daerah pengaruh dari setiap stasiun ditentukan dengan cara :

1. Hubungkan masing – masing stasiun dengan garis lurus sehingga terbentuk poligon segitiga.
2. Tarik sumbu – sumbu dari poligon segitiga.
3. Perpotongan dari sumbu – sumbu akan membentuk luasan daerah pengaruh dari tiap – tiap stasiun.



Gambar 2.1 Poligon Thiessen

Luas daerah pengaruh masing – masing stasiun dibagi dengan luas daerah aliran disebut sebagai koefisien Thiessen masing – masing stasiun. Metode Poligon Thiessen dapat dihitung dengan Persamaan 2.2.

$$\bar{d} = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + \cdots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + \cdots + A_n} = \sum \frac{Ai \; x \; di}{Ai} \qquad \text{..... (2.2)}$$

dimana :

$\bar{d}$ = curah hujan rata-rata (mm)

d_1, d_2, d_n = curah hujan yang tercatat di stasiun hujan 1, 2,..., n (mm)

A_1, A_2, A_n = luas daerah pengaruh stasiun hujan 1, 2,..., n (km^2)
n = banyaknya stasiun hujan yang berpengaruh
(Sumber: Soemarto, 1993)

c. Metode Isohyet
Isohyet adalah garis lengkung yang menghubungkan tempat-tempat kedudukan yang mempunyai curah hujan yang sama. Isohyet diperoleh dengan cara menggambar kontur tinggi hujan yang sama, lalu luas area antara garis isohyet yang berdekatan diukur dan dihitung nilai rata-ratanya. Metode Isohyet dapat dihitung dengan Persamaan 2.3.

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2}A_1+\frac{d_1+d_2}{2}A_2+\cdots+\frac{d_{n-1}+d_n}{2}A_n}{A_1+A_2+\cdots+A_n} \quad \ldots\ldots(2.3)$$

dimana:
d : Curah hujan rata-rata (mm)
$d_1 \ldots d_n$: Curah hujan di garis Isohyet (mm)
$A_1..A_n$: Luas daerah untuk ketinggian curah hujan Isohyet yang berdekatan (km^2)
(Sumber: Soemarto, 1993)

2.1.2. Perhitungan Parameter Dasar Statistik

2.1.2.1. Nilai rata – rata (*mean*)

$$\overline{X} = \frac{X_1+X_2+X_3+\cdots+X_n}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.4)$$

(Sumber: Soewarno, 1995)
dimana :
$\overline{X}$ = nilai rata - rata
X_1, X_2, X_n = nilai varian ke 1, 2, ..., n
n = jumlah data

2.1.2.2. Deviasi standar;

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{..... (2.5)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

S = deviasi standar

$\bar{X}$ = nilai rata - rata

X_i = nilai varian ke i

N = jumlah data

2.1.2.3. Koefisien variasi (*coefficient of variation*)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad \text{..... (2.6)}$$

Bila dinyatakan dalam persentase :

$$CV = \frac{100\,S}{\bar{X}} \quad \text{..... (2.7)}$$

Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

CV = koefisien variasi

$\bar{X}$ = nilai rata – rata

S = deviasi standar

2.1.2.4. Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

$$CS = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad \text{..... (2.8)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

CS = koefisien kemencengan

X_i = nilai varian ke i

S = deviasi standar

$\bar{X}$ = nilai rata – rata

n = jumlah data

2.1.2.5. Koefisien ketajaman (*coefficient of kurtosis*)

$$CK = \frac{n^2 \sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)\,S^4} \quad \text{..... (2.9)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

CK = koefisien kurtosis
X_i = nilai varian ke i
S = deviasi standar
$\overline{X}$ = nilai rata – rata
n = jumlah data

Urutan yang biasanya dipakai dalam analisa distribusi peluang adalah sebagai berikut :

1. Hitung besaran statistik dari data hidrologi yang bersangkutan (*mean, standart deviation, coefficient of variation, coefficient of skewness, coefficient of kurtosis)*
2. Berdasarkan besaran statistik tersebut dapat diperkirakan jenis frekuensi apa yang sesuai dengan data yang telah ditetapkan, seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pedoman Pemilihan Distribusi

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs ≈ 0 Ck = 3
Gumbel Tipe I	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0
Log Normal	Cs ≈ 3Cv + Cv^2 = 3 Ck = 5,383

(Sumber: CD. Soemarto, 1999)

3. Data diurutkan dari kecil ke besar atau sebaliknya.
4. Dilakukan distribusi peluang menurut karakteristik data yang ada.
5. Setelah itu dilakukan uji kecocokan distribusi peluang.

2.1.3. Analisa Distribusi Peluang

Model matematik distribusi peluang yang umum digunakan adalah metode :

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

2.1.3.1. Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss. Persamaan yang digunakan dalam distribusi normal pada persamaan 2.10.

$$X = \overline{X} + k \, . \, S \quad \text{..... (2.10)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

X = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau periode ulang tertentu

$\overline{X}$ = nilai rata – rata

S = deviasi standar

k = faktor frekuensi

Nilai k didapat dari tabel 2.2 berdasarkan Periode Ulang (tahun) yang ditentukan.

Tabel 2.2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T	Peluang	k	Periode Ulang T	Peluang	k	Periode Ulang T	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05	1,430	0,700	-0,52	10,000	0,100	1,28
1,005	0,995	-2,58	1,670	0,600	-0,25	20,000	0,050	1,64
1,010	0,990	-2,33	2,000	0,500	0	50,000	0,200	2,05
1,050	0,950	-1,64	2,500	0,400	0,25	100,000	0,010	2,33
1,110	0,900	-1,28	3,330	0,300	0,52	200,000	0,005	2,58
1,250	0,800	-0,84	4,000	0,250	0,67	500,000	0,002	2,88
1,330	0,750	-0,67	5,000	0,200	0,84	1,000,000	0,001	3,09

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.1.3.2. Distribusi Gumbel

Persamaan yang digunakan dalam distribusi Gumbel adalah :

$$X = \overline{X} + \frac{S}{Sn}(Y - Yn) \quad \text{..... (2.11)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

X = nilai variat yang diharapkan terjadi

$\overline{X}$ = nilai rata – rata hitung

Y = nilai reduksi variat dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$$Y = -\ln\left[-\ln\frac{T-1}{T}\right] \quad \text{..... (2.12)}$$

Untuk $T \geq 20$, maka $Y = \ln T$

Yn = nilai rata – rata dari reduksi variat, nilainya tergantung dari jumlah data

Sn = deviasi standar dari reduksi variat, nilainya tergantung dari jumlah data

Lebih lengkapnya nilai Yn, Sn, dan Y dijelaskan pada tabel 2.3, tabel 2.4, dan tabel 2.5.

Tabel 2.3 Nilai Yn (*Reduced Mean*)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.532	0.5332	0.5343	0.5351
30	0.5362	0.5371	0.538	0.5388	0.5396	0.5403	0.541	0.5418	0.5424	0.543
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.56	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.561	0.5611

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.4 Nilai Sn (*Reduced Standart Deviation*)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.198	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.202	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.206
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.209	1.2091	1.2096

(Sumber: Soewarno, 1995)

Tabel 2.5 Nilai Y (*Reduced Variate)*

Periode Ulang (tahun)	*Reduced Variate*	Periode Ulang (tahun)	*Reduced Variate*
2	0.3665	100	4.6001
5	1.9940	200	5.2960
10	2.2502	500	6.2140
20	2.9606	1000	6.9190
25	3.1985	5000	8.5390
50	3.9019	10000	9.9210

(Sumber: CD. Soemarto, 1999)

2.1.3.3. Distribusi Pearson Tipe III

Persamaan yang digunakan ialah :

$$X = \overline{X} + k \, . \, S \quad \text{..... (2.13)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

X = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau periode ulang tertentu

$\overline{X}$ = nilai rata – rata

S = deviasi standar

k = faktor sifat dari distribusi Pearson Tipe III

2.1.3.4. Distribusi Log Pearson Tipe III

Persamaan yang digunakan ialah :

$$\text{Log } X = \overline{\log x} + k . (\overline{S \log X}) \quad \text{..... (2.14)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana :

X = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besar peluang tertentu atau periode ulang tertentu

$\overline{X}$ = nilai rata – rata

S = deviasi standar

k = karakteristik dari distribusi log Pearson tipe III

Untuk mendapatkan nilai k dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai k Distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.1.4 Uji Kecocokan Distribusi Peluang

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap funsgi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang disajikan adalah:

1. Chi kuadrat (*Chi square*)
2. Smirnov – Kolgomorov

2.1.4.1 Uji Chi Kuadrat

Uji chi kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 oleh karena itu disebut dengan uji chi kuadrat. Parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus :

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^{G} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{..... (2.15)}$$

(Sumber: Soewarno, 1995)

dimana : χ_h^2 = Parameter chi kuadrat terhitung
G = Jumlah sub kelompok
O_i = Jumlah nilai pengamatan
E_i = Jumlah nilai teoritis

Prosedur uji chi kuadrat adalah :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya).
2. Kelompokkan data menjadi G sub-group, tiap-tiap sub group minimal 4 data pengamatan.
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O_1 tiap-tiap sub group.
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_1.
5. Tiap-tiap sub group hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

6. Jumlah seluruh G sub group nilai $\frac{(O_i-E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai chi kuadrat hitung.
7. Tentukan derajat kebebasan dk = G-R-1 (nilai R = 2, untuk distribusi normal dan binomial dan nilai R = 1, untuk distribusi poisson).

Interpretasi hasilnya adalah :

1. Apabila peluang > 5%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang < 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada di antara 1 – 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambah data.

Untuk mengetahui nilai derajat kepercayaan berdasarkan dari derajat kebebasan, dapat dilihat pada tabel 2.7.
Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila $Xh^2 < X^2$.
Dimana :

X_h^2 = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

X^2 = Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

Tabel 2.7 Nilai Kritis Untuk Distribusi Uji Chi – Kuadrat

Df	α Derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,9E-05	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,01	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,26	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,683	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,98	45,558
25	10,52	11,524	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.1.4.2 Uji Smirnov Kolgomorov

Uji kecocokan Smirnov Kolgomorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujinya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang masing-masing data tersebut.

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang dan pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel 2.8 nilai kritis (*Smirnov Kolgomorov test*) tentukan harga D_o

Tabel 2.8 Nilai kritis D_o uji Smirnov – Kolmogorov

Jumlah data	α derajat kepercayaan			
n	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	$1,07/n^{0,5}$	$1,22/n^{0,5}$	$1,36/n^{0,5}$	$1,63/n^{0,5}$

(Sumber: Soewarno, 1995)

Apabila $D < D_o$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D > dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

2.1.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Besarnya curah hujan rencana dipilih berdasarkan pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi kawasan yang ditinjau. Nilai periode ulang hujan suatu kawasan yang sesuai dengan nilai urgensi dan nilai sosial ekonomi dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Periode Ulang Hujan (PUH) untuk Perencanaan Saluran Kota dan Bangunan – Bangunannya

No	Distribusi	PUH (tahun)
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko kecil	2
	Resiko besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanda resiko	2
	Resiko kecil	5
	Resiko besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Tanda resiko	5
	Resiko kecil	10
	Resiko besar	25
	Atau :	
	Luas DAS (25 A 50) Ha	5
	Luas DAS (50 A 100) Ha	5-10
	Luas DAS (100 A 1300) Ha	10-25
	Luas DAS (1300 A 6500) Ha	25-50
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-Gorong	
	Jalan raya biasa	10
	Jalan by pass	25
	Jalan ways	50
7	Saluran Tepian	
	Jalan raya biasa	5-10
	Jalan by pass	10-25
	Jalan ways	25-50

(*SDMP – Surabaya Drainage Master Plan, 2012*)

2.2. Analisa Hidrolika

2.2.1. Analisa Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran didefinisikan sebagai debit maksimum yang mampu ditampung oleh sebuah penampang saluran tersebut. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kapasitas adalah sebagai berikut :

$$Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times A \quad \text{..... (2.16)}$$

(Sumber: CD. Soemarto, 1999)

dimana : Q = debit saluran (m^3/dt)

n = koefisien kekasaran manning, dapat dilihat pada tabel 2.10

R = jari-jari hidrolis saluran (m) = $\frac{A}{P}$

I = kemiringan saluran

A = luas penampang saluran (m^2)

P = keliling basah (m)

Tabel 2.10 Koefisien kekasaran manning (n)

Tipe Saluran	n
Saluran dari pasangan batu tanpa plengsengan	0,025
Saluran dari pasangan batu dengan plengsengan	0,015
Saluran dari beton	0,017
Saluran alam dengan rumput	0,020
Saluran dari batu	0,025

(Sumber: Chow, 1989)

Berikut rumus – rumus unsur geometris penampang saluran :

a. Saluran penampang persegi

$$A = b.h \quad \text{..... (2.17)}$$

$$P = b + 2.h \quad \text{..... (2.18)}$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{..... (2.19)}$$

b. Saluran penampang trapesium

$$A = (b + z.h)h \quad \text{..... (2.20)}$$

$$P = b + 2.h \times \sqrt{1 + z^2} \quad \text{..... (2.21)}$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{..... (2.22)}$$

2.2.2. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai ke permukaan air pada kondisi perencanaan.

Tinggi jagaan berdasarkan komponen saluran dapat `dilihat pada tebl 2.11.

Tabel 2.11 Tinggi jagaan minimum untuk saluran dari tanah dan pasangan

Komponen	Tinggi jagaan (m)
Saluran tersier	0,10 - 0,20
Saluran sekunder	0,20 - 0,40
Saluran primer	0,40 - 0,60
Sungai (*Basin drainage*)	1,00

(SDMP – Surabaya Drainage Master Plan)

2.2.3. Profil Air Balik (*Backwater*)

Saluran yang mengalirkan air ke laut akan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ketika air laut pasang, muka air di hilir dapat menjadi lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga air di saluran tidak dapat mengalir. Kondisi muka air di hilir menjadi lebih tinggi daripada muka air di saluran mengakibatkan muka air di saluran bertambah tinggi. Oleh karena itu, diperlukan analisis profil air balik (*backwater*) yang terjadi pada saluran primer. Analisis dapat dilakukan dengan metode tahapan langsung (*direct step method*) dan dengan menggunakan program bantu HEC – RAS.

2.3 Fasilitas Sistem Drainase Perkotaan

2.3.1 Pompa

Sistem drainase yang tidak dapat sepenuhnya mengandalkan gravitasi sebagai factor pendorong. Maka perlu dilengkapi dengan stasiun pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air di muaranya lebih tinggi baik akibat pasang surut maupun banjir.

2.3.1.1 Kapasitas Pompa

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas kapasitas pompa apabila volume tampungan ditentukan adalah:

$$Qp - Qmaks - (\frac{2\ x\ Qmaks\ x\ V_t}{nt_c})^{0.5} \text{ ..... (2.23)}$$

Dimana:
- Q_p = kapasitas pompa (m^3/detik)
- Q_{maks} = debit banjir maksimum (m^3/detik)
- V_t = volume tampungan total (m^3)
- nt_c = lama terjadinya banjir (detik)

2.3.1.2 Daya Pompa

Rumus yang digunakan untuk menghitung daya pompa tersebut adalah sebagai berikut:

$$Dp = \frac{Hp \,.\, Q \,.\, \gamma w}{\eta}$$

..... (2.24)

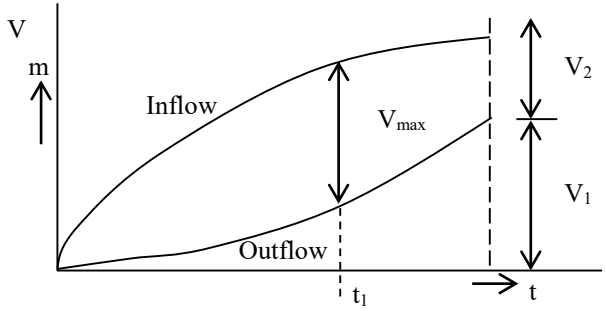
Dimana:
- Dp = daya pompa (HP)
- Hp = Hs + ∑hf (total head pompa)
- γw = berat jenis air (ton/m^3)
- η = efisiensi pompa (%)
- ∑hf = kehilangan tinggi energy (m)
- Hs = beda tinggi antara saluran yang ditinjau (m)

2.3.2 Kolam Tampung

2.3.2.1 Prinsip Kerja Kolam Tampung

Hubungan antara *inflow* (***I***, aliran masuk ke busem) dari saluran-saluran drainase, *outflow* (**O**, aliran keluar dari busem) dan *storage* (***V***, tampungan dalam busem), seperti terlihat pada gambar 2.2.

a. Pengaliran secara gravitasi (tanpa pintu, pompa)

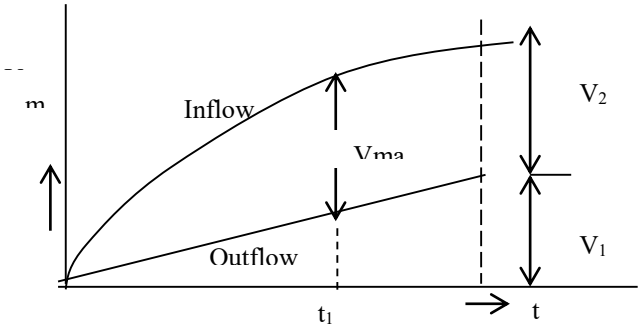


Gambar 2.2. Pengaliran secara gravitasi

Keterangan:
V = volume limpasan total (m^3)
V_1 = volume yang dibuang secara gravitasi (m^3)
V_2 = volume akhir busem (m^3)
V_{max} = volume maksimum busem (m^3)

b. Pengaliran dengan pompa :

Air dari dalam busem dibuang dengan bantuan pompa dengan debit konstan, seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pengaliran dengan bantuan pompa

Keterangan:

V = volume limpasan total (m^3)

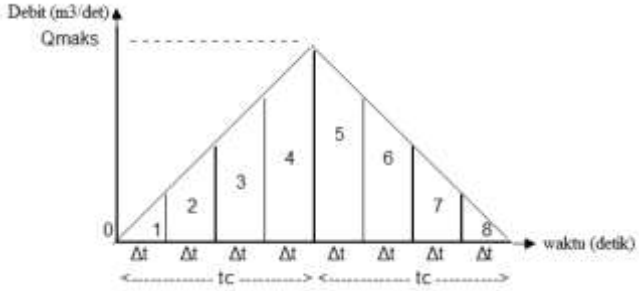
V_1 = volume yang dibuang dengan bantuan pompa dengan debit konstan (m^3)

V_2 = volume akhir busem (m^3)

V_{max} = volume maksimum busem (m^3)

2.3.2.2 Perhitungan Kapasitas Kolam Tampung dengan Metode Rasional.

Kapasitas Kolma Tampung dapat diperoleh dari debit aliran maksimum dikalikan dengan waktu, seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Hidrograf Rasional.

Volume banjir = Luas segitiga = jumlah luas pias = $\frac{1}{2}*2*t_c*Q_{maks}$

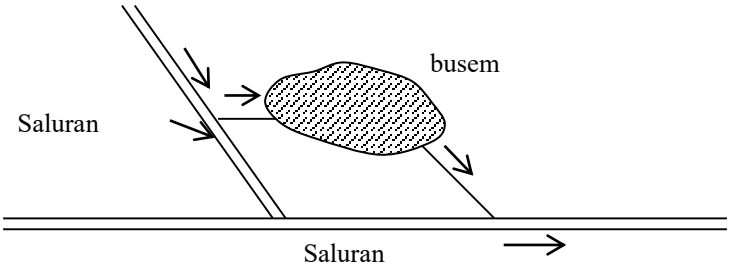
Bila pembuangan menggunakan pompa dengan kapasitas Qp, maka setiap Δt , → Volume *outflow* = Qp* Δt

Kapasitas busem = Selisih maksimum *inflow* dan *outflow*.

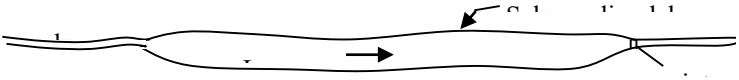
2.3.2.3 Lokasi Kolam Tampung

Ada beberapa alternatif penempatan busem :

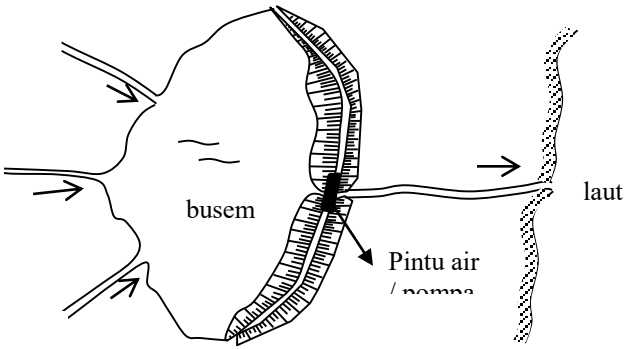
a. Di tempat rendah (Gambar 2.5)
b. Di ruas saluran drainase yang diperlebar yang (Gambar 2.6)
c. Di muara saluran yang berbatasan dengan laut. (Gambar 2.7).



Gambar 2.5. Penggambaran Lokasi Busem di Tempat Rendah



Gambar 2.6. Busem di ruas saluran drainase (*long storage*)

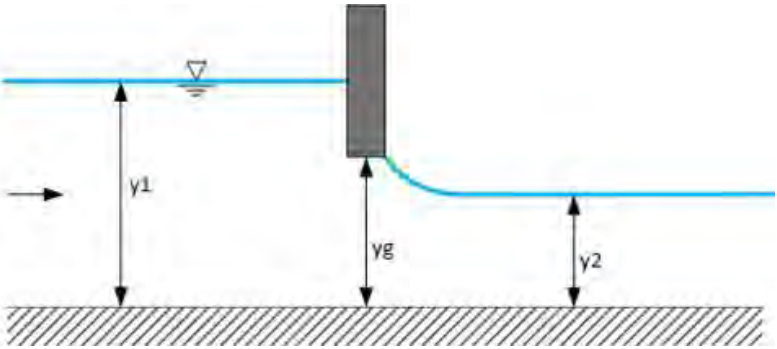


Gambar 2.7. Busem di muara saluran drainase

2.3.3 Pintu Air

Perencanaan drainase kota pada umumnya akan menemui banyak percabangan. Selain itu, posisi lokasi studi yang dekat dengan muara sungai sungai memungkinkan adanya pengaruh *backwater* pada saluran drainase kota. Dalam menanggulangi kedua permasalahan drainase perkotaan tersebut perlu dilakukan rekayasa teknis pada hilir maupun hulu saluran drainase. Pembangunan pintu air dapat dikhususkan untuk menanggulangi masalah ini seperti pada gambar 2.8. Pintu Air akan memiliki beberapa fungsi yaitu:

- Mengatur pembuangan air dari saluran ke pembuangan akhir, aliran dari saluran primer ke sungai / laut, dari kolam tampung / busem ke pembuangan akhir (saluran, sungai, laut)
- Mengatur pembagian debit pada dua saluran
- Mencegah masuknya air asin / air laut atau mencegah terjadinya backwater



Gambar 2.8. Aliran air melalui Ambang (pintu air)

$$E = y + \frac{v^2}{2a} \quad \text{.....(2.25)}$$

- Dimana : E = spesifik energy
  y = kedalaman air
  V = kecepatan aliran
  $\frac{V^2}{2g}$ = tinggi kecepatan
- $q = v \times y_1$ .....(2.26)
- $y_c = \left(\frac{q_2}{g}\right)^{1/3}$ =kedalaman kritis di titik 2 .....(2.27)
- Bila $y_2 = y_1$ → pintu tenggelam
- Kondisi bila pintu diturunkan sehingga berada di bawah kedalaman kritis :

$$y_2 = \frac{2y_1}{-1+\sqrt{1+\frac{8gy_1^3}{q^2}}} \quad \text{.....(2.28)}$$

2.4 Program Bantu Perencanaan Drainase

2.4.1 HEC HMS

HEC-HMS (*The Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System*) adalah program bantu desain untuk mensimulasi proses endapan limpasan dari saluran drainase. Desain ini berlaku dalam luas area geografi tertentu untuk menyelesaikan masalah di area tersebut. Memasukkan persediaan air sungai besar dan banjir hidrologi, limpasan air alami atau perkotaan. Hidrograf dari program digunakan secara langsung atau dihubungkan dengan *software* lain untuk mempelajari kesediaan air, drainase perkotaan, perkiraan aliran, dampak urbanisasi ke depan, desain *spillway* waduk, dan mereduksi banjir. Analisis HEC-HMS ini dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana DAS Kali Bokor.

2.4.1.1 Analisis Limpasan SCS *Curve Number* (CN)

Dalam menggunakan cara SCS, *runoff* dari sebuah daerah aliran yang kejatuhan air hujan ditentukan berdasarkan ciri-ciri dari daerahnya yang diukur dari peta atau penilaian pada saat pengamatan lapangan. Kunci parameter daerah bersangkutan adalah luas, panjang dan kemiringan dari tapak alam, serta tata guna lahan. Parameter tata guna lahan meliputi neraca antara komponen-komponen yang kedap dan meresap air serta jenis dari komponen meresap.

Penggunaan lahan yang ada telah diinterpretasikan sesuai dengan kelompok-kelompok penggunaan lahan dengan karakteristik air limpasan yang berbeda, dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12. Harga CN yang disesuaikan dengan DAS di Indonesia

Pengggunaan Lahan untuk Pematusan	Serap Air	Kedap Air
Areal Pemukiman (dengan kepadatan penduduk)	CN	%
50-150 orang/ha (kawasan perumahan baru)	74	85
50-150 orang/ha (kawasan perumahan lama)	74	70
150-250 orang/ha	79	85
250-350 orang/ha	84	90
Lebih dari 350 orang/ha	88	95
Lahan Terbuka :		
Rerumputan (>75 %)	74	0
Campuran (wilayah rerumputan 25-75 %)	79	0
Lain-lain :		
Industri, bisnism dan perdagangan	88	95
Fasilitas umum/kampus	79	70
Jalan utama, areal parkir mobil, dsb	95	100

(SDMP – Surabaya Drainage Master Plan)

2.4.1.2 Analisis SCS Unit Hidrograf

Model ini merupakan suatu Unit Hidrograf yang berdimensi, yang dicapai puncak tunggal Unit Hidrograf. SCS menyetakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh :

$$Up = C\frac{A}{Tp} \qquad \text{.....(2.29)}$$

Dimana :
A = daerah aliran air
C = konversi tetap (208 di SI dan 484 di dalam sistem kaki).

Waktu puncak (juga dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait kepada jangka waktu unit dari kelebihan hujan, seperti :

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad \text{.....(2.30)}$$

Dimana :
Δt = jangka waktu kelebihan hujan
t_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf. Perlu dicatat bahwa untuk Δt, yang kurang dari 29 % dari t_{lag} harus digunakan (USACE,1998).

Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menemukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan untuk menemukan puncak Unit Hidrograf.

2.4.2 HEC RAS

HEC-RAS (*The Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) adalah program bantu pemodelan hidrolika aliran air melalui sungai alami atau saluran buatan. Program ini satu dimensi, artinya bahwa tidak ada pemodelan langsung efek perubahan bentuk dimensi hidrolika, belokan, dan aspek aliran dua atau tiga dimensi lainnya. HEC-RAS melakukan analisis hidrolika menggunakan *steady flow* (aliran tetap) dan *unsteady flow* (aliran tidak tetap). Data yang perlu dimasukkan untuk melakukan analisis hidrolika menggunakan program bantu HEC-RAS adalah:

1. Data geometri saluran drainase, berupa koordinat x dan y, untuk penampang memanjang dan penampang melintang.
2. Koefisien Manning
3. Data aliran (debit tiap titik penampang)

2.4.2.1 Konsep Analisis HEC-RAS

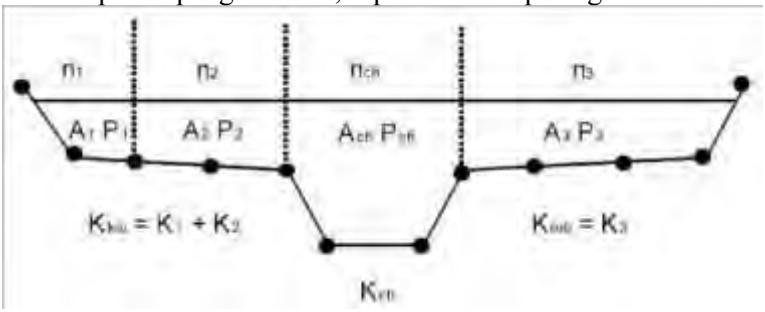
Dalam HEC-RAS, penampang saluran ditentukan terlebih dahulu, kemudian luas penampang akan dihitung. Untuk mendukung fungsi saluran sebagai penghantar aliran, maka penampang saluran dibagi atas beberapa bagian. Pendekatan yang dilakukan HEC-RAS adalah membagi area penampang berdasarkan nilai n (koefisien kekasaran manning). Setiap aliran yang terjadi pada bagian penampang, dihitung dengan persamaan Manning :

$$Q = KS^{1/2} \quad \text{……..... (2.31)}$$

$$K = \frac{1{,}486}{n} AR^{2/3} \quad \text{..... (2.32)}$$

Keterangan:
Q = debit hidrolika
S = kemiringan saluran
K = nilai pengantar aliran pada unit
n = koefisien kekasaran manning
A = luas bagian penampang
R = jari-jari hidrolik

Perhitungan nilai K dapat dihitung berdasarkan kekasaran manning yang dimiliki oleh bagian penampang tersebut, seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Contoh Penampang Saluran dalam HEC-RAS

Setelah penampang ditentukan maka HEC-RAS akan menganalisis profil aliran, HEC-RAS menggunakan dua jenis asumsi, yaitu aliran steady dan unsteady. Aliran steady adalah aliran yang parameter alirannya, seperti kecepatan (v) tidak berubah selama selang waktu tertentu, sedangkan aliran unsteady adalah aliran yang parameter alirannya berubah-ubah selama selang waktu tertentu.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III
METODOLOGI

3.1 Survei Pendahuluan

Survei Pendahuluan dilakukan di Wilayah Surabaya Timur, di sub catchment area Kalibokor bertujuan untuk mengetahui dan mengamati kondisi di sub catchment area tersebut.

3.2 Pengumpulan Data

Beberapa data yang diperlukan dalam proses perhitungan antara lain:

1. Peta lokasi, meliputi daerah stasiun hujan, catchment area lokasi sistem drainase.
2. Data hujan untuk menghitung hujan rata-rata dan hujan maksimum.
3. Peta jaringan saluran drainase Kalibokor.
4. Peta Tata Guna Lahan di lokasi studi.

3.3 Studi Literatur

Pengumpulan referensi diperlukan untuk menunjang pengetahuan mengenai saluran drainase. Adanya referensi akan memudahkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Referensi dapat berasal dari internet, buku perkuliahan dan buku-buku penunjang yang berhubungan dengan Tugas Akhir, serta buku Tugas Akhir terdahulu.
Referensi yang diperlukan untuk:

1. Perhitungan debit banjir rencana
2. Perencanaan dimensi saluran drainase
3. Pemodelan program bantu

3.4 Analisis data dan perhitungan.

3.4.1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi meliputi pengolahan data hujan ke peluang distribusi sampai mendapatkan periode ulang hujan maksimum. Perhitungan debit banjir rencana pada luas area jaringan drainase menggunakan program bantu HEC-HMS.

3.4.2. Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika adalah perhitungan saluran drainase untuk mendapatkan debit hidrolika, termasuk juga perhitungan kapasitas pompa dan kolam tampungan jika diperlukan. Analisis hidrolika menggunakan program bantu HEC RAS.

3.5 Analisa *Backwater* akibat pasang surut

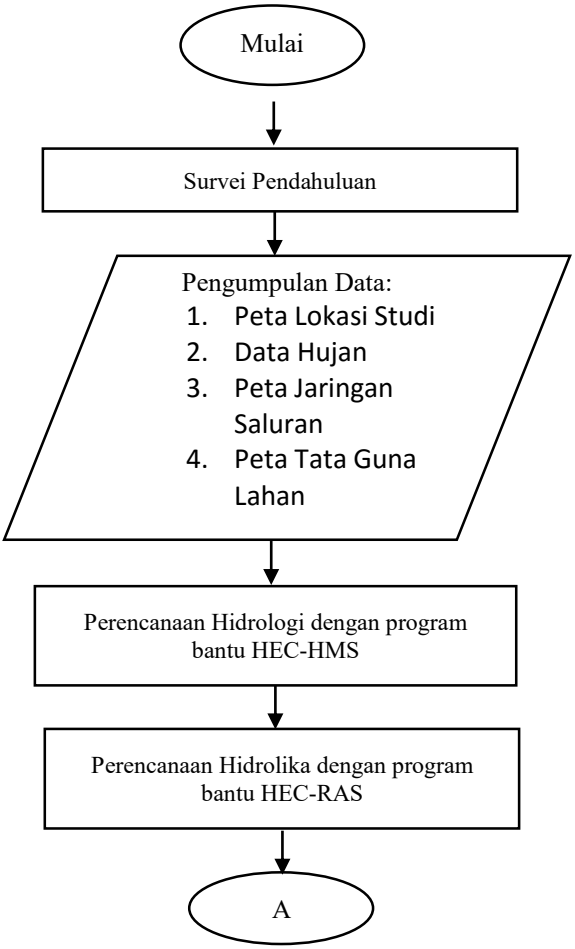
Backwater adalah pengaruh pasang surut di muara aliran saluran pada saat permukaan air laut lebih tinggi daripada permukaan saluran sehingga air laut masuk ke saluran dan dapat menyebabkan banjir.

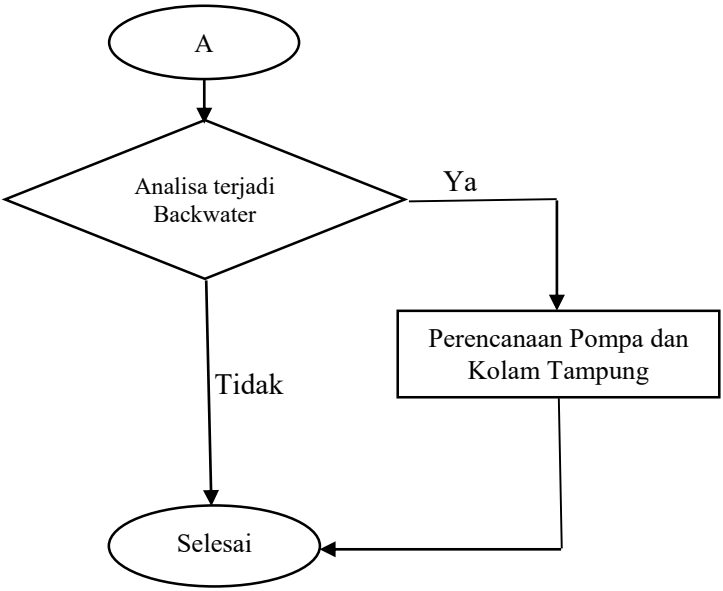
3.6 Perencanaan Pompa dan Busem

Perencanaan Pompa dan Busem (Kolam Tampungan Sementara) diperlukan jika terjadi *Backwater* pada saluran.

3.7 Skema Pekerjaan Tugas Akhir

Langkah pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada gambar 3.1.


Mulai
Survei Pendahuluan
Pengumpulan Data:
1. Peta Lokasi Studi
2. Data Hujan
3. Peta Jaringan Saluran
4. Peta Tata Guna Lahan
Perencanaan Hidrologi dengan program bantu HEC-HMS
Perencanaan Hidrolika dengan program bantu HEC-RAS
A



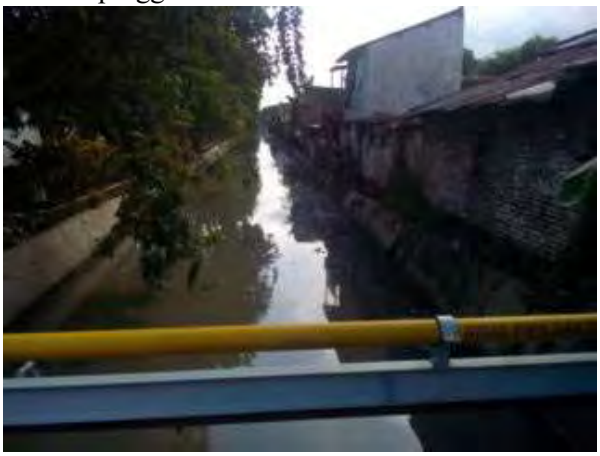
Gambar 3.1. Skema Pekerjaan Tugas Akhir

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Survey Pendahuluan

Kegiatan ini dilakukan dengan pengamatan langsung ke lapangan guna mengetahui beberapa penyebab kemungkinan terjadinya luapan banjir pada DAS Kalibokor Surabaya.

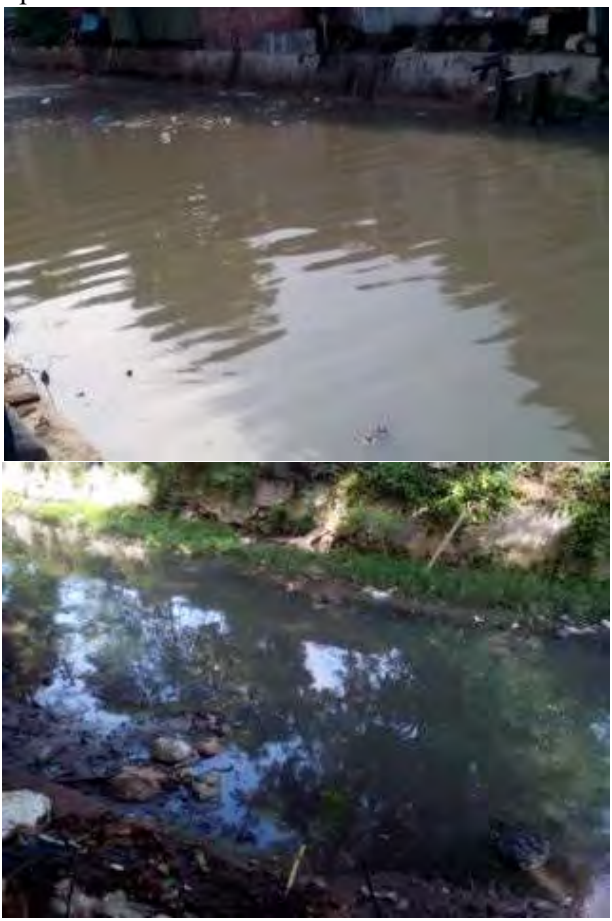
1. **Perubahan tata guna lahan dan pemukiman.**
   Penggunaan lahan di daerah Kalibokor saat ini diperuntukkan untuk perumahan dan jalan raya aspal. Berkurangnya lahan terbuka hijau sebagai daerah resapan air mengakibatkan air hujan tidak meresap ke dalam tanah, tetapi langsung mengalir ke saluran. Dapat dilihat pada gambar 4.1 rumah-rumah yang berada di pinggir saluran Kalibokor.



Gambar 4.1 Pemukiman Di Tepi Saluran Kalibokor

2. **Limbah rumah tangga yang dibuang ke saluran.**
   Dampak dari perubahan lahan terbuka hijau menjadi perumahan di sekitar saluran Kalibokor dapat menyebabkan budaya membuang limbah rumah

tangga langsung ke saluran. Hal ini dapat menghambat aliran air dan mengurangi kapasitas saluran. Pada gambar 4.2 adalah limbah rumah tangga yang berada di permukaan saluran.



Gambar 4.2 Sampah Di Permukaan Saluran Kalibokor

4.2 Pengumpulan Data

Data-data yang telah dikumpulkan untuk mengerjakan Tugas Akhir ini berupa data hujan dari stasiun hujan yang berpengaruh, data skema jaringan (kode area tersier, luas area tersier, nama saluran, dan panjang saluran) untuk DAS Kali Bokor. Data hujan harian dari stasiun hujan yang berpengaruh dapat dilihat pada lampiran. Skema jaringan berupa kode area tersier dan luasnya ada di Tabel 4.1, nama saluran tersier beserta kode dan panjang salurannya dapat dilihat di Tabel 4.2, dan untuk kode saluran sekunder dan primer serta panjang salurannya dapat dilihat di Tabel 4.3.

Tabel 4.1. Kode Area Tersier dan Luasnya

Kode CA	Luas (km2)	outlet
100181	0.07	J1
100182	0.13	T1
100186	0.09	T2
123000	0.03	J3
126000	0.03	J4
301552	0.02	J9
300001	0.08	T8
300002	0.01	J10
350001	0.12	T10
351000	0.06	T9
301551	0.05	T7
400001	0.05	T14
450001	0.09	J21
450002	0.02	J21
453000	0.02	J20
400002	0.03	J15

Kode CA	Luas (km2)	outlet
703002	0.2	T45
710001	0.06	T41
711951	0.08	T39
711952	0.1	T40
750002	0.06	T37
750001	0.1	T36
705000	0.07	T43
752060	0.03	T35
754701	0.06	J47
710002	0.05	T42
758001	0.02	T34
754702	0.01	J46
760000	0.05	T38
758002	0.08	J45
164001	0.03	T52
164002	0.02	T53

Lanjutan Tabel 4.1. Kode Area Tersier dan Luasnya

Kode CA	Luas (km2)	outlet
304250	0.1	J7
401252	0.05	T12
129601	0.03	T5
120000	0.06	T3
129602	0.03	T4
401251	0.06	T13
402450	0.02	T11
404250	0.05	T6
455500	0.01	J19
458900	0.05	J18
462900	0.04	J17
130000	0.02	J16
500001	0.06	T22
500002	0.09	T21
138000	0.03	T15
500900	0.08	J30
502500	0.07	T20
505500	0.12	T19
140001	0.03	J24
140002	0.09	T16
506400	0.06	T18
140003	0.03	T17
694452	0.07	T51
694451	0.05	T50
694453	0.03	J57

Kode CA	Luas (km2)	outlet
164003	0.04	T54
164004	0.07	T55
606051	0.05	J40
606052	0.07	T29
602200	0.07	T31
603450	0.04	T30
158000	0.07	T28
550002	0.08	T24
550001	0.1	T25
580002	0.09	T26
580001	0.1	T27
600001	0.13	T32
600002	0.12	T33
840000	0.45	S43
168920	0.06	J59
168000	0.04	J60
800002	0.07	T57
800001	0.02	T56
171870	0.06	J62
830001	0.03	T58
830002	0.08	T59
870001	0.14	T63
870002	0.11	T64
861250	0.09	T60
858100	0.1	T61

Lanjutan Tabel 4.1. Kode Area Tersier dan Luasnya

Kode CA	Luas (km2)	outlet
142000	0.03	T23
696100	0.05	T49
698350	0.07	T48
699200	0.12	T47
697200	0.12	J53
144000	0.04	J33
700100	0.09	T46
703001	0.07	T44

Kode CA	Luas (km2)	Outlet
855000	0.11	T62
853350	0.15	J70
850000	0.37	J70
177370	0.19	T66
182420	0.21	T67
900000	0.38	T68
187401	0.06	J74
187402	0.21	J74

Tabel 4.2. Nama Saluran Tersier dan Kode Saluran serta Panjang Saluran

Nama Saluran	**Kode Saluran**	**Panjang Saluran (m)**
Sal. Ngagel Timur Makam	T1	657.3046
Sal. Ngagel Jaya	T2	180.5873
Sal. Menur 1	T3	191
Sal. Raya Manyar Indah	T4	163.0952
Sal. Manyar Tirtomoyo Sabrangan 12	T5	420.4618
Sal. Manyar Tirtoyoso Selatan 7	T6	264.5048
Sal. Manyar Tirtoyoso 7	T7	142.3678
Sal. Manyar Airdas	T8	465.0535
Sal. Manyar Tirtoyoso 5	T9	322.4997
Sal. Manyar Tirtoyoso 9	T10	513.7057
Sal. Manyar Tirtoyoso 4	T11	187.3801
Sal. Manyar Tirtosari 7	T12	316.0888

Lanjutan Tabel 4.2. Nama Saluran Tersier dan Kode Saluran serta Panjang Saluran

Nama Saluran	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)
Sal. Manyar Tirtoyoso Utara	T13	239.5899
Sal. Manyar Sabrangan 10	T14	711.182
Sal. Klampis Indah 3	T15	319.9656
Sal. Klampis Harapan	T16	702.1701
Sal. Klampis Harapan 1	T17	184.4234
Sal. Klampis Sacharosa	T18	445.8079
Sal. Manyar Kertoadi Selatan	T19	234.153
Sal. 502500	T20	77.9098
Sal. Klampis Asih	T21	443.3409
Sal. Klampis Ngasem 4	T22	226.4082
Sal. 142000	T23	85.5368
Sal. Keputih Barat 2	T24	282.0416
Sal. Keputih Barat 1	T25	293.5366
Sal. Keputih Tengah 2	T26	274.3369
Sal. Keputih Tengah 1	T27	304.5367
Sal. 158000	T28	104.7257
Sal. Keputih Timur 4	T29	294.7095
Sal. 603450	T30	179.629
Sal. Keputih Timur 3	T31	312.3112
Sal. Keputih Timur 1	T32	318.7729
Sal. Keputih Timur 2	T33	251.1234
Sal. Teknik Penyehatan	T34	110.2309
Sal. Teknik Arsitektur	T35	128.4297
Sal. Teknik Elektro	T36	384.014

Lanjutan Tabel 4.2. Nama Saluran Tersier dan Kode Saluran serta Panjang Saluran

Nama Saluran	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)
Sal. Arief Rahman Hakim	T37	550.5194
Sal. Hidrodinamika 4	T38	147.8355
Sal. Hidrodinamika 2	T39	361.9099
Sal. Hidrodinamika 3	T40	350.4907
Sal. Hidrodinamika 1	T41	196.2876
Sal. Teknik Lansekap	T42	241.3717
Sal. Teknik Sipil	T43	244.3025
Sal. Teknik Mesin 1	T44	679.2808
Sal. Teknik Mesin 2	T45	231.8598
Sal. Gebang Putih 4	T46	428.5261
Sal. Gebang Putih 3	T47	699.7353
Sal. Gebang Putih 2	T48	477.3891
Sal. Gebang Putih 1	T49	356.7707
Sal. Raya Gebang Putih	T50	318.1417
Sal. Klampis LLAJR	T51	328.5876
Sal. Kejawan Gebang 1	T52	206.6073
Sal. Kejawan Gebang 2	T53	346.3054
Sal. Kejawan Gebang 3	T54	322.7033
Sal. Kejawan Gebang 4	T55	326.5125
Sal. Marina Barat 2	T56	152.8138
Sal. Marina Barat 1	T57	356.1202
Sal. Marina Timur 2	T58	213.5056
Sal. Marina Tengah 1	T59	334.1492

Lanjutan Tabel 4.2. Nama Saluran Tersier dan Kode Saluran serta Panjang Saluran

Nama Saluran	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)
Sal. Marina Timur 3	T60	276.3324
Sal. Marina Timur 2	T61	297.4902
Sal. Marina Timur 1	T62	298.993
Sal. Marina Selatan 1	T63	434.0633
Sal. Marina Selatan 2	T64	461.28
Sal. Marina Selatan 3	T65	464.9307
Sal. Laguna Barat	T66	441.7116
Sal. Laguna Tengah	T67	657.3142
Sal. Laguna Selatan	T68	344.9155

Tabel 4.3. Kode Saluran Sekunder dan Primer serta Panjang Saluran

Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)
S1	163.9438	S39	209.6659
S2	164.1991	S40	168.0528
S3	164.1991	S41	235.1586
S4	134.3006	S42	324.5525
S5	163.9582	S43	309.2444
S6	268.5791	S44	237.0758
S7	55.6503	S45	290.8889
S8	228.6362	S46	323.0578
S9	123.1026	S47	107.3444
S10	134.3444	S48	363.9201

Lanjutan Tabel 4.3. Kode Saluran Sekunder dan Primer serta Panjang Saluran

Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)
S11	392.6101	S49	490.2721
S12	252.4361	S50	232.7179
S13	306.9264	P1	475.9923
S14	165.9943	P2	1298.376
S15	279.7606	P3	654.1088
S17	481.8591	P4	105.725
S18	152.2509	P5	184.8044
S19	273.7762	P6	327.9909
S20	117.4659	P7	468.3401
S21	117.4659	P8	147.7574
S22	300.4317	P9	316.896
S23	354.586	P10	192.2436
S24	105.3018	P11	697.8699
S25	245.0015	P12	266.1825
S26	123.8641	P13	174.2889
S27	144.8381	P14	267.7328
S28	332.3636	P15	118.9685
S29	108.6329	P16	264.5575
S30	432.8942	P17	109.8586
S31	187.6914	P18	289.2651
S32	310.6675	P19	416.7628
S33	124.6574	P20	143.8398
S34	279.589	P21	178.2385
S35	206.9611	P22	269.6393
S36	507.0665	P23	372.2953

Lanjutan Tabel 4.3. Kode Saluran Sekunder dan Primer serta Panjang Saluran

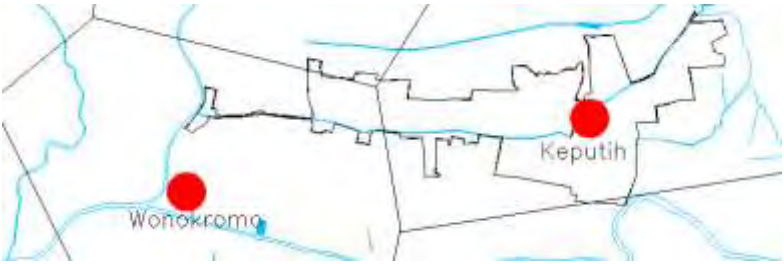
Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)
S37	72.487	P24	564.1747
S38	139.6322	P25	2046.051

4.3 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi meliputi pengolahan data hujan dari stasiun hujan yang berpengaruh ke peluang distribusi sampai mendapatkan periode ulang hujan maksimum. Perhitungan debit banjir rencana pada luas area jaringan drainase Kali Bokor menggunakan program bantu HEC-HMS.

4.3.1 Analisa Data Hujan

Analisa data hujan ini dilakukan untuk mengetahui tinggi hujan rata-rata di DAS Kali Bokor dari beberapa stasiun hujan yang berpengaruh. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi hujan rata-rata adalah Metode Poligon Thiessen. Stasiun Hujan yang berpengaruh berdasarkan Poligon Thiessen di DAS Kali Bokor adalah Stasiun Hujan Wonokromo dan Stasiun Hujan Keputih. Hasil Poligon Thiessen dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Poligon Thiessen DAS Kalibokor.

Luas Daerah pengaruh masing-masing stasiun hujan dibagi dengan luas daerah total disebut Koefisien Thiessen. Nilai luas daerah dari Stasiun Hujan Wonokromo dan Keputih dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Koefisien Thiessen Masing-Masing Stasiun Hujan

Nama Stasiun Hujan	Luas Daerah Pengaruh Stasiun (m^2)	Koefisien Thiessen
Wonokromo	4.341	0.139711
Keputih	26.731	0.860289
Total Luas	31.072	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan tinggi hujan rata-rata dengan Metode Poligon Thiessen didasarkan pada Persamaan 2.2. Yaitu jumlah dari perkalian nilai luas daerah pengaruh stasiun hujan dengan tinggi hujan harian pada stasiun tersebut dibagi luas daerah total. Atau jika persamaan tersebut disederhanakan menjadi jumlah perkalian koefisien Thiessen dengan tinggi hujan pada stasiun yang bersangkutan.

Contoh perhitungan tinggi hujan rata-rata tahun 2005. Nilai tinggi hujan di Stasiun Hujan Wonokromo pada tanggal 1 Januari adalah sebesar 27 mm. kemudian dikalikan dengan koefisien Thiessen sebesar 0,139711 sama dengan 3,77218 mm. Sama halnya dengan Stasiun Hujan Keputih. Tinggi hujan pada tanggal 1 Januari 25 mm dikalikan dengan nilai koefisien Thiessen 0,860289 sama dengan 21,50724 mm. Dari hasil perkalian tersebut kemudian dijumlahkan menjadi 25,27942 mm. Nilai tertinggi hasil penjumlahan dari semua data tinggi hujan harian dalam 1 tahun yang akan mewakili sebagai nilai tinggi hujan rata-rata. Seperti pada tahun 2005 didapat nilai tinggi hujan maksimum sebesar 104, 1322 mm pada tanggal 15 Desember. Tabel lengkap data hujan harian per tahun dapat dilihat pada lampiran. Untuk data

rekapitulasi tinggi hujan maksimum per tahun dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Nilai Tinggi Hujan Maksimum Per Tahun

Tahun	Rmax (mm)
2005	104.1322
2006	134.4116
2007	111.7716
2008	81.61737
2009	117.7646
2010	92.79421
2011	80.79421
2012	82.20579
2013	80.97797
2014	126.8748

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.3.2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Perhitungan parameter statistik ini dilakukan untuk mendapatkan Jenis Distribusi Peluang yang akan digunakan dalam perhitungan tinggi hujan Periode Ulang selanjutnya. Perhitungan parameter yang dilakukan meliputi perhitungan nilai rata-rata (*mean*), standar deviasi, koefisien variasi, koefisien kemencengan, dan koefisien ketajaman. Beberapa jenis Distribusi Peluang sebagai pedoman memilih berdasarkan pada Tabel 2.1.

Perhitungan Parameter Dasar Statistik untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I dapat dilihat pada Tabel 4.6. Perhitungan untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6. Perhitungan Parameter Dasar Statistik Untuk Distribusi Normal dan Distribusi Gumbel Tipe I

Tahun	Rmax (Xi)	Xi – X rata^2	(Xi – X rata^2)^2	(Xi – X rats^2)^3	(Xi – X rata^2)^4
2005	104.132	2.798	7.827	21.899	61.267
2006	134.412	33.077	1094.098	36189.655	1197050.844
2007	111.772	10.437	108.934	1136.954	11866.536
2008	81.617	-19.717	388.762	-7665.248	151136.118
2009	117.765	16.430	269.952	4435.363	72873.941
2010	92.794	-8.540	72.935	-622.882	5319.547
2011	80.794	-20.540	421.900	-8665.922	177999.880
2012	82.206	-19.129	365.905	-6999.256	133886.206
2013	80.978	-20.356	414.385	-8435.408	171714.953
2014	126.875	25.540	652.309	16660.191	425506.928
Total	1013.344		3797.007	26055.347	2347416.221
Xbar	101.334				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

$$\overline{X} = \frac{1013{,}344}{10} = 101{,}334$$

$$Sd = \sqrt{\frac{3797{,}007}{10-1}} = 20{,}53$$

$$Cv = \frac{20{,}53}{101{,}334} = 0{,}2$$

$$Cs = \frac{10 \times 26055{,}347}{(10-1)\,(10-2)\,20{,}53^3} = 0{,}417$$

$$Ck = \frac{10^2 \times 2347416{,}221}{(10-1)\,(10-2)\,(10-3)\,20{,}53^4} = 2{,}616$$

Tabel 4.7. Perhitungan Parameter Dasar Statistik Untuk Distribusi Log Normal dan Distribusi Log Pearson Tipe III

Tahun	Log R	Log (Xi-X rata^2)	Log (Xi-X rata^2)^2	Log (Xi-X rata^2)^3	Log (Xi-X rata^2)^4
2005	2.0176	0.01972	0.00039	7.663E-06	1.511E-07
2006	2.1284	0.13057	0.01705	2.226E-03	2.906E-04
2007	2.0483	0.05046	0.00255	1.285E-04	6.484E-06
2008	1.9118	-0.08609	0.00741	-6.380E-04	5.492E-05
2009	2.0710	0.07315	0.00535	3.913E-04	2.862E-05
2010	1.9675	-0.03035	0.00092	-2.795E-05	8.483E-07
2011	1.9074	-0.09049	0.00819	-7.410E-04	6.705E-05
2012	1.9149	-0.08297	0.00688	-5.711E-04	4.738E-05
2013	1.9084	-0.08950	0.00801	-7.170E-04	6.417E-05
2014	2.1034	0.10551	0.01113	1.174E-03	1.239E-04
Total	19.9787		0.06788	1.233E-03	6.842E-04
Log X rata^2	1.99787				

(Sumber: Hasil Perhitungan)

$$\overline{\text{Log X}} = \frac{19{,}9787}{10} = 1{,}99787$$

$$\text{Sd} = \sqrt{\frac{0{,}067879}{10-1}} = 0{,}086$$

$$\text{Cv} = \frac{0{,}086}{1{,}99787} = 0{,}04$$

$$\text{Cs} = \frac{10 \times 0{,}00123282}{(10-1)\,(10-2)\,0{,}086^3} = 0{,}261$$

$$\text{Ck} = \frac{10^2 \times 0{,}00068417}{(10-1)\,(10-2)\,(10-3)\,0{,}086^4} = 2{,}386$$

Dari hasil perhitungan di atas dan berdasarkan pada pedoman pemilihan distribusi peluang Tabel 2.1 maka pemilihan jenis distribusi yang diapakai dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Pemilihan Jenis Distribusi

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	Cs = 0	Cs = 0,417 Ck = 2,616	Tidak Memenuhi
	Ck = 3		
Gumbel Tipe I	Cs ≤ 1,1396		Memenuhi
	Ck ≤ 5,4002		
Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0	Cs = 0,261 Ck = 2,386	Memenuhi
Log Normal	Cs = 3		Tidak Memenuhi
	Ck = 5,383		

(Sumber: Hasil perhitungan)

Kesimpulan dari Tabel 4.8 bahwa distribusi yang memenuhi adalah Distribusi Gumbel Tipe I dan Distribusi Log Pearson Tipe III.

4.3.3 Uji Kecocokan

Uji kecocokan dilakuka untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang nyata antara besar debit maksimum tahunan hasil pengamatan lapangan dengan hasil perhitungan. Dari dua jenis distribusi peluang yang memenuhi dipilih satu jenis distribusi yang akan digunakan untuk perhitungan hujan periode ulang rencana. Jenis distribusi yang digunakan adalah jenis distribusi yang menghasilkan perhitungan lebih akurat dibandingkan jenis distribusi lainnya. Maka dilakukan perhitungan uji kecocokan.

Uji kecocokan yang digunakan adalah Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorov.

1. Uji Chi Kuadrat

Berdasarkan Sub Bab 2.1.4.1 tentang Uji Chi Kuadrat, diperoleh perhitungan sebagai berikut:

K = 1 + (3,322 Log 10) = 5

Dk = 5 -2 – 1 = 2
Ei = 10/5 = 2
Dari Tabel 2.7 diambil nilai derajat kepercayaan 5%.
Nilai X^2 tabel = 5,991.

1.1 Distribusi Gumbel

Rentang nilai kelas:
R = nmax – nmin = 134,412 – 80,794 = 53,617
I = R / K = 53,617 / 5 = 10,72347

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat pada Distribusi Gumbel Tipe I dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Uji Kecocokan Chi Kuadrat pada Distribusi Gumbel Tipe I

No	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		Oi - Ei	$(Oi - Ei)^2 / Ei$
			Oi	Ei		
1	80.794	91.518	4	2	2	2
2	91.518	102.241	1	2	-1	0.5
3	102.241	112.965	2	2	0	0
4	112.965	123.688	1	2	-1	0.5
5	123.688	134.412	2	2	0	0
	Total		10		X_h^2 =	3
					X_{kr} =	5.991
						OK !

(Sumber: Hasil perhitungan)

Dari perhitungan Tabel 4.9 diperoleh nilai $Xh^2 = 3$. Kurang dari X^2 tabel = 5,991. Maka distribusi ini dapat diterima.

1.2 Distribusi Log Pearson Tipe III

Rentang nilai kelas:
R = nmax – nmin = 2,1284 – 1,9074 = 0,2211

I = R / K = 0,2211 / 5 = 0,0442

Hasil perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Perhitungan Uji Kecocokan Chi Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		Oi - Ei	$(Oi - Ei)^2 / Ei$
			Oi	Ei		
1	1.9074	1.9516	4	2	2	2
2	1.9516	1.9958	1	2	-1	0.5
3	1.9958	2.0400	1	2	-1	0.5
4	2.0400	2.0842	2	2	0	0
5	2.0842	2.1284	2	2	0	0
	Total		10		X_h^2 =	3
					X_{kr} =	5.991
						OK !

(Sumber: Hasil perhitungan)

Dari perhitungan Tabel 4.10 diperoleh nilai $Xh^2 = 3$. Lebih dari X^2 tabel = 5,991. Maka distribusi ini dapat diterima.

2. Uji Smirnov Kolmogorov

Berdasarkan Sub Bab 2.1.4.2 tentang Uji Smirnov Kolmogorov, hasil perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov untuk DIstribusi Gumbel Tipe I dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan untuk Distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.11. Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov pada Distribusi Gumbel Tipe I

R (mm)	m	P(x) = m/(n+1)	P (x<)	f(t) = (R-Rr)/S	P' (x)	P'(x<)	D
134.412	1	0.0909	0.9091	1.61	0.0537	0.9463	0.0372
126.875	2	0.1818	0.8182	1.24	0.1075	0.8925	0.0743
117.765	3	0.2727	0.7273	0.80	0.2119	0.7881	0.0608
111.772	4	0.3636	0.6364	0.51	0.305	0.695	0.0586
104.132	5	0.4545	0.5455	0.14	0.4443	0.5557	0.0102
92.794	6	0.5455	0.4545	-0.42	0.6628	0.3372	-0.1173
82.206	7	0.6364	0.3636	-0.93	0.8238	0.1762	-0.1874
81.617	8	0.7273	0.2727	-0.96	0.8315	0.1685	-0.1042
80.978	9	0.8182	0.1818	-0.99	0.8389	0.1611	-0.0207
80.794	10	0.9091	0.0909	-1.00	0.8413	0.1587	0.0678
						D_{maks} =	0.074
						Do =	0.410

(Sumber: Hasil perhitungan)

Dari hasil perhitungan Tabel 4.11 maka diambil nilai Dmax sebesar 0,074. Nilai tersebut kurang dari Do = 0,41 sebagai acuan penerimaan uji kecocokan ini. Maka kesimpulannya adalah dapat diterima.

Tabel 4.12. Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov pada Distribusi Log Pearson Tipe III

Log R (mm)	m	P(x) = m/(n+1)	P (x<)	f(t) = (R-Rr)/S	P' (x)	P'(x<)	D
2.1284	1	0.0909	0.9091	1.50	0.0668	0.9332	0.0241
2.1034	2	0.1818	0.8182	1.21	0.1131	0.8869	0.0687
2.0710	3	0.2727	0.7273	0.84	0.2005	0.7995	0.0722
2.0483	4	0.3636	0.6364	0.58	0.281	0.719	0.0826
2.0176	5	0.4545	0.5455	0.23	0.409	0.591	0.0455
1.9675	6	0.5455	0.4545	-0.35	0.6368	0.3632	-0.0913
1.9149	7	0.6364	0.3636	-0.96	0.8315	0.1685	-0.1951
1.9118	8	0.7273	0.2727	-0.99	0.8389	0.1611	-0.1116
1.9084	9	0.8182	0.1818	-1.03	0.8485	0.1515	-0.0303
1.9074	10	0.9091	0.0909	-1.04	0.8508	0.1492	0.0583
						D_{maks} =	0.083
						Do =	0.410

(Sumber: Hasil perhitungan)

Dari hasil perhitungan Tabel 4.12 maka diambil nilai Dmax sebesar 0,083. Nilai tersebut kurang dari Do = 0,41 sebagai acuan penerimaan uji kecocokan ini. Maka kesimpulannya adalah dapat diterima.

Kesimpulan dari kedua uji kecocokan yang dilakukan terhadap dua Distribusi Peluang maka dinyatakan bahwa Distribusi Gumbel Tipe I layak digunakan untuk menghitung Hujan Periode Ulang rencana.

4.3.4. Perhitungan Hujan Periode Ulang Rencana

Perhitungan hujan periode ulang rencana menggunakan Distribusi Gumbel Tipe I. Berdasarkan Tabel 2.9, perencanaan hujan periode ulang untuk saluran tersier adalah periode ulang 2 tahun. Untuk saluran perimer dan sekunder, direncanakan menggunakan periode ulang 5 tahun.

Perhitungan hujan periode ulang rencana menggunakan Persamaan 2.11. Berikut adalah hasil perhitungannya.
Xbar = 101,3344 mm
Sd = 20,54
Yn = 0,4952 (Tabel 2.3)
Sn = 0,9496 (Tabel 2.4)

Periode Ulang 2 Tahun
Y = 0,3665 (Tabel 2.5)
R_2 = 98,55063 mm

Periode Ulang 5 Tahun
Y = 1,994 (Tabel 2.5)
R_5 = 133,7536 mm

Nilai hujan periode ulang tahun ini akan dipakai untuk menghitung besarnya tinggi hujan rencana pada setiap jam. Asumsi yang diambil untuk lamanya hujan yang terjadi di DAS Kali Bokor adalah selama 4 jam.

Contoh perhitungan untuk periode ulang 2 tahun pada jam pertama.

R_n = $\frac{X_2}{t} \times (\frac{t}{n})^{\frac{2}{3}}$

R_1 = $\frac{98,55063}{4} \times (\frac{4}{1})^{\frac{2}{3}}$ = 62,08 mm

R_n' = $n \times Rn - (n-1) \times R_{n-1}$

R_1' = $1 \times 62,08 - (1-1) \times 0$ = 62,08 mm

Hasil perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Tinggi Hujan pada Jam ke - t

Rt	PUH		Rt'	PUH	
	2	5		2	5
Jam	mm		Jam	mm	
1	62,08	84,26	1	62,08	84,26
2	39,11	53,08	2	16,13	21,9
3	29,85	40,51	3	11,31	15,36
4	24,64	33,44	4	9,01	12,23

(Sumber: Hasil perhitungan)

4.3.5 Perhitungan SCS *Unit Hydrograph*

Perhitungan SCS UH ini adalah mencari nilai parameter-parameter berdasarkan data yang diperoleh. Lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.14.

1. Nilai *Impervious* dan CN

Kedua nilai didapat berdasarkan Tabel 2.12 yang sudah disesuaikan dengan Peta Tata Guna Lahan di DAS Kali Bokor.

2. Nilai Retensi Maksimum(S)

Retensi Maksimum didapat dari Persamaan:

$S = (1000 / CN) - 10$

3. Nilai kemiringan lahan (Y)

Nilai kemiringan lahan diambil berdasarkan Peta Topografi.

4. Panjang *overland flow*

Nilai ini didapat dari pengukuran manual pada Peta Topografi. Mengambil nilai jarak terjauh lahan ke saluran.

5. *Time Lag* (t_L)

Time Lag dihitung berdasarkan Persamaan:

$$t_L = \frac{L^{0.8} * (S+1)^{0.7}}{1900 * Y^{0.5}}$$

Tabel 4.14. Parameter SCS UH Untuk DAS Kalibokor

Kode CA	CN	Impervious (%)	S	L (ft)	tL (jam)
100181	81	81.5	2.346	1365.23	0.79
100182	87.3	94.5	1.455	965.67	0.827
100186	84.4	92	1.848	673.65	0.388
123000	75.9	86.25	3.175	246.79	0.588
126000	74.25	80	3.468	246.79	0.616
301552	81.2	59.75	2.315	226.72	0.388
300001	84.1	81	1.891	426.91	0.508
300002	78.8	88	2.69	495.49	1.334
350001	75.2	85.75	3.298	969.78	1.026
351000	74	85	3.514	348.96	0.596
301551	81.2	89.5	2.315	482.7	1.036
400001	85.4	92.5	1.71	219.55	0.457
450001	83.5	89.5	1.976	2400.39	2.613
450002	63.2	67	5.823	383.27	0.436
453000	84.4	92	1.848	378.32	0.554
400002	78.8	88	2.69	393.35	0.988
304250	85	92	1.765	856.73	0.962
401252	83.85	86	1.926	229.03	0.72
129601	84	83	1.905	46.75	0.128
120000	82.5	89	2.121	479.91	0.411
129602	80.2	89	2.469	526.02	0.51
401251	80.85	77	2.369	526.94	0.708
402450	81.15	79.75	2.323	383.95	0.336
404250	86.05	84.75	1.621	456.51	0.578

Lanjutan Tabel 4.14. Parameter SCS UH Untuk DAS Kalibokor

Kode CA	CN	Impervious (%)	S	L (ft)	tL (jam)
455500	89.1	94.5	1.223	152.98	0.352
458900	87.1	92.5	1.481	583.89	0.685
462900	89.05	94.5	1.23	533.86	0.895
130000	87	93.75	1.494	607.49	0.763
500001	80.4	74.5	2.438	626.25	0.745
500002	77.95	78.75	2.829	512	0.661
138000	86.35	87	1.581	150.43	0.54
500900	88.1	93	1.351	1391.66	1.79
502500	85.5	87	1.696	1258.4	1.328
505500	80.3	83.5	2.453	1134.08	1.144
140001	84.9	90.5	1.779	768.39	1.499
140002	82.6	90.5	2.107	291.11	0.592
506400	81.3	80.5	2.3	345.18	0.236
140003	82.7	91	2.092	190.65	0.417
694452	81.1	88	2.33	282.16	0.731
694451	80	84.5	2.5	987.69	1.071
694453	89.5	95.75	1.173	842.13	0.749
142000	92.3	92.75	0.834	552.9	0.943
696100	85.25	89.5	1.73	334.04	0.56
698350	80.9	73	2.361	647.52	0.396
699200	79.7	72.25	2.547	193.98	0.332
697200	82.4	81.5	2.136	551.87	0.575
144000	87.55	91.25	1.422	583.5	0.301
700100	78.7	71	2.706	767.56	0.993

Lanjutan Tabel 4.14. Parameter SCS UH Untuk DAS Kalibokor

Kode CA	CN	Impervious (%)	S	L (ft)	tL (jam)
703001	79.95	71.5	2.508	61.38	0.148
703002	79.4	73.25	2.594	1195.23	1.241
710001	81.15	88.75	2.323	980.03	0.881
711951	83.1	82.25	2.034	667.87	1.328
711952	83.6	82.5	1.962	1010.49	1.388
750002	83.6	86.75	1.962	237.97	0.342
750001	82.65	73.5	2.099	444.6	0.562
705000	80	74	2.5	1039.48	1.845
752060	85.9	91	1.641	265.72	0.575
754701	84.45	91	1.841	612.26	0.801
710002	85.4	92.5	1.71	595.05	0.631
758001	80.6	89.5	2.407	331.46	0.916
754702	79.75	87.75	2.539	543.89	0.764
760000	84.05	90.5	1.898	720.89	0.71
758002	85	92	1.765	936.65	0.921
164001	83.6	91	1.962	435.71	0.75
164002	82.4	91	2.136	293.73	0.739
164003	83.85	86	1.926	239.11	0.241
164004	82.65	86	2.099	240.95	0.253
606051	87.3	93.75	1.455	542.7	0.523
606052	86.1	93	1.614	612.01	0.36
602200	83.1	82.25	2.034	462.43	0.278
603450	84	83	1.905	443.08	0.51
158000	80.25	84.5	2.461	979.67	0.963

Lanjutan Tabel 4.14. Parameter SCS UH Untuk DAS Kalibokor

Kode CA	CN	Impervious (%)	S	L (ft)	tL (jam)
550002	78.4	70	2.755	48.62	0.162
550001	77.15	80.75	2.962	961.31	0.867
580002	84.1	86	1.891	47.32	0.13
580001	77.6	87.25	2.887	968.61	0.968
600001	84.1	86	1.891	1191.23	1.299
600002	78.9	70.5	2.674	1449.18	1.86
840000	75.45	72.75	3.254	2551.54	2.847
168920	85.7	88.25	1.669	869.94	0.989
168000	83.6	91	1.962	550.85	0.631
800002	81.7	79.5	2.24	229.43	0.165
800001	84.8	87.5	1.792	400.62	0.51
171870	85.45	91.5	1.703	747.31	0.879
830001	87.15	92.5	1.474	398.35	0.226
830002	84.3	81.25	1.862	780.37	0.582
870001	82.65	73.25	2.099	1608.86	1.155
870002	81.6	73	2.255	714.78	0.553
861250	74	85	3.514	496.79	0.944
858100	84.1	81	1.891	430.98	0.251
855000	83.1	80.5	2.034	388.62	0.268
853350	75.2	85.75	3.298	1113.77	0.562
850000	79.25	79	2.618	2565.68	1.695
177370	77.6	83	2.887	1262.83	1.452
182420	74	85	3.514	1312.65	1.585
900000	74	85	3.514	1345.51	1.78

Lanjutan Tabel 4.14. Parameter SCS UH Untuk DAS Kalibokor

Kode CA	CN	Impervious (%)	S	L (ft)	tL (jam)
187401	75.2	81.5	3.298	1458.09	1.91
187402	75.2	9.25	3.298	1971.97	2.781

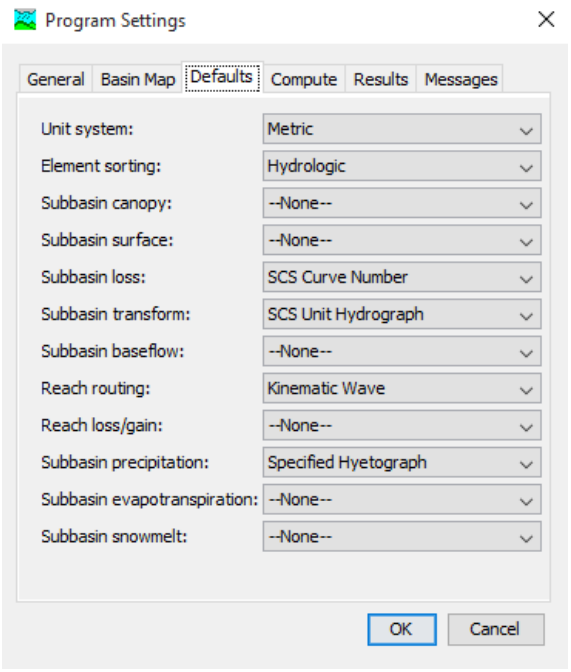
(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.3.6. Perhitungan Debit dengan Program Bantu HEC-HMS

Analisis debit hidrologi rencana untuk DAS Kali Bokor menggunakan Program Bantu HEC-HMS. Langkah kerja penggunaan HEC-HMS adalah sebagai berikut:

1. *Program Setting*

Pada *Menu bar* klik *Tools* → *Program Settings*. Kemudian akan muncul *window* baru, klik pada *tab Defaults*. Selanjutnya ubah pengaturan seperti pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 *Program Setting* HEC-HMS

Subbasin loss : parameter untuk mengetahui nilai volume limpasan efektif dengan menginput nilai *impervious* dan CN.

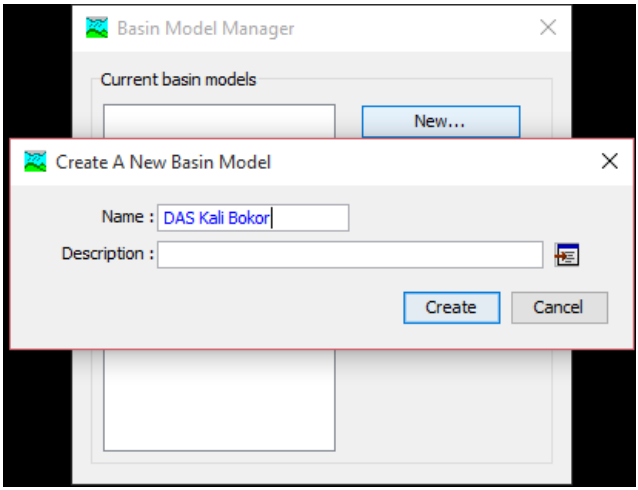
Subbasin transform : parameter untuk mentransformasikan nilai hujan rencana menjadi volume limpasan.

Subbasin baseflow : nilai *baseflow* pada saluran. Pada perhitungan HEC-HMS tidak diperlukan. *Baseflow* akan di input pada analisa hidrolika dengan program HEC-RAS.

Reach Routing : untuk menganalisa penelusuran aliran - aliran dari hulu sampai hilir.

2. *Basin Model Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Basin Model Manager*. Pilih *new* dan tulis nama DAS kemudian klik *Create* seperti Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5. *Basin Model Manager*

3. *Meteorologic Model Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Meteorologic Model Manager*. Pilih *new* kemudian klik *Create*.

4. *Control Specification Manager*

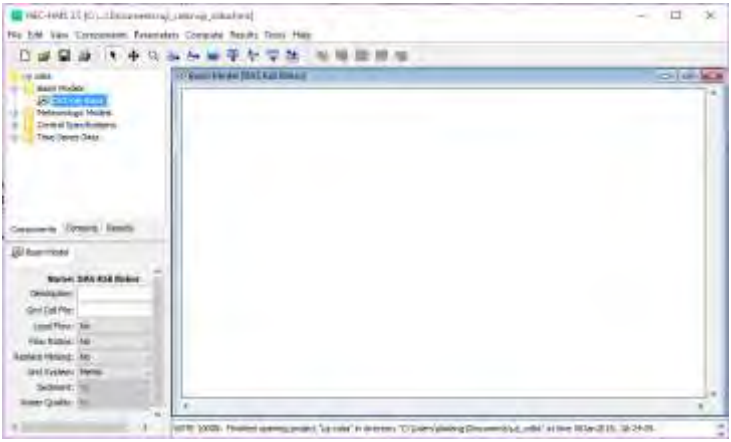
Pada *Menu bar* klik *Components* → *Control Specifications Manager*. Pilih *new* kemudian klik *Create*.

5. *Time-Series Data Manager*

Pada *Menu bar* klik *Components* → *Time-Series Data Manager*. *Data Type* dipilih *Precipitation Gages*, klik *new* kemudian klik *Create*.

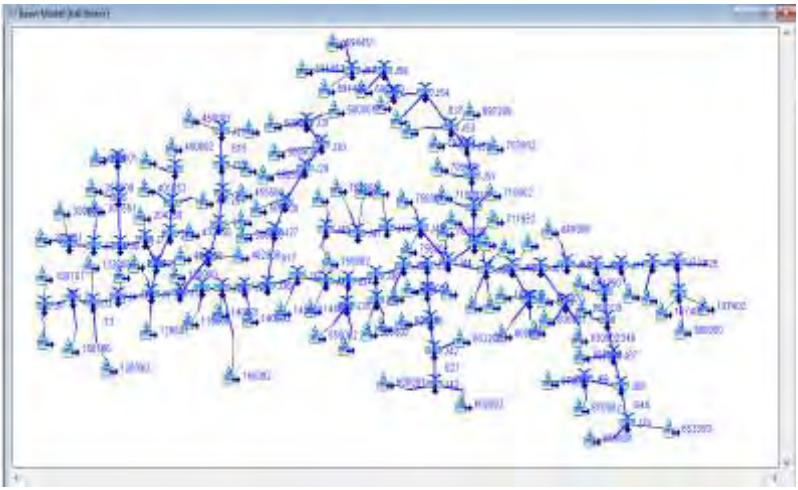
4.3.6.1. Skema Saluran pada *Basin Model*

Langkah pertama adalah membuat skema saluran pada *Basin Model*. Pada *window* utama disebelah kiri layar, klik *Basin Models* kemudian klik dua kali pada Kali Kenjeran maka akan muncul layar baru untuk menggambar skema saluran seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Layar Utama HEC-HMS

Hasil gambar skema saluran DAS Kali Bokor dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Skema Jaringan HEC-HMS DAS Kalibokor

4.3.6.2 Input Parameter

Langkah selanjutnya adalah menginput parameter - parameter SCS UH pada *Basin Models*. Parameter - parameter ini terdapat pada Tabel 4.1 - Tabel 4.3 untuk panjang saluran dan luas Sub-DAS serta Tabel 4.14 untuk nilai *time lag*. Untuk menginput luas sub-DAS, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Subbasin Area*. Untuk menginput nilai *impervious* dan CN, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Loss* → *SCS Curve Number*. Untuk menginput *lag time*, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Transform* → SCS *Unit Hydrograph*. Terakhir untuk menginput panjang saluran, pada *Menu bar* pilih *Parameters* → *Routing* → *Kinematic Wave*.

Kemudian menginput parameter pada *Meteorologic Models*, klik *Meteorologic Models* pada *window* utama → *Met 1*. Pada *tab Basin*, *Include Subbasins* diubah menjadi *Yes*. Lalu klik *Met 1* → *Specified Hyetograph*, ubah *Gage* menjadi *Gage 1* untuk semua *Subbasin*.

Selanjutnya klik *Control Specifications* pada *window* utama → *Control 1*. Input *Control 1* untuk 1 hari, mulai dari jam ke 00:00 tanggal tertentu sampai jam ke 00:00 tanggal setelahnya.

Langkah terakhir adalah menginput tinggi hujan yang terdapat pada Tabel 4.18. Klik *Time-Series Data* → *Precipitation Gage* → *Gage 1*. Ubah *Time Interval* menjadi 1 *hour*. Kemudian pada *tab Table*, input data tinggi hujan mulai dari jam ke 01:00 - 04:00. Untuk jam ke 05:00 - 24:00 diisikan nilai 0.

4.2.6.3. Output HEC-HMS

Output yang dihasilkan pada HEC-HMS adalah debit puncak atau *peak discharge*. Sebelumnya *running* terlebih dahulu untuk mendapatkan outputnya. Untuk *running*, pada *Menu Bar* → *Compute* → *Create Compute* → *Simulation Run*.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan *running* sebanyak 2 kali. *Run 1* untuk nilai tinggi hujan pada *Time-Series Data* periode ulang 2 tahun dan *Run 2* untuk periode ulang 5 tahun. Output dari periode hujan 2 tahun akan digunakan untuk mencari dimensi saluran tersier dengan perhitungan manual. Sedangkan output dari periode hujan 5 tahun akan dijadikan inputan *Flow Hydrograph* dan *Lateral Inflow Hydrograph* pada program HEC-RAS untuk mendapatkan dimensi saluran sekunder dan primer. Berikut output dari program HEC-HMS periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier (Tabel 4.15) dan periode ulang 5 tahun untuk saluran primer (Tabel 4.16) dan saluran sekunder (Tabel 4.17).

Tabel 4.15. $Q_{hidrologi}$ Saluran Tersier DAS Kalibokor

Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)	Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)
T1	1.1	T35	0.3
T2	1.1	T36	0.9
T3	0.5	T37	0.5
T4	0.4	T38	0.4
T5	0.3	T39	0.5
T6	0.5	T40	0.7

Lanjutan Tabel 4.15. $Q_{hidrologi}$ Saluran Tersier DAS Kalibokor

Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)	Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)
T7	0.4	T41	0.5
T8	0.8	T42	0.5
T9	0.6	T43	0.4
T10	0.9	T44	0.6
T11	0.2	T45	1.4
T12	0.4	T46	0.6
T13	0.5	T47	1
T14	0.5	T48	0.7
T15	0.3	T49	0.4
T16	0.8	T50	0.4
T17	0.3	T51	0.5
T18	0.6	T52	0.2
T19	0.9	T53	0.2
T20	0.5	T54	0.5
T21	0.7	T55	0.7
T22	0.4	T56	0.2
T23	0.3	T57	0.7
T24	0.8	T58	0.3
T25	0.7	T59	0.7
T26	0.9	T60	0.7
T27	0.8	T61	1
T28	0.5	T62	1.1
T29	0.8	T63	1
T30	0.5	T64	1
T31	0.7	T65	2.2

Lanjutan Tabel 4.15. $Q_{hidrologi}$ Saluran Tersier DAS Kalibokor

Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)	Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)
T32	1	T66	1.2
T33	0.7	T67	1.3
T34	0.2	T68	2.3

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.16. $Q_{hidrologi}$ Saluran Primer DAS Kalibokor

Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)	Kode Saluran	$Q_{hidrologi}$ (m^3/s)
P1	2	P14	19.5
P2	2.7	P15	20
P3	3.3	P16	23.7
P4	3.4	P17	38.9
P5	10.8	P18	40.1
P6	12.4	P19	41.4
P7	12.2	P20	42.9
P8	13.3	P21	43.7
P9	13.2	P22	51.1
P10	17.2	P23	52.2
P11	16.8	P24	53.9
P12	16.9	P25	57.4
P13	18.2		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.17. $Q_{hidrologi}$ Saluran Sekunder DAS Kalibokor

Kode Saluran	Qhidologi (m3/s)	Kode Saluran	Qhidologi (m3/s)
S1	7.1	S27	2
S2	4.4	S28	3.8
S3	3.2	S29	2.7
S4	1.5	S30	2.6
S5	1	S31	1.7
S6	1.8	S32	11.2
S7	1.2	S33	9.9
S8	2.2	S34	8.7
S9	2.1	S35	8.5
S10	0.9	S36	5.9
S11	1.8	S37	4
S12	1.3	S38	2.8
S13	0.9	S39	2
S14	0.8	S40	1.6
S15	0.7	S41	1.6
S17	4.3	S42	1.8
S18	3.9	S43	2.7
S19	2.8	S44	8
S20	2.1	S45	7.3
S21	1.5	S46	6.7
S22	1.7	S47	6.1
S23	1.9	S48	2.4

Tabel 4.17. $Q_{hidrologi}$ Saluran Sekunder DAS Kalibokor

Kode Saluran	Qhidologi (m3/s)	Kode Saluran	Qhidologi (m3/s)
S24	4.1	S49	4.2
S25	2.9	S50	4.2
S26	2.6		

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4 Analisa Hidrolika

Analisis hidrolika adalah perhitungan saluran drainase untuk mendapatkan debit hidrolika, termasuk juga perhitungan kapasitas pompa dan kolam tampungan jika diperlukan. Analisis hidrolika menggunakan program bantu HEC RAS.

4.4.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Tersier

Saluran tersier DAS Kali Bokor ini direncanakan menggunakan *box culvert*. Dimensi saluran tersier *box culvert* diambil dari dimensi pabrikan. Dimensi-dimensi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.18. Dalam perencanaan ini diasumsikan kemiringan rata-rata saluran adalah 0,0002. Tinggi jagaan diasumsikan 10 cm. Tinggi sedimentasi saluran diasumsikan sebesar 10% dari tinggi dimensi *box culvert* setelah dikurangi tinggi jagaan.

Tabel 4.18 Dimensi *Box Culvert* Pabrikan

No	Nama Produk	b	h	V Hidrolika	Q Hidrolika
		m	m	m/s	m^3/s
1	Tipe 1	0.3	0.2	0.045	0.001
2	Tipe 2	0.3	0.3	0.067	0.004

Lanjutan Tabel 4.18 Dimensi *Box Culvert* Pabrikan

No	Nama Produk	b	h	V Hidrolika	Q Hidrolika
		m	m	m/s	m^3/s
3	Tipe 4	0.3	0.5	0.092	0.01
4	Tipe 5	0.4	0.3	0.074	0.005
5	Tipe 6	0.4	0.4	0.091	0.01
6	Tipe 7	0.4	0.5	0.103	0.015
7	Tipe 8	0.4	0.6	0.113	0.02
8	Tipe 9	0.4	0.7	0.121	0.026
9	Tipe 10	0.5	0.3	0.078	0.007
10	Tipe 12	0.5	0.5	0.112	0.02
11	Tipe 14	0.5	0.7	0.133	0.036
12	Tipe 15	0.6	0.4	0.103	0.017
13	Tipe 16	0.6	0.5	0.119	0.026
14	Tipe 17	0.6	0.6	0.132	0.036
15	Tipe 19	0.6	0.8	0.151	0.058
16	Tipe 20	0.6	1	0.165	0.081
17	Tipe 21	0.8	0.6	0.144	0.052
18	Tipe 23	0.8	0.8	0.167	0.085
19	Tipe 24	0.8	1	0.184	0.121
20	Tipe 25	0.8	1.2	0.198	0.159
21	Tipe 26	1	0.8	0.179	0.114
22	Tipe 27	1	1.2	0.215	0.216
23	Tipe 28	1	1.4	0.228	0.271
24	Tipe 29	1.2	1	0.211	0.207
25	Tipe 30	1.2	1.2	0.229	0.276

Lanjutan Tabel 4.18 Dimensi *Box Culvert* Pabrikan

No	Nama Produk	b	h	V Hidrolika	Q Hidrolika
		m	m	m/s	m^3/s
26	Tipe 31	1.2	1.4	0.244	0.347
27	Tipe 33	1.4	1.2	0.24	0.338
28	Tipe 34	1.4	1.4	0.257	0.427
29	Tipe 35	1.4	1.6	0.271	0.52
30	Tipe 36	1.4	1.8	0.283	0.616
31	Tipe 38	1.6	1.4	0.268	0.509
32	Tipe 39	1.6	1.6	0.283	0.622
33	Tipe 40	1.6	1.8	0.297	0.739
34	Tipe 42	2	2.5	0.362	1.591
35	Tipe 43	2.5	1.5	0.312	0.998
36	Tipe 44	2.5	2.5	0.39	2.146
37	Tipe 46	3.5	1.5	0.335	1.502
38	Tipe 47	3.5	2.5	0.431	3.316
39	Tipe 48	4	2.5	0.446	3.921
40	Tipe 49	4	2	0.4	2.785
41	Tipe 50	4	4	0.542	7.758

Penentuan dimensi saluran tersier ini menggunakan Microsoft Excel secara *trial and error* sampai mendapatkan selisih $Q_{hidrologi}$ dan $Q_{hidrolika}$ seminimal mungkin.

Contoh perhitungan: Saluran T1 dengan nilai $Q_{hidrologi}$ sebesar 1,1 m^3/s.

Direncanakan menggunakan *box culvert* Tipe 40

B = 1,6 m

H = 1,8 m
h = H – tinggi jagaan – tinggi sedimentasi
= 1,8 – 0,1 – 0,17
= 1,53 m
A = 1,53 x 1,6 = 2,448 m^2
P = 2(1,53) + 1,6 = 4,66 m
R = 2,448/4,66 = 0,525 m
v = 1/0,02 x $0,0002^{1/2}$ x $0,525^{2/3}$ = 0,459 m/s
$Q_{hidrolika}$ = 0,459 x 2,448 = 1,127 m^3/s > $Q_{hidrologi}$ = 1,1 m^3/s

Jadi *box culvert* Tipe 40 memenuhi kapasitas saluran T1. Hasil perhitungan saluran tersier lainnya dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perencanaan Tipe *Box Culvert* Saluran Tersier

Nama Saluran	Nama Produk	Nama Saluran	Nama Produk
T1	Tipe 40	T35	Tipe 27
T2	Tipe 41	T36	Tipe 39
T3	Tipe 32	T37	Tipe 32
T4	Tipe 31	T38	Tipe 31
T5	Tipe 27	T39	Tipe 32
T6	Tipe 31	T40	Tipe 35
T7	Tipe 31	T41	Tipe 32
T8	Tipe 32	T42	Tipe 31
T9	Tipe 32	T43	Tipe 31
T10	Tipe 39	T44	Tipe 35
T11	Tipe 27	T45	Tipe 43
T12	Tipe 31	T46	Tipe 35
T13	Tipe 31	T47	Tipe 39
T14	Tipe 32	T48	Tipe 35
T15	Tipe 27	T49	Tipe 31

Lanjutan Tabel 4.19 Perencanaan Tipe *Box Culvert* Saluran Tersier

Nama Saluran	Nama Produk	Nama Saluran	Nama Produk
T16	Tipe 39	T50	Tipe 31
T17	Tipe 27	T51	Tipe 32
T18	Tipe 32	T52	Tipe 27
T19	Tipe 39	T53	Tipe 27
T20	Tipe 32	T54	Tipe 31
T21	Tipe 35	T55	Tipe 35
T22	Tipe 31	T56	Tipe 27
T23	Tipe 27	T57	Tipe 32
T24	Tipe 35	T58	Tipe 27
T25	Tipe 35	T59	Tipe 32
T26	Tipe 39	T60	Tipe 35
T27	Tipe 35	T61	Tipe 39
T28	Tipe 32	T62	Tipe 40
T29	Tipe 35	T63	Tipe 39
T30	Tipe 31	T64	Tipe 39
T31	Tipe 35	T65	Tipe 42
T32	Tipe 39	T66	Tipe 41
T33	Tipe 35	T67	Tipe 43
T34	Tipe 27	T68	Tipe 42

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4.2 Analisa Kapasitas Saluran Primer dan Sekunder

Perencanaan dimensi saluran primer dan sekunder menggunakan program bantu HEC-RAS berdasarkan data debit hidrologi dari hasil analisis HEC-HMS. Debit yang diperoleh kemudian ditambah 30% dari debit maksimum pada masing-masing saluran sebagai *baseflow*. *Baseflow* difungsikan supaya

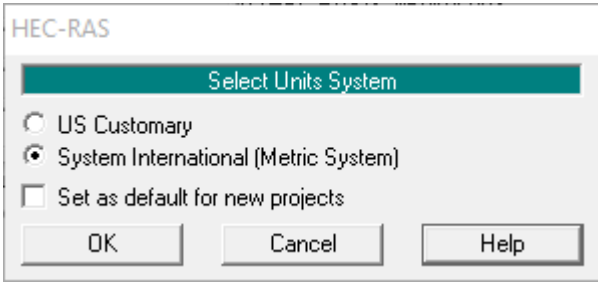
aliran air di dalam saluran tetap ada meski bukan pada waktu terjadinya hujan. Bentuk penampang saluran direncanakan berbentuk persegi empat. Digunakan pula perkuatan *sheet pile* untuk menahan longsor tanah.

4.4.3 Perhitungan Dimensi Saluran dengan Program Bantu HEC-RAS

Analisis dimensi saluran untuk DAS Kali Bokor menggunakan Program Bantu HEC-RAS. Langkah kerja penggunaan HEC-RAS adalah sebagai berikut:

4.4.3.1 *Setting Units System*

Pada *Menu Bar* klik *Options* → *Unit System (US Customary/SI)* lalu akan muncul tampilan seperti pada gambar 4.8. Pilih *System International (Metric System)* untuk menyamakan *setting* dengan HEC-HMS

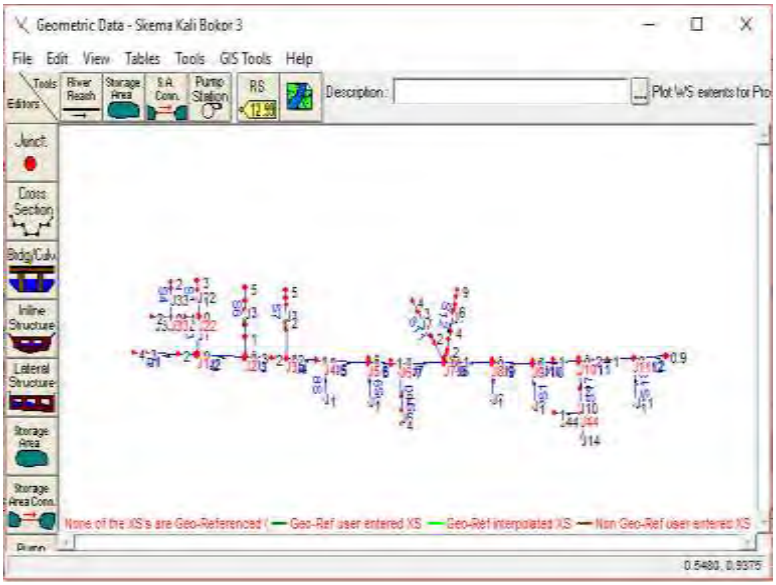


Gambar 4.8 *Setting Units System* HEC-RAS

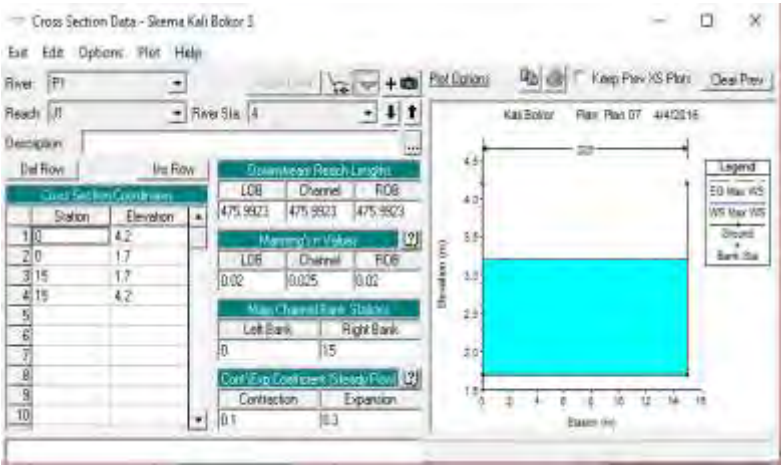
4.4.3.2 Skema Saluran Primer dan Sekunder

Langkah berikutnya adalah membuat skema saluran primer dan sekunder serta *Cross Section* dari tiap-tiap saluran. Data yang perlu dimasukkan dalam membuat *cross section* adalah panjang saluran, rencana dimensi dan elevasi saluran, koefisien manning sebesar 0,02 untuk LOB dan ROB serta 0,025 untuk

Channel. Hasil pembuatan skema saluran primer dan sekunder dapat dilihat pada gambar 4.9, sedangkan *cross section* dari salah satu saluran primer dapat dilihat pada gambar 4.10.



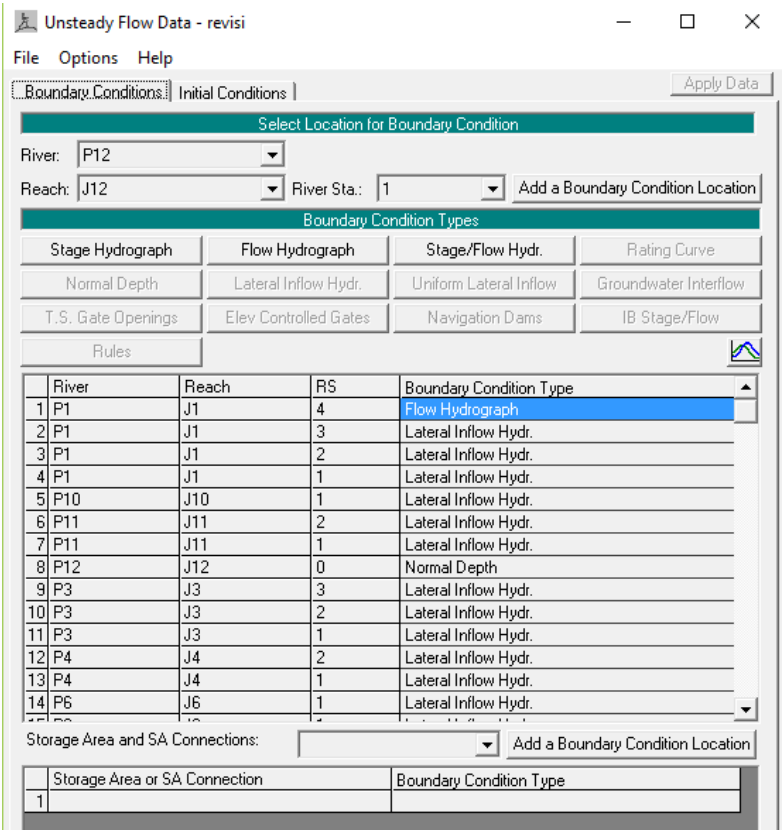
Gambar 4.9 Skema Saluran Primer dan Sekunder HEC-RAS pada DAS Kalibokor



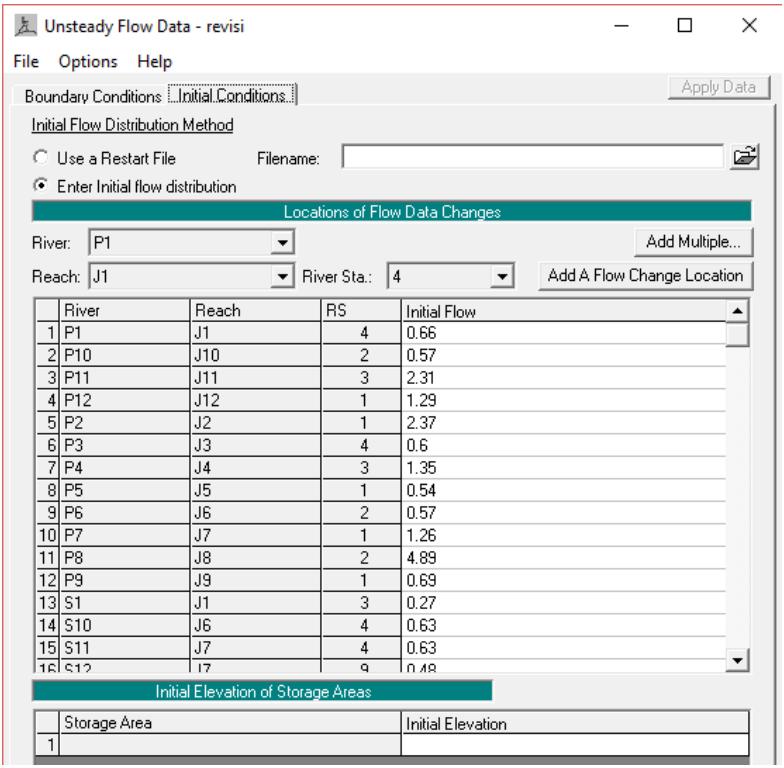
Gambar 4.10 *Cross Section* Saluran Primer HEC-RAS pada DAS Kalibokor

4.4.3.3 Input Data *Unsteady Flow*

Data debit banjir dari hasil analisis HEC-HMS yang dimasukkan adalah dari saluran tersier. Pada inputan ini, debit yang digunakan adalah pada titik yang mempunyai *cross section* yang berarti ada saluran tersier yang masuk ke saluran sekunder maupun saluran primer. Pada *unsteady flow data* ini terdapat dua macam inputan debit saluran, *boundary condition* dan *initial condition.* Input *boundary condition* pada *cross section* hulu diisi dengan *Flow Hydrograph.* Untuk *cross section* di tengah, diisi dengan *Lateral Hydrograph.* Lalu untuk bagian hilir saluran primer diisi dengan *Normal Depth,* yaitu asumsi bahwa kemiringan hilir sama dengan kemiringan saluran terakhir sehingga belum terpengaruh pasang surut air laut. Nilai kemiringan yang diasumsikan pada *Normal Depth* adalah sebesar 0,0001. Input *initial condition* adalah input data debit pada jam ke 00.00. Hasil *boundary condition* dapat dilihat pada gambar 4.11 dan *initial condition* dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.11 *Boundary Condition Unsteady Flow Data*



Gambar 4.12 *Initial Condition Unsteady Flow Data*

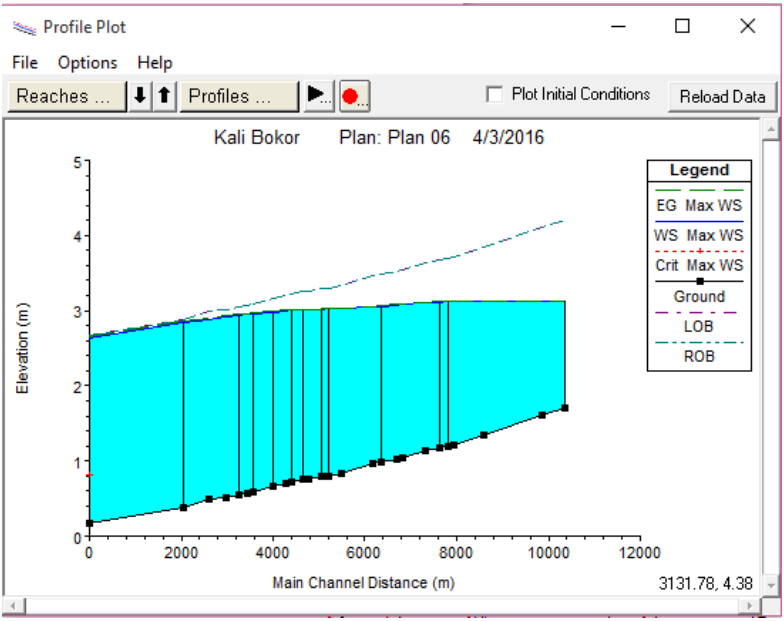
4.4.3.4 Output Dimensi Saluran Primer dan Sekunder pada HEC-RAS DAS Kali Bokor

Setelah semua data dimasukkan, maka selanjutnya adalah me-*running* program HEC-RAS. Cara melakukannya adalah:

1. Pilih menu *run*
2. Pilih *unsteady flow analysis*
3. Centang *geometry preprocessor, unsteady flow simulatio*n, dan *post processor*

4. Isi *simulation time window* sesuai dengan waktu *flow hydrograph*
5. Tekan tombol *compute*

Output dari HEC-RAS bisa dilihat pada menu View → Water Surface Profiles. Outputan ini menampilkan potongan memanjang saluran sepanjang penampang.Potongan memanjang Saluran Primer Kali Bokor dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Potongan Memanjang Saluran Primer

Berdasarkan output analisis HEC-RAS, dimensi saluran primer dapat menampung debit banjir. Detail dimensi saluran primer dan sekunder DAS Kali Bokor dapat dilihat pada tabel 4.20 untuk saluran primer dan tabel 4.21 untuk saluran sekunder.

Tabel 4.20 Dimensi Saluran Primer DAS Kalibokor

No	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi Saluran		Jenis Perkuatan
			Lebar (m)	Tinggi (m)	
1	P1	475.9923	15	2.5	Sheet Pile
2	P2	1298.376	15	2.5	Sheet Pile
3	P3	654.1088	15	2.5	Sheet Pile
4	P4	105.725	15	2.5	Sheet Pile
5	P5	184.8044	15	2.5	Sheet Pile
6	P6	327.9909	15	2.5	Sheet Pile
7	P7	468.3401	15	2.5	Sheet Pile
8	P8	147.7574	15	2.5	Sheet Pile
9	P9	316.896	15	2.5	Sheet Pile
10	P10	192.2436	20	2.5	Sheet Pile
11	P11	697.8699	20	2.5	Sheet Pile
12	P12	266.1825	20	2.5	Sheet Pile
13	P13	174.2889	20	2.5	Sheet Pile
14	P14	267.7328	30	2.5	Sheet Pile
15	P15	118.9685	30	2.5	Sheet Pile
16	P16	264.5575	30	2.5	Sheet Pile
17	P17	109.8586	30	2.5	Sheet Pile
18	P18	289.2651	30	2.5	Sheet Pile
19	P19	416.7628	30	2.5	Sheet Pile
20	P20	143.8398	35	2.5	Sheet Pile
21	P21	178.2385	35	2.5	Sheet Pile
22	P22	269.6393	35	2.5	Sheet Pile
23	P23	372.2953	35	2.5	Sheet Pile
24	P24	564.1747	35	2.5	Sheet Pile

Lanjutan Tabel 4.20 Dimensi Saluran Primer DAS Kalibokor

No	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi Saluran		Jenis Perkuatan
			Lebar (m)	Tinggi (m)	
25	P25	2046.051	35	2.5	Sheet Pile

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.21 Dimensi Saluran Sekunder DAS Kalibokor

No	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi Saluran		Jenis Perkuatan
			Lebar (m)	Tinggi (m)	
1	S1	163.9438	5	2.5	Sheet Pile
2	S2	164.1991	5	2.5	Sheet Pile
3	S3	164.1991	5	2.5	Sheet Pile
4	S4	134.3006	5	2.5	Sheet Pile
5	S5	163.9582	5	2.5	Sheet Pile
6	S6	268.5791	5	2.5	Sheet Pile
7	S7	55.6503	5	2.5	Sheet Pile
8	S8	228.6362	5	2.5	Sheet Pile
9	S9	123.1026	5	2.5	Sheet Pile
10	S10	134.3444	5	2.5	Sheet Pile
11	S11	392.6101	5	2.5	Sheet Pile
12	S12	252.4361	5	2.5	Sheet Pile
13	S13	306.9264	5	2.5	Sheet Pile
14	S14	165.9943	5	2.5	Sheet Pile
15	S15	279.7606	5	2.5	Sheet Pile
16	S17	481.8591	5	2.5	Sheet Pile
17	S18	152.2509	5	2.5	Sheet Pile
18	S19	273.7762	5	2.5	Sheet Pile

Lanjutan Tabel 4.21 Dimensi Saluran Sekunder DAS Kalibokor

No	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi Saluran		Jenis Perkuatan
			Lebar (m)	Tinggi (m)	
19	S20	117.4659	5	2.5	Sheet Pile
20	S21	117.4659	5	2.5	Sheet Pile
21	S22	300.4317	5	2.5	Sheet Pile
22	S23	354.586	5	2.5	Sheet Pile
23	S24	105.3018	5	2.5	Sheet Pile
24	S25	245.0015	5	2.5	Sheet Pile
25	S26	123.8641	5	2.5	Sheet Pile
26	S27	144.8381	5	2.5	Sheet Pile
27	S28	332.3636	5	2.5	Sheet Pile
28	S29	108.6329	5	2.5	Sheet Pile
29	S30	432.8942	5	2.5	Sheet Pile
30	S31	187.6914	5	2.5	Sheet Pile
31	S32	310.6675	6	2.5	Sheet Pile
32	S33	124.6574	6	2.5	Sheet Pile
33	S34	279.589	6	2.5	Sheet Pile
34	S35	206.9611	6	2.5	Sheet Pile
35	S36	507.0665	6	2.5	Sheet Pile
36	S37	72.487	6	2.5	Sheet Pile
37	S38	139.6322	6	2.5	Sheet Pile
38	S39	209.6659	6	2.5	Sheet Pile
39	S40	168.0528	6	2.5	Sheet Pile
40	S41	235.1586	5	2.5	Sheet Pile
41	S42	324.5525	5	2.5	Sheet Pile
42	S43	309.2444	6	2.5	Sheet Pile
43	S44	237.0758	6	2.5	Sheet Pile

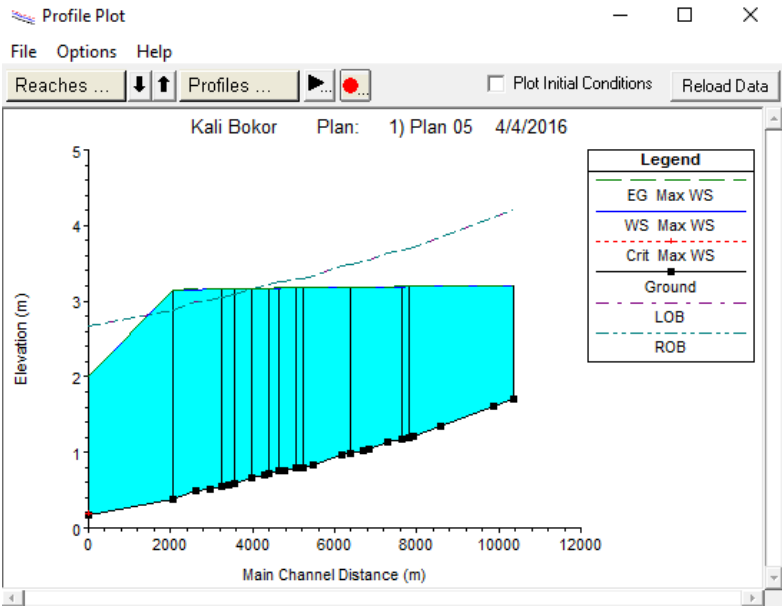
Lanjutan Tabel 4.21 Dimensi Saluran Sekunder DAS Kalibokor

No	Kode Saluran	Panjang Saluran (m)	Dimensi Saluran		Jenis Perkuatan
			Lebar (m)	Tinggi (m)	
44	S45	290.8889	6	2.5	Sheet Pile
45	S46	323.0578	6	2.5	Sheet Pile
46	S47	107.3444	6	2.5	Sheet Pile
47	S48	363.9201	6	2.5	Sheet Pile
48	S49	490.2721	6	2.5	Sheet Pile
49	S50	232.7179	7	2.5	Sheet Pile

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4.4 Analisis *Backwater*

Analisis ini diperlukan untuk mengetahui apakah terjadi *backwater* akibat air pasang surut air laut di hilir saluran atau tidak. Analisis *backwater* menggunakan program bantu HEC-RAS. Pada bagian input data *Unsteady Flow* masukkan *Stage Hydrograph* di bagian hilir saluran berdasarkan data air pasang surut air laut. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Potongan Memanjang Saluran dengan *Stage Hydrograph*

Dari gambar 4.14 diketahui bahwa aliran air mengalami *backwater* akibat pasang surut air laut. Sehingga diperlukan bangunan pelengkap untuk mengatasi luapan air tersebut.

4.4.5 Bangunan Pelengkap

Pada bagian hilir dari DAS Kali Bokor ini akan direncanakan sebuah kolam tampungan, beberapa buah pompa, dan pintu air untuk menghindari terjadinya *backwater* ke saluran akibat air pasang laut. Air yang tinggi di saluran sementara akan ditampung di kolam yang kemudian dibuang ke laut. Kolam tamping ini dilengkapi dengan pintu air yang akan mengatur keluar atau ditahannya air di kolam tampungan dan pompa yang

membantu mengeluarkan air pada saat pintu air ditutup. Lokasi perencanaan kolam tampung dapat dilihat pada gambar 4.15.

Gambar 4.15 Lokasi Perencanaan Kolam Tampung

4.4.5.1 Analisa Kolam Tampungan

Perencanaan kolam tampungan dilakukan sebagai salah satu solusi penyelesaian banjir yang terjadi pada saluran primer kali bokor yang belum dapat menampung debit banjir rencana. Luas kolam tampung yang direncanakan seluas 100 ha dengan kedalaman 2.5 m.

Dalam tugas akhir ini, analisa tampungan dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-RAS yang mana akan dilengkapi dengan rumah pompa dan pintu air.

4.4.5.2 Analisa Pompa

Pada kolam tampung kali bokor ini akan direncanakan menggunakan pompa untuk membantu mengeluarkan air dari kolam ke laut. Jumlah pompa yang direncanakan sebanyak 4 buah dengan tipe pompa yang sama. Pompa mulai bekerja pada saat ketinggian air di saluran mencapai 1 meter dan berhenti bekerja

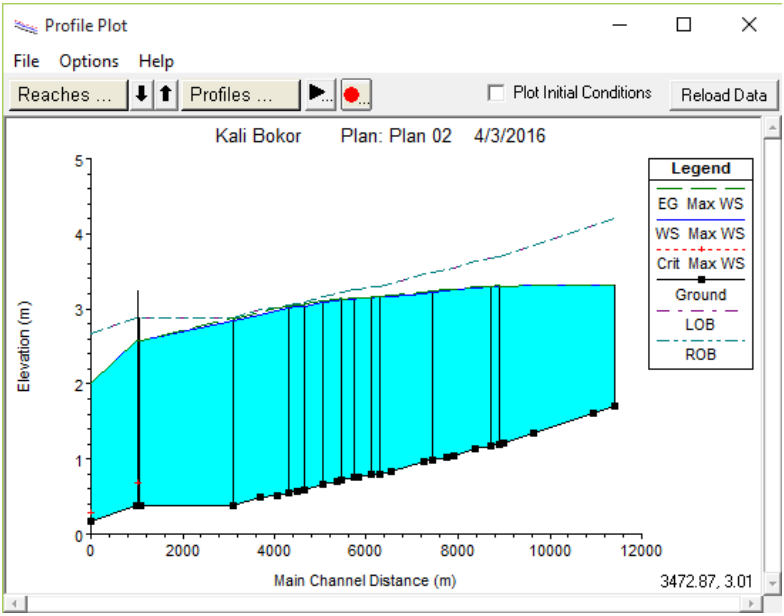
pada saat ketinggian air mencapai 0,4 meter. Analisa pompa menggunakan program bantu HEC-RAS.

4.4.5.3 Analisa Pintu Air

Pintu air pada saluran kali bokor ini direncanakan sebanyak 4 buah pintu dengan lebar masing-masing pintu adalah 4 meter dan tinggi 3 meter. Pintu ini akan membuka pada ketinggian saluran 1 meter dan menutup pada saat ketinggian saluran 0,4 meter. Analisa pintu air ini menggunakan program bantu HEC-RAS.

4.4.5.4 Hasil Analisa Bangunan Pelengkap

Analisa terhadap kolam tampungan dengan luasan 100 ha dilengkapi dengan pompa air dan pintu air. Setelah memasukan parameter yang dibutuhkan, akan dianalisa oleh HEC-RAS. Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Hasil Analisa Bangunan Pelengkap pada Saluran Primer Kalibokor

Dapat dilihat dari gambar 4.15 bahwa perencanaan kolam tampungan ini tidak menyebabkan terjadinya luapan air pada jaringan drainase sub sistem Kalibokor.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran Tabel 1. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2005

TANGGAL	BULAN (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	25.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	25.56
2	0.00	0.00	1.40	26.50	46.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.28
3	1.96	28.14	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.21	0.00	0.00	0.00	0.00
4	43.01	4.61	25.58	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	10.38
5	0.00	0.00	0.00	22.44	0.00	17.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.33
6	12.00	0.00	20.42	0.00	2.51	30.17	15.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	15.14	0.00	64.02	1.96	20.84	26.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.49
8	13.77	0.00	72.55	0.56	0.00	8.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.24
9	0.00	43.38	26.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	10.30	48.12	15.86	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79
11	33.17	0.00	0.00	14.16	1.12	0.00	19.30	0.00	0.56	0.00	1.26	0.00
12	0.00	1.68	0.00	0.56	1.26	0.00	51.29	0.00	0.00	0.00	0.00	22.49
13	0.84	0.00	0.00	18.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.44
14	17.76	21.18	0.00	0.00	0.00	0.14	1.54	0.00	0.00	1.96	0.00	0.14
15	10.28	0.84	1.54	8.10	0.00	7.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	104.13
16	12.90	0.56	4.30	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
17	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	11.68
18	3.49	0.00	10.32	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	0.00	15.49	0.00	0.00
19	6.02	0.00	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.72	0.00	8.60
20	5.16	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.98	23.62	5.00
21	0.00	35.62	35.18	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	9.10	22.51
22	4.56	0.00	58.72	0.00	0.00	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
23	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	21.26	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	17.10
24	0.00	10.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	8.38	0.00
25	1.26	3.44	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.35
26	36.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	0.98
27	4.30	2.10	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.02
28	0.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	0.00	0.00	0.42	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51
30	0.00	0.00	10.88	4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rmax	43.01	48.12	72.55	26.50	46.38	30.17	51.29	17.21	3.49	19.72	23.62	104.13

Lampiran Tabel 2. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2006

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	13.46	18.88	42.81	5.87	2.51	5.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	18.46	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	8.60	0.00	34.09	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.15
4	134.41	0.42	4.19	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	13.28	0.00	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38
6	27.79	23.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.56	48.74	40.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	2.79	5.17	0.00	0.70	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	25.81	0.00	39.58	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	17.13	8.80	0.00	13.32	33.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	1.40	17.10	23.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	18.32	5.16	2.38	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.98	26.57	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	75.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	26.23	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	28.88	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	2.93	16.26	2.51	10.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.28
18	1.12	17.21	21.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	4.05	47.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96
20	0.00	41.26	43.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	15.00	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10
22	0.00	53.93	0.56	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	2.10	3.63	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	3.49	1.82	11.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
25	0.42	25.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	40.43	0.00	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	0.00	7.79	0.00	0.00	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.28
28	12.90	23.23	41.93	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	0.00
29	5.31	0.00	57.90	0.00	17.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.69
30	0.00	0.00	0.00	58.14	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.23
31	2.51	0.00	0.00	0.00	8.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rmax	134.41	53.93	57.90	58.14	33.63	5.98	0.00	0.00	0.00	0.00	1.96	76.23

Lampiran Tabel 3. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2007

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0.00	1.82	31.57	0.84	0.00	1.12	0.28	0.00	0.00	0.00	7.16	0.00
2	0.00	0.70	10.28	4.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
3	0.00	35.49	1.26	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	0.42
4	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90	16.29
5	0.00	14.60	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.00
6	0.00	31.70	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	0.00
7	0.00	1.54	38.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00
8	0.00	0.00	47.32	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	0.00
9	0.00	0.00	0.00	10.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63
10	0.00	13.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
12	0.00	48.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	1.96	0.00	19.58	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	26.37	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	1.26	2.51	3.35	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	1.82	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	111.77
18	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.47
19	17.10	0.00	0.28	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.90
20	0.00	2.65	0.28	0.84	1.12	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	24.02	38.58	0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.58
22	2.24	2.51	0.00	0.56	29.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
23	58.07	0.00	0.00	17.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00
24	71.09	22.93	0.00	9.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.49
26	0.00	22.44	1.40	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.44
27	0.70	31.68	0.14	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	0.14	44.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.28
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	13.74	0.00	0.00	0.00	0.00	72.26	0.00
30	3.07	0.00	20.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	61.97	0.00	9.64	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84
Rmax	71.09	48.32	47.32	17.21	29.57	13.74	1.68	0.00	0.00	0.00	72.26	111.77

Lampiran Tabel 4. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2008

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0.00	0.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	55.67	0.00	22.24	0.00	16.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.99	0.00
3	0.00	24.09	43.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.38	1.26
4	2.51	9.26	23.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	17.21	6.42	0.98	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	0.00
6	8.60	0.28	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00
7	2.10	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	17.75
8	0.28	2.65	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.58
9	1.12	17.21	0.00	7.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	8.60	0.42	46.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.90
11	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.44	41.93
12	0.00	0.00	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	3.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.98
14	0.00	0.70	6.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.04
15	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.65
16	79.57	0.00	0.00	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.61
17	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.07
18	17.21	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	52.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.71	1.82
21	2.79	0.00	30.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	38.04	0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00
23	36.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79	1.12	0.00
25	0.00	81.62	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.72	0.00
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.43	0.00
27	0.00	1.26	0.56	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	20.84
28	5.03	43.01	0.98	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	61.40
29	0.28	38.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.39	0.00	0.00
31	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.08	0.00	21.76
Rmax	79.57	81.62	52.79	7.26	16.68	0.42	0.00	0.00	0.00	28.39	68.71	61.40

Lampiran Tabel 5. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2009

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	8.86	0.00	16.00	15.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	26.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	7.26	26.14	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.28	0.28	5.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	11.54	23.90	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1.40	0.42	22.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	117.76	22.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	7.74	0.00	48.00	0.00	5.03	49.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.56	0.00	0.00	0.00	24.72	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38
12	14.65	0.70	84.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.32
13	55.95	0.00	0.00	0.84	21.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.82
15	0.00	34.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.75
16	0.00	49.44	0.00	0.00	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.61
17	20.16	0.00	73.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.75
18	0.00	0.98	0.00	0.00	20.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.14	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	1.68	18.28	8.00	2.51	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.41
21	10.00	14.02	0.00	10.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.32	29.89
22	0.00	31.12	0.00	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.03	0.00
23	0.00	13.74	0.00	0.00	20.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.71
24	4.89	10.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	18.04	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	0.00	27.99	0.00	0.00	3.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.75	0.00
27	0.00	43.29	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	1.26
28	0.00	19.49	0.00	8.60	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.44	0.00
29	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.78
30	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90
31	80.02	0.00	5.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
Rmax	117.76	49.44	84.00	15.87	24.72	49.30	0.00	0.00	0.00	0.00	15.44	54.75

Lampiran Tabel 6. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2010

TANGGAL	BULAN (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	27.79	0.00	24.60	24.86	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.26	10.70
2	30.70	11.12	27.21	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	44.24	23.18	24.58	26.68	0.00	9.56	0.00	0.00	0.00	5.16	92.79
4	0.00	38.49	17.21	0.00	0.00	11.60	5.16	0.00	0.00	0.00	2.58	11.54
5	22.21	38.04	21.12	0.00	17.21	13.88	0.86	0.00	0.00	0.00	10.70	4.30
6	34.41	32.24	23.46	37.51	0.00	0.84	0.00	0.00	24.30	0.00	15.14	42.24
7	12.04	16.68	34.83	17.21	0.00	15.70	0.00	0.00	14.58	0.00	46.98	0.00
8	5.31	27.62	0.00	0.42	18.07	21.51	0.00	0.00	0.00	18.07	0.00	0.00
9	0.42	1.96	0.00	21.51	10.00	19.58	0.00	0.00	0.00	24.49	0.00	0.00
10	12.90	0.42	12.42	0.56	19.19	0.00	7.26	0.00	0.00	0.00	0.00	9.86
11	14.19	0.84	0.00	24.72	14.86	13.88	0.00	0.00	0.42	0.00	10.28	0.00
12	0.70	7.86	1.68	31.68	0.42	0.00	7.58	0.00	14.44	0.00	0.00	4.30
13	22.07	7.82	0.00	18.60	29.30	0.00	0.00	0.00	0.56	0.42	0.00	0.00
14	0.00	9.16	0.00	15.00	9.72	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.56
15	0.00	2.79	0.00	15.00	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	39.57	0.00	6.68
16	0.00	0.00	0.00	36.29	8.60	0.00	0.00	0.00	0.98	23.59	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	9.44	24.58	0.00	0.00	0.00	0.00	4.68	1.96	7.28
18	0.00	22.21	25.81	20.14	0.00	0.00	0.00	0.00	2.51	5.31	0.00	4.30
19	12.90	45.16	27.38	0.00	13.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	22.79	31.99	4.19	0.56	18.88	0.00	0.00	0.00	9.44	0.00	4.30	11.12
21	41.12	20.00	10.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.44	1.68	8.24	0.00
22	23.60	0.00	0.00	14.30	15.70	0.00	0.00	0.00	13.74	5.31	0.00	0.00
23	2.79	32.85	0.00	19.30	24.72	0.00	0.00	0.00	13.16	0.00	0.00	10.28
24	38.60	17.21	46.54	26.37	36.96	0.00	0.00	10.28	1.54	0.00	0.00	5.87
25	39.72	0.00	54.38	24.44	15.42	0.00	0.00	0.00	12.90	0.00	10.00	0.00
26	25.70	29.35	0.00	20.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.49
27	24.79	29.35	0.00	15.70	0.00	0.00	5.16	0.00	0.00	0.00	0.00	5.98
28	6.68	30.11	20.00	19.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	4.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00
30	2.38	0.00	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.84	0.00
31	2.65	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	20.54	0.00	0.00
Rmax	41.12	45.16	54.38	37.51	36.96	21.51	9.56	10.28	24.30	39.57	46.98	92.79

Lampiran Tabel 7. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2011

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	7.93	24.19	22.79	20.14	28.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	8.60	26.82	9.16	39.86	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.86
3	2.79	16.35	0.00	33.97	30.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.44	43.01
4	2.10	1.96	2.58	15.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	6.02	25.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.58	46.44
6	17.21	0.00	0.00	15.74	10.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	8.42	12.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.81	10.42
8	9.02	21.68	12.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	4.30
9	0.28	0.00	0.00	6.88	6.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.79	0.00
10	23.18	3.21	0.00	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.58	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	30.56	5.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	29.30	28.66	12.04	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.30
13	0.00	7.98	12.54	7.26	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	0.00
14	11.12	46.72	6.86	25.81	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	13.14	0.00	7.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.72
17	0.56	0.00	21.12	6.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	0.00	8.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	41.60
19	0.00	0.70	0.00	50.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86
20	5.70	0.00	8.14	0.00	8.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	4.30	0.00	13.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	9.28
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	10.28	25.81	7.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.56	0.00
24	3.44	8.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.28
25	14.72	0.00	20.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.54
26	21.42	12.90	28.91	30.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.72
27	0.00	0.00	20.65	10.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38	0.00	25.84
28	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.86	0.00
29	5.16	0.00	27.56	19.30	20.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.72	0.00
30	15.49	0.00	0.00	30.60	12.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.57	0.00
31	26.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.14
Rmax	26.98	46.72	28.91	50.51	30.72	0.00	0.00	0.00	0.00	22.58	80.79	57.14

Lampiran Tabel 8. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2012

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	76.75	11.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.60
2	44.67	9.86	0.00	8.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.72
3	0.00	20.65	0.00	0.00	9.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.21
4	0.00	11.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	32.86	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.11
6	23.58	0.00	24.72	0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	8.44	12.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	60.99	1.40	27.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.60	0.00
9	0.00	5.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	30.74	13.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.14
11	0.00	29.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.28
12	6.14	21.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.28	0.00	0.00
13	0.00	9.42	18.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	8.12	11.00	0.00	21.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	52.84	8.60	7.00	21.44	17.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.58
16	61.56	53.60	5.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	17.21	0.00	14.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00
18	16.14	2.86	20.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.96	10.14
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.72	0.00
20	58.91	3.14	20.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.16	12.65
21	0.00	4.00	0.00	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.32
22	6.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90
23	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.76
24	4.14	0.00	7.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	10.12	38.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93
26	0.00	18.86	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.37
27	0.00	0.00	34.72	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.86
28	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.00	30.56
29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.14
30	82.21	0.00	0.00	0.00	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.00
31	19.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.96
Rmax	82.21	60.99	34.72	27.76	21.49	1.54	0.00	0.00	0.00	4.28	46.16	63.86

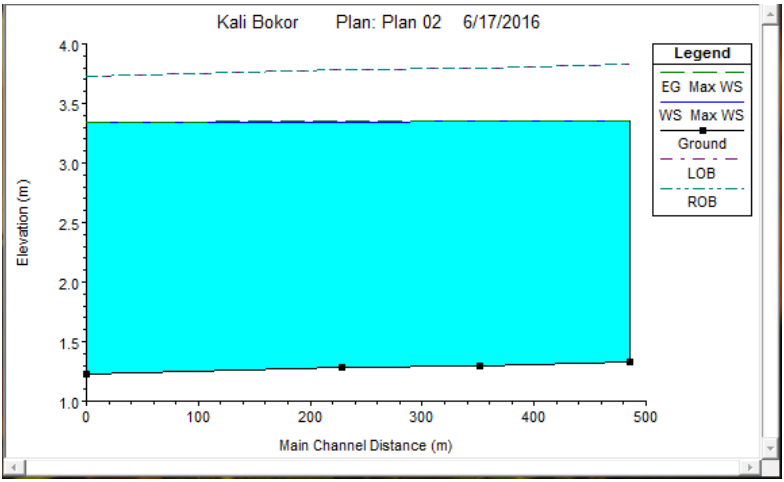
Lampiran Tabel 9. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2013

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	38.56	6.85	10.20	30.98	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	33.91	9.26	0.00	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	12.00	16.12	7.72	0.00	0.00	15.00	65.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	64.58	25.28	11.30	11.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	8.60	30.70	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	24.79	0.00	2.38	0.00	0.00	17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	1.26	20.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	10.98	18.93	20.56	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	24.29	2.65	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	7.14	23.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	32.90	0.00	18.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	18.74	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	22.10	29.61	5.86	45.88	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	41.58	16.35	38.60	20.00	0.00	39.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00
16	0.00	3.07	24.58	25.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.30	0.00
17	0.00	41.23	21.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00
18	28.10	2.93	22.10	0.00	0.00	52.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00
19	43.37	0.00	30.11	8.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	4.47	0.00	0.00	6.72	19.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.28	0.00
21	22.70	0.00	0.00	5.28	7.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	28.04	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	6.02	0.00	0.00	0.00	9.72	0.00
23	14.00	0.00	0.00	80.98	13.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.00
24	0.00	0.98	0.00	0.00	69.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	10.72	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.91	0.00
26	0.00	10.70	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.81	0.00
27	63.40	50.42	0.00	0.00	41.86	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	66.28	37.02	53.00	4.30	24.72	41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	0.00
29	58.28	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.28	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rmax	66.28	50.42	53.00	80.98	69.30	52.00	65.42	0.00	0.00	0.00	25.81	0.00

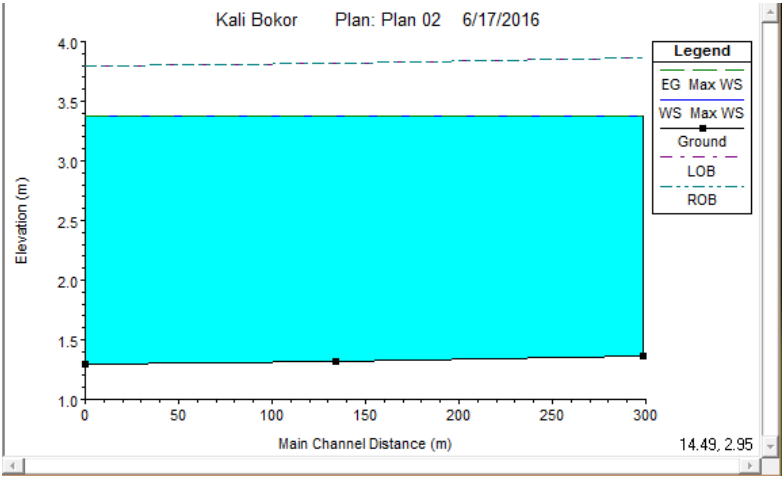
Lampiran Tabel 10. Curah Hujan Rata-Rata Harian Tahun 2014

TANGGAL	B U L A N (mm)											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	0.00	4.86	14.70	16.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	9.86	20.00	17.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29
3	22.14	14.58	25.28	21.51	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98
4	64.86	0.00	30.84	26.93	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	9.00	0.00	64.14	53.71	2.51	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	18.93
6	14.58	0.00	17.86	19.00	4.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.66
7	14.00	0.00	0.00	3.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.71
8	0.56	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.51
9	0.00	0.00	25.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.54
10	15.14	4.86	57.86	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
11	0.00	0.00	12.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.98
12	0.00	9.44	28.28	1.54	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90
13	11.44	0.00	56.98	0.00	2.10	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.21
14	0.00	2.10	68.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.41
15	0.00	36.93	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.21
16	5.14	15.84	2.86	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.42	53.34
17	0.00	66.51	4.28	0.00	0.00	4.75	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	27.92
18	4.86	14.00	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.29
19	0.00	15.42	10.28	0.00	0.00	8.66	0.00	0.00	0.00	0.00	4.73	126.87
20	7.86	10.28	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.02	0.00
21	0.00	41.26	6.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.29
22	0.00	51.12	0.00	4.75	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	7.13
23	0.00	20.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30	9.26
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	1.29
25	0.00	0.00	0.00	5.87	2.51	0.00	4.47	0.00	0.00	0.00	0.00	3.35
26	2.10	8.00	0.00	3.07	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.04	13.41
27	29.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.90	21.60
28	6.00	20.70	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.98
29	4.30	0.00	33.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.81	6.88
30	0.56	0.00	20.12	0.56	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	45.23
31	0.00	0.00	10.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82
Rmax	64.86	66.51	68.54	53.71	4.47	8.66	4.47	0.00	0.00	0.00	25.81	126.87

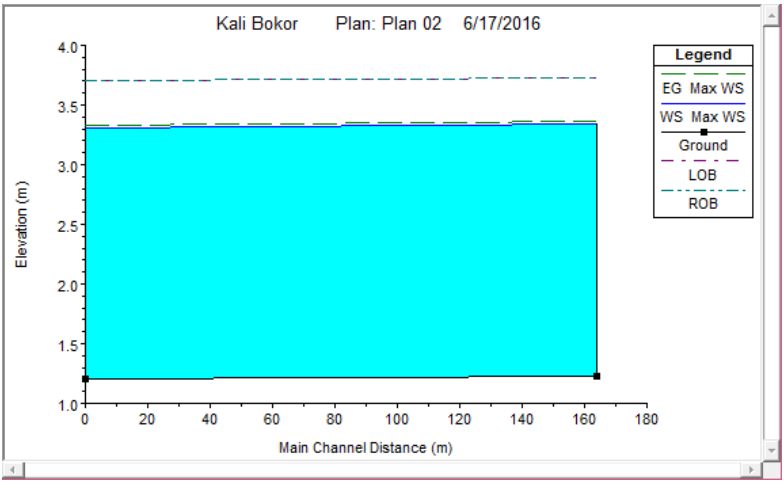
Lampiran Gambar Profil Memanjang HEC-RAS Saluran Sekunder DAS Kalibokor Surabaya



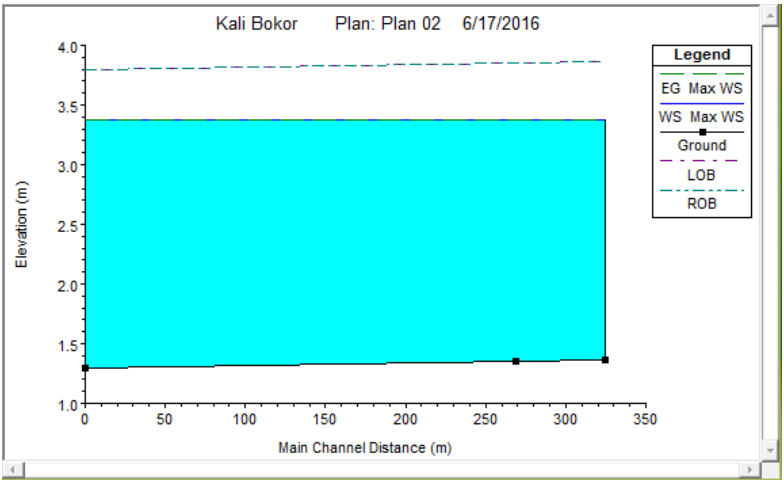
Gambar Lampiran 1. Profil Memanjang S1



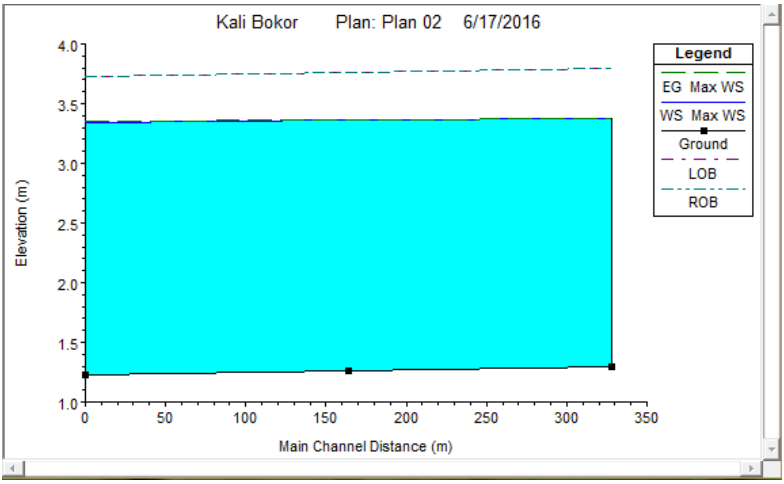
Gambar Lampiran 2. Profil Memanjang S2



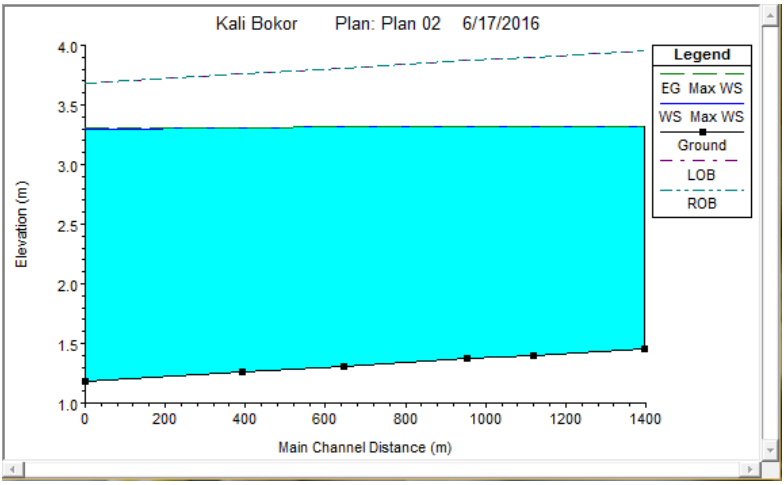
Gambar Lampiran 3. Profil Memanjang S3



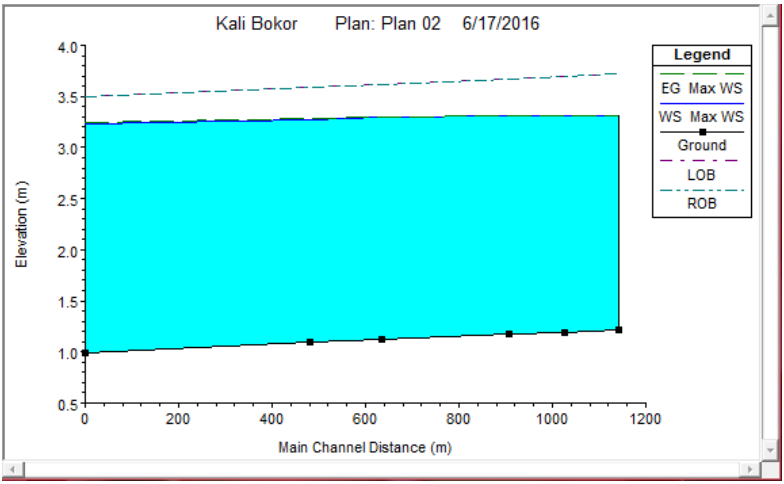
Gambar Lampiran 4. Profil Memanjang S4



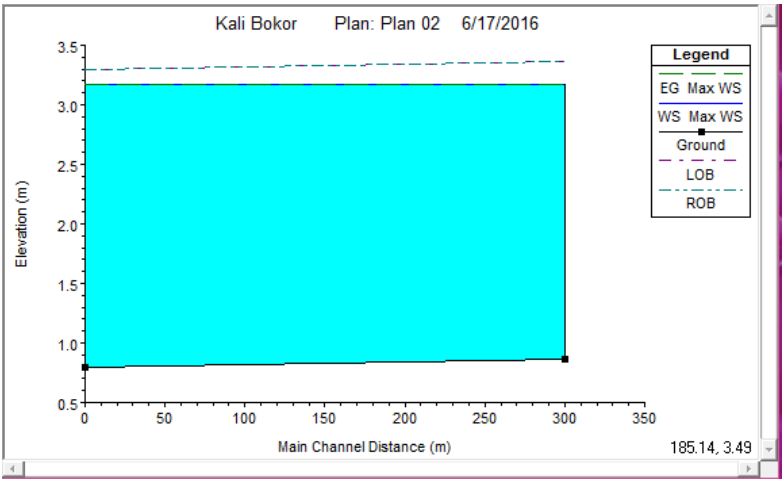
Gambar Lampiran 5. Profil Memanjang S5



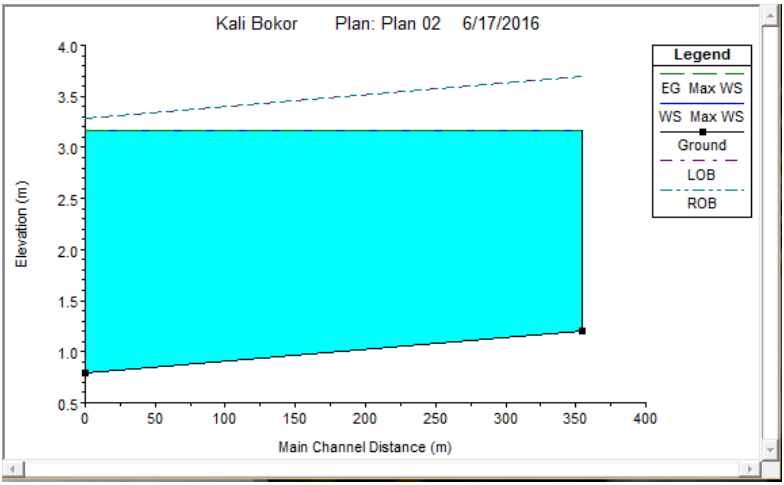
Gambar Lampiran 6. Profil Memanjang S6



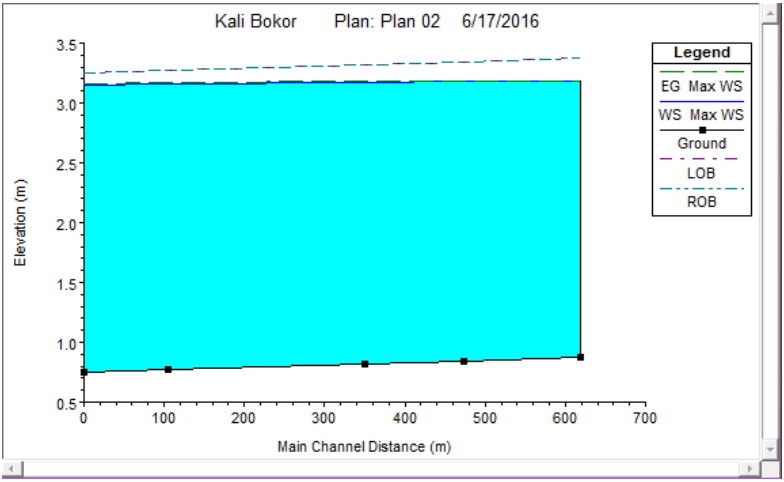
Gambar Lampiran 7. Profil Memanjang S7



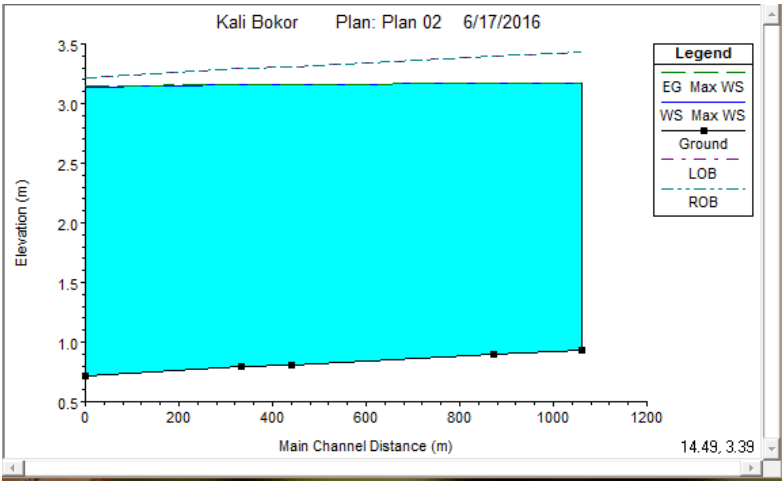
Gambar Lampiran 8. Profil Memanjang S8



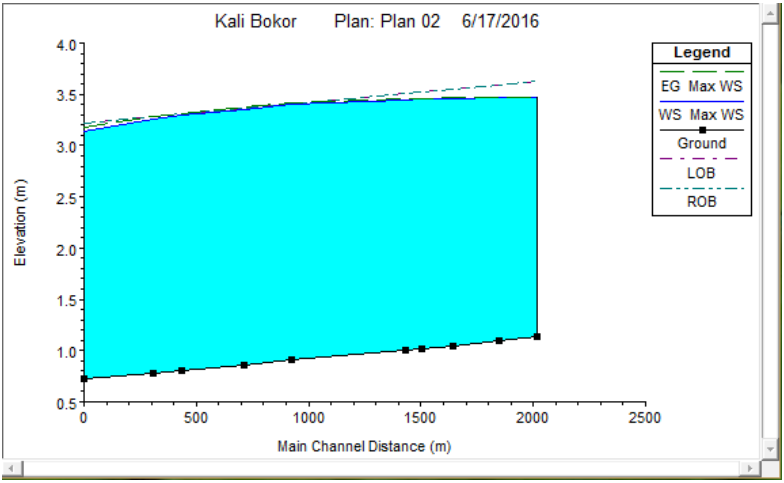
Gambar Lampiran 9. Profil Memanjang S9



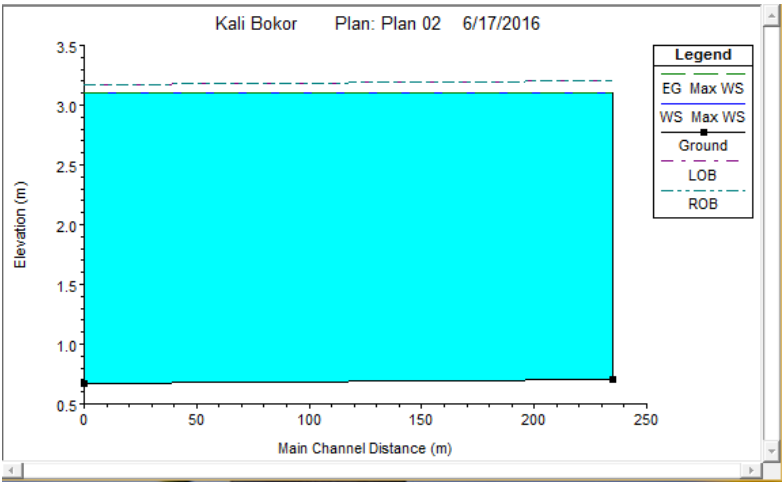
Gambar Lampiran 10. Profil Memanjang S10



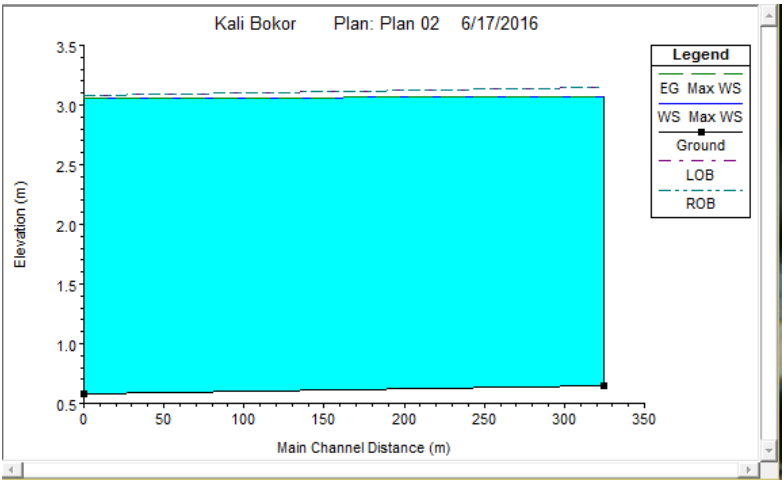
Gambar Lampiran 11. Profil Memanjang S11



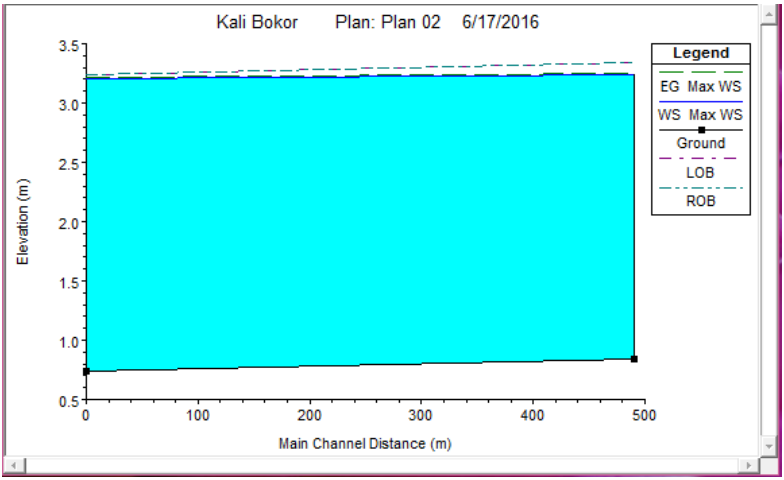
Gambar Lampiran 12. Profil Memanjang S12



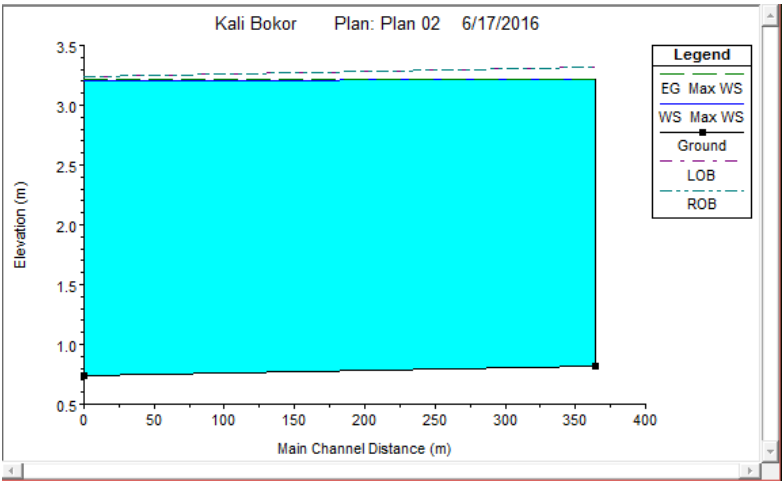
Gambar Lampiran 13. Profil Memanjang S13



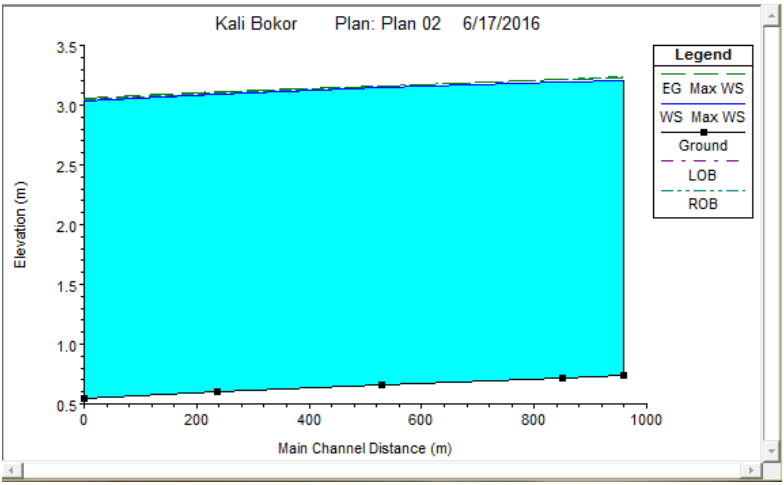
Gambar Lampiran 14. Profil Memanjang S14



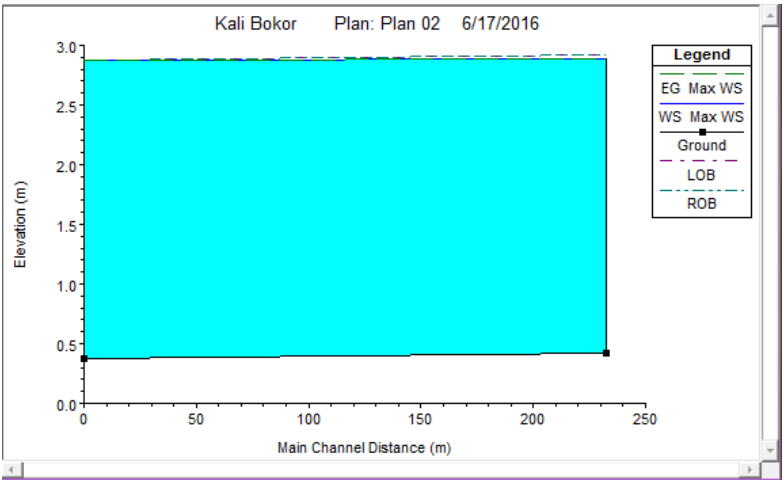
Gambar Lampiran 15. Profil Memanjang S15



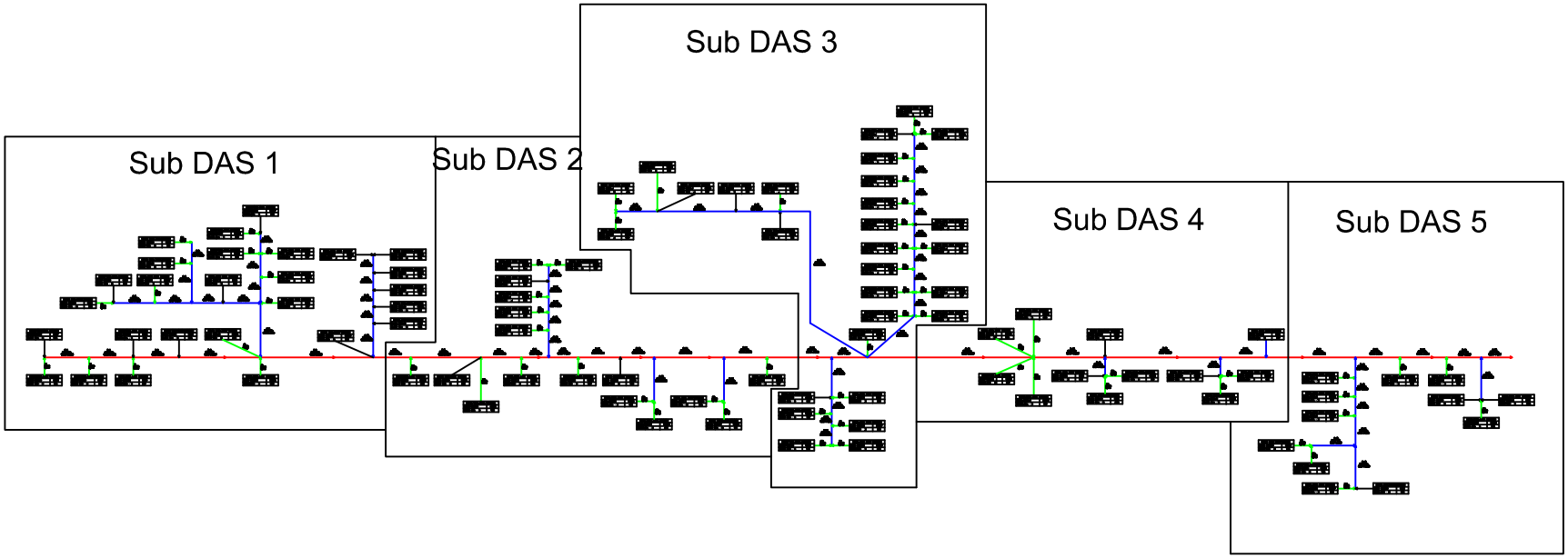
Gambar Lampiran 16. Profil Memanjang S16



Gambar Lampiran 17. Profil Memanjang S17



Gambar Lampiran 18. Profil Memanjang S18



Keterangan

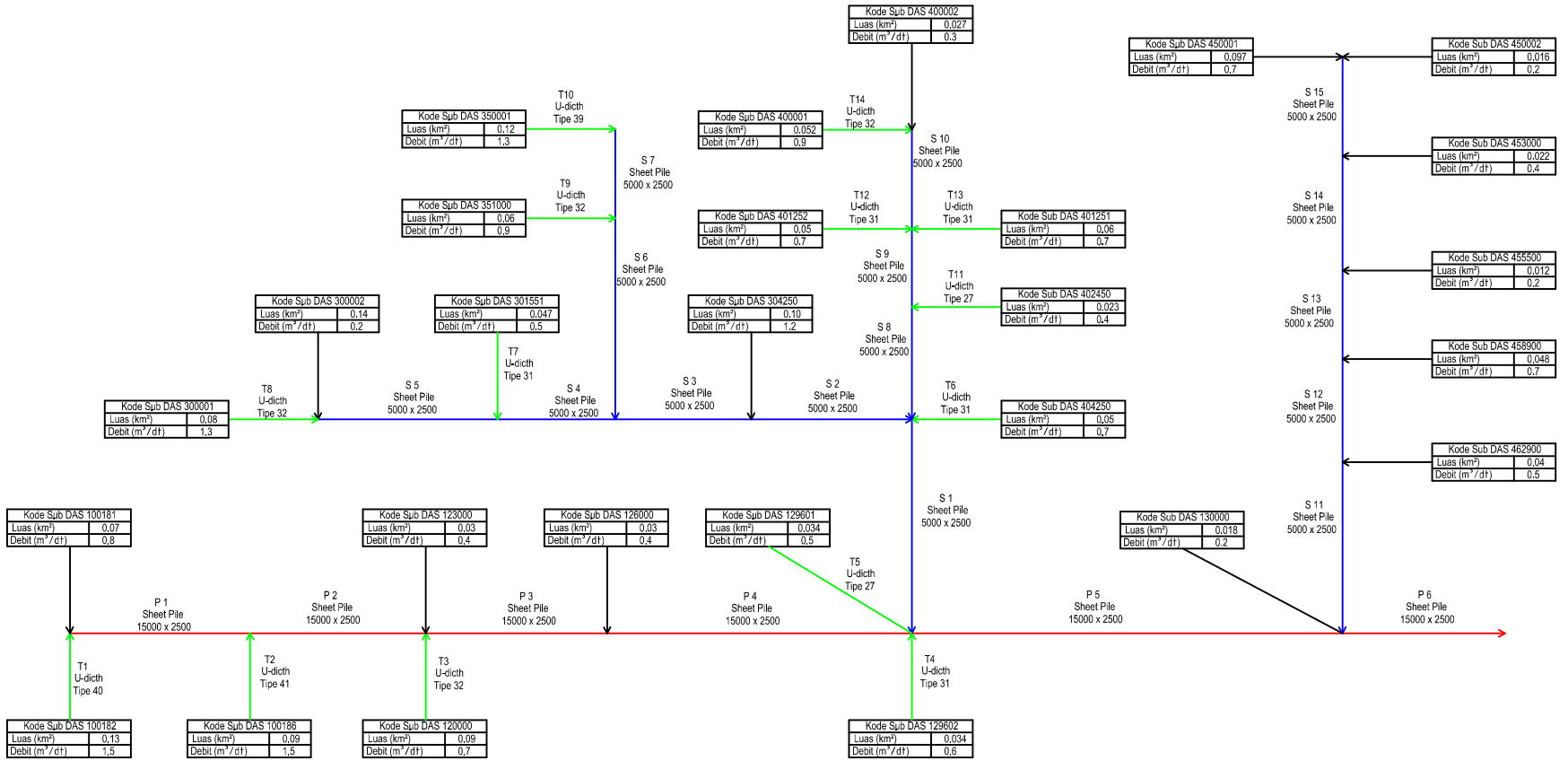
- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS

No	Tipe U-Ditch	B (mm)	H (mm)
1	24	800	1000
2	29	1200	1000
3	33	1400	1200
4	34	1400	1400
5	38	1600	1400
6	39	1600	1600
7	40	1600	1800
8	41	1600	2000
9	42	2000	2500
10	43	2500	1500
11	44	2500	2500
12	45	3000	2500
13	46	3500	2500

Key Plan Skema Jaringan Kali Bokor
SKALA 1 : 5000

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

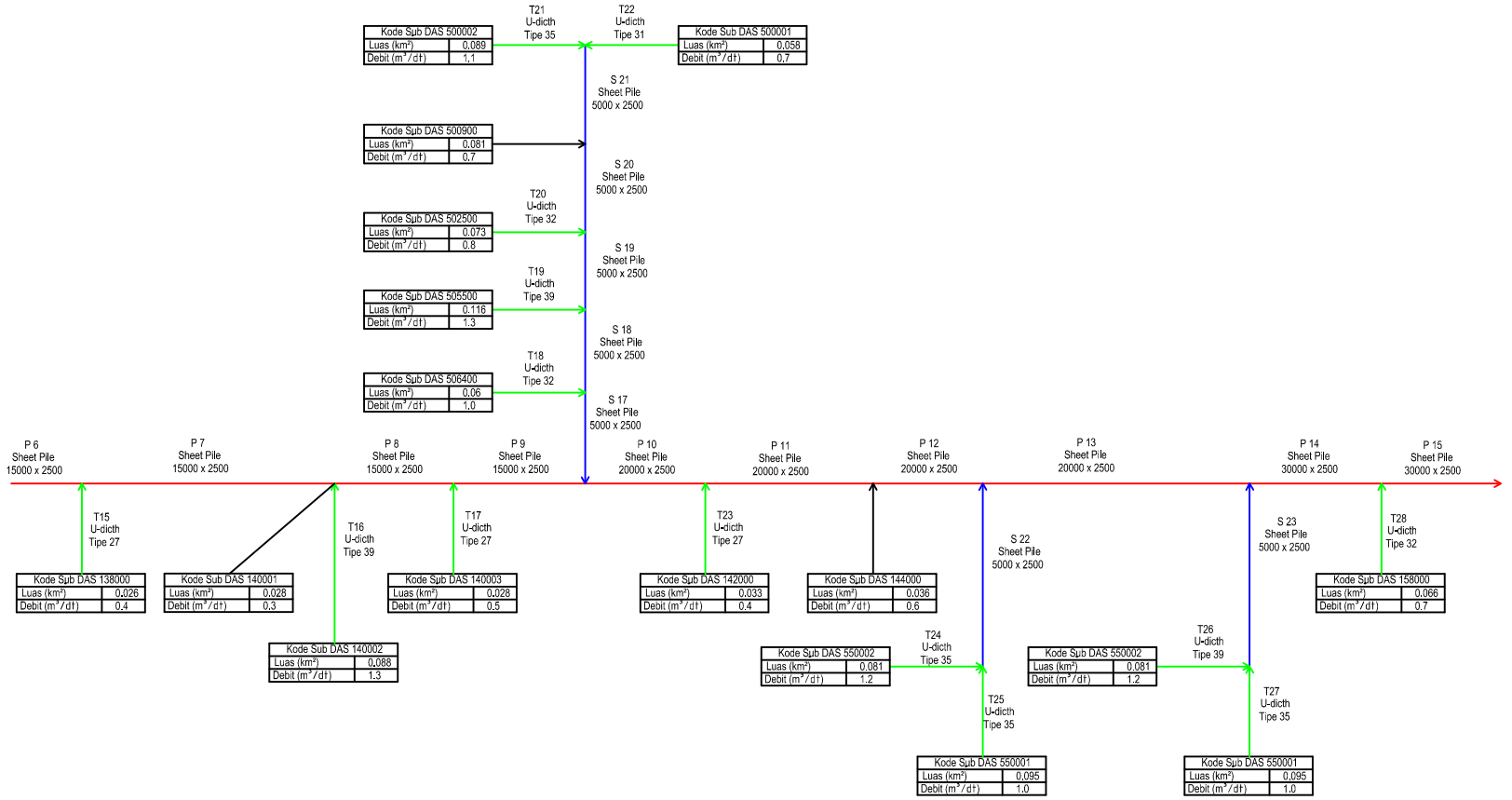
JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR	
					Lembar	Jumlah
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugranto	3111 100 129	Key Plan Skema Saluran Kali Bokor	1	11



SUB DAS 1
SKALA 1 : 1000

Keterangan
- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugrananto	3111 100 129	Sub DAS 1 Skema Saluran Kali Bokor	Lembar: 2 / Jumlah: 11



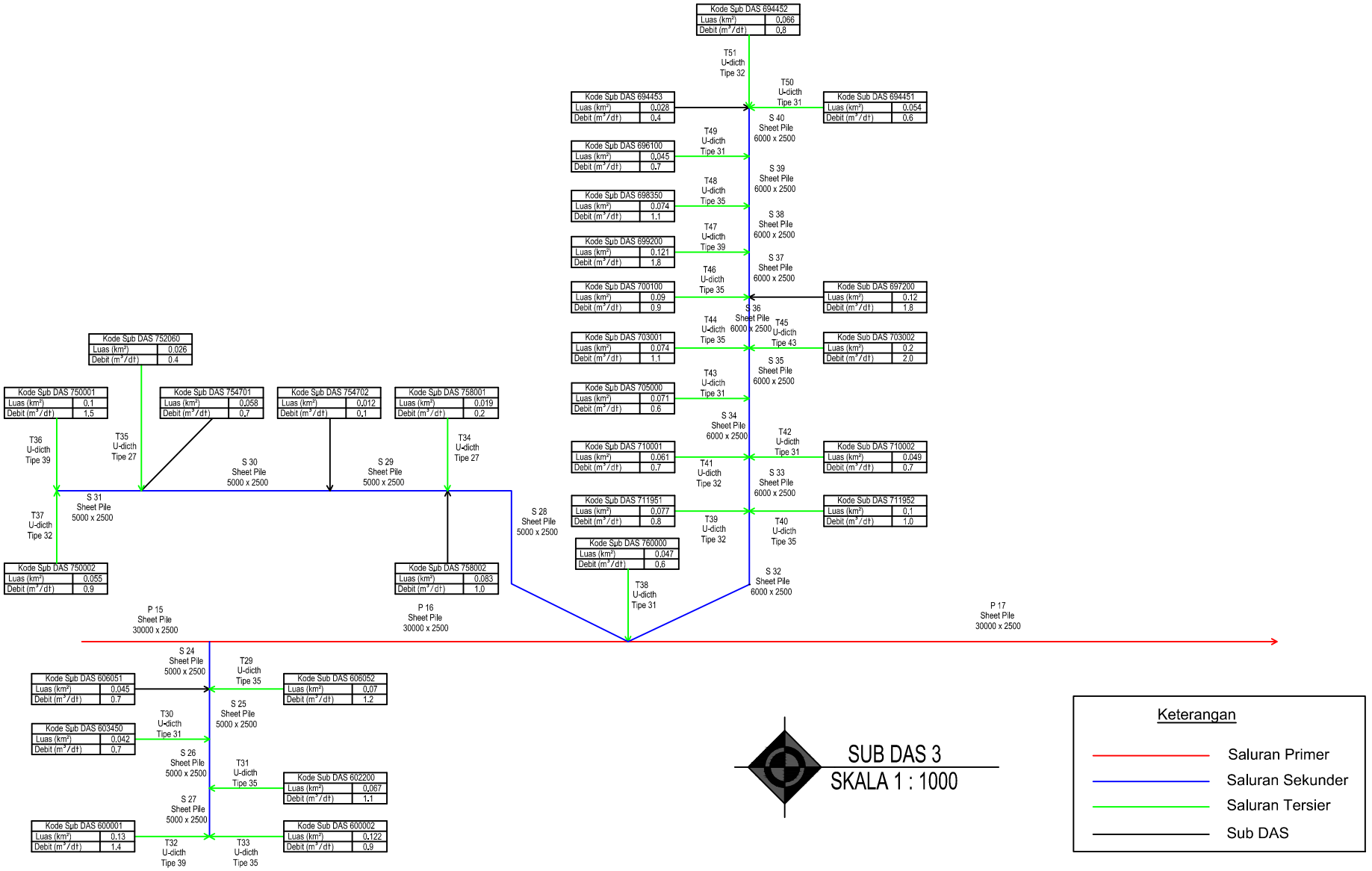
SUB DAS 2

SKALA 1 : 1000

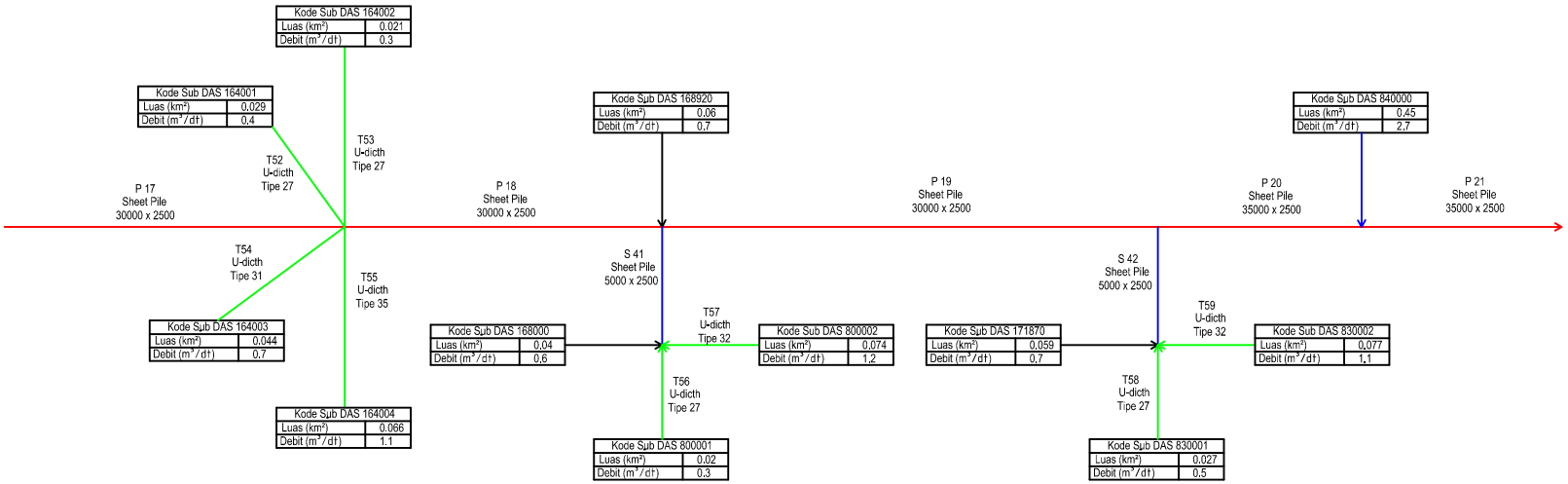
Keterangan

- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugranto	3111 100 129	Sub DAS 2 Skema Saluran Kali Bokor	Lembar: 3 / Jumlah: 11



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugranto	3111 100 129	Sub DAS 3 Skema Saluran Kali Bokor	Lembar: 4 / Jumlah: 11

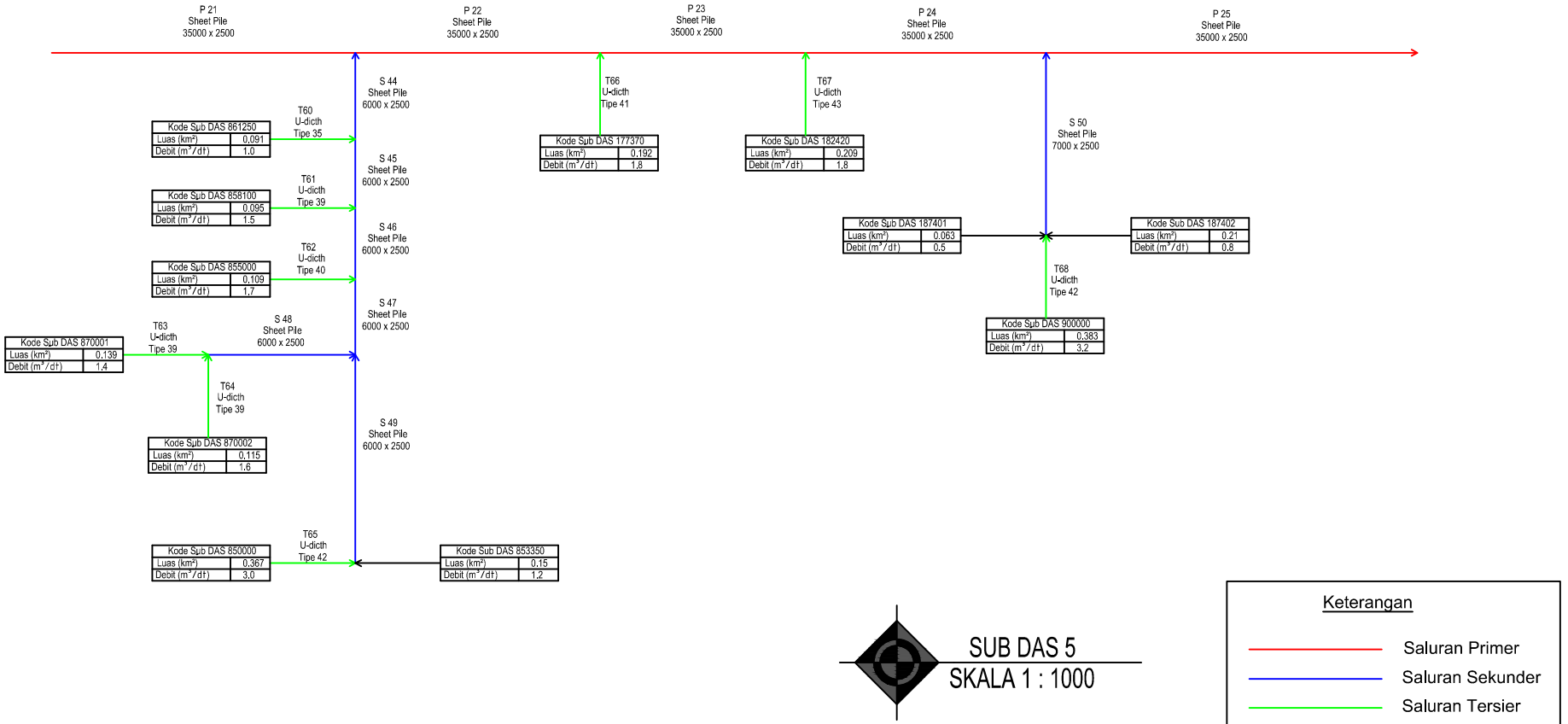


SUB DAS 4
SKALA 1 : 1000

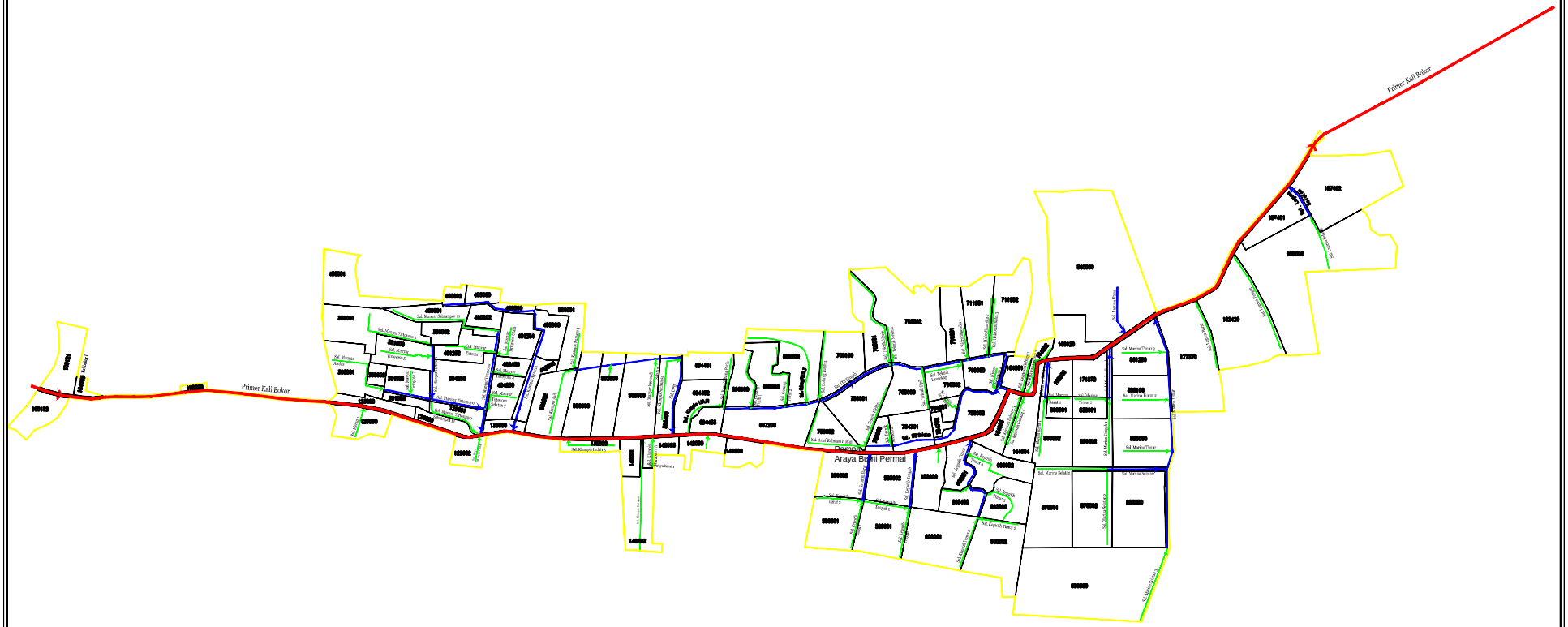
Keterangan

- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Sub DAS

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugranto	3111 100 129	Sub DAS 4 Skema Saluran Kali Bokor	Lembar 5 / Jumlah 11



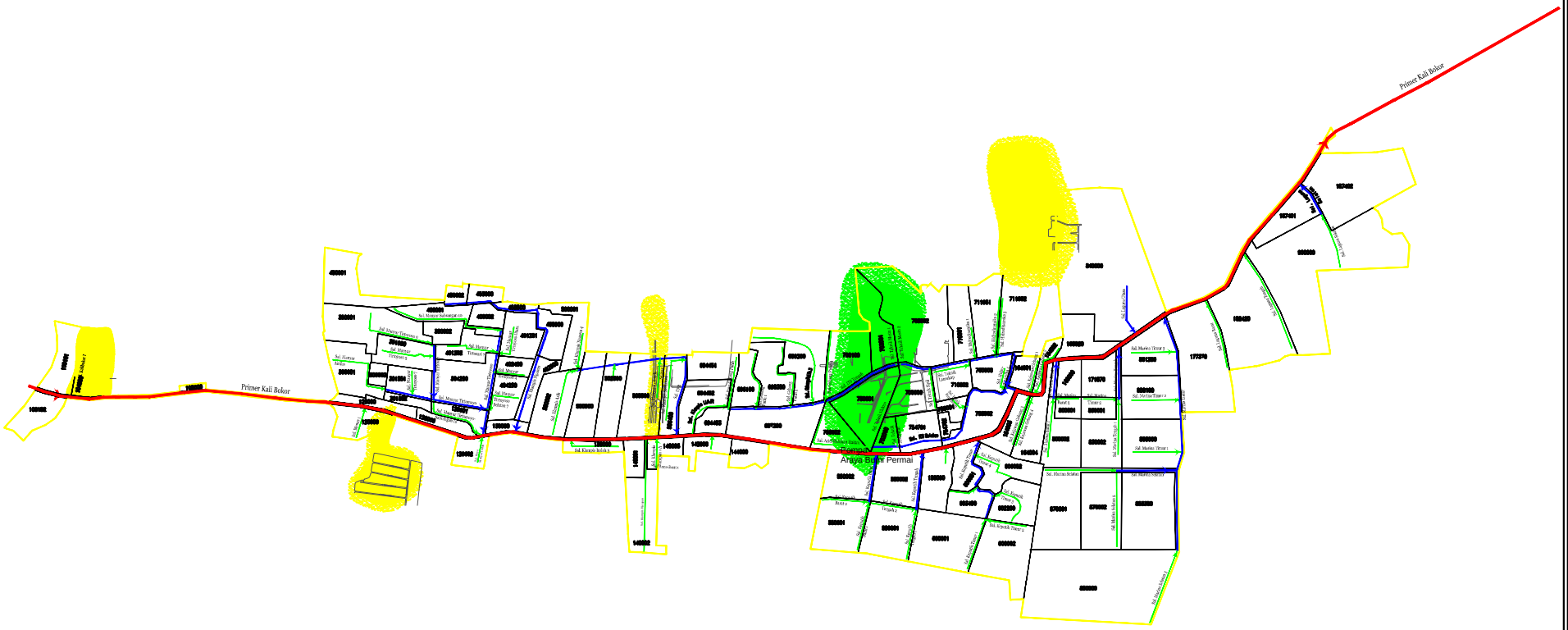
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugranto	3111 100 129	Sub DAS 5 Skema Saluran Kali Bokor	Lembar 6 / Jumlah 11



Keterangan

- Saluran Primer
- Saluran Sekunder
- Saluran Tersier
- Cath Primer
- Cath Tersier

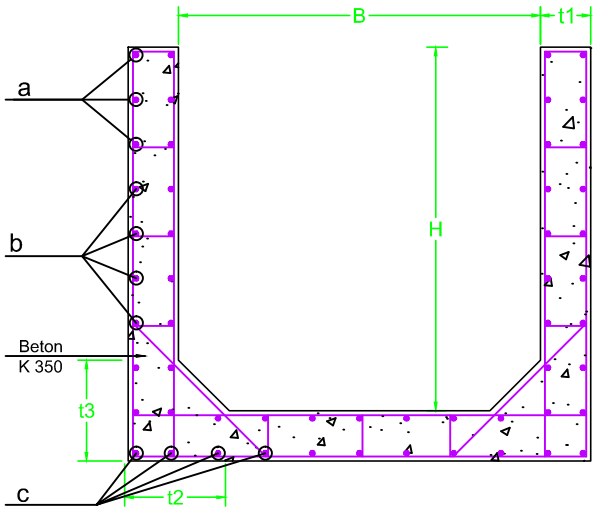
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR	
						Lembar	Jumlah
	Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Kalidami Surabaya	Dr. techn. Umboro Lasminto ST., M.Sc. Nastasia Festy Margini, ST., MT.	Dadang Anugrananto	3111 100 129	Lay Out DAS Saluran Kali Bokor	7	11



Kedalaman Genangan 2013 :

- 0-15cm
- 15-30cm
- 30-50cm

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR	
						Lembar	Jumlah
	Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Kalidami Surabaya	Dr. techn. Umboro Lasminto ST., M.Sc. Nastasia Festy Margini, ST., MT.	Dadang Anugrananto	3111 100 129	Tinggi Genangan DAS Saluran Kali Bokor	8	11

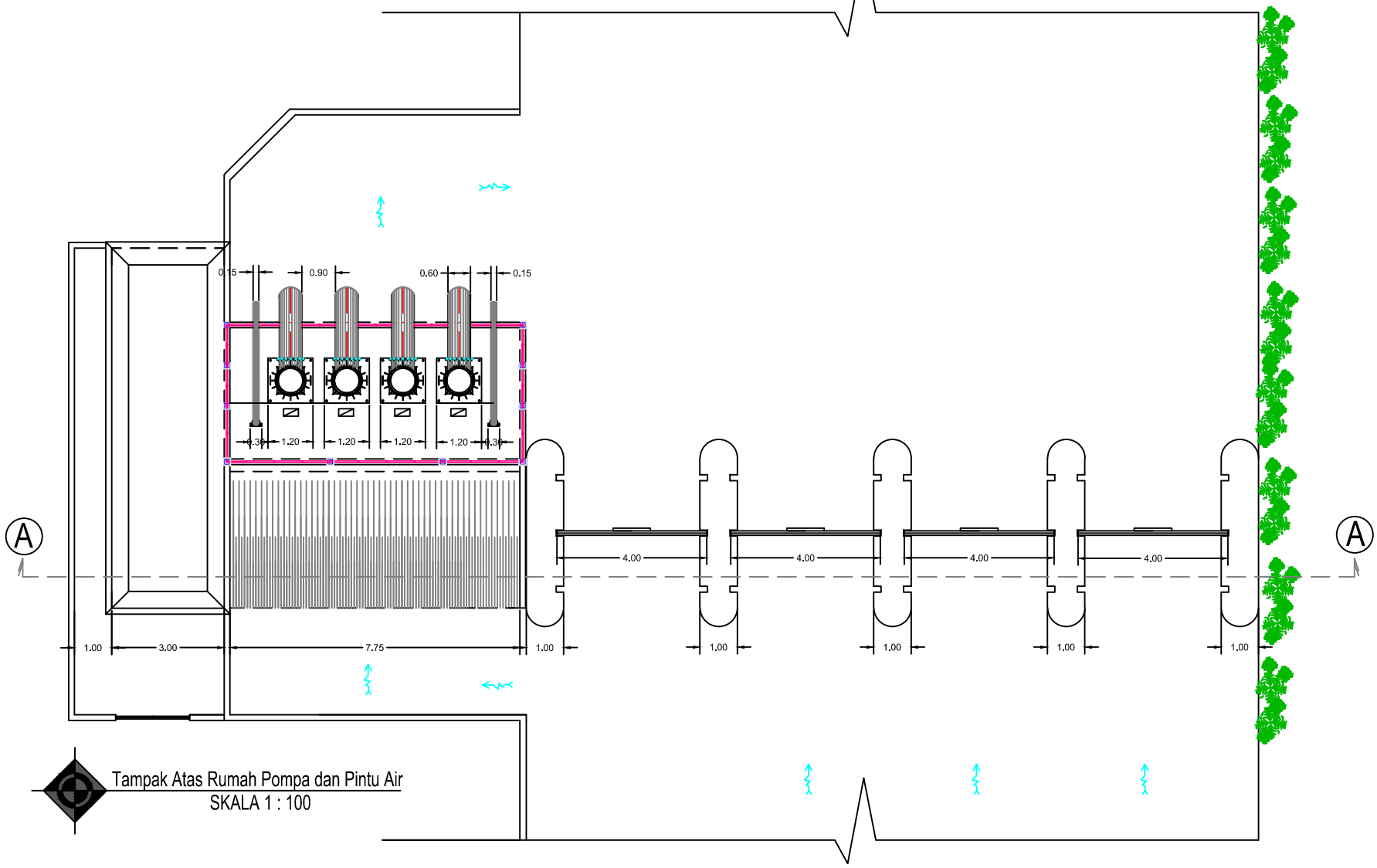


No	Tipe U-Ditch	B (mm)	H (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	t3 (mm)
1	24	800	1000	120	135	135
2	29	1200	1000	120	135	135
3	33	1400	1200	120	135	135
4	34	1400	1400	150	165	165
5	38	1600	1400	150	165	165
6	39	1600	1600	150	165	165
7	40	1600	1800	200	215	215
8	41	1600	2000	200	215	215
9	42	2000	2500	200	215	215
10	43	2500	1500	200	215	215
11	44	2500	2500	250	250	250
12	45	3000	2500	250	250	250
13	46	3500	2500	250	250	250

No	Tipe U-Ditch	a	b	c
1	24	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
2	29	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
3	33	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
4	34	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
5	38	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
6	39	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
7	40	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
8	41	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
9	42	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
10	43	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
11	44	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
12	45	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200
13	46	D13 - 200	D13 - 200	D13 - 200

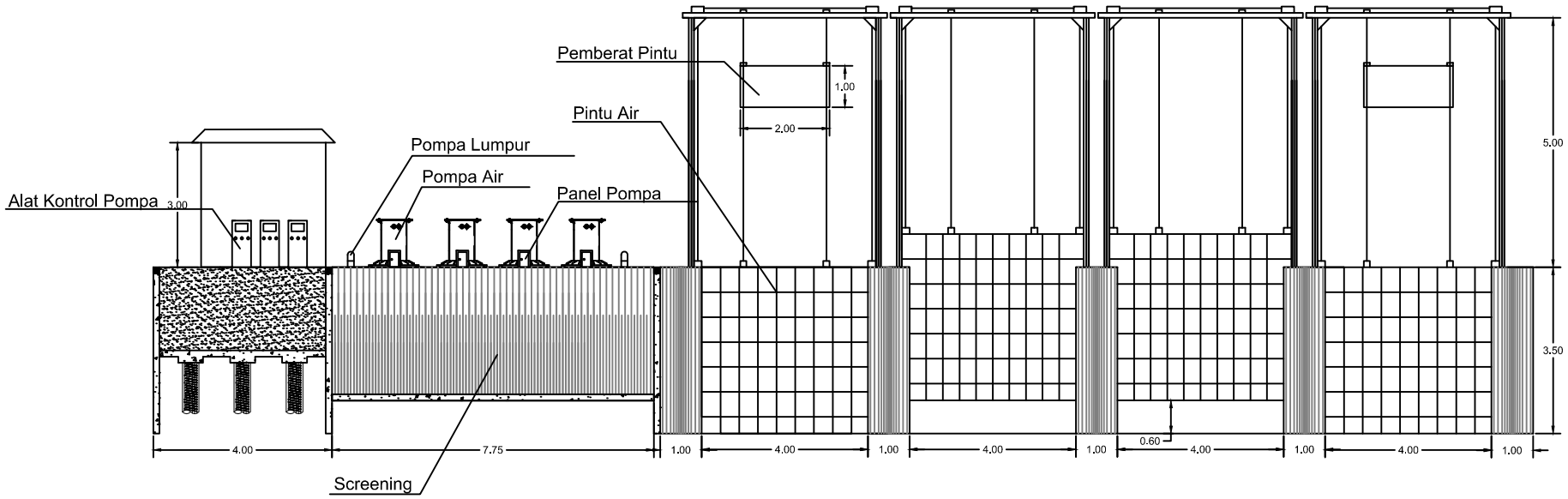
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR	
					Lembar	Jumlah
PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugranto	3111 100 129	Perencanaan U-Ditch Saluran Tersier	9	11



Tampak Atas Rumah Pompa dan Pintu Air
SKALA 1 : 100

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugrananto	3111 100 129	Tampak Atas Pompa dan Pintu Air Busem Kali Bokor	Lembar: 10 / Jumlah: 11



Potongan A-A Rumah Pompa dan Pintu Air
SKALA 1 : 100

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA		JUDUL GAMBAR	LEMBAR	
						Lembar	Jumlah
	PERENCANAAN JARINGAN DRAINASE SUBSISTEM KALI BOKOR SURABAYA	Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. Nastasia Festy Margini, S.T., M.T.	Dadang Anugrananto	3111 100 129	Potongan A-A Rumah Pompa dan Pintu Air	11	11

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada tugas akhir Perencanaan Jaringan Drainase Subsistem Kali Wonorejo berdasarkan analisa yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Analisa debit banjir rencana pada DAS Kali Bokor menggunakan program bantu HEC-HMS. Hasil yang diperoleh, yaitu untuk debit maksimum saluran tersier sebesar 2,3 m^3/dt, debit maksimum saluran sekunder sebesar 11,2 m^3/dt, dan debit maksimum saluran primer sebesar 57,4 m^3/dt.
2. Perencanaan dimensi saluran primer dan sekunder, menggunakan program bantu HEC-RAS. Saluran tersier direncanakan menggunakan *box culvert* pabrikan dan dihitung secara manual. Dimensi terbesar *box culvert* untuk saluran tersier adalah Tipe 43 yang mempunyai ukuran 2,5 m x 1,5 m. Saluran primer dari hasil analisa program didapatkan dimensi yang mencukupi sebesar 15 m di bagian hulu. Kemudian semakin ke hilir dimensi saluran bertambah menjadi 20 m hingga 35 m. untuk saluran sekunder dimensi yang mencukupi sebesar 5 – 7 m.
3. Di hilir saluran Kali Bokor terjadi *backwater* akibat air pasang air laut lebih tinggi dari muka air saluran. Sehingga perlu direncanakan kolam tampung dan pompa.
4. Perencanaan kolam tampung dan pompa di muara saluran Kali Bokor menggunakan program bantu HEC-RAS. Hasil analisa kolam tampung didapatkan luas 100 ha dengan kedalaman 2,5 m. Untuk pompa dan pintu air dipasang sebanyak 4 buah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan pada Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang bisa dijadikan sebegai bahan pertimbangan, antara lain sebagai berikut :

1. Untuk dapat meninjau dari pembangunan pemukiman yang baru terhadap pengolahan sumber daya air sehingga tidak menimbulkan masalah dikemudian hari.
2. Perlu adanya penertiban pemukiman pada kawasan pinggiran kali dikarenakan rata-rata genangan terjadi pada wilayah tersebut.
3. Terkait sedimentasi yang terjadi, perlu adanya pemeliharaan saluran baik dengan pengerukan sedimentasi yang dilakukan secara berkala. Dalam tugas akhir, sedimentasi yang terjadi diberikan toleransi 10 %.

DAFTAR PUSTAKA

C. D. Soemarto, 1993 : **Hidrologi Teknik**, Erlangga, Jakarta

Chow VT, 1989 : **Hidrolika Saluran Terbuka**, Erlangga, Jakarta

Istiarto. 2014 **Modul Pelatihan Pemakaian HEC-RAS**. Yogyakarta.

Rowiyanto, Ahmad Nur. 2016. Tugas Akhir Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Kali Wonorejo Surabaya. Surabaya: ITS

RPJMD Kota Surabaya Tahun 2010 – 2015

SDMP (*Surabaya Drainage Master Plan*) 2012, BAPPEKO Surabaya

Soewarno, 1995 **: Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data**, NOVA, Bandung

Sofia, Fifi. 2006. **Modul Drainae.** Surabaya.

Suripin, M. Eng. Dr. Ir, 2004 : **Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**, ANDI OFFSET, Yogyakarta

USACE. 2000. ***Hydrologic Modelling System*** **HEC-HMS** ***Technical Reference Manual***. Juni 2015. http://www.hec.usace.army.mil

USACE. 2000. ***Hydrologic Modelling System*** **HEC-HMS** ***Applications Guide Manual***. Juni 2015. http://www.hec.usace.army.mil

USACE.2010. **HEC-RAS** ***Technical Reference Manual***. USA : HEC-RAS

USACE.2010. **HEC-RAS** ***User's Manual***. USA : HEC-RAS

Dadang Anugrananto,
dilahirkan di Bandung pada tanggal 15 April 1992, merupakan anak ketiga dari 3 (tiga) bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Bhakti 3 Gresik, SDN 3 Kota Serang, SMP Negeri 1 Kota Serang, dan SMA Negeri 1 Kota Serang. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Kota Serang pada tahun 2011, penulis mengikuti ujian mandiri (salah satu jalur masuk program S1 ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, terdaftar dengan NRP 31 11 100 129. Di Jurusan Teknik Sipil penulis mengambil Tugas Akhir bidang studi Hidroteknik. Penulis aktif di beberapa kegiatan sosial masyarakat. Penulis pernah menjabat sebagai Staff Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Sipil FTSP ITS pada tahun 2012-2013. Kemudian menjabat sebagai Kepala Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Sipil FTSP ITS pada tahun 2013-2014.

e-mail : dadang129@gmail.com