



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

PENGENDALIAN BANJIR KAMPUS ITS MANYAR JALAN MENUR NO.127 SURABAYA

Tommy Arya Gumilar
NRP 101 11400000 151

Rizulfi Kurniawan Santoso
NRP 101 11400000 164

Dosen Pembimbing:

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PENGENDALIAN BANJIR KAMPUS ITS MANYAR JALAN MENUR
NO.127 SURABAYA**

Tommy Arya Gumilar

NRP 101 11400000 151

Rizulfi Kurniawan Santoso

NRP 101 11400000 164

Dosen Pembimbing:

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.

NIP 19771231 200604 2 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



APPLIED FINAL PROJECT - RC 145501

**FLOOD CONTROL OF ITS MANYAR CAMPUS JL. MENUR
NO.127 SURABAYA**

Tommy Arya Gumilar

NRP 101 11400000 151

Rizulfi Kurniawan Santoso

NRP 101 11400000 164

Counsellor lecturer :

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.

NIP 19771231 200604 2 001

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
VOCATION FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

**PENGENDALIAN BANJIR KAMPUS ITS MANYAR
JL.MENUR NO.127 SURABAYA
TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi Diploma III
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

Mahasiswa I



Tommy Arya Gumilar
RP 101 11400000 151

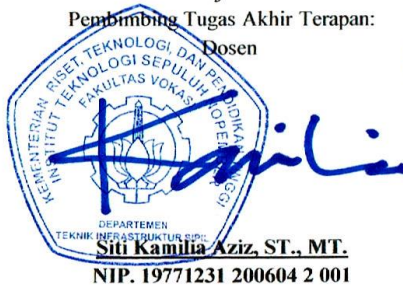
Mahasiswa II



Rizulfi Kurniawan Santoso
NRP 101 11400000 164

Disetujui oleh
Pembimbing Tugas Akhir Terapan:
Dosen

02 AUG 2018



Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP. 19771231 200604 2 001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 12 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Pengendalian Kampus ITS Manyar Jalan Menur No.127 Surabaya		
Nama Mahasiswa	Tommy Arya Gumilar	NRP	10111400000151
Nama Mahasiswa	Rizulfi Kurniawan Santoso	NRP	10111400000164
Dosen Pembimbing 1	S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 197712312006042001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	-	Tanda tangan	-

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
.....	S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 197712312006042001
<ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi kampus & polygon titik & perseg 2. Penjelasan konsep sab. terkoneksi tanah, sel. $T=10$ K 3. Skema jaringan sipil jalan + plot di google earth 4. Bundaran saja & rasional + hidrograph & 5. pompa & hidrograph dan spele pompa 	Tatas, ST. MT NIP 198006212005011002
<ul style="list-style-type: none"> - Rumus permasalahan & tugas ? - Analisis I ? - Hidrograph & pompa masalah ? ? 	Dr. Ir. Suharjo, MT NIP 195601191984031001
.....	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			-
S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 197712312006042001	Tatas, ST. MT NIP 198006212005011002	Dr. Ir. Suharjo, MT NIP 195601191984031001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		-
	S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 197712312006042001	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 TOMMY ADYA SUMILAR 2 RIZULFI ~~KALIMAWAN~~ SANTOSO
 NRP : 1 101114 00000 151 2 101114 00000 164
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : SITI KAMILIA AZIZ, ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	16-05-2018	Tabel diperbaiki PUH 10 tahun Sumber dimendefykan. Validasi data 2016 dan 2017. Penulisan diperbaiki Cek buku Suwarda Hidrologi		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	21-07-2018	- Tabel 4.13 Dmax dirincikan perhitungannya. - Cari buku hidrologi		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.	06-08-2018	- perbaiki perhitungan smirnov kolmogorov - perbaiki skema, notasi harus bisa dipahami (diberi keterangan) - Cek Catchment area. - Perbaiki T_c to T_p . - Cek perhitungan. Waktu - Cek perhitungan. rasional. - penambahan saluran		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 TOMMY ARYA GUMILAR 2 RIZULFI KURNIAWAN SANTOSO
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : SITI KAMILIA A212 .ST.MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	25-06-2018	- Cek catchment - Cek perhutungan Makasar - Revisi Perhutungan kolam tempay. - Revisi inflow outflow dengan pompa.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	02-07-2018	- Perhitungan pompa. - Cek inflow out flow - Cek kondisi debit kawat kampus menggunakan metode nakayama		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	09-07-2018	- Penulisan Catchment DAS - Revisi Debit Inflow outflow pada kolam - Cek aliran yang akan dialokasikan.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**PENGENDALIAN BANJIR KAMPUS ITS MANYAR
JL.MENUR NO.127 SURABAYA**

Nama Mahasiswa I : Tommy Arya Gumilar
NRP : 101 11400000 151
Nama Mahasiswa II : Rizulfi Kurniawan Santoso
NRP : 101 11400000 164
Jurusan : Departemen Teknik Infrastruktur
Sipil Fakultas Vokasi ITS
Dosen Pembimbing : Siti Kamilia Aziz, ST., MT.

ABSTRAK

Banjir pada lingkungan Kampus ITS Manyar di akibatkan oleh faktor dari dalam dan luar wilayah kampus. Dari pengamatan yang dilakukan, beberapa saluran dalam kampus tidak dapat menampung debit hujan yang turun. Akibatnya, air dari beberapa saluran meluber. Kolam tampung memiliki kapasitas 270,00 m³, diharapkan mampu menampung debit inflow yang terjadi pada wilayah Kampus ITS Manyar. Debit yang masuk selanjutnya akan disalurkan pada saluran tersier perumahan tirtomoyo.

Dari hasil survey yang dilakukan, diduga jika limpasan air hujan tetap dibuang melalui saluran tersier manyar tirtomoyo akan tetap mengalami kesulitan dalam pengelolaannya. Maka perlu diperlukan upaya pengendalian banjir dengan cara meredesain beberapa saluran yang meluber dan membuang outflow pada kolam tampung melalui saluran tersier menur menggunakan pompa

Analisa yang dilakukan pada Tugas Akhir ini meliputi analisa hidrologi, analisa hidrolika dan analisa pompa. Analisa

hidrologi memperhitungkan curah hujan rencana dengan distribusi Log Person Type III periode ulang 2, 5 dan 10 tahun, serta perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode Rasional untuk mengetahui debit banjir rencana tiap saluran dan menggunakan Metode Rasional untuk mengetahui debit jam-jaman untuk perhitungan pompa. Untuk perhitungan analisa hidrolika dilakukan untuk mengetahui kapasitas eksisting penampang saluran.

Berdasarkan hasil dari analisa hidrologi didapatkan curah hujan harian rencana periode ulang 10 tahun sebesar 115,92 mm yang akan digunakan untuk menghitung debit rencana metode rasional. Untuk mengevaluasi saluran, terlebih dahulu dilakukan perhitungan kapasitas saluran dengan dimensi existing yang ada di lokasi studi. Dari hasil evaluasi didapatkan bahwa beberapa saluran tersier tidak dapat menampung debit hujan yang turun maka diperlukan redesain serta didapatkan debit pada saluran Manyar Tirtomoyo II tidak dapat menampung debit hujan yang terjadi, maka debit limpasan outflow kolam tampung tidak dimungkinkan lagi untuk di buang kebelakang. Opsinya, dibuang kedepan yaitu pada saluran tersier menurun yang masih mampung menampung debit outflow dari kolam tampung dengan pompa berkapasitas sebesar 0,05 m³/s. Saluran tersier menurun memiliki tampungan sebesar 0,6551 m³/s

Kata kunci: Drainase, Metode Rasional Kampus ITS Manyar, Banjir, Pompa.

**FLOOD CONTROL OF ITS MANYAR CAMPUS
JL.MENUR NO.127 SURABAYA**

Name Student I : *Tommy Arya Gumilar*
NRP : *101 11400000 151*
Name Student II : *Rizulfi Kurniawan Santoso*
NRP : *101 11400000 164*
Department : *Departemen Teknik Infrastruktur
Sipil FV ITS*
Lecturer Mentor : *Siti Kamilia Aziz, ST., MT.*

ABSTRACT

Flood in ITS Manyar Campus environment is caused by factors from inside and outside campus area. From observations we made, several channels within the campus can not accommodate the discharge of rain that descends. As a result, water from several channels overflowed. Reservoir that has a capacity of 270,00 Om^3 , is expected to accommodate the inflow discharge that occurs in the area of ITS Manyar Campus. The subsequent incoming debit will be channeled to the tirtomoyo tertiary channel.

From the results of the survey is expected if the runoff of rain water remains discarded through tertiary channels tirtomoyo manyar will still have difficulty in its management. So it needs to control the flood by redesigning some channels that spill over and throw outflow on the reservoir II through menur's tertiary channels using pump.

The analysis conducted on this Final Project includes hydrological analysis, hydraulics analysis and pump analysis. The hydrological analysis calculate the rainfall plan with the

distribution of the Log Person Type III repeat periods of 2, 5 and 10 years, as well as the calculation of the flood discharge plan using the Rational method to determine the flood discharge plan of each channel and using Rational method to know the hour-time discharge for the pump calculation. For hydraulic analysis calculation is done to know the existing capacity of channel cross section.

Based on the results of the hydrological analysis, the daily rainfall of 10 years return period of 115.92 mm will be used to calculate the discharge of the rational method plan. To evaluate the channel, first, calculate the channel capacity with existing dimension in the study location. From the evaluation results obtained that some tertiary channels can not accommodate the downfall of rain, so it needed redesain and discharged on the channel Manyar Tirtomoyo II can not accommodate the discharge of the rain that occurs the outflow runoff discharge pond II is no longer possible to be disposed back. The other option is to thrown forward that is on menur's tertiary channel which still can accommodate outflow discharge from reservoir II with pump that has a capacity of 0,01m³ / s. Tertiary channel has a storage capacity of 0.6551 m³ / s

Key Word: *Drainage, Rational Method , ITS Campus, Flood, Pump.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul “Pengendalian Banjir Kampus ITS Manyar Jalan Menur No 127 Surabaya”. Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS.

Kami ucapkan terimakasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari :

1. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS,
2. Ibu Siti Kamilia Aziz, ST., MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan,
3. Bapak/Ibu Dosen, seluruh Staf Karyawan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS Surabaya yang telah membantu dalam proses pengerjaan proyek akhir ini.
4. Kedua orang tua kami, saudara-saudara kami, yang selalu memberikan motivasi dan doa.
5. Rekan-rekan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV ITS, serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini, yang mana kami tidak dapat sebutkan satu persatu.

Dalam penulisan Tugas Akhir Terapan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, 12 Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Peta Lokasi	7
1.7 Catchment Area	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Penelitian Terdahulu.....	9
2.2 Drainase.....	9
2.3 Analisis Hidrologi.....	12
2.3.1 Mencari Data Hujan yang Kosong	13
2.3.2 Menghitung Tinggi Hujan Rata-rata.....	14
2.3.3 Parameter Statistika	17
2.3.4 Menghitung Tinggi Hujan Rencana	19
2.3.5 Uji Kecocokan Distribusi	24
2.3.6 Koefisien Pengaliran	28
2.3.7 Intensitas Hujan.....	30
2.3.8 Debit Rencana	32
2.3.9 Hidrograf Satuan Sintetis	33

2.4 Hidrolika	34
2.4.1 Sifat Aliran	35
2.4.2 Kondisi Aliran	36
2.4.3 Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran.....	36
2.4.4 Unsur Geometris Penampang Saluran	38
2.5 Pompa	40
2.5.1 Perencanaan Sistem Pompa Drainase	41
2.5.2 Operasional Sistem Pompa Drainase.....	49
2.5.3 Urutan Operasional Pompa Drainase dan Kelengkapannya	51
2.5.4 Start dan Stop Pompa drainase	54
2.5.5 Pemantauan pada Kondisi Operasional Pompa Drainase	58

BAB 3 61

METODOLOGI	61
3.1 Persiapan.....	61
3.2 Studi Literatur	61
3.3 Metode Penelitian	62
3.4 Alur Penelitian	62
3.5 Pengumpulan Data.....	62
3.6 Teknik Analisis Data	63
3.7 Bagan Alir Metodologi	64
BAB 4 ANALISIS DAN PERHITUNGAN	67

4.1 Analisis Hidrologi.....	67
4.1.1 Curah Hujan Harian Maksimum.....	69
4.1.2 Curah Hujan Rencana	69
4.1.3 Perhitungan Parameter Dasar Statistik	70
4.1.4 Uji Distribusi Frekuensi.....	73
4.1.5 Analisis Waktu Konsentrasi	92

4.1.6	Perhitungan Intensitas Curah Hujan (I)	105
4.1.7	Perhitungan Debit Banjir Rencana (Metode Rasional)	110
4.2	Analisis Kapasitas Tampung Saluran (<i>Full Bank Capacity</i>) 114	
4.2.1	Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran (I)	115
4.2.2	Perhitungan Full Bank Capacity di Saluran Kuartet.....	117
4.2.3	Perhitungan Full Bank Capacity di Saluran Tersier	117
4.3	Perhitungan Rasional.....	123
4.4	Analisis Operasional Pompa Drainase.....	132
4.4.1	Kapasitas Kolam Tampung	132
4.4.2	Perhitungan Kapasitas Pompa	134
4.4.3	Perhitungan Operasional Pompa	138
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		141
5.1	Kesimpulan.....	141
5.2	Saran	142
DAFTAR PUSTAKA.....		143
LAMPIRAN		145

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Saluran Drainase Kampus ITS Manyar	3
Gambar 1.2 Saluran Rencana Drainase Kampus ITS Manyar	4
Gambar 1.3 Peta Lokasi	7
Gambar 1.4 Catchment area	8
Gambar 2.1 Poligon Thiessen	16
Gambar 2.2 Isohyet	17
Gambar 2.3 Penampang Trapesium	38
Gambar 2.4 Penampang Segi Empat	39
Gambar 2.5 Penampang Bulat (Lingkaran)	40
Gambar 2.6 Klarifikasi Pompa Darinase	41
Gambar 2.7 Operasional Pompa	60
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pengerjaan Tugas Akhir Terapan	65
Gambar 4.1 Lokasi stasiun hujan polygon thiesen surabaya	68
Gambar 4.2 Skema eksisting jaringan saluran (Titik Kontrol) Saluran	93
Gambar 4.3 Skema Jaringan Saluran Rencana	123
Gambar 4.4 Grafik Hidrograf Rasional titik 1-13	124
Gambar 4.5 Grafik Hidrograf Rasional titik 6-13	126
Gambar 4.6 Hidrograf Superposisi	127
Gambar 4.7 Grafik Hidrograf Rasional titik 17-23	129
Gambar 4.8 Grafik Hidrograf Rasional titik 22-23	131
Gambar 4.9 Grafik Pengoperasian pompa	138
Gambar 4.10 <i>Pile Scale</i> pompa	139

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter yang digunakan untuk menentukan cara yang tepat untuk mencari tinggi hujan rata-rata.....	15
Tabel 2.2 Parameter statistik yang menentukan distribusi	19
Tabel 2.3 Reduced Mean (Y_n)	21
Tabel 2.4 Reduced standard deviation (S_n).....	21
Tabel 2.5 Nilai K distribusi log pearson III.....	23
Tabel 2.6 Variabel Reduksi Gauss	25
Tabel 2.7 Nilai Chi-Kuadrat.....	26
Tabel 2.8 Nilai D_0 untuk uji kecocokan smirnov-kolmogorov...	28
Tabel 2.9 Koefisien aliran C.....	29
Tabel 2.10 Kecepatan aliran rata-rata untuk saluran alam	32
Tabel 2.11 Koefisien Penyebaran Hujan (β)	33
Tabel 2.12 Nilai C untuk Inlet Diameter Pompa	42
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Stasiun Wonokromo	69
Tabel 4.2 Perhitungan Parameter Statistik	71
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Awal Parameter Statistik	72
Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Metode Distribusi Log Pearson III.....	73
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan K, Log R Distribusi Log Pearson III	74
Tabel 4.6 PUH Perencanaan Drainase Kota dan bangunan yang dianjurkan.....	76
Tabel 4.7 Nilai K metode log pearson tipe III dengan $c_s -1,1$	77
Tabel 4.8 Perhitungan distribusi hujan log pearson tipe III	77
Tabel 4.9 Perhitungan Peluang.....	79
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan peluang dan nilai K,.....	80
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Uji Chi-Kuadrat sta Wonokromo.	81
Tabel 4.12 Perhitungan D_k dan derajat kepercayaan	82
Tabel 4.13 Perhitungan D_{maks} Wonokromo	84

Tabel 4.14 Perhitungan D_0 kritis.....	86
Tabel 4.15 Tabel luas daerah dibawah kurva distribusi normal ..	87
Tabel 4.16 Perhitungan T_f kuartet.....	95
Tabel 4.17 Perhitungan T_f Tersier	96
Tabel 4.18 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan A.....	97
Tabel 4.19 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan B	98
Tabel 4.20 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan C	98
Tabel 4.21 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan D.....	98
Tabel 4.22 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan E	98
Tabel 4.23 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan F.....	98
Tabel 4.24 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan G.....	99
Tabel 4.25 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan H.....	99
Tabel 4.26 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan I	99
Tabel 4.27 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan J	99
Tabel 4.28 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan H.....	99
Tabel 4.29 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan K.....	100
Tabel 4.30 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan M.....	100
Tabel 4.31 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan N.....	100
Tabel 4.32 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan O.....	100
Tabel 4.33 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan P.....	100
Tabel 4.34 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan Q.....	101
Tabel 4.35 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan R	101
Tabel 4.36 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan S.....	101
Tabel 4.37 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan	101
Tabel 4.38 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan T	101
Tabel 4.39 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan U.....	101
Tabel 4.40 Perhitungan T_c Maksimum sub sistem I titik 1-13 ..	102
Tabel 4.41 Perhitungan T_c Maksimum titik Sub sistem II 6-13	103
Tabel 4.42 Perhitungan T_c Maksimum titik Sub sistem 17-23	104

Tabel 4.43 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub sistem I 1-13	106
Tabel 4.44 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub sistem I 1-13 (Lanjutan).....	107
Tabel 4.45 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub sistem II 6-13	108
Tabel 4.46 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub sistem II 17- 23 (Luar Kampus)	109
Tabel 4.47 Perhitungan Debit Banjir rencana metode rasional	111
Tabel 4.48 Perhitungan Debit Banjir rencana metode rasional (lanjutan)	112
Tabel 4.49 Perhitungan Debit Banjir rencana metode rasional (lanjutan)	113
Tabel 4.50 Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran	115
Tabel 4.51 Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran (Lanjutan)	116
Tabel 4.52 Perhitungan <i>Full Bank Capacity</i>	119
Tabel 4.53 Perhitungan Full Bank Capacity (lanjutan)	120
Tabel 4.54 Perhitungan Full Bank Capacity (redesain)	121
Tabel 4.55 Perhitungan Hidrograf titik 1-13	124
Tabel 4.56 Perhitungan Hidrograf titik 6-13	126
Tabel 4.57 Perhitungan Hidrograf Superposisi	128
Tabel 4.58 Perhitungan Hidrograf titik 17-23	130
Tabel 4.59 Perhitungan Hidrograf titik 22-23	132
Tabel 4.60 Perhitungan Kapasitas Pompa	136
Tabel 4.61 Perhitungan Kapasitas Pompa (lanjutan)	137

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir di Surabaya merupakan masalah yang telah umum terjadi. Hal ini disebabkan karena kota Surabaya terletak pada dataran rendah. Guna mewujudkan kelestarian lingkungan kampus, ITS Manyar memerlukan upaya-upaya untuk mencegah banjir. Permasalahan yang terjadi di lingkungan kampus diduga akibat dari adanya beberapa faktor baik dari dalam lingkungan kampus maupun dari luar lingkungan kampus.

Dari hasil survey yang dilakukan di lingkungan kampus, saluran 1-2 mempunyai beda tinggi 5cm dengan kemiringan 0.003. Pada saluran 1-2 air mengalir menuju ruas saluran 2-3 akan tetapi pada ruas tersebut arah aliran berbalik menuju saluran 2-1. Sedangkan ruas saluran 2-3 terdapat sedimentasi dan penyumbatan oleh sampah, ruas saluran 3-4 juga mengalami masalah yang sama akibatnya aliran pada saluran 2-3 dan 3-4 melambat. Serta pada ruas 4-5 kemiringannya menanjak sehingga aliran kesulitan sebelum masuk ke kolam tampung.

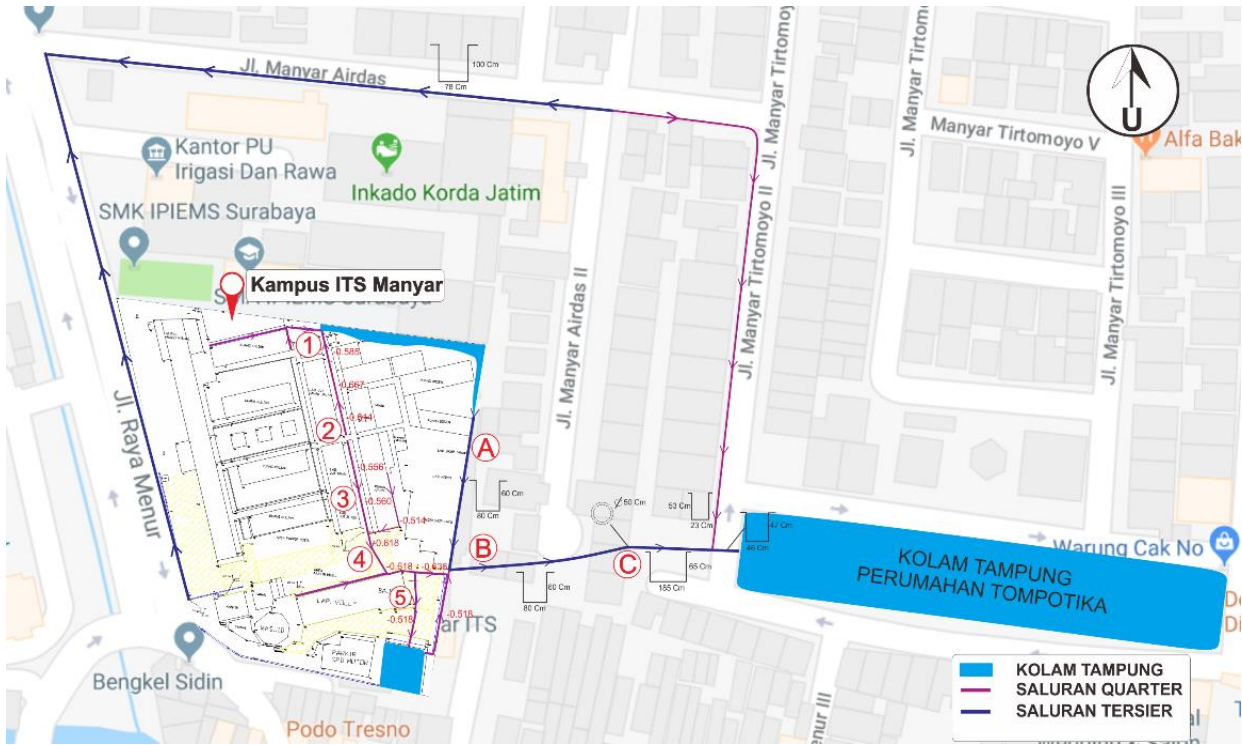
Kolam tampung pada sisi selatan (Kolam Tampung II) menerima inflow pada seluruh lingkungan kampus. Jika kolam tampung mampu menampung seluruh inflow yang terjadi maka yang perlu dibenahi adalah ruas saluran 1-5 yang mengalami masalah, jika kolam tampung tidak mampu menampung inflow seluruhnya maka sebagian debit perlu dialirkan menuju outlet yang ada diluar kampus

Kondisi outlet yang ada diluar kampus juga perlu diperhatikan apabila menerima inflow pada seluruh lingkungan kampus. Jika saat hujan kondisi outlet diperkirakan tidak mampu menampung debit limpasan maka inflow pada seluruh lingkungan kampus ditampung sementara pada kolam tampung bagian selatan setelah memungkinkan baru di alirkan menuju saluran tersier manyar tirtomoyo

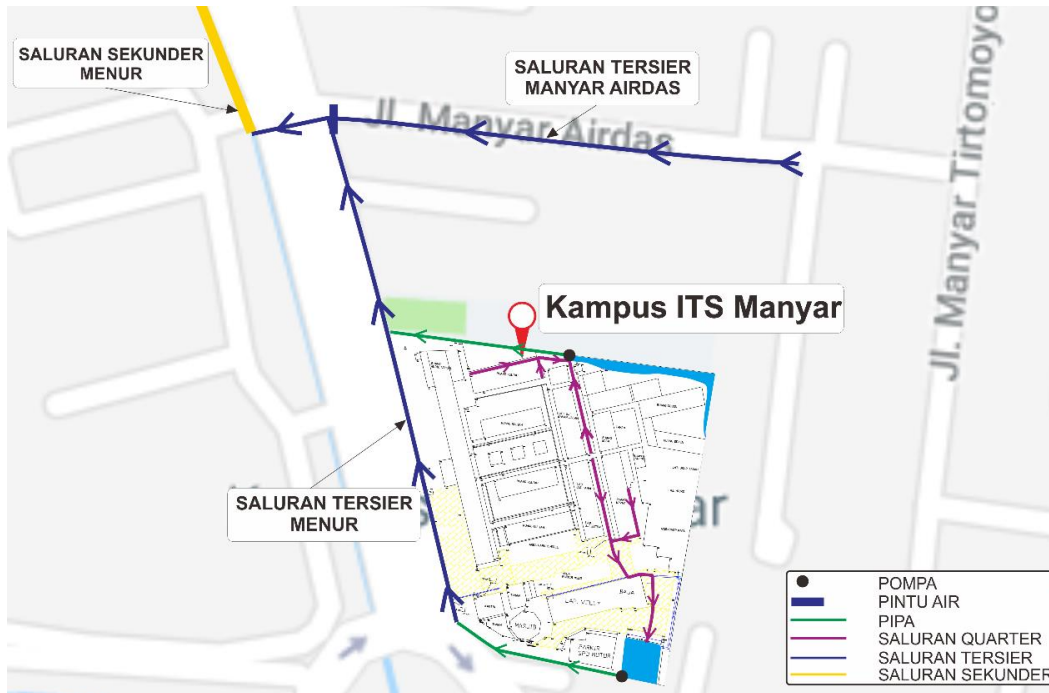
Dari hasil survey yang dilakukan pada perumahan manyar airdas, ditemukan bahwa pada titik A terdapat lubang yang mengakibatkan air pada perumahan manyar airdas masuk ke dalam lingkungan kampus. Jika inflow pada kampus tetap dibuang ke belakang maka akan kembali masuk melalui lubang tersebut. Serta pada ruas saluran tersier manyar tirtomoyo yang mengarah ke bozem perumahan, ditunjukkan oleh titik B dan C memiliki masalah penyempitan saluran, sehingga pada saat hujan deras atau sedang diduga kondisi eksisting menjadi tidak mampu lagi menampung debit banjir dan inflow pada kampus ITS Manyar.

Dapat dilihat pada gambar 1.1 pada ruas saluran titik B memiliki bentuk persegi dan berdimensi 60 x 80cm sedangkan pada titik C salurannya berbentuk lingkaran dengan diameter 50cm, sehingga debit yang mengalir pada saluran tersebut mengalami masalah penyempitan saluran dari titik B-C sebelum mengarah ke bozem perumahan. hal itu juga berimbas pada pengelolaan sistem drainase kampus yang tidak bisa memompa langsung air hujan menuju saluran tersebut pada saat hujan sedang berlangsung sehingga limpasan air hujan harus ditampung terlebih dulu di kolam tampung.

Dari hasil survey yang dilakukan diduga jika limpasan air hujan tetap dibuang melalui saluran tersier manyar tirtomoyo akan tetap mengalami kesulitan dalam pengelolaannya, sehingga untuk rencana drainase kedepannya dimungkinkan untuk merencanakan pengelolaan dengan memanfaatkan saluran tersier menur dapat dilihat pada gambar 1.1 . Untuk meminimalisir banjir yang terjadi pihak kampus telah melakukan upaya pencegahan banjir dengan membangun kolam tampung beserta sistem pompanya . Namun, upaya tersebut belum maksimal. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pengendalian banjir untuk mencari solusi yang tepat untuk menangani permasalahan tersebut.



Gambar 1.1 Peta Saluran Drainase Kampus ITS Manyar



Gambar 1.2 Peta Saluran Drainase Kampus ITS Manyar

1.2 Rumusan Masalah

Dengan penjelasan latar belakang masalah diatas maka dalam penulisan proposal Tugas Akhir ini terdapat permasalahan sebagai berikut

1. Berapa debit Inflow yang mengalir di cathment kampus ITS Manyar?
2. Berapa volume kolam tampung yang dibutuhkan untuk menampung kelebihan debit inflow yang tidak dipompa?
3. Berapa kapasitas pompa untuk mengalirkan inflow dari kolam tampung menuju saluran menur?
4. Bagaimana operasional pompa yang diperlukan ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui debit inflow yang mengalir di cathment kampus ITS Manyar.
2. Mengetahui volume kolam tampung untuk menampung kelebihan debit inflow yang tidak mampu di pompa.
3. Mengetahui kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan debit inflow di catchment kampus ITS Manyar.
4. Menentukan operasional pompa yang diperlukan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pengerjaan Tugas

Akhir adalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung limbah rumah tangga
2. Tidak menghitung rencana anggaran biaya dalam penelitian ini

1.5 Manfaat

1. Memperoleh Ilmu pengetahuan tata cara pengendalian banjir
2. Studi ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi instansi terkait sebagai alternatif pengendalian banjir di lingkungan kampus ITS manyar.

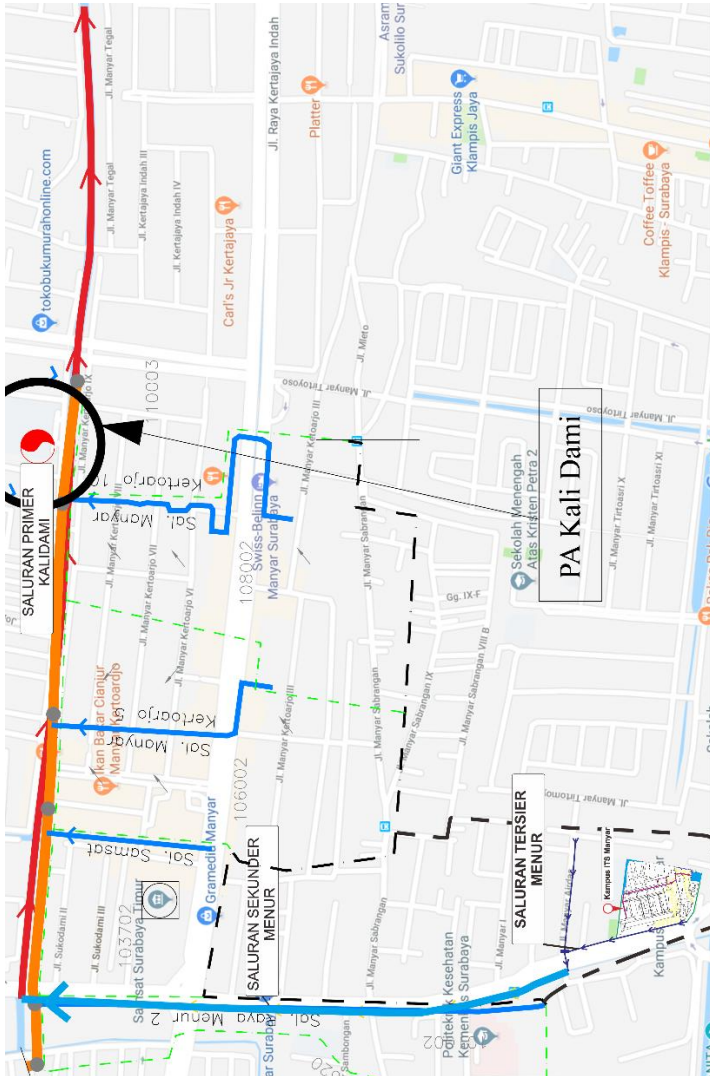
1.6 Peta Lokasi

Peta lokasi daerah yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar



Gambar 1.3 Peta Lokasi

1.7 Catchment Area



Gambar 1.4 Catchment area

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu Dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini penulis juga mengambil referensi yang masih berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti yaitu Tugas Akhir Terapan Wahyu Indra Kusuma mahasiswa LJ Teknik Sipil ITS yang berjudul “PERENCANAAN SISTEM DRAINASE KAWASAN PERUMAHAN GREEN MANSION RESIDENCE SIDOARJO”. Dalam studi ini kami mengaplikasikan pompa untuk membantu mengalirkan air secara gravitasi dalam kolam penampungan yang berada di utara menuju keluar lingkungan kampus, dan juga menerapkan pintu air jika diperlukan untuk menanggulangi masuknya air dari saluran yang berada diluar kampus . serta melakukan normalisasi saluran eksisting secara berkala.

2.2 Drainase

Drainase atau yang dikenal dengan nama pematuan berasal dari Bahasa Inggris “*drainage*” yang memiliki arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Drainase juga dapat diartikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas (Suripin, 2004).

Saluran drainase sering kali dirujuk sebagai drainase saja karena secara teknis hampir semua drainase terkait dengan pembuatan saluran. Saluran drainase permukaan biasanya berupa parit, sementara untuk bawah tanah disebut gorong-gorong di bawah tanah.

Dalam lingkup rekayasa sipil, drainase dibatasi sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal sesuai dengan kepentingan. Dalam tata ruang, drainase berperan penting untuk mengatur pasokan air demi pencegahan banjir. Drainase juga bagian dari usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas.

Menurut sejarah terbentuknya drainase terdapat dua macam yaitu drainase alamiah (*natural drainage*) dan drainase buatan (*arficial drainage*). Menurut letak bangunan drainase terdapat dua macam yaitu drainase permukaan tanah (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan tanah (*subsurface drainage*). Menurut fungsi drainase terdapat dua macam yaitu *single purpose* dan *multi purpose*. Sedangkan menurut konstruksi drainase terdapat dua macam yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup.

Ada berbagai macam pola jaringan drainase, yaitu:

1. Siku
2. Pararel
3. Grid Iron
4. Alamiah
5. Radial
6. Jaringan-jaringan

Susunan dan formasi dalam jaringan:

1. Interceptor drain
2. Collector drain
3. Conveyor drain

Berbagai macam bangunan drainase seperti:

1. Gorong-gorong

2. Pintu air
3. Bangunan terjun
4. Manhole
5. Grill
6. Screen
7. Kolam penampungan
8. Pompa air
9. Ground sill/leveling structure
10. Dll

Untuk memulai perencanaan sebuah sistem drainase harus memiliki data data yang mendukung, sepertihalnya:

1. Data Permasalahan
 - Lokasi genangan
 - Lama genangan
 - Tinggi genangan
 - Besarnya kerugian
2. Data Topografi
3. Data tataguna lahan untuk menemukan koefisien aliran
4. Jenis tanah untuk menentukan kemampuan menyerap air
5. Master plan drainase
6. Biaya
7. Data pengukuran saluran situasi, long dan cross section
8. Data tanah untuk menentukan daya dukung tanah
9. Data hujan untuk menghitung debit rencana
10. Data bahan bangunan

2.3 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya distribusi juga pergerakan air, baik itu diatas maupun di bawah permukaan bumi, menyangkut reaksi sifat fisika maupun kimia air terhadap kehidupan serta lingkungan (Marta dan Adidarma , 1983).

Hidrologi bisa di artikan sebagai ilmu yang berhubungan dengan keterdapatn dan pergerakan air di atas dan melalui permukaan bumi. Ilmu itu berhubungan dengan berbagai bentuk kelengasan yang ada, dan beralihnya wujud zat cair, zat padat dan bentuk gas itu di udara dan di lapisan permukaan daratan. Ilmu itu pun menyangkut lautan sebagai sumbernya dan kumpulan semua air yang memberi hidup di bumi.

Hidrologi digunakan sebagai ilmu yang bersifat menafsirkan. Melakukan percobaan dibatasi oleh ukuran kejadian di alam, yang diteliti dengan akibat yang bersifat khusus. Persyaratan mendasarnya berupa data yang diamati dan diukur mengenai semua segi pencurahan, pelimpasan, penelusuran, pengaliran, penguapan, dan seterusnya.

Gerakan air yang berdaur dari lautan ke atmosfer dan dari sana karena pencurahan ke bumi, tempat air itu berkumpul, disebut daur hidrologi. Urutan peristiwa yang berdaur seperti itu memang terjadi, tetapi tidak sesederhana itu. Pertama, daur itu mungkin pada berbagai tahapan membuat jalan pintas, misalnya curahan dapat terjadi langsung di lautan, danau atau jalan air. Kedua, tidak ada keseragaman waktu yang terpakai oleh daur itu. Pada waktu ada kekeringan mungkin daur itu ternyata terhenti sama sekali, dan selama banjir tampak berlangsung terus. Ketiga, kehebatan dan kekerapan daur itu bergantung pada geografi dan iklim, karena yang

menyebabkannya bekerja adalah penyinaran matahari yang berbeda-beda, bergantung pada garis lintang dan musim sepanjang tahun. Akhirnya, berbagai bagian daur itu mungkin menjadi cukup rumit dan manusia hanya mampu mengendalikan sedikit pada bagian terakhirnya, ketika air sudah jatuh di bumi dan menempuh jalannya kembali ke lautan.

Dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, hasil data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan metode-metode yang telah diajarkan atau metode lain yang mungkin diperlukan. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data hidrologi yang sudah didapat dari instansi adalah sebagai berikut:

2.3.1 Mencari Data Hujan yang Kosong

Sebelum mengolah data hujan lebih lanjut, terlebih dahulu data hujan yang kurang harus dilengkapi. Ada 2 metode untuk melengkapi data hujan yang kurang yaitu:

a. Metode Aritmatika

Metode Aritmatika dapat digunakan apabila persentase perbandingan data hujan rata-rata tahunan stasiun yang datanya tidak lengkap <10% perbedaannya dengan stasiun indeks (stasiun hujan yang datanya lengkap). Rumus untuk mencari data hujan yang hilang metode aritmatika adalah

$$R_{\bar{x}} = \frac{1}{n} \left[\left(\frac{N_x}{N_a} \times R_a \right) + \left(\frac{N_x}{N_b} \times R_b \right) + \left(\frac{N_x}{N_c} \times R_c \right) \right] \quad (2.1)$$

Dimana:

$R_{\bar{x}}$	= Data hujan yang kosong
n	= Jumlah data
N_x	= Jumlah data yang ada pada daerah yang kosong
R_a, R_b, R_c	= Data hujan pembanding
N_a, N_b, N_c	= Jumlah data sebagai pembanding

b. Metode Rasio Normal

Metode Rasio Normal dapat digunakan apabila persentase perbandingan hujan rata-rata tahunan stasiun yang datanya tidak lengkap 10% perbedaannya dengan stasiun indeks (stasiun hujan yang datanya lengkap). Rumus untuk mencari data hujan yang hilang metode rasio normal adalah

$$RD = \frac{1}{n} \left(\frac{N_D}{N_A} \times R_A + \frac{N_D}{N_B} \times R_B + \frac{N_D}{N_C} \times R_C + \frac{N_D}{N_D} \times R_D \right) \quad (2.2)$$

Dimana:

R = Data hujan

N = Hujan rata-rata tahunan

n = Jumlah stasiun hujan disekitar

(Triatmojo, 2010b)

2.3.2 Menghitung Tinggi Hujan Rata-rata

Untuk menentukan tinggi hujan rata-rata suatu daerah dimana daerah tersebut terdapat beberapa stasiun penakar hujan, masing-masing stasiun penakar hujan tersebut memiliki karakteristik daerah yang berbeda. Untuk itu perlu diadakannya pembaruan sifat karakteristik dari beberapa stasiun yang diperhitungkan, sehingga memiliki sifat karakteristik yang sama atau hampir sama. Untuk perhitungan curah hujan rata-rata digunakan beberapa metode sesuai dengan ketentuan dan kondisi pada daerah tersebut. Parameter untuk menentukan cara mencari tinggi hujan rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter yang digunakan untuk menentukan cara yang tepat untuk mencari tinggi hujan rata-rata

Parameter	Kondisi	Cara yang dapat digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Isohyet Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
	Terbatas	Poligon Thiessen
Luas DAS	>5000 km ² (Besar)	Isohyet
	501-5000 km ² (Sedang)	Poligon Thiessen
	<500 km ² (Kecil)	Rata-rata Aljabar
Kondisi Topografi	Pegunungan	Poligon Thiessen
	Dataran	Aljabar
	Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet dan Poligon Thiessen

(Suripin, 2004)

Beberapa metode pengolahan data hujan:

a. Cara rata-rata aljabar

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_A + R_B + R_C + \dots + R_n) \quad (2.3)$$

Dimana:

 \bar{R} = Hujan rata-rata (mm)

n = Jumlah data

 R_A, R_B = Tinggi hujan masing-masing stasiun (mm)

b. Cara Poligon Thiessen

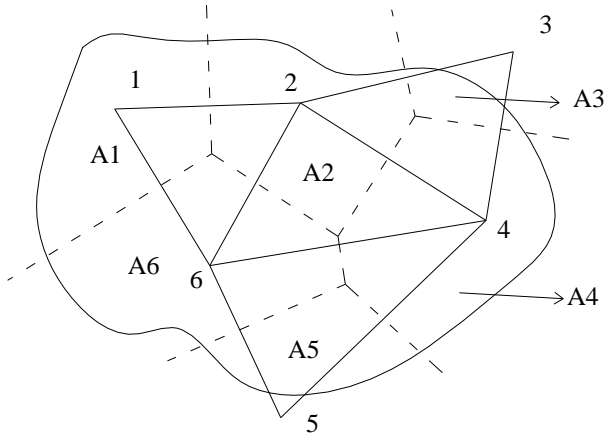
$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_{\text{total}}} \quad (2.4)$$

Dimana:

 A_1, A_2, A_n = Bagian daerah yang mewakili titik pengamatan

1,2,3,... = Stasiun penakar hujan

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$



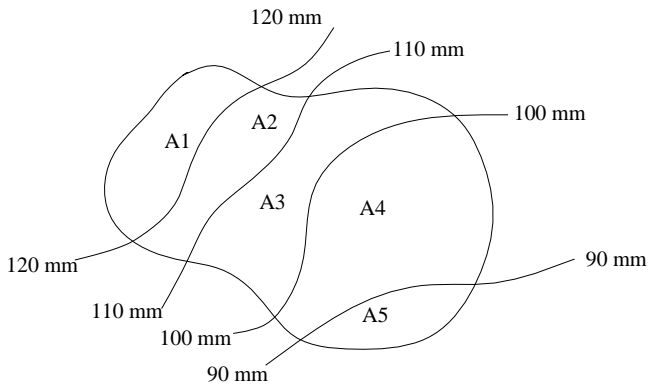
Gambar 2.1 Poligon Thiessen

c. Cara Isohyet

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_{\text{total}}} \quad (2.5)$$

Dimana:

A_1, A_2, A_n = Luas daerah antara garis-garis isohyet.



Gambar 2.2 Isohyet

2.3.3 Parameter Statistika

Dalam statistika dikenal beberapa parameter yang berkaitan dengan analisa data yang meliputi:

a. Nilai Rata-rata Tinggi Hujan

Tinggi rata-rata hujan diperoleh dengan mengambil harga rata-rata yang dihitung dari penakaran hujan pada area tersebut. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (2.6)$$

Dimana:

\bar{R} = Tinggi rata-rata hujan (mm)

R_i = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

(Suripin, 2004)

b. Standart Deviasi

Pada umumnya ukuran disperse yang paling banyak digunakan adalah Standart Deviasi (Sd). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai Standart Deviasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \quad (2.7)$$

Dimana:

Sd = Standart Deviasi

\bar{R} = Tinggi rata-rata hujan (mm)

R_i = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

(Suripin, 2004)

c. Koefisien Kemencengan

Koefisien kemencengan adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi. Koefisien kemencengan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)Sd^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (2.8)$$

Dimana:

Cs = Koefisien Skewness

Sd = Standart Deviasi

\bar{X} = Tinggi rata-rata hujan (mm)

X_i = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

((Suripin, 2004)

d. Koefisien Keruncingan

Koefisien keruncingan digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi yang pada umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien keruncingan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)Sd^4} \quad (2.9)$$

Dimana:

Ck = Koefisien Kurtosis

Sd = Standart Deviasi

\bar{X} = Tinggi rata-rata hujan (mm)

X_i = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

(Triatmojo, 2010b)

2.3.4 Menghitung Tinggi Hujan Rencana

Tinggi hujan rencana adalah besarnya curah hujan yang dipakai sebagai dasar perhitungan debit rencana. Sifat khas parameter dari masing-masing distribusi dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter statistik yang menentukan distribusi

Distribusi	Persyaratan
Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$ $C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
Log Pearson III	Selain Nilai Di atas

(Triatmojo, 2010b)

Untuk menghitung tinggi hujan rencana digunakan beberapa metode yaitu:

a. Metode Distribusi Normal

Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambar pada kertas grafik peluang akan membentuk garis lurus sebagai berikut

$$X_T = \bar{X} + K_T \times S_d \quad (2.10)$$

Dimana:

X_T = Perkiraan tinggi hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = Tinggi hujan rata-rata

K_T = Faktor frekuensi probabilitas

S_d = Standart deviasi

b. Metode Distribusi Gumbel Tipe 1

Persamaan garis lurus untuk distribusi frekuensi tipe 1 Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y - Y_n) \quad (2.11)$$

Persamaan garis lurus Distribusi Gumbel dengan menggunakan metode momen adalah:

$$Y = a(X - X_0) \quad (2.12)$$

$$a = \frac{1,283}{\sigma} \quad (2.13)$$

$$X_0 = \mu - \frac{0,577}{a} \text{ atau } X_0 = \mu - 0,455 \sigma \quad (2.14)$$

Keterangan:

σ = Standard deviasi

μ = Nilai rata-rata

Dengan:

Y_n = *Reduce mean* tergantung jumlah sampel (harga Y_n terdapat pada tabel 2.3)

S_n = *Reduce standard deviation* (harga S_n dapat dilihat pada tabel 2.4)

Y_t = *Reduce variate*, mempunyai nilai yang berbeda pada setiap periode ulang

X_T = Nilai variant yang diharapkan terjadi

\bar{X} = Nilai rata-rata hitung variant

K = Konstanta yang dapat dibaca pada tabel 2.5 atau dapat dihitung dengan persamaan $K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$

S_d = *Standar Deviasi* (simpangan baku)

((Soewarno, 1995)

Tabel 2.3 *Reduced Mean (Yn)*

N	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn	n	Yn
10	0,4595	29	0,5353	47	0,5473	65	0,5535	83	0,5574
11	0,4996	30	0,5362	48	0,5477	66	0,5538	84	0,5576
12	0,5053	31	0,5371	49	0,5481	67	0,5540	85	0,5578
13	0,5070	32	0,5380	50	0,5485	68	0,5543	86	0,5580
14	0,5100	33	0,5388	51	0,5489	69	0,5545	87	0,5581
15	0,5128	34	0,5396	52	0,5493	70	0,5548	88	0,5583
16	0,5157	35	0,5402	53	0,5497	71	0,5550	89	0,5585
17	0,5181	36	0,5410	54	0,5501	72	0,5552	90	0,5586
18	0,5202	37	0,5418	55	0,5504	73	0,5555	91	0,5587
19	0,5220	38	0,5424	56	0,5508	74	0,5557	92	0,5589
20	0,5236	39	0,5430	57	0,5511	75	0,5559	93	0,5591
21	0,5252	40	0,5436	58	0,5515	76	0,5561	94	0,5592
22	0,5268	41	0,5442	59	0,5518	77	0,5563	95	0,5593
23	0,5283	42	0,5448	60	0,5521	78	0,5565	96	0,5595
24	0,5296	43	0,5453	61	0,5524	79	0,5567	97	0,5596
25	0,5309	44	0,5458	62	0,5527	80	0,5569	98	0,5598
26	0,5320	45	0,5463	63	0,5530	81	0,5570	99	0,5599
27	0,5332	46	0,5468	64	0,5533	82	0,5572	100	0,5600
28	0,5343								

((Soemarto, 1987))

Tabel 2.4 *Reduced standard deviation (Sn)*

N	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	29	1,1086	47	1,1557	65	1,1803	83	1,1959
11	0,9676	30	1,1124	48	1,1547	66	1,1814	84	1,1967
12	0,9833	31	1,1159	49	1,1590	67	1,1824	85	1,1973
13	0,9971	32	1,1193	50	1,1607	68	1,1834	86	1,1980
14	1,0095	33	1,1226	51	1,1623	69	1,1844	87	1,1987
15	1,0206	34	1,1255	52	1,1638	70	1,1854	88	1,1994
16	1,0316	35	1,1285	53	1,1658	71	1,1863	89	1,2001

Tabel 2.4 *Reduced standard deviation (Sn) (Lanjutan)*

N	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
17	1,0411	36	1,1313	54	1,1667	72	1,1873	90	1,2007
18	1,0493	37	1,1339	55	1,1681	73	1,1881	91	1,2013
19	1,0565	38	1,1363	56	1,1696	74	1,1890	92	1,2020
20	1,0628	39	1,1388	57	1,1708	75	1,1898	93	1,2026
21	1,0696	40	1,1413	58	1,1721	76	1,1906	94	1,2032
22	1,0754	41	1,1436	59	1,1734	77	1,1915	95	1,2038
23	1,0811	42	1,1458	60	1,1747	78	1,1923	96	1,2044
24	1,0864	43	1,1480	61	1,1759	79	1,1930	97	1,2049
25	1,0915	44	1,1499	62	1,1770	80	1,1938	98	1,2055
26	1,0961	45	1,1519	63	1,1782	81	1,1945	99	1,2060
27	1,1004	46	1,1538	64	1,1793	82	1,1953	100	1,2065
28	1,1047								

(Triatmojo, 2010b)

c. Metode Distribusi Log Pearson III

Distribusi log Pearson III banyak digunakan dalam analisa hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi log Pearson III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson III dengan menggantikan variant menjadi nilai logaritmik.

Bentuk komulatif dari distribusi log Pearson III dengan nilai variantnya X apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan model matematik persamaan garis lurus. Persamaan garis lurusnya adalah:

$$Y = \bar{Y} - k \times S \quad (2.15)$$

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi log Pearson III, adalah:

1. Menentukan logaritma dari semua nilai variant X
2. Menghitung nilai rata-rata (*mean*)

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \log X}{n} \quad (2.16)$$

n = Jumlah data

3. Menghitung nilai standard deviasi dari Log X

$$\overline{\text{Sd. Log } \bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \quad (2.17)$$

4. Menghitung koefisien kemencenggan

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{\text{Sd Log } X})^3} \quad (2.18)$$

Sehingga persamaan dapat ditulis:

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } \bar{X}} + K \times \overline{\text{Sd Log } \bar{X}} \quad (2.19)$$

Dimana:

$\overline{\text{Sd}}$ = Standard deviasi

\bar{X} = Tinggi rata-rata hujan (mm)

X_i = Variabel random (mm)

n = Jumlah data

K = Faktor sifat distribusi log Pearson III yang merupakan fungsi dari besarnya C_s (harga K dapat dilihat pada tabel 2.5)

Tabel 2.5 Nilai K distribusi log pearson III

Koefisien Kemencengan (C_s)	Periode Ulang (Tahun)				
	2	5	10	50	100
3	-0,396	0,420	1,180	3,152	4,051
2,5	-0,360	0,574	1,250	3,108	3,185
2	-0,307	0,609	1,302	2,912	3,605
1,5	-0,240	0,705	1,333	2,712	3,330
1.2	-0,195	0,732	1,310	2,626	3,149
1	-0,164	0,758	1,340	2,342	3,022
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,198	2,957
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,153	2,891
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,107	2,824
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,339	2,755
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,311	2,686
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,610	2,615
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,211	2,314
0,2	-0,033	0,830	1,031	2,159	2,172

Tabel 2.5 Nilai K distribusi log pearson III (Lanjutan)

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang (Tahun)				
	2	5	10	50	100
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,107	2,100
0	0,000	0,842	1,282	2,031	2,326
-0,1	0,017	0,834	1,270	2,000	2,232
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,945	2,178
-0,3	0,060	0,853	1,245	1,890	2,101
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,831	2,029
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,777	1,955
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,720	1,880
-0,7	0,166	0,857	1,183	1,663	1,806
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,606	1,733
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,519	1,660
-1	0,161	0,852	1,128	1,492	1,888
-1.2	0,195	0,844	1,086	1,379	1,449
-1,5	0,240	0,832	1,018	1,217	1,256
-2	0,307	0,777	0,895	0,980	0,990
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,798	0,799
-3	0,396	0,636	0,660	0,666	0,667

(Soewarno, 1995)

2.3.5 Uji Kecocokan Distribusi

Untuk menentukan uji kecocokan distribusi dari sampel data terhadap fungsi distribusi teoritis yang diperkirakan dapat menggambarkan distribusi empiris, diperlukan pengujian secara statistik. Untuk menetapkan apakah persamaan distribusi peluang yang akan dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa. Ada 2 jenis uji kecocokan yaitu:

a. Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan peluang dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisa.

Parameter yang digunakan dalam pengambilan keputusan ini adalah χ^2 , parameter χ^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$\chi^2 h = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.20)$$

Dengan:

$\chi^2 h$ = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

E_i = jumlah nilai teoriti pada sub kelompok ke i

(Triatmojo, 2010b)

Prosedur perhitungan uji Chi-Kuadrat adalah:

1. Tetapkan jumlah pengamatan data curah hujan (n) tahun.
2. Urutkan data curah hujan dari yang terbesar ke terkecil ataupun sebaliknya.
3. Hitung derajat kebebasan dengan menggunakan rumus $DK = K - (\alpha + 1)$, dimana $\alpha = 2$ untuk distribusi normal dan binomial dan $\alpha = 1$ untuk distribusi *poison*.
4. Cara nilai Chi-Kuadrat dari harga DK dan $h = 5\%$ dari tabel distribusi Chi-Kuadrat dan membandingkan periode ulang 10 tahun dengan variabel K dan peluang 9%, 5%, % pada tabel 2.6 Variabel Reduksi Gauss.
5. Interpretasi data yang ada dengan membandingkan nilai Chi-Kuadrat teoritis dan nilai Chi-Kuadrat dengan memasukkan hasil ($\chi^2 h$) pada tabel 2.7 Nilai Chi-Kuadrat.
6. Apabila $(\chi^2 h) < (\chi^2 Cr)$, maka jumlah data dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya sesuai interpretasi datanya.

Tabel 2.6 Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	K_T
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
20	0,05	1,64
50	0,2	2,05
100	0,01	2,33

(Soewarno, 1995)

Tabel 2.7 Nilai Chi-Kuadrat

Dk	Taraf Signifikan					
	50%	30%	20%	10%	5%	1%
1	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635
2	1,366	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210
3	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,341
4	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277
5	4,351	6,056	7,289	9,236	11,070	15,086
6	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812
7	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,475
8	7,344	9,254	11,030	13,362	15,507	20,090
9	8,343	10,656	12,242	14,686	16,919	21,666
10	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	23,309
11	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725
12	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217
13	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688
14	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141
15	14,339	17,332	19,311	23,307	24,996	30,578

(Triatmojo, 2010b)

b. Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov juga sering disebut juga uji kecocokan non parameter, karena pengujinya tidak menggunakan fungsi dari distribusi tersebut. Prosedur uji Smirnov-Kolmogorov adalah:

1. Urutkan data pengamatan dari terbesar ke terkecil atau sebaliknya tentukan peluang masing-masing data distribusi:

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_m = P(X_m)$$

$$X_n = P(X_n)$$

$$P(X_n) = \frac{m}{n-1} \text{ dan } P(X <) = 1 - P(X_i) \quad (2.21)$$

Dengan:

$$P(X) = \text{Peluang}$$

m = Nomor urut kejadian

n = Jumlah data

2. Tentukan masing-masing peluang teoritis dan hasil penggambaran data

$X_1 = P'(X_1)$

$X_2 = P'(X_2)$

$X_m = P'(X_m)$

$X_n = P'(X_n)$

$$F(t) = \frac{X - \bar{X}}{Sd} \text{ dan } P'(X_i) = 1 - P'(X <) \quad (2.22)$$

Dengan:

$P'(X_m)$ = Peluang teoritis yang terjadi pada nomor ke n

X = Curah hujan harian

\bar{X} = Curah hujan rata-rata

$F(t)$ = Distribusi normal standard

3. Tentukan selisih terbesar dari peluang pengamatan dengan peluang teoritis dari kedua nilai peluang tersebut:

$$D_{maks} = [P(X_m) - P'(X_m)] \quad (2.23)$$

4. Tentukan nilai D_0 berdasarkan tabel kritis Smirnov-Kolmogorov.

5. Interpretasi hasilnya adalah:

- Apabila $D_{maks} < D_0$ distribusi yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

- Apabila $D_{maks} > D_0$ maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan distribusi tidak sama.

Persamaan garis yang umum digunakan untuk Smirnov-Kolmogorov adalah:

$$X = \bar{X} + k \times Sd \quad (2.24)$$

Dengan :

X = Hujan rencana

\bar{X} = Hujan rata-rata

k = Faktor distribusi

Sd = Standard Deviasi

Tabel 2.8 Nilai D_0 untuk uji kecocokan smirnov-kolmogorov

N	Derajat Kepercayaan (α)			
	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

(Soewarno, 1995)

2.3.6 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan besarnya aliran permukaan (bagian hujan yang membentuk limpasan) dengan hujan total. Hujan yang jatuh di atas permukaan tanah, sebelum melimpas atau mengalir di atas permukaan tanah akan mengalami hal-hal berikut:

a. Intersepsi

Air hujan membasahi segala suatu yang ada di atas permukaan tanah, seperti tanaman-tanaman dan bangunan-bangunan.

b. Infiltrasi

Merembesnya air dari permukaan tanah ke dalam tanah yang lamanya sangat tergantung dari jenis dan kondisi tanah.

c. Retensi

Air hujan mengisi celah-celah dan retakan-retakan serta cekungan yang ada di atas tanah.

Peristiwa intersepsi, infiltrasi, dan retensi merupakan suatu peristiwa “kehilangan air” ditambah dengan evapotranspirasi atau penguapan – penguapan.

Limpasan permukaan = Hujan Total – Kehilangan Air

$$Q = Q_1 - Q_2 \quad (2.25)$$

$$\text{Koefisien pengaliran (C)} = \frac{Q}{Q_1} \quad (2.26)$$

Kondisi tata guna lahan yang sebenarnya di lapangan sangatlah bervariasi, sehingga untuk menentukan koefisien pengaliran adalah koefisien pengaliran rata-rata atau koefisien pengaliran komposit kawasan. Perhitungan koefisien rata-rata \bar{C} :

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.27)$$

Dimana:

\bar{C} = Koefisien pengaliran rata – rata.

C_i = Koefisien pengaliran bagian.

A_i = Luas bagian.

(Imam Subarkah, 1980)

Koefisien pengaliran dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Koefisien aliran C	
Tipe Daerah Aliran	C
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,50-0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10-0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15-0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13-0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18-0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25-0,35
Perdagangan	
Daerah kota lama	0,75-0,95
Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	
Daerah single family	0,30-0,50
Multi unit terpisah	0,40-0,60
Multi unit tertutup	0,60-0,75
Suburban	0,25-0,40
Daerah apartemen	0,50-0,70

Tabel 2.9 Koefisien aliran C (Lanjutan)

Tipe Daerah Aliran	C
Industri	
Daerah ringan	0,50-0,80
Daerah berat	0,60-0,90
Taman, kuburan	0,10-0,25
Tempat bermain	0,20-0,35
Halaman kereta api	0,20-0,40
Daerah tidak dikerjakan	0,10-0,30
Jalan: beraspal	
Beton	0,80-0,95
Batu	0,70-0,85
Atap	0,70-0,85

(Triatmojo, 2010b)

2.3.7 Intensitas Hujan

Perhitungan Intensitas Hujan tergantung dari data yang tersedia. Data dari alat penakar hujan manual : data hujan harian atau data hujan 24 jam-an, rumus yang digunakan adalah rumus “*Mononobe*”.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3} \quad (2.28)$$

Dimana :

I_t = Intensitas Hujan (mm/jam)

R_{24} = Hujan harian (mm)

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

a. *Time of Concentration* (T_c)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh air yang melintas di atas permukaan tanah dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran sampai ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

$$T_c = T_0 + T_f \quad (2.29)$$

Dimana:

T_0 = *Overland flow time (inlet time)* adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir diatas permukaan tanah, dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran (*catchment area*) sampai sistem saluran yang ditinjau.

T_f = *Channel flow time* adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran sampai ke titik kontrol di bagian hilir yang ditinjau.

b. *Overland flow time* (T_0)

$$\text{Kirpich Formula} \rightarrow T_0 = 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right)^{0,77} \text{ menit} \quad (2.30)$$

Dimana :

L_0 = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau

I_0 = Kemiringan rata-rata permukaan tanah kearah saluran yang ditinjau

n = Koefisien kekasaran permukaan tanah menurut Kerby (missal: tanah licin, $n=0,02$. tanah berumput, $n=0,04$. dst)

c. *Channel Flow Time* (T_f)

Kecepatan aliran rata-rata dalam saluran buatan yang mempunyai dimensi tertentu, dihitung berdasarkan kekasaran bahan saluran dan kemiringan dasar salurannya (Rumus Manning). Sedangkan untuk saluran alam (sungai), dimana kondisi, bentuk penampang, dan dimensinya yang tidak beraturan, perhitungan kecepatan aliran rata-rata ditentukan secara empiris berdasarkan kemiringan rata-rata dasar saluran alam atau sungai tersebut.

$$T_f = \frac{L}{V} \quad (2.31)$$

Dimana :

L = Panjang saluran (meter)

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/det) (dapat dilihat pada tabel 2.10)

Tabel 2.10 Kecepatan aliran rata-rata untuk saluran alam

Kemiringan rata-rata dasar sungai (%)	Kecepatan rata-rata (m/detik)
<1	0,40
1-2	0,60
2-4	0,90
4-6	1,20
6-10	1,50
10-15	2,40

2.3.8 Debit Rencana

Debit rencana untuk daerah perkotaan pada umumnya direncanakan untuk pembuangan air secepatnya, agar tidak terjadi genangan air yang mengganggu, sehingga saluran-saluran drainase dibuat sesuai dengan debit rencana.

Daerah perkotaan pada umumnya merupakan bagian dari daerah aliran yang lebih besar dan luas, dimana pada daerah tersebut sudah ada sistem drainase alaminya. Perencanaan dan pengembangan sistem drainase untuk daerah perkotaan yang baru, diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar kondisi aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin. Debit rencana dapat dihitung dengan memakai metode Rasional (*Rational Formula*).

Rumus :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times \beta \times C \times I_t \times A \quad (2.32)$$

Dimana :

Q = Debit rencana (m³/det)

β = Koefisien penyebaran hujan (lihat pada tabel 2.11)

I_t = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (km²)

C = Koefisien pengaliran (*run-off coefficient*)

(Suripin, 2004)

Tabel 2.11 Koefisien Penyebaran Hujan (β)

Luas Catchment Area (km ²)	Koefisien (β)
0-4	1
5	0,995
10	0,98
15	0,995
20	0,92
25	0,875
30	0,82
50	0,5

(Soewarno, 1995)

2.3.9 Hidrograf Satuan Sintetis

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif (hujan netto) yang terjadi merata diseluruh DAS dan dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu yang ditetapkan

(Suripin, 2004)

2.4 Hidrolika

Hidrolika merupakan satu topik dalam Ilmu terapan dan keteknikan yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yang mempelajari perilaku aliran air secara mikro maupun makro. Mekanika Fluida meletakkan dasar-dasar teori hidrolika yang difokuskan pada rekayasa sifat-sifat fluida. Dalam tenaga fluida, hidrolika digunakan untuk pembangkit, kontrol, dan perpindahan tenaga menggunakan fluida yang dimampatkan. Topik bahasan hidrolika membentang dalam banyak aspek sains dan disiplin keteknikan, mencakup konsep-konsep seperti aliran tertutup (pipa), perancangan bendungan, pompa, turbin, tenaga air, hitungan dinamika fluida, pengukuran aliran, serta perilaku aliran saluran terbuka seperti sungai dan selokan.

Ditinjau dari mekanika aliran, terdapat dua macam aliran yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka. Dua macam aliran tersebut dalam banyak hal mempunyai kesamaan tetapi berbeda dalam satu ketentuan penting. Perbedaan tersebut adalah pada keberadaan permukaan bebas, aliran saluran terbuka mempunyai permukaan bebas, sedangkan aliran saluran tertutup tidak mempunyai permukaan bebas karena air mengisi seluruh penampang saluran.

Dengan demikian aliran saluran terbuka mempunyai permukaan yang berhubungan dengan atmosfer, sedang aliran saluran tertutup tidak mempunyai hubungan langsung dengan tekanan atmosfer. Seperti yang telah kita ketahui, air mengalir dari hulu ke hilir sampai mencapai suatu elevasi permukaan air tertentu, kecuali ada gaya yang menyebabkan aliran kearah sebaliknya. Pada umumnya perencanaan saluran ditunjukkan untuk karakteristik saluran buatan, namun konsep hidrauliknya dapat juga diterapkan sama baiknya pada saluran alam. Apabila saluran terbuka terhadap atmosfer, seperti sungai, kanal, gorong-gorong, maka alirannya disebut Aliran saluran terbuka atau Aliran permukaan bebas.

2.4.1 Sifat Aliran

a. Aliran tetap (*steady flow*)

Aliran yang parameter – parameternya tidak berubah terhadap waktu. Parameter aliran berupa kecepatan aliran, kerapatan, temperatur, dan lain – lain.

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial t} = 0, \text{ dsb}$$

b. Aliran tidak tetap (*unsteady flow*)

Aliran yang parameter – parameter alirannya berubah terhadap waktu.

$$\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0 \quad \frac{\partial p}{\partial t} \neq 0, \text{ dsb}$$

c. Aliran seragam (*uniform flow*)

Aliran yang parameter – parameter alirannya mempunyai harga tetap di sepanjang aliran selama waktu tertentu.

$$\frac{\partial v}{\partial s} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial s} = 0, \text{ dsb}$$

d. Aliran tidak seragam (*non uniform flow*)

Besarnya parameter-parameter aliran tidak sama di sepanjang lintasannya selama waktu tertentu.

$$\frac{\partial v}{\partial s} \neq 0 \quad \frac{\partial p}{\partial s} \neq 0, \text{ dsb}$$

Debit saluran drainase berasal dari air hujan dan air limbah, atau dipengaruhi oleh distribusi hujan dan fluktuasi pemakaian air, maka tidak mungkin kondisi aliran dalam saluran drainase dalam keadaan *steady uniform flow*, tetapi *unsteady non uniform flow*. Dalam perencanaan saluran drainase, aliran dianggap tetap dan seragam, kecuali untuk saluran dengan debit yang besar.

2.4.2 Kondisi Aliran

Aliran air pada saluran drainase dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) dan aliran saluran tertutup (*pipe flow*). Pada aliran saluran terbuka terdapat permukaan air bebas (*free-surface*) yang dapat dipengaruhi oleh tekanan udara secara langsung. Dimana permukaan air pada saluran terbuka merupakan garis hidrolis dan kedalaman aliran sama dengan tinggi tekanan. Sedangkan aliran pada saluran tertutup/pipa tidak terdapat permukaan bebas (aliran bertekanan), karena seluruh penampang saluran/pipa terisi air, sehingga permukaan air tidak dipengaruhi oleh tekanan udara.

Untuk menentukan besarnya tekanan hidrolis pada pipa, dipasang *piezometer* (pengukur tekanan) di penampang kontrol 1 dan 2, sehingga dapat diketahui tinggi tekanan pada penampang kontrol yakni y_1 dan y_2 . Aliran pada saluran terbuka, muka airnya cenderung berubah sesuai waktu dan ruang, demikian pula dengan kedalaman aliran, debit, dan kemiringan dasar tergantung satu sama lain.

Aliran pada saluran tertutup tidak selalu merupakan aliran dibawah tekanan apabila terdapat *free surface* (permukaan bebas). Sehingga dengan demikian sifat/kondisi aliran sama seperti saluran terbuka yang mempunyai permukaan air bebas seperti pipa/saluran drainase dengan bentuk penampang saluran bulat (lingkaran), gorong-gorong, dan lain-lain.

2.4.3 Perhitungan Debit dan Dimensi Saluran

Rumus umum:

$$Q = A \times V \quad (2.46)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m^3/det).

A = Luas basah penampang saluran (m^2).

V = Kecepatan aliran (m/det).

a. Kecepatan aliran rata-rata

Secara teoritis aliran dapat ditetapkan sebagai berikut:

- Aliran pada saluran terbuka:

$$\text{Rumus Manning} \rightarrow V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (2.47)$$

$$\text{Rumus Strickler} \rightarrow V = k \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (2.48)$$

$$\text{Rumus Chezy} \rightarrow V = C\sqrt{RI} \quad (2.49)$$

$$\rightarrow V = \frac{1}{n} \times R^{1/6} \quad (2.50)$$

- Aliran dibawah tekanan saluran tertutup:

Rumus Hazen William

$$s \rightarrow V = 0,85 \times R^{0,63} \times I^{0,54} \quad (2.51)$$

Dimana:

n = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran menurut manning.

k, c = Koefisien kekasaran dinding dan dasar saluran strickler, chezy.

R = Jari – jari hidrolis = A/P (m).

A = Luas basah penampang sluran (m^2).

P = Keliling basah penampang saluran (m).

I = Kemiringan dasar saluran.

Kecepatan aliran rata-rata (V) untuk perencanaan saluran drainase harus memenuhi batas-batas nilai tertentu, yakni diantara batas kecepatan aliran maksimum dan minimum, disesuaikan dengan bahan saluran (nilai c , n , atau k) dan angkutan sedimennya. Bila kecepatan aliran dibawah batas kecepatan minimum, maka pada saluran akan terjadi pengendapan dan pendangkalan oleh sedimen, tumbuhnya tanaman-tanaman pengganggu (rumput-rumput liar) di dasar saluran, sehingga mengganggu fungsi saluran. Sebaliknya, bila kecepatan aliran diatas batas kecepatan maksimum, akan terjadi erosi (penggerusan) pada dinding dan dasar saluran, terutama bila saluran direncanakan tidak tahan erosi (tanpa perkuatan dinding saluran). Misalnya:

V minimum untuk saluran kecil dari tanah = 0,45 m/det

V minimum untuk saluran besar dari tanah = 0,60-0,90 m/det

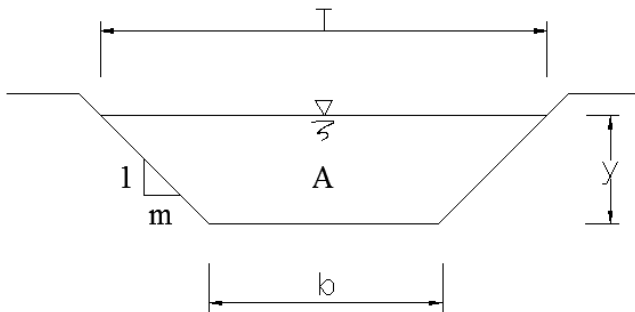
V maksimum untuk saluran dari bahan beton= 4 m/det

b. Kekasaran dinding dan dasar saluran

Bahan saluran (dinding dan dasar) untuk saluran drainase pada umumnya direncanakan dengan atau tanpa perkuatan atau perkerasaan. Misalnya saluran dari tanah, saluran diberi perkuatan/diplengseng, saluran dari bahan beton, pasangan batu, kayu, kaca, dan lain-lain. Masing-masing bahan saluran mempunyai nilai kekasaran yang berbeda, misalnya bahan beton tidak sama dengan kekerasan dari bahan batu, bahan tanah, dan lain-lain. Nilai kekasaran tersebut ditetapkan oleh Manning, Chezy, Strickler, dan lain-lain. Sehingga untuk keperluan perhitungan/perencanaan ditetapkan salah satu dari ketentuan diatas, misalnya koefisien kekasaran Manning (n), Chezy (c), Stricker (k).

2.4.4 Unsur Geometris Penampang Saluran

a. Penampang Trapesium



Gambar 2.3 Penampang Trapesium

Dimana:

b = Lebar dasar saluran

y = Tinggi aliran

m = Miring dinding saluran (talud), dinyatakan dalam 1: m

T = Lebar puncak

A = Luas basah (luar trapesium)

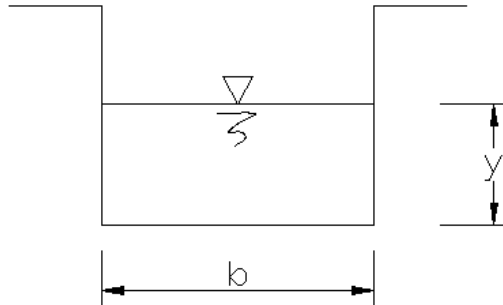
P = Keliling basah \rightarrow bagian talud dan dasar yang terkena aliran

A = Luas basah $\frac{1}{2}(T + b)$ \rightarrow untuk miring talud kiri dan kanan sama (penampang simetris)

Maka ; Luas basah $\rightarrow A = (b + m \cdot y)y$ (2.52)

Keliling basah $\rightarrow P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{m^2 + 1}$ (2.53)

b. Penampang Segi Empat



Gambar 2.4 Penampang Segi Empat

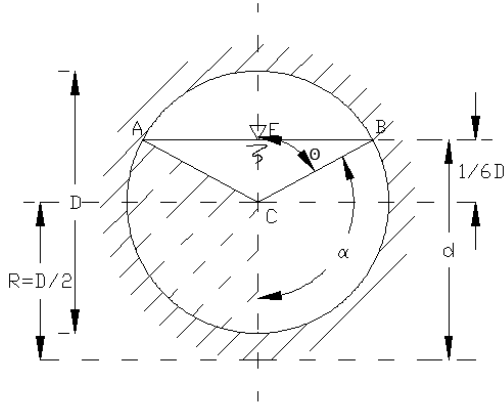
Dimana :

$m = 0$

A = Luas basah $\rightarrow A = (b + m \cdot y)y = b \cdot y$ (2.54)

P = Keliling basah $\rightarrow P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{m^2 + 1} = b + 2$ (2.55)

c. Penampang Bulat (Lingkaran)



Gambar 2.5 Penampang Bulat (Lingkaran)

Dimana:

D = Diameter saluran.

R = Jari-jari.

d = Tinggi saluran (kondisi aliran), misalnya kondisi aliran = 60%, $D \rightarrow 0,60D$ atau $d = 2/3 D$.

$$\text{Luas basah} \quad A \rightarrow A = \frac{2\alpha}{360^\circ} \frac{1}{4} \pi D^2 + \frac{1}{2} \overline{AB} \times \overline{EC} \quad (2.56)$$

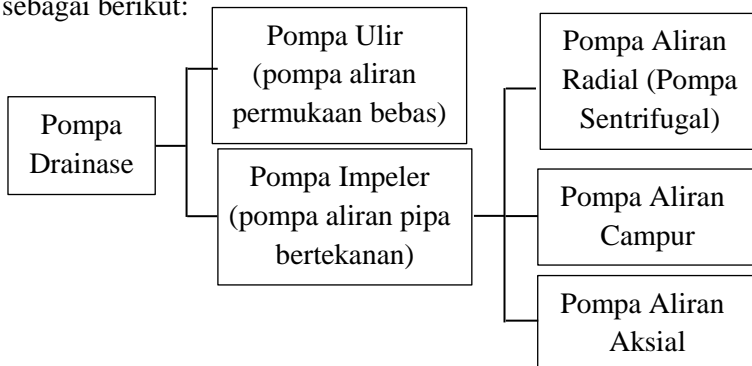
$$\text{Keliling basah} \quad P \rightarrow P = \frac{2\alpha}{360^\circ} \frac{1}{4} \pi D \quad (2.57)$$

2.5 Pompa

Pompa adalah suatu peralatan mekanik fluida yang memiliki fungsi memindahkan atau menaikkan fluida dengan cara mendorong fluida langsung secara mekanik, atau dengan cara mengubah energi mekanik menjadi energi tekan atau energi kinetik fluida yang dapat menghisap fluida dari satu tempat dan memancarkannya ke tempat yang diinginkan.

Pada dasarnya pompa drainase mempunyai karakteristik debit besar dan head relatif rendah. Secara umum klasifikasi pompa untuk keperluan pompa drainase dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu pompa ulir (pompa aliran permukaan bebas) dan pompa

impeller (pompa aliran pipa bertekanan) seperti digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.6 Klarifikasi Pompa Drainase

(Sumber: Endarjo, 2003 dalam Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya, 2013:22)

2.5.1 Perencanaan Sistem Pompa Drainase

Di dalam merencanakan sistem pompa drainase diperlukan perhitungan atau analisis yang meliputi:

1. Perhitungan debit dan kualitas air yang diperoleh dari data perhitungan hidrologi seperti antara lain:
 - a. Total debit air yang akan dipompa
 - b. Debit setiap pompa yang akan dipasang
 - c. Pengaturan ketinggian air pada kolam retensi/detensi (*mass curve routing*) seperti: HWL (*High Water Level*), LWL (*Low Water Level*), elevasi saluran pembuangan pompa, elevasi saluran limpas/pintu limpas, elevasi pasang surut saluran penerima air, asumsi penurunan tanah disekitar rumah pompa setiap tahun (cm), jenis air yang akan dipompa (air limbah, air asin, lumpur dan lain-lain)
2. Perhitungan head pompa ($\text{Head total} = \text{head geodetic} - \text{head loss}$) (2.58)
3. Perhitungan head pompa yang diijinkan untuk dioperasikan yang diperoleh dari perhitungan berikut:
 - a. *Friction Loss* Pipa dan *Fitting* terjadi karena gesekan antara air di dalam permukaan pipa dan *fitting*, sehingga

menimbulkan gaya geseka. Inilah yang menyebabkan hambatan pada tekanan pompa, besarnya *friction loss* tergantung dari jenis material yang digunakan, diameter pipa, dan panjang pipa. Dengan menggunakan pendekatan metode *Hazen William* maka persamaan dalam menentukan besarnya *friction loss* adalah sebagai berikut:

$$H_F = H_L \times L \text{ pipa} \quad (2.59)$$

$$H_L = \left(\frac{3,35 \times 10^6 \times Q}{d^{2,63} \times C} \right)^{1,852} \quad (2.60)$$

Dimana:

$H_{F \text{ pipa}}$ = *Friction loss* pipa (m)

L_{pipa} = Panjang pipa (m)

H_L = *Head Loss* pipa (m/1000 m)

Q = Debit pompa (1/det)

d = Diameter dalam pipa (mm)

C = *Constanta* Hazen William

Pada tabel 2.12 adalah tabel nilai C untuk diameter pipa

Tabel 2.12 Nilai C untuk Inlet Diameter Pompa

No	Material pipa	C Factor low-high
1	Steel	90
		110
2	Abestos cement	140
		140
3	Cement Mortar Lined Ductile Iron Pipe	140
		140
4	Cast iron 40 years	64
		83
5	Cast iron 30 years	75
		90
6	Cast iron 20 years	89
		100
7	Cast iron 10 years	107
		113

No	Material pipa	C Factor low-high
8	Concrete	100
		140
9	Galvanized iron	120
		120
10	Cast iron new	130
		130
11	Copper	130
		140
12	Polyethylene	140
		140
13	Polyvinyl chloride (PVC)	150
		150
14	Fibre reinforced plastic (FRP)	150
		150

(Sumber: Engineering ToolBox)

b. Total *Head* Pompa

Total *head* pompa adalah kemampuan tekanan maksimum pada titik kerja pompa, sehingga pompa tersebut mampu mengalirkan air/fluida dari satu tempat ke tempat lainnya. Beberapa parameter yang diperlukan untuk menentukan total *head* pompa, diantaranya yaitu *friction loss* pipa, *friction loss fitting*, *pressure drop peralatan* dan *geodetic head*. Untuk menghitung total *head* pompa digunakan persamaan sebagai berikut:

$$H_{\text{Total}} = H_{\text{F pipa}} + H_{\text{Fitting}} + H_{\text{sf}} + H_{\text{g}} \quad (2.61)$$

Dimana:

$$H_{\text{F pipa}} = \text{Friction Loss pipa (m)}$$

$$H_{\text{Fitting}} = \text{Friction Loss Fitting (m)}$$

$$H_{\text{sf}} = \text{Safety factor head} = 0,5\text{m}$$

$$H_{\text{g}} = \text{Geodetic Head (m)}$$

4. Penentuan tipe/jenis pompa sesuai debit dan head pompa
5. Penentuan kecepatan spesifik pompa (Ns) dan bentuk impeler
6. Perhitungan putaran pompa (n), dari rumus:

$$N_s = n \times Q^{1/2} / H^{3/4} \text{ (rpm)} \quad (2.62)$$

Dimana:

- a. N_s = Kecepatan spesifik
 N = Putaran pompa (rpm)
 Q = Debit pompa (m^3/det)
 H = Head total pompa (m)
- b. Pompa yang menggunakan *reducing gear*, perhitungan n disesuaikan dengan rasio gear yang digunakan, dan untuk pompa yang menggunakan penggerak motor listrik (induksi) rotor sangkar tanpa *reducing gear*, dapat dihitung jumlah pasang kutup motor listrik dengan rumus:

$$n = 120 f / p \quad (2.63)$$

Dimana:

- n = Putaran pompa/motor listrik
 f = Frekuensi listrik (50 hz)
 p = Jumlah pasang kutup

7. Perhitungan NPSH (*Net Positif Section Head*), yang mana NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan
8. Perhitungan section head pompa
9. Penentuan daya pompa
 - a. Perhitungan daya air $P_a = 0.163 \times \rho \times Q \times H$ (kw) (2.64)
 - b. Perhitungan daya poros $P_p = P_a / \epsilon$ pompa (kw) (2.65)

Dimana:

- ρ = Masa jenis air (kg/m^3)
 Q = Debit pompa ($m^3/menit$)
 H = Head total (m)
 ϵ = Effisiensi $\pm 75\%$

Perhitungan daya poros dengan mempertimbangkan head maksimum dan tingkat keamanan $\pm 20\%$

10. Menentukan dimensi pipa isap dan pipa buang (*column pipe*) dan pipa pembuangan (diameter, panjang, dan tebal) untuk pompa submersibel tipe aksial atau tipe aliran campuran. Data didapat dari pabrik atau perhitungan diameter hisap (dari perhitungan tadah isap dan tadah keluar, dari pabrik atau referensi pompa)

11. Perencanaan bangunan sipil rumah pompa drainase sesuai tipe/jenis:
 - a. Perhitungan tadah isap dan tadah keluar
 - b. Menentukan posisi pompa, pipa isap dan pipa buang dan guide ribe
 - c. Menentukan slope (kemiringan saluran masuk ruang pompa)
 - d. Menentukan elevasi dasar rumah pompa dll
12. Penentuan penggunaan katup (*bypass valve, flap valve, sluice valve, dan flow klep*)
13. Penentuan penggunaan *reducing gear* (rasio putaran, torsi dan dimensi) atau *direct* (shaft pompa dan shaft penggerak dihubungkan langsung)
14. Penentuan jenis material:
 - a. Pompa, diantaranya: *impeller, shaft, casing* (rumah pompa), *wearing ring, bearing housing, liner*
 - b. Pipa hisap, pipa buang, dan *column pipe*
 - c. Katup, diantaranya: *bypass valve, flap valve, sluice valve, food klep*
 - d. *Reducing gear*
15. Penentuan daya penggerak pompa dengan memilih penggerak mekanik atau elektrik:
 - a. Penggerak pompa mekanik: motor bakar, turbin dan lain-lain
 - b. Penggerak elektrik: motor asinkron, motor sinkron dan lain-lain

Jika menggunakan penggerak elektrik:

 - Tentukan supply daya listrik: Genset atau PLN
 - Pilih genset disesuaikan dengan kebutuhan operasional pompa: harian, temporer (pada saat kondisi banjir), sehingga tipe genset dipilih sesuai kondisi tersebut (*continous type, prime type atau standby type*)
 - Pemilihan supply dari PLN agar dipertimbangkan seperti kualitas, ketersediaan daya, dan keseimbangan tegangan

Untuk pompa drainase dengan operasional yang terus menerus akan lebih efisien jika menggunakan *supply* daya dari PLN dengan dipertimbangkan sesuai kondisi diatas

- c. Penggunaan motor induksi agar dipilih sistem start motor listrik: *DOL, Y/D, soft starter* atau *inverter*:

untuk sistem start : DOL	: 4 – 6 kali arus nominal
Y/D	: 3 – 4 kali arus nominal
Soft starter	: 2 – 3 kali arus nominal
Inverter	: 1 – 1.5 kali arus nominal

Untuk menentukan daya penggerak pompa menggunakan motor listrik agar diperhitungkan ketentuan tersebut diatas

16. Menentukan berat dan dimensi masing-masing peralatan:
 - a. Pompa drainase
 - b. Pipa hisap (*column pipe*), pipa buang, *valve*, dan lain-lain
 - c. Penggerak pompa drainase seperti motor bakar, turbin, motor listrik dan lain-lain
 - d. Panel-panel elektrik dan lain-lain
17. Menentukan tipe/jenis alat angkat (*crane*)
 - a. Kapasitas
 - b. Tinggi angkat (*lifting high*) dan panjang layanan (*travesing*), lebar bentangan (*span*)
 - c. Kecepatan angkat dan kecepatan layanan (*travesing*)
 - d. Sistem manual atau elektrik
 - e. *Girder span* dan lain lain
18. Perhitungan *supply* daya listrik
 - a. Sistem tegangan (TM atau TR), 1 phase, 3 phase, dan frekuensi yang digunakan
 - b. Kapasitas penggerak pompa
 TM = tegangan menengah > 1 kv, TR = tegangan rendah 220V s.d 1000V
19. Membuat single line diagram elektrik
20. Menentukan kabel power dan busbar
 - a. Perhitungan kapasitas dengan rumus $I = kva / volt \times 1.73$,
 I = Arus (A)

- b. Pehitungan dimensi dan panjang (data dari daftar kabel pabrikan)
 - c. Jenis/tipe
21. Menentukan *circuit breaker* (CB)
- a. Perhitungan kapasitas
 - b. Jenis/tipe
 - c. Tegangan
 - d. *Short circuit withstand current* dan lain-lain
22. Menentukan jenis/tipe panel-panel
- a. Panel *switch gear* dan COS (tipe, dimensi, busbar, *circuit breaker*, meter, dan lain-lain)
 - b. Panel start pompa (tipe, dimensi, busbar, meter, sistem start, proteksi dan lain-lain)
 - c. Panel kontrol pompa (tipe, dimensi, meter, PLC, relai, dan lain-lain)
 - d. Panel distribusi/MDP (tipe, dimensi, busbar, MCCB, meter, dan lain-lain)
 - e. Lokal panel (penerangan, crane, peralatan bantu, charger dan tipe genset untuk keperluan darurat), dimensi, COS/*Change Over Switch*
 - f. Panel (tipe, dimensi, arrester, transduser, dan lain-lain)
23. Menentukan sistem proteksi: genset, pompa dan panel *switch gear*
- a. Proteksi genset: temperatur pendingin, tekanan minyak pelumas, *over speed*, *over voltage*, *under frequensi*, *over current*, dan lain-lain
 - b. Proteksi pompa: embun, *seal leakage*, *high temperature winding motor*, *over current*, *unbalance current*, *low resistance isolasion*, *low voltage*, *ground fault*, dan lain-lain
 - c. Proteksi *switch gear*, *over current*, *ground fault*, dan lain-lain
24. Menentukan sistem operasional pompa
- a. Operasional manual/lokal
 - b. Operasional jarak jauh
 - c. Operasional otomatis (lewat *water level control*)

25. Menentukan peralatan instrument: WLC (*water level control* tipe ultrasonic, probe, stick), CCTV, dan lain-lain
26. Menentukan sistem pentanahan peralatan (*grounding*); rod, plate, wire mesh, dan lain-lain. Harga tahanan grounding maksimum = 2 ohm
27. Menentukan sistem penangkal petir, tipe: *electro static*, *lightning rod*, dan lain-lain
28. Menentukan rak kabel, *cable tray*, saluran kabel (*cable conduit*)
29. Menentukan peralatan bantu
 - a. Saringan sampah (*bar screen*) dimensi, material, *mesh* dll
 - b. Pembersih sampah manual, elektrik (*rotary*, *traveling rake*, *fixed rake*)
 - c. Pompa penguras lumpur (tipe, kapasitas, total head, putaran dan lain-lain)
 - d. *Stop log* (dimensi, material, lokasi dan lain-lain)
 - e. Piskal air (dimensi, ukuran, material, cat)
 - f. Pintu limpas/saluran limpas (tipe, dimensi, material dan lain-lain)
 - g. Tangki bahan bakar dan instalasi pipa (dimensi, kapasitas, material, lokasi dan lain-lain)
 - h. Instalasi penerangan, kipas, AC dll (jumlah titik, kapasitas, dan lumen)
 - i. Kebutuhan air domestik (tangki air, instalasi pipa, pompa air dan lain-lain)
30. Membuat spesifikasi peralatan utama untuk mekanikal dan elektrikal
 - a. Mekanikal: pompa drainase, pompa penguras, engine, reducing gear, crane dan lain-lain
 - b. Elektrikal: genset, panel switch gear, panel control, panel start pompa dan lain-lain

Keterangan :

No 1 = hidrologi, No 2 s.d 17 = mekanikal, No 18 s.d 29 = elektrikal

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2013:10-75)

2.5.2 Operasional Sistem Pompa Drainase

Definisi operasional sistem pompa drainase adalah suatu kegiatan untuk melakukan operasional pompa (start/stop) sesuai prosedur yang telah ditetapkan dengan tujuan untuk menjaga kondisi ketinggian air dalam suatu sistem sehingga dapat mengurangi terjadinya genangan air akibat air hujan/rob pada daerah tertentu. Operasional tersebut meliputi peralatan utama dan peralatan bantu yang bekerja dalam sistem pompa drainase, adapun peralatannya terdiri dari:

1. Peralatan sipil dan hidrologi
 2. Peralatan mekanik
 3. Peralatan elektrik dan central.
- a. Perencanaan (Pola Operasi)

Perencanaan pola operasi pompa drainase dimulai dengan penyiapan data hidrologi.

1. Data curah hujan harian selama kurang lebih 10 tahun terakhir di wilayah daerah tangkapan air (*catchment area*) pompa drainase dibuat.
2. Luas daerah tangkapan air di wilayah pompa drainase.
3. Jumlah penduduk di daerah tangkapan air.
4. Jumlah debit air pengelontoran pada musim kemarau.
5. Ketinggian air maksimum dan minimum pada kolam penampung air (*retarding panel*) dan ketinggian air pada saluran buang pompa (badan penerima air).

Setelah didapat data tersebut di atas, maka dibuat pola operasi untuk bulan dan harian musim hujan dan musim kering dalam kurun waktu setahun. Setelah melalui perhitungan dapat diprediksi jumlah jam operasional untuk peralatan pompa drainase (genset, pompa, panel dan lain-lain).

Urutan operasional bertujuan sebagai pedoman untuk melakukan operational peralatan pompa drainase dan kelengkapannya secara berurutan sesuai dengan kondisi peralatan yang terpasang sesuai buku manual dari pabrik yang bertujuan untuk keamanan peralatan dari kerusakan dan keselamatan operator.

- b. Pola operasi dapat direncanakan untuk bulanan/harian. Kemudian dari hasil perencanaan dapat dibuat pada perencanaan untuk:
1. Operasional musim kering
 2. Operasional musim basah
 3. Perencanaan pemeliharaan periodik 6 bulan atau 1 tahun
- Pada umumnya cara operasional start/stop pompa air dibedakan menjadi:
1. Secara manual lewat panel lokal/panel pompa
 2. Secara remote lewat *Control Desk*
 3. Otomatis lewat sistem kontrol dan *water level*
- Untuk rumah pompa dengan kapasitas kurang lebih 30 m³/det, operasional secara manual start/stop pompa dapat lewat panel kontrol (*control desk*) atau lewat lokal panel.
- c. Operasional Manual
- Melakukan kegiatan operasional start/stop rumah pompa dengan menggunakan tangan (*hand operation*) sesuai prosedur SOP (*Standar Operation Procedure*) dapat dilakukan lewat *control desk* atau *lokal panel*.
- d. Lewat mrja kontrol
- Menekan tombol start/stop pada diagram panel utama sesuai prosedur SOP dan melakukan pengamatan pada indikator dan layar monitor motor elektrik. Kegiatan start/stop melalui meter-meter dan indikator yang terpasang pada panel kontrol sesuai dengan fungsi peralatan. Seperti Genset, panel gear, panel start pompa, motor elevasi dan aliran pada pipa buang pompa (*discharge pipe*), dan lain-lain.
- e. Lewat panel lokal
- Menekan tombol start/stop pada panel lokal (panel genset), *panel switch* gear, panel start pompa) sesuai prosedur SOP dan melakukan pengamatan.
- Melakukan kegiatan operasional pompa (start/stop) dan peralatannya :
- Genset

- Panel *switch gear*
- Panel start pompa
- Peralatan bantu

Sesuai prosedur SOP (*Standar Operation Procedure*) yang bertujuan untuk memompa (memindahkan) air dari badan pengumpul air (sungai, *long storage*, kolam retensi dan lain-lain) ke badan penerima air dengan beda elevasi (ketinggian) sehingga terjadinya genangan air (air hujan/rob) dapat dikendalikan sesuai yang direncanakan.

2.5.3 Urutan Operasional Pompa Drainase dan Kelengkapannya

Ada beberapa urutan yang perlu diperhatikan dalam operasional pompa drainase dan kelengkapannya yaitu sebagai berikut:

- a. Kelengkapan K3
 1. Memakai alat pelindung diri (Helm kerja, sepatu kerja, *ear plug*, sepatu kerja dan lain-lain)
 2. Memakai pakaian kerja
- b. Persiapan sebelum operasional
 1. Blangko laporan harian operasional pompa drainase
 2. Pengecekan peralatan pompa drainase
 - Pastikan pompa dalam kondisi siap operasional
 - Baut pengikat rumah pompa, flage sambungan kondisi tidak kendur
 3. Kopling pompa tidak kendur (untuk tipe selain submersible)
 4. Seal pompa dalam tidak bocor (untuk tipe selain submersible)
 5. Periksa level minyak pelumas bantalan pompa
 6. Katup sorong pada pipa keluar kondisi terbuka
 7. Lampu indikator *ready to start* pada panel pompa kerja menyala
 8. Saringan sampah dalam kondisi bersih
 9. Alat pembersih sampah (*trash rack rake*) siap oprasional
 10. Kondisi lingkungan disekitar rumah pompa aman

c. Pengecekan peralatan penggerak mula

- *Engine/genset*
 - 1) Pastikan *engine* kondisi siap operasional
 - 2) Baut pengikat *engine* dengan base plate, flange sambungan dll tidak kendur
 - 3) Silincer, pipa gas buang, dan kelengkapannya kondisi siap operasional
 - 4) Sistem pendingin kondisi siap operasional
 - 5) Sistem pelumas kondisi siap operasional
 - 6) Sistem bahan bakar kondisi siap operasional
 - 7) Tangki bahan bakar harian terisi penuh
 - 8) *Reducing gear* dan *belt* penggerak kondisi siap operasional
 - 9) Baut pengikat generator kondisi tidak kendur
 - 10) Baterai untuk start dan kelengkapan kondisi siap operasional
 - 11) Tegangan baterai kondisi normal
 - 12) Panel kontrol genset kondisi siap operasional (indikator gangguan engine dan generator tidak kerja)
- Motor listrik
 - 1) Baut pengikat motor listrik kondisi tidak kendur
 - 2) Kipas motor kondisi siap operasional
 - 3) Terminal dan kabel masuk motor kondisi siap operasional

Supply daya listrik untuk motor listrik dapat dilakukan dari:

1. Genset sesuai kapasitas pompa yang terpasang
2. Supply PLN sesuai kapasitas pompa yang terpasang dengan persyaratan kualitas tegangan +10%, -5% dari tegangan nominal
3. Penggunaan daya PLN akan efektif untuk operasional pompa harian
 - Beda tegangan antar phasa 5%
 - Frequency +/- 1% dari 50 Hz
 - Dipasang saklar pemilih daya (COS) Genset atau PLN

d. Pengecekan Panel Genset/*Synchronizing* Panel

1. Pastikan Panel Pompa genset siap operasional
 2. Pastikan lampu indikator siap operasional (cek lewat test lamp)
 3. Indikator gangguan pada panel genset tidak kerja
 4. Lampu penerangan dan AC siap operasional
 5. Supply daya untuk control tersedia
- e. Pengecekan panel switch gear/Electrical Panel
1. Pastikan panel switch gear/Electrical panel siap operasional
 2. Pastikan grounding posisi off
 3. Pastikan circuit breaker (CB) siap operasional
 4. Indikator gangguan pada panel tidak kerja
 5. Lampu indikator kondisi siap operasional (cek dengan test lamp)
 6. Pastikan kondisi pintu panel posisi tertutup penuh
 7. Lampu penerangan dan AC siap operasional
 8. Supply daya untuk control tersedia
- f. Pengecekan Panel Pompa/*Pump Start Panel*
1. Pastikan Panel Pompa siap operasional
 2. Pastikan lampu indikator siap operasional (cek lewat test lamp)
 3. Indikator gangguan pada panel tidak kerja
 4. Lampu penerangan dan AC siap operasional
 5. *Supply* daya untuk control tersedia
- g. Pengecekan Panel kontrol/control desk
1. Pastikan Panel kontrol/control desk siap operasional
 2. Pastikan lampu indikator siap operasional (cek lewat test lamp)
 3. Meter penunjukkan elevasi air pada panel kontrol/control desk kerja
 4. indikator gangguan pada panel kontrol/control desk tidak kerja
 5. Layar/LCD monitor siap operasional
 6. Lampu penerangan dan AC siap operasional
 7. *Supply* daya untuk control tersedia

2.5.4 Start dan Stop Pompa drainase

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengoperasikan pompa start dan stop yaitu sebagai berikut:

a. Untuk penggerak mula menggunakan mesin

1. Start Pompa drainase

- Pastikan *water level* kolam penampung/sungai kondisi siap operasional

- Nyalakan mesin lewat tombol start pada panel mesin

- Amati putaran mesin sampai dengan nominal/100% rpm

Untuk pompa drainase dengan penggerak awal mesin, apabila mesin berputar, maka pompa langsung berputar sampai putaran nominal pompa. Pemantauan pada kondisi operasional pompa drainase:

1) Cek Putaran pompa dan mesin pada 100% rpm

2) Cek air yang keluar pada pipa buang pompa drainase sesuai kapasitas

3) Cek getaran pompa dan mesin

4) Cek tekanan pada pipa buang pompa

5) Cek bocoran air pada seal dan instalasi pipa masuk dan pipa buang pompa

6) Cek temperatur bantalan pompa

7) Cek getaran pada *reducing gear* dan *belt*

8) Cek temperatur pendingin mesin dan *reducing gear*

9) Cek tekanan minyak pelumas engine

10) Cek warna gas bekas mesin

11) Catat parameter pengecekan pada blangko laporan harian

2. Stop Pompa Drainase:

1) Stop engine lewat tombol stop pada panel mesin putaran mesin dan pompa drainase sampai 0%, bersamaan turunnya pengeluaran air pada pipa buang pompa.

2) Cek kondisi semua peralatan pompa dan kelengkapannya, termasuk bila terdapat kelainan

3) Selesai

- b. Untuk penggerak mula menggunakan Motor listrik dari genset
 - 1. Panel genset/synchronizing panel (Start pompa drainase dari local panel)
 - 1) Pastikan water level kolam penampung/sungai kondisi siap operasional
 - 2) Saklar pemilih pada panel control/control desk diposisikan local
 - 3) Start engine lewat tombol start
 - 4) Cek putaran genset sampai nominal/100 % rpm
 - 5) Cek tegangan generator phase R, S, T sampai nominal
 - 6) Cek frekuensi generator sampai nominal 50 Hz
 - 7) Cek kondisi genset dan peralatannya; system pendingin, system pelumas system bahan bakar, system gas bekas pada kondisi normal
 - 2. Panel switchgear/Electrical panel
 - 1) Masukkan Circuit Breaker incoming/ICP lewat tombol on pada panel *switch gear*
 - 2) Cek Tegangan (V) incoming R-S, S-T, T-R pada nominal voltage
 - 3) Cek Arus (A) incoming R, S, T dan energy meter (Kw)
 - 4) Masukkan Circuit Breaker (CB) outgoing/EP panel lewat tombol on pada panel electrical
 - 5) Cek Tegangan (V) out going R-S, S-T, T-R pada nominal voltage
 - 6) Cek Arus (A) out going R, S, T dan energy meter (Kw)
 - 3. Panel pompa/Pump Start Panel
- c. Pemantauan pada kondisi operasional genset dan pompa drainase
 - 1. Start pompa drainase lewat tombol on pada panel pompa
 - 1) Cek Putaran mesin pada 100% rpm
 - 2) Cek air yang keluar pada pipa buang pompa drainase sesuai kapasitas
 - 3) Cek getaran pompa dan genset
 - 4) Cek tekana pada pipa buang pompa

- 5) Cek bocoran air pada seal dan instalasi pipa masuk dan pipa buang pompa
- 6) Cek temperatur bantalan pompa
- 7) Cek getaran pada pompa drainase dan genset
- 8) Cek temperatur pendingin genset
- 9) Cek tekanan minyak pelumas genset
- 10) Cek warna gas bekas genset
- 11) Cek Tegangan (V) genset
- 12) Cek Arus (A) genset
- 13) Cek Power Faktor (Q) genset
- 14) Cek energy (Kw) genset
- 15) Cek Frekuensi (Hz) genset
- 16) Cek Tegangan (V) motor pompa drainase
- 17) Cek Arus (A) motor pompa
- 18) Cek Power Faktor (Q) motor pompa
- 19) Cek energy (Kw) motor pompa
- 20) Catat parameter pengecekan pada blangko laporan harian, termasuk bila terdapat kelainan pada kondisi operasional
- 21) Selesai

2. Stop Pompa Drainase:

- 1) Stop pompa lewat tombol off pada panel pompa
- 2) Amati pengeluaran air lewat pipa buang pompa drainase akan menurun sampai kondisi 0
- 3) Tekan tombol off pada panel out going/EP panel, maka CB akan off
- 4) Tekan tombol off pada panel incoming/ICP panel, maka CB akan off
- 5) Tekan tombol stop pada panel genset/*synchronizing* panel, putaran genset menuju 0 rpm (genset stop)
- 6) Cek kondisi semua peralatan pompa dan kelengkapannya, termasuk bila terdapat kelainan
- 7) Selesai

d. Start/Stop pompa drainase dari Panel control/Control Desk

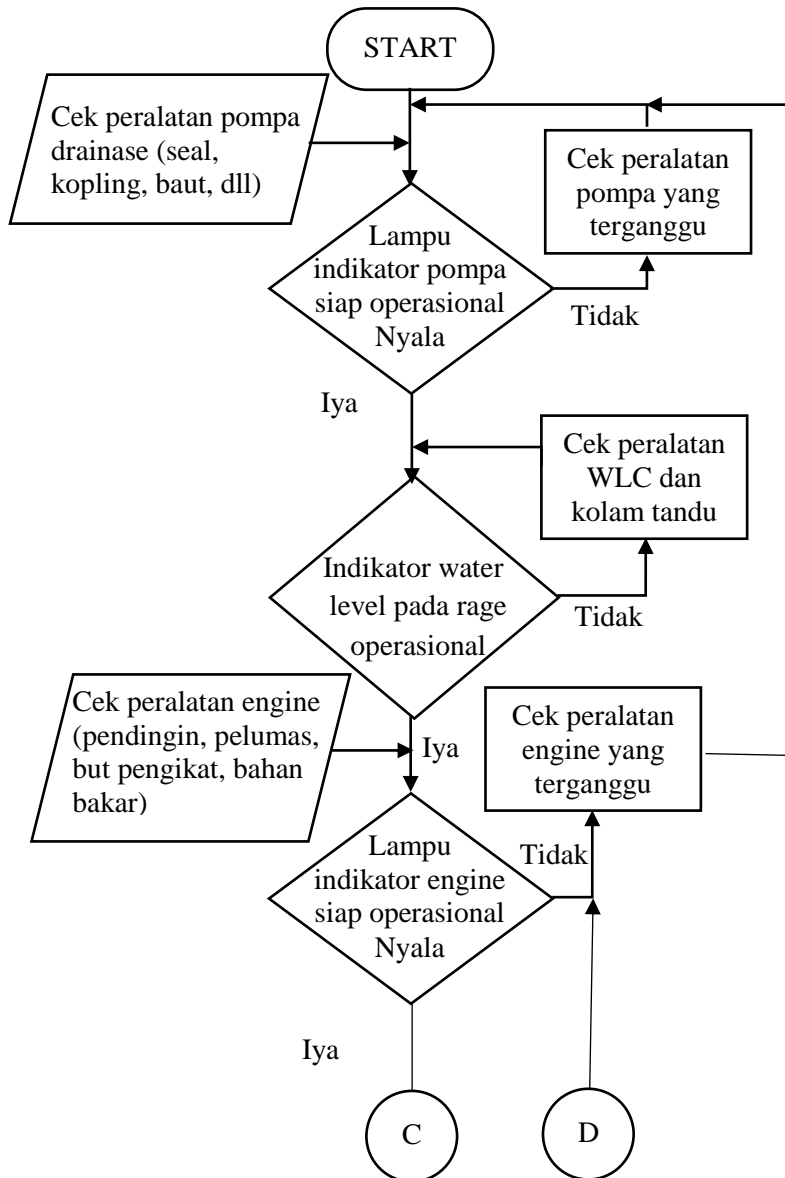
1. Start
 - 1) Pastikan water level kolam penampung/sungai kondisi siap operasional
 - 2) Saklar pemilih pada panel control/control desk diposisikan Remote untuk pompa drainase dan genset
 - 3) Perhatikan mimik diagram pada pada panel control
 - 4) Tekan tombol start genset
 - 5) Cek putaran genset sampai nominal/100% rpm
 - 6) Cek tegangan generator phase R, S, T sampai nominal
 - 7) Cek frekuensi generator sampai nominal 50 Hz
 - 8) Cek kondisi genset dan peralatannya; system pendingin, sistem pelumas system bahan bakar, dan system gas bekas pada kondisi normal
 - 9) Masukkan Circuit Breaker (CB) incoming/ICP lewat tombol on
 - 10) Cek Tegangan (V) incoming R-S, S-T, T-R pada nominal voltage
 - 11) Cek Arus (A) incoming R, S, T dan energy meter (Kw)
 - 12) Masukkan Circuit Breaker (CB) outgoing/EP panel lewat tombol on
 - 13) Cek Tegangan (V) out going; R-S, S-T, T-R pada nominal voltage
 - 14) Cek Arus (A) out going R, S, T dan *energy* meter (Kw)
 - 15) Tekan tombol start pompa
- e. Start / Stop pompa drainase dari Panel control/Control Desk Secara automatic
 - 1) Posisikan saklar pemilih pada posisi auto
 - 2) Cek semua peralatan genset, panel *synchronizing*, panel *switch gear* (ICP/EP),
 - 3) Panel pompa/pump start panel dan panel control/control desk indicator gangguan pompa dan genset tidak kerja
 - 4) Cek peralatan bantu pembersih sampah otomatis, pintu air, dan water level control (WLC) kondisi siap operasional
 - 5) Cek saringan air kondisi bersih
 - 6) Cek water level indikator kondisi kerja

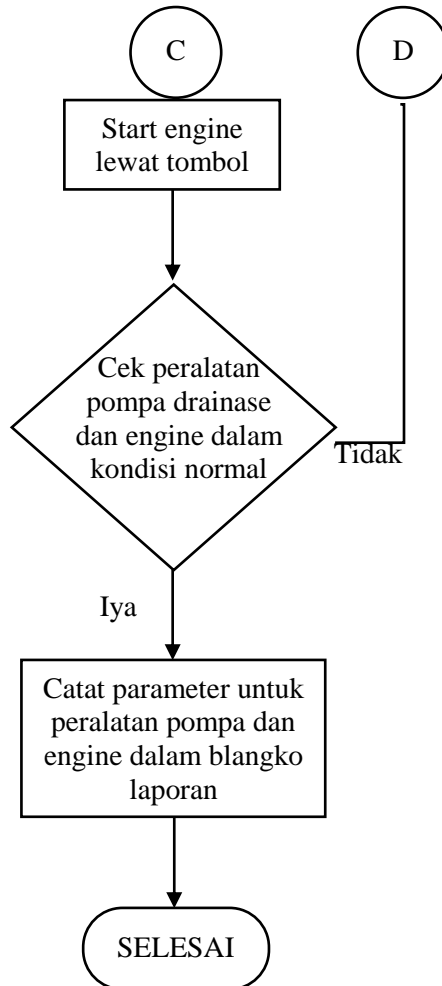
2.5.5 Pemantauan pada Kondisi Operasional Pompa Drainase

Operasional genset dan pompa drainase secara *automatic* dari start Genset, pemasukan CB out going, incoming, start pompa drainase termasuk urutan stop pompa drainase dan genset sampai selesai proses tersebut dilakukan oleh peralatan Superviory/PLC dengan input dari *Water level control*.

- 1) Cek air yang keluar pada pipa buang pompa drainase sesuai kapasitas
- 2) Cek getaran pompa dan genset
- 3) Cek tekanan pada pipa buang pompa
- 4) Cek bocoran air pada seal dan instalasi pipa masuk dan pipa buang pompa
- 5) Cek temperatur bantalan pompa
- 6) Cek getaran pada pompa drainase dan genset
- 7) Cek temperatur pendingin genset
- 8) Cek tekanan minyak pelumas genset
- 9) Cek warna gas bekas genset
- 10) Cek Tegangan (V) genset
- 11) Cek Arus (A) genset
- 12) Cek Power Factor (Q) genset
- 13) Cek energy (KW) genset
- 14) Cek Frekuensi (Hz) genset
- 15) Cek Tegangan (V) motor pompa drainase
- 16) Cek Arus (A) motor pompa
- 17) Cek Power Factor (Q) motor pompa
- 18) Cek energy (KW) motor pompa
- 19) Catat parameter pengecekan pada blangko laporan harian, termasuk bila terdapat kelainan pada kondisi operasional
- 20) Selesai

Untuk pengoperasian pompa dapat menggunakan cara yang dapat dilihat pada gambar 2.7.





Gambar 2.7 Operasional Pompa

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya, 2013:180)

BAB 3

METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam studi kali ini ialah dengan mengacu pada beberapa pokok pikiran, teori, dan rumus-rumus empiris yang ada pada beberapa literatur, yang diharapkan dapat memperoleh cara untuk mengoptimalkan fungsi jaringan drainase kampus ITS Manyar

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

3.1 Persiapan

Persiapan yang tercakup dalam serangkaian kegiatan yang meliputi:

1. Mencari informasi yang diperlukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan.
2. Mencari data ke instansi terkait, serta meminta izin untuk pengambilan data guna dijadikan sebagai bahan Tugas Akhir Terapan.
3. Mengumpulkan data dari segala bentuk kegiatan termasuk hasil survei yang sekiranya dapat mendukung dalam penyusunan laporan Tugas Akhir Terapan.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi yang sesuai dengan kasus atau permasalahan yang dihadapi. Contohnya antara lain adalah mencari buku atau referensi yang mendukung untuk penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, diantaranya buku/referensi mengenai analisis hidrologi, analisis hidrolika, dan lain-lain

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian evaluatif. Penelitian ini dilaksanakan dengan meneliti dan melihat kapasitas saluran drainase eksisting, kemudian mengevaluasi kapasitas saluran drainase eksisting tersebut.

3.4 Alur Penelitian

. Alur penelitian yang direncanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Survey terhadap daerah penelitian.
2. Pengumpulan data primer dan data sekunder.
3. Perhitungan hidrologi
4. Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting
5. Perhitungan debit rencana
6. Evaluasi kapasitas saluran drainase
7. Alternatif Pengendalian Banjir (Masalah dilapangan)

3.5 Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data yang digunakan penulis dalam laporan ini adalah:

1. Metode observasi

Metode observasi adalah salah satu metode pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan secara langsung atau disebut juga data primer, terdiri atas:

1. Survey kawasan yang dijadikan tempat penelitian.
2. Identifikasi daerah yang terjadi genangan dan penyebabnya.

3. Melakukan pengukuran saluran drainase eksisting yang ada di daerah tersebut.

2. Metode wawancara

Metode wawancara adalah salah satu metode pengumpulan data dengan cara berdialog dengan narasumber di lokasi pengamatan. Dalam proses perolehan data, penulis menggunakan salah satu jenis metode wawancara yaitu wawancara terstruktur. Wawancara terstruktur adalah wawancara yang dilakukan dengan cara mengajukan pertanyaan yang telah disiapkan sebelumnya kepada orang yang sedang diamati. Dalam metode ini bisa didapatkan informasi perilah titik-titik yang terjadi genangan dan lama durasi genangan.

3. Metode kepustakaan

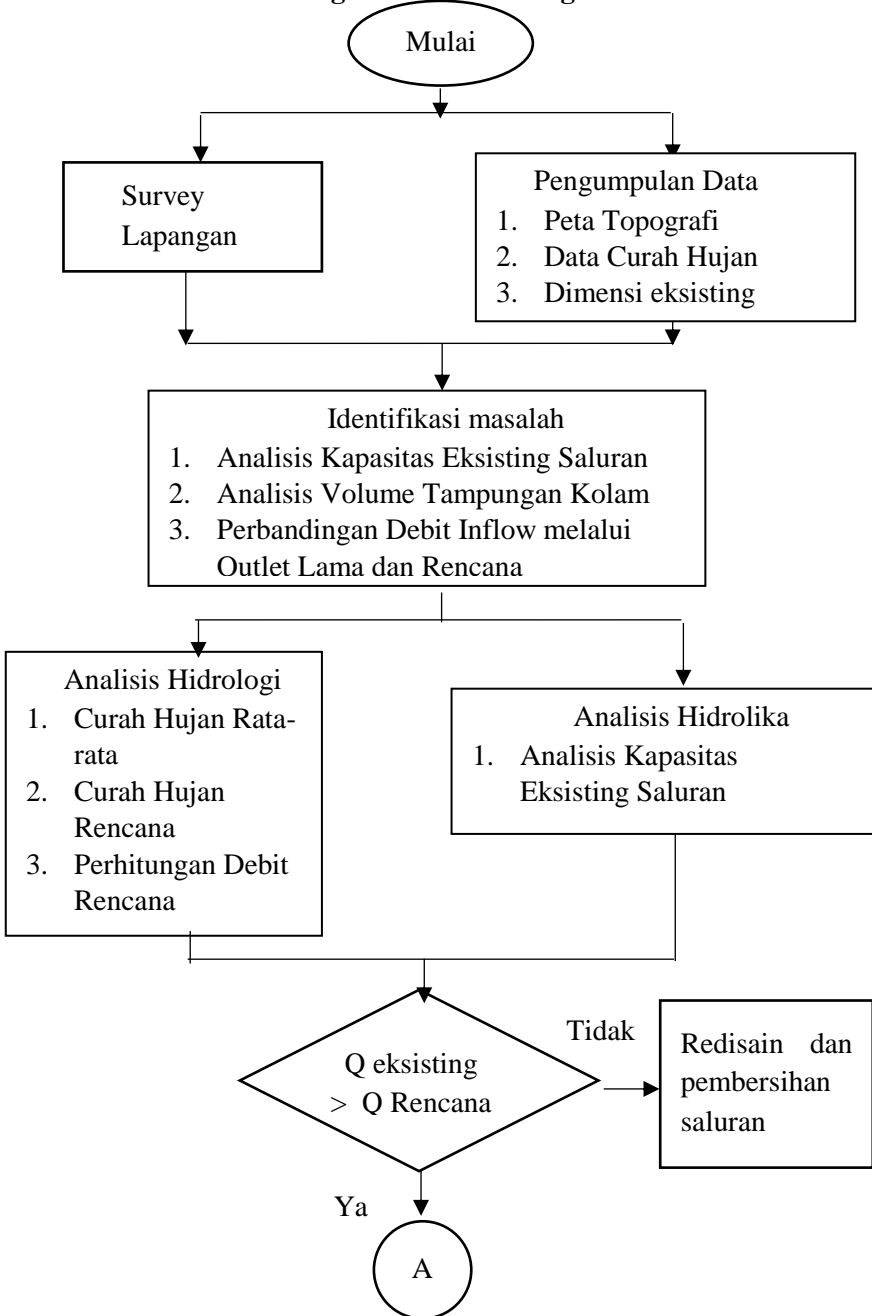
Metode kepustakaan adalah metode pengumpulan data dengan cara menggunakan buku atau referensi yang berkaitan dengan topik yang sedang dibahas metode ini juga mencakup data sekunder. Data sekunder terdiri atas:

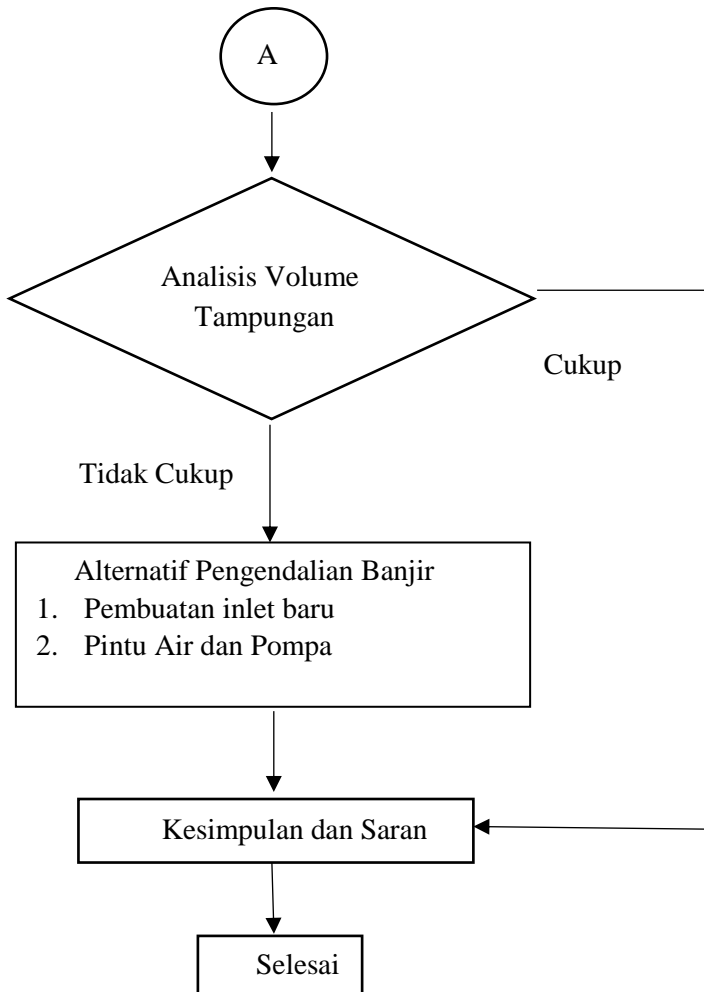
1. Data curah hujan.
2. Peta topografi/ rupa bumi
3. Peta jaringan drainase
4. Studi pustaka yang berkaitan dengan analisis kapasitas saluran drainase.

3.6 Teknik Analisis Data

Data-data yang telah terkumpul diklasifikasikan ke dalam suatu susunan bentuk tabel, grafik, dan gambar. Analisis yang dilakukan dalam kajian ini meliputi analisis hidrologi dan analisis hidrolika. Setelah dilakukan analisis, dari hasil analisis tersebut kemudian ditarik kesimpulan.

3.7 Bagan Alir Metodologi





Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Pengerjaan Tugas Akhir Terapan (Lanjutan)

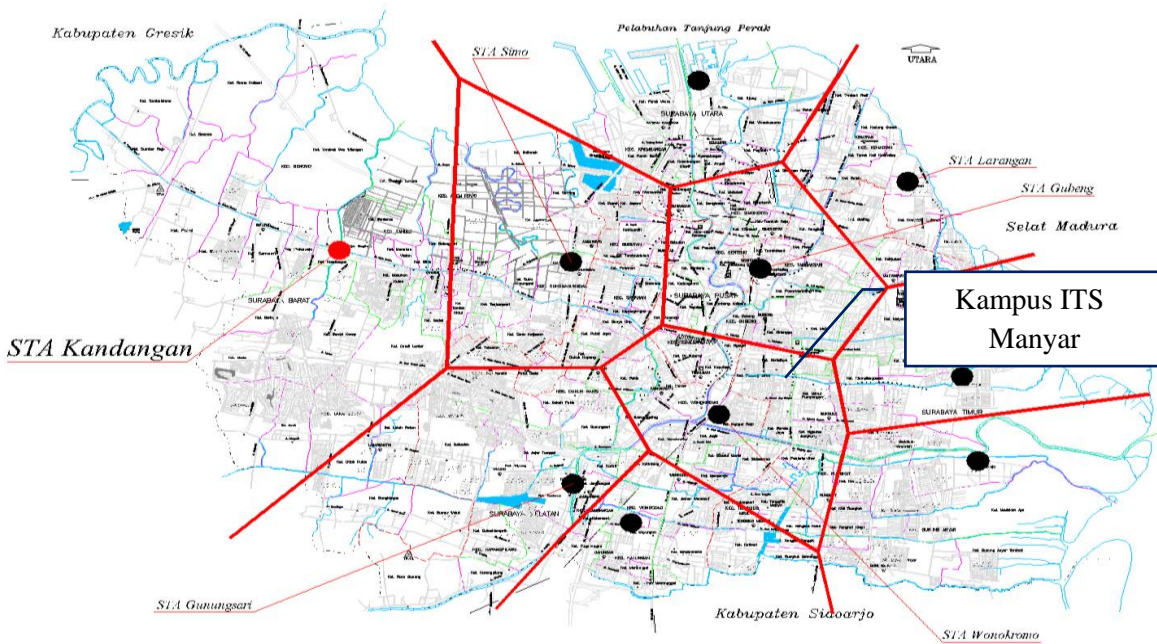
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

ANALISIS DAN PERHITUNGAN

4.1 Analisis Hidrologi

Surabaya mempunyai 9 stasiun hujan, yaitu Stasiun Hujan Gubeng, Stasiun Hujan Keputih, Stasiun Hujan Wonokromo, Stasiun Hujan Perak, Stasiun Hujan Wonorejo, Stasiun Hujan Larangan, Stasiun Hujan Kandangan, Stasiun Hujan Kedung Cowek, Stasiun Hujan Simo. Penentuan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap lokasi dilakukan penggambaran dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Dari beberapa stasiun hujan yang terdekat dengan studi, diketahui hanya satu stasiun hujan yang berpengaruh, yaitu Stasiun Hujan Wonokromo. Data curah hujan selama 10 tahun (2008–2017) yang digunakan adalah data curah hujan dari Stasiun Hujan Wonokromo. Tujuan dari analisis hidrologi adalah dapat mengetahui debit saluran pada daerah yang ditinjau.



Gambar 4.1 Lokasi stasiun hujan dan polygon thiesen Surabaya

4.1.1 Curah Hujan Harian Maksimum

Penentuan tinggi hujan harian maksimum digunakan metode curah hujan Ekstrem. Metode ini mengambil langsung curah hujan dari data curah hujan harian terbesar (maksimum) yang ada selama setahun. Analisis curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Curah Hujan Maksimum Stasiun Wonokromo

Tahun	Tanggal	Stasiun Hujan (mm) Wonokromo
2008	26 Nopember	81
2009	9 Januari	104
2010	3 Desember	110
2011	9 Nopember	98
2012	1 Januari	106
2013	23 April	87
2014	19 Desember	83
2015	29 Desember	63
2016	30 Mei	110
2017	27 Nopember	114

(Data PSAW, 2018)

4.1.2 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana digunakan untuk menghitung debit banjir setiap periode rencana yang ditentukan. Sesuai dengan kriteria klasifikasi saluran dan luasan daerah tangkapan, dalam analisis ini ditentukan periode ulang rencana. Periode ulang rencana ini akan menunjukkan tingkat layanan dari sistem drainase yang direncanakan.

4.1.3 Perhitungan Parameter Dasar Statistik

Sebelum dilakukan perhitungan uji kecocokan distribusi dari data yang tersedia, dilakukan uji parameter statistik terlebih dahulu terhadap data yang ada, sebab masing-masing distribusi (Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel, Distribusi Log Pearson III) memiliki persyaratan yang berbeda, sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan persyaratan parameter statistiknya. Pemilihan distribusi yang tidak tepat dapat menyebabkan kesalahan perkiraan yang mungkin cukup besar.

Adapun persyaratan parameter statistik dari masing-masing distribusi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Distribusi Normal mempunyai harga $C_s \approx 0$ dan $C_k \approx 3$
2. Distribusi Log Normal mempunyai harga
 $C_s = C_v^3 + 3C_v$ dan $C_k = C_v^6 + 6C_v^4 + 15C_v^2 + 16C_v^2 + 3$
3. Distribusi Gumbel mempunyai harga $C_s = 1,139$ dan $C_k = 5,402$
4. Distribusi Log Pearson III mempunyai nilai C_s dan C_k selain parameter statistik untuk distribusi yang lain (normal, log normal, dan gumbel)

Dimana setiap parameter statistik tersebut dicari berdasarkan rumus:

- Nilai rata-rata (*Mean*)

$$\bar{X}_r = \frac{\sum X_i}{n}$$

- Deviasi standart (*Deviation Standart*)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X}_r)^2}{n-1}}$$

- Koefisien Variasi (*Variation Coefficient*)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}_r}$$

- Koefisien Kemencengan (*Skewness Coefficient*)

$$C_s = \frac{\sum (X_i - \bar{X}_r)^3 n}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

- Koefisien Ketajaman (*Kurtosis Coefficient*)

$$C_k = \frac{\sum (X_i - \bar{X}_r)^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4}$$

Data yang digunakan untuk menghitung parameter statistik adalah data curah hujan harian maksimum tahunan dari stasiun hujan keputih yang terdapat pada tabel 4.1. Data curah hujan harian maksimum tersebut diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil, kemudian dihitung rata-ratanya (\bar{X}_r). Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Perhitungan Parameter Statistik STA. Wonokromo

Tahun	Ri Rank Mm	(Ri - Rr) ²	(Ri - Rr) ³	(Ri - Rr) ⁴
2008	81	213,16	-3112,14	45437,19
2009	104	70,56	592,70	4978,71
2010	110	207,36	2985,98	42998,17
2011	98	5,76	13,82	33,18
2012	106	108,16	1124,86	11698,59
2013	87	73,96	-636,06	5470,08
2014	83	158,76	-2000,38	25204,74
2015	63	1063,76	-34645,98	1129458,82
2016	110	207,36	2985,98	42998,17
2017	114	338,56	6229,50	114622,87
Jumlah	956	2446,40	-26461,68	1422900,51
(Rr)	95,6			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan parameter statistik untuk data tersebut di atas adalah sebagai berikut:

$$\bar{R}_r = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{956}{10} = 95,6$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(Ri - \bar{Rr})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2446,40}{9}} = 16,49$$

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{Rr}} = \frac{16,49}{95,6} = 0,172$$

$$Cs = \frac{\sum(Ri - \bar{Rr})^3 n}{(n-1)(n-2)Sd^3} = \frac{-26461,68 \times 10}{(10-1)(10-2) \times 16,49^3} = -0,820$$

$$Ck = \frac{\sum(Ri - \bar{Rr})^4 n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} = \frac{1422900,51 \times 10^2}{(10-1)(10-2)(10-3) \times 16,49^4} = 3,821$$

Perhitungan sifat parameter statistik distribusi log Normal:

$$\begin{aligned} Cs &= C_v^3 + 3 C_v \\ &= 0,172^3 + 3 \times 0,172 \\ &= 0,523 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ck &= C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 \\ &= 0,17^8 + 6 \times 0,17^6 + 15 \times 0,17^4 + 16 \times 0,17^2 + 3 \\ &= 3,489 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan awal parameter statistik dapat dilihat pada tabel 4.3:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Awal Parameter Statistik

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Distribusi Normal	$Cs = 0$ $Ck=3$	$Cs = -0,820$ $Ck = 3,821$	Tidak Dipilih
		$Cs = Cv^3 + 3CV =$	$Cs = 0.523$	
2	Distribusi Log Normal	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 =$	$Ck = 3,489$	Tidak Dipilih
3	Distribusi Gumbel Tipe 1	$Cs = 1,1396$ $Ck = 5,4002$	$Cs = -0,820$ $Ck = 3,821$	Tidak Dipilih
4	Distribusi Log Pearson Tipe III	Cs $Ck =$ bebas	$Cs = -0,820$ $Ck = 3,821$	Dipilih

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan dari hasil perhitungan parameter statistik di atas maka metode distribusi yang sesuai adalah Metode Log Pearson III.

4.1.4 Uji Distribusi Frekuensi

Sesuai dengan perhitungan nilai Ck dan Cs (parameter statistika) yang telah diperoleh yaitu Cs = -0,82 dan Ck = 3,821 maka, distribusi probabilitas yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini adalah distribusi probabilitas Log Pearson Type III. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perhitungan Parameter Metode Distribusi Log Pearson III

No	Tahun	CH (mm)	Log Ri	$(\text{LogRi} - \text{Log}\overline{\text{Rr}})$	$(\text{LogRi} - \text{Log}\overline{\text{Rr}})^2$	$(\text{LogRi} - \text{Log}\overline{\text{Rr}})^3$
1	2017	114	2,057	0,0829	0,0069	0,00057
2	2016	110	2,041	0,0674	0,0045	0,00031
3	2010	110	2,041	0,0674	0,0045	0,00031
4	2012	106	2,025	0,0513	0,0026	0,00014
5	2009	104	2,017	0,0431	0,0019	0,00008
6	2011	98	1,991	0,0173	0,0003	0,00001
7	2013	87	1,940	-0,0344	0,0012	-0,00004
8	2014	83	1,919	-0,0549	0,0030	-0,00017
9	2008	81	1,908	-0,0655	0,0043	-0,00028
10	2015	63	1,799	-0,1746	0,0305	-0,00533
Jumlah		956	19,739	0,00	0,0597	-0,00441
Rata-rata (Rr)		95,6	1,9739			

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Perhitungan parameter statistik data di atas adalah:

$$\overline{\text{LogRr}} = \frac{\sum \text{LogRi}}{n} = \frac{19,739}{10} = 1,9739$$

$$\text{Sd}\overline{\text{LogRr}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{LogRi} - \overline{\text{LogRr}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,05974}{9}} = 0,081$$

$$\text{Cv} = \frac{\text{Sd}\overline{\text{LogRr}}}{\overline{\text{LogRr}}} = \frac{0,081}{1,9739} = 0,041$$

$$\text{Cs} = \frac{\sum (\text{LogRi} - \overline{\text{LogRr}})^3 \times n}{(n-1)(n-2)(\text{Sd}\overline{\text{LogRr}})^3} = \frac{(-0,0044) \times 10}{(10-1)(10-2)(0,081)^3} = -1,13$$

Selanjutnya nilai K dapat dicari dengan menggunakan Tabel Cs Distribusi Log Pearson Type III dengan Tabel 4.5 sebagai berikut

Tabel 4.5 Nilai K Distribusi Log Person Type III Nilai K Distribusi Log Person Type III

<i>Koefisien</i> Cs	Periode ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051	4,97	7,25
2,5	-0,36	0,518	1,25	2,262	3,048	3,845	4,652	6,6
2,2	-0,33	0,574	1,284	2,24	2,97	3,705	4,444	6,2
2	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,91
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,66
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,99	5,39
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,11
1,2	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149	3,661	4,82
1	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022	3,489	4,54
0,8	-0,132	0,78	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,25
0,6	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,96
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615	2,949	3,67
0,3	-0,05	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,83	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,38
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,4	2,67	3,235

Lanjutan Tabel 4.5 Nilai K Distribusi Log Person Type III
 Nilai K Distribusi Log Person Type III

Periode ulang (Tahun)								
Koefisien	2	5	10	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0	0	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,09
-0,1	0,017	0,836	1,27	1,716	2	2,252	2,482	2,95
-0,2	0,033	0,85	1,258	1,68	1,945	2,178	2,388	2,81
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,89	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,54
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,4
-0,6	0,099	0,857	1,2	1,528	1,72	1,88	2,016	2,275
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-1	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,8
-1,1	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581	1,712
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,3	0,210	0,838	1,064	1,181	1,240	1,324	1,383	1,424
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,28
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99	0,995	1
-2,2	0,33	0,752	0,844	0,888	0,9	0,905	0,907	0,91
-2,5	0,36	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,8	0,802
-3	0,396	0,636	0,66	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Tabel 4.6 PUH untuk perancangan Drainase Kota dan bangunan yang dianjurkan

No	Distribusi	PUH (tahun)
1.	Saluran Mikro pada daerah :	
	- Lahan rumah, taman, kebun, per kuburan lahan tak terbangun.	2
	- Komersial dan perkantoran	5
	- Perindustrian	5
	Ringan	10
	Menengah	25
	Berat	50
	Super berat/poteksi negara	
	Saluran Tersier	
2.	- Risiko Kecil	2
	- Risiko Besar	5
	Saluran Sekunder	
3.	- Tanpa Risiko	2
	- Risiko Kecil	5
	- Risiko Besar	10
	Saluran Primer (Induk)	
4.	- Tanpa Risiko	5
	- Risiko Kecil	10
	- Risiko Besar	25
	Atau	
	- Luas CA (25-50) ha	5
	- Luas CA (50-100) ha	5-10
	- Luas CA (100-1300) ha	10-25
	- Luas CA (1300-6500) ha	25-50
5.	Pengendali banjir makro	100
6.	Saluran tepian	
	- Jalan Raya biasa	5-10
	- Jalan Raya By Pass	10-25
	- Free Ways	25-50

(Masduki, 2013)

Tabel 4.7 Nilai K untuk Metode Distribusi Log person TypeIII dengan Cs = -1,1

Tipe saluran	Periode Ulang (tahun)	K
Tersier	2	0,18
Sekunder	5	0,848
Primer	10	1,11

(Triatmojo, 2010a)

Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rencana dengan periode ulang (T) 2,5 dan 10 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan distribusi hujan *Log Pearson type III*

Periode Ulang (tahun)	Rr	K	Log Ri	R
2	1,974	0,18	1,99	97,42
5	1,974	0,848	2,04	110,42
10	1,974	1,11	2,06	115,92

Periode ulang 2 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } R_2 &= \text{Log } \bar{R}_r + (k \times S) \\ &= 1,974 + (0,18 \times 0,081) \\ &= 1,99\end{aligned}$$

$$R_2 = 97,42 \text{ mm}$$

Periode ulang 5 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } R_5 &= \text{Log } \bar{R}_r + (k \times S) \\ &= 1,974 + (0,848 \times 0,081) \\ &= 2,04\end{aligned}$$

$$R_5 = 110,42 \text{ mm}$$

Periode ulang 10 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } R_{10} &= \text{Log } \bar{R}_r + (k \times S) \\ &= 1,974 + (1,107 \times 0,08) \\ &= 2,06\end{aligned}$$

$$R_{10} = 115,92 \text{ mm}$$

Dari hasil pengamatan, hujan yang menyebabkan banjir dikampus Manyar pada tanggal 30 Mei 2016, curah hujan yang terjadi adalah sebesar 110 mm, pada tanggal 29 November 2017 curah hujan yang terjadi 114 mm, dari hasil perhitungan hujan rencana di dapat hujan tersebut mendekati R_{10} yaitu sebesar 115,92 mm. Sehingga untuk perhitungan dalam tugas akhir ini digunakan R_{10}

Diperlukan uji parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut pengujian parameter yang sering sebagai berikut:

a. Uji Chi Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Dengan Rumus:

$$Xh^2 = \frac{\sum(o_i - e_i)^2}{E_i}$$

Dimana :

Xh^2 = Parameter Chi Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub-kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub- kelompok ke - i

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke-i

Perhitungan Uji Chi Kuadrat (Sta Wonokromo)

Langkah-langkah perhitungan Uji Chi Kuadrat adalah sebagai berikut :

1. Ploting data curah hujan rata-rata beserta peringkat yang tertinggi untuk mendapatkan nilai peluang dari masing – masing data tersebut dengan rumus :

$$p = \frac{m}{n + 1}$$

Hasil perhitungan seperti yang terlihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Perhitungan Peluang

No	CH Harian Max	P m/n+1
1	114	9%
2	110	18%
3	110	27%
4	106	36%
5	104	45%
6	98	55%
7	87	64%
8	83	73%
9	81	82%
10	63	91%

2. Dilakukan perhitungan Sub-Group atau kelompok dengan rumus:

$$G = 1 + 1,33 \ln (n)$$

$$\text{Jumlah Kelas (G)} = 1 + 1,33 \ln (10)$$

$$G = 4,06 \sim (\text{diambil } 4 \text{ sub kelompok})$$

3. Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = G - R - 1$$

$$DK = 4 - 2 - 1$$

$$DK = 1$$

4. Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke i

$$E_i = n/G \quad E_i = 10/4$$

$$E_i = 2,5$$

5. Perhitungan untuk menentukan Chi Kuadrat Hitung untuk Distribusi Log Pearson Type III dengan menentukan nilai batas. Berdasarkan tabel 4.8 dilakukan pembagian data pengamata
6. n menjadi 4 sub - bagian, dengan interval P = 0,25. Besarnya peluang untuk tiap sub – bagian adalah seperti pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan Peluang dan nilai K

	Peluang	K
P<25%	$1 - 0,25 = 0,75$	0,67
P<50%	$1 - 0,50 = 0,50$	0
P<75%	$1 - 0,75 = 0,25$	-0,67
P>75%	$1 - 0,75 = 0,25$	-0,67

Berdasarkan persamaan garis lurus :

$$x = \bar{X} + K \cdot s$$

Keterangan:

X = Nilai varian x yang dapat diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode ulang tertentu.

\bar{X} = Nilai rata- rata varian X dari sampel.

S = Deviasi standar varian X dari sampel.

k = Faktor frekuensi, ditentukan dari tiap persamaan distribusi peluang

$$\bar{X} = 93,9 \text{ mm.}$$

$$S = 14,98$$

$$\text{Perhitungan } P = 0,75$$

$$X = 93,9 + (0,67 \times 14,98) = 103,94 \text{ mm}$$

$$\text{Perhitungan } P = 0,50$$

$$X = 93,9 + (0 \times 14,98) = 93,90 \text{ mm}$$

$$\text{Perhitungan } P = 0,25$$

$$X = 93,9 + (-0,67 \times 14,98) = 83,86 \text{ mm}$$

7. Dari perhitungan persamaan garis lurus diatas. Diperoleh data Chi Kuadrat untuk Sta. Wonokromo dapat dilihat pada table 4.11

Tabel 4.11 Perhitungan Chi Kuadrat Sta. Wonokromo

No	Nilai Batas	O _i	E _i	(O _i -E _i) ²	χ ²
1	X ≤ 1,94	3	2,50	0,5	0,10
2	1,94 ≤ X ≤ 1,97	1	2,50	-1,5	0,90
3	1,97 ≤ X ≤ 2,01	2	2,50	-0,5	0,10
4	2,01 ≤ X	4	2,50	1,5	0,90
Jumlah		10	10		2,00

Hasil dari Tabel diatas didapatkan nilai Chi Kuadrat = 2,00

8. Menentukan nilai Chi Kuadrat teoritis dengan diketahui $\alpha = 5\%$, Dk=1 Maka, dapat diketahui nilai Chi Kuadrat Teoritis adalah 3,84

Tabel 4.12 dk dan derajat kepercayaan (α)

dk	α derajat kepercayaan							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.00004	0.0002	0.0010	0.0039	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	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	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	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	32,000	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	9,390	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	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	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	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
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

(Suripin, 2004)

9. Persyaratan agar Distribusi *Log Pearson Type III* data diterima, apabila : Chi Kuadrat < Chi Kuadrat Teoritis. Sehingga, di dapatkan hasil perhitungan:
Chi Kuadrat < Chi Kuadrat Teoritis = 2,00 < 3,84

Kesimpulan : Sehingga Distribusi *Log Pearson Type III* dapat Diterima.

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov adalah untuk mengetahui keakuratan data curah hujan, dalam hal ini digunakan distribusi *Log Pearson Type III* :

Langkah-langkah perhitungan Uji Smirnov-kolmogorov :
Perhitungan Uji smirnov Kolmogorov (Sta. Wonokromo) :

1. Diketahui jumlah data (n) = 10
2. Diketahui $\alpha = 5\%$
3. Diketahui Ri Rata-Rata = 1,974
(dari hasil perhitungan Tabel 4.2)
4. Diketahui Nilai standar deviasi (S) = 0,081
5. Dilakukan perhitungan Untuk mencari Dmax berikut adalah hasil perhitungan untuk mencari Dmax, seperti pada Tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4.13 Perhitungan Dmax (Sta. Wonokromo)

X	M	P(Ri)=m/(n+1)	P(ri<)	f(t)=(Ri-R)/s	P'(R)	P'(Ri<)	D	
1	2	3	4 = 1 - 3	5	6	7 = 1 - 6	8 = 7 - 4	
2,06	1	0,091	0,909	1,02	0,154	0,846	-0,063	
2,04	2	0,182	0,8182	0,83	0,203	0,797	-0,021	
2,04	3	0,273	0,727	0,83	0,203	0,797	0,069	
2,03	4	0,364	0,6364	0,63	0,264	0,736	0,099	
2,02	5	0,455	0,545	0,53	0,298	0,702	0,156	
1,99	6	0,545	0,455	0,21	0,417	0,583	0,129	
1,94	7	0,636	0,364	-0,42	0,663	0,337	-0,026	
1,92	8	0,727	0,273	-0,67	0,749	0,251	-0,021	
1,91	9	0,818	0,182	-0,80	0,788	0,212	0,030	
1,80	10	0,909	0,091	-2,14	0,984	0,016	-0,075	
							Dmaks	0,16

Dari Tabel diatas diperoleh bahwa nilai Dmax adalah **0,16**
 Perhitungan untuk nilai Dmax diatas adalah :
 Data Kolom 1 = Log Ri di dapat dari hasil perhitungan table 4.4

Data Kolom 3 = di dapat dari hasil perhitungan tabel 4.13

$$\frac{\text{Kolom 2}}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

Data Kolom 4 = di dapat dari hasil perthitungan tabel 4.13 ,
 nilai 1 - kolom 3 = 1 - 0,091 = 0, 909

Data Kolom 5 = di dapat dari hasil perhitumgan $\frac{(\text{LogRi}-\text{LogR})}{\text{SdLogRr}}$,
 nilai (LogRi-LogR) dapat dilihat pada tabel 4.4 perhitungan

parameter metode distribusi log pearson III dan nilai $Sd\overline{\text{LogRr}}$ di dapat dari perhitungan parameter statistik.

$$Sd\overline{\text{LogRr}} = \sqrt{\frac{\sum(\text{LogRi} - \overline{\text{LogRr}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,05974}{9}} = 0,081$$

$$\text{Data Kolom 5} = \frac{(\text{LogRi} - \overline{\text{LogRr}})}{Sd\overline{\text{LogRr}}} = \frac{0,08294}{0,081} = 1,02$$

Data Kolom 6 = di dapat dari hasil perhitungan nilai 1-7 , dapat ditentukan besarnya peluang teoritis $P'(X)$, dapat dilihat pada tabel 4.15 wilayah luas dibawah kurva normal, dari nilai $f(t)$:1,02 , luasnya= $1 - 0,846 = 0,154$ sehingga nilai kolom 6 adalah $P'(Xi) = 0,154$ dan nilai kolom 7 adalah $P'(X <)$ adalah: $1 - 0,154 = 0,846$

Data Kolom 7 = di dapat dari hasil perhitungan tabel 4.13 kolom 7 – kolom 4 = $0,846 - 0,909 = -0,063$
(Soewarno, 1995)

6. Dilakukan perhitungan untuk mencari D_0 kritis dengan cara melihat Tabel 4.14 sebagai berikut :

Tabel 4.14 Perhitungan D_0 Kritis (Sta. Wonokromo)

N	A			
	0,20	0,10	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
5	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
$n > 50$	$1,07/\sqrt{n}$	$1,07/\sqrt{n}$	$1,07/\sqrt{n}$	$1,07/\sqrt{n}$

Dari Tabel diatas didapat nilai D_0 kritis adalah 0,41

7. Persyaratan distribusi *log person type III* dapat Diterima, apabila nilai $D_{max} < D_0$ kritis. Sehingga, didapatkan hasil perhitungan :

$$D_{max} < D_0 \text{ kritis} = 0,16 < 0,41$$

Kesimpulan : Jadi Distribusi *Log person III* dapat Diterima

Tabel 4.15 luas daerah di bawah kurva distribusi normal

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
-3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
-3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005
-3,1	0,001	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
-3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,001	0,001
-2,9	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
-2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0022	0,0022	0,0021	0,0021	0,002	0,0019
-2,7	0,0036	0,0034	0,0033	0,0032	0,003	0,003	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
-2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,004	0,004	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
-2,5	0,0062	0,006	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
-2,4	0,0082	0,008	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
-2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
-2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,011
-2,1	0,0179	0,0174	0,017	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,015	0,0146	0,0143

Tabel luas daerah di bawah kurva distribusi normal (Lanjutan)

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
-1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,025	0,0244	0,029	0,0233
-1,8	0,0359	0,0352	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
-1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
-1,6	0,0546	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
-1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,063	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
-1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0722	0,0708	0,0694	0,0681
-1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
-1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,102	0,1003	0,0985
-1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,123	0,121	0,119	0,117
-1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
-0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,166	0,1635	0,1611
-0,8	0,2119	0,209	0,2061	0,2033	0,2006	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
-0,7	0,242	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148

Tabel luas daerah di bawah kurva distribusi normal (Lanjutan)

T	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
-0,5	0,3085	0,305	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,281	0,2776
-0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,33	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
-0,3	0,2831	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,352	0,3843
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,409	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
-0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,0	0,5	0,496	0,492	0,488	0,484	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0	0,5	0,504	0,508	0,512	0,516	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6722	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549

Tabel luas daerah di bawah kurva distribusi normal (Lanjutan)

t	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,7	0,758	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9278	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9257	0,9357	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9717	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9756	0,9761	0,9767
2	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817

Tabel luas daerah di bawah kurva distribusi normal (Lanjutan)

T	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,989
2,3	0,9693	0,9896	0,9896	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,998	0,9981
2,9	0,9971	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

4.1.5 Analisis Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan oleh butiran air untuk bergerak dari titik jatuh pada daerah pengaliran ke titik tinjauan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$T_c = T_0 + T_f$$

Dengan:

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

T_f = Waktu yang diperlukan air untuk mengalir di sepanjang *channel flowing* (jam)

T_0 = Waktu yang diperlukan air hujan untuk mengalir di permukaan hingga mencapai outlet (jam)



Gambar 4.2 Skema eksisting jaringan Saluran (titik kontrol)

Pada gambar 4.1 merupakan skema jaringan saluran titik kontrol untuk menghitung analisis waktu konsentrasi. Perhitungan waktu konsentrasi pada saluran yang berada dikampus sebagai berikut:

a. Perhitungan T_f

Berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan T_f pada saluran tersier di lahan A. Perhitungan T_f saluran kuartet dapat dilihat pada tabel 4.1 .

$$T_f = \frac{L}{V}$$

Dengan:

L = Panjang saluran (m)

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

$$= 0,305 \text{ m/det}$$

$$T_f = \frac{31,62\text{m}}{0,305 \text{ m/det}} = 0,029 \text{ jam}$$

Tabel 4.16 Perhitungan T_f Kuartet

No	Nama Saluran	L (m)	V (m/det)	T_f (jam)
1	1A-1	31,62	0,305	0,029
2	2B-2	31,68	0,303	0,029
3	3C-3	31,83	0,299	0,030
4	4D-4	32,15	0,309	0,029
5	5E-5	78,53	0,257	0,085
6	8H-8	27,70	0,272	0,028
7	9.I-8	50,62	0,299	0,047
8	10.J-11	36,61	0,205	0,050
9	12d-12c	21,66	0,265	0,023
10	12c-12b	27,85	0,303	0,026
11	12b-12a	27,76	0,312	0,025
12	14-13	27,10	0,265	0,028
13	16.Q-16	62,93	0,263	0,067

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.17 Perhitungan T_f Tersier

No	Nama Saluran	L (m)	V (m/det)	T_f (jam)
1	1-2	21,78	0,318	0,019
2	2-3	11,26	0,318	0,010
3	3-4	20,55	0,318	0,018
4	4-5	12,27	0,318	0,011
5	6F-6	42,14	0,220	0,053
6	7G-8	37,27	0,288	0,036
7	8-11	17,63	0,019	0,257
8	1-9	11,76	0,227	0,014
9	11-14	5,72	0,107	0,015
10	14-13	27,10	0,030	0,247
11	15-14	12,65	0,114	0,031
12	17-18	41,38	0,364	0,032
13	18-19	26,69	0,260	0,028
14	19-20	26,52	0,496	0,015
15	20-21	251,14	0,196	0,357
16	21-23	174	0,409	0,118
17	22-23	224,46	0,512	0,122
18	23-24	27,65	0,549	0,014

(Sumber: Hasil Perhitungan)

b. Perhitungan T_0

Perhitungan T_0 menggunakan rumus Kirpich, berikut ini adalah salah satu contoh perhitungan T_0 pada lahan A.

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,0195 \left(\frac{L_0}{\sqrt{I_0}} \right)^{0,77} \\ &= 0,0195 \left(\frac{13,99}{\sqrt{0,00001}} \right)^{0,77} \\ &= 14,238 \text{ menit} \\ &= 0,237 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dengan:

L_0 = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau

I_0 = Kemiringan rata-rata permukaan tanah ke saluran yang Ditinjau

c. Perhitungan T_c

Contoh perhitungan weaktu konsentrasi (T_c) pada lahan A.

$$\begin{aligned} T_c &= T_0 + T_f \\ &= 0,237 \text{ jam} + 0,029 \text{ jam} \\ &= 0,266 \text{ jam} \end{aligned}$$

Tabel 4.18 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan A

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
1.A	A	13,99	0,00001	0,237		0,237
1	A			0,237	0,029	0,266

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.19 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan B

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
2.B	B	10,92	0,00001	0,178		0,178
2	B			0,178	0,029	0,207

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.20 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan C

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
3.C	C	10,81	0,00001	0,176		0,176
3	C			0,176	0,030	0,206

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.21 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan D

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
4.D	D	11,38	0,00001	0,187		0,187
4	D			0,187	0,029	0,216

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.22 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan E

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
5.E	E	19,57	0,0002	0,094		0,094
5	E			0,094	0,085	0,179

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.23 Perhitungan T_c pada Tersier Lahan F

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
6.F	F	9,34	0,0002	0,047		0,047
6	F			0,047	0,053	0,100

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.24 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan G

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
7.G	G	9,34	0,0002	0,047		0,047
8	G			0,047	0,029	0,076

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.25 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan H

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
8.H	H	18,80	0,0001	0,105		0,105
8	H			0,105	0,047	0,153

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.26 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan I

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
9.I	I	12,82	0,0002	0,068		0,068
8	I			0,068	0,047	0,115

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.27 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan J

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
10.J	J	10,81	0,00001	0,176		0,176
11	J			0,176	0,045	0,221

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.28 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan H

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
11	H	18,41	0,00001	0,250		0,250
14	H			0,250	0,015	0,265

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.29 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan K

Titik Kontrol	Lahan	L ₀ (m)	I ₀	T ₀	T _f	T _c
15	K	23,31	0,00001	0,280		0,280
14	K			0,280	0,031	0,311

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.30 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan M

Titik Kontrol	Lahan	L ₀ (m)	I ₀	T ₀	T _f	T _c
12d	M	40,40	0,0005	0,255		0,255
12c	M			0,255	0,023	0,278

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.31 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan N

Titik Kontrol	Lahan	L ₀ (m)	I ₀	T ₀	T _f	T _c
12c	N	28,69	0,0001	0,172		0,172
12b	N			0,172	0,26	0,197

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.32 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan O

Titik Kontrol	Lahan	L ₀ (m)	I ₀	T ₀	T _f	T _c
12b	O	29,33	0,0001	0,176		0,176
12a	O			0,176	0,025	0,201

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.33 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan P

Titik Kontrol	Lahan	L ₀ (m)	I ₀	T ₀	T _f	T _c
16.Q	P	12,76	0,0007	0,038		0,038
16	P			0,038	0,067	0,104

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.34 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan Q

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
17	Q	58,69	0,0002	0,211		0,211

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.35 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan R

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
18	R	57,15	0,0002	0,205		0,205

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.36 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan S

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
19	S	56,03	0,0002	0,200		0,200

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.37 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
20		119,14	0,0002	0,367		0,367

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.38 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan T

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
21	T	86,56	0,0002	0,253		0,253

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.39 Perhitungan Tc pada Tersier Lahan U

Titik Kontrol	Lahan	L_0 (m)	I_0	T_0	T_f	T_c
22	U	109,14	0,0001	0,432		0,432

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.40 Perhitungan T_c Maksimum Sub Sistem I (Titik 1-13)

Titik Kontrol	Lahan	T_0 (Jam)	T_f (Jam)	T_c (Jam)	Keterangan
1	A			0,237	T_c maks 1
2	T_c maks 1	0,237	0,019	0,256	T_c maks 2
	B			0,207	
3	T_c maks 2	0,256	0,010	0,266	T_c maks 3
	C			0,206	
4	T_c maks 3	0,266	0,018	0,284	T_c maks 4
	D			0,216	
5	T_c maks 4	0,284	0,011	0,295	T_c maks 5
	E			0,179	
6	T_c maks 5	0,295	0,053	0,348	T_c maks 6
	F			0,100	
7	T_c maks 6	0,348	0,036	0,384	T_c maks 7
	G			0,076	
8	T_c maks 7	0,384	0,257	0,641	T_c maks 8
	T_c maks 9			0,252	
	H			0,153	
11	T_c maks 8	0,641	0,015	0,656	T_c maks 11
	J			0,221	
14	T_c maks 11	0,656	0,028	0,684	T_c maks 14
	K				
13	T_c maks 14	0,684	0,247	0,931	T_c maks 13

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.41 Perhitungan T_c Maksimum Sub Sistem II (Titik 6-13)

Titik Kontrol	Lahan	T_0 (Jam)	T_f (Jam)	T_c (Jam)	Keterangan
6	F			0,100	T_c maks 6
7	T_c maks 6	0.100	0.053	0.154	T_c maks 7
	G			0.076	
9	I			0.115	
	T_c maks 1	0.237	0.014	0.252	T_c maks 9
8	H			0.153	
	T_c maks 9			0.252	T_c maks 8
	T_c maks 7	0.154	0.036	0.189	
11	T_c maks 8	0.252	0.257	0.508	T_c maks 11
	J			0.221	
14	T_c maks 11	0.508	0.015	0.523	T_c maks 14
	K				
13	T_c maks 14	0.523	0.247	0.770	T_c maks 13

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.42 Perhitungan T_c Maksimum Sub Sistem (Titik 17-23)

Titik Kontrol	Lahan	T_0 (Jam)	T_f (Jam)	T_c (Jam)	Keterangan
17	Q			0.211	T_c maks 17
18	R			0.205	
	T_c maks 17	0.211	0.032	0.243	T_c maks 18
19	S			0.200	
	T_c maks 18	0.243	0.028	0.271	T_c maks 19
20				0.367	
	tc maks 19	0.271	0.357	0.628	tc maks 20
21	T			0.253	
	tc maks 20	0.628	0.118	0.746	tc maks 21
22	tc maks 16			0.104	tc maks 22
23	tc maks 21	0.746	0.118	0.864	tc maks 23
	tc maks 22	0.104	0.122	0.226	
24	tc maks 23	0.864	0.014	0.878	tc maks 24

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.1.6 Perhitungan Intensitas Curah Hujan (I)

Dari peta jaringan dapat diketahui data dari setiap saluran. Dari hasil perhitungan curah hujan rencana dapat diketahui besarnya intensitas curah hujan periode ulang 2,

5, dan 10 tahun dengan menggunakan rumus Mononobe, yaitu:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3}$$

Dengan:

I_t = Intensitas hujan dalam 1 jam (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan efektif dalam 1 jam

T_c = Waktu konsentrasi

Contoh perhitungan intensitas curah hujan periode ulang tahun di saluran kuartet 1A-1. Perhitungan intensitas curah hujan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.43.

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{T_c} \right]^{2/3} \\ &= \frac{115,92 \text{ mm}}{24} \left[\frac{24}{0,237 \text{ jam}} \right]^{2/3} \\ &= 104,85 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Tabel 4.43 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub Sistem I 1-13

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	T _c (jam)	R2 (mm)	R5 (mm)	R10 (mm)	I (mm/jam)		
							2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
1	Titik Kontrol 1A-1	Kuartet	0,237				88.11	99.87	104.85
2	Titik Kontrol 1-2	Tersier	0,256				83.69	94.87	99.59
3	Titik Kontrol 2B-2	Kuartet	0,207				96.43	109.30	114.74
4	Titik Kontrol 2-3	Tersier	0,266				81.62	92.51	97.12
5	Titik Kontrol 3C-3	Kuartet	0,206				96.92	109.85	115.32
6	Titik Kontrol 3-4	Tersier	0,284	97,42	110,42	115,92	78.14	88.57	92.98
7	Titik Kontrol 4D-4	Kuartet	0,216				93.84	106.37	111.67
8	Titik Kontrol 4-5	Tersier	0,295				76.24	86.41	90.72
9	Titik Kontrol 5E-5	Kuartet	0,179				106.23	120.41	126.41
10	Titik Kontrol 6F-6	Tersier	0,348				68.24	77.35	81.20
11	Titik Kontrol 7G-8	Tersier	0,384				63.92	72.45	76.06
12	Titik Kontrol 8H-8	Kuartet	0,153				118.29	134.08	140.76
13	Titik Kontrol 1-9	Tersier	0,252				84.72	96.03	100.81

Tabel 4.44 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub Sistem I 1-13 (Lanjutan)

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	T _c (jam)	R2 (mm)	R5 (mm)	R10 (mm)	I (mm/jam)		
							2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
14	Titik Kontrol 9I-8	Kuartet	0.115				142.89	161.97	170.03
15	Titik Kontrol 8-11	Tersier	0.656				44.75	50.73	53.25
16	Titik Kontrol 10J-11	Kuartet	0.221	97,42	110,42	115,92	92.41	104.75	109.96
17	Titik Kontrol 11-14	Tersier	0.684				43.50	49.31	51.77
18	Titik Kontrol 15-14	Tersier	0.311				73.56	83.38	87.53
19	Titik Kontrol 14-13	Tersier	0.931				35.42	40.15	42.15

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.45 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub Sistem II 6-13

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	T _c (jam)	R2 (mm)	R5 (mm)	R10 (mm)	I (mm/jam)		
							2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
1	Titik Kontrol 6F-6	Tersier	0.100				156.48	177.37	186.20
2	Titik Kontrol 7G-8	Tersier	0.154				117.77	133.49	140.14
3	Titik Kontrol 8H-8	Kuartet	0.153				118.29	134.08	140.76
4	Titik Kontrol 1-9	Tersier	0.252				84.72	96.03	100.81
5	Titik Kontrol 9I-8	Kuartet	0.115				142.89	161.97	170.03
6	Titik Kontrol 8-11	Tersier	0.508	97,42	110,42	115,92	53.03	60.11	63.10
7	Titik Kontrol 10J-11	Kuartet	0.221				92.41	104.75	109.96
8	Titik Kontrol 11-14	Tersier	0.523				52.02	58.96	61.90
9	Titik Kontrol 15-14	Tersier	0.311				73.56	83.38	87.53
10	Titik Kontrol 14-13	Tersier	0.770				40.20	45.57	47.84

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.46 Perhitungan Intensitas Curah Hujan Sub Sistem 17-23 (Luar kampus)

No	Nama Saluran	Jenis Saluran	T _c (jam)	R2 (mm)	R5 (mm)	R10 (mm)	I (mm/jam)		
							2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun
1	Titik Kontrol 17-18	Tersier	0.211				95.25	107.96	113.34
2	Titik Kontrol 18-19	Tersier	0.205				97.22	110.20	115.68
3	Titik Kontrol 19-20	Tersier	0.200				98.71	111.89	117.46
4	Sal. Manyar Tirtomoyo II	Tersier	0.367	97,42	110,42	115,92	65.84	74.63	78.34
5	Sal. Manyar Sabrangan IV (Airdas)	Tersier	0.253				84.37	95.63	100.39
6	Sal. Menur (ITS IPIEMS PU)	Tersier	0.432				59.07	66.96	70.29
7	Titik Kontrol 23-24	Tersier	0.878				36.83	41.74	43.82

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.1.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Metode Rasional)

Karena luas catchment pada study kasus tugas akhir ini hanya 0,5 Ha atau kurang dari 500 Ha dan panjang total saluran kurang dari 4 km maka digunakan metode rasional, untuk menentukan debit banjir rencana, yang berupa debit puncak banjir

Dengan menggunakan metode Rasional perhitungan debit banjir rencana, dari data yang telah diperoleh diatas maka dapat dihitung debit banjir rencananya.

Sebagai contoh perhitungan debit banjir rencana metode rasional saluran 1A-1

Diketahui:

$\beta = 1$, berdasarkan Tabel 2.11 Koefisien Penyebaran Hujan (β), dengan luas DAS 0-4 km² maka $\beta = 1$

C = 0,600

I₂ = 88,11 mm/jam

I₅ = 99,87 mm/jam

I₁₀ = 104,85 mm/jam

A = 0,0010 km²

Debit banjir rencana

$$Q = \frac{1}{3,6} \times \beta \times C \times I_t \times A$$

$$Q_5 = \frac{1}{3,6} \times 1 \times 0,600 \times 104,85 \times 0,0009$$

$$Q_5 = 0,0175 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan berikutnya bisa dilihat pada tabel 4.26:

Tabel 4.47 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Metode Rasional)

No.	Nama Saluran	Jenis Saluran	β	I (mm/jam)			C	A (km ²)	Q rencana (m ³ /det)
				2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun			
1	Titik Kontrol 1A-1	Kuartet	1	88,11	99,87	104,85	0,600	0,0010	0,0175
2	Titik Kontrol 1-2	Tersier	1	83,69	94,87	99,59	0,600	0,0017	0,0277
3	Titik Kontrol 2B-2	Kuartet	1	96,43	109,30	114,74	0,600	0,0007	0,0127
4	Titik Kontrol 2-3	Tersier	1	81,62	92,51	97,12	0,600	0,0023	0,0377
5	Titik Kontrol 3C-3	Kuartet	1	96,92	109,85	115,32	0,600	0,0007	0,0128
6	Titik Kontrol 3-4	Tersier	1	78,14	88,57	92,98	0,600	0,0033	0,0518
7	Titik Kontrol 4D-4	Kuartet	1	93,84	106,37	111,67	0,600	0,0010	0,0189
8	Titik Kontrol 4-5	Tersier	1	76,24	86,41	90,72	0,600	0,0051	0,0775
9	Titik Kontrol 5E-5	Kuartet	1	112,86	127,93	134,30	0,600	0,0018	0,0376
10	Titik Kontrol 6F-6	Tersier	1	65,17	73,87	77,55	0,600	0,0007	0,0210
11	Titik Kontrol 7G-8	Tersier	1	151,84	172,11	180,68	0,600	0,0017	0,0629
12	Titik Kontrol 8H-8	Kuartet	1	130,35	147,75	155,11	0,600	0,0007	0,0175

Tabel 4.48 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Metode Rasional) lanjutan

No.	Nama Saluran	Jenis Saluran	β	I (mm/jam)			C	A (km ²)	Q rencana (m ³ /det)
				2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun			
13	Titik Kontrol 1-9	Tersier	1	84,72	96,03	100,81	0,600	0.0010	0.0168
14	Titik Kontrol 9I-8	Kuartet	1	142.89	161.97	170.03	0,600	0.0009	0.0265
15	Titik Kontrol 8-11	Tersier	1	92.41	104.75	109.96	0,600	0.0043	0.0786
16	Titik Kontrol 10J-11	Tersier	1	92.41	104.75	109.96	0,600	0.0009	0.0169
17	Titik Kontrol 11-14	Tersier	1	52.02	58.96	61.90	0,600	0.0061	0.0633
18	Titik Kontrol 15-14	Kuartet	1	73.56	83.38	87.53	0,600	0.0064	0.0931
19	Titik Kontrol 14-13	Kuartet	1	40.20	45.57	47.84	0,600	0.0069	0.0554
20	Titik Kontrol 12D-12C	Kuartet	1	84.01	95.22	99.97	0,600	0.0007	0.0109
21	Titik Kontrol 12C-12B	Kuartet	1	78.83	89.36	93.80	0,600	0.0006	0.0094
22	Titik Kontrol 12B-12A	Tersier	1	74.51	84.46	88.66	0,600	0.0012	0.0181
23	Titik Kontrol 16Q-16	Tersier	1	152.46	172.81	181.41	0,600	0.0012	0.0370
24	Titik Kontrol 17-18	Tersier	1	95.25	107.96	113.34	0,600	0.0019	0.0350

Tabel 4.49 Perhitungan Debit Banjir Rencana (Metode Rasional) lanjutan

No.	Nama Saluran	Jenis Saluran	β	I (mm/jam)			C	A (km ²)	Q rencana (m ³ /det)
				2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun			
25	Titik Kontrol 18-19	Tersier	1	97.22	110.20	115.68	0.600	0.0016	0.0308
26	Titik Kontrol 19-20	Tersier	1	98.71	111.89	117.46	0.600	0.0015	0.0302
27	Sal. Manyar Tirtomoyo II	Tersier	1	65.84	74.63	78.34	0.600	0.0107	0.1403
28	Sal. Manyar Sabrangan IV (Airdas)	Tersier	1	84.37	95.63	100.39	0.600	0.0147	0.2467
29	Sal. Menur (ITS IPIEMS PU)	Tersier	1	59.07	66.96	70.29	0.600	0.0311	0.3638
30	Titik Kontrol 23-24	Tersier	1	36.827	41.744	43.822	0.600	0.0615	0.4494

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2 Analisis Kapasitas Tampung Saluran (*Full Bank Capacity*)

Analisa kapasitas tampung saluran (*full bank capacity*) merupakan analisa hidrolika dengan maksud untuk melakukan evaluasi kapasitas tampung saluran dengan debit banjir rencana periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier, 5 tahun untuk saluran sekunder, dan 10 tahun untuk saluran primer.

Full Bank Capacity adalah besarnya debit tampungan pada saluran sesuai dengan keadaan di lapangan. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran untuk menampung limpasan air hujan.

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu rumus ini dapat digunakan secara luas sebagai rumus aliran seragam dalam kapasitas saluran.

Berdasarkan data kondisi eksisting diketahui bahwa saluran berpenampang segi empat sehingga kapasitas saluran dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$Q = A \times V$$

$$A = b \times h$$

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

$$P = b + 2h$$

$$R = A/P$$

Dimana:

$$Q = \text{Debit saluran (m}^3/\text{det)}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran (m/det)}$$

$$A = \text{Luas penampang basah (m}^2\text{)}$$

$$n = \text{Koefisien kekasaran manning}$$

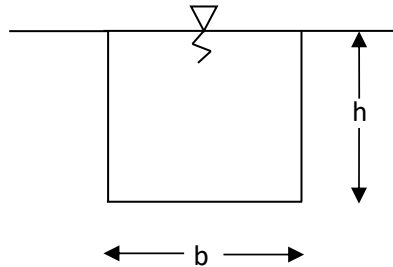
$$R = \text{Jari-jari hidrolis (m)}$$

$$I = \text{Kemiringan dasar saluran (m/m)}$$

$$P = \text{Keliling basah saluran (m)}$$

$$h = \text{Kedalaman saluran (m)}$$

$$b = \text{Lebar saluran (m)}$$



4.2.1 Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran (I)

Perhitungan Kemiringan Dasar saluran Titik Kontrol 1A-1

Data Saluran:

- Panjang saluran (L) = 31.62 m
- Elevasi Hulu = -0,0451
- Elevasi Hilir = -0,0499

- Perhitungan I:

$$I = \frac{\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir}}{L}$$

$$I = \frac{(-0,0451) - (-0,0499)}{31,62} = 0,0002$$

Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran I dapat dilihat pada tabel 4.50:

Tabel 4.50 Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran

No.	Nama Saluran	L (m)	Hulu	Hilir	I
1	Titik Kontrol 1A-1	31.62	-0.0451	-0.0499	0.0002
2	Titik Kontrol 1-2	21.78	-0.0472	-0.0524	0.0002
3	Titik Kontrol 2B-2	31.68	-0.044	-0.0512	0.0002
4	Titik Kontrol 2-3	11.26	-0.0532	-0.0551	0.0002
5	Titik Kontrol 3C-3	31.83	-0.0406	-0.0468	0.0002
6	Tititk Kontrol 3-4	20.55	-0.0541	-0.0573	0.0002

Tabel 4.51 Perhitungan Kemiringan Dasar Saluran (Lanjutan)

No.	Nama Saluran	L (m)	Hulu	Hilir	I
7	Titik Kontrol 4D-4	32.15	-0.0424	-0.0501	0.0002
8	Titik Kontrol 4-5	12.27	-0.0474	-0.0499	0.0002
9	Titik Kontrol 5E-5	42.04	-0.0818	-0.088	0.0001
10	Titik Kontrol 6F-6	54.62	-0.0504	-0.0614	0.0002
11	Titik Kontrol 7G-8	12.19	-0.0556	-0.0578	0.0002
12	Titik Kontrol 8H-8	19.8	-0.0549	-0.0589	0.0002
13	Titik Kontrol 1-9	11.76	-0.048	-0.0499	0.0002
14	Titik Kontrol 9I-8	50.62	-0.0511	-0.0611	0.0002
15	Titik Kontrol 8-11	11.75	-0.0591	-0.0618	0.0002
16	Titik Kontrol 10J-11	36.61	-0.0559	-0.0636	0.0002
17	Titik Kontrol 11-14	10.84	-0.0604	-0.0621	0.0002
18	Titik Kontrol 15-14	27.1	-0.06	-0.0636	0.0001
19	Titik Kontrol 14-13	21.66	-0.0558	-0.0616	0.0003
20	Titik Kontrol 12D-12C	21.66	-0.0209	-0.0248	0.0002
21	Titik Kontrol 12C-12B	27.85	-0.0241	-0.0283	0.0002
22	Titik Kontrol 12B-12A	27.76	-0.257	-0.324	0.0024
23	Titik Kontrol 16Q-16	50.46	-0.0214	-0.0342	0.0003
24	Titik Kontrol 17-18	41.38	-0.0617	-0.0718	0.0002
25	Titik Kontrol 18-19	26,69	-0.071	-0.0767	0.0002
26	Titik Kontrol 19-20	26.52	-0.0715	-0.0767	0.0002
27	Sal. Manyar Tirtomoyo II	251.14	-0.0515	-0.0899	0.0002
28	Sal. Manyar Sabrangan IV (Airdas)	174	-0.0518	-0.0812	0.0002
29	Sal. Menur (ITS IPIEMS PU)	224.46	-0.0424	-0.0982	0.0002
30	Titik Kontrol 23-24	27.65	-0.1024	-0.108	0.0002

4.2.2 Perhitungan Full Bank Capacity di Saluran Kuartet

Perhitungan saluran Titik Kontrol 1A-1

Data Saluran:

- Panjang saluran (L) = 31,62 m
- Kemiringan dasar saluran (I) = 0,0002
- Lebar saluran (b) = 0,46 m
- Kedalaman saluran (h) = 0,42 m
- Koef. Kekasaran Manning (n) = 0,013

- Luas penampang basah:

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,45 \text{ m} \times 0,42 \text{ m} \\ &= 0,193 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Keliling basah:

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 0,46 \text{ m} + 2(0,42 \text{ m}) \\ &= 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jari-jari hidrolis

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 0,193 \text{ m} / 1,3 \text{ m} \\ &= 0,149 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kecepatan aliran:

$$\begin{aligned} V &= 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= 1/0,013 \times 0,149^{2/3} \times 0,0002^{1/2} \\ &= 0,30522 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- Debit saluran:

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,30522 \text{ m/det} \times 0,193 \text{ m}^2 \\ &= 0,0590 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

4.2.3 Perhitungan Full Bank Capacity di Saluran Tersier

Perhitungan saluran Titik Kontrol 1-2

Data Saluran:

- Panjang saluran (L) = 21,78 m
- Kemiringan dasar saluran (I) = 0,0002

- Lebar saluran (b) = 0,44 m
- Kedalaman saluran (h) = 0,56 m
- Koef. Kekasaran Manning (n) = 0,013

- Luas penampang basah:

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 0,44 \text{ m} \times 0,56 \text{ m} \\ &= 0,246 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Keliling basah:

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 0,44 \text{ m} + 2(0,56 \text{ m}) \\ &= 1,56 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jari-jari hidrolis

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 0,246 \text{ m} / 1,56 \text{ m} \\ &= 0,158 \text{ m} \end{aligned}$$

- Kecepatan aliran:

$$\begin{aligned} V &= 1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= 1/0,013 \times 0,158^{2/3} \times 0,0002^{1/2} \\ &= 0,31787 \text{ m/det} \end{aligned}$$

- Debit saluran:

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,31787 \text{ m/det} \times 0,246 \text{ m}^2 \\ &= 0,0783 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Perhitungan *full bank capacity* dapat dilihat pada tabel 4.52:

Tabel 4.52 Perhitungan *Full Bank Capacity*

No	Nama Saluran	L (m)	I	n	Jenis Saluran	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	R ^{2/3} (m)	V (m/det)	Q _{full bank} (m ³ /det)	Q _{rencana} (m ³ /det)	Kondisi
1	Titik Kontrol 1A-1	31.62	0.0002	0.013	persegi	0.46	0.42	0.193	1.3	0.149	0.281	0.30522	0.0590	0.0175	Aman
2	Titik Kontrol 1-2	21.78	0.0002	0.013	persegi	0.44	0.56	0.246	1.56	0.158	0.292	0.31787	0.0783	0.0277	Aman
3	Titik Kontrol 2B-2	31.68	0.0002	0.013	persegi	0.45	0.425	0.191	1.3	0.147	0.279	0.30316	0.0580	0.0127	Aman
4	Titik Kontrol 2-3	11.26	0.0002	0.013	persegi	0.44	0.56	0.246	1.56	0.158	0.292	0.31787	0.0783	0.0377	Aman
5	Titik Kontrol 3C-3	31.83	0.0002	0.013	persegi	0.44	0.42	0.185	1.28	0.144	0.275	0.29939	0.0553	0.0128	Aman
6	Titik Kontrol 3-4	20.55	0.0002	0.013	persegi	0.44	0.56	0.246	1.56	0.158	0.292	0.31787	0.0783	0.0518	Aman
7	Titik Kontrol 4D-4	32.15	0.0002	0.013	persegi	0.46	0.44	0.202	1.34	0.151	0.284	0.30854	0.0624	0.0189	Aman
8	Titik Kontrol 4-5	12.27	0.0002	0.013	persegi	0.44	0.56	0.246	1.56	0.158	0.292	0.31787	0.0783	0.0775	Aman
9	Titik Kontrol 5E-5	42.04	0.0001	0.013	persegi	0.28	0.64	0.179	1.56	0.115	0.236	0.22075	0.0396	0.0358	Aman
10	Titik Kontrol 6F-6	54.62	0.0002	0.013	persegi	0.26	0.30	0.078	0.86	0.091	0.202	0.2196	0.0171	0.0092	Aman
11	Titik Kontrol 7G-8	12.19	0.0002	0.013	persegi	0.5	0.30	0.150	1.1	0.136	0.265	0.28821	0.0432	0.0213	Aman
12	Titik Kontrol 8H-8	19.80	0.0002	0.013	Lingkaran		0.20	0.14	0.955	0.058	0.14984	0.163	0.0228	0.0175	Aman
13	Titik Kontrol 1-9	11.76	0.0002	0.013	persegi	0.28	0.30	0.084	0.88	0.095	0.209	0.22721	0.0191	0.0175	Aman
14	Titik Kontrol 9I-8	50.62	0.0002	0.013	persegi	0.45	0.40	0.180	1.25	0.144	0.275	0.29887	0.0538	0.0265	Aman
15	Titik Kontrol 8-11	11.75	0.0002	0.013	persegi	0.28	0.30	0.084	0.88	0.095	0.209	0.22721	0.0191	0.0380	Meluber
16	Titik Kontrol 10J-11	36.61	0.0002	0.013	persegi	0.28	0.30	0.084	0.88	0.095	0.209	0.22721	0.0191	0.0169	Aman
17	Titik Kontrol 11-14	10.84	0.0002	0.013	persegi	0.60	0.50	0.300	1.6	0.188	0.328	0.35637	0.1069	0.0531	Aman

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.53 Perhitungan *Full Bank Capacity* (Lanjutan)

No	Nama Saluran	L (m)	I	n	Jenis Saluran	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	R ^{2/3} (m)	V (m/det)	Q _{full bank} (m ³ /det)	Q _{rencana} (m ³ /det)	Kondisi
18	Titik Kontrol 15-14	27.10	0.0001	0.013	persegi	0.57	0.56	0.319	1.69	0.189	0.329	0.29186	0.0932	0.0917	Aman
19	Titik Kontrol 14-13	21.66	0.0003	0.013	persegi	0.48	0.24	0.115	0.96	0.120	0.243	0.30624	0.0353	0.0490	Meluber
20	Titik Kontrol 12D-12C	21.66	0.0002	0.013	persegi	0.48	0.24	0.115	0.96	0.120	0.243	0.26466	0.0305	0.0109	Aman
21	Titik Kontrol 12C-12B	27.85	0.0002	0.013	persegi	0.48	0.38	0.182	1.24	0.147	0.279	0.30314	0.0553	0.0094	Aman
22	Titik Kontrol 12B-12A	27.76	0.0002	0.013	persegi	0.46	0.46	0.212	1.38	0.153	0.286	0.31165	0.0659	0.0181	Aman
23	Titik Kontrol 16Q-16	50.46	0.0003	0.013	persegi	0.32	0.46	0.1472	1.24	0.11871	0.24154	0.29592	0.0436	0.0388	Aman
24	Titik Kontrol 17-18	41.38	0.0002	0.015	persegi	0.80	0.60	0.48	2	0.24	0.3862	0.36411	0.1748	0.0350	Aman
25	Titik Kontrol 18-19	26,69	0.0002	0.015	Lingkaran		0.50	0.14	0.955	0.145	0.276	0.26022	0.0364	0.0308	Aman
26	Titik Kontrol 19-20	26.52	0.0002	0.015	persegi	1.85	0.65	1.2025	3.15	0.38175	0.52624	0.49614	0.5966	0.0302	Aman
27	Sal. Manyar Tirtomoyo II	251.14	0.0002	0.015	persegi	0.23	0.53	0.1219	1.29	0.0945	0.20746	0.1956	0.0238	0.1403	Meluber
28	Sal. Manyar Sabrangan IV (Airdas)	174	0.0002	0.015	persegi	0.80	1.00	0.8	2.8	0.28571	0.4338	0.40899	0.3272	0.2467	Aman
29	Sal. Menur (ITS IPIEMS PU)	224.46	0.0002	0.015	persegi	1.60	0.80	1.28	3.2	0.4	0.54288	0.51184	0.6551	0.3638	Aman
30	Titik Kontrol 23-24	27.65	0.0002	0.015	persegi	1.60	1.00	1.6	3.6	0.44444	0.58239	0.54908	0.8785	0.4494	Aman

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.2.3 Penanganan Genangan

Berdasarkan perhitungan yang didapatkan bahwa beberapa saluran Kuartet dan beberapa saluran tersier tidak mampu menampung debit air hujan yang tinggi.

Jadi dilakukan beberapa cara untuk mengatasi hal tersebut, seperti :

1. Meredesain ulang saluran Kuartet Kampus ITS Manyar dan beberapa saluran tersier yang tidak mampu menampung curah hujan rencana.
2. Mengevaluasi pompa yang terletak pada kolam tampung II.

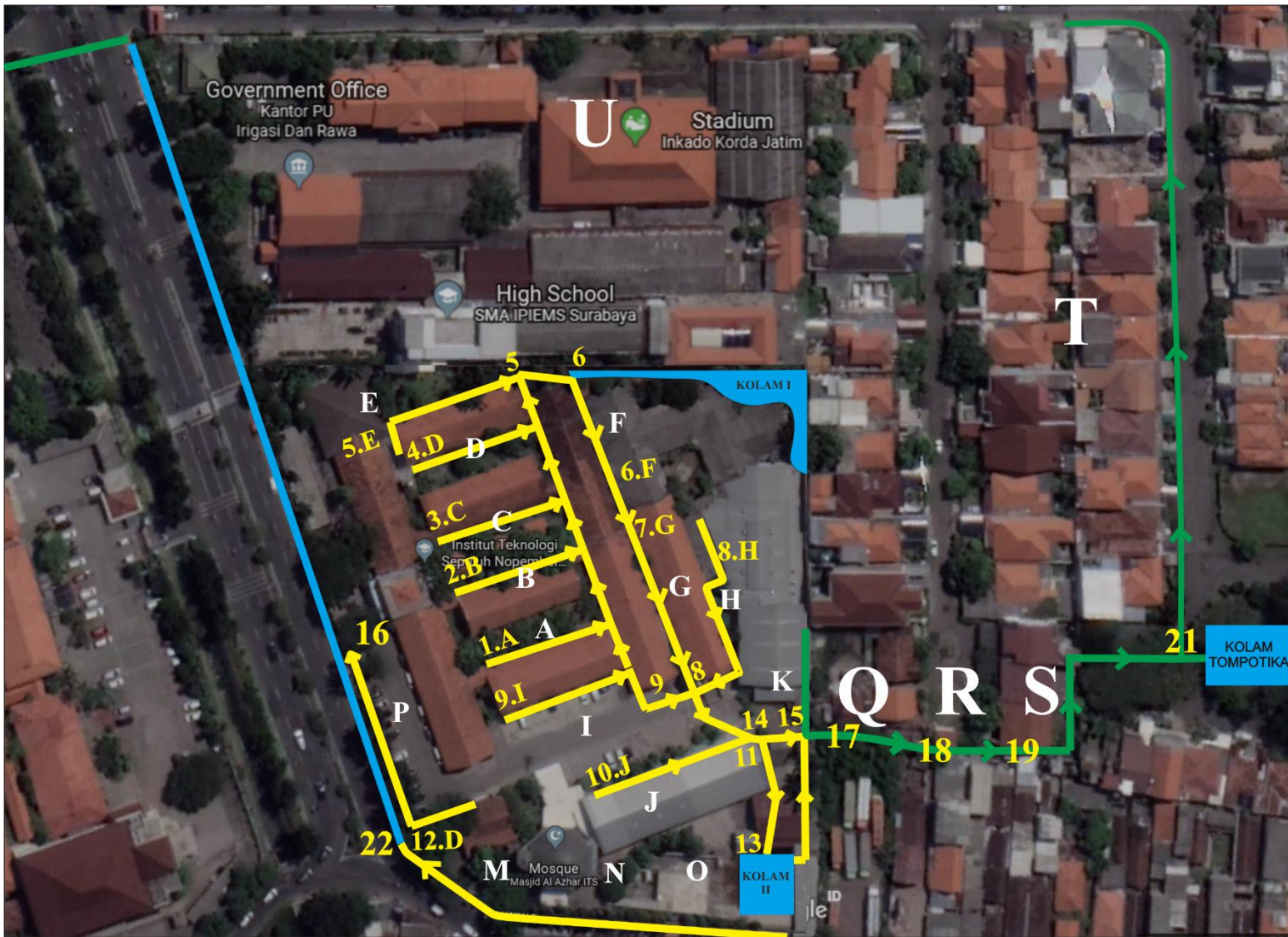
4.2.3.1 Perencanaan Ulang Dimensi Saluran dengan Cara Trial dan Error dengan Mempertimbangkan Lahan Eksisting

Berdasarkan perhitungan yang didapatkan bahwa saluran kuartet Kampus ITS Manyar dan beberapa saluran tersier tidak mampu menampung debit air hujan yang tinggi. Jadi dilakukan redesain.

Tabel 4.54 Perhitungan *Full Bank Capacity* lanjutan

No	Nama Saluran	L (m)	I	n	Jenis Saluran	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	R ^{2/3} (m)	V (m/det)	Q _{full bank} (m ³ /det)	Q _{rencana} (m ³ /det)	Kondisi
1	Titik Kontrol 8-11	11.75	0.0002	0.013	persegi	0.30	0.50	0.15	1.30	0.1154	0.2370	0.2578	0.0387	0.0380	Aman
2	Titik Kontrol 14-13	21.66	0.00027	0.013	persegi	0.50	0.50	0.25	1.50	0.1667	0.3029	0.3812	0.0953	0.0490	Aman
3	Sal. Manyar Tirtomoyo II	251.14	0.0002	0.015	persegi	0.5	1	0.5	2.5	0.2000	0.3420	0.3224	0.1612	0.1403	Aman

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 4.3 Skema jaringan rencana

4.3 Perhitungan Rasional

Perhitungan hidrograf dengan acuan Q puncak yang diambil dari Q rencana saluran titik kontrol 1-13 yang dapat dilihat pada tabel 4.55 sebagai berikut

Dengan :

$$Q \text{ puncak} = 0,078 \text{ m}^3/\text{detik (Tabel 4.52 Full bank capacity)}$$

$$T_c = 1,57 \text{ jam}$$

$$= 94,380 \text{ menit (} T_o + T_d \text{)}$$

$$T_o = 0,927 \text{ jam}$$

$$= 55,621 \text{ menit (Tabel 4.40 } T_c \text{ Maksimum)}$$

$$T_d = 0,646 \text{ jam}$$

$$= 38,759 \text{ menit (jumlah } T_f \text{ disaluran)}$$

$$2 \times T_c + T_d = 227,518 \text{ menit}$$

$$Q_t \text{ ke-90} = (t \text{ ke-90} / t \text{ puncak}) \times Q \text{ puncak}$$

$$= (90 / 94,380) \times 0,078$$

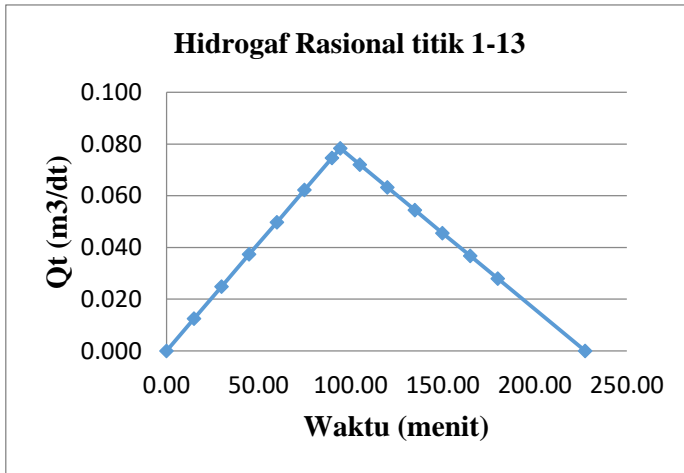
$$= 0,075$$

$$Q_t \text{ ke-105} = ((T_c - t \text{ ke-105}) / (2 \times T_c + T_d - T_c)) \times Q \text{ puncak}$$

$$= ((94,380 / 105,00) / (227,518 - 94,380)) \times 0,078$$

$$= 0,072$$

Hasil perhitungan hidrograf dapat dilihat pada tabel 4.55 disertai grafik seperti berikut :



Gambar 4.4 Grafik Hidrograf Rasional titik 1-6
Tabel 4.55 Perhitungan Hidrograf Rasional titik 1-13

NO	Waktu (menit)	Qt (m ³ /detik)
1	0.00	0.000
2	15.00	0.012
3	30.00	0.025
4	45.00	0.037
5	60.00	0.050
6	75.00	0.062
7	90.00	0.075
8	94.38	0.078
9	105.00	0.072
10	120.00	0.063
11	135.00	0.054
12	150.00	0.046
13	165.00	0.037
14	180.00	0.028
15	227.52	0.000

Perhitungan hidrograf dengan acuan Q puncak yang diambil dari Q rencana saluran titik kontrol 6-13 yang dapat dilihat pada tabel 4.56 sebagai berikut

Dengan :

$$Q \text{ puncak} = 0,035 \text{ m}^3/\text{detik (Tabel 4.52 Full bank capacity)}$$

$$T_c = 1,358 \text{ jam}$$

$$= 81,51 \text{ menit (To+Td)}$$

$$T_o = 0,770 \text{ jam}$$

$$= 46,20 \text{ menit (Tabel 4.40 } T_c \text{ Maksimum)}$$

$$T_d = 0,588 \text{ jam}$$

$$= 35,31 \text{ menit (jumlah } T_f \text{ disaluran)}$$

$$2 \times T_c + T_d = 198,321 \text{ menit}$$

$$Q_t \text{ ke-60} = (t \text{ ke-60} / t \text{ puncak}) \times Q \text{ puncak}$$

$$= (60 / 81,51) \times 0,035$$

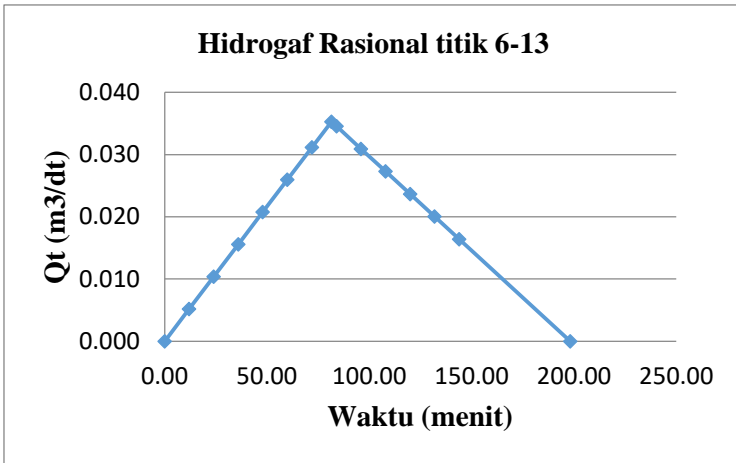
$$= 0,026$$

$$Q_t \text{ ke-96} = ((T_c - t \text{ ke-105}) / (2 \times T_c + T_d - T_c)) \times Q \text{ puncak}$$

$$= ((81,51 / 96,00) / (198,321 - 81,51)) \times 0,035$$

$$= 0,031$$

Hasil perhitungan hidrograf dapat dilihat pada tabel 4.56 disertai grafik seperti berikut :

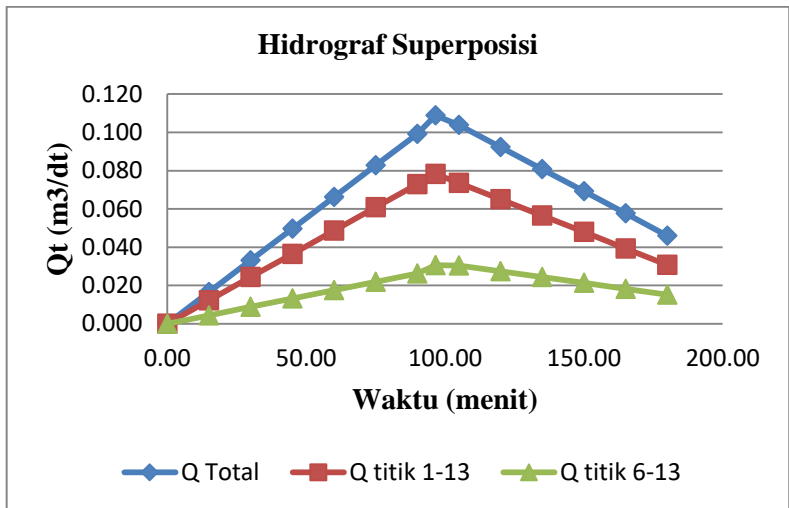


Gambar 4.5 Grafik Hidrograf Rasional titik 6-13

Tabel 4.56 Perhitungan Hidrograf titik 6-13

NO	Waktu (menit)	Q_t ($m^3/detik$)
1	0.00	0.000
2	12.00	0.005
3	24.00	0.010
4	36.00	0.016
5	48.00	0.021
6	60.00	0.026
7	72.00	0.031
8	81.51	0.035
9	84.00	0.035
10	96.00	0.031
11	108.00	0.027
12	120.00	0.024
13	132.00	0.020
14	144.00	0.016
15	198.32	0.000

Dapat dilihat pada gambar 4.2 gambar eksisting saluran (halaman 93) dan gambar 4.3 gambar jaringan rencana saluran.(halaman 120) Semula pada saluran 6.F-6 menuju kolam I berubah arah menjadi 6-8 dan kemudian menuju kolam II hal ini diakibatkan kolam I terjadi *backwater*. Pada kasus ini digunakan perhitungan hidrograf superposisi karena dalam saluran yang sama terjadi simpangan akibat dua buah aliran atau lebih yang merambat dalam satu medium yang sama dan pada saat yang sama, Perhitungan hidrograf superposisi dapat dilihat pada tabel 4.57



Gambar 4.6 Grafik Hidrograf

Tabel 4.57 Perhitungan Hidrograf superposisi

NO	Waktu (menit)	Qt titik 1-13 (m ³ /detik)	Qt titik 6-13 (m ³ /detik)	Qt titik total (m ³ /detik)
1	0.00	0.000	0.000	0.000
2	15.00	0.012	0.004	0.017
3	30.00	0.024	0.009	0.033
4	45.00	0.036	0.013	0.050
5	60.00	0.049	0.018	0.066
6	75.00	0.061	0.022	0.083
7	90.00	0.073	0.026	0.099
8	96.62	0.078	0.030	0.109
9	105.00	0.074	0.030	0.104
10	120.00	0.065	0.027	0.092
11	135.00	0.056	0.024	0.081
12	150.00	0.048	0.021	0.069
13	165.00	0.039	0.018	0.058
14	180.00	0.031	0.015	0.046
15	234.02	0.000	0.000	0.000

Perhitungan hidrograf dengan acuan Q puncak yang diambil dari Q rencana saluran titik control 17-23 yang dapat dilihat pada tabel 4.58 ssebagai berikut

Dengan :

Q puncak = 0,409 m³/detik (Tabel 4.52 Full bank capacity)

Tc = 1,414 jam
= 84,837 menit (To+Td)

To = 0,864jam
= 51,853 menit (Tabel 4.40 Tc Maksimum)

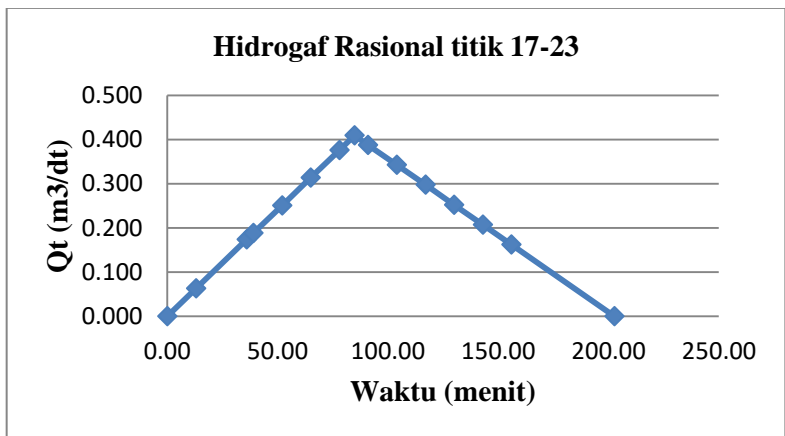
Td = 0,550 jam
= 32,984 menit (jumlah Tf disaluran)

2 x Tc+Td = 202,658 menit

$$\begin{aligned}
 Q_t \text{ ke-65} &= (t \text{ ke-65} / t \text{ puncak}) \times Q \text{ puncak} \\
 &= (65 / 84,84) \times 0,409 \\
 &= 0,313
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_t \text{ ke-130} &= ((T_c - t \text{ ke-130}) / (2 \times T_c + T_d - T_c)) \times Q \text{ puncak} \\
 &= ((84,837 / 130,00) / (202,658 - 84,837)) \times 0,409 \\
 &= 0,252
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan hidrograf dapat dilihat pada tabel 4.58 disertai grafik seperti berikut :



Gambar 4.7 Grafik Hidrograf Rasional titik 17-23

Tabel 4.58 Perhitungan Hidrograf Rasional titik 17-23

NO	Waktu (menit)	Qt (m ³ /detik)
1	0.00	0.000
2	13.00	0.063
3	36.00	0.174
4	39.00	0.188
5	52.00	0.251
6	65.00	0.313
7	78.00	0.376
8	84.84	0.409
9	91.00	0.388
10	104.00	0.342
11	117.00	0.297
12	130.00	0.252
13	143.00	0.207
14	156.00	0.162
15	202.66	0.000

Perhitungan hidrograf dengan acuan Q puncak yang diambil dari Q rencana saluran titik control 22-23 yang dapat dilihat pada tabel 4.60 sebagai berikut

Dengan :

Q puncak = 0,512 m³/detik (Tabel 4.52 Full bank capacity)

Tc = 0,348 jam
= 7,309 menit (To+Td)

To = 0,226 jam
= 46,20 menit (Tabel 4.40 T_c Maksimum)

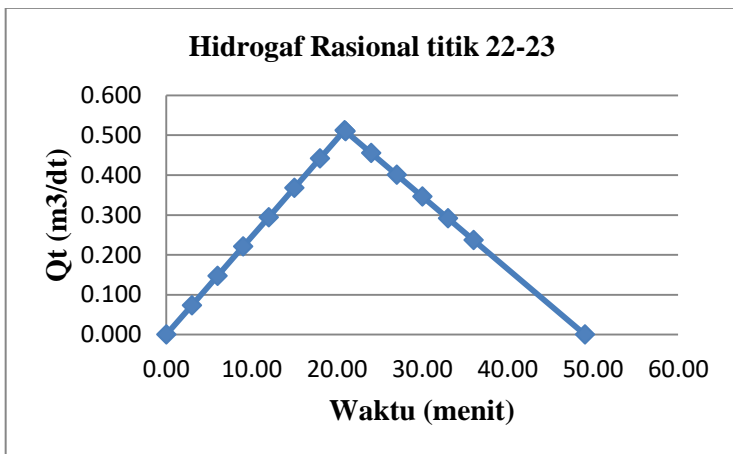
Td = 0,122 jam
= 13,565 menit (jumlah Tf disaluran)

2 x Tc+Td = 49,056 menit

$$\begin{aligned}
 Q_t \text{ ke-18} &= (t \text{ ke-18} / t \text{ puncak}) \times Q \text{ puncak} \\
 &= (18 / 20,874) \times 0,512 \\
 &= 0,441
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_t \text{ ke-24} &= ((T_c - t \text{ ke24}) / (2 \times T_c + T_d - T_c)) \times Q \text{ puncak} \\
 &= ((20,874 / 24,00) / (49,056 - 20,874)) \times 0,512 \\
 &= 0,455
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan hidrograf dapat dilihat pada tabel 4.63 disertai grafik seperti berikut :



Gambar 4.8 Grafik Hidrograf Rasional titik 22-23

Tabel 4.59 Perhitungan Hidrograf Rasional titik 22-23

NO	Waktu (menit)	Qt (m ³ /detik)
1	0.00	0.000
2	3.00	0.074
3	6.00	0.147
4	9.00	0.221
5	12.00	0.294
6	15.00	0.368
7	18.00	0.441
8	20.87	0.512
9	21.00	0.510
10	24.00	0.455
11	27.00	0.401
12	30.00	0.346
13	33.00	0.292
14	36.00	0.237
15	49.06	0.000

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4 Analisis Operasional Pompa Drainase

4.4.1 Kapasitas Kolam Tampung

Diketahui:

Dimensi kolam tampungan:

Panjang (p) = 18 m

Lebar (l) = 15 m

Luas (A) = 270 m

Tinggi (t) = 1 m (Yang digunakan)

Elv. dasar kolam = 2,05 m

Volume = p x l x t

= 18 m x 15 m x 1 m

= 270 m³

Berdasarkan perhitungan, kapasitas kolam tampung sebesar 270,00 m³, solusi yang digunakan untuk mengatasi banjir yang ada di daerah Kampus ITS Manyar adalah pengadaan pompa. Untuk penempatan pompa pada kolam menggunakan pompa dengan kapasitas 0,05 m³/det 1 buah yang kemudian akan di alirkan menuju saluran Tersier Menur yang berada di depan kampus ITS manyar sampai dengan depan Kantor PU.

Spesifikasi Pompa Yang Digunakan

Model	: YANMAR YEP-6
Dimensi (p x l x t) mm	: 1195 X 955 X 950
Berat Pompa	: 275 Kg

Pompa

Pompa Tipe	: self priming
Diameter	: 6 inchi
Kapasitas	: 2800 l/min = 0,05 m ³ /det
Putaran pompa	: 1600 rpm
Daya hisap	: 5.5 meter
Daya angkat max.	: 9.5 meter

Penggerak :

Model	: TF115MH-di
Volume langkah sistem pembakaran	: 638 cc
Daya kontinyu	: 10,5 HP/2400 rpm
Daya maksimum	: 11,5 HP/2400 rpm
Sistem pendinginan	: Hopper
Isi tangki bahan bakar	: 11 liter
Minyak pelumas	: 2.8 liter
Air pendingin	: 12 liter
Sistem penyalaan	: Manual (engkol)

4.4.2 Perhitungan Kapasitas Pompa

$$t = 15,00$$

$$\Delta t = 900 \text{ detik}$$

$$Q_{10} = 0,018 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (Tabel 4.57 Perhitungan Superposisi)}$$

$$V = Q_{10} \times \Delta t$$

$$= 0,018 \text{ m}^3/\text{detik} \times 900 \text{ detik}$$

$$= 7,94 \text{ m}^3$$

Karena Pompa belum dinyalakan maka volume pompa yang harus dikendalikan $7,94 \text{ m}^3$

$$t = 45,00$$

$$\Delta t = (t_4 - t_3) \times 60$$

$$= (45,00 - 35,00) \times 60$$

$$= 900 \text{ detik}$$

$$Q_{10} = 0,053 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (Tabel 4.57 Perhitungan Superposisi)}$$

$$V \text{ inflow} = Q_{10} \times \Delta t$$

$$= 0,018 \text{ m}^3/\text{detik} \times 900 \text{ detik}$$

$$= 7,94 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol.Kumulatif} = \text{Vol.Kumulatif 3} + \text{Volume Inflow 4}$$

$$= 31,76 \text{ m}^3 + 39,69 \text{ m}^3$$

$$= 71,45 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ pompa} = 0,05 \text{ m}^3/\text{det} \text{ (Dari spesifikasi pompa)}$$

$$V_{\text{pompa}} = Q_{\text{pompa}} \times \Delta t$$

$$= 0,05 \text{ m}^3/\text{det} \times 900 \text{ detik}$$

$$= 45,00 \text{ m}^3$$

$$V.\text{dikendalikan} = \text{Vol.Kumul Inflow 4} - \text{Vol.Kumul Outflow 4}$$

$$= 71,45 \text{ m}^3 - 45,00 \text{ m}^3$$

$$= 26,45 \text{ m}^3$$

Menghitung Tinggi Muka Air pada kolam tampung

Diketahui

Panjang (p) = 18 m

Lebar (l) = 15 m

Luas (A) = 270 m²

Elv. dasar klep = 3,05 m

$$h = \frac{v}{a}$$

$$h = \frac{26,45 \text{ m}^3}{270 \text{ m}^2}$$

$$h = 0,10 \text{ m}$$

jadi Elv. untuk volume yang dikendalikan 26,45 adalah

$$\begin{aligned} \text{Elv. V } 24,45 &= \text{Elv. dasar klep} + h \\ &= 3,05 \text{ m} + 0,10 \text{ m} \\ &= 3,15 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.60 Perhitungan Kapasitas Pompa

t	Δt	Volume Inflow			Volume Outflow			Deposit Volume tampungan	h	Elevasi
		Q_{10}	Volume	Vol. Komulatif	Q pompa	Volume	Vol. Komulatif			
(menit)	(detik)	(m ³ /det)	(m ³)	(m ³)	(m ³ /det)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)	(m)
0.00	0	0.000	0	0	0	0	0	0		
15.00	900	0.018	7.94	7.94		0.00	0.00	7.94	0.03	0,0
30.00	900	0.035	23.82	31.76		0.00	0.00	31.76	0.12	3.17
45.00	900	0.053	39.69	71.45	0.05	45.00	45.00	26.45	0.10	3.15
60.00	900	0.071	55.57	127.02	0.05	45.00	90.00	37.02	0.14	3.18
75.00	900	0.088	71.45	198.47	0.05	45.00	135.00	63.47	0.24	3.29
90.00	900	0.106	87.33	285.80	0.05	45.00	180.00	105.80	0.39	3.44
96.62	263	0.114	28.83	314.64	0.05	13.14	193.14	121.50	0.45	3.50
105.00	637	0.107	70.16	384.79	0.05	31.86	225.00	159.79	0.59	3.64

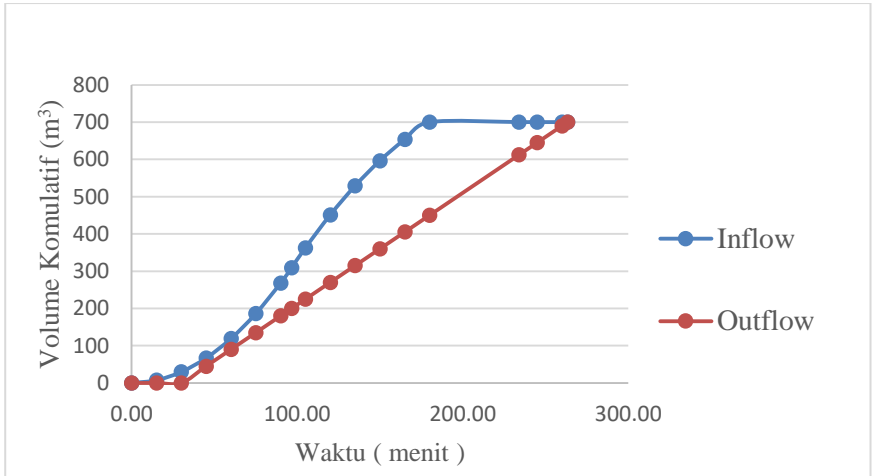
(sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4.61 Perhitungan Kapasitas Pompa (Lanjutan)

t	Δt	Volume Inflow			Volume Outflow			Deposit Volume tampung	h	Elevasi
		Q10	Volume	Vol. Komulatif	Q pompa	Volume	Vol. Komulatif			
(menit)	(detik)	(m ³ /det)	(m ³)	(m ³)	(m ³ /det)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m)	(m)
120,00	900	0.094	90.34	475.13	0.05	45.00	270.00	205.13	0.76	3.81
135,00	900	0.082	79.14	554.27	0.05	45.00	315.00	239.27	0.89	3.94
150,00	900	0.069	67.93	622.20	0.05	45.00	360.00	262.20	0.97	4.02
165,00	900	0.057	56.73	678.93	0.05	45.00	405.00	273.93	1.01	4.06
180,00	900	0.044	45.53	724.46	0.05	45.00	450.00	274.46	1.02	4.07
234,02	2851	0.000	0.00	724.46	0.05	142.55	592.55	131.90	0.49	3.54
245,00	1049	0.000	0.00	724.46	0.05	52.45	645.00	79.46	0.29	3.34
260,00	900	0.000	0.00	724.46	0.05	45.00	690.00	34.46	0.13	3.18
263,37	202	0.000	0.00	724.46	0.05	10.10	700.10	24.36	0.09	3,05

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4.3 Perhitungan Operasional Pompa

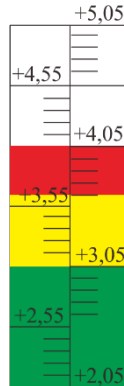


Gambar 4.9 Grafik Pengoperasian Pompa

Rencana pengoperasian pompa air pada kolam tampung :

1. Menggunakan 1 pompa air dengan kapasitas $0,05 \text{ m}^3 / \text{detik}$
2. Pada menit ke-45,00 pompa dinyalakan dengan kapasitas $0,05 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan dimatikan pada menit lebih dari 263,37
3. Didapatkan volume kapasitas yang dibutuhkan sebesar $138,94 \text{ m}^3$ sedangkan kapasitas tampungan yang ada sebesar $270,00 \text{ m}^3$, maka tampungan yang ada dapat menampung dengan aman.

Desain alat ukur *Pile Scale* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.10 *Pile Scale* Pompa

Petunjuk operasional pompa drainase:

1. Operator siaga di rumah pompa saat akan terjadi hujan
2. Operator mengamati muka air pada kolam tampungan dengan pedoman *pile scale*
3. Operator menjalankan pompa drainase pada saat tinggi muka air pada kolam tampungan mencapai 3,05 m dilihat pada *pile scale*
4. Operaator mematikan pompa drainase pada saat tinggi muka air pada kolam tampung kembali ke elevasi 3,05 m dilihat pada *pile scale*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengerjaan tugas akhir ini diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan curah hujan rencana diperoleh periode ulang 2 tahun sebesar 97,42 mm, periode ulang 5 tahun sebesar 110,42 mm, dan periode ulang 10 tahun sebesar 115,92 mm.
2. Pada perhitungan analisa hidraulika dan hidrologi didapatkan debit fullbank saluran 8-11 sebesar 0,0191 m³/detik lebih kecil daripada debit rencananya sebesar 0,0380 m³/detik, debit fullbank saluran 14-13 sebesar 0,0305 m³/detik lebih kecil daripada debit rencananya sebesar 0,0488 m³/detik serta pada luar wilayah kampus yakni pada saluran Manyar Tirtomoyo II sebesar 0,0238 m³/detik lebih kecil daripada debit rencananya sebesar 0,1403 m³/detik pada saluran Manyar Tirtomoyo II didapatkan bahwa saluran tersebut tidak dapat menampung debit hujan maka tidak dimungkinkan lagi kolam tampung II untuk membuang ke belakang
3. Solusi yang digunakan untuk mengendalikan banjir yang ada di wilayah Kampus ITS Manyar adalah redesain saluran untuk saluran Titik Kontrol 8-11,14-13 dan pengadaan pompa untuk kolam tampung yang rencana outflownya di buang ke saluran tersier menur yang mempunyai daya tampung yang lebih besar daripada saluran yang ada dibelakang kampus, saluran tersier menur mempunyai debit fullbank sebesar 0,6551 m³/det
4. Berdasarkan hasil analisis perlu 1 buah pompa dengan kapasitas 0,05 m³/detik untuk kolam tampung tersebut.

5.2 Saran

Diharapkan dilakukan pemeliharaan secara rutin terutama pada bagian yang rawan banjir dan kolam tampung pompa seperti pembersihan untuk menanggulangi terjadinya banjir. Juga dibutuhkan kesadaran civitas kampus akan kebersihan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Data PSAW*. (2018). Surabaya: DPU Pengairan Jawa Timur.
- Imam Subarkah. (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Soemarto. (1987). *Hidrolika Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi (Aplikasi Metode statistik untuk analisa Data)* (jilid 1). Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Triatmojo, B. (2010a). *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta offset.
- Triatmojo, B. (2010b). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta offset.

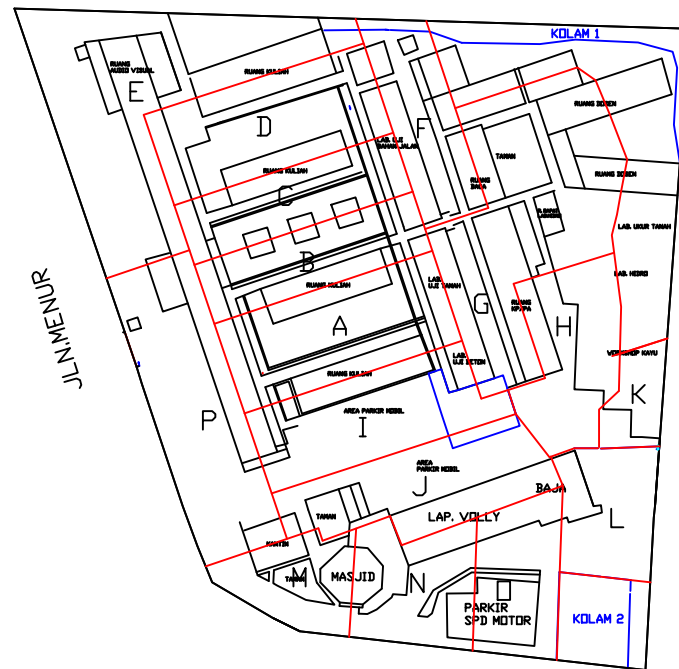
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

IPIEM



KETERANGAN

Skala
 1:10.000

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar peta lokasi dalam kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
 NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

Tommy Arya Gumilar
 (101 11400000 151)
 Rizulfi Kurniawan Santoso
 (101 11400000 164)

HALAMAN

1

JUMLAH

12



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala
1:10.000

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar catchment area dalam
kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

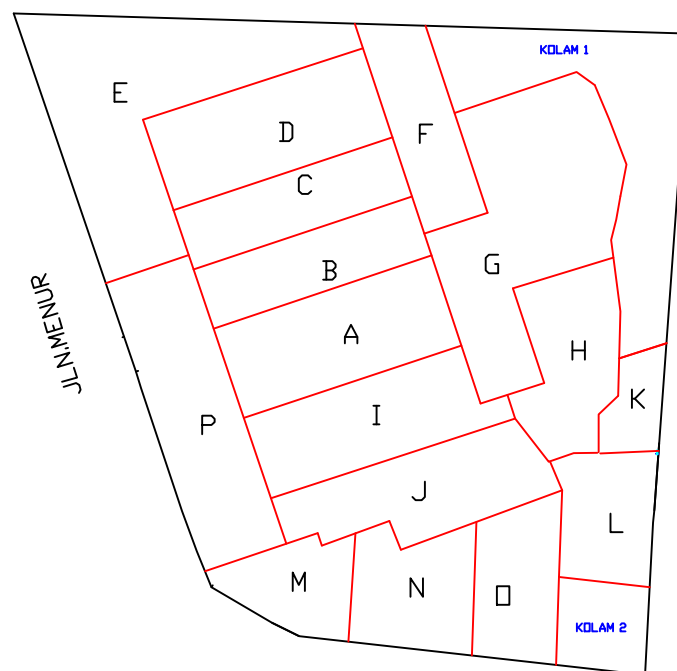
Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN	JUMLAH
---------	--------

2

12

IPIEM





PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala
1:10.000

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar titik kontrol dalam
kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)

Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

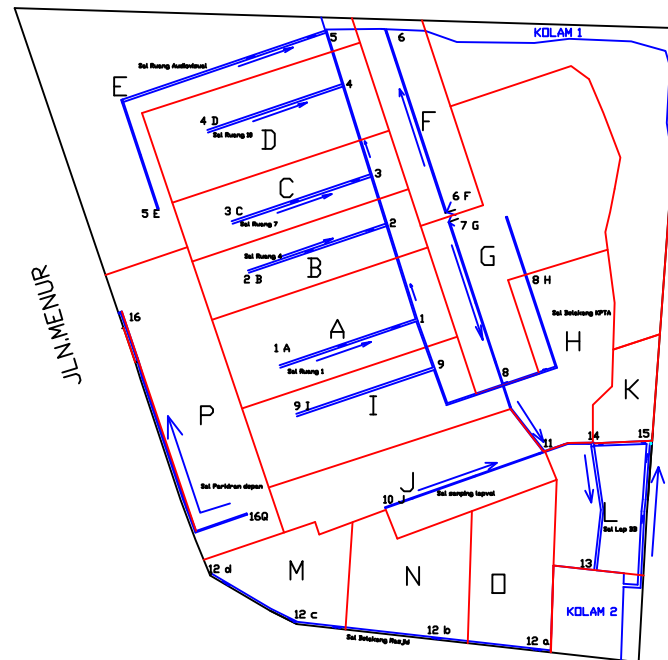
HALAMAN

JUMLAH

3

12

IPIEM





PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala
1:10.000

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar catchment area dan titik kontrol luar kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

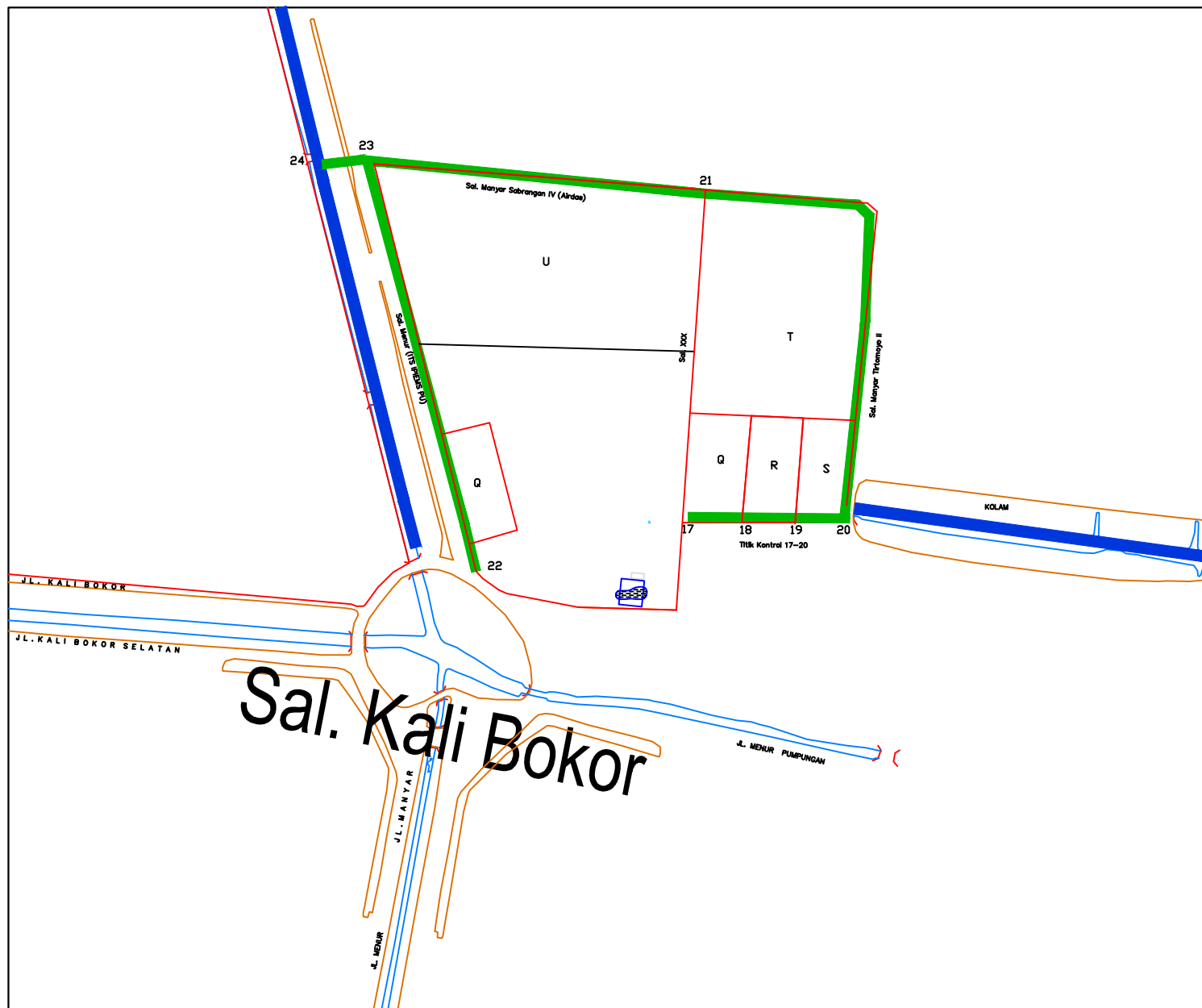
Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

4

JUMLAH

12





PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar skema jaringan eksisting

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

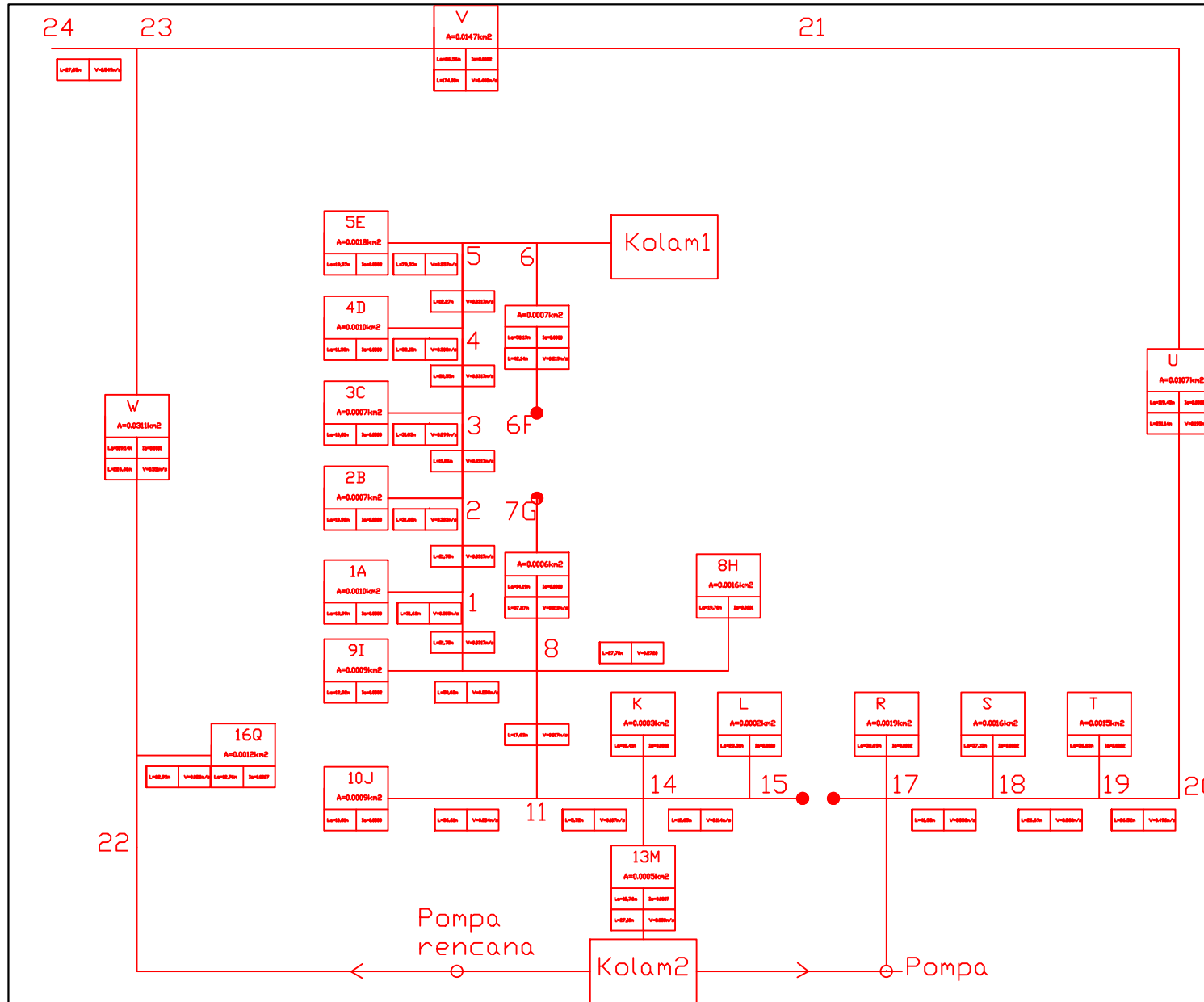
Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

5

JUMLAH

12





PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar eksisting Saluran Drainase
dalam kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

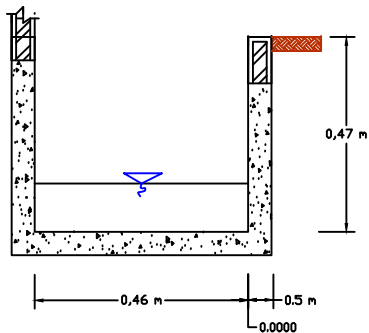
Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

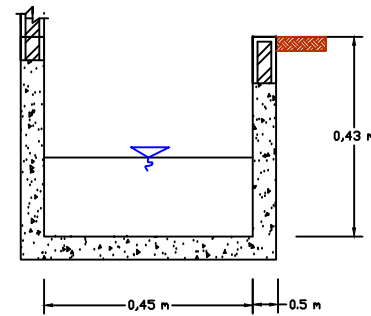
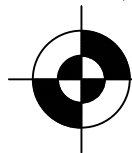
JUMLAH

6

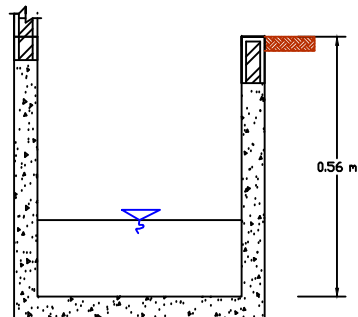
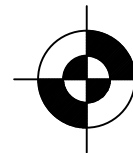
12



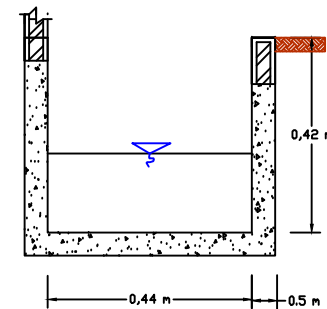
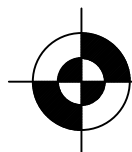
SKETSA ALURAN 1A-1



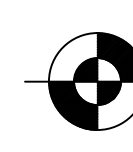
SKETSA ALURAN 2B-B



SKETSA ALURAN 1-5



SKETSA ALURAN 3C-C





PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar eksisting Saluran Drainase
dalam kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

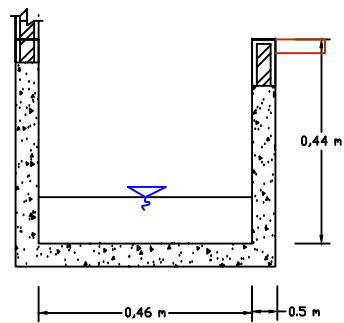
Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

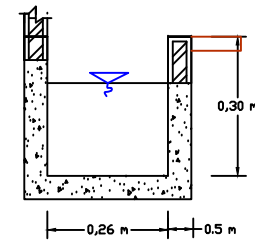
7

JUMLAH

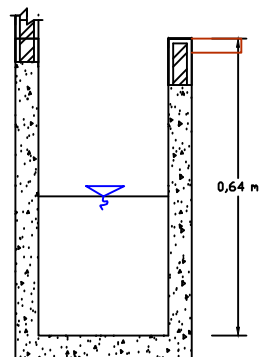
12



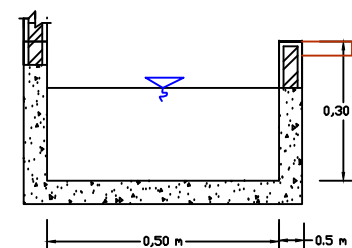
SKETSA ALURAN 4D-4



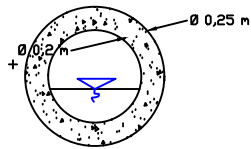
SKETSA ALURAN 6F-6



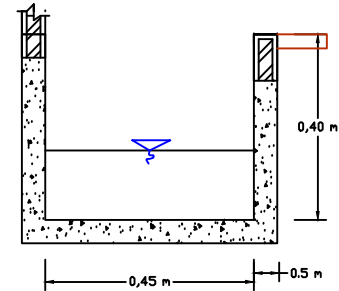
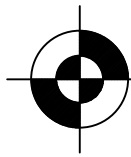
SKETSA ALURAN 5E-5



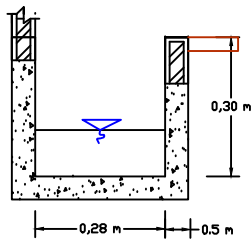
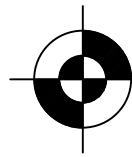
SKETSA ALURAN 7G-8



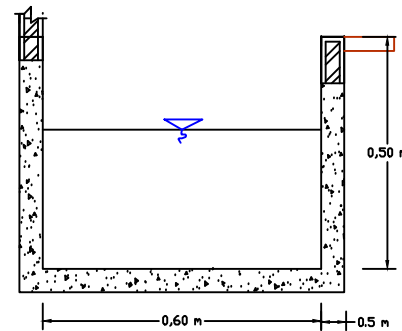
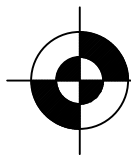
SKETSA ALURAN 8H-8



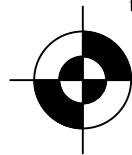
SKETSA ALURAN 9.I-8



SKETSA ALURAN 1-11



SKETSA ALURAN 11-14



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar eksisting Saluran Drainase
dalam kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

JUMLAH

8

12



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar eksisting Saluran Drainase
dalam kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

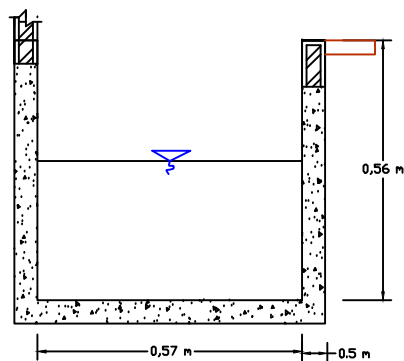
Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

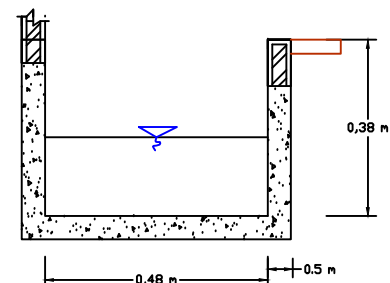
JUMLAH

9

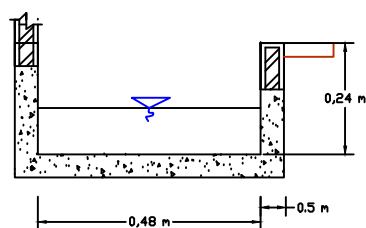
12



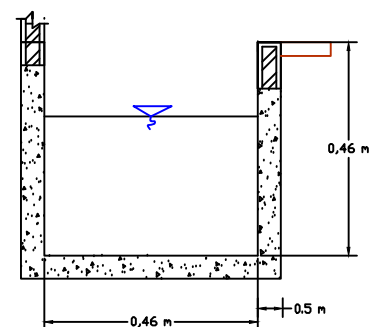
SKETSA ALURAN 15-14



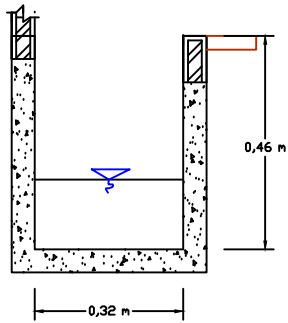
SKETSA ALURAN 12.C-12 B



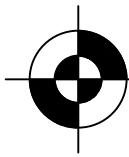
SKETSA ALURAN 14-13



SKETSA ALURAN 12.B-12 A



SKETSA ALURAN 16.Q- 16



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar eksisting Saluran Drainase
dalam kampus

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN	JUMLAH
---------	--------

10	12
----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar eksisting Saluran Drainase
redesain

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

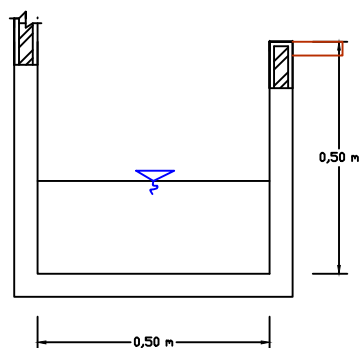
NAMA MAHASISWA

Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

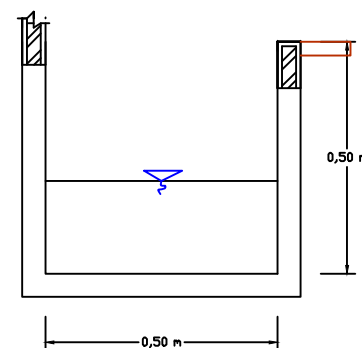
HALAMAN JUMLAH

11

12



SKETSA ALURAN 14-13



SKETSA ALURAN 8-11



PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

KETERANGAN

Skala 1:10

TUGAS

DRAINASE

NAMA GAMBAR

Gambar Pompa kolam tampung II

DOSEN

Siti Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP 19771231 200604 2 001

NAMA MAHASISWA

Tommy Arya Gumilar
(101 11400000 151)
Rizulfi Kurniawan Santoso
(101 11400000 164)

HALAMAN

12

JUMLAH

12

