TUGAS AKHIR – RC141501

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA INTERNASIONAL ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

GALIH IMAN RAKHMAD DWIARSO

NRP 3115105023

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar , M.Sc

NIP. 195401131980101001

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknk Sipil Lingkungan dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

TUGAS AKHIR – RC141501

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA INTERNASIONAL ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

GALIH IMAN RAKHMAD DWIARSO
NRP 3115105023

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

FINAL PROJECT – RC141501

DRAINAGE SYSTEM RE-PLANNING IN ADISUCIPTO INTERNATIONAL AIRPORT DUE TO AIRPORT DEVELOPMENT

GALIH IMAN RAKHMAD DWIARSO
NRP 3115105023

Supervisor :
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty Of Civil Engineering, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA INTERNASIONAL ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

GALIH IMAN RAKHMAD DWIARSO
NRP. 3115 105 023

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.....(Pembimbing I)

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

SURABAYA,
JANUARI, 2018

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA INTERNASIONAL ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

Nama Mahasiswa	**:Galih Iman Rakhmad Dwiarso**
NRP	**: 3115105023**
Departemen	**: Teknik Sipil FTSLK-ITS**
Dosen Pembimbing	**: Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.**

Abstrak

Bandar Udara Internasional Adisucipto merupakan Bandar udara yang terletak di Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Bandar Udara Internasional Adisucipto melayani penerbangan ke berbagai daerah, baik di dalam maupun luar negeri, seiring dengan meningkatnya pembangunan dan perkembangan ekonomi di Yogyakarta, Bandara Internasional Adisucipto merupakan bandar udara yang perlu ditingkatkan kapasitasnya agar dapat mengatasi kepadatan penumpang.

Proyek pengembangan Bandara Adisucipto untuk perluasan wilayah bandara yang dilakukan yaitu pembangunan *Apron* dan *Taxiway*. Dengan adanya perkembangan wilayah bandara, maka adanya perubahan dari daerah resapan air menjadi bangunan, sehingga koefisien resapan akan berubah.

Untuk meminimalisir permasalahan tersebut, perlu dilakukan perencanaan sistem drainase yang mampu mengamankan Kawasan Bandara Adisucipto dari kemungkinan genangan banjir. Penataan sistem drainase ini berupa perencanaan pembuangan akhir untuk debit limpasan dari wilayah bandara dan pemilihan alternatif yang paling efektif dan efisien untuk mengalirkan limpasan tersebut

Analisa yang dilakukan pada Tugas Akhir ini meliputi analisa hidrologi, analisa hidrolika. Analisa Hidrologi memperrhitungkan curah hujan rencana dengan distribusi Log Person Type III periode ulang sepuluh tahun, serta perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional. Untuk

perhitungan analisa hidrolika dilakukan untuk mengetahui kapasitas eksisting penampang saluran.

Berdasarkan analisa perhitungan diperoleh hasil beberapa debit saluran yaitu saluran A.1 – A = 0.145 m^3/dt, B.1 – B = 0.349 m^3/dt, C.1 – C = 0.369 m^3/dt, D.1 – D = 0.529 m^3/dt, E.1 –E = 0.906 m^3/dt, F.1 – F = 2.591 m^3/dt, G.1 – G = 1.579 m^3/dt, H.1 – H = 3.615 m^3/dt

Kata Kunci : Drainase, Bandara, Hidrologi, Hidrolika

DRAINAGE SYSTEM RE-PLANNING IN ADISUCIPTO INTERNATIONAL AIRPORT DUE TO AIRPORT DEVELOPMENT

Student Name : **Galih Iman Rakhmad Dwiarso**
Student ID : **3115105023**
Department : **Civil Engineering FTSP-ITS**
Consellor Lecturer : **Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar,M.Sc**

Abstract

Adisucipto International Airport is an airport located in Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Adisucipto International Airport serves flights to various regions, both domestically and internationally, along with the increasing development and economic growth in Yogyakarta, Adisucipto International Airport is an airport which requires capacity upgrade in order to overcome the density of passengers.

Adisucipto Airport development project for airport expansion is done by building Apron and Taxiway. With the development of the airport area, with the development of the airport area, then the catchment area will be turned into building which will cause the catchment coefficient to change.

To minimize the problem, it is necessary to plan drainage system capable of securing Adisucipto Airport Area from possible flooding. The drainage system structure is in the form of final disposal plan for runoff discharge from the airport area and selection of the most effective and efficient alternative to drain the runoff.

The analysis conducted on this Final Project includes hydrological analysis, hydraulics analysis. The hydrological analysis takes rainfall into account by using Log Person Type III distribution with ten-year return period, as well as the calculation of flood discharge plans using rational methods. For hydraulic analysis calculation, it is done to know the existing capacity of channel cross section.

Based on the calculation analysis, the result of channel peak are channel A.1 – A = 0.145 m^3/dt, B.1 – B = 0.349 m^3/dt, C.1 – C = 0.369 m^3/dt, D.1 – D = 0.529 m^3/dt, E.1 –E = 0.906 m^3/dt, F.1 – F = 2.591 m^3/dt, G.1 – G = 1.579 m^3/dt, H.1 – H = 3.615 m^3/dt

Keywords: Drainage, Airport, Hydrology, Hydraulics

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "**Perencanaan Sistem Drainase Bandara Internasional Adisucipto Akibat Pengembangan Bandara**".

Adapun penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat penyusunan Tugas Akhir pada Jurusan S1 Lintas Jalur Teknik Sipil, Fakutas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Saya menyadari akan ada kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya harapkan bimbingan dan arahan dari berbagai pihak demi hasil yang lebih baik.

Akhir kata saya ucapkan terima kasih dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan kepada saya. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi saya dan umumnya bagi pembaca.

Surabaya, 11 Januari 2018

Penulis

“Halama ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

..... Error! Bookmark not defined.

Abstrak..... i

KATA PENGANTAR..... v

DAFTAR ISI..... vii

DAFTAR GAMBAR..... xi

DAFTAR TABEL xiii

BAB I..... 1

PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah..... 2

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Tujuan Tugas Akhir..... 3

1.5 Manfaat Tugas Akhir..... 4

1.6 Lokasi Tugas Akhir..... 4

BAB II 7

TINJAUAN PUSTAKA..... 7

2.1 Penentuan Hujan Kawasan 7

2.1.1 Metode Rerata Aritmetik (Aljabar)..... 7

2.1.2 Metode Thiessen 8

2.2 Analisis Distribusi Frekuensi 10

2.3 Distribusi Probabilitas Kontinu..... 11

2.3.1 Distribusi Normal..... 11

2.3.2 Distribusi Log Normal 12

2.3.3 Distribusi Log-Person III 13

2.3.4 Distribusi Gumbel..... 15

2.4 Uji Kecocokan Sebaran Data 19

2.4.1 Chi-Kuadrat..... 19

2.4.2 Smirnov-Kolmogorov 21
2.5 Perhitungan Intensitas Hujan 22
2.6 Perhitungan Waktu Konsentrasi 22
2.6.1 Overland flow time (to) 23
2.6.2 Channel flow time (tf)..... 24
2.7 Perhitungan Koefisien Pengaliran 24
2.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana 26
2.9 Perhitungan Dimensi Saluran 26
2.10 Perhitungan Kecepatan Aliran..... 26
2.11 Bentuk Saluran 28
2.12 Pengaruh Air Balik (*Back Water)*..... 29
2.13 Kolam Tampung 30

BAB III..... 33

METODOLOGI 33
3.1 Tahap Persiapan..... 33
3.2 Tahap Analisa 33
3.2.1 Penentuan Jaringan Drainase Aliran 33
3.2.2 Penentuan Luas Pelayanan dan Koefisien Pengaliran 34
3.2.3 Penentuan Hujan Rencana 34
3.2.4 Penentuan Debit Limpasan dari Wilayah Pengembangan..... 34
3.2.5 Penentuan Dimensi Saluran 34
3.2.6 Kontrol Luapan Outflow..... 34
3.2.7 Fasilitas Drainase 35
3.3 Kesimpulan 35
3.4 Flowchart 35

BAB IV..... 37

ANALISA DAN PERHITUNGAN..... 37
4.1 Analisia Hidrologi 37
4.1.1 Analisa Curah Hujan Rata-rata..... 37
4.1.2 Analisa Frekuensi..... 37
4.1.3 Uji Kecocokan Probabilitas 40
4.2 Analisa Debit Banjir Rencana..... 46

4.2.1 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) 46
4.2.2 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)..... 49
4.2.3 Intensitas Hujan Rencana (I)..... 59
4.2.4 Perhitungan Debit Banjir Rencana..... 62
4.2 Analisa Hidrolika 65
4.3.1. Kapasitas Saluran..... 66
4.3 Analisa Kemampuan Penampang Sungai..... 73
4.4.1 Analisa Curah Hujan Rata-rata 73
4.4.2 Analisa Frekuensi..... 73
4.4.3 Uji Kecocokan Probabilitas 77
4.4.4 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C) 81
4.4.5 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)..... 82
4.4.6 Intensitas Hujan Rencana (I)..... 83
4.4.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana..... 83
4.5 Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana 84
4.6 Analisa elevasi saluran drainase terhadap saluran pembuang 87
4.7 Perencanaan Gorong-gorong 88

BAB V 93

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

DAFTAR PUSTAKA..... 95

“Halama ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta DAS Kali Kuning dan Kali Sembung 5
Gambar 1. 2 Peta lokasi Bandara Internasional Adisucipto Sleman DI Yogyakarta.....6
Gambar 1. 3 Pengembangan Bandara Adisucipto 6

Gambar 2. 1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode 8
Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon Thiessen..... 9
Gambar 2. 3 Saluran Persegi..... 28
Gambar 2. 4 Saluran Trapesium 29
Gambar 2. 5 Pengaruh Back Water..... 30
Gambar 2. 6 Hidrograf..... 31

Gambar 3 Metedologi……...……...….36

Gambar 4. 1 Perhitungan to 49
Gambar 4. 2 Perhitungan tf..... 50
Gambar 4. 3 Pemilihan tc..... 52
Gambar 4. 4 Saluran Trapesium 67
Gambar 4. 5 saluran segi empat..... 69
Gambar 4. 6 Denah Saluran Kali Kuning 85

“Halama ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan Pemilihan Jenis Distribusi/Sebaran Frekuensi.....11
Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss.....12
Tabel 2. 3 Nilai KT untuk Distribusi Log-Person III.....13
Tabel 2. 4 Reduced mean (Yn) 17
Tabel 2. 5 Reduced standard deviation (Sn) 17
Tabel 2. 6 Reduced variate (YTr) 19
Tabel 2. 7 Interpretasi hasil Tes Chi-kuadrat (X^2).....20
Tabel 2. 8 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov 21
Tabel 2. 9 Kecepatan Aliran rata-rata untuk Saluran Alam 24
Tabel 2. 10 Koefisien Aliran Untuk Metode Rasional 25
Tabel 2. 11 Nilai Koefisien Manning 27

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum 37
Tabel 4. 2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Normal 38
Tabel 4. 3 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Log 39
Tabel 4. 4 Pemilihan Distribusi 40
Tabel 4. 5 Perhitungan x2Chi Kuadrat Log Pearson III .. 42
Tabel 4. 6 Perhitungan Smirnov Kolmogorov..... 44
Tabel 4. 7 Nilai K untuk Log Pearson III 45
Tabel 4. 8 Perhitungan Koefisien Pengaliran 47
Tabel 4. 9 Perhitungan to..... 54
Tabel 4. 10 Perhitungan tc 57
Tabel 4. 11 Perhitungan intensitas hujan 60
Tabel 4. 12 Perhitungan debit banjir rencana 63
Tabel 4. 13 Perhitungan dimensi saluran..... 70
Tabel 4. 14 Data Curah Hujan Harian Maksimum 73
Tabel 4. 15 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Normal 74
Tabel 4. 16 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Log .. 75
Tabel 4. 17 Pemilihan Distribusi 76

Tabel 4. 18 Perhitungan x2Chi Kuadrat Log Pearson III 78
Tabel 4. 19 Perhitungan Smirnov Kolmogorov 80
Tabel 4. 20 Nilai K untuk Log Pearson III 81
Tabel 4. 21 Perbandingan debit rencana saluran pembuang 86
Tabel 4. 22 Rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau pada Kali Kuning..... 87
Tabel 4. 23 Perencanaan dimensi gorong-gorong..... 89
Tabel 4. 24 Kehilangan energi saat masuk gorong-gorong 90
Tabel 4. 25 Kehilangan energi yang terjadi sepanjang gorong-gorong..... 90
Tabel 4. 26 Kehilangan energi saat keluar gorong-gorong 91

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Bandar Udara Internasional Adisucipto merupakan Bandar udara yang terletak di Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Bandar Udara Internasional Adisucipto melayani penerbangan ke berbagai daerah, baik di dalam maupun luar negeri. Rencananya pada 2021 operasioanal Bandara Adisucipto akan dipindah ke Bandara Kulon Progo setelah diresmikan. Sebelum Bandara Kulon Progo diresmikan dan seiring dengan meningkatnya pembangunan dan perkembangan ekonomi di Yogyakarta. Bandara Adisucipto berbenah untuk mengatasi kepadatan penumpang sekitar 5 juta penumpang per tahun.

Saat ini bandara Adisucipto memiliki luas lahan sekitar 18 hektar. Proyek pengembangan Bandara Adisucipto yang dilakukan adalah pembangunan *Apron* untuk parking stand 2 pesawat seluas 8539 m^2 dan *Taxiway* yang akan dibangun yaitu 150 m x 23 m. sehingga ada penambahan luas lahan yang tidak boleh tergenang yaitu 11.989 m^2.

Dengan adanya perkembangan wilayah bandara, maka adanya perubahan dari daerah resapan air menjadi bangunan, sehingga koefisien resapan akan berubah. Untuk

meminimalisir permasalahan tersebut, perlu dilakukan perencanaan sistem drainase yang mampu mengamankan Kawasan Bandara Adisucipto dari kemungkinan genangan banjir. Tugas akhir ini bertujuan untuk meminimalisir gagalnya perencanaan sistem drainase yang akan membahayakan pesawat dan mengurangi umur perkerasan yang ada.

Pembuanganan drainase di buang ke kali kuning. Kali Kuning merupakan sungai yang berhulu di daerah Kaliurang Sleman Yogyakarta. Sungai tersebut berhilir di daerah Piyungan Bantul Yogyakarta sebagai sub DAS Kali Opak. Kali kuning mempunyai panjang ±31,68 Km dan mempunyai luas daerah aliran sungai ±135,58 km^2. Dibagian hilir terdapat pemukiman dan lahan pertanian sehingga debit limpasan dari sistem drainase bandara tidak boleh melebihi kapasitas saluran kali kuning. Detail informasi kali kuning ditampilkan pada Gambar 1.1

1.2 Perumusan Masalah

Dalam Tugas Akhir ini permasalahan yang akan dibahas adalah perencanaan drainase bandara yang ideal, setelah adanya pengembangan area Bandara Internasional Adisucipto, dimana detail permasalahannya adalah:

1 Berapa debit banjir rencana yang digunakan untuk merencanakan saluran drainase bandara?
2 Berapa kebutuhan dimensi saluran drainase Bandara Adisucipto?
3 Berapa dimensi gorong-gorong untuk saluran drainase yang terpotong taxiway?
4 Apaka sungai mampu menerima debit limpasan dari

saluran drainase bandara?

5 Berapa kebutuhan elevasi saluran drainase agar tidak terjadi backwater dari sungai?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini permasalahan dibatasi sampai dengan batasan- batasan sebagai berikut :

1 Data yang dipakai merupakan data sekunder meliputi data curah hujan, data topografi lokasi, data *site plan* bandara dan data penunjang seperti skema eksisting jaringan drainase.

2 Perencanaan dikhususkan pada sistem drainase mencakup sisi darat dan udara, meliputi *Apron, Taxiway* dan Terminal Bandara Internasional Adisucipto

3 Perhitungan hidrologi & hidrolika hanya untuk air hujan tidak mempertimbangkan limbah air kotor.

4 Tidak membahas perencanaan struktur saluran, perhitungan biaya, dan analisa kelayakan.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari perencanaan sistem drainase Bandara Internasional Adisucipto sleman yogyakarta yaitu :

1 Menghitung besar debit banjir rencana yang digunakan untuk merencanakan saluran drainase Bandara Adisucipto.

2 Menghitung kebutuhan dimensi saluran drainase Bandara Adisucipto yang mampu menampung debit banjir rencana.

3 Menghitung dimensi gorong-gorong untuk saluran drainse yang tepotong taxiway.

4 Menghitung besar pengaruh debit limpasan saluran drainase bandara terhadap sungai.
5 Menghitung tinggi elevasi saluran drainase bandara yang sesuai agar tidak terjadi backwater dari sungai.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari perencanaan sistem drainase Bandara Internasional Adisucipto yaitu:

1 Memberikan gambaran sistem drainase bandara dengan adanya pengembangan wilayah bandara.
2 Mempermudah pihak terkait dalam melakukan perencanaan ulang sistem drainase.
3 Sebagai refrensi bagi masyarakat umum, mahasiswa, pemerintah/instansi lain yang melaksanakan proyek serupa.

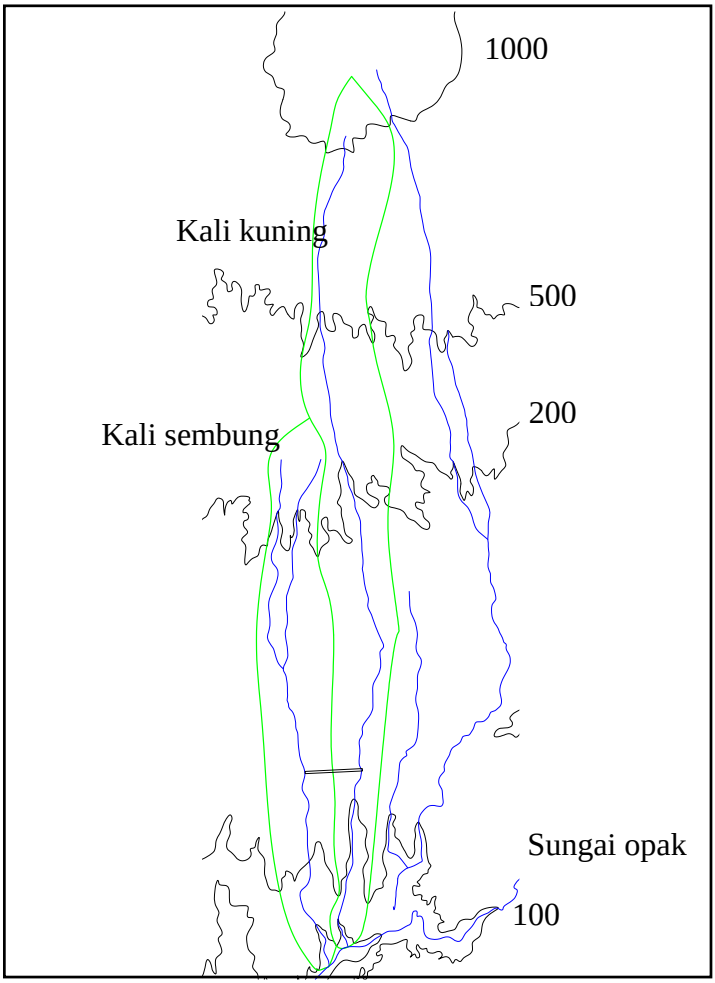
1.6 Lokasi Tugas Akhir

Lokasi wilayah studi terletak di wilayah Sleman DI Yogyakarta sekitar 9 km dari Yogyakarta antara 07° 47’ 12” Lintang Selatan dan 110° 25’ 55” Bujur Timur.

Secara geografis letak Bandara Adisucipto dibatasi oleh :

Sebelah utara : Kecamatan Depok, Kecamatan Kalasan
Sebelah timur : Kecamatan Brabah
Sebelah selatan : Kecamatan Brabah
Sebelah barat : Kecamatan Brabah

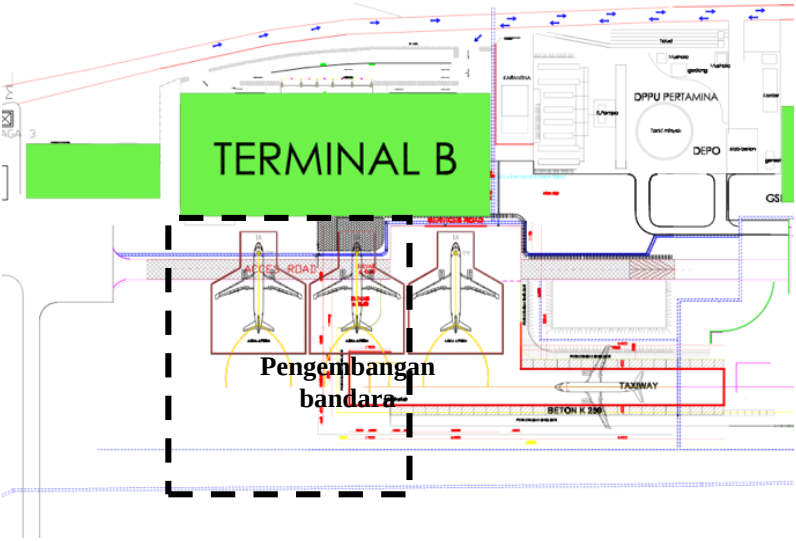
Detail informasi ditampilkan pada Gambar 1.2 berikut, dan untuk pengembangan bandara ditampilkan pada Gambar 1.3



Gambar 1. 1 Peta DAS Kali Kuning dan Kali Sembung

Gambar 1. 2 Peta lokasi Bandara Internasional Adisucipto Sleman DI Yogyakarta

(sumber: maps.google.com)



Gambar 1. 3 Pengembangan Bandara Adisucipto

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan Hujan Kawasan

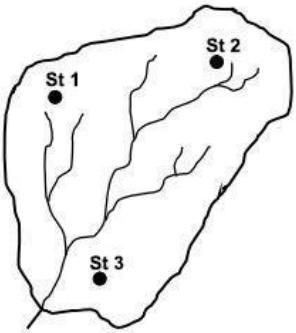
Stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengukuran tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukur yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun tidak sama.

Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan tiga metode berikut yaitu:

2.1.1 Metode Rerata Aritmetik (Aljabar)

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga masih bisa diperhitungkan.

Contoh pengukuran hujan rerata Aritmetik dengan beberapa stasiun hujan bisa di lihat seperti gambar 2.1



Gambar 2. 1 Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode

Metode rerata Aljabar memberikan hasil yang baik apabila:

- Stasiun tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relative merata pada seluruh DAS.

Hujan rerata pada seluruh DAS diberikan oleh bentuk berikut :

$$R = \frac{1}{n}(R1 + R2 + R3 + ... + Rn) \qquad (2.1)$$

Dengan:

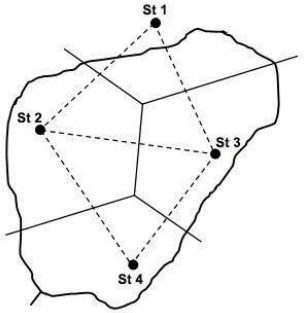
R	= Curah hujan rerata tahunan (mm)
n	= jumlah stasiun yang digunakan
$R_1 + R_2 + R_3 + R_n$	= Curah hujan rerata tahunan di tiap titik (mm)

2.1.2 Metode Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada

suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari setiap stasiun.

Contoh pengukuran hujan rerata Thiessen dengan beberapa stasiun hujan bisa di lihat seperti gambar 2.2



Gambar 2. 2 Pengukuran Tinggi Curah Hujan
Metode Poligon Thiessen

Metode Poligon Thiessen ini banyak digunakan untuk menghitung rerata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi Poligon Thiessen yang baru.

Perhitungan Polygon Thiessen adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1+A_2.R_2+\cdots+A_n.R_n}{A_1+A_2+\cdots+A_n} \quad (2.2)$$

Dengan:

$\bar{R}$ = Curah hujan rata – rata

R1,R2,Rn = Curah hujan pada stasiun 1,2,.....,n

A_1, A_2, A_n = Luas daerah pada polygon 1,2,…..,n

2.2 Analisis Distribusi Frekuensi

Penentuan jenis distribusi frekuensi digunakan untuk mengetahui suatu rangkaian data cocok untuk suatu sebaran tertentu dan tidak cocok untuk sebaran lain. Untuk mengetahui kecocokan terhadap suatu jenis sebaran tertentu, perlu dikaji terlebih dahulu ketentuan-ketentuan yang ada, yaitu meliputi:

1. Menghitung parameter-parameter statistik Cs dan Ck. (untuk menentukan macam analisis frekuensi yang dipakai). Koefisien kepencengan / skewness (Cs) dihitung menggunakan persamaan:

$$Cs = \frac{n.\sum_{i=1}^{n}(X_i - X)^2}{(n-1)(n-2)S^3} \qquad (2.4)$$

Dengan :
n = jumlah data
X_i = Nilai varian ke i
X = Nilai rata-rata varian
Cs = Koefisien *Skewness*
S = Deviasi standart

2. Koefisien kepuncakan / curtosis (Ck) dihitung menggunakan persamaan:

$$Ck = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Xi - X)^4}{S^4} \qquad (2.5)$$

Dengan :
Ck = Koefisien Kurtosis
Xi = Nilai varian ke i
X = Nilai rata-rata varian
n = Jumlah data
S = Deviasi standar

3. Koefisien Variansi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.6)$$

Dimana:

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

S = simpangan baku (standar deviasi)

x = data hujan (mm)

Persyaratan dalam pemakaian distribusi frekuensi bisa dilihat dalam tabel 2.1

Tabel 2. 1 Persyaratan Pemilihan Jenis Distribusi/Sebaran Frekuensi

No.	Sebaran	Syarat
1	Normal	Cs = 0
2	Log Normal	Cs = 3 Cv
3	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002
4	Bila tidak ada yang memenuhi syarat digunakan sebaran Log Person Type III	

(Sumber : Soewarno, 1995)

2.3 Distribusi Probabilitas Kontinu

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi frekuensi dan yang banyak digunakan dalam hidrologi yaitu Distribusi Normal, Log Normal, Log Person Tipe III dan Gumbel.

2.3.1 Distribusi Normal

Distribusi Normal Distribusi normal disebut pula distribusi Gauss. Secara sederhana, persamaan distribusi normal dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_T = \overline{\mathrm{X}} + \mathrm{k}.\mathrm{S} \quad (2.7)$$

Dengan:

X_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

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

S = deviasi standar nilai variat

k = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang. Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 2.2 nilai variabel reduksi Gauss sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang	Peluang	k
1.001	0.999	-3.05
1.11	0.901	-1.28
2	0.500	0
2.5	0.400	0.5
3.33	0.300	0.52
4	0.250	0.67
5	0.200	0.84
10	0.100	1.28
20	0.051	1.64
50	0.020	2.05
100	0.010	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88
1000	0.001	3.09

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.3.2 Distribusi Log Normal

Jika variabel acak Y = log X terdistribusi secara normal, maka X dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. Persamaan distribusi log normal dapat ditulis dengan:

$$Y_T = \bar{Y} + k \times S \qquad (2.8)$$

Y_T = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

Y_T = Log X

$\bar{Y}$ = nilai rata-rata variat

S =deviasi standar variat

K = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang. Nilai K_T dapat dilihat pada Tabel 2.2 nilai variabel reduksi Gauss.

2.3.3 Distribusi Log-Person III

Persamaan distribusi Log-Person III hampir sama dengan persamaan distribusi Log Normal, yaitu sama-sama mengkonversi ke dalam bentuk logaritma.

$$Y_T = \overline{Y} + K_T \times S \qquad (2.9)$$

Dimana besarnya nilai KT tergantung dari koefisien kemencengan G. Tabel 2.3 memperlihatkan harga KT untuk berbagai nilai kemencengan G. Jika nilai G sama dengan nol, distribusi kembali ke distribusi Log Normal.

Tabel 2. 3 Nilai KT untuk Distribusi Log-Person III

Koef. G (CS)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540

Koef. G (CS)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,330
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,995	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280

Koef. G (CS)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,666	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

(Soewarno, 1995)

2.3.4 Distribusi Gumbel

Bentuk dari persamaan distribusi Gumbel dapat ditulis sebagai berikut:

$$X = \bar{X} + k.S$$

Besarnya faktor frekuensi dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

$$Yt = \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right], \text{untuk } T > 20 \text{, maka } Yt = \ln T$$

Dengan:

X_{Tr} = besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang Tr tahun (mm)

$\bar{X}$ = curah hujan maksimum rata-rata selama tahun pengamatan (mm)

S = standard deviasi

K = = faktor frekuensi

Y_{Tr} = *reduced variate*

Y_n = *reduced mean*

S_n = *reduced standard*

Besarnya nilai S_n, Y_n, dan Y_{Tr} dapat dilihat dalam Tabel 2.4; 2.5; 2.6 sebagai berikut

Tabel 2. 4 Reduced mean *(Yn)*

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5598	0.5599
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

(sumber, suripin, 2003)

Tabel 2. 5 *Reduced standard deviation* (Sn)

(sumber: suripin, 2003)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.4990	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1939	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

Tabel 2. 6 *Reduced variate* (YTr)

Periode Ulang Tr (Tahun)	Reduced Variate Y_{Tr}	Periode Ulang Tr (Tahun)	Reduced Variate Y_{Tr}
2	0.3668	100	4.6012
5	1.5004	200	5.2969
10	2.251	250	5.2969
20	2.9709	500	6.2149
25	3.1993	1000	6.9087
50	3.9028	5000	8.5188
75	4.3117	10000	9.2121

(sumber: suripin, 2003)

2.4 Uji Kecocokan Sebaran Data

Diperlukan penguji parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah Chi- Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

2.4.1 Chi-Kuadrat

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$X_{h^2} = \sum_{i=1}^{G} \frac{(Oi-Ei)^2}{Ei} \qquad (2.12)$$

Dengan :

X_h^2 = parameter chi-kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

Oi = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok i

Ei = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok i

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan Sturges: K= 1 + 3,332 log n

Dengan :

K = jumlah kelas n = jumlah data

Derajat bebas *(number of degrees of freedom)*

$V = K – h – 1$

Dimana :

h = jumlah parameter = 2

Interprestasi hasil uji adalah sebagai berikut:

a) Apabila peluang lebih dari 5%, maka persmaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
b) Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
c) Apabila peluang berada diantara 1-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu tambahan data.

Untuk melihat Interpretasi hasil Tes Chi-Kuadrat dapat melihat tabel 2.7

Tabel 2. 7 Interpretasi hasil Tes Chi-kuadrat (X^2)

Degres of Freedom	Probability of Deviation Greter then X^2				
	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
1	1.642	2.706	3.841	6.635	10.827
2	3.129	4.605	5.991	9.21	13.815
3	4.642	6.251	7.815	11.345	16.268
4	5.989	7.779	9.488	13.277	18.465
5	7.274	9.212	11.04	15.045	20.507
6	8.558	10.645	12.592	16.812	22.548
7	9.803	12.017	14.047	18.475	24.322
8	11.03	13.362	15.507	20.09	26.125
9	12.242	14.864	16.919	12.666	27.877
10	13.442	15.987	18.307	23.209	29.588
11	14.631	12.275	19.675	24.725	31.264
12	15.812	18.546	21.026	26.217	32.909
13	16.985	19.812	22.362	27.688	34.528
14	18.151	21.064	23.685	29.141	36.123
15	19.311	22.307	24.996	30.548	37.697
16	20.465	23.542	26.296	32	39.252
17	21.615	24.769	27.587	33.469	40.790

Degres of Freedom	Probability of Deviation Greter then X^2				
18	22.76	25.98	28.869	34.805	42.312
19	23.9	27.204	30.144	36.191	43.820
20	25.038	28.412	31.41	37.566	45.315

(Sumber: Suripin, 2003)

2.4.2 Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non- parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut. X1 = P (X1) X2 = P (X2) X3 = P (X3), dan seterusnya.
2. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya). X1 = P' (X1) X2 = P' (X2) X3 = P' (X3), dan seterusnya.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
   D maksimum = (P (Xn) – P' (Xn)) (2.13)
4. Berdasarkan tabel 2.8 nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov) tentukan harga Do dari tabel kala ulang.

Tabel 2. 8 Nilai Kritis Do untuk Uji 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	0.19

N	Derajat Kepercayaan, α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
15	0.27	0.3	0.34	0.4
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	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23

(Sumber :Suripin, 2003)

2.5 Perhitungan Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung, intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasya. Seandainya data hujan yang diketahui hanya hujan harian, maka oleh Mononobe dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24}\left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.14)$$

Dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan (jam)

R_{24} = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

2.6 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Kirpich (1940) dalam Suripin (2003) mengembangkan rumus dalam memperkirakan waktu konsentrasi, dimana dalam hal ini durasi hujan diasumsikan sama dengan waktu konsentrasi. Rumus waktu konsentrasi tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$tc = to + tf \quad (2.16)$$

Dengan:

tc = waktu konsentrasi *(jam)*

to = *overland flow time (inlet time)* adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah, dari titik terjauh pada suatu daerah pengaliran *(catchment area)* sampai ke sistem saluran yang di tinjau.

tf = *Channel flow time* adalah waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai ke titik control di bagian hilir yang ditinjau.

2.6.1 Overland flow time (to)

$$to = 0.0195\ (\frac{Lo}{\sqrt{Io}})^{0.77}\ menit \quad \text{(Kirpich)} \qquad (2.17)$$

Dimana :

Lo = Jarak titik terjauh lahan terhadap sistem saluran yang ditinjau.

Io = Kemiringan rata-rata permukaan tanah kearah saluran yang ditinjau.

(misal : tanah licin, n = 0,02. Tanah berumput, n = 0,40. Dst *)*

$$t_0 = 1{,}44 \times \left(l_0 \times \frac{nd}{\sqrt{S_0}}\right)^{0{,}467} \qquad (2.18)$$

Dimana :

l_0 = Jarak dari titik terjauh ke inlet (m)

nd = Koefisien hambatan setara koefisien kekasaran

S_0 = Kemiringan daerah pengaliran

2.6.2 Channel flow time (tf)

$$tf = \frac{L}{V} \quad (2.19)$$

Dimana :
L = Panjang salura (meter)
V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/det)

Tabel 2. 9 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

(Sumber :Suripin, 2003)

Waktu konsentrasi pada saluran alam atau sungai dapat pula dihitung secara langsung dengan menggunakan rumus berikut:

$$tc = \left[\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S}\right]^{0,385} \quad jam$$

L = panjang alur sungai terpanjang dalam catchment area (km)
S = kemiringan medan rata-rata dalam catchment area

2.7 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Koefisien aliran permukaan didefisinikan sebagai nisbah antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi koefisien adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, tanaman penutup

tanah, dan intensitas hujan. Selain itu juga tergantung pada sifat dan kondisi tanah, air tanah, derajad kepadatan tanah, porositas tanah, dan simpanan depresi. Untuk besarnya nilai koefisien aliran permukaan dapat dilihat pada Tabel 2.10 berikut:

Tabel 2. 10 Koefisien Aliran Untuk Metode Rasional

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient, C*
Business:	
Downtown areas	0.7 - 0.95
Neihborhood areas	0.5 - 0.7
Residential:	
Single-family areas	0.3 - 0.5
Multi-units, detached	0.4 - 0.6
Multi-units, attached	0.6 - 0.75
Suburban	0.25 - 0.4
Apartement dwelling areas	0.5 - 0.7
Industrial:	
Light areas	0.5 - 0.8
Heavy areas	0.6 - 0.9
Parks, cometeries	0.1 - 0.25
Playgrounds	0.2 - 0.4
Railroad yard areas	0.2 - 0.4
Umimproved areas	0.2 - 0.3
Lawns:	
Sandy soil, flat, 2 percent	0.05 - 0.1
Sandy soil, average, 2 to 7 percent	0.1 - 0.15
Sandy soil, steep, 7 percent	0.15 - 0.2
Heavy soil, flat, 2 percent	0.13 - 0.17
Heavy soil, average, 2 to 7 percent	0.18 - 0.22
Heavy soil, steep, 7 percent	0.25 - 0.35
Streets:	
Asphaltic	0.7 - 0.95
Concrete	0.8 - 0.95
Brick	0.7 - 0.85
Drives and walks	0.75 - 0.85
Roofs	0.75 - 0.95
*Higher values are usually appropriate for steeply sloped areas and longer return peiods because infiltration and other losses have a proportionally smaller effect on runoff in these cases.	

(Sumber: FAA, 2006)

2.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973). Model ini sangat simpel dan mudah dalam penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS-DAS dengan ukuran kecil kurang dari 300 ha. Model ini tidak dapat menerangkan hubungan curah hujan dan aliran permukaan dalam bentuk hidrograf. Persamaan metode rasional dapat ditulis dalam bentuk:

$$Q = 0{,}278\ C\ .\ I\ .\ A \quad (2.21)$$

Dengan:

Q = laju aliran permukaan (debit) puncak (m^3/dt)

C = koefisien aliran permukaan (0<C<1)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas DAS (km^2)

2.9 Perhitungan Dimensi Saluran

Dalam perhitungan dimensi didapat dari perhitungan hidrolika yaitu direncanakan dari perhitungan debit hidrologi. Saluran yang efisien adalah saluran yang mencukupi debit yang ada dan juga tidak terlalu besar, sehingga tidak boros dan memenuhi Q hidrologi ≤ Q hidrolika.

$$A = \frac{Q\ Hidrolika}{V} \quad (2.22)$$

Dengan:

A = Luas Penampang (m^2)

Q = Debit (m^3/dt)

V = Kecepatan rencana (m/dt)

2.10 Perhitungan Kecepatan Aliran

Untuk mencari nilai kecepatan aliran dapat menggunakan rumus Manning yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3}.I^{1/2} \quad (2.23)$$

Dengan:

R = jari-jarihidraulik (m)

S_o = kemiringan dasar saluran

n = koefisien Manning

Nilai koefisien Manning dapat dicari dengan melihat Tabel 2.11 berikut ini:

Tabel 2. 11 Nilai Koefisien Manning

Conduit Material	Manning's n*
Closed Conduits	
Brick	0.013 - 0.017
Cast iron pipe	
Cement-lined and seal coated	0.011 - 0.015
Concrete (monolithic)	0.012 - 0.014
Concrete (pipe)	0.011 - 0.015
Corrugated-metal pipe - 0,5 inch by 2,5 inch corrugations	
Plain	0.022 - 0.026
Paved invert	0.018 - 0.022
Spun asphalt lines	0.011 - 0.015
Plastic pipe (smooth)	0.011 - 0.015
Vitrified clay	
Pipes	0.011 - 0.015
Liner plates	0.013 - 0.017
Open Channels	
Lined channels	
Asphalt	0.013 - 0.017
Brick	0.012 - 0.018
Concrete	0.011 - 0.02
Rubble or riprap	0.02 - 0.035
Vegetal	0.03 - 0.4
Excavated or dredged	
Earth, straight and uniform	0.02 - 0.03
Earth, winding, fairly uniform	0.025 - 0.04
Rock	0.03 - 0.045
Unmaintained	0.05 - 0.14
Natural channels (minor streams, top width at flood stage <100 feet)	
Fairly regular section	0.03 - 0.07
Irragular section with pools	0.04 - 0.1
*Lower values are usually for well-constructed and maintained (smoother) pipes and channels	

(Sumber: FAA, 2006)

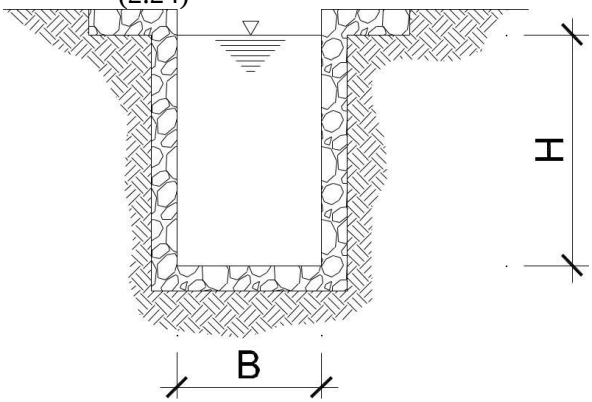
2.11 Bentuk Saluran

Penampang saluran buatan biasanya dirancang berdasarkan bentuk geometris yang umum. Bentuk yang paling umum dipakai untuk saluran berdinding tanah adalah bentuk trapesium, sebab stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan. Untuk saluran berbentuk persegi panjang yang mempunyai sisi tegak, biasanya dipakai untuk saluran yang dibangun dengan bahan yang stabil (*Chow*, 1959).

Beberapa bentuk saluran melintang yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

a. Saluran persegi

(2.24)



Gambar 2. 3 Saluran Persegi

Luas penampang basah:

$A = b.h$

Keliling basah (P):

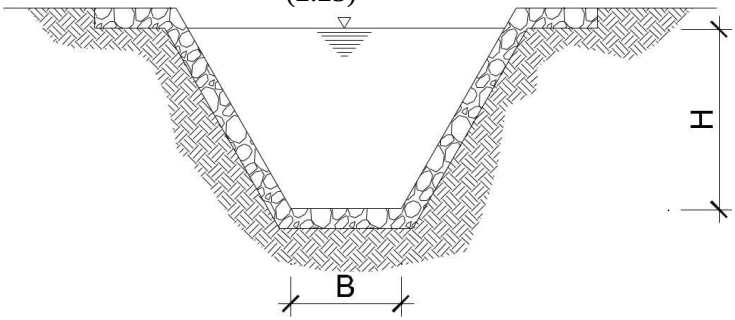
$P = b + 2.h$

Jari-jari hidraulis (R):

$R = \frac{A}{P}$

b. Saluran trapezium

(2.25)



Gambar 2. 4 Saluran Trapesium

Luas penampang basah (A):
$A = h(b + mh)$

Keliling basah (P):
$P = b + 2.h\sqrt{m^2 + 1}$

Jari-jari hidrolis (R):
$R = \frac{A}{P}$

2.12 Pengaruh Air Balik (*Back Water)*

Analisa *Back Water* di perlukan untuk mengetahui adanya pengaruh pada badan air yaitu muka air sungai terhadap saluran hilir drainase bandara, analisa *back water* di perlukan untuk menentukan sampai berapa jauh kenaikan muka air di saluran, maka perlu memperhatikan pengaruh *backwater* dengan rumus sebagai berikut:

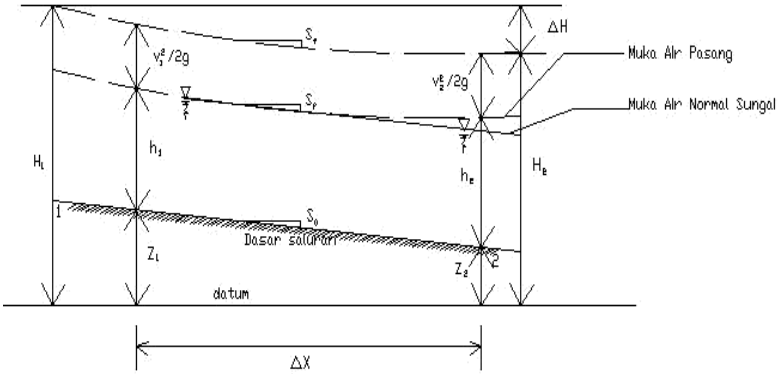
Energi spesifik $E = h + \frac{v_2}{2.g}$

$$S_0.\Delta X + h_1 + \frac{{V_1}^2}{2g} = S_f\,.\Delta X + h_2 + \frac{{V_2}^2}{2g}$$

$$E_1 + S_0.\Delta X = E_2 + S_f\,.\Delta X$$

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

$$\Delta X = S_f - S_0$$



Gambar 2. 5 Pengaruh Back Water

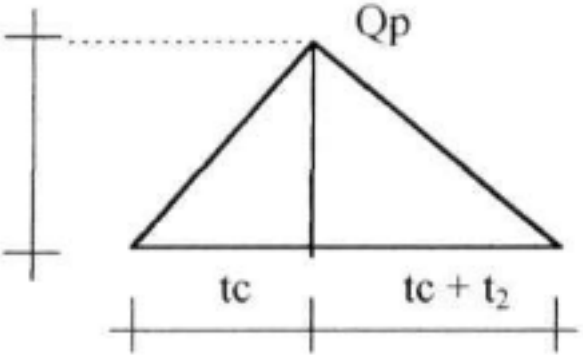
2.13 Kolam Tampung

Kolam tampung adalah suatu tempat penampung sementara yang digunakan untuk menampung air, sebelum air pada daerah itu dikeluarkan ke saluran pembuang utama. Kolam tampung ini dibuat karena debit yang terjadi lebih besar dari pada kapasitas sungai yang ada. Sehingga sungai yang seharusnya berfungsi sebagai saluran pembuang utama tidak mampu lagi menampung air buangan yang berasal dari bandara.

Cara untuk menentukan besarnya kolam tampung dengan mengetahui berapa banyak air yang akan masuk dan ditampung di dalam kolam tampung dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan luas daerah aliran yang masuk ke kolam tampung.
2. Menentukan waktu konsentrasi (tc).
3. Dari waktu konsentrasi akan ditentukan intensitas hujannya.
4. Menghitung debit puncak (Qp) dengan metode rasional.
5. Dari Qp akan dapat dibuat hidrografnya yang menyatakan besar debit terhadap waktu

dengan membagi aliran masuk hidrograf selama selang waktu tertentu.



Gambar 2. 6 Hidrograf

6. Dari hasil no. 5 didapatkan debit yang masuk dengan menghitung luas segitiga hidrograf
7. Menetapkan selang waktu, dalam detik, diantara dua deret aliran masuk
8. Menetukan volume air m^3 dari hasil yang didapat pada no. 6 dikalikan no.7

“Halama ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, menggunakan prosedur yang mempunyai tahapan sebagai berikut,

3.1 Tahap Persiapan

Dalam tahap persiapan, hal-hal yang akan dipersiapkan adalah:

1. Study literatur

   Menjelaskan tentang dasar-dasar teori, peraturan dan perumusan yang dipakai.

2. Pengumpulan Data

   Data teknis yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait, berupa: data hujan 10 tahun terakhir, *Layout* bandara, dan peta kontur bandara ,*Cross-Section*

3. Survey Pendahuluan

   Survey ini digunakan untuk melihat kesesuaian data yang ada dengan kondisi yang ada dilapangan.

3.2 Tahap Analisa

Analisa dan pengolahan data yang telah dikumpulkan meliputi :

3.2.1 Penentuan Jaringan Drainase Aliran

Pada tahap ini, akan diperiksa terlebih dahulu jaringan drainase eksisting bandara, dengan menggunakan rencana jaringan. Kemudian direncanakan kembali jaringan drainase baru yang direncanakan berdasarkan jaringan eksisting dan peta kontur.

3.2.2 Penentuan Luas Pelayanan dan Koefisien Pengaliran

Untuk menentukan luas pelayanan perlu dilakukan pembagian blok dimasudkan agar sistem drainase yang direncanakan dapat melayani daerah pelayanan seefektif mungkin dan mempermudah jaringan dan perhitungan dimensi saluran. Pada perencanaan ini, luasan bandara lama dan pengembangan wilayah bandara yang akan ditetapkan sebagai daerah aliran dan selanjutnya akan ditetapkan koefisien pengalirannya juga.

3.2.3 Penentuan Hujan Rencana

Pada tahap ini akan dihitung hujan rencana dari periode hujan 10 tahun. Data yang digunakan merupakan hasil dari stasiun hujan di sekitar area DAS yang ditinjau. Nantinya dipakai metode-metode untuk mencari hujan rencana dan selanjutnya akan dicari intensitasnya.

3.2.4 Penentuan Debit Limpasan dari Wilayah Pengembangan

Untuk mengetahui debit limpasan diperlukan data-data yang akan dijadikan dasar perhitungan, yaitu: data curah hujan, perhitungan hujan rencana, perhitungan waktu konsentrasi, perkiraan lama hujan, dan luas daerah yang menjadi daerah aliran terutama untuk wilayah pengembangan bandara.

3.2.5 Penentuan Dimensi Saluran

Tahap ini dilaksanakan setelah didapatkan tinggi hujan rencana yang telah dihitung, luas daerah aliran, beserta koefisien pengalirannya. Rencana saluran yang dipakai adalah trapesium atau persegi.

3.2.6 Kontrol Luapan Outflow

Pada tahap ini akan dilihat muka air sungai sebagai

pembuangan akhir sistem drainase bandara, dengan muka air debit limpasan yang berasal dari area bandara yang masuk ke sungai. Jika muka air sungai lebih rendah daripada muka air debit limpasan, dipastikan tidak ada pengaruh *backwater* pada saluran drainase di bandara. Namun jika sungai memperoleh debit yang melebihi kapasitasnya, perlu dilakukan perencanaan fasilitas drainase yang diperlukan.

3.2.7 Fasilitas Drainase

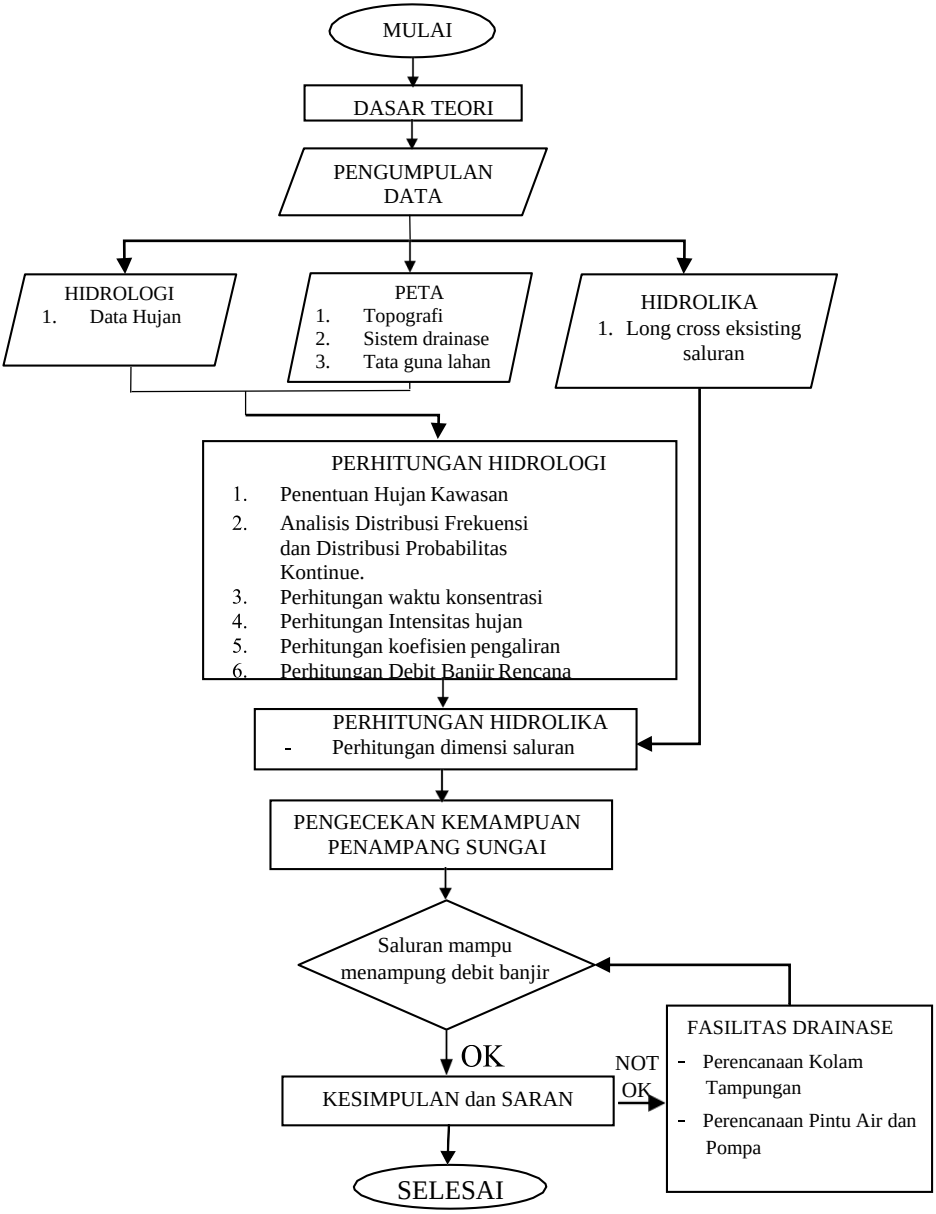
Perencanaan fasilitas drainase berupa kolam tampung, pintu air dan pompa dimaksudkan untuk mengatasi pengaruh *backwater* yang ada di saluran hilir. Nantinya diharapkan sistem drainase dapat bekerja dengan baik.

3.3 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil dari analisa dan jawaban permasalahan yang ada.

3.4 Flowchart

Pada **Gambar 3** berikut akan ditunjukkan Diagram Alir Metodologi Pelaksanaan Tugas Akhir.


MULAI
DASAR TEORI
PENGUMPULAN DATA
HIDROLOGI
1. Data Hujan
PETA
1. Topografi
2. Sistem drainase
3. Tata guna lahan
HIDROLIKA
1. Long cross eksisting saluran
PERHITUNGAN HIDROLOGI
1. Penentuan Hujan Kawasan
2. Analisis Distribusi Frekuensi dan Distribusi Probabilitas Kontinue.
3. Perhitungan waktu konsentrasi
4. Perhitungan Intensitas hujan
5. Perhitungan koefisien pengaliran
6. Perhitungan Debit Banjir Rencana
PERHITUNGAN HIDROLIKA
- Perhitungan dimensi saluran
PENGECEKAN KEMAMPUAN PENAMPANG SUNGAI
Saluran mampu menampung debit banjir
OK
NOT OK
FASILITAS DRAINASE
- Perencanaan Kolam Tampungan
- Perencanaan Pintu Air dan Pompa
KESIMPULAN dan SARAN
SELESAI

BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Analisia Hidrologi

4.1.1 Analisa Curah Hujan Rata-rata

Data dalam perhitungan yang digunakan adalah data curah hujan. Data curah hujan yang digunakan berupa data harian maksimum dari setiap tahun. Data stasiun hujan yang dibahas di dalam pembahasan tugas akhir ini menggunakan satu stasiun hujan yang paling berpengaruh, yaitu data curah hujan yang diperoleh dari stasiun Meteo Lapangan Udara TNI AU Adisucipto selama 10 tahun terakhir, mulai tahun 2007-2016.

Adapun data curah hujan harian maksimum setiap tahunnya dapat dilihat pada table 4.1 berikut ini:

Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Tanggal	Curah Hujan Harian Maksimum R (mm)
1	2007	27-Dec	141
2	2008	12-Apr	71.2
3	2009	2-Feb	97.1
4	2010	6-Dec	117.8
5	2011	2-Nov	104.5
6	2012	23-Nov	119.3
7	2013	6-Feb	101
8	2014	6-Apr	68.4
9	2015	12-Feb	118.8
10	2016	17-Dec	113.4

4.1.2 Analisa Frekuensi

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dilakukan uji

parameter statistik terlebih dahulu terhadap data yang ada. Yaitu normal, log normal, gumbel dan log pearson III

Tabel 4. 2 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Normal

No	Tahun	R (mm)	$(Ri - \bar{R})$	$(Ri - \bar{R})^2$	$(Ri - \bar{R})^3$	$(Ri - \bar{R})^4$
1	2007	141	35.75	1278.06	45690.73	1633443.75
2	2008	71.2	-34.05	1159.40	-39477.66	1344214.16
3	2009	97.1	-8.15	66.42	-541.34	4411.95
4	2010	117.8	12.55	157.50	1976.66	24807.04
5	2011	104.5	-0.75	0.56	-0.42	0.32
6	2012	119.3	14.05	197.40	2773.51	38967.75
7	2013	101	-4.25	18.06	-76.77	326.25
8	2014	68.4	-36.85	1357.92	-50039.44	1843953.52
9	2015	118.8	13.55	183.60	2487.81	33709.88
10	2016	113.4	8.15	66.42	541.34	4411.95
Jumlah		1052.5	2.8E-13	4485.365	-36665.577	4928246.557

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.2 didapatkan parameter – parameter sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata:

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{1052.5}{10} = 105.25$$

2. Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4485.365}{10-1}} = 22.32$$

3. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{22.32}{105.25} = 0.21$$

4. Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{n\sum (R_i - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$= \frac{10 \times (-36665.577)}{(10-1)(10-2)22.32^3} = -0.45$$

5. Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{n^2 \sum (R_i - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$= \frac{10^2 \times 4928246.557}{(10-1)(10-2)(10-3)22.32^4} = 3.93$$

Tabel 4. 3 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Log

No	Tahun	R (mm)	Log R	$\log Ri - \overline{LogR}$	$(\log Ri - \overline{LogR})^2$	$(\log Ri - \overline{LogR})^3$	$(\log Ri - \overline{LogR})^4$
1	2007	141	2.15	0.14	0.019	0.00256	0.00035
2	2008	71.2	1.85	-0.16	0.026	-0.00409	0.00066
3	2009	97.1	1.99	-0.03	0.001	-0.00002	0.00000
4	2010	117.8	2.07	0.06	0.003	0.00020	0.00001
5	2011	104.5	2.02	0.01	0.000	0.00000	0.00000
6	2012	119.3	2.08	0.06	0.004	0.00026	0.00002
7	2013	101	2.00	-0.01	0.000	0.00000	0.00000
8	2014	68.4	1.84	-0.18	0.031	-0.00558	0.00099
9	2015	118.8	2.07	0.06	0.004	0.00024	0.00002
10	2016	113.4	2.05	0.04	0.002	0.00007	0.00000
Jumlah		1052.5	20.12	18.11	0.090	-0.00635	0.00204

Sumber: hasil perhitungan

Dari tabel 4.3 didapatkan parameter – parameter sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata:

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{20.12}{10} = 2.012$$

2. Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.090}{10-1}} = 0.099$$

3. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{0.099}{2.012} = 0.0496$$

4. Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum (R_i - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$= \frac{10 \times (-0.00635)}{(10-1)(10-2)0.099^3} = -0.88615$$

5. Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{n^2 \sum (R_i - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$= \frac{10^2 \times 0.00204}{(10-1)(10-2)(10-3)0.099^4} = 4.0765$$

Dari hasil perhitungan parameter statistik yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan pada Tabel 2.1 Pemilihan distribusi yang sesuai pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Pemilihan Distribusi

No.	Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	-0.45	Tidak diterima
2	Log Normal	Cs = 3 Cv	-0.88	Tidak diterima
3	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002	-0.45 3.93	Tidak diterima
4	Log Person Type III	Tidak ada		Diterima

4.1.3 Uji Kecocokan Probabilitas

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof.

4.1.3.1 Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Distribusi Log Pearson Tipe III

Jumlah data (n) = 10

Jumlah kelas

(G) = 1 + 3,322 log (n)
= 1 + 3,322 log (10)
= 4,322 ≈ 4

Menentukan derajat kebebasan (dk)= 4 - 2 - 1 = 1

Berdasarkan peluang data pengamatan dijadikan 4 sub kelompok dengan interval peluang (P) = 1/4 = 0,25

1. Sub grup 1 : P < 0,25
2. Sub grup 2 : 0,25 < P < 0,5
3. Sub grup 3 : 0,5 < P < 0,75
4. Sub grup 4 : 0,75 < P < 0,100

Syarat Nilai X^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai X^2_{Cr} (Chi kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang di ambil adalah 5%.

Persamaan dasar yang digunakan dalam metoda distribusi Log Pearson Tipe III yaitu:

$$Xt = \bar{X} + k.sd$$

Nilai K didapatkan dari Tabel 2.3 dan interpolasi, maka didapatkan nilai Xt.

Untuk P = 0,25 ; $Xt = 2{,}012 + (-0{,}445).0{,}999 = 1{,}968$
Untuk P = 0,5 ; $Xt = 2{,}012 + (2{,}027).0{,}999 = 2{,}027$
Untuk P = 0,75 ; $Xt = 2{,}012 + (2{,}086).0{,}999 = 2{,}086$

Cara perhitungan Uji Chi Kuadrat distribusi Log Pearson Tipe III sebagai berikut:

1. Jumlahkan data pengamatan *Oi* tiap-tiap sub-grup
2. Jumlahkan data dari persamaandistribusi yang digunakan

$$Ei = \left(\frac{n}{jumlah\ grup}\right)$$

$$Ei = \left(\frac{10}{4}\right)$$
$$Ei = 2{,}5$$

3. $\frac{(Oi-Ei)^2}{Ei} = \frac{(2-2{,}5)^{2\,2}}{2{,}5} = 0{,}1$
4. x^2 merupakan total dari $\frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$
   Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Perhitungan x^2Chi Kuadrat Log Pearson III

No	Interval Sub Kelompok			Jumlah Data		Oi-Ei	$\frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$
				Oi	Ei		
1		x≦	1.968	2	2.5	-0.5	0.1
2	1.968	<x≦	2.027	3	2.5	0.5	0.1
3	2.027	<x≦	2.086	4	2.5	1.5	0.9
4	2.086	<x		1	2.5	-1.5	0.9
Jmlh				10	10	0	2

Dari perhitungan diatas nilai x^2= 2. Dengan (dk) = 1 dan α = 5% dan nilai $x^2Cr = 3{,}841$ (Tabel 2.7). Nilai x^2 < x^2Cr, sehingga distribusi peluang dapat diterima.

4.1.3.2 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.Dari hasil analisa distribusi digunakan distribusi Log Pearson Tipe III.

Langkah Uji Smirnov

1. Mengurutkan dari yang paling besar, kemudian mencari nilai $P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0{,}091$
   m : Peringkat/no rangking
   n : Jumlah data

2. Mencari besarnya P(X<):
   $P(X <) = 1 - P(X)$
   $P(X <) = 1 - 0{,}909$
3. Mencari besarnya nilai f(t)
   $$f(t) = \frac{\log xi - log\bar{x}}{sd} = \frac{2{,}149 - 2{,}012}{0{,}099} = 1{,}37$$
4. Besarnya peluang teoritis P(X<) dicari menggunakan tabel wilayah luas dibawah kurva normal dari nilai f(t).
   Dengan
   Nilai f(t) = 1,37
   Besar P'(X<) = 0,9147
   Nilai D dapat dicari dengan rumus
   D = P(X<) – P'(X<) = 0,909 – 0,9147
   = -0,006

Hasil perhitungan Smirnov dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Perhitungan Smirnov Kolmogorov

No	Xi	Log Xi	$P = \frac{m}{(n+1)}$	P(X<)	f(t)	P'(X)	P'(X<)	D
1	141	2.149	0.091	0.909	1.37	0.0853	0.9147	-0.006
2	119.3	2.077	0.182	0.818	0.64	0.2611	0.7389	0.079
3	118.8	2.075	0.273	0.727	0.62	0.2676	0.7324	-0.005
4	117.8	2.071	0.364	0.636	0.59	0.2776	0.7224	-0.086
5	113.4	2.055	0.455	0.545	0.42	0.3372	0.6628	-0.117
6	104.5	2.019	0.545	0.455	0.07	0.4721	0.5279	-0.073
7	101	2.004	0.636	0.364	-0.08	0.5319	0.4681	-0.104
8	97.1	1.987	0.727	0.273	-0.25	0.5987	0.4013	-0.129
9	71.2	1.852	0.818	0.182	-1.60	0.9452	0.0548	0.127
10	68.4	1.835	0.909	0.091	-1.78	0.9625	0.0375	0.053
Rata = 2.012462733								
Sd = 0.099858087							Dmax	0.127

Dari Tabel 4.6 didapatkan nilai Dmax 0,127. Dari Tabel 2.8 nilai Do derajat kepercayaan 5% dengan jumlah data 10 adalah 0,41. Syarat Smirnov yang dapat diterima adalah Dmax < Do, 0,127 < 0,41 , maka persamaan Distribusi Log Pearso III dapat diterima.

Dari Hasil perhitungan Dari hasil perhitungan curah hujan rencana digunakan curah hujan rencana distribusi Log Person Tipe III dikarenakan dalam uji kecocokan distribusi semuanya memenuhi syarat. Jadi curah hujan yang digunakan adalah:

- Periode ulang 2 th dengan curah hujan = 106.41 mm
- Periode ulang 5 th dengan curah hujan = 125.24 mm
- Periode ulang 10 th dengan curah hujan = 134.05 mm
- Periode ulang 25 th dengan curah hujan = 142.40 mm
- Periode ulang 50 th dengan curah hujan = 147.47 mm

Contoh perhitungan:

$R_2 = \bar{x} + Sd \times K$

Karena nilai cs = 0,886 maka nilai K diperoleh dari hasil hasil interpolasi.

Tabel 4. 7 Nilai K untuk Log Pearson III

cs	Periode Ulang				
	2	5	10	25	50
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.663
-0.886	0.146	0.854	1.150	1.413	1.565
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549

Sumber: Hasil Perhitungan

$$K = 0.132 + \left(\frac{-0.0886-(-0.8)}{-0.9-(-0.8)}\right)(0.148 - 0.132)$$

$K = 0.146$

$Log R_{10} = \bar{x} + Sd \times K$
$Log R_{10} = 2.012 + 0.998 \times 1.150$
$Log R_{10} = 2.13$
$R_2 = 134.05\ m$

4.2 Analisa Debit Banjir Rencana

Setelah diketahui curah hujan rencana, selanjutnya adalah perhitungan analisa debit. Analisa debit rencana dimaksudkan untuk menghitung besarnya debit banjir rencana yang terjadi pada masing-masing saluran yang ditinjau, nantinya debit banjir rencana ini akan digunakan untuk merencanakan dimensi saluran bandara.

4.2.1 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Perhitungan keofisien pengaliran berdasarkan luas daerah tangkapan hujan dan tata guna lahan wilayah pengembangan Bandara Internasional Adisucipto Yogyakarta. Sehingga nilai koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 2.10

4.2.1

Nilai koefisien pengaliran (C) yang diambil untuk beberapa tata guna lahan sebagai berikut :

Rumput = 0,2untuk wilayah resapan
Aspal = 0,95 untuk *runway*, *apron* dan *taxiway*
= 0,8 untuk jalan umum
Beton = 0,9 untuk wilayah *apron* dan *taxiway*
Atap = 0,85 untuk wilayah gedung

Berikut merupakan untuk perhitungan C gabungan

Luas das saluran A.1 – A = 0,006 km^2
Aspal = 0.00386 km^2 C = 0.95
Rumput = 0.00244 km^2 C = 0.2

$$Cgabungan = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A}$$

$$Cgabungan = \frac{0.95 \times 0.00386 + 0.2 \times 0.00244}{0.00386 + 0.00244}$$

$$Cgabungan = 0.66$$

Untuk perhitungan koefisien pengaliran saluran selanjutnya bisa dilihat pada table 4.8

Tabel 4. 8 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Nama Saluran	Luas				C
	Aspal	Beton	Rumput	Atap	
	0.8/0.95	0.95	0.2	0.85	
	km^2	km^2	km^2	km^2	
A.1 - A	0.0039		0.0024		0.66
B.1 - B	0.0051		0.0272		0.32
C.2.1 - C.2	0.0009		0.0139		0.25
C.1.1 - C.1	0.0009		0.0007		0.63
C.2 - C.1	0.0009		0.0139		0.25
C.1 - C	0.0089		0.0189		0.44
D.1 - D	0.0071		0.0718		0.27
E.6.1 - E.6	0.0021		0.0008	0.0007	0.68
E.5.1 - E.5	0.0028		0.0033	0.0002	0.49
E.4.1 - E.4	0.0040		0.0062	0.0006	0.46
E.3.1 - E.3	0.0041			0.0065	0.83
E.2.1 - E.2	0.0119	0.0003		0.0104	0.83
E.1.1 - E.1	0.0056			0.0045	0.82
E.7 - E.6	0.0078		0.0008	0.0122	0.80
E.6 - E.5	0.0099		0.0016	0.0129	0.79
E.5 - E.4	0.0128		0.0049	0.0135	0.73
E.4 - E.3	0.0172		0.0111	0.0141	0.66
E.3 - E.2	0.0221		0.0111	0.0206	0.70
E.2 - E.1	0.0292	0.0003	0.0111	0.0217	0.71
E.1 - E	0.0409	0.0003	0.0134	0.0270	0.72

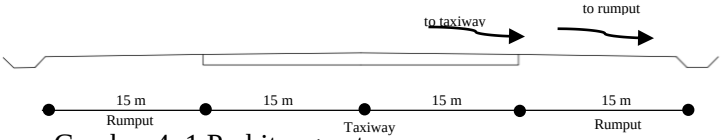
Nama Saluran	Luas				C
	Aspal	Beton	Rumput	Atap	
	0.8/0.95	0.95	0.2	0.85	
	km^2	km^2	km^2	km^2	
F.2.1 - F.2	0.0202	0.0043	0.0013		0.91
F.3 - F.2		0.0229	0.0024		0.88
F.2 - F.1	0.0355	0.0340	0.0289		0.73
F.1 - F	0.0441	0.0347	0.0337		0.73
G.8.1 - G.8		0.0046			0.95
G.7.1 - G.7		0.0046	0.0022		0.71
G.6.1 - G.6.1	0.0002		0.0040		0.23
G.5.1 - G.5	0.0003		0.0025		0.29
G.4.1 - G.4		0.0010	0.0009		0.60
G.3.1 - G.3		0.0013	0.0007		0.69
G.2.1 - G.2	0.0007		0.0010		0.50
G.1.1 - G.1	0.0007		0.0010		0.50
G.9 - G.8	0.0262		0.1415	0.0120	0.35
G.8 - G.7	0.0277	0.0046	0.1415	0.0120	0.37
G.7 - G.6	0.0308	0.0092	0.1467	0.0120	0.39
G.6 - G.5	0.0312	0.0092	0.1507	0.0120	0.39
G.5 - G.4	0.0325	0.0092	0.1556	0.0120	0.39
G.4 - G.3	0.0339	0.0118	0.1565	0.0120	0.40
G.3 - G.2	0.0415	0.0131	0.1669	0.0120	0.41
G.2 - G.1	0.0442	0.0131	0.1685	0.0120	0.41
G.1 - G	0.0489	0.0131	0.1715	0.0120	0.42
H.1.1.4.1 - H.1.1.4	0.0828		0.1591	0.0140	0.48
H.1.1.3.1 - H.1.1.3	0.0345		0.1414	0.0000	0.35
H.1.1.4 - H.1.1.3	0.0828		0.1591	0.0140	0.48
H.1.2.1 - H.1.2	0.0046		0.0133	0.0000	0.39
H.1.2.2 - H.1.2	0.0041		0.0080	0.0000	0.46
H.1.1.3 - H.1.1	0.0170		0.0488	0.0005	0.40

Nama Saluran	Luas				C
	Aspal	Beton	Rumput	Atap	
	0.8/0.95	0.95	0.2	0.85	
	km^2	km^2	km^2	km^2	
H.1.2 - H.1.1	0.0087		0.0213	0.0000	0.42
H.6.1 - H.6	0.0199		0.0382	0.0041	0.48
H.5.1 - H.5	0.0021		0.0169		0.28
H.4.1 - H.4	0.0035		0.0175		0.33
H.3.1 - H.3	0.0012		0.0013		0.56
H.2.1 - H.2	0.0111		0.0739		0.30
H.1.1 - H.1	0.0366		0.2407	0.0012	0.30
H.6 - H.5	0.0224		0.0398	0.0041	0.49
H.5 - H.4	0.0327		0.0722	0.0041	0.45
H.4 - H.3	0.0387		0.0908	0.0041	0.44
H.3 - H.2	0.1255		0.1494	0.0041	0.55
H.2 - H.1	0.1384		0.2245	0.0041	0.49
H.1 - H	0.1786		0.4719	0.0052	0.34

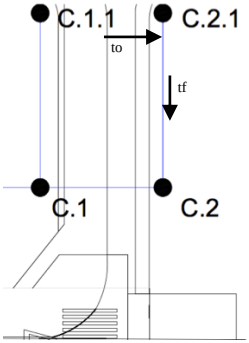
Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.2 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik tinjau yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran seperti gambar 4.1 dan gambar 4.2



Gambar 4. 1 Perhitungan to



Gambar 4. 2 Perhitungan tf

Berikut adalah perhitungan waktu konsentrasi saluran
Diketahui:
Saluran C.2.1 – C.2
Jarak titik terjauh (Lo)

- Aspal = 15 m
- Rumput = 15 m

Panjang Saluran = 78 m
Rencana kemiringan saluran (I) = 0.0017
Koefisien hambatan (nd)

- Aspal = 0.02
- Rumput = 0.4

Kemiringan lahan (S)

- Aspal = 0.015
- Rumput = 0.01

Dimensi saluran trapesium (*trial and error*)

- b = 0.5 m
- h = 0.2 m
- m = 1
- A = (b + hm)h
  = (0.5 + 0.2)0.2
  = 0.14

- P = b + 2h$\sqrt{1+m^2}$
  = 0.5 + 2× 0.2$\sqrt{1+1^2}$
  = 1.07
- R = $\frac{A}{P}$
  = $\frac{0.14}{1.07}$
  = 0.13

Kecepatan Rencana

- $v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$
- $v = \frac{1}{0.11} 0.13^{\frac{2}{3}} 0.0017^{\frac{1}{2}}$
- $v = 0.96$

$$to\ aspal = 1.44 \times \left(nd \times \frac{Lo}{\sqrt{S}}\right)^{0.467}$$

$$to\ aspal = 1.44 \times \left(0.02 \times \frac{15}{\sqrt{0.015}}\right)^{0.467}$$

$$to\ aspal = 2.16 \text{ menit}$$

$$to\ rumput = 1.44 \times \left(nd \times \frac{Lo}{\sqrt{S}}\right)^{0.467}$$

$$to\ rumput = 1.44 \times \left(0.01 \times \frac{15}{\sqrt{0.01}}\right)^{0.467}$$

$$to\ rumput = 9.74 \text{ menit}$$

$$to\ total = to\ aspal + to\ rumput$$
$$to\ total = 2.16\ menit + 9.74\ menit$$
$$to\ total = 0.2\ jam$$

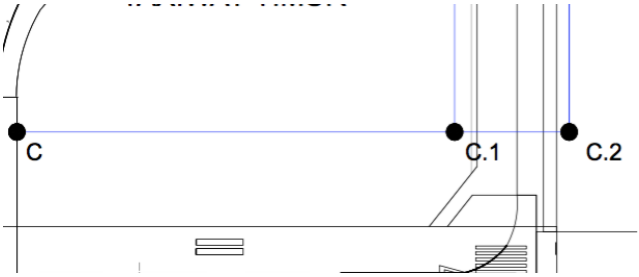
$$tf = \frac{L}{v}$$

$$tf = \frac{78\ m}{0.96\ m/s}$$

$$tf = 81.373\ detik$$
$$tf = 0.023\ jam$$

$$tc = to + tf$$
$$tc = 0.2\ jam + 0.02\ jam$$
$$tc = 0.22\ jam$$

Untuk pertemuan beberapa saluran dipilih tc yang paling besar dalam perhitungan sebelumnya.



Gambar 4. 3 Pemilihan tc

tc C.2 – C.1 = 0.24
tc C.1.1 – C.1 = 0.22
untuk to C.1 – C menggunakan tc yang paling besar dari saluran sebelumnya (C.2 – C.1 dan C.1.1 – C.1). maka dipilih tc dari C.2 – C.1 = 0.24

$$tf = \frac{L}{v}$$
$$tf = \frac{210\ m}{1.34\ m/s}$$
$$tf = 156.926\ detik$$
$$tf = 0.044\ jam$$

$$tc = to + tf$$
$$tc\ C.1 - C = 0.24\ jam + 0.44\ jam$$
$$tc\ C.1 - C = 0.28\ jam$$

Untuk perhitungan waktu konsentrasi bisa dilihat pada table 4.9 dan 4.10

Tabel 4. 9 Perhitungan to

Nama Saluran	Aspal			to	Beton			to	Rumput			to	to total
	Lo	nd	S		Lo	nd	S		Lo	nd	S		
	m			menit	m			menit	m			menit	jam
A.1 - A	18	0.02	0.02	2.36					10.00	0.40	0.01	8.06	0.17
B.1 - B	18	0.02	0.02	2.36					10.00	0.40	0.01	8.06	0.17
													0.00
C.2.1 - C.2	15	0.02	0.02	2.17					15.00	0.40	0.01	9.74	0.20
C.1.1 - C.1	15	0.02	0.02	2.17					15.00	0.40	0.01	9.74	0.20
D.1 - D	22.5	0.02	0.02	2.61					45.00	0.40	0.01	16.28	0.31
E.6.1 - E.6	48	0.02	0.02	3.69									0.06
E.5.1 - E.5	48	0.02	0.02	3.69									0.06
E.4.1 - E.4	53.5	0.02	0.02	3.88									0.06
E.3.1 - E.3	53.5	0.02	0.02	3.88									0.06
E.2.1 - E.2	103.5	0.02	0.02	5.24									0.09
E.1.1 - E.1	10	0.02	0.02	1.80									0.03
E.7 - E.6									49.00	0.40	0.01	16.94	0.28
F.2.1 - F.2					65.00	0.01	0.02	3.14					0.05
F.3 - F.2					65.00	0.01	0.02	3.14					0.05

Nama Saluran	Aspal			to	Beton			to	Rumput			to	to total
	Lo	nd	S		Lo	nd	S		Lo	nd	S		
	m			menit	m			menit	m			menit	jam
G.8.1 - G.8					50.00	0.01	0.02	2.78					0.05
G.7.1 - G.7					50.00	0.01	0.02	2.78					0.05
G.6.1 - G.6.1	4.5	0.02	0.02	1.25									0.02
G.5.1 - G.5	4.5	0.02	0.02	1.25									0.02
G.4.1 - G.4	15	0.02	0.02	2.17					15.00	0.40	0.01	9.74	0.20
G.3.1 - G.3	15	0.02	0.02	2.17					15.00	0.40	0.01	9.74	0.20
G.2.1 - G.2	15	0.02	0.02	2.17					15.00	0.40	0.01	9.74	0.20
G.1.1 - G.1	15	0.02	0.02	2.17					15.00	0.40	0.01	9.74	0.20
G.9 - G.8	37.5	0.02	0.02	3.30					30.00	0.40	0.01	13.47	0.28
H.1.1.4.1 - H.1.1.4		0.02	0.02	0.00					125.25	0.40	0.01	26.25	0.44
H.1.1.3.1 - H.1.1.3		0.02	0.02	0.00					125.25	0.40	0.01	26.25	0.44
H.1.2.1 - H.1.2	7.50	0.02	0.02	1.58					15.00	0.40	0.01	9.74	0.19
H.1.2.2 - H.1.2	7.50	0.02	0.02	1.58					15.00	0.40	0.01	9.74	0.19

Nama Saluran	Aspal			to	Beton			to	Rumput			to	to total
	Lo	nd	S		Lo	nd	S		Lo	nd	S		
	m			menit	m			menit	m			menit	jam
H.1.1.3 - H.1.1									362.00	0.40	0.01	43.10	0.72
H.6.1 - H.6	68.00	0.02	0.02	4.33									0.07
H.5.1 - H.5	7.50	0.02	0.02	1.58					15.00	0.40	0.01	9.74	0.19
H.4.1 - H.4	7.50	0.02	0.02	1.58					15.00	0.40	0.01	9.74	0.19
H.3.1 - H.3	23.00	0.02	0.02	2.64					15.00	0.40	0.01	9.74	0.21
H.2.1 - H.2	23.00	0.02	0.02	2.64					15.00	0.40	0.01	9.74	0.21

Tabel 4. 10 Perhitungan tc

Nama Saluran	to	L	v	tf	tc
	jam	m	m/s	jam	jam
A.1 - A	0.17	227.5	1.08	0.059	0.23
B.1 - B	0.17	266.5	1.24	0.060	0.23
C.2.1 - C.2	0.20	78	0.96	0.023	0.22
C.1.1 - C.1	0.20	78	0.65	0.033	0.23
C.2 - C.1	0.22	55	1.01	0.015	0.24
C.1 - C	0.24	210	1.34	0.044	0.28
D.1 - D	0.31	265	1.45	0.051	0.37
E.6.1 - E.6	0.06	70	0.68	0.028	0.09
E.5.1 - E.5	0.06	70	0.72	0.027	0.09
E.4.1 - E.4	0.06	116	0.91	0.035	0.10
E.3.1 - E.3	0.06	43	1.15	0.010	0.08
E.2.1 - E.2	0.09	77	1.37	0.016	0.10
E.1.1 - E.1	0.03	682.6	1.20	0.158	0.19
E.7 - E.6	0.28	973.2	1.17	0.230	0.51
E.6 - E.5	0.55	100	1.22	0.023	0.58
E.5 - E.4	0.58	35	1.27	0.008	0.59
E.4 - E.3	0.59	109	1.34	0.023	0.61
E.3 - E.2	0.62	133.5	1.43	0.026	0.65
E.2 - E.1	0.66	430.4	1.51	0.079	0.74
E.1 - E	0.78	88.5	1.68	0.015	0.79
F.2.1 - F.2	0.05	371	0.95	0.108	0.16
F.3 - F.2	0.05	376.3	1.21	0.087	0.14
F.2 - F.1	0.16	347.3	1.71	0.057	0.21

Nama Saluran	to	L	v	tf	tc
	jam	m	m/s	jam	jam
F.1 - F	0.25	69	2.01	0.010	0.26
G.8.1 - G.8	0.05	199	0.82	0.067	0.11
G.7.1 - G.7	0.05	199	0.82	0.068	0.11
G.6.1 - G.6	0.02	108.2 5	0.61	0.050	0.07
G.5.1 - G.5	0.02	101.5	0.59	0.048	0.07
G.4.1 - G.4	0.20	135	0.45	0.084	0.28
G.3.1 - G.3	0.20	132.4	0.51	0.073	0.27
G.2.1 - G.2	0.20	122.5	0.34	0.100	0.30
G.1.1 - G.1	0.20	122.5	0.37	0.092	0.29
G.9 - G.8	0.28	1101. 7	1.24	0.246	0.53
G.8 - G.7	0.59	24.55	1.24	0.005	0.59
G.7 - G.6	0.59	127.3	1.26	0.028	0.62
G.6 - G.5	0.63	9	1.28	0.002	0.63
G.5 - G.4	0.63	42.23	1.28	0.009	0.64
G.4 - G.3	0.64	55	1.29	0.012	0.65
G.3 - G.2	0.66	345.3 1	1.31	0.073	0.73
G.2 - G.1	0.75	55	1.31	0.012	0.76
G.1 - G	0.77	172.8 5	1.31	0.037	0.81
H.1.1.4.1 - H.1.1.4	0.44	1048	0.88	0.333	0.77
H.1.1.3.1 - H.1.1.3	0.44	1242	0.79	0.436	0.87
H.1.1.4 - H.1.1.3	0.73	120.4	1.76	0.019	0.75

Nama Saluran	to	L	v	tf	tc
	jam	m	m/s	jam	jam
H.1.2.1 - H.1.2	0.19	289.6	0.86	0.094	0.28
H.1.2.2 - H.1.2	0.19	421.5	0.67	0.174	0.36
H.1.1.3 - H.1.1	0.72	237	1.12	0.059	0.78
H.1.2 - H.1.1	0.31	58.5	0.89	0.018	0.32
H.6.1 - H.6	0.07	503.1 2	0.96	0.146	0.22
H.5.1 - H.5	0.19	109.2	0.84	0.036	0.22
H.4.1 - H.4	0.19	353.8 5	0.87	0.113	0.30
H.3.1 - H.3	0.21	78	0.53	0.041	0.25
H.2.1 - H.2	0.21	1348. 6	0.97	0.385	0.59
H.1.1 - H.1	0.78	1328. 68	1.21	0.305	1.09
H.6 - H.5	0.21	55	1.21	0.013	0.22
H.5 - H.4	0.23	347	1.28	0.075	0.30
H.4 - H.3	0.32	53	1.32	0.011	0.33
H.3 - H.2	0.34	1254. 5	1.53	0.228	0.57
H.2 - H.1	0.69	45	1.51	0.008	0.70
H.1 - H	0.70	138.7	1.57	0.025	0.72

4.2.3 Intensitas Hujan Rencana (I)

Intensitas hujan periode ulang 10 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan Curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 10 tahun metode Log-Pearson Type III. Intensitas hujan

periode ulang 10 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana dengan periode ulang 10 tahun yang akan digunakan untuk saluran drainase bandara.
Berikut Perhitungan Intesitas Hujan Saluran A.1 – A

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3}$$

$$I = \frac{134.05}{24} \times \left(\frac{24}{0.23}\right)^{2/3}$$

$$I = 122.99\ mm/jam$$

Untuk perhitungan intensitas selanjutnya bisa dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Perhitungan intensitas hujan

Nama Saluran	R_{24}	tc	I
	mm	jam	mm/jam
A.1 - A	134.05	0.23	122.99
B.1 - B	134.05	0.23	122.60
C.2.1 - C.2	134.05	0.22	127.08
C.1.1 - C.1	134.05	0.23	123.11
C.2 - C.1	134.05	0.24	121.92
C.1 - C	134.05	0.28	108.82
D.1 - D	134.05	0.37	90.93
E.6.1 - E.6	134.05	0.09	231.42
E.5.1 - E.5	134.05	0.09	234.29
E.4.1 - E.4	134.05	0.10	215.70
E.3.1 - E.3	134.05	0.08	261.26
E.2.1 - E.2	134.05	0.10	211.57
E.1.1 - E.1	134.05	0.19	141.84

Nama Saluran	R_{24}	tc	I
	mm	jam	mm/jam
E.7 - E.6	134.05	0.51	72.56
E.6 - E.5	134.05	0.58	67.17
E.5 - E.4	134.05	0.59	66.21
E.4 - E.3	134.05	0.61	64.41
E.3 - E.2	134.05	0.65	62.16
E.2 - E.1	134.05	0.74	56.98
E.1 - E	134.05	0.79	54.30
F.2.1 - F.2	134.05	0.16	157.14
F.3 - F.2	134.05	0.14	173.32
F.2 - F.1	134.05	0.21	130.14
F.1 - F	134.05	0.26	113.25
G.8.1 - G.8	134.05	0.11	198.36
G.7.1 - G.7	134.05	0.11	197.86
G.6.1 - G.6	134.05	0.07	272.47
G.5.1 - G.5	134.05	0.07	277.56
G.4.1 - G.4	134.05	0.28	107.96
G.3.1 - G.3	134.05	0.27	110.89
G.2.1 - G.2	134.05	0.30	104.11
G.1.1 - G.1	134.05	0.29	105.90
G.9 - G.8	134.05	0.53	71.38
G.8 - G.7	134.05	0.59	65.99
G.7 - G.6	134.05	0.62	63.89
G.6 - G.5	134.05	0.63	63.26
G.5 - G.4	134.05	0.64	62.62
G.4 - G.3	134.05	0.65	61.70
G.3 - G.2	134.05	0.73	57.29
G.2 - G.1	134.05	0.76	55.57
G.1 - G	134.05	0.81	53.70

Nama Saluran	R_{24}	tc	I
	mm	jam	mm/jam
H.1.1.4.1 - H.1.1.4	134.05	0.77	55.31
H.1.1.3.1 - H.1.1.3	134.05	0.87	50.84
H.1.1.4 - H.1.1.3	134.05	0.75	56.42
H.1.2.1 - H.1.2	134.05	0.28	107.87
H.1.2.2 - H.1.2	134.05	0.36	91.44
H.1.1.3 - H.1.1	134.05	0.78	54.99
H.1.2 - H.1.1	134.05	0.32	98.51
H.6.1 - H.6	134.05	0.22	128.17
H.5.1 - H.5	134.05	0.22	125.76
H.4.1 - H.4	134.05	0.30	103.41
H.3.1 - H.3	134.05	0.25	118.03
H.2.1 - H.2	134.05	0.59	65.95
H.1.1 - H.1	134.05	1.09	43.90
H.6 - H.5	134.05	0.22	125.82
H.5 - H.4	134.05	0.30	103.16
H.4 - H.3	134.05	0.33	96.40
H.3 - H.2	134.05	0.57	67.87
H.2 - H.1	134.05	0.70	59.23
H.1 - H	134.05	0.72	57.65

4.2.4 Perhitungan Debit Banjir Rencana

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

Perhitungan Debit Banjir Rencana Saluran A.1 – A

Diketahui:

C = 0.66

I = 122.99 mm/jam

A = 0.006 km^2

$Q = 0.278 \times C \times I \times A$
$Q = 0.278 \times 0.66 \times 122.99 \times 0.006$
$Q = 0.147$ m^3/detik

Untuk perhitungan debit selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4. 12 Perhitungan debit banjir rencana

Nama Saluran	C	I	A	Q
		mm/jam	km^2	m^3/dt
A.1 - A	0.66	122.99	0.006	0.147
B.1 - B	0.32	122.60	0.032	0.363
C.2.1 - C.2	0.25	127.08	0.015	0.134
C.1.1 - C.1	0.63	123.11	0.002	0.036
C.2 - C.1	0.25	121.92	0.015	0.128
C.1 - C	0.44	108.82	0.028	0.382
D.1 - D	0.27	90.93	0.079	0.551
E.6.1 - E.6	0.68	231.42	0.004	0.160
E.5.1 - E.5	0.49	234.29	0.006	0.211
E.4.1 - E.4	0.46	215.70	0.011	0.308
E.3.1 - E.3	0.83	261.26	0.011	0.657
E.2.1 - E.2	0.83	211.57	0.023	1.131
E.1.1 - E.1	0.82	141.84	0.010	0.340
E.7 - E.6	0.80	72.56	0.021	0.349
E.6 - E.5	0.79	67.17	0.024	0.370
E.5 - E.4	0.73	66.21	0.031	0.431

Nama Saluran	C	I	A	Q
		mm/jam	km^2	m^3/dt
E.4 - E.3	0.66	64.41	0.042	0.517
E.3 - E.2	0.70	62.16	0.054	0.667
E.2 - E.1	0.71	56.98	0.062	0.725
E.1 - E	0.72	54.30	0.082	0.914
F.2.1 - F.2	0.91	157.14	0.026	1.062
F.3 - F.2	0.88	173.32	0.025	1.105
F.2 - F.1	0.73	130.14	0.098	2.681
F.1 - F	0.73	113.25	0.113	2.654
G.8.1 - G.8	0.95	198.36	0.005	0.248
G.7.1 - G.7	0.71	197.86	0.007	0.272
G.6.1 - G.6	0.23	272.47	0.004	0.075
G.5.1 - G.5	0.29	277.56	0.003	0.065
G.4.1 - G.4	0.60	107.96	0.002	0.034
G.3.1 - G.3	0.69	110.89	0.002	0.043
G.2.1 - G.2	0.50	104.11	0.002	0.025
G.1.1 - G.1	0.50	105.90	0.002	0.025
G.9 - G.8	0.35	71.38	0.180	1.299
G.8 - G.7	0.37	65.99	0.186	1.311
G.7 - G.6	0.39	63.89	0.199	1.423
G.6 - G.5	0.39	63.26	0.203	1.429
G.5 - G.4	0.39	62.62	0.209	1.455
G.4 - G.3	0.40	61.70	0.214	1.503
G.3 - G.2	0.41	57.29	0.233	1.569
G.2 - G.1	0.41	55.57	0.238	1.569
G.1 - G	0.42	53.70	0.245	1.593
H.1.1.4.1 - H.1.1.4	0.48	55.31	0.256	1.943

Nama Saluran	C	I	A	Q
		mm/jam	km^2	m^3/dt
H.1.1.3.1 - H.1.1.3	0.35	50.84	0.176	0.891
H.1.1.4 - H.1.1.3	0.48	56.42	0.256	1.982
H.1.2.1 - H.1.2	0.39	107.87	0.018	0.218
H.1.2.2 - H.1.2	0.46	91.44	0.012	0.144
H.1.1.3 - H.1.1	0.40	54.99	0.066	0.415
H.1.2 - H.1.1	0.42	98.51	0.030	0.354
H.6.1 - H.6	0.48	128.17	0.062	1.102
H.5.1 - H.5	0.28	125.76	0.019	0.194
H.4.1 - H.4	0.33	103.41	0.021	0.203
H.3.1 - H.3	0.56	118.03	0.003	0.049
H.2.1 - H.2	0.30	65.95	0.085	0.479
H.1.1 - H.1	0.30	43.90	0.278	1.057
H.6 - H.5	0.49	125.82	0.066	1.179
H.5 - H.4	0.45	103.16	0.109	1.451
H.4 - H.3	0.44	96.40	0.134	1.615
H.3 - H.2	0.55	67.87	0.279	2.971
H.2 - H.1	0.49	59.23	0.367	3.058
H.1 - H	0.34	57.65	0.656	3.661

4.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika adalah analisa kapasitas penampang saluran terhadap debit banjir yang terjadi. Analisa hidolika diperlukan untuk mengetahui apakah kapasitas saluran mampu menerima banjir rencana.

Analisa hidrolika pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kapasitassaluran rencana dengan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun.

Perhitungan ini untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penampang saluran yang mampu untuk menampung limpasan air hujan.

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, Perencanaan tugas akhir ini, digunakan saluran dari beton dengan penampang trapesium dan segi empat.

4.3.1. Kapasitas Saluran

Untuk saluran trapesium:

Perhitungan dimensi saluran A.1 – A

Q = 0.147 m^3/detik

n = 0.011

dimensi saluran trapesium (trial and error)

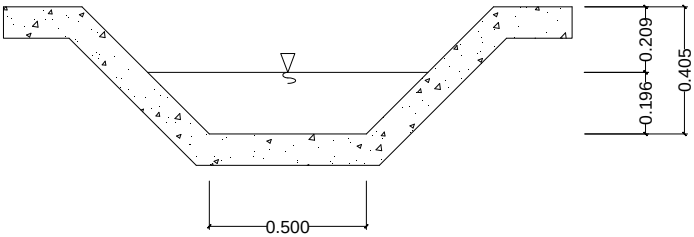
- b = 0.5 m
- m = 1
- h = 0.196
- $A = (b + hm)h$
- $A = (0.5 + 0.196 \times 1)0.196$
- $A = 0.14$ m^2

- $P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$
- $P = 0.5 + 2 \times 0.196\sqrt{1 + 1^2}$
- $P = 1.05$ m

- $R = \frac{A}{P}$
- $R = \frac{0.14}{1.05}$
- $R = 0.13$ m

- $v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$
- $v = \frac{1}{0.011} \times 0.13^{\frac{2}{3}} \times 0.0022^{\frac{1}{2}}$
- $v = 1.08$ m/s
- $Q = A \times v$
- $Q = 0.14m^2 \times 1.08\, m/s$
- $Q = 0.147\, m^3/s$

Kontrol hidrolika
$\Delta Q = Qhidrolika - Qhidrologi$
$\Delta Q = 0.147 - 0.147$
$\Delta Q = 0(ok)$



Gambar 4. 4 Saluran Trapesium

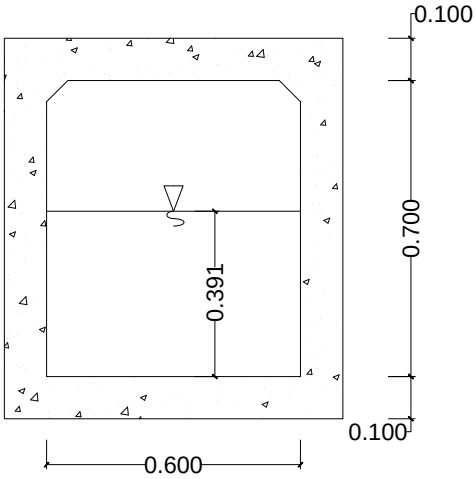
Untuk saluran segi empat:
Perhitungan dimensi saluran E.6.1 – E.6
Q = 0.172 m^3/detik
v = 1 m/s
n = 0.011
dimensi saluran trapesium (trial and error)

- b = 0.6 m
- h = 0.391

- $A = b \times h$
- $A = 0.6 \times 0.391$
- $A = 0.23$ m^2
- $P = b + 2h$
- $P = 0.6 + 2 \times 0.391$
- $P = 1.38$ m
- $R = \frac{A}{P}$
- $R = \frac{0.23}{1.38}$
- $R = 0.17$ m
- $v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$
- $v = \frac{1}{0.011} \times 0.17^{\frac{2}{3}} \times 0.0006^{\frac{1}{2}}$
- $v = 0.68$

- $Q = A \times v$
- $Q = 0.23 m^2 \times 0.68\, m/s$
- $Q = 0.16\, m^3/s$

Kontrol hidrolika
$\Delta Q = Qhidrolika - Qhidrologi$
$\Delta Q = 0.172 - 0.172$
$\Delta Q = 0 (ok)$



Gambar 4. 5 saluran segi empat

untuk hasil perhitungan dimensi saluran dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4. 13 Perhitungan dimensi saluran

Nama Saluran	Penampang	b	h	A	P	R	I	n	v	Q	Q hidrologi
		m	m	m^2	m	m			m/s	m^3/s	m^3/s
A.1 - A	Trapesium	0.5	0.196	0.14	1.05	0.13	0.0022	0.011	1.08	0.147	0.147
B.1 - B	Trapesium	0.5	0.346	0.29	1.48	0.20	0.0016	0.011	1.24	0.363	0.363
C.2.1 - C.2	Trapesium	0.5	0.200	0.14	1.07	0.13	0.0017	0.011	0.96	0.134	0.13352
C.1.1 - C.1	Trapesium	0.5	0.094	0.06	0.77	0.07	0.0017	0.011	0.65	0.036	0.03577
C.2 - C.1	Trapesium	0.5	0.185	0.13	1.02	0.12	0.0020	0.011	1.01	0.128	0.128
C.1 - C	Trapesium	0.6	0.313	0.29	1.48	0.19	0.0020	0.011	1.34	0.382	0.382
D.1 - D	Trapesium	0.8	0.334	0.38	1.74	0.22	0.0020	0.011	1.45	0.551	0.551
E.6.1 - E.6	Segi empat	0.6	0.391	0.23	1.38	0.17	0.0006	0.011	0.68	0.160	0.160
E.5.1 - E.5	Segi empat	0.6	0.487	0.29	1.57	0.19	0.0006	0.011	0.72	0.211	0.211
E.4.1 - E.4	Segi empat	0.8	0.423	0.34	1.65	0.21	0.0008	0.011	0.91	0.308	0.308
E.3.1 - E.3	Segi empat	1	0.572	0.57	2.14	0.27	0.0009	0.011	1.15	0.657	0.657
E.2.1 - E.2	Segi empat	1.3	0.634	0.82	2.57	0.32	0.0010	0.011	1.37	1.131	1.131
E.1.1 - E.1	Segi empat	0.6	0.471	0.28	1.54	0.18	0.0017	0.011	1.20	0.340	0.340
E.7 - E.6	Trapesium	0.5	0.350	0.30	1.49	0.20	0.0014	0.011	1.17	0.349	0.349
E.6 - E.5	Trapesium	0.6	0.328	0.30	1.53	0.20	0.0015	0.011	1.22	0.370	0.370
E.5 - E.4	Trapesium	0.6	0.356	0.34	1.61	0.21	0.0015	0.011	1.27	0.431	0.431
E.4 - E.3	Trapesium	0.6	0.391	0.39	1.70	0.23	0.0016	0.011	1.34	0.517	0.517
E.3 - E.2	Trapesium	0.7	0.418	0.47	1.88	0.25	0.0016	0.011	1.43	0.667	0.667
E.2 - E.1	Trapesium	0.7	0.426	0.48	1.90	0.25	0.0017	0.011	1.51	0.725	0.725
E.1 - E	Trapesium	0.9	0.414	0.54	2.07	0.26	0.0020	0.011	1.68	0.914	0.914

Nama Saluran	Penampang	b	h	A	P	R	I	n	v	Q	Q hidrologi
		m	m	m^2	m	m			m/s	m^3/s	m^3/s
F.2.1 - F.2	Segi empat	1.1	1.016	1.12	3.13	0.36	0.0004	0.011	0.95	1.062	1.062
F.3 - F.2	Trapesium	0.9	0.607	0.91	2.62	0.35	0.0007	0.011	1.21	1.105	1.105
F.2 - F.1	Trapesium	1.3	0.762	1.57	3.46	0.45	0.0010	0.011	1.71	2.681	2.681
F.1 - F	Trapesium	1.3	0.669	1.32	3.19	0.41	0.0016	0.011	2.01	2.654	2.654
G.8.1 - G.8	Segi empat	0.6	0.502	0.30	1.60	0.19	0.0008	0.011	0.82	0.248	0.248
G.7.1 - G.7	Segi empat	0.6	0.554	0.33	1.71	0.19	0.0007	0.011	0.82	0.272	0.272
G.6.1 - G.6	Segi empat	0.4	0.310	0.12	1.02	0.12	0.0007	0.011	0.61	0.075	0.075
G.5.1 - G.5	Segi empat	0.4	0.275	0.11	0.95	0.12	0.0008	0.011	0.59	0.065	0.065
G.4.1 - G.4	Segi empat	0.4	0.193	0.08	0.79	0.10	0.0005	0.011	0.45	0.035	0.034
G.3.1 - G.3	Segi empat	0.3	0.287	0.09	0.87	0.10	0.0007	0.011	0.51	0.043	0.043
G.2.1 - G.2	Segi empat	0.3	0.245	0.07	0.79	0.09	0.0003	0.011	0.34	0.025	0.025
G.1.1 - G.1	Segi empat	0.3	0.226	0.07	0.75	0.09	0.0004	0.011	0.37	0.025	0.025
G.9 - G.8	Trapesium	1	0.637	1.04	2.80	0.37	0.0007	0.011	1.24	1.299	1.299
G.8 - G.7	Trapesium	1	0.642	1.05	2.82	0.37	0.0007	0.011	1.24	1.311	1.311
G.7 - G.6	Trapesium	1	0.675	1.13	2.91	0.39	0.0007	0.011	1.26	1.424	1.423
G.6 - G.5	Trapesium	1	0.670	1.12	2.90	0.39	0.0007	0.011	1.28	1.429	1.429
G.5 - G.4	Trapesium	1	0.677	1.14	2.91	0.39	0.0007	0.011	1.28	1.455	1.455
G.4 - G.3	Trapesium	1	0.691	1.17	2.95	0.40	0.0007	0.011	1.29	1.503	1.503
G.3 - G.2	Trapesium	1	0.705	1.20	2.99	0.40	0.0007	0.011	1.31	1.569	1.569
G.2 - G.1	Trapesium	1	0.702	1.19	2.98	0.40	0.0007	0.011	1.31	1.570	1.569
G.1 - G	Trapesium	1	0.711	1.22	3.01	0.40	0.0007	0.011	1.31	1.593	1.593
H.1.1.4.1 - H.1.1.4	Segi empat	1.6	1.388	2.22	4.38	0.51	0.0002	0.011	0.88	1.943	1.943
H.1.1.3.1 - H.1.1.3	Segi empat	0.9	1.252	1.13	3.40	0.33	0.0003	0.011	0.79	0.891	0.891

Nama Saluran	Penampang	b	h	A	P	R	I	n	v	Q	Q hidrologi
		m	m	m^2	m	m			m/s	m^3/s	m^3/s
H.1.1.4 - H.1.1.3	Segi empat	1.3	0.864	1.12	3.03	0.37	0.0014	0.011	1.76	1.982	1.982
H.1.2.1 - H.1.2	Segi empat	0.6	0.426	0.26	1.45	0.18	0.0009	0.011	0.86	0.218	0.218
H.1.2.2 - H.1.2	Segi empat	0.6	0.358	0.21	1.32	0.16	0.0006	0.011	0.67	0.145	0.144
H.1.1.3 - H.1.1	Trapesium	0.6	0.378	0.37	1.67	0.22	0.0011	0.011	1.12	0.415	0.415
H.1.2 - H.1.1	Trapesium	0.6	0.398	0.40	1.72	0.23	0.0007	0.011	0.89	0.354	0.354
H.6.1 - H.6	Trapesium	0.9	0.714	1.15	2.92	0.39	0.0004	0.011	0.96	1.102	1.102
H.5.1 - H.5	Trapesium	0.6	0.266	0.23	1.35	0.17	0.0009	0.011	0.84	0.194	0.194
H.4.1 - H.4	Trapesium	0.6	0.268	0.23	1.36	0.17	0.0010	0.011	0.87	0.203	0.203
H.3.1 - H.3	Trapesium	0.6	0.128	0.09	0.96	0.10	0.0008	0.011	0.53	0.050	0.049
H.2.1 - H.2	Trapesium	0.6	0.463	0.49	1.91	0.26	0.0007	0.011	0.97	0.479	0.479
H.1.1 - H.1	Trapesium	0.8	0.617	0.87	2.54	0.34	0.0007	0.011	1.21	1.057	1.057
H.6 - H.5	Trapesium	0.9	0.634	0.97	2.69	0.36	0.0007	0.011	1.21	1.179	1.179
H.5 - H.4	Trapesium	1	0.676	1.13	2.91	0.39	0.0007	0.011	1.28	1.451	1.451
H.4 - H.3	Trapesium	1	0.715	1.23	3.02	0.41	0.0007	0.011	1.32	1.615	1.615
H.3 - H.2	Trapesium	1.5	0.834	1.95	3.86	0.50	0.0007	0.011	1.53	2.971	2.971
H.2 - H.1	Trapesium	1.5	0.859	2.03	3.93	0.52	0.0007	0.011	1.51	3.058	3.058
H.1 - H	Trapesium	1.5	0.952	2.34	4.19	0.56	0.0006	0.011	1.57	3.661	3.661

4.3 Analisa Kemampuan Penampang Sungai

4.4.1 Analisa Curah Hujan Rata-rata

Data dalam perhitungan yang digunakan adalah data curah hujan. Data curah hujan yang digunakan berupa data harian maksimum dari setiap tahun. Data stasiun hujan yang dibahas di dalam pembahasan ini menggunakan satu stasiun hujan yang paling berpengaruh, yaitu data curah hujan yang diperoleh dari stasiun Santan, Tanjung Tirto, Angin-angin, Sayegan dan Godean selama 10 tahun terakhir, mulai tahun 2007-2016.

Adapun data curah hujan harian maksimum setiap tahunnya dapat dilihat pada table 4.14 berikut ini:

Tabel 4. 14 Data Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum R (mm)
1	2007	58.29
2	2008	61.35
3	2009	71.06
4	2010	47.03
5	2011	50.88
6	2012	53.27
7	2013	92.87
8	2014	58.40
9	2015	89.44
10	2016	92.16

4.4.2 Analisa Frekuensi

Sebelum dilakukan perhitungan distribusi probabilitas dari data yang tersedia, dilakukan uji parameter statistik terlebih dahulu terhadap data yang

ada. Yaitu normal, log normal, gumbel dan log pearson III

Tabel 4. 15 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Normal

No	Tahun	R (mm)	$(Ri - \bar{R})$	$(Ri - \bar{R})^2$	$(Ri - \bar{R})^3$	$(Ri - \bar{R})^4$
1	2007	58.29	-9.18	84.32	-774.23	7109.26
2	2008	61.35	-6.13	37.55	-230.11	1410.12
3	2009	71.06	3.59	12.87	46.19	165.71
4	2010	47.03	-20.44	417.96	-8544.68	174687.15
5	2011	50.88	-16.59	275.39	-4570.11	75840.65
6	2012	53.27	-14.21	201.87	-2868.24	40752.42
7	2013	92.87	25.39	644.85	16375.39	415836.18
8	2014	58.40	-9.07	82.30	-746.56	6772.55
9	2015	89.44	21.96	482.44	10596.44	232744.87
10	2016	92.16	24.68	609.24	15037.81	371175.60
	Jumlah	674.7	6.4E-14	2.8E+03	2.4E+04	1.3E+06

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.15 didapatkan parameter – parameter sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata:

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{674.7}{10} = 67.47$$

2. Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2848.79}{10-1}} = 17.79$$

3. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{17.79}{67.47} = 0.26$$

4. Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{n\sum(R_i - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$
$$= \frac{10 \times (24321.91)}{(10-1)(10-2)17.79^3} = -0.59$$

5. Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{n^2\sum(R_i - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$= \frac{10^2 \times 1326494.51}{(10-1)(10-2)(10-3)79^4} = 0.26$$

Tabel 4. 16 Perhitungan Parameter Dasar Statistik Log

No	Tahun	R (mm)	Log R	$\log Ri - \overline{LogR}$	$(\log Ri - \overline{LogR})^2$	$(\log Ri - \overline{LogR})^3$	$(\log Ri - \overline{LogR})^4$
1	2007	58.29	1.77	-0.05	0.0025	-0.0001	0.0000
2	2008	61.35	1.79	-0.03	0.0008	0.0000	0.0000
3	2009	71.06	1.85	0.04	0.0013	0.0000	0.0000
4	2010	47.03	1.67	-0.14	0.0206	-0.0030	0.0004
5	2011	50.88	1.71	-0.11	0.0120	-0.0013	0.0001
6	2012	53.27	1.73	-0.09	0.0080	-0.0007	0.0001
7	2013	92.87	1.97	0.15	0.0230	0.0035	0.0005
8	2014	58.40	1.77	-0.05	0.0025	-0.0001	0.0000
9	2015	89.44	1.95	0.14	0.0183	0.0025	0.0003
10	2016	92.16	1.96	0.15	0.0220	0.0033	0.0005
Jumlah		674.7	18.16	-1.3.E-15	0.111	0.004	0.002

Sumber: hasil perhitungan

Dari tabel 4.16 didapatkan parameter – parameter sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata:

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} = \frac{18.16}{10} = 1.816$$

2. Standart Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.111}{10-1}} = 0.11$$

3. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{R}} = \frac{0.11}{1.816} = 0.061$$

4. Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{n\sum(R_i - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

$$= \frac{10 \times (-0.004)}{(10-1)(10-2)0.11^3} = 0.407$$

5. Koefisien Ketajaman

$$Ck = \frac{n^2\sum(R_i - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4}$$

$$= \frac{10^2 \times 0.002}{(10-1)(10-2)(10-3)0.11^4} = 2.603$$

Dari hasil perhitungan parameter statistik yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan pada Tabel 2.1 Pemilihan distribusi yang sesuai dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4. 17 Pemilihan Distribusi

No	Sebaran	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	Normal	Cs = 0	0.59	Tidak diterima
2	Log Normal	Cs = 3 Cv	0.407	Tidak diterima
3	Gumbel	Cs = 1,1396 Ck = 5,4002	0.59 2.62	Tidak diterima
4	Log Person Type III	Tidak ada		Diterima

4.4.3 Uji Kecocokan Probabilitas

Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menguji apakah jenis distribusi yang dipilih sesuai dengan data yang ada, yaitu uji Chi-Kuadrat dan Smirnov Kolmogorof.

4.4.3.1 Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

Distribusi Log Pearson Tipe III
Jumlah data (n) = 10
Jumlah kelas (G) = 1+ 3,322 log (n)
= 1+ 3,322 log (10)
= 4,322 ≈ 4
Menentukan derajat kebebasan (dk)= 4 - 2 - 1 = 1

Berdasarkan peluang data pengamatan dijadikan 4 sub kelompok dengan interval peluang (P) = 1/4 = 0,25

1. Sub grup 1 : P < 0,25
5. Sub grup 2 : 0,25 < P < 0,5
6. Sub grup 3 : 0,5 < P < 0,75
7. Sub grup 4 : 0,75 < P < 0,100

Syarat Nilai X^2 yang diperoleh harus lebih kecil dari nilai X^2_{Cr} (Chi kuadrat kritik), untuk suatu derajat nyata tertentu, yang di ambil adalah 5%.

Persamaan dasar yang digunakan dalam metoda distribusi Log Pearson Tipe III yaitu:

$Xt = \bar{X} + k.sd$

Nilai K didapatkan dari Tabel 2.3 dan interpolasi, maka didapatkan nilai Xt.

Untuk P = 0,25 ; $Xt = 1{,}816 + (-0{,}802).\,0{,}111 = 1{,}726$
Untuk P = 0,5 ; $Xt = 1{,}816 + (-0{,}067).\,0{,}111 = 1{,}808$
Untuk P = 0,75 ; $Xt = 1{,}816 + (0{,}668).\,0{,}111 = 1{,}890$

Cara perhitungan Uji Chi Kuadrat distribusi Log Pearson Tipe III sebagai berikut:

5. Jumlahkan data pengamatan *Oi* tiap-tiap sub-grup
6. Jumlahkan data dari persamaandistribusi yang digunakan

$$Ei = \left(\frac{n}{jumlah\ grup}\right)$$

$$Ei = \left(\frac{10}{4}\right)$$

$$Ei = 2{,}5$$

7. $\frac{(Oi-Ei)^2}{Ei} = \frac{(3-2{,}5)^2}{2{,}5} = 0{,}1$
8. x^2 merupakan total dari $\frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di Tabel 4.5

Tabel 4. 18 Perhitungan x^2Chi Kuadrat Log Pearson III

No	Interval Sub Kelompok			Jumlah Data		Oi-Ei	$\frac{(Oi-Ei)^2}{Ei}$
				Oi	Ei		
1		x≦	1.727	3	2.5	0.5	0.1
2	1.727	<x≦	1.809	3	2.5	0.5	0.1
3	1.809	<x≦	1.890	1	2.5	-1.5	0.9
5	1.890	<x		3	2.5	0.5	0.1
Jumlah				10	10	0	1.2

4.4.3.2 Uji Smirnov Kolmogorov
4.1.3.2

Uji Smirnov Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.Dari hasil analisa distribusi digunakan distribusi Log Pearson Tipe III.

Langkah Uji Smirnov

5. Mengurutkan dari yang paling besar, kemudian mencari nilai $P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0{,}091$
   m : Peringkat/no rangking
   n : Jumlah data
6. Mencari besarnya P(X<):
   $P(X <) = 1 - P(X)$
   $P(X <) = 1 - 0{,}909$
7. Mencari besarnya nilai f(t)
   $$f(t) = \frac{\log xi - log\bar{x}}{sd} = \frac{2{,}149 - 2{,}012}{0{,}099} = 1{,}37$$

4.3 Besarnya peluang teoritis P(X<) dicari menggunakan tabel wilayah luas dibawah kurva normal dari nilai f(t).

Dengan
Nilai f(t) = 1,37
Besar P'(X<) = 0,9147
Nilai D dapat dicari dengan rumus
D = P(X<) – P'(X<) = 0,0853 – 0,9147
= -0,0056

Hasil perhitungan Smirnov dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4. 19 Perhitungan Smirnov Kolmogorov

No	Xi	Log Xi	$P = \frac{m}{(n+1)}$	P(X<)	f(t)	P'(X)	P'(X<)	D
1	92.87	1.97	0.09	0.91	1.37	0.085	0.9147	-0.006
2	92.16	1.96	0.18	0.82	1.34	0.090	0.9099	-0.092
3	89.44	1.95	0.27	0.73	1.22	0.111	0.8888	-0.162
4	71.06	1.85	0.36	0.64	0.32	0.375	0.6255	0.011
5	61.35	1.79	0.45	0.55	-0.25	0.599	0.4013	0.144
6	58.40	1.77	0.55	0.45	-0.45	0.674	0.3264	0.128
7	58.29	1.77	0.64	0.36	-0.45	0.674	0.3264	0.037
8	53.27	1.73	0.73	0.27	-0.81	0.791	0.209	0.064
9	50.88	1.71	0.82	0.18	-0.99	0.839	0.1611	0.021
10	47.03	1.67	0.91	0.09	-1.29	0.902	0.0985	-0.008
							Dmax	0.144

Dari Tabel 4.19 didapatkan nilai Dmax 0,144. Dari Tabel 2.8 nilai Do derajat kepercayaan 5% dengan jumlah data 10 adalah 0,41. Syarat Smirnov yang dapat diterima adalah Dmax < Do, 0,144 < 0,41 , maka persamaan Distribusi Log Pearso III dapat diterima.

Dari Hasil perhitungan Dari hasil perhitungan curah hujan rencana digunakan curah hujan rencana distribusi Log Person Tipe III dikarenakan dalam uji kecocokan distribusi semuanya memenuhi syarat. Jadi curah hujan yang digunakan adalah:

- Periode ulang 2 th dengan curah hujan = 64.35 mm
- Periode ulang 5 th dengan curah hujan = 80.66 mm
- Periode ulang 10 th dengan curah hujan = 91.72 mm
- Periode ulang 25 th dengan curah hujan = 105.99 mm
- Periode ulang 50 th dengan curah hujan = 116.88 mm

Contoh perhitungan:

$R_{25} = \bar{x} + Sd \times K$

Karena nilai cs = 0,407 maka nilai K diperoleh dari hasil hasil interpolasi.

Tabel 4. 20 Nilai K untuk Log Pearson III

cs	Periode Ulang				
	2	5	10	25	50
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311
0.407	-0.067	0.815	1.317	1.882	2.265
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261

Sumber: Hasil Perhitungan

$$K = 1.91 + \left(\frac{0.407-(0.5)}{0.4-(0.5)}\right)(1.88 - 1.91)$$
$$K = 1.882$$

$$LogR_2 = \bar{x} + Sd \times K$$
$$LogR_2 = 1.81 + 0.111 \times 1.882$$
$$LogR_2 = 2.02$$
$$R_{25} = 105.99\, mm$$

4.4.4 Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Perhitungan keofisien pengaliran berdasarkan luas daerah tangkapan hujan dan tata guna lahan wilayah Kali Kuning Yogyakarta. Sehingga nilai koefisien pengaliran (C) yang diambil untuk beberapa tata guna lahan sebagai berikut:

Hutan = 0,2
Pemukiman = 0,6
Pertanian = 0,25

Berikut merupakan untuk perhitungan C gabungan
Luas das = 57,932 km^2
Hutan = 2,766 km^2 C = 0,2

Pemukiman = 23,092 km^2 C = 0,6
Pertanian = 32,073 km^2 C = 0,25

$$Cgabungan = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A}$$

$$Cgabungan = \frac{0.2 \times 2.766 + 0.6 \times 23{,}092 + 0.25 \times 32.073}{57.932}$$

$$Cgabungan = 0.387$$

4.4.5 Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik tinjau yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

Perhitungan menggunakan rumus Kirpich, berikut ini adalah perhitungan tc pada Kali Kuning.

Dengan:
S = 0,015 ; L = 31,68 km

$$tc = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385}$$

Keterangan:
S: Kemiringan rata-rata
L: Panjang saluran dari bagian hulu ke titik yang ditinjau (km)
tc: Waktu yang dibutuhkan untuk air mengalir dari titik terjauh hingga ke titik tinjau. (Time of Concentration)

$$tc = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385}$$

$$tc = \left(\frac{0.87 \times 23.03^2}{1000 \times 0.015}\right)^{0,385}$$
$$tc = 3.74\ jam$$

4.4.6 Intensitas Hujan Rencana (I)

Intensitas hujan periode ulang 25 tahun ini dihitung menggunakan rumus Mononobe dengan menggunakan Curah hujan harian rata-rata maksimum periode ulang 25 tahun metode Log-Pearson Type III. Intensitas hujan periode ulang 25 tahun digunakan untuk mengetahui debit rencana dengan periode ulang 25 tahun yang akan digunakan untuk Kali Kuning

Berikut Perhitungan Intesitas Hujan

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3}$$
$$I = \frac{105.99}{24} \times \left(\frac{24}{3.74}\right)^{2/3}$$
$$I = 15.25\ mm/jam$$

4.4.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

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

Perhitungan Debit Banjir Rencana Kali Kuning

Diketahui:

C = 0.387

I = 15.25 mm/jam

A = 57.932 km^2

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$
$$Q = 0.278 \times 0.387 \times 15.25 \times 57.932$$

$Q = 98.158$ m^3/detik

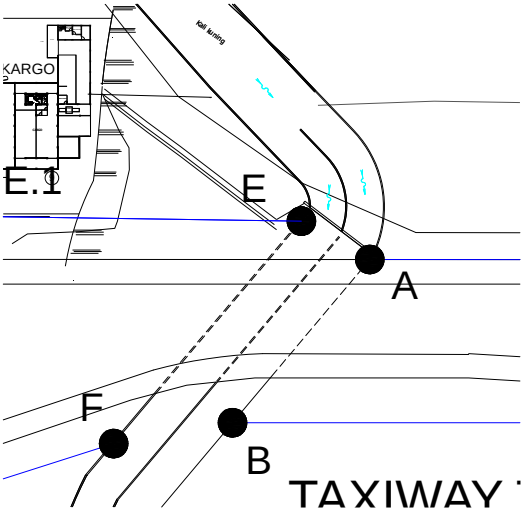
4.5 Perbandingan Kapasitas Saluran Eksisting dengan Debit Rencana

Perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana adalah cara membandingkan kapasitas saluran dengan debit rencana. Apabila kapasitas saluran eksisting lebih besar daripada debit rencana, maka saluran tersebut dikatakan aman. Tetapi apabila kapasitas saluran eksisting lebih kecil daripada debit rencana maka saluran tersebut banjir.

Dikarenakan sungai-sungai yang ditinjau menjadi saluran pembuang terhadap saluran Drainase bandara maka perlu di tambahkan debit banjir dari Drainase pada sungai yang ditinjau.

Contoh perhitungan penambahan debit banjir rencana dari saluran drainase bandara A.1-A pada Saluran Kali kuning:

Debit pada saluran kali kuning dibagi 2 dikarenakan penampang saluran dibagi menjadi 2 saluran oleh dinding penyangga runway.



Gambar 4. 6 Denah Saluran Kali Kuning

Debit rencana yang semula 98.158 m^3/detik akibat saluran terbagi dua, maka debit rencananya menjadi 49,079 m^3/detik.

Q Kali kuning = 49,079 m^3/det
Q A.1 - A = 0,147 m^3/det
Q rencana = 49,079 m^3/det + 0,147 m^3/det
= 49,226 m^3/det

Perhitungan kapasitas saluran kali kuning untuk satu saluran.

- b = 7.5 m
- h = 3.5 m
- $A = b \times h$
- $A = 7.5 \times 3.5$
- $A = 26.25$ m^2
- $P = b + 2h$

- $P = 7.5 + 2 \times 3.5$
- $P = 33.25$ m
- $R = \frac{A}{P}$
- $R = \frac{26.25}{33.25}$
- $R = 0.882$ m
- $Q = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \times A$
- $Q = \frac{1}{0.011} \times 0.882^{\frac{2}{3}} \times 0.0007^{\frac{1}{2}} \times 26.25$
- $Q = 58.083\, m^3/s$

Berdasarkan dimensi eksisting, perhitungan hidrolika pada Saluran Kali Kuning didapatkan hasil Q hidrolika = 58,083 m3/det. Q rencana < Q hidrolika, Kali Kuning mampu menerima debit dari saluran drainase bandara A.1 – A.

Hasil perbandingan Q rencana dan Q hidrolika saluran lainnya dapat dilihat pada tabel 4.21

Tabel 4. 21 Perbandingan debit rencana saluran pembuang

No	Nama Saluran	Q rencana	Q eksisting	Keterangan
1	A.1 - A	49.226	58.083	Aman
2	B.1 - B	49.588	58.083	Aman
3	C.1 - C	49.971	58.083	Aman
4	D.1 - D	50.522	58.083	Aman
5	E.1 - E	49.993	58.083	Aman
6	F.1 - F	52.647	58.083	Aman
7	G.1 - G	54.240	58.083	Aman
8	H.1 - H	57.901	58.083	Aman

4.6 Analisa elevasi saluran drainase terhadap saluran pembuang

Perlu dibandingkan antara elevasi muka air sungai dan muka air saluran drainase bandara, elevasi muka air pada sungai harus lebih rendah agar tidak terjadi backwater pada saluran drainase bandara.

Berikut merupakan rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau:

Tabel 4. 22 Rekapitulasi elevasi tiap titik tinjau pada Kali Kuning

Saluran	Elv. Tanggul	Elv. Dasar Saluran	Elv. Muka air
Kali Kuning A	103.83	100.33	102.60
A.1 - A	103.47	103.06	103.27
Kali Kuning B	103.79	100.29	102.56
B.1 - B	103.21	102.62	103.01
Kali Kuning C	103.73	100.23	102.50
C.1 - C	103.73	103.15	103.53
Kali Kuning D	103.64	100.14	102.41
D.1 - D	103.73	103.09	103.53
Kali Kuning E	103.84	100.34	102.61
E.1 - E	103.67	102.87	103.47
Kali Kuning F	103.79	100.29	102.56
F.1 - F	103.61	102.33	103.41
Kali Kuning G	103.73	100.23	102.50
G.1 - G	104.00	102.95	103.80
Kali Kuning H	103.64	100.14	102.41
H.1 - H	104.00	102.50	103.80

(sumber: Hasil Perhitungan)

4.7 Perencanaan Gorong-gorong

Dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat gorong-gorong yang melintasi Taxiway dan, diperuntukan untuk mengalirkan Saluran di bawah taxiway.

Berikut merupakan contoh perhitungan gorong-gorong untuk Saluran B.2 – B.1:

Q = 0,37 m^3/det
L = 40 meter
V_0 = 1 m/det
V_1 = 1,5 m/det
V_2 = 1 m/det

Direncanakan menggunakan box culvert

b = 0,5 m
h = 0,5 m
$A = b \times h$
$A = 0.5 \times 0.5$
$A = 0.25$

Kehilangan energi saat masuk ke gorong-gorong

$$\Delta Hm = \varepsilon_m \times \frac{(v_1 - v_0)^2}{2 \times g}$$

$$\Delta Hm = 0{,}2 \times \frac{(1{,}5 - 1)^2}{2 \times 9{,}8}$$

$$\Delta Hm = 0{,}0026\ m$$

Kehilangan energi sepanjang gorong-gorong

$$\Delta Hf = \frac{{v_1}^2 \times L}{C^2 \times R}$$

$$\Delta Hf = \frac{1{,}5^2 \times 40}{(0{,}17^{\frac{1}{6}} \times 70)^2 \times 0{,}17}$$
$$\Delta Hf = 0{,}2\ m$$

Kehilangan energi saat keluar dari gorong-gorong

$$\Delta Hk = \varepsilon_k \times \frac{(v_2 - v_1)^2}{2 \times g}$$
$$\Delta Hk = 0{,}4 \times \frac{(1 - 1{,}5)^2}{2 \times 9{,}8}$$
$$\Delta Hk = 0{,}0051\ m$$

Kehilangan energi total

$$Z = \Delta Hm + \Delta Hf + \Delta Hk$$
$$Z = 0{,}0026 + 0{,}2 + 0{,}0051$$
$$Z = 0{,}208\ m$$

Untuk dimensi gorong-gorong yang lain dapat dilihat pada tabel 4.23 dan untuk kehilangan energi dapat dilihat pada tabel 4.24, tabel 4.25 dan tabel 4.26

Tabel 4. 23 Perencanaan dimensi gorong-gorong

Saluran	I	n	b (m)	h (m)	A (m^2)	P (m)	R	V	Q hidrolika	Q hidrologi
B.1 - B	0.0030	0.011	0.5	0.5	0.25	1.5	0.17	1.5	0.37	0.35
C.2 - C.1	0.0030	0.011	0.5	0.5	0.25	1.5	0.17	1.5	0.37	0.37
F.2 - F.1	0.0008	0.011	1.3	1.3	1.69	3.9	0.43	1.5	2.55	2.39
F.3 - F.2	0.0016	0.011	0.9	0.9	0.81	2.7	0.30	1.6	1.31	1.02
G.2 - G.1	0.0012	0.011	1	1	1	3	0.33	1.5	1.50	1.56
G.4 - G.3	0.0012	0.011	1	1	1	3	0.33	1.5	1.50	1.50
G.8 - G.7	0.0012	0.011	1	1	1	3	0.33	1.5	1.50	1.31
H.2 - H.1	0.0008	0.011	1.5	1.3	1.95	4.1	0.48	1.6	3.14	3.05
H.4 - H.3	0.0012	0.011	1	1	1	3	0.33	1.5	1.50	1.60
H.6 - H.5	0.0016	0.011	0.9	0.9	0.81	2.7	0.30	1.6	1.31	1.17
H.1.2 - H.1.1	0.0030	0.011	0.5	0.5	0.25	1.5	0.17	1.5	0.37	0.36

(sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 24 Kehilangan energi saat masuk gorong-gorong

Saluran	Ɛm	v1	v0	g	ΔHm
B.1 - B	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
C.2 - C.1	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
F.2 - F.1	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
F.3 - F.2	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
G.2 - G.1	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
G.4 - G.3	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
G.8 - G.7	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
H.2 - H.1	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
H.4 - H.3	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
H.6 - H.5	0.2	1.5	1	9.8	0.0026
H.1.2 - H.1.1	0.2	1.5	1	9.8	0.0026

(sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 25 Kehilangan energi yang terjadi sepanjang gorong-gorong

Saluran	$v1^2$	L	$R^{1/6}$	K	C^2	R	ΔHf
B.1 - B	2.25	40	0.74	70	2696.6	0.17	0.200
C.2 - C.1	2.25	40	0.74	70	2696.6	0.17	0.200
F.2 - F.1	2.25	30	0.87	70	3708.0	0.43	0.042
F.3 - F.2	2.25	30	0.82	70	3280.2	0.30	0.069
G.2 - G.1	2.25	30	0.83	70	3397.5	0.33	0.060
G.4 - G.3	2.25	30	0.83	70	3397.5	0.33	0.060
G.8 - G.7	2.25	22	0.83	70	3397.5	0.33	0.045
H.2 - H.1	2.25	20	0.88	70	3824.8	0.48	0.025
H.4 - H.3	2.25	20	0.83	70	3397.5	0.33	0.040
H.6 - H.5	2.25	30	0.82	70	3280.2	0.30	0.069
H.1.2 - H.1.1	2.25	20	0.74	70	2696.6	0.17	0.100

(sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 4. 26 Kehilangan energi saat keluar gorong-gorong

Saluran	Ɛk	v2	v1	g	ΔHk
B.1 - B	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
C.2 - C.1	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
F.2 - F.1	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
F.3 - F.2	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
G.2 - G.1	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
G.4 - G.3	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
G.8 - G.7	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
H.2 - H.1	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
H.4 - H.3	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
H.6 - H.5	0.4	1	1.5	9.8	0.0051
H.1.2 - H.1.1	0.4	1	1.5	9.8	0.0051

“Halama ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan debit banjir rencana pada saluran drainase bandara didapatkan berdasarkan data curah hujan 10 tahun dengan periode ulang 10 tahun yang terdiri dari A.1 – A dengan debit 0,145 m^3/detik, B.1 – B dengan debit 0,349 m^3/detik, C.1 – C dengan debit 0,369 m^3/detik, D.1 – D dengan debit 0,529 m^3/detik, E.1 – E dengan debit 0,906 m^3/detik, F.1 – F dengan debit 2,591 m^3/detik, G.1 – G dengan debit 1,589 m^3/detik, H.1 – H dengan debit 3,614 m^3/detik.
2. Berdasarkan analisa hidrologi serta hidrolika, maka didapatkan dimensi yang sesuai untuk saluran drainase bandara yang terdiri dari A.1 – A dengan lebar 0,5 m dan tinggi 0,4 m, B.1 – B dengan lebar 0,5 m dan tinggi 0,6 m, C.1 – C dengan dengan lebar 0,6 m dan tinggi 0,6 m, D.1 – D dengan lebar 0,8 m dan tinggi 0,65 m, E.1 – E dengan lebar 0,9 m dan tinggi 0,8 m, F.1 – F dengan lebar 1,3 m dan tinggi 1,2 m, G.1 – G dengan dengan lebar 1 m dan tinggi 1,05 m, H.1 – H dengan lebar 1,5 m dan tinggi 1,5 m.
3. Perencanaan gorong-gorong pada saluran yang terpotong taxiway direncanakan sesuai pada perencanaan gorong-gorong. Berikut perencanaan gorong-gorong B.1 – B dengan lebar 0,5 m dan tinggi 0,5 m, C.2 – C.1 dengan

lebar 0,5 m dan tinggi 0,5 m, F.2 – F.1 dengan lebar 1,3 m dan tinggi 1,3 m, G.2 – G.1 dengan lebar 1 m dan tinggi 1 m, H.2 – H.1 dengan lebar 1,5 m dan tinggi 1,3 m.

4. Analisa hidrologi dan analisa hidrolika pada sungai yang telah dilakukan dapat menjadi acuan dalam membandingkan kapasitas eksisting dengan debit banjir rencana, lalu didapatkan kesimpulan bahwa saluran kali kuning mampu menerima debit dari saluran drainase bandara.
5. Berdasarkan perencanaan elevasi saluran drainase bandara yang telah dilakukan di tiap titik tinjau dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi backwater dari Kali Kuning di semua saluran drainase bandara.

5.2 Saran

Perlunya ada perawatan berkala secara rutin seperti melakukan pengerukan sedimen agar sistem drainase dapat berjalan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Chow, Ven Te, 1959, *Open Channel Hydraulics*. New York, USA : Mc. Graw-Hill Civil Engineering Series

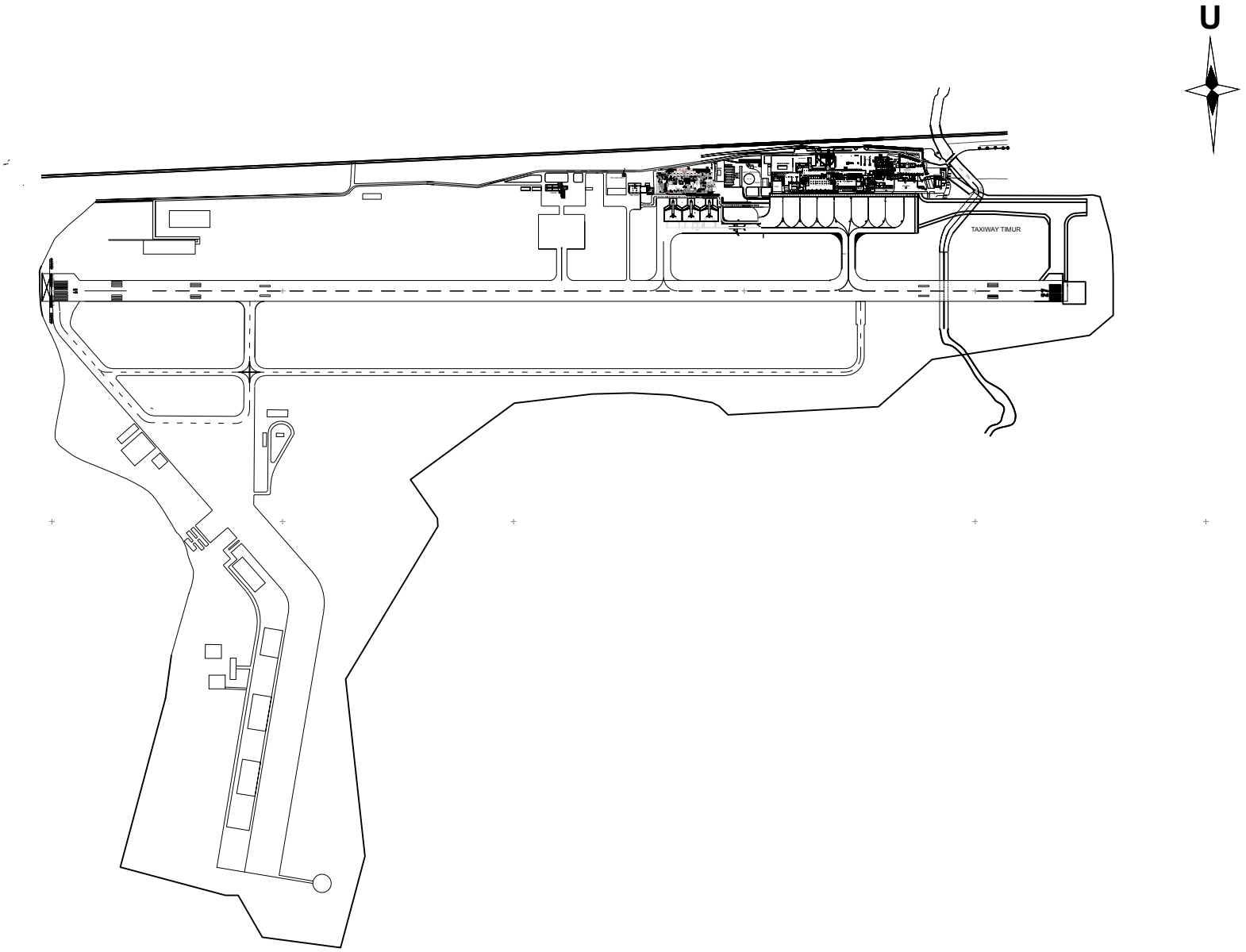
Federal Aviation Administration . (2006) *Unified Facilities Criteria (Ufc) Surface Drainage Design.* Canonsburg: FAA

Kirpich, T. P. 1940. *Time of concentration of small agricultural watersheds*. Civil Engineering, 10(6), 362.

Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data.* Bandung: NOVA.

Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* Yogyakarta: ANDI.

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta: Beta Offset



Sumber: PT. Angkasa Pura I, Bandara Adisucipto

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember
Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

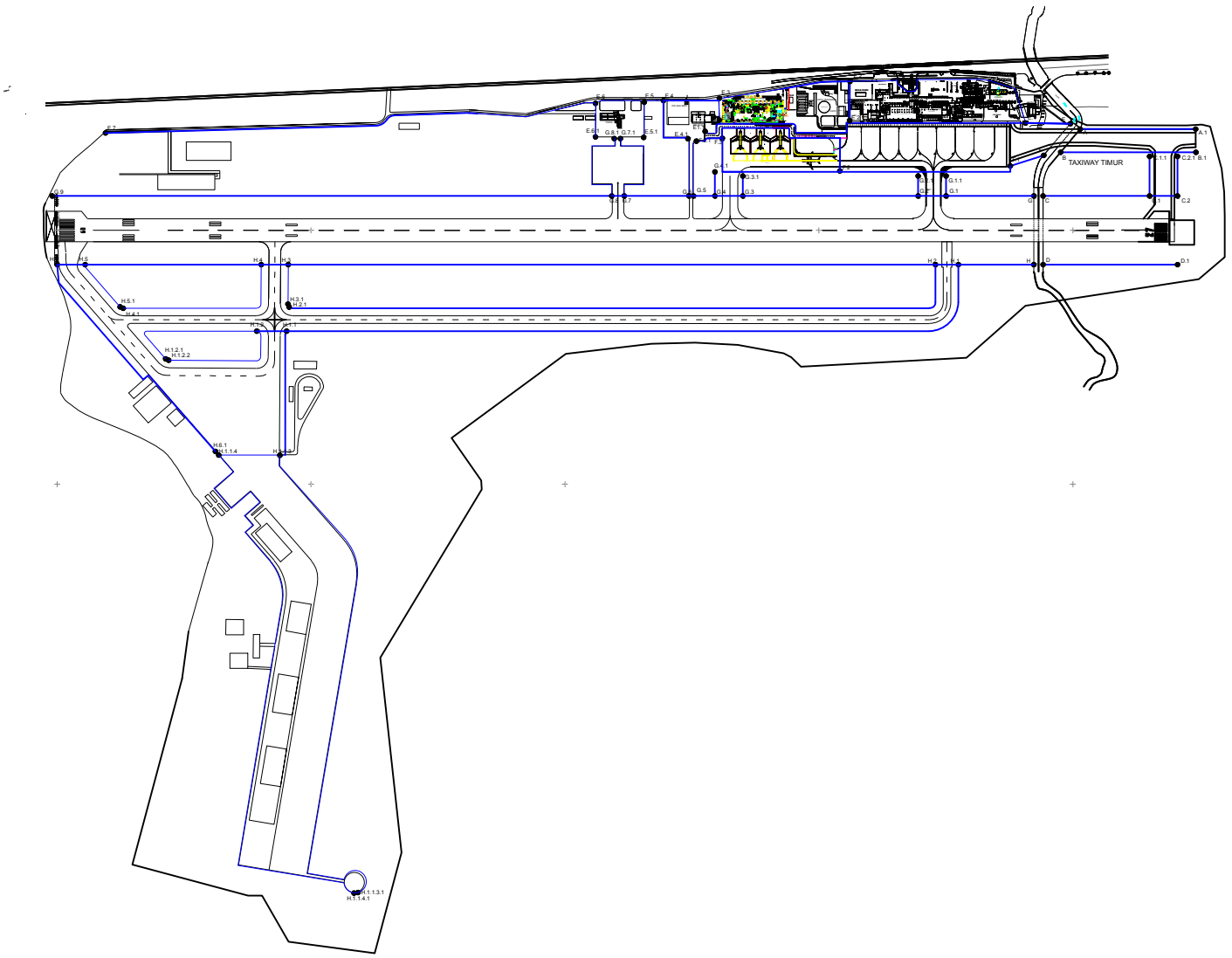
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

DENAH

SKALA	TANGGAL
1:13000	15 Jan 2018



Sumber: PT. Angkasa Pura I, Bandara Adisucipto

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember
Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

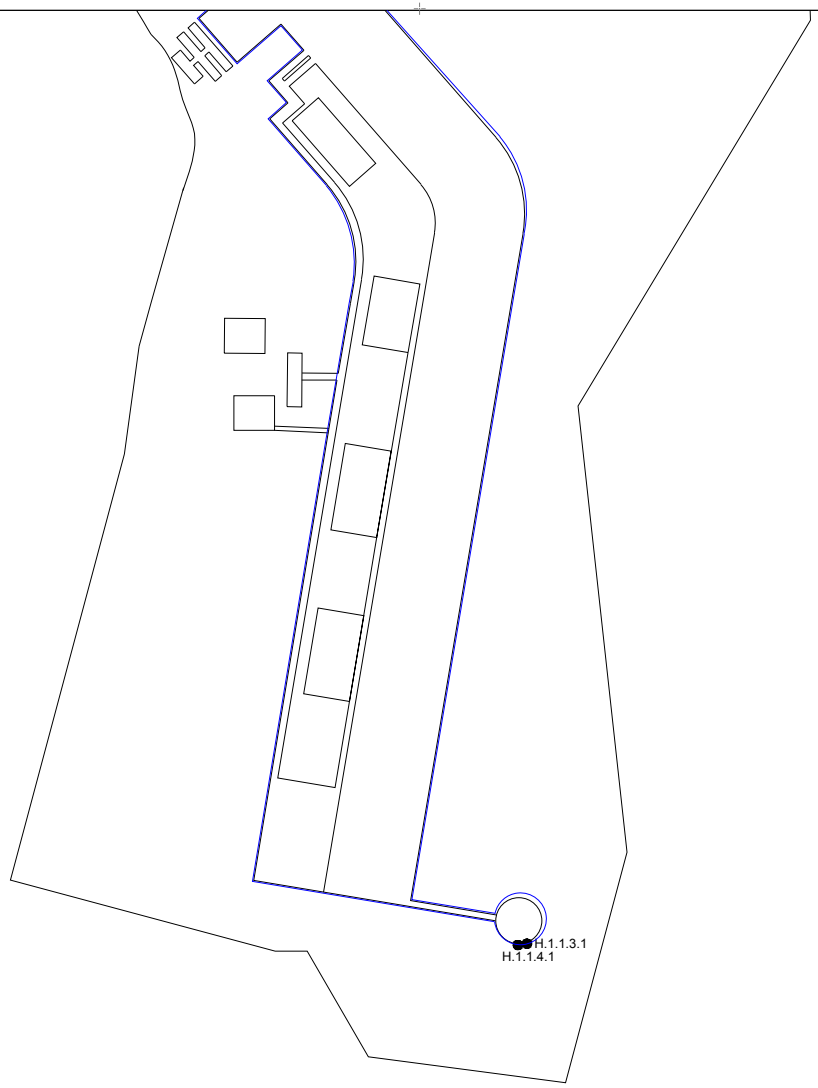
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

DENAH

SKALA	TANGGAL
1:13000	15 Jan 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember
Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

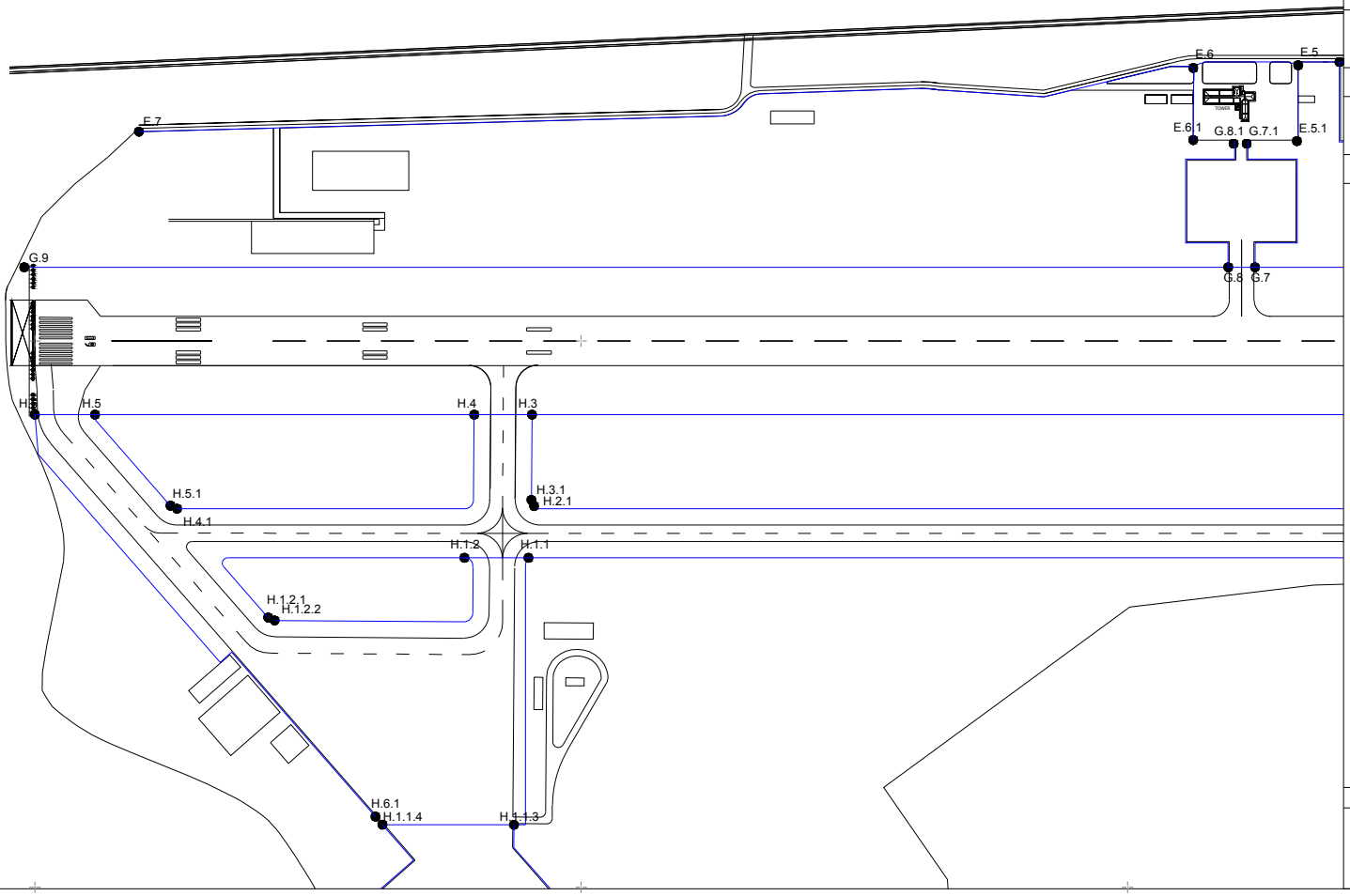
Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

SKALA	TANGGAL



Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

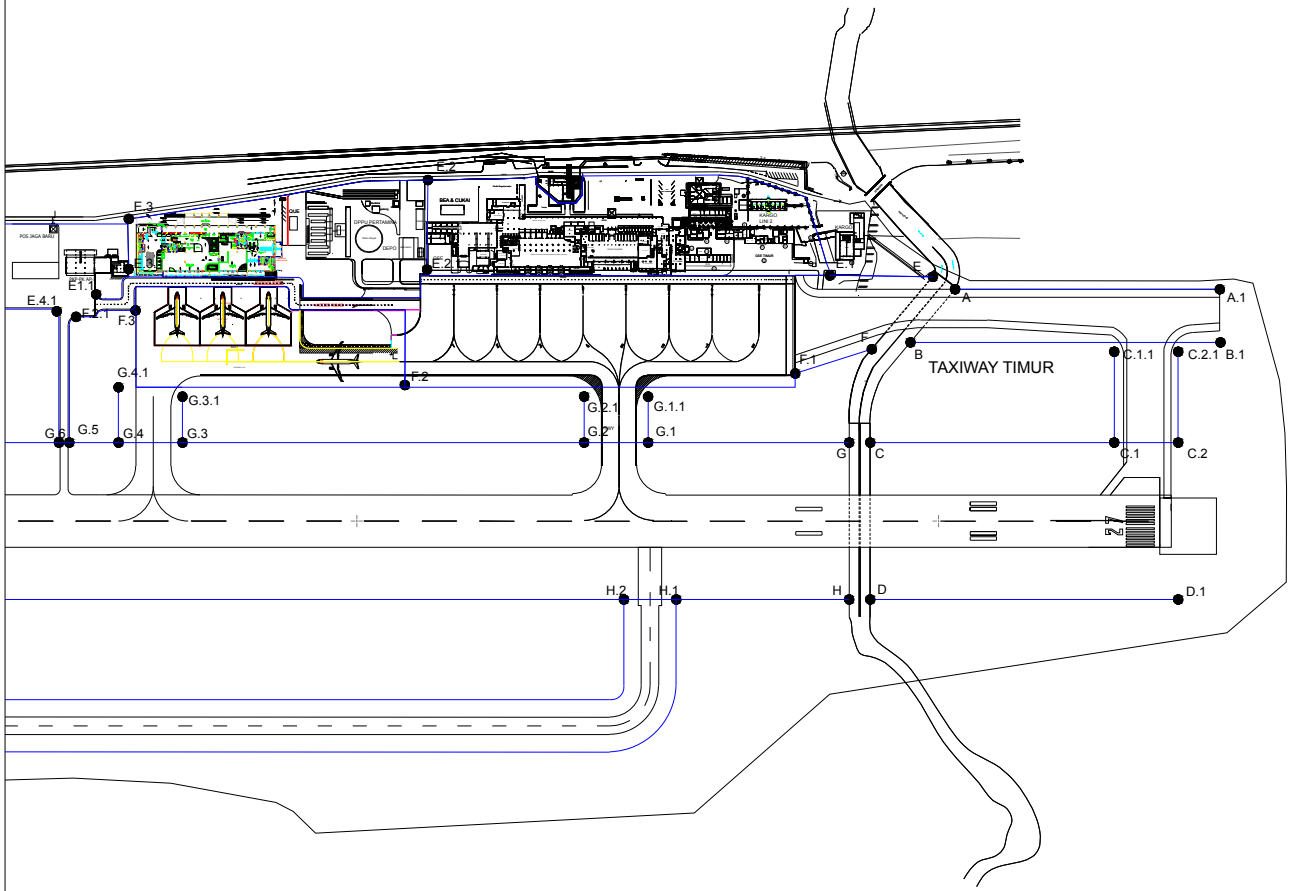
Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

SKALA	TANGGAL



Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

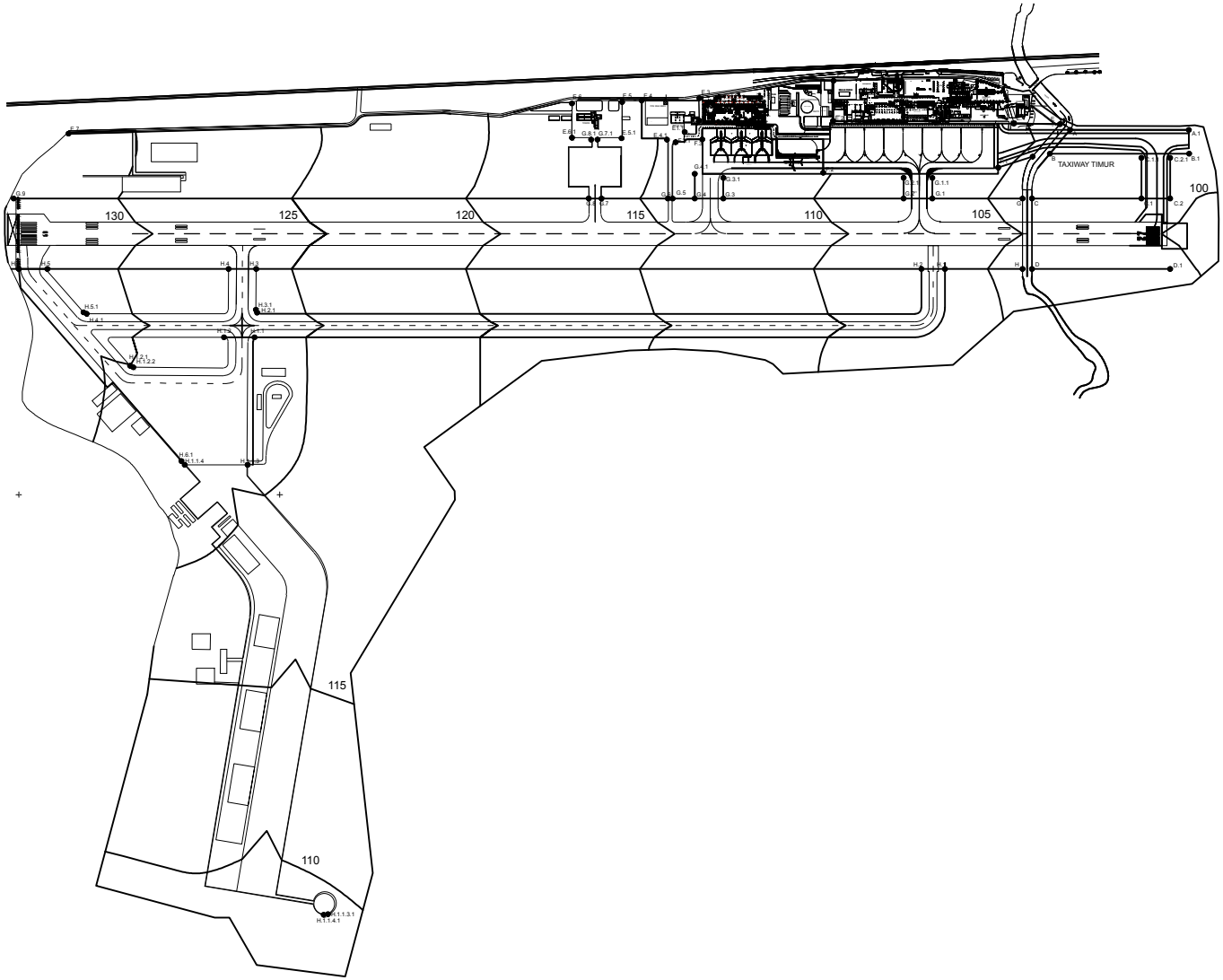
Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

SKALA	TANGGAL



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember
Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

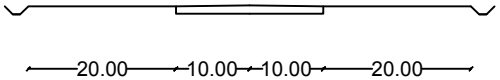
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

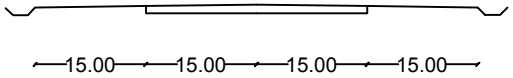
Kontur

SKALA	TANGGAL
	10 Jan 2018



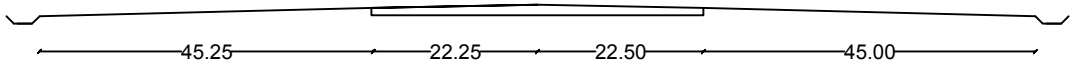
POTONGAN TAXIWAY

SKALA 1 : 100



POTONGAN EXIT TAXIWAY

SKALA 1 : 100



POTONGAN RUNWAY

SKALA 1 : 100

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

3115105023

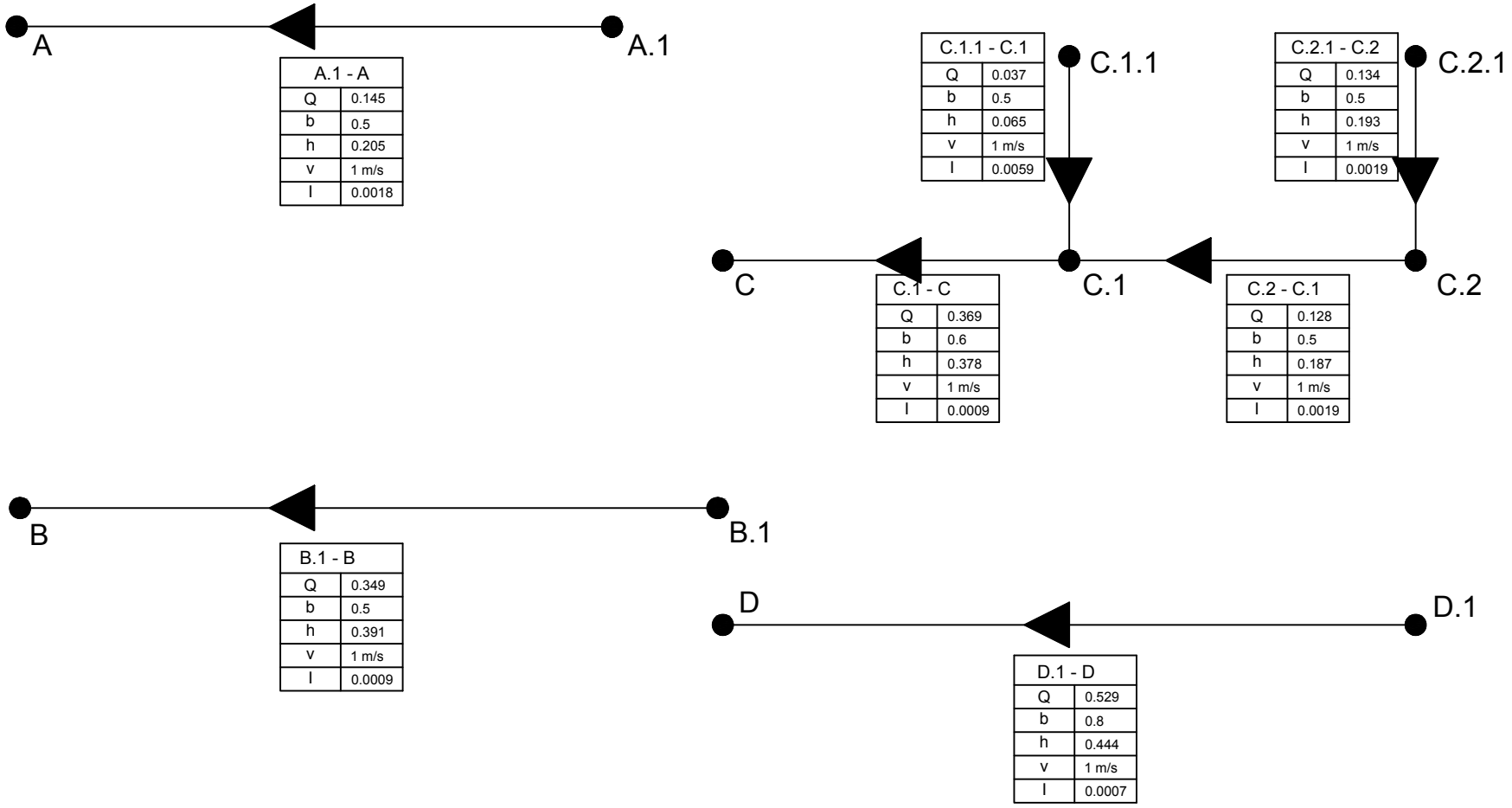
NAMA GAMBAR

POTONGAN TAXIWAY

POTONGAN EXITTAXIWAY

POTONGAN RUNWAY

SKALA	TANGGAL
1 : 100	10 Jan 2018



Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

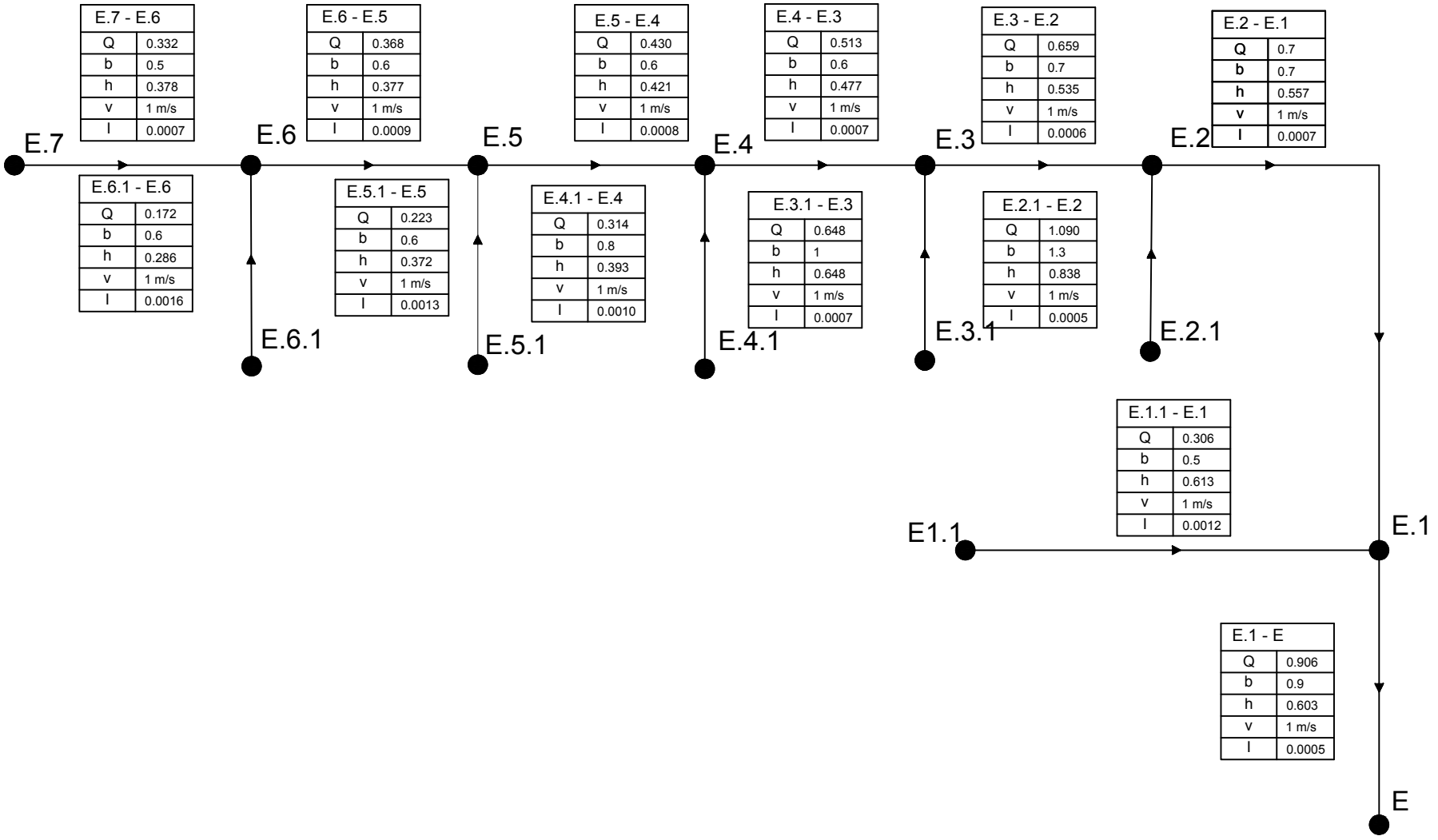
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL



Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

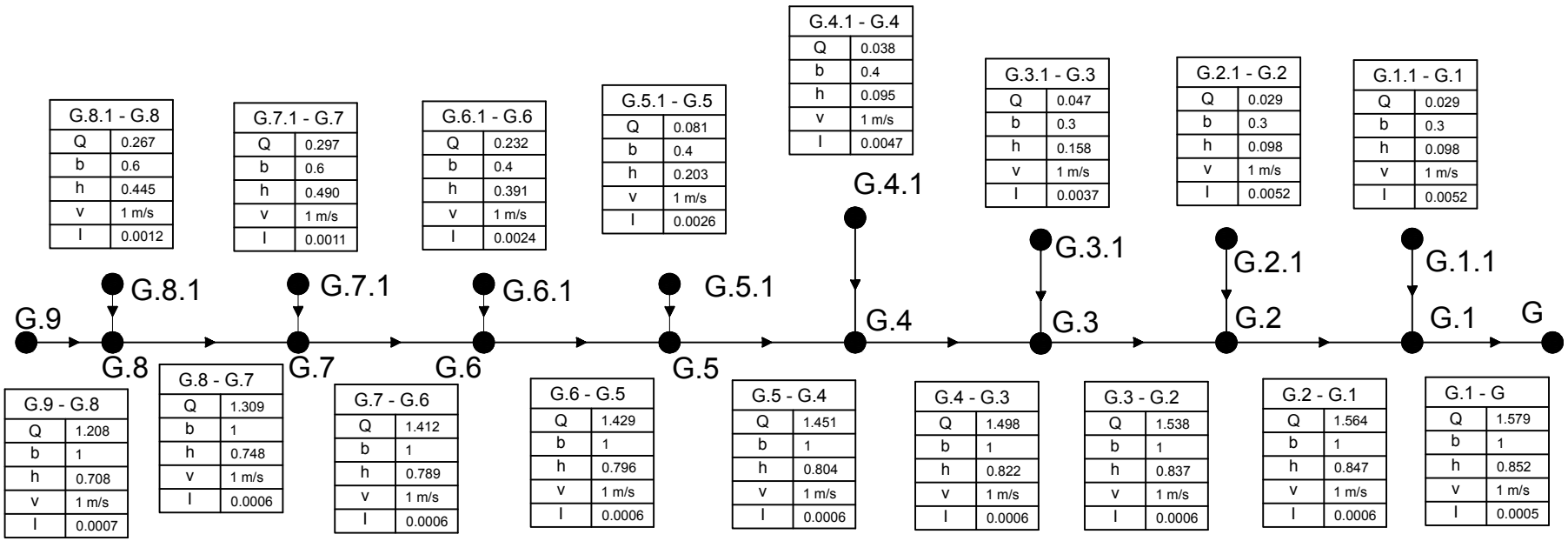
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL



ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

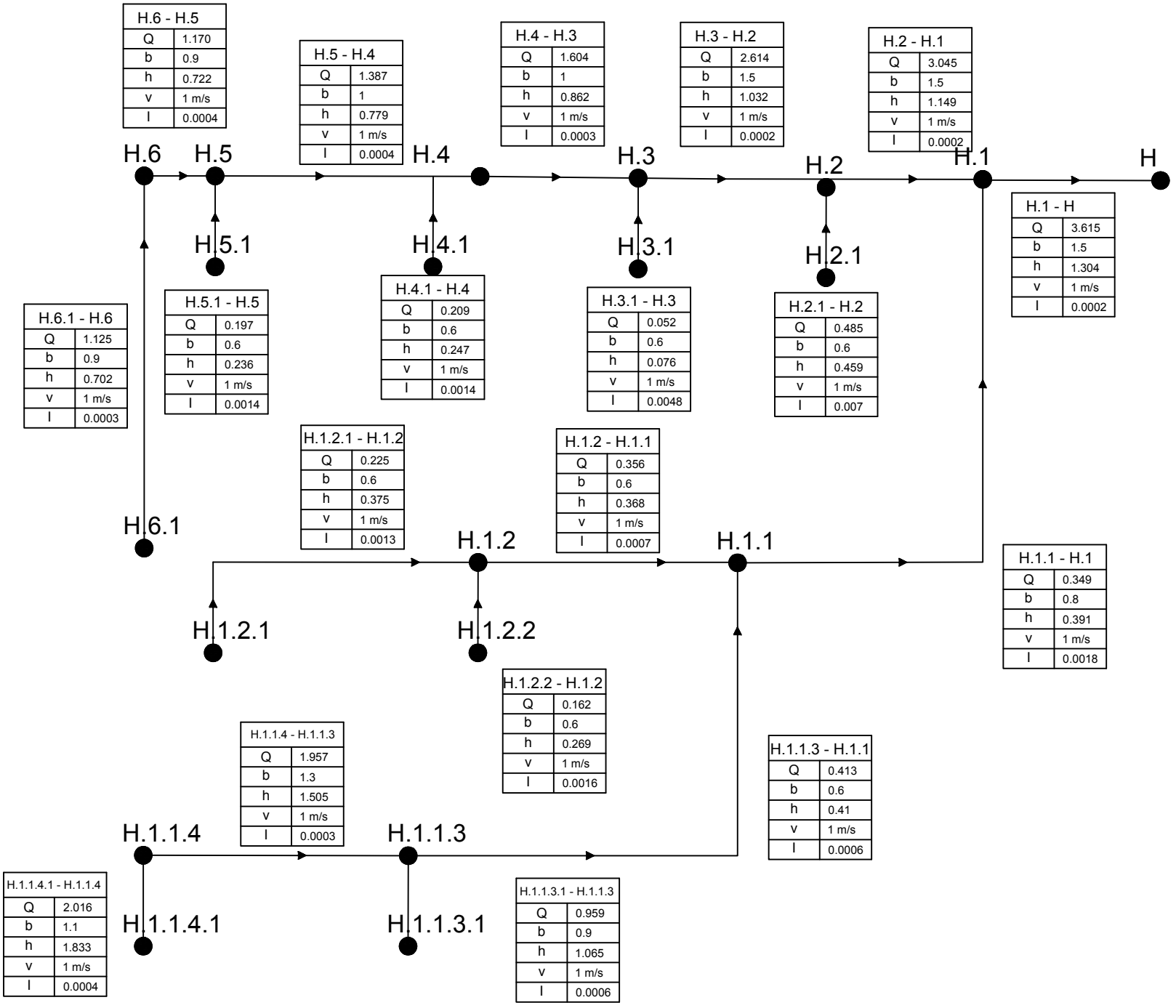
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL



ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

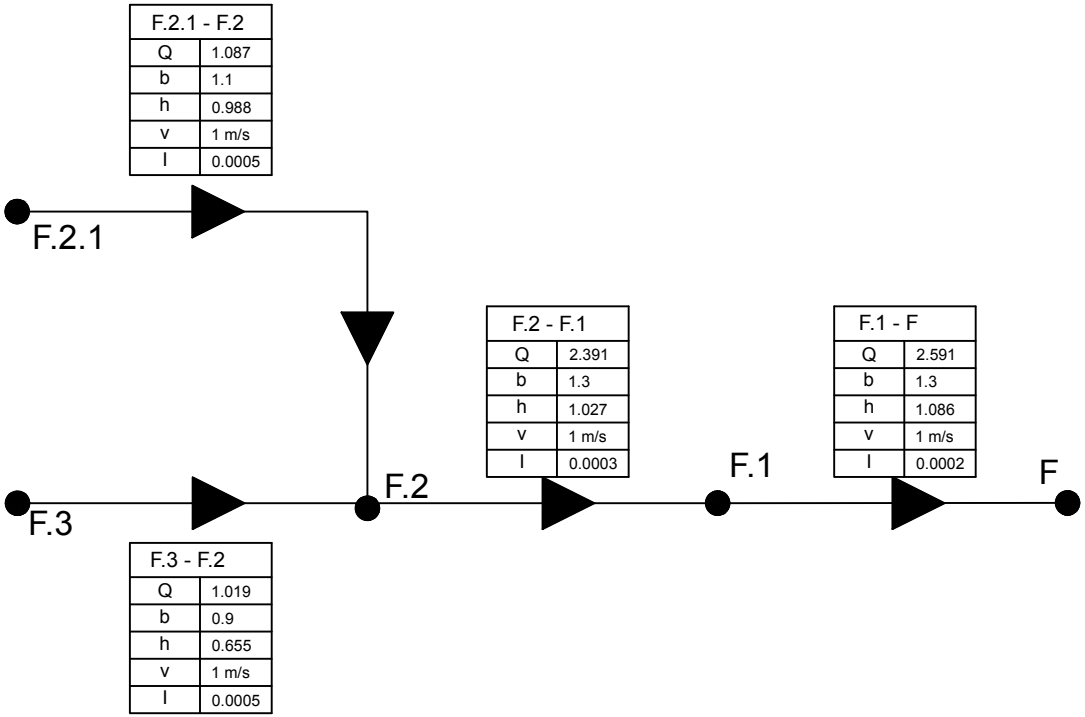
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL



ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

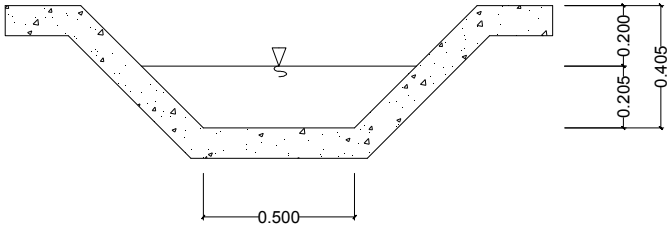
NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

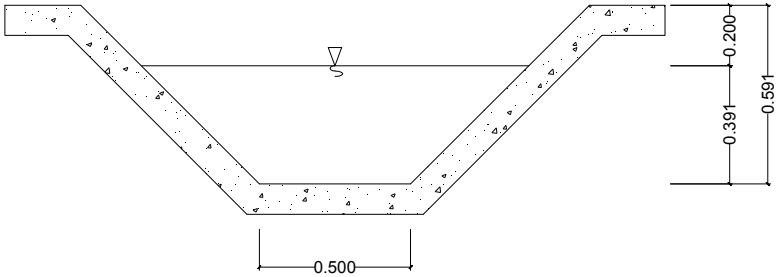
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL



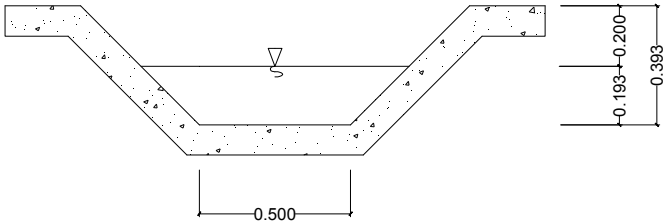
SALURAN A.1 - A

SKALA 1 : 25



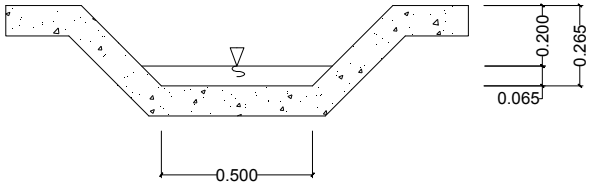
SALURAN B.1 - B

SKALA 1 : 25



SALURAN C.2.1 - C.2

SKALA 1 : 25



SALURAN C.1.1 - C.1

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

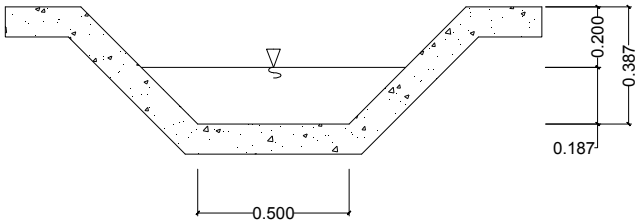
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

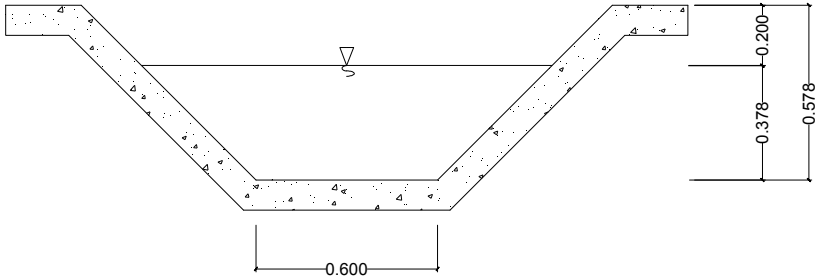
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



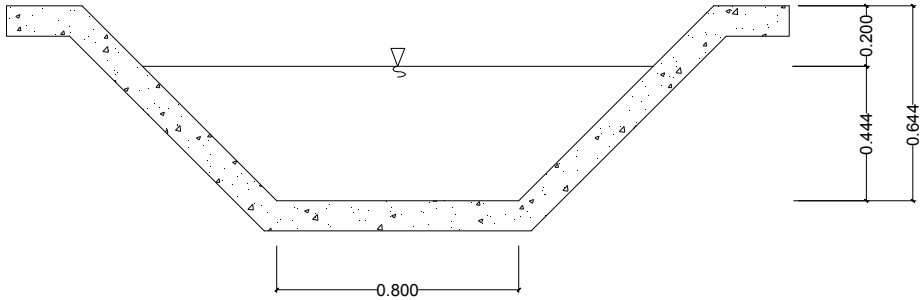
SALURAN C.2 - C.1

SKALA 1 : 25



SALURAN C.1 - C

SKALA 1 : 25



SALURAN D.1 - D

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

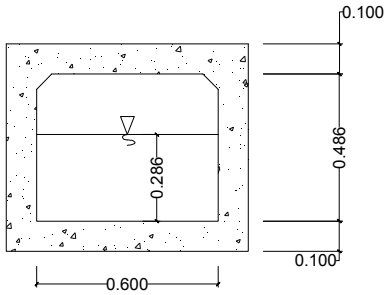
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

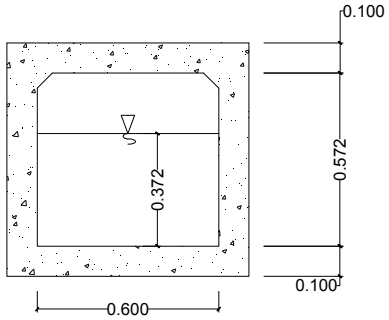
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



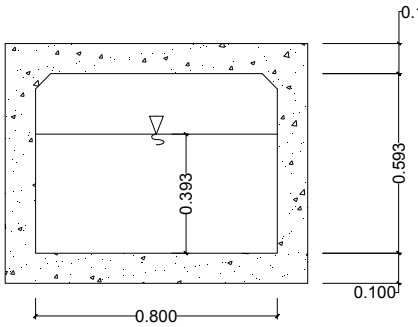
BC E.6.1 - E.6

SKALA 1 : 25



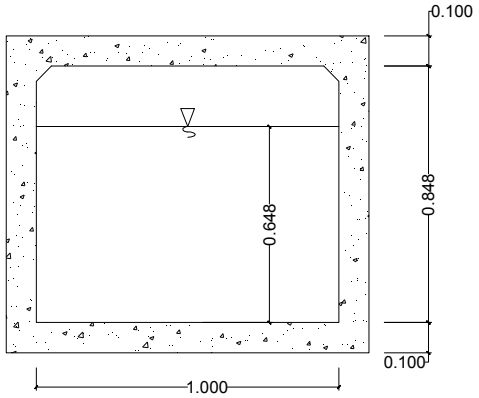
BC E.5.1 - E.5

SKALA 1 : 25



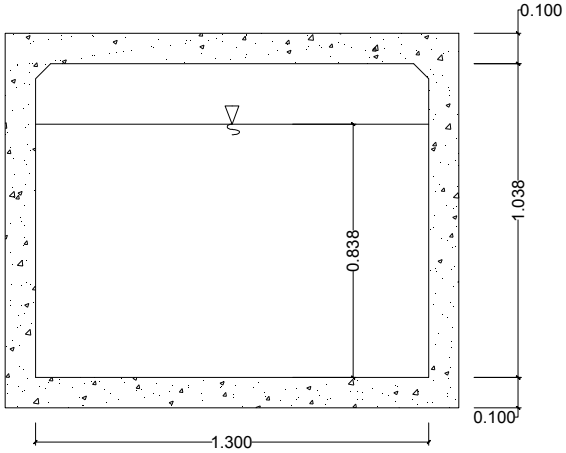
BC E.4.1 - E.4

SKALA 1 : 25



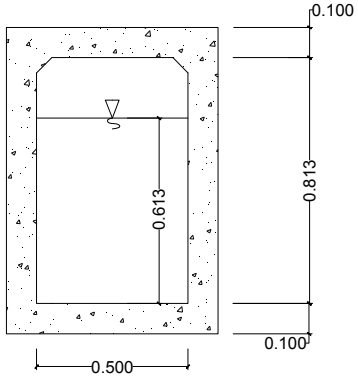
BC E.3.1 - E.3

SKALA 1 : 25



BC E.2.1 - E.2

SKALA 1 : 25



BC E.1.1 - E.1

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

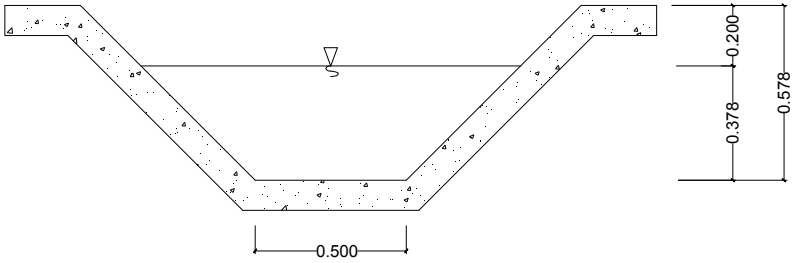
3115105023

NAMA GAMBAR

BOX CULVERT

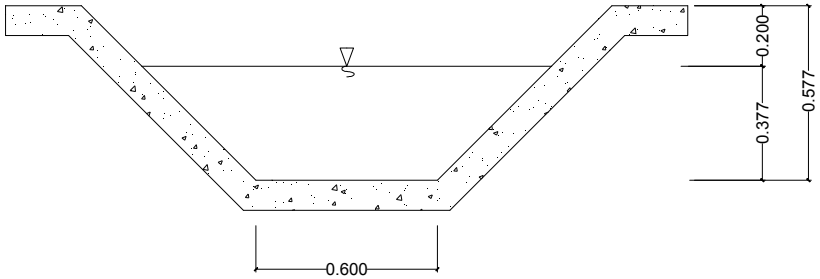
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



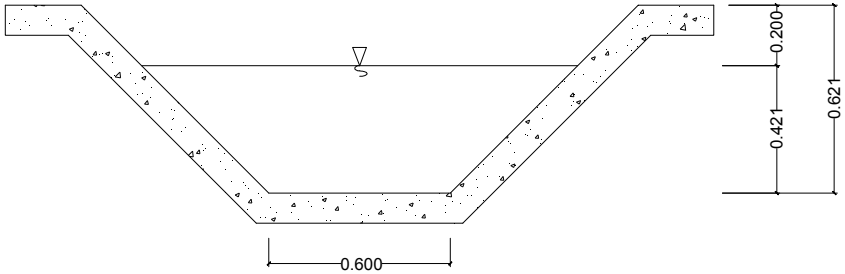
SALURAN E.7 - E.6

SKALA 1 : 25



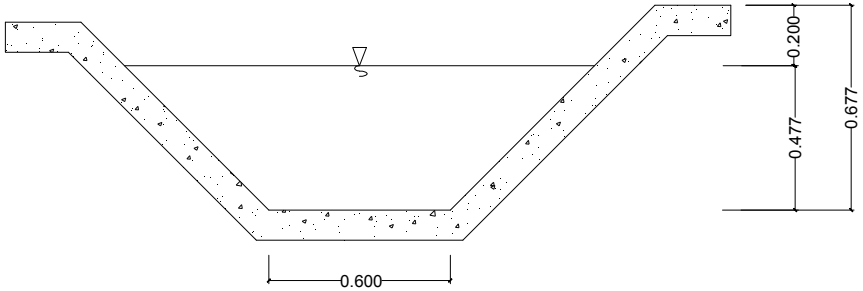
SALURAN E.6 - E.5

SKALA 1 : 25



SALURAN E.5 - E.4

SKALA 1 : 25



SALURAN E.4 - E.3

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

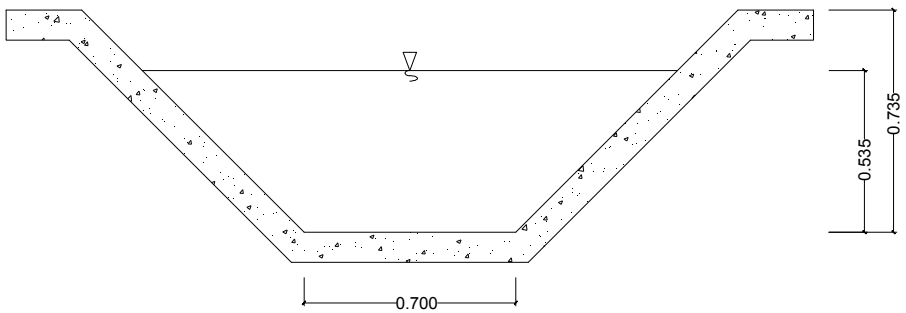
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

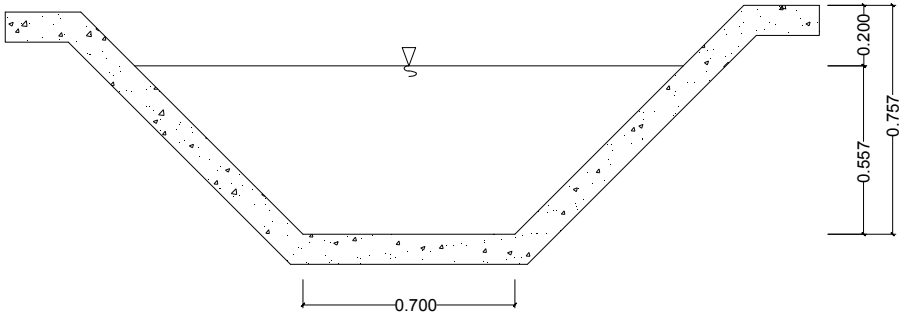
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



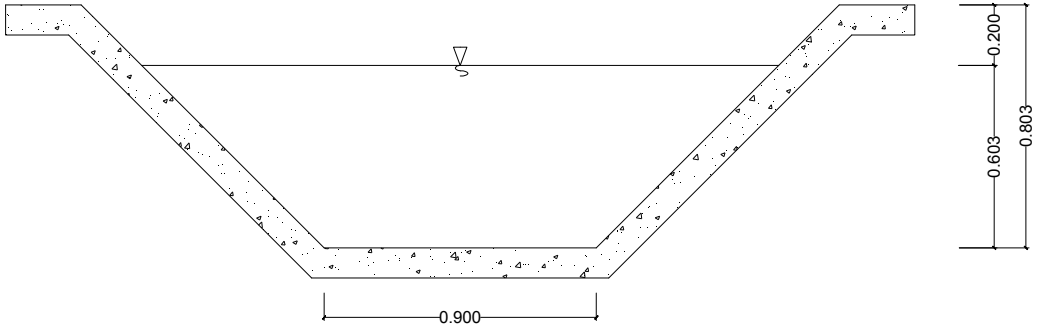
SALURAN E.3 - E.2

SKALA 1 : 25



SALURAN E.2 - E.1

SKALA 1 : 25



SALURAN E.1 - E

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

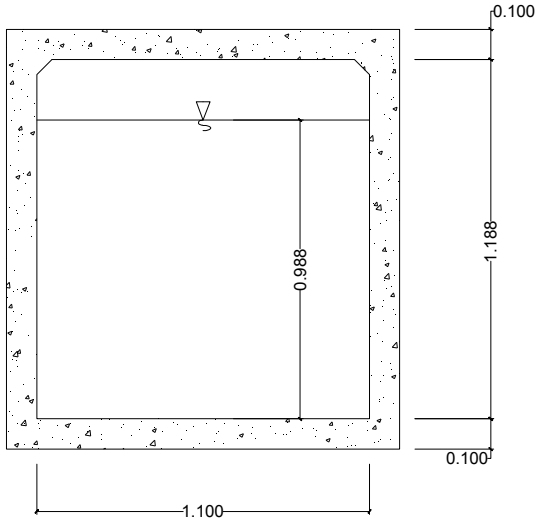
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



BC F.2.1 - F.2

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

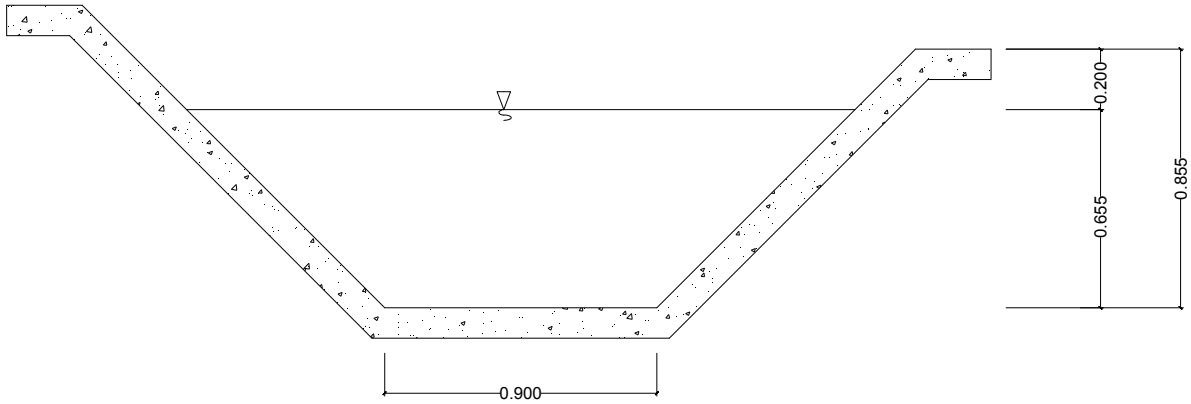
3115105023

NAMA GAMBAR

BOX CULVERT

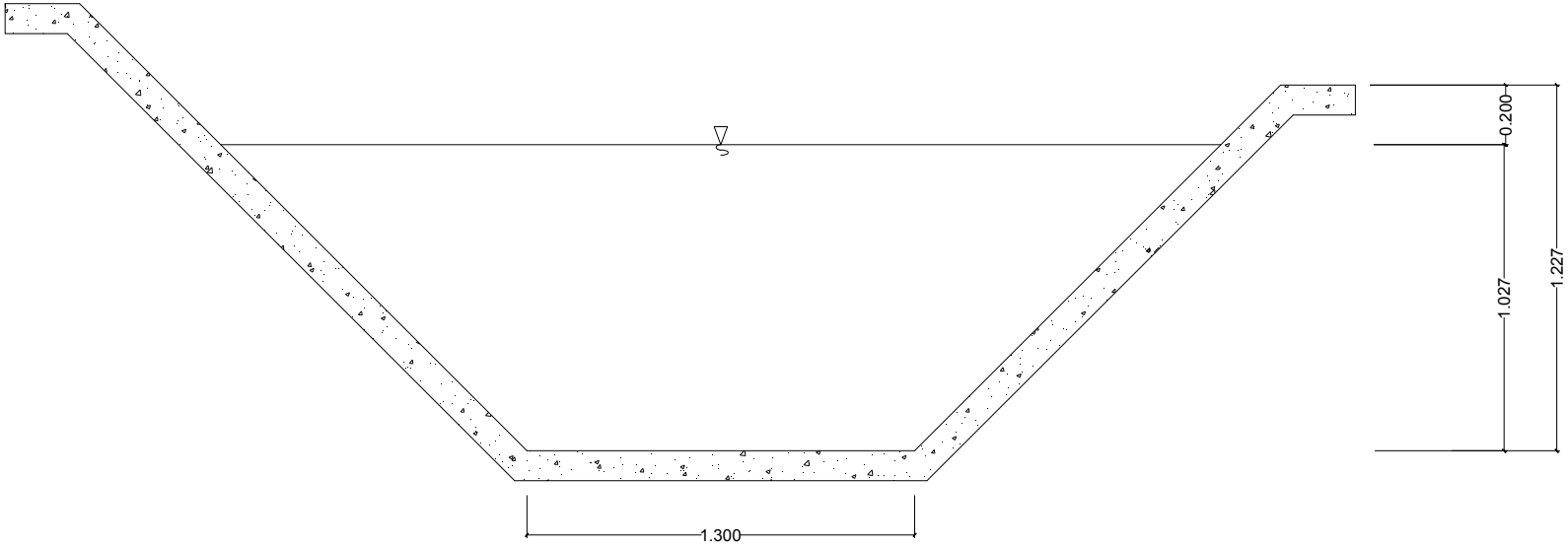
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN F.3 - F.2

SKALA 1 : 25



SALURAN F.2 - F.1

SKALA 1 : 25

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

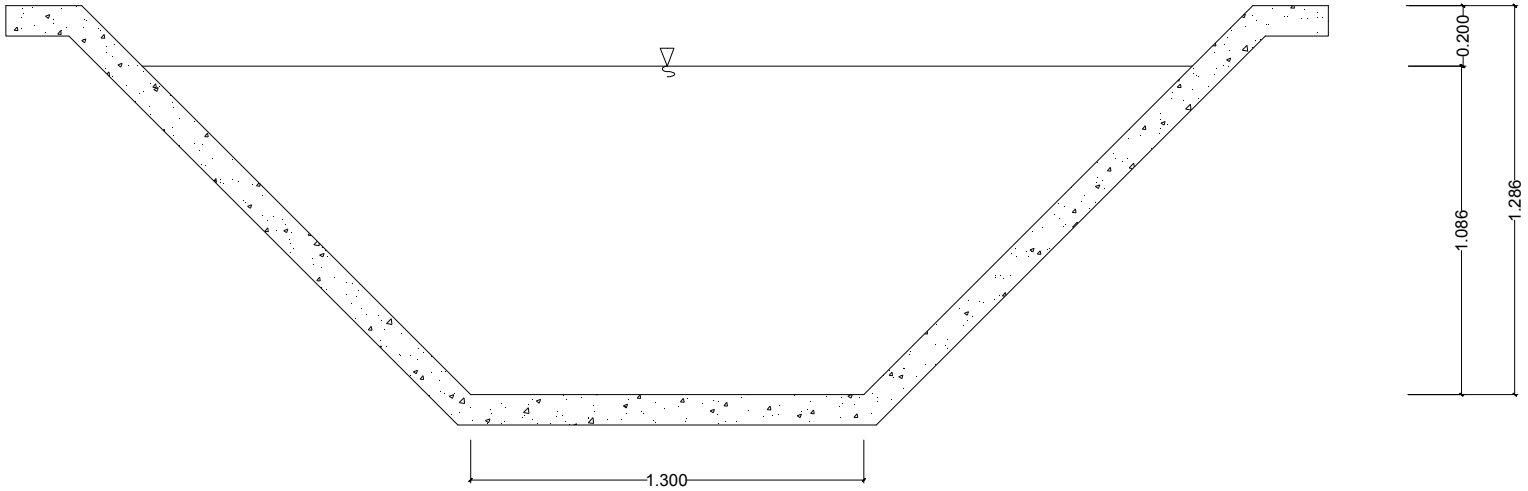
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN F.1 - F

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

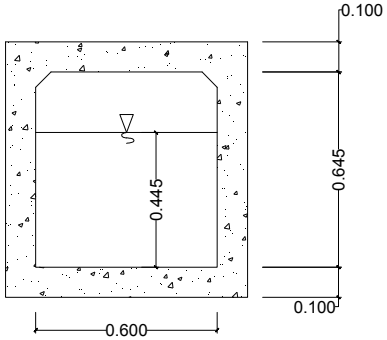
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

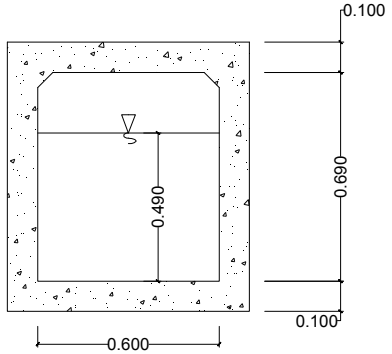
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



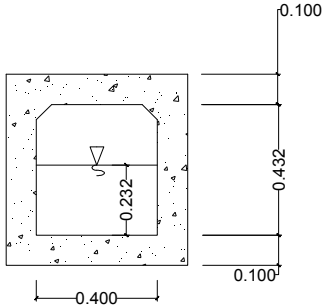
BC G.8.1 - G.8

SKALA 1 : 25



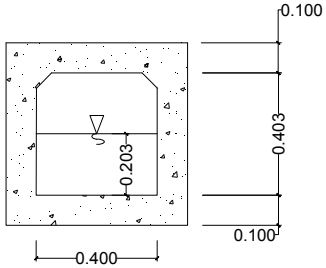
BC G.7.1 - G.7

SKALA 1 : 25



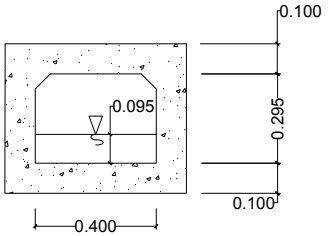
BC G.6.1 - G.6

SKALA 1 : 25



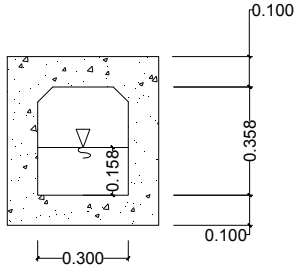
BC G.5.1 - G.5

SKALA 1 : 25



BC G.4.1 - G.4

SKALA 1 : 25



BC G.3.1 - G.3

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

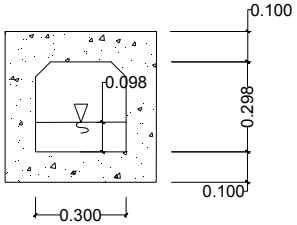
3115105023

NAMA GAMBAR

BOX CULVERT

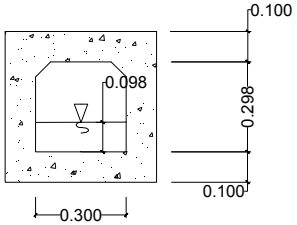
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



BC G.2.1 - G.2

SKALA 1 : 25



BC G.1.1 - G.1

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

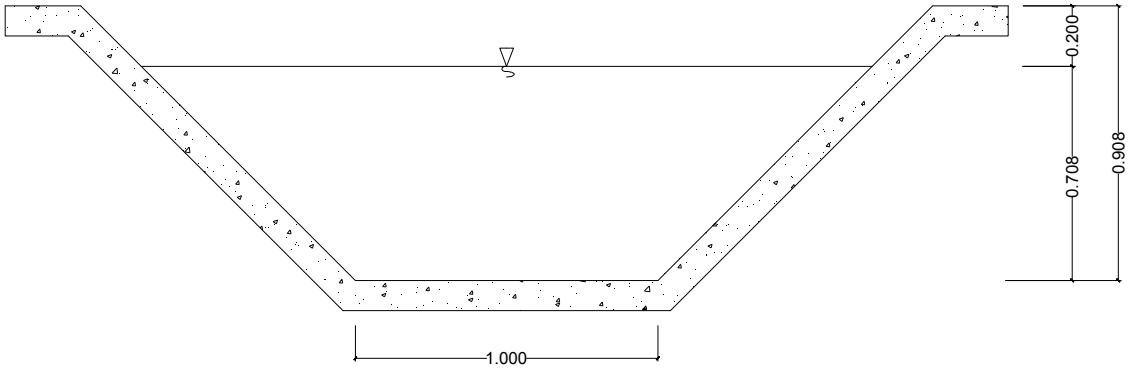
3115105023

NAMA GAMBAR

BOX CULVERT

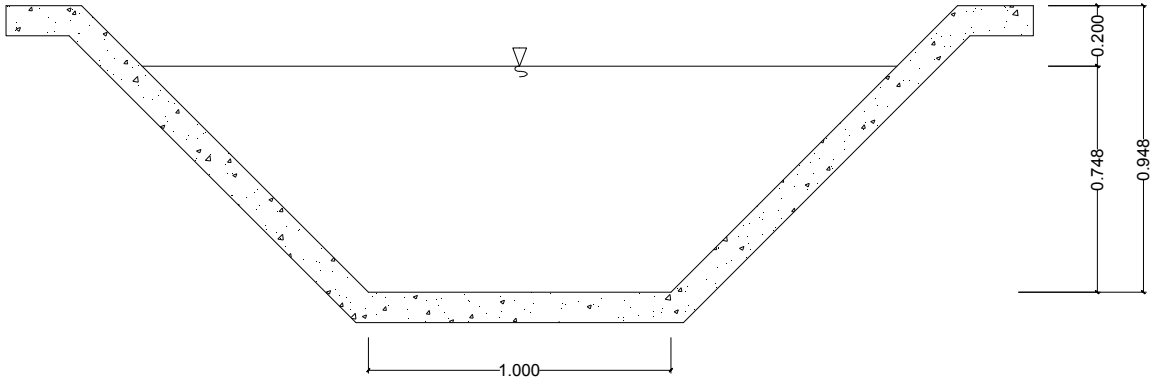
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN G.9 - G.8

SKALA 1 : 25



SALURAN G.8 - G.7

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

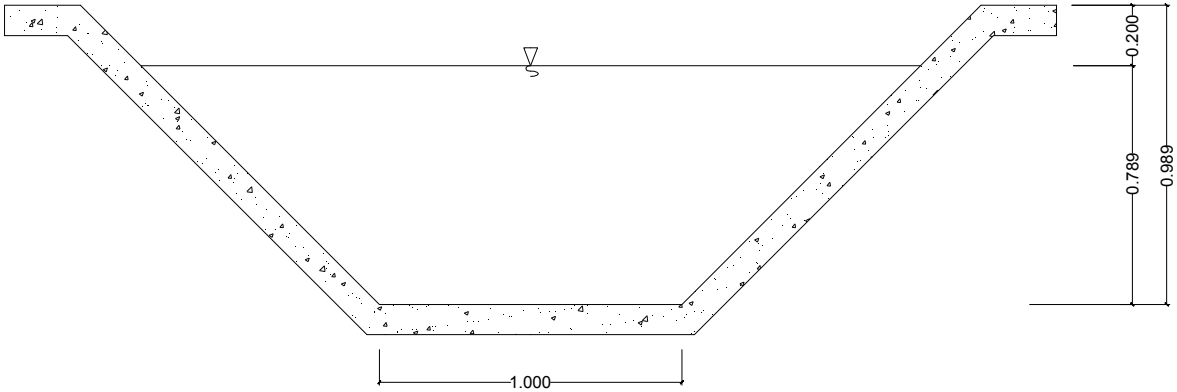
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

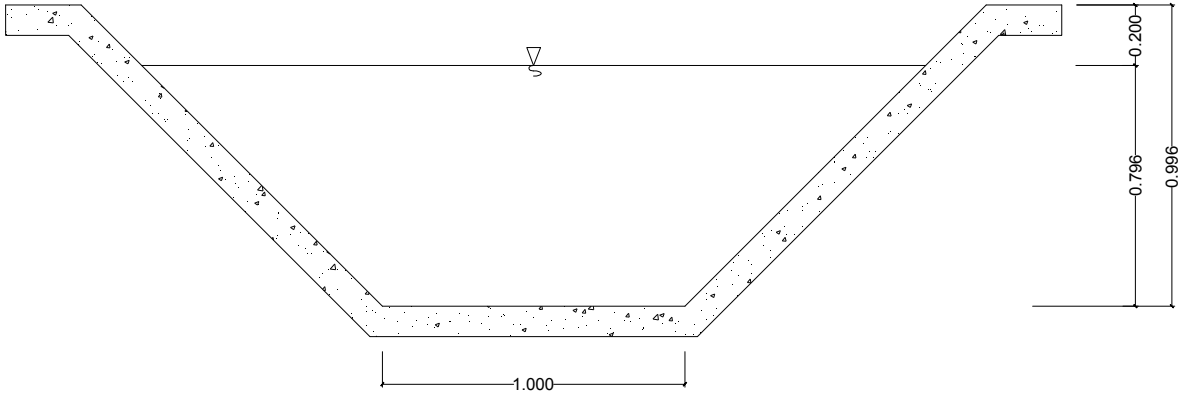
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN G.7 - G.6

SKALA 1 : 25



SALURAN G.6 - G.5

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

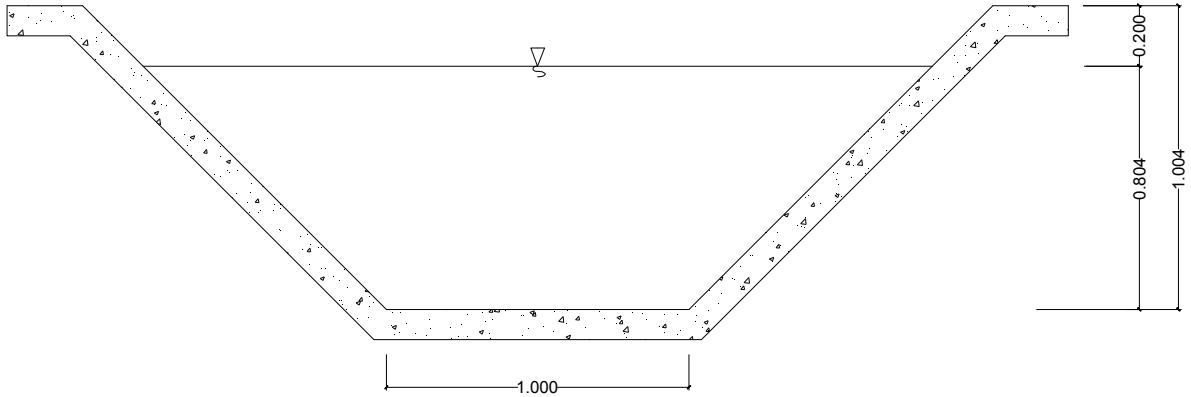
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

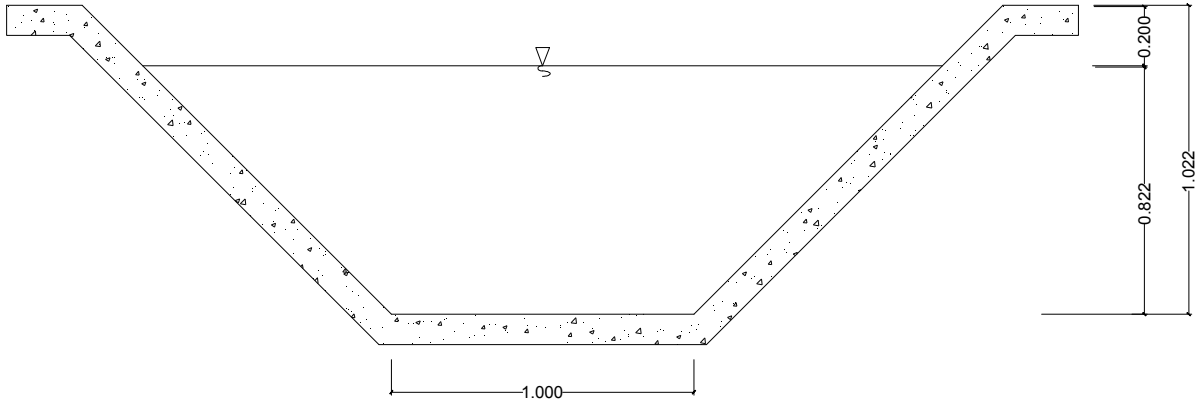
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN G.5 - G.4

SKALA 1 : 25



SALURAN G.4 - G.3

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

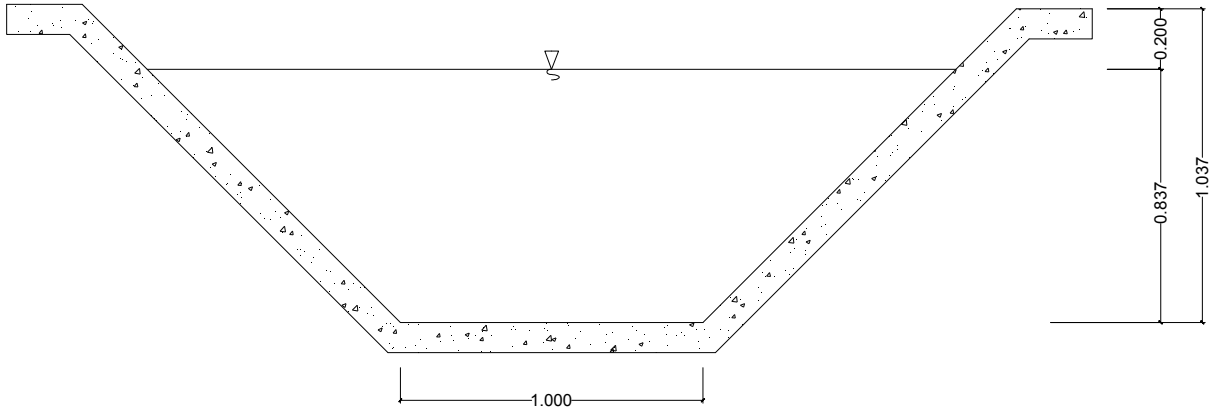
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

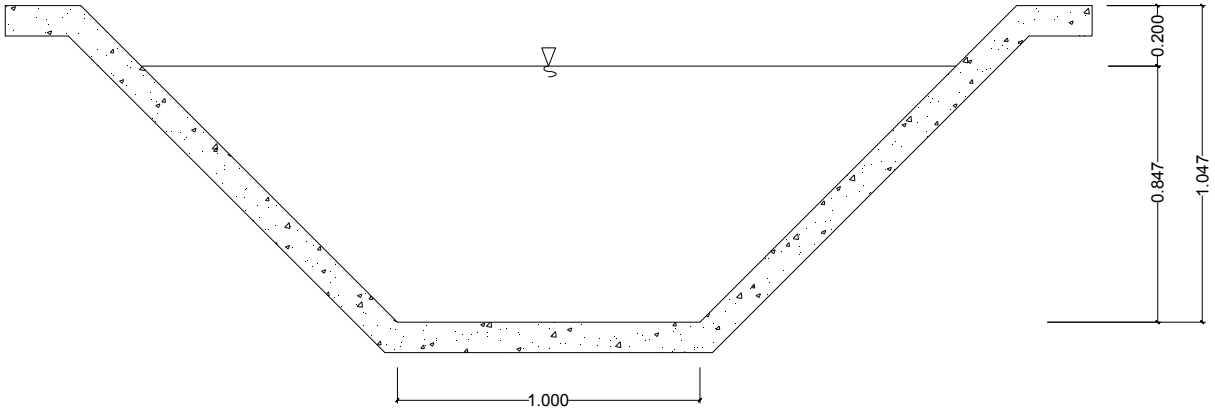
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN G.3 - G.2

SKALA 1 : 25



SALURAN G.2 - G.1

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

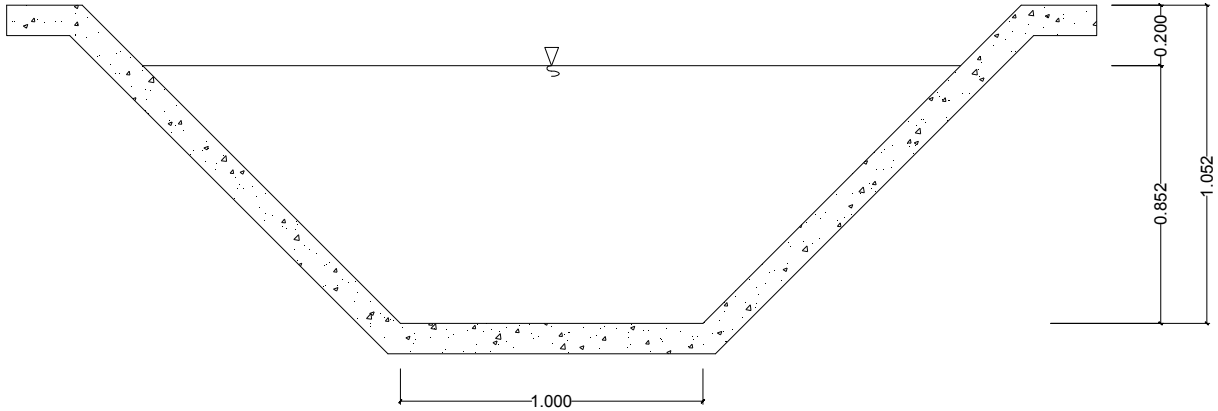
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN G.1 - G

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

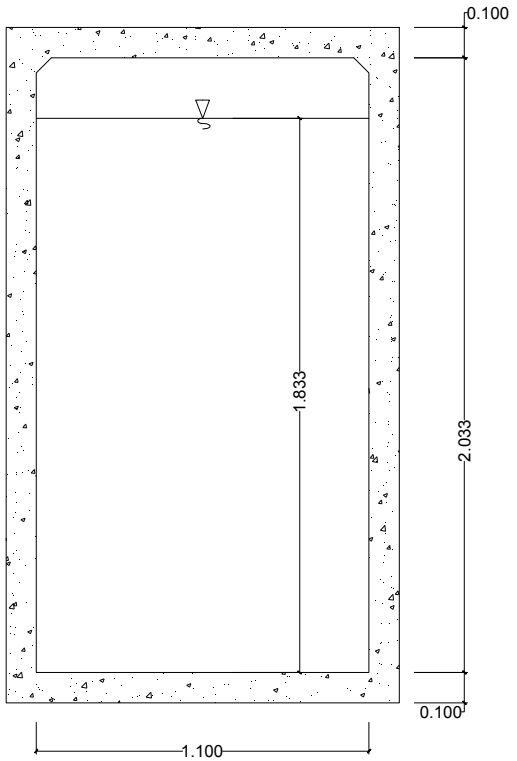
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

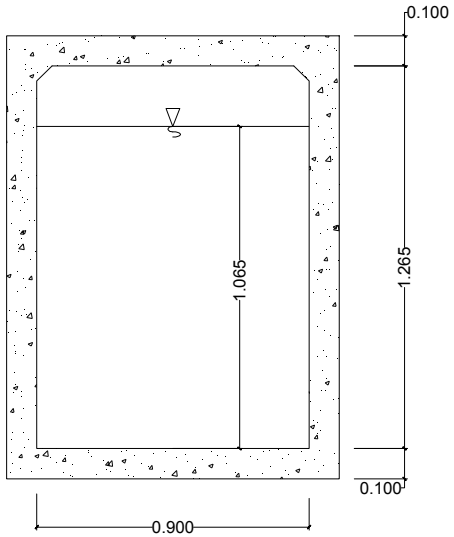
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



BC H.1.1.4.1 - H.1.1.4

SKALA 1 : 25



BC H.1.1.3.1 - H.1.1.3

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

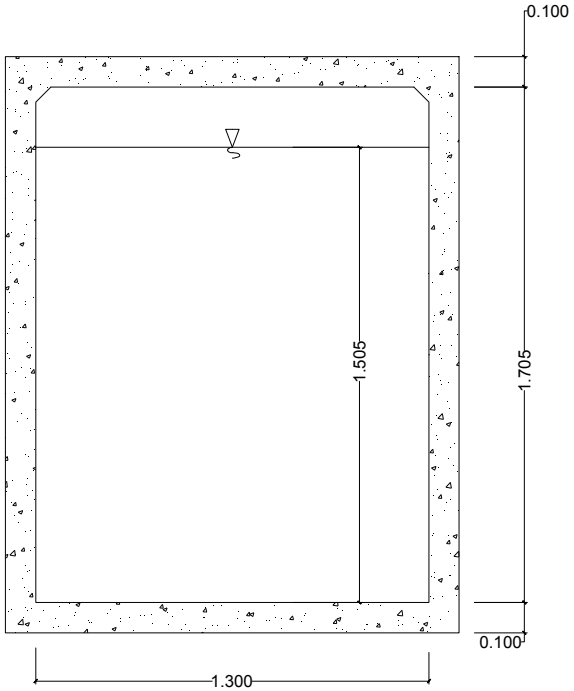
3115105023

NAMA GAMBAR

BOX CULVERT

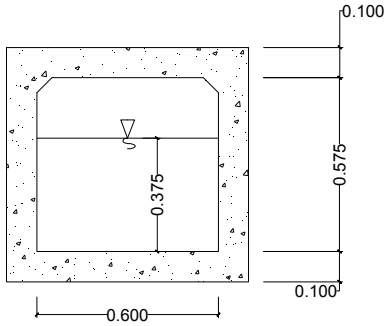
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



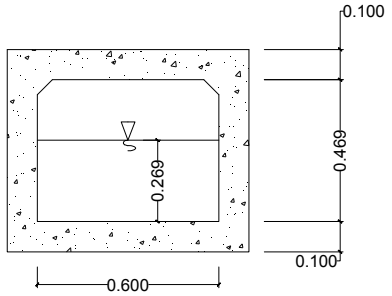
BC H.1.1.4 - H.1.1.3

SKALA 1 : 25



BC H.1.2.1 - H.1.2

SKALA 1 : 25



BC H.1.2.2 - H.1.2

SKALA 1 : 25

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

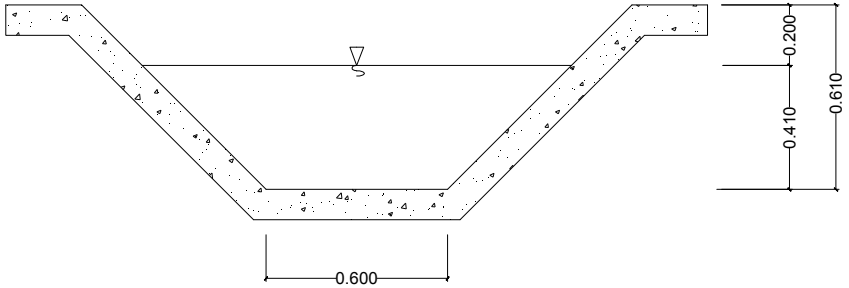
3115105023

NAMA GAMBAR

BOX CULVERT

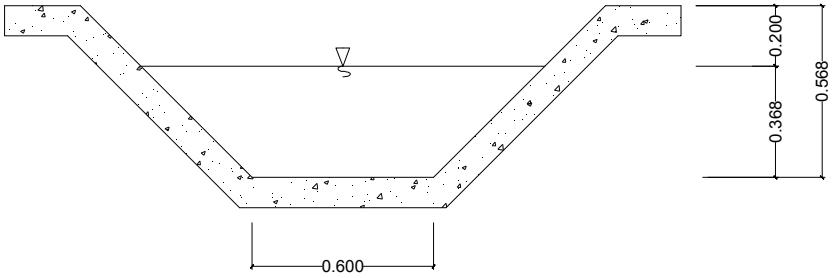
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



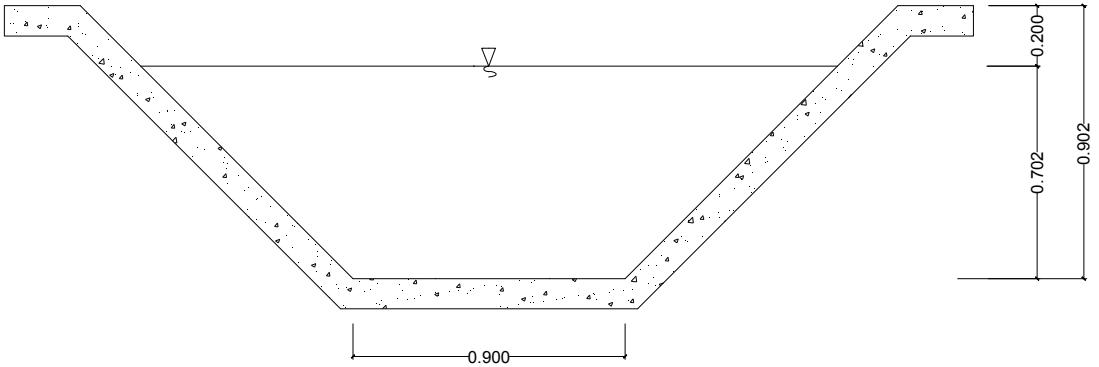
SALURAN H.1.1.3 - H.1.1

SKALA 1 : 25



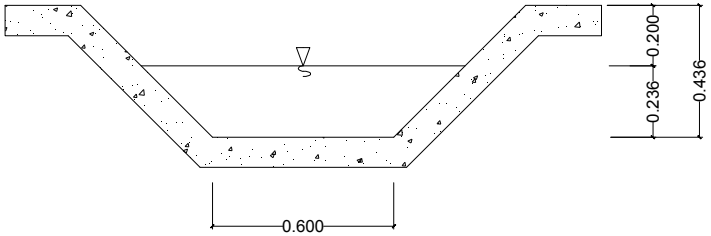
SALURAN H.1.2 - H.1.1

SKALA 1 : 25



SALURAN H.6.1 - H.6

SKALA 1 : 25



SALURAN H.5.1 - H.5

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

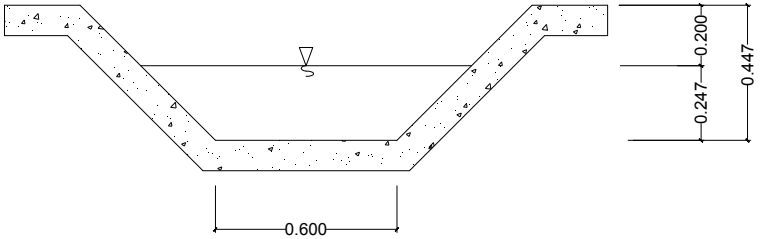
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

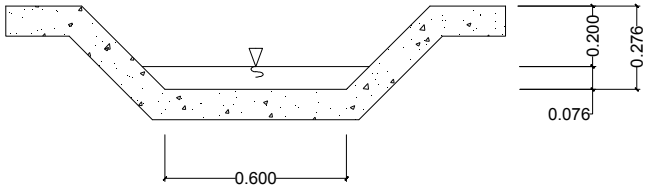
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



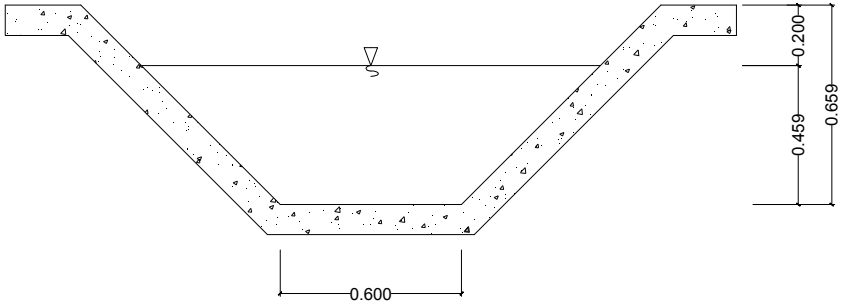
SALURAN H.4.1 - H.4

SKALA 1 : 25



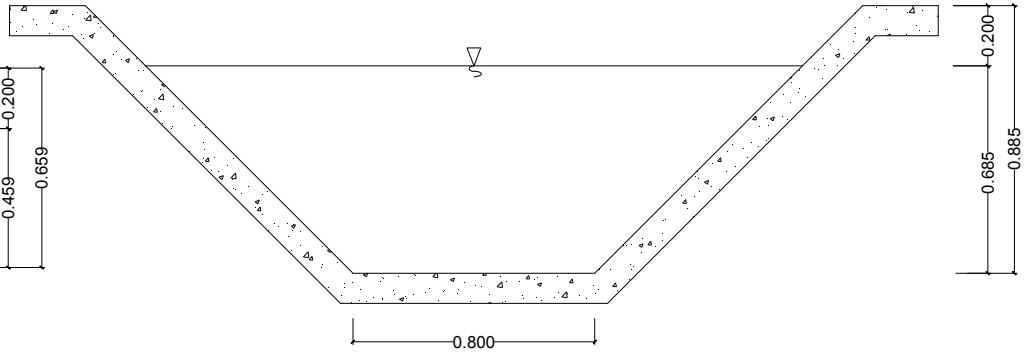
SALURAN H.3.1 - H.3

SKALA 1 : 25



SALURAN H.2.1 - H.2

SKALA 1 : 25



SALURAN H.1.1 - H.1

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

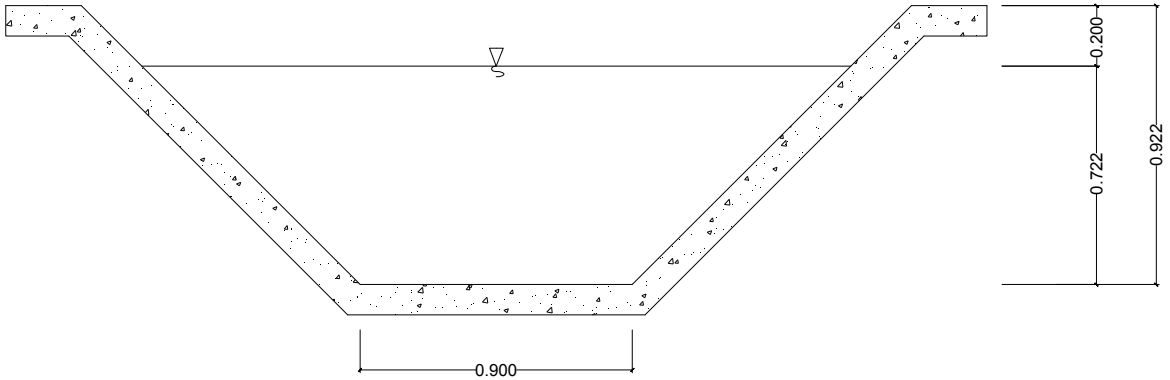
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

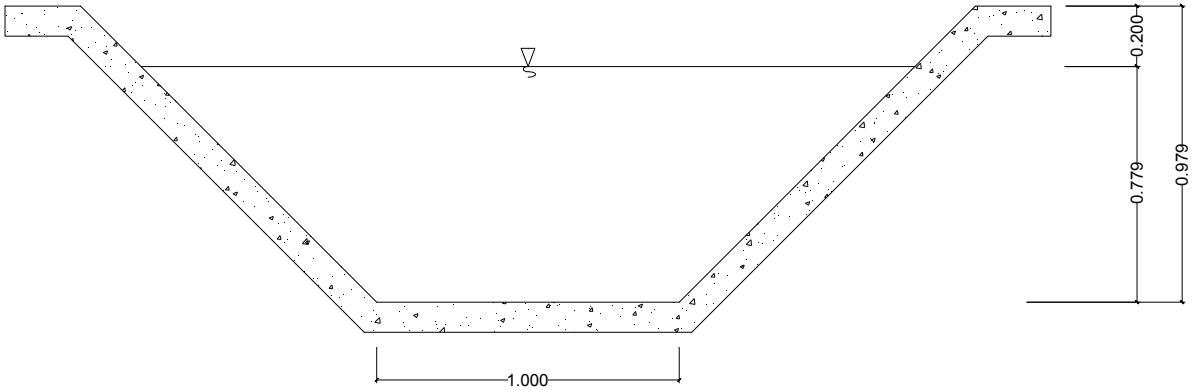
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN H.6 - H.5

SKALA 1 : 25



SALURAN H.5 - H.4

SKALA 1 : 25

ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

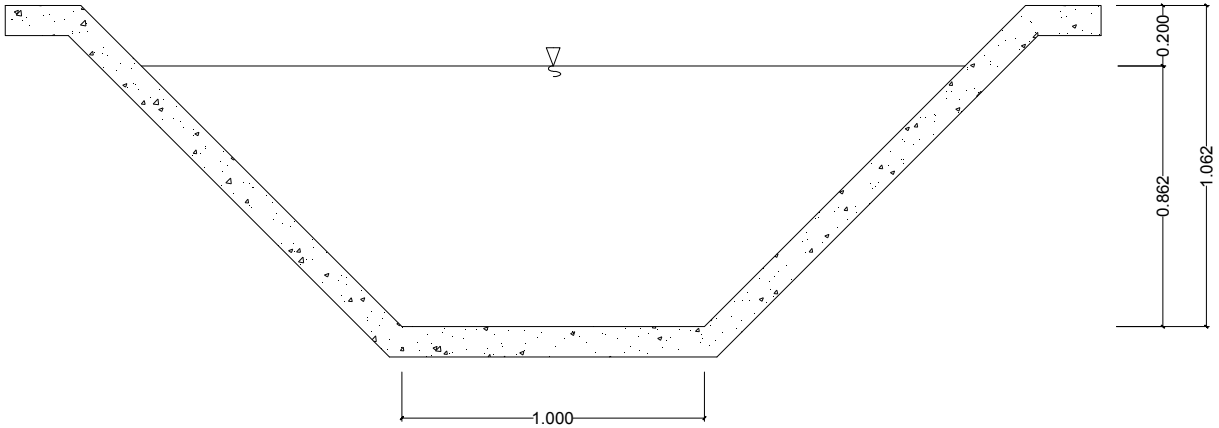
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

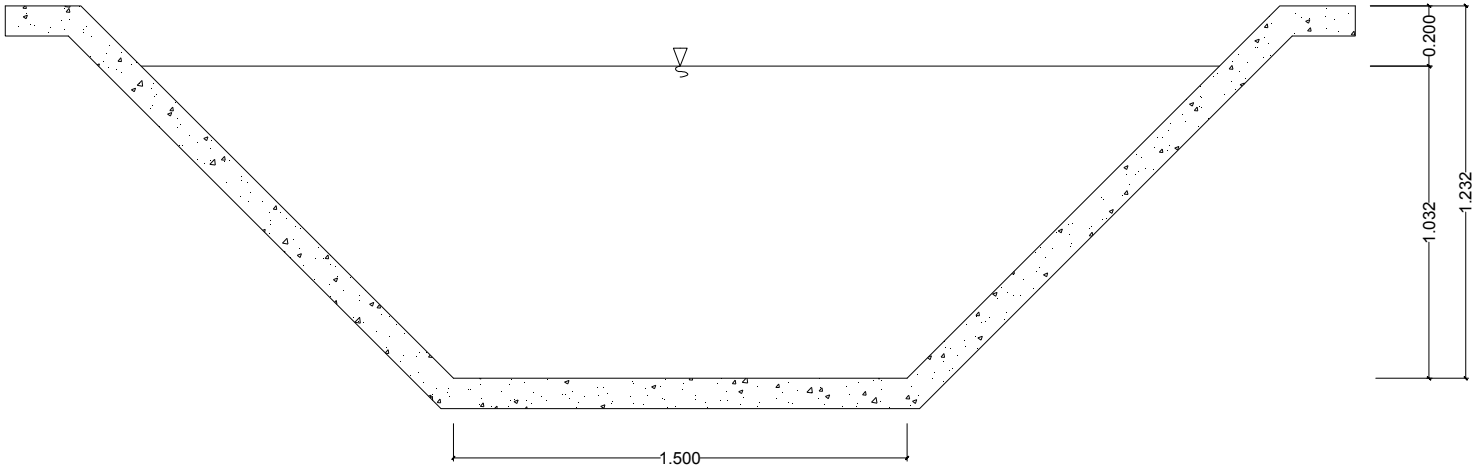
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN H.4 - H.3

SKALA 1 : 25



SALURAN H.3 - H.2

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

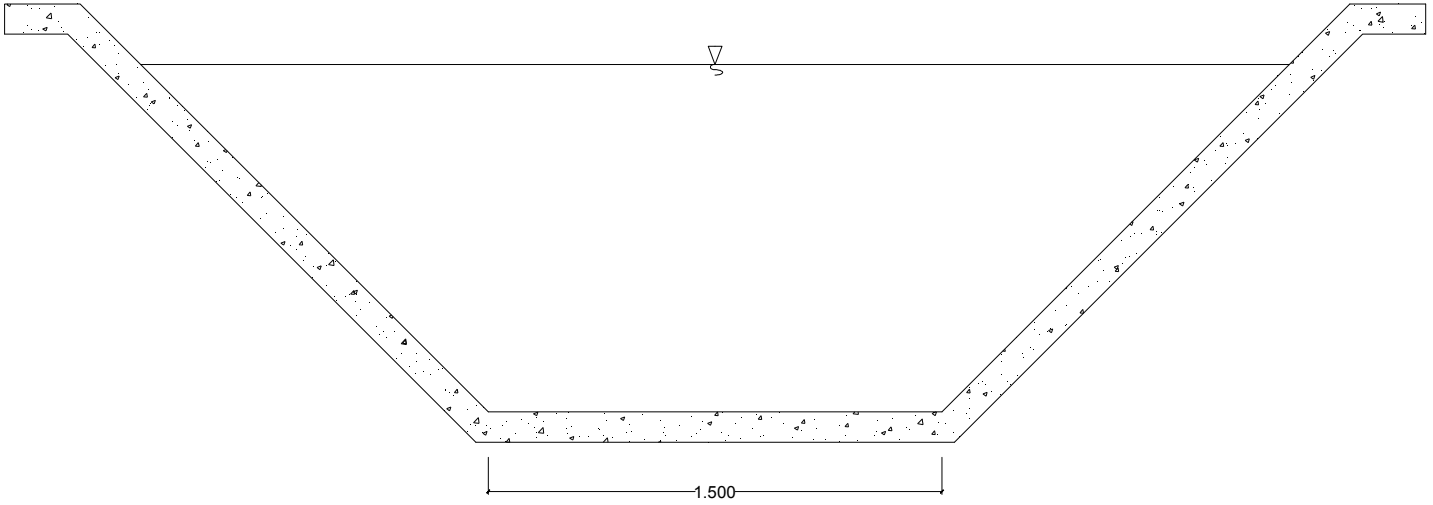
3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

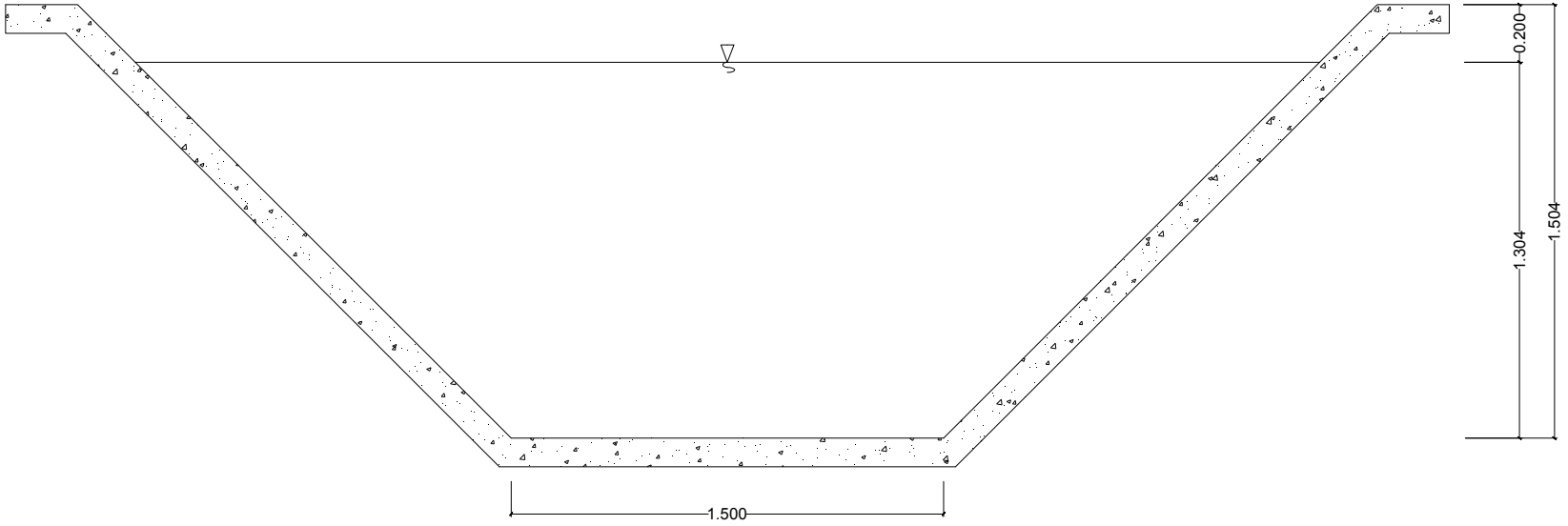
KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018



SALURAN H.2 - H.1

SKALA 1 : 25



SALURAN H.1 - H

SKALA 1 : 25

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG SISTEM DRAINASE BANDARA ADISUCIPTO AKIBAT PENGEMBANGAN BANDARA

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

NAMA MAHASISWA

Galih Iman Rakhmad Dwiarso

NRP

3115105023

NAMA GAMBAR

SALURAN

KETERANGAN

SKALA	TANGGAL
1 : 25	10 Jan 2018

BIODATA PENULIS

Galih Iman Rakhmad Dwiarso
Lahir di Mojokerto, pada tanggal 27 April 1994, merupakan anak ke dua dari dua bersaudara pasangan Bapak Marsudiarso dan Ibu Eny Rufaida.
Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Manukan Wetan I / 114, SMPN 26 Surabaya, dan SMAN 06 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan studinya di Program Diploma Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya lulus pada bulan September 2015. Setelah lulus dari Program Diploma Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Pada pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Program Studi S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (FTSLK-ITS) dengan NRP 3115105023.
Penulis mengambil dibidang studi hidroteknik dengan judul tugas akhir **"Perencanaan *Ulang Sistem Drainase Bandara Internasional Adisucipto Akibat Pengembangan Bandara*".**

Email *:* galihiman25@gmail.com