

**TUGAS AKHIR**

**EVALUASI SISTEM DRAINASE SISI SELATAN  
PADA *AIRSIDE* BANDAR UDARA INTERNASIONAL  
JENDERAL AHMAD YANI  
SEMARANG**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Fabian Alif Nurriqika Bramandhana**

**NIM : 30201800059**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI SISTEM DRAINASE SISI SELATAN PADA AIRSIDE BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG



**Fabian Ali Nurrizqika Bramandhana**  
NIM: 30201800059

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 30 Desember 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA**  
NIDN: 0613026601
2. **Ari Sentani, ST., M.Sc**  
NIDN: 0604028502
3. **Ir. Moch. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D**  
NIDN: 0612106701

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 11./A.21.SA/1./2023.....

Pada hari ini tanggal 31-07-2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ari Sentani, ST., M.Sc  
Jabatan Akademik : Lektor  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Fabian Alif Nurriqika Bramandhana  
NIM : 30201800059

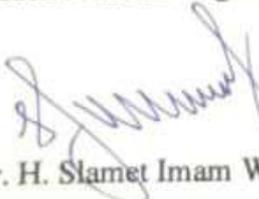
Dengan tahapan sebagai berikut :

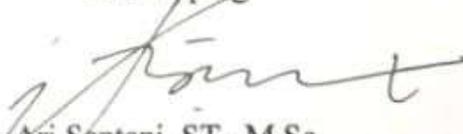
No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	01/09/2022	ACC
2	Seminar Proposal	31/10/2022	ACC
3	Pengumpulan data	18/11/2022	ACC
4	Analisis data	21/11/2022	ACC
5	Penyusunan laporan	26/11/2022	ACC
6	Selesai laporan	26/12/2022	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

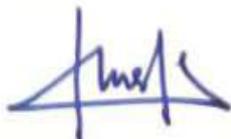
Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing  
Pendamping

  
Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA

  
Ari Sentani, ST., M.Sc

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Fabian Alif Nurriqika Bramandhana

NIM : 30201800059

JUDUL TUGAS AKHIR : EVALUASI SISTEM DRAINASE SISI SELATAN  
PADA AIRSIDE BANDAR UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD  
YANI SEMARANG

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 31/01/2023

..... buat pernyataan,



METERAI  
TEMPEL

BBFDAKX205844252

Fabian Alif Nurriqika Bramandhana

NIM : 30201800059

جامعة سلطان أبجوخ الإسلامية

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Fabian Alif Nurriqika Bramandhana

NIM : 30201800059

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :  
EVALUASI SISTEM DRAINASE SISI SELATAN PADA AIRSIDE BANDAR  
UDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 31 / 01 / 2023

at pernyataan,



Fabian Alif Nurriqika Bramandhana

NIM : 30201800059

## MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.”

(Q.S. Ali-Imran Ayat 110)

“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan”

(Q.S. Ar-Rahman Ayat 13)

“Wahai manusia! Sembahlah Tuhanmu yang telah menciptakan kamu dan orang-orang yang sebelum kamu, agar kamu bertakwa..”

(Q.S Al-Baqarah Ayat 21)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Di masa yang akan datang, tantangan dan rintangan akan semakin berat menghadang. Setinggi apapun nanti status dan kedudukan, tetaplah menjadi pribadi yang rendah hati dan bersahaja. *Life doesn't just follow, however it must colour.*”

(Toha Mahbubi, S.Pd.,)

“Penyesalan adalah hal-hal yang tidak kita lakukan ketika kita punya kesempatan”

(Dika Angkasaputra Moerwani Nasution, S.I.P.,)

Fabian Alif Nurriszika Bramandhana

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah – Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Arief Wahyudi, S.T dan Ibu Yulianie Dewi, S.T., adik saya Atilasyura Almayda serta keluarga besar Hadi Soeparno dan keluarga besar Masdub Nuryanto yang telah memberikan segenap kasih sayang, semangat, dukungan materil, pendidikan mental serta do'a disetiap langkah yang saya lewati.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA dan Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar membimbing dan mengarahkan saya dalam pembuatan laporan ini.
3. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya dan selalu memberikan motivasi serta arahan kepada saya.
4. Seluruh karyawan *Airport Facilities* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian.
5. Teman – teman seperjuangan kuliah saya, Bhanu, Aji, Adji, Agung, Alvin, Arif, Azka, Indra, Lilik, Robby, Wildan, dan Keluarga besar BEM-FT UNISSULA yang selalu ada disaat susah dan senang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir dan selalu memberikan dukungan serta *feedback* yang positif.
6. Teman – teman saya PASSUSDA VI terutama Mila Zulfa Yasika, S.Hum dan Bagus Gilang Riwanta yang selalu ada dan mau mendengarkan keluh kesah saya selama ini.
7. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA Angkatan 2018, khususnya Teknik Sipil kelas A dan seluruh keluarga besar mahasiswa UNISSULA.

Fabian Alif Nurrizqika Bramandhana  
NIM : 30201800059

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Evaluasi Sistem Drainase Sisi Selatan Pada *Airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang”. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada beliau junjungan Nabi Muhammad SAW. Beserta para sahabatnya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan kepada penulis. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang telah membesarkan, menyediakan sarana dan prasarana serta dukungan dan doa sampai detik ini;
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
3. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan pengarahannya dan bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini;
5. Bapak Ari Sentani, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan pengarahannya dan bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini;
6. Kakak dan adik tingkat yang telah memberikan do'a dan semangat dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir;
7. Teman – teman angkatan Keluarga Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu besar harapannya atas kritik dan saran yang membangun agar kedepannya bisa lebih baik lagi. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Semarang, Januari 2023

Penyusun



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
	
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.2.1. Masalah Penelitian.....	2
1.2.2. Pertanyaan Penelitian.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.3.1. Maksud Penelitian.....	2
1.3.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Lokasi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Drainase .....	6
2.1.1. Pengertian Drainase .....	6
2.1.2. Konsep Drainase .....	6
2.1.3. Jenis Drainase .....	7
2.2. Drainase Bandar Udara .....	8
2.2.1 Drainase Muka Tanah Bandar Udara .....	9
2.2.2 Drainase Bawah Muka Tanah Bandar Udara .....	9
2.3. Daerah Tangkapan ( <i>Catchment Area</i> ) .....	10
2.4. Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	10
2.5. Hidrologi .....	11
2.5.1. Umum .....	11
2.5.2. Siklus Hidrologi .....	11
2.5.3. Curah Hujan .....	12
2.5.4. Perhitungan Debit Banjir Rencana .....	12
2.6. Sistem Polder .....	13
2.7. Kolam Retensi .....	15
2.8. Stasiun Pompa .....	15
2.9. Analisa Hidrolika .....	16
2.9.1. Daya Tampung Kolam .....	16
2.9.2. Kapasitas Pompa Air .....	16
2.9.3. Koefisien Kekasaran Manning .....	17
BAB III METODOLOGI .....	18
3.1. Umum .....	18
3.2. Analisis Hidrologi .....	18
3.3. Perhitungan Debit Banjir Daerah Aliran .....	19
3.4. Analisis Hidrolika .....	20
3.4.1. Saluran Drainase .....	20
3.5. Pola Pikir Pengkajian .....	23
3.6. Penjelasan dan Penggunaan Data .....	26

3.6.1. Intensitas Hujan .....	26
3.6.2. Peta Sistem Drainase .....	26
3.6.3. Data Topografi .....	26
3.6.4. Data Kapasitas Pompa .....	26
3.6.5. Data Kapasitas Kolam .....	26
3.6.6. Data Saluran .....	26
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	28
4.1. Sistem Drainase Bandar Udara Semarang .....	28
4.2. Sub Sistem Drainase .....	28
4.3. Perhitungan Intensitas Curah Hujan .....	32
4.4. Perhitungan Dimensi Saluran .....	36
4.5. Perhitungan Kapasitas Pompa Air .....	41
4.6. Perhitungan Kapasitas Tampung Kolam Retensi .....	42
4.7. Perhitungan Hidrograf Metode Nakayasu Daerah Tangkapan .....	43
4.8. Simulasi Sistem Polder Drainase .....	44
4.8.1 Drainase Menuju Pompa P6 .....	45
4.8.2 Drainase Menuju Pompa P7 .....	46
BAB V PENUTUP .....	48
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Koefisien Manning.....	17
Tabel 4.1. Data Curah Hujan Maksimum Tahunan.....	32
Tabel 4.2. Perhitungan Analisa Frekuensi Curah Hujan Maksimum.....	33
Tabel 4.3. Perencanaan Curah Hujan Tahunan Maksimum.....	33
Tabel 4.4. Data Nilai Yn dan Sn Yang Tergantung Pada n.....	34
Tabel 4.5. Pengukuran Kontur.....	35
Tabel 4.6. Perencanaan Debit Banjir dengan Mencari Koefisien Limpasan ...	35
Tabel 4.7. Perhitungan Debit Banjir Rencana.....	36
Tabel 4.8. Perbandingan Dimensi Saluran Drainase Hasil Perhitungan.....	39
Tabel 4.9. Data Analisis Kapasitas Pompa.....	41
Tabel 4.10. Data Eksisting Kapasitas Pompa.....	42
Tabel 4.11. Data Perhitungan Pembuangan Pompa 6.....	45
Tabel 4.12. Data Perhitungan Pembuangan Pompa 7.....	46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Lokasi Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani..	4
Gambar 2.1. Dua Tipe Tampang Melintang Bandar Udara .....	9
Gambar 2.2. Siklus Hidrologi .....	11
Gambar 3.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu .....	20
Gambar 3.2. Bentuk Saluran Trapesium .....	21
Gambar 3.3. Bentuk Saluran Persegi .....	22
Gambar 3.4. Bagan Alir Pelaksanaan .....	25
Gambar 3.5. <i>Catchment Area</i> .....	27
Gambar 4.1. Peta Jaringan Eksisting .....	29
Gambar 4.2. Skema Jaringan Eksisting Drainase Bagian Selatan .....	30
Gambar 4.3. Skema Jaringan Eksisting Drainase Keseluruhan .....	31
Gambar 4.4. Grafik Hidrograf Satuan Statis <i>Catchment Area</i> .....	44
Gambar 4.5. Grafik Debit Pompa dan Debit Saluran Daerah Tangkapan .....	44

**EVALUASI SISTEM DRAINASE SISI SELATAN PADA AIRSIDE  
BANDAR UDARA INTERNASIONAL  
JENDERAL AHMAD YANI**

**SEMARANG**

**Abstrak**

Sistem drainase yang mampu untuk pembuangan air pada saluran terbuka hingga penerapan sistem drainase di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang sangat penting dalam hal keselamatan penerbangan. Terutama sistem drainase pada sisi udara (*airside*) yang meliputi : *Taxiway, Apron, Runway*. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan dimensi saluran, kapasitas kolam, dan kapasitas pompa air eksisting dengan hasil evaluasi (rencana) menggunakan rumus debit banjir dengan metode rasional serta menurut petunjuk-petunjuk teknis dalam perencanaan sistem polder.

Metodologi yang digunakan menggunakan metode pengumpulan dan pengilahan data yang dianalisis dan diolah menurut teori. Data yang dianalisis meliputi data hidrologi, data topografi, data saluran, data kapasitas pompa, dan data kapasitas kolam dengan melihat skema daru aliran drainase eksisting pada Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.

Hasil dari penelitian, pada 20 tahun kedepan saluran drainase tidak mampu melayani banjir pada hujan di 2 (dua) titik sehingga berpengaruh pada debit *inflow* dan *outflow* pada sistem polder Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, sehingga perlu ditambahkan saluran yang menghubungkan titik tersebut guna mencegah terjadinya air meluap sehingga muncul *standing water* pada runway yang dapat menyebabkan bahaya dalam penerbangan.

**Kata Kunci:** Evaluasi; Drainase; Sisi Udara ; Polder; Saluran; Kolam; Pompa.

***EVALUATION OF SOUTH SIDE DRAINAGE SYSTEM AT AIRSIDE  
INTERNATIONAL AIRPORT  
JENDERAL AHMAD YANI  
SEMARANG***

***Abstract***

*A drainage system that is capable of disposing of water in open channels to the application of a drainage system at Jenderal Ahmad Yani International Airport in Semarang is very important in terms of flight safety. Especially the drainage system on the airside which includes: Taxiway, Apron, Runway. Evaluation is carried out by comparing the dimensions of the canal, pond capacity, and existing water pump capacity with the results of the evaluation (plan) using the flood discharge formula using a rational method and according to technical guidelines in polder system planning.*

*The methodology used uses the method of collecting and processing data which is analyzed and processed according to theory. The data analyzed included hydrological data, topographical data, canal data, pump capacity data, and pond capacity data by looking at the scheme of the existing drainage flow at Jenderal Ahmad Yani International Airport Semarang.*

*The results of the research, in the next 20 years the drainage canals are not able to serve floods during rain at 2 (two) points so that they affect the inflow and outflow discharge in the polder system of Jenderal Ahmad Yani International Airport Semarang, so it is necessary to add channels connecting these points to prevent the occurrence of water overflowing so that standing water appears on the runway which can cause danger in flight.*

***Keywords:*** *Evaluation; Drainage; Air Side ; polders; Channel; Pool; Pump*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kota Semarang merupakan ibu kota provinsi sekaligus pusat pemerintahan Jawa Tengah yang merupakan salah satu kota metropolitan terbesar di Indonesia. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah menyediakan sarana transportasi bagi masyarakatnya yaitu berupa pesawat terbang dan bandarannya yaitu Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani.

Dengan perkembangan Kota Semarang yang pesat ini, bandar udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang ini memiliki kapasitas yang dapat menampung 6 hingga 7 juta penumpang pertahun nya. Bandar Udara ini terletak di tempat yang sangat strategis pada kota Semarang, berdiri di atas dataran pantai utara Jawa Tengah dan di sekitar jalan menuju ke wilayah perkotaan dan jalan arteri.

Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang merupakan Bandara pertama di Indonesia yang menggunakan konsep *floating airport*. Oleh karena itu, Bandara tersebut dibangun di atas lahan bertanah lunak dan sebagian besar berair dengan menggunakan tiang pancang yang juga memiliki *Water Management System*. Dengan adanya *Water Management System* ini dapat menjadi salah satu pencegahan terhadap bencana banjir dan rob pada sekitar bandar udara. Terutama kawasan sisi udara atau *airside*.

*Airside* terdiri dari *runway*, *taxiway*, *apron* dan elemen-elemen penunjang lainnya bagi pesawat selama pendaratan maupun tinggal landas. Dengan demikian kawasan udara (*airside*) perlu dipastikan kesiapan fasilitas bagi keselamatan penerbangan.

Pada awal tahun 2021, terjadi cuaca buruk yang menyebabkan banjir pada *runway* sehingga berdampak pada pengoperasian Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, yaitu sejumlah 21 penerbangan ditunda.

Oleh sebab itu penulis tertarik mengangkat topik penelitian tentang evaluasi sistem drainase pada kawasan bandar udara yang memberikan pengaruh

bagi keselamatan aktivitas Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

### **1.2.1. Masalah Penelitian**

Pada awal tahun 2021, terjadi hujan yang memberikan dampak pada beroperasinya Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani. Sehingga dapat memicu *standing water* pada *runway* dan pesawat udara tidak dapat menggunakan *runway*, baik lepas landas maupun mendarat.

### **1.2.2. Pertanyaan Penelitian**

Bagaimana kesiapan drainase bagian selatan pada Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang pada periode ulang 20 tahun kedepan dalam mengatasi permasalahan yang disebabkan oleh hujan?

## **1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari efektifitas sistem drainase yang dibangun di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang dan memberikan solusi dalam penanggulangan bencana banjir dan Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang penting bagi sistem drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang :

1. Mengidentifikasi sistem drainase eksisting pada kawasan Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang
2. Memberikan analisis hidrologi sub sistem area selatan meliputi catchment area, curah hujan, dan debit banjir.
3. Merencanakan sistem polder
4. Memberikan analisis kapasitas kolam dan pompa

#### **1.4. Batasan Masalah**

Pada Tugas Akhir ini memiliki beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Data curah hujan dari stasiun Ahmad Yani dalam waktu 20 tahun yang didapat dari BMKG Stasiun Meteorologi Kelas II Ahmad Yani Semarang tahun 2021.
2. Analisis hitungan debit rencana menggunakan metode Rasional.
3. Mengetahui kemampuan sistem drainase bagian selatan *runway* eksisting dalam menghadapi bencana pada hujan.
4. Penelitian kali ini mencakup sistem drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang pada bagian selatan *runway*.
5. Menghitung kapasitas saluran, pompa, dan kolam pada sistem drainase eksisting Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang pada bagian selatan *runway*.

#### **1.5. Lokasi Penelitian**

Lokasi pada evaluasi sistem drainase sisi selatan pada airside Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani seperti pada Gambar 1.1. Peta Lokasi Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini terdiri dari 5 (BAB), Antara lain :

BAB - I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penulisan, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB - II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori dari sistem drainase baik secara umum maupun pada bandar udara berupa definisi serta perhitungan teoritis yang merupakan rujukan atau acuan yang relevan dan akurat dengan pembahasan pada laporan tugas akhir.



*Gambar 1.1. Peta Lokasi Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang  
(Sumber : Google Earth)*

### BAB - III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tentang pola pikir pengkajian, penjelasan dan penggunaan data.

### BAB - IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Semua uraian pembahasan, perhitungan data dan perhitungan dimensi saluran drainase eksisting

### BAB - V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran pada evaluasi sistem drainase eksisting dari hasil perhitungan data eksisting



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Drainase**

##### **2.1.1. Pengertian Drainase**

Drainase merupakan suatu bentuk pembuangan massa air yang dibuat maupun terbentuk secara alami dari permukaan atau di bawah permukaan dari suatu tempat ke tempat lain. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang dikarenakan turunnya hujan, rembesan, bahkan kelebihan air irigasi dari suatu lahan atau kawasan sehingga fungsi kawasan tidak terganggu. (Hanifah Piti, 2022)

Masyarakat perkotaan membutuhkan drainase sebagai salah satu komponen infrastruktur publik untuk gaya hidup perkotaan yang aman, nyaman, higienis, dan sehat. Air permukaan di kawasan ini dialirkan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan) dan/atau bangunan resapan oleh infrastruktur drainase. Selain itu, berfungsi sebagai pengontrol kebutuhan air permukaan dengan memperbaiki daerah yang tergenang dan tergenang air. (Silitonga Binsar, 2019)

##### **2.1.2. Konsep Drainase**

Drainase bandar udara mirip dengan desain drainase jalan dan jalan raya. Drainase bandar udara dicirikan oleh area yang luas dengan gradien yang relatif datar. Bandar udara tentunya membutuhkan pembuangan air permukaan dan air bawah permukaan. Oleh karena itu, Bandar udara membutuhkan sistem drainase yang terintegrasi. Pembuangan air harus dilakukan dari *runway*, *taxiway*, *apron*, tempat parkir dll.

Sistem drainase pada bandara yang dirancang dengan baik merupakan syarat utama untuk keselamatan dan efisiensi operasional serta ketahanan perkerasan. Fasilitas drainase yang tidak memadai dapat mengakibatkan kerusakan yang mahal diakibatkan oleh banjir, yang merupakan sumber bahaya serius bagi lalu lintas udara, dan erosi lereng pondasi perkerasan yang jenuh hingga melemah.

Limpasan dibuang dari bandara melalui parit permukaan, saluran masuk dan sistem drainase badai bawah tanah, Drainase bandara dapat diuraikan menjadi bagian berikut Estimasi limpasan Desain sistem dasar untuk pengumpulan dan pembuangan limpasan Penyediaan drainase bawah permukaan yang memadai.

### 2.1.3. Jenis Drainase

Drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan menjadi beberapa golongan sesuai aspek sebagai berikut (Hasmar, 2011):

- Menurut cara terbentuknya:
  - Drainase alami (*natural drainage*) adalah drainase yang terbentuk secara alami dan tanpa terdapatnya bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu atau beton, gorong-gorong, dan lain-lain. Namun, saluran ini terbentuk karena proses gerusan air yang mengalami pergerakan yang dikarenakan gravitasi yang kemudian membentuk jalan air yang permanen. Contohnya sungai.
  - Drainase buatan adalah drainase yang dibuat oleh manusia dengan maksud dan tujuan mengalirkan atau membuang air. Drainase ini dibentuk berdasarkan analisis ilmu untuk menentukan debit akibat hujan, kecepatan resapan air dalam lapisan tanah dan dimensi saluran.
- Menurut letak saluran
  - Drainase muka tanah (*Surface Drainage*) adalah saluran yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan *open channel flow*.
  - Drainase bawah permukaan tanah (*Sub Surface Drainage*) adalah saluran yang berada di bawah permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah tanah, salah satunya dengan pipa bawah tanah dengan tujuan untuk estetika.

- Menurut fungsi drainase
  - *Single purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan satu jenis buangan air saja.
  - *Multi purpose* adalah saluran drainase yang berfungsi mengalirkan lebih dari satu jenis buangan, baik secara bercampur maupun bergantian.
  
- Menurut konstruksi
  - Saluran terbuka yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini lebih sesuai untuk drainase hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun drainase non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan.
  - Saluran tertutup yakni saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Juga untuk saluran dalam kota agar tidak menjadi pencemaran udara.

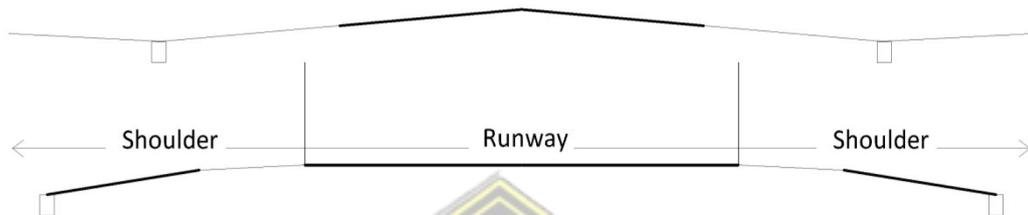
## 2.2. Drainase Bandar Udara

Drainase bandar udara, (Hasmar, 2011) Topik yang diperdebatkan adalah drainase di area sisi udara, khususnya di landasan pacu dan bahu jalan. Landasan pacu yang merupakan perkerasan yang terbuat dari aspal atau beton, digunakan untuk lepas landas dan mendarat pesawat. Bahu adalah bagian tanah di sisi kiri dan kanan landasan pacu yang sulit diresapi dan karenanya ditanami rumput, memungkinkan air mengalir lebih bebas di permukaan tanah dan lebih sedikit ke tanah.

Ruang yang disebut bahu digunakan oleh pesawat yang mengalami kesulitan mendarat atau lepas landas. Menurut studi perencanaan saluran drainase permukaan, sebuah inlet direncanakan di daerah bahu, yang biasanya terdiri dari dua lereng, pada titik di mana perbedaan lereng bertemu pada jarak tertentu.

### 2.2.1. Drainase Muka Tanah Bandar Udara

Jika bahu jalan merupakan daerah tanah yang sulit diresapi dengan 45% merembes ke dalam tanah dan 55% mengalir di atas tanah pada landasan pacu dengan perkerasan lentur terbuat dari aspal atau perkerasan kaku terbuat dari beton, maka akan digunakan analisis kapasitas atau debit hujan. drainase permukaan atau formula drainase permukaan tanah..(Hasmar, 2011)



Gambar 2.1. Dua Tipe Tampang Melintang Bandar Udara

(Sumber. Hidrologi Terapan,2013)

Kemiringan ke arah melintang untuk *runway* umumnya lebih kecil atau sama dengan 1,5%, kemiringan *shoulder* ditentukan antara 2,5% sampai 5%. kemiringan ke arah memanjang ditentukan sebesar  $\geq 0,1\%$  .

Menurut regulasi FAA (*Federal Aviation Administration*), genangan air di permukaan runway dibatasi maksimal 14 cm dan harus segera dikeringkan. Saluran terbuka (*interception parit*) untuk pembuangan air dari bagian luar bandar udara harus ada di sekeliling bandar udara, terutama di dekat landasan pacu dan bahu jalan..

Tujuan dari drainase bandar udara yaitu meminimalisir air masuk ke dalam lapisan di bawah perkerasan, sehingga daya dukung tanah tetap stabil untuk menahan beban pesawat udara dan juga mencegah adanya genangan air pada *runway* dan *taxiway* yang merupakan area vital bagi pengoperasian bandar udara. Tak lupa juga menjaga seluruh area bandar udara, *runway*, dan *terminal building* tidak tergenang air karena bencana maupun kesalahan pengelolaan.

### 2.2.2. Drainase Bawah Muka Tanah Bandar Udara

Drainase bawah muka tanah untuk bandar udara adalah penghamparan lapisan pasir di bawah perkerasan *runway* dan drainase bawah muka tanah pada area *shoulder*.

*Shoulder* dengan lapisan tanah keras yang sulit diresapi, 45% air meresap ke dalam tanah karena koefisien limpasan 0,55. Dengan menggunakan pipa drainase dengan jarak dan kedalaman desain, letak melintang landasan pacu, dan kemiringan searah dengan kemiringan bahu, infiltrasi air ini dapat dilakukan drainase bawah permukaan. Pipa pelepasan diakomodasi dalam pipa pelepasan sekunder dengan kemiringan yang setara dengan kemiringan permukaan tanah landasan pacu di bagian dalam saluran pembuangan permukaan tanah landasan pacu.

Untuk mempercepat infiltrasi, lapisan bahu tanah dapat diganti dengan lapisan tanah berpasir. Tanah pasir memiliki koefisien infiltrasi  $\frac{1}{1000}$  cm/dt, sedangkan tanah keras memiliki koefisien infiltrasi s.sulit diresapi  $\frac{1}{1000000}$  cm/dt.(Puspita Norma, 2015)

### **2.3. Daerah Tangkapan (Catchment Area)**

Suatu wilayah daratan yang menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan ke saluran sungai, terus mengalir ke anak sungai dan ke sungai utama, dan berakhir di muara, danau, atau laut disebut daerah resapan atau daerah resapan air.

### **2.4. Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Bentang alam yang dipisahkan oleh puncak atau pegunungan disebut sebagai DAS atau Daerah Aliran Sungai.

Curah hujan diterima dan disimpan oleh bentang alam, yang kemudian mengendalikannya secara langsung atau tidak langsung dengan menambahkan muatan lumpur dan material lain ke sungai utama dan anak sungainya di kanan dan kiri, yang akhirnya bermuara ke sungai, danau, dan laut.. (Gata, 2020)

## 2.5. Hidrologi

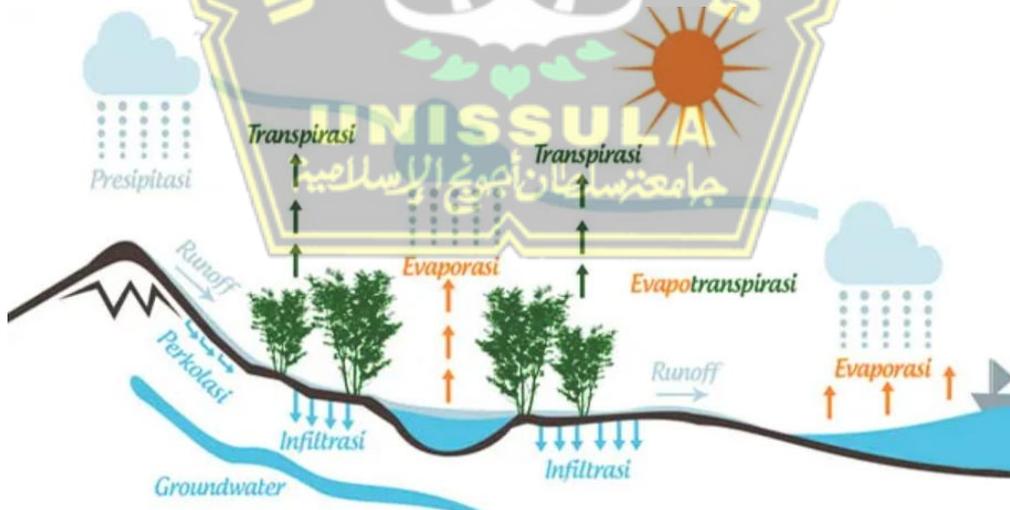
### 2.5.1. Umum

Ilmu hidrologi menyelidiki keberadaan, distribusi, sifat, dan interaksi air dengan lingkungannya, terutama dengan makhluk hidup. Ada beberapa kegunaan untuk hidrologi, yaitu (Triatmodjo, 2013):

- i. Menghitung besarnya banjir yang disebabkan oleh hujan lebat sehingga dapat direncanakan bangunan untuk menanggulangnya dengan membuat tanggul banjir, saluran drainase, dan lain-lain.
- ii. Menghitung kebutuhan air untuk suatu jenis tanaman tertentu sehingga dapat direncanakan konstruksi untuk memenuhi kebutuhan tersebut.
- iii. Menghitung berapa banyak air hadir dalam sumber air (mata air, sungai, danau, dsb.) untuk dapat dimanfaatkan guna berbagai keperluan seperti air baku (air untuk keperluan rumah tangga, perdagangan, dsb.)

### 2.5.2. Siklus Hidrologi

Proses lanjutan setelah air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi adalah yang dimaksud dari siklus hidrologi. (Bambang Triatmodjo, 2013)



Gambar 2.2 Siklus Hidrologi

(Sumber: [www.disk.mediaindonesia.com](http://www.disk.mediaindonesia.com), 2022)

Nilai untuk neraca air tahunan diberikan dalam kaitannya dengan jumlah total hujan yang jatuh ke tanah. Tanah, sungai, danau, dan lautan semuanya

memiliki air permukaan yang menguap ke atmosfer. Saat uap air mengalir dan naik ke atmosfer, ia mengembun dan berubah menjadi awan tetesan air. Setelah itu, tetesan air jatuh ke laut dan daratan sebagai hujan. Curah hujan sebagian ditangkap oleh tumbuhan, dan sisanya jatuh ke tanah.

### 2.5.3. Curah Hujan

Tinggi air hujan yang terakumulasi dalam alat pengukur hujan pada permukaan datar tanpa meresap, merembes, atau mengalir disebut curah hujan (mm). Unsur hujan 1 (satu) milimeter menunjukkan bahwa satu liter air hujan atau satu milimeter air hujan dapat ditampung dalam satu meter persegi tanah datar.

### 2.5.4. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Metode rasional hanya digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan atau *catchment area* yang kecil. Suatu daerah tangkapan disebut kecil apabila distribusi hujan melebihi waktu konsentrasi. Beberapa ahli memandang bahwa luas daerah tangkapan kurang dari 2,5 km<sup>2</sup> dapat dianggap sebagai daerah tangkapan kecil.

Menentukan banjir maksimum bagi saluran-saluran dengan daerah aliran kecil. Metode rasional ini dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan sebagai berikut (Subarkah, 1980) :

$$Q_t = 0,278 \times C_s \times I \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- Qt = Debit Banjir Rencana (m<sup>3</sup>/dt)
- Cs = Koefisien Run Off (koefisien limpasan)
- I = Intensitas Hujan (mm/jam)
- A = Luas Daerah Aliran (km<sup>2</sup>)

Koefisien run off tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah, kemiringan, luas dan bentuk pengaliran sungai. Untuk mencari Cs dengan rumus :

$$S = \left[ \frac{\Delta h}{D} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

$$t_0 = \left[ \frac{2,187 \times \Delta h \times C^{0,167}}{S} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

$$t_d = \left[ \frac{L}{60 \times V} \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

$$t_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots(2.5)$$

$$C_s = \left[ \frac{2t_c}{2t_c + t_d} \right] \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- S = Kemiringan Saluran
- $\Delta h$  = Selisih Ketinggian Kontur
- $t_0$  = Waktu Pengaliran Di Permukaan Tanah
- $t_d$  = Waktu Dalam Saluran Ke Titik Yang Dituju
- $t_c$  = Waktu Konsentrasi
- C = Koefisien Limpasan
- D = Jarak Antara Elevasi Tertinggi Dan Terendah
- L = Panjang Saluran Yang Ditinjau
- V = Kecepatan Rata-Rata

## 2.6. Sistem Polder

Sistem polder adalah solusi tradisional terhadap banjir di Belanda. Konsep sistem polder dilakukan di berbagai negara, dengan berbagai cara. Sistem polder diterapkan untuk mengatur pengelolaan air di kawasan tersebut. Desain sistem polder harus mempertimbangkan beberapa aspek. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah adanya perubahan iklim yang berpotensi menyebabkan curah hujan lebih deras dan kenaikan muka air laut. Di dalam polder, curah hujan mengalir dengan mudah dari daerah beraspal dan daerah tidak beraspal ke

beberapa kanal kecil. Dampak negatif dari jenis curah hujan ini adalah tingginya muka air yang mengakibatkan muka air tanah menjadi sangat tinggi, yang mengakibatkan banjir di daerah tersebut (Overloop, 2006).

Sistem polder juga dipengaruhi oleh penurunan muka tanah. Akibat dari kenaikan muka air laut dan perubahan pola curah hujan, debit sungai meningkat dan tata air wilayah mendapat tekanan yang lebih besar. Sebagai contoh, perubahan iklim menyebabkan risiko seperti peningkatan permukaan air, perubahan curah hujan lokal, peningkatan puncak kering dan kerusakan karena salinitas air irigasi, air perkotaan dan air minum. Risiko-risiko ini meningkat seiring dengan penurunan muka tanah di masa depan yang mengarah pada peningkatan rembesan dan biaya pemeliharaan dan pengelolaan stasiun pompa. Selain itu, perkembangan ekonomi dan demografi juga berperan, karena perkembangan ini menentukan kerusakan yang diakibatkan oleh banjir. Menurut komisi Delta, di daerah delta, penambahan penduduk, akibatnya menyebabkan peningkatan kerusakan saat terjadi banjir (Kok, Jonkman, Kanning, Rijcken, & Stijnen, 2008).

Polder adalah suatu area terbuka yang cukup luas di tepi daerah pesisir dengan elevasi muka tanah di bawah muka air pasang dari laut, danau atau sungai, yang dikelilingi oleh tanggul atau tanah tinggi, agar area tersebut dapat dicegah dari banjir. Pengendalian air dapat dilaksanakan dengan baik, tanpa terpengaruh oleh keadaan di luar tanggul (Hasmar, 2012).

Situasi area terletak di tepi laut, danau atau tepi sungai, dengan keadaan lapisan tanah sangat tidak baik berupa tanah lunak, berawa, dan lain - lain. Drainase polder merupakan area reklamasi dari tanah berawa dan berair payau dengan lapisan tanah lunak serta kadar air tinggi, area polder dikelilingi dan dilindungi oleh tanggul dan merupakan pembendungan di muara sungai dan reklamasi dari suatu pantai, drainase polder terbentuk akibat adanya proses *subsidence* perlahan - lahan dari muka tanah semula menjadi tanah yang rendah, di bawah muka air laut, danau, sungai rata - rata.

## 2.7. Kolam Retensi

Kolam retensi adalah waduk atau kolam yang digunakan untuk menampung curah hujan dalam waktu yang telah ditentukan. Tujuannya adalah untuk menghentikan banjir yang terjadi di badan air atau sungai pada ketinggian. Kolam retensi adalah cekungan atau kolam yang, tergantung pada jenis bahan pelapis dan dasar kolam, dapat menampung atau menyerap air. Kolam alami dan kolam non-alami adalah dua kategori di mana kolam retensi jatuh.

Kolam retensi berbentuk cekungan atau daerah resapan yang sudah ada secara alami disebut sebagai “kolam alami” dan dapat digunakan apa adanya atau dengan sedikit modifikasi. Secara umum, perencanaan tambak ini mempertimbangkan pemanfaatan tambak oleh masyarakat, perannya sebagai tampungan air, dan lingkungan setempat. Selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan, kolam alami semacam ini dapat merembes ke tanah atau kolam yang tembus air, seperti lapangan sepak bola yang ditumbuhi rerumputan, danau alami yang terdapat di taman rekreasi, dan kolam rawa.

Kolam retensi yang tidak alami dibangun di area yang telah ditentukan dengan lapisan material keras, seperti beton, dan sengaja dibuat dengan ukuran dan kapasitas tertentu. Akibat penambahan waktu konsentrasi air untuk mengalir di permukaan, kolam semacam ini berfungsi sebagai tempat mereduksi debit banjir dengan menampung air sesuai kapasitas yang telah direncanakan untuk menurunkan debit puncak banjir saat luapan.

## 2.8. Stasiun Pompa

Pompa yang terletak di dalam stasiun pompa digunakan untuk membuang air yang terkumpul di kolam retensi atau sambungan jaringan drainase di luar area cakupan. Operasi utama pompa adalah menyedot air dengan menggunakan sumber tenaga, seperti bahan bakar atau listrik. Pembuangan langsung air ke laut, sungai, atau kanal banjir yang mengalir ke hilir laut adalah semua pilihan. Pompa ini biasanya digunakan di daerah dataran rendah dengan topografi atau kontur yang relatif datar, di mana aliran saluran yang digerakkan oleh gravitasi tidak memungkinkan. Kapasitas dan jumlah pompa stasiun pompa harus dimodifikasi sesuai dengan volume layanan air yang dibutuhkan.

Pompa yang menggunakan tenaga listrik, disebut dengan pompa jenis sentrifugal, sedangkan pompa yang menggunakan tenaga diesel dengan bahan bakar solar adalah pompa *submersible*.

## 2.9. Analisa Hidrolika

### 2.9.1. Daya Tampung Kolam

Kapasitas kolam retensi yang dapat menampung volume air pada saat debit banjir puncak, dihitung dengan persamaan umum seperti di bawah ini (Modul 4 : Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi Kementerian PUPR) :

$$V = \int_0^t (Q_{in} - Q_{out}) dt \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

V = Volume Kolam

t = Waktu Awal Air Masuk Ke Dalam *Inlet*

t<sub>o</sub> = Waktu Air Keluar Dari *Outflow*

Q<sub>in</sub> = Debit *Inflow*

Q<sub>in</sub> = Debit *Outflow*

### 2.9.2. Kapasitas Pompa Air

Pompa yang digunakan pada Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang pada drainase bagian selatan menggunakan jenis pompa *submersible*.

Pompa *submersible* adalah pompa sentrifugal yang dipasang ke motor listrik dan beroperasi di dalam air. Pompa ini memiliki serangkaian impeler yang tersusun seri ke atas permukaan. Pompa *submersible* terdiri dari pompa dan motor yang terendam penuh dalam reservoir yang diolah.(Wiratama Caesar,2021)

### 2.9.3. Koefisien Kekasaran Manning

Ukuran, kemiringan, dan kekasaran saluran tersier semuanya berdampak pada seberapa cepat air mengalir melewatinya. Semakin kasar saluran irigasi, semakin lambat aliran air melewatinya. mengurangi aliran air, terutama di saluran berbasis tanah. Koefisien kekasaran adalah angka yang mewakili pengaruh kekasaran saluran. (Manning).

Bahan komponen permukaan basah saluran, sifat fisik tanah, ketidakraturan saluran, vegetasi yang berkembang di saluran, dan unsur sedimentasi dan erosi di saluran merupakan variabel yang mempengaruhi koefisien kekasaran.. (Wibowo A, 1999)

Nilai n seringkali tinggi ketika bahan utamanya terdiri dari kerikil dan kerikil, terutama pada permukaan air yang tinggi atau rendah. Dengan rumus (2.8), dilakukan studi perhitungan untuk menentukan nilai koefisien manning n dari beberapa jenis saluran fundamental.

$$n = \frac{1}{v} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

v = Kecepatan rata - rata

R = Jari - jari hidrolis

S = Kemiringan

n = Nilai manning

Tabel 2.1. Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning
Kaca	0,01
Saluran Beton	0,013
Bata Dilapis Mortar	0,015
Pasangan Batu Disemen	0,025
Saluran Tanah Bersih	0,022
Saluran Tanah	0,03
Saluran dengan Dasar Batu dan Tebin Rumput	0,04
Saluran Pada Galian Batu Padas	0,04

(Sumber : elibrary.unikom.ac.id, 2019)

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Umum**

Memanfaatkan teknik pengumpulan dan pengolahan data, sistem drainase Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang dievaluasi. Data yang dikumpulkan akan diproses dan dievaluasi menggunakan teknik kuantitatif, atau sesuai dengan teori dan perhitungan yang diterima secara umum.

#### **3.2. Analisis Hidrologi**

Kumpulan fakta atau informasi tentang fenomena hidrologi dikenal sebagai data hidrologi. Inventarisasi menyeluruh dari kemungkinan sumber air, penggunaan dan pengelolaan sumber air yang efisien, dan pemulihan sumber daya alam yang rusak termasuk air, tanah, dan hutan, semuanya membutuhkan penggunaan data hidrologi.

Untuk mengetahui parameter hidrologi DAS Silandak, khususnya di lokasi Bendungan Sungai Silandak, diperlukan analisis hidrologi. Dalam desain bangunan air, analisis hidrologi digunakan untuk menetapkan ukuran aliran banjir yang diantisipasi. Data curah hujan yang merupakan salah satu dari berbagai data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir yang dimaksud, merupakan data yang digunakan untuk menentukan debit banjir rencana pada tugas akhir ini. Berikut langkah-langkah dalam analisis hidrologi :

1. Identifikasi daerah tangkapan air dan daerahnya, juga dikenal sebagai DTA.
2. Dengan menggunakan data curah hujan historis, hitung rata-rata curah hujan maksimum setiap harinya.
3. Memeriksa presipitasi yang diantisipasi untuk waktu kembali T tahun.
4. Berdasarkan curah hujan yang diantisipasi di atas pada periode ulang tahun-T, tentukan debit banjir rencana.
5. Membandingkan kapasitas Sungai Silandak dengan debit air yang sudah tersedia.

### 3.3. Penghitungan Debit Banjir Daerah Aliran

Hidrograf satuan sintesis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- Luas daerah aliran sungai
- Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

- Qp = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/s)
- Ro = hujan satuan (mm)
- Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)
- T0,3 = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)
- A = luas daerah pengaliran sampai outlet (Km<sup>2</sup>)

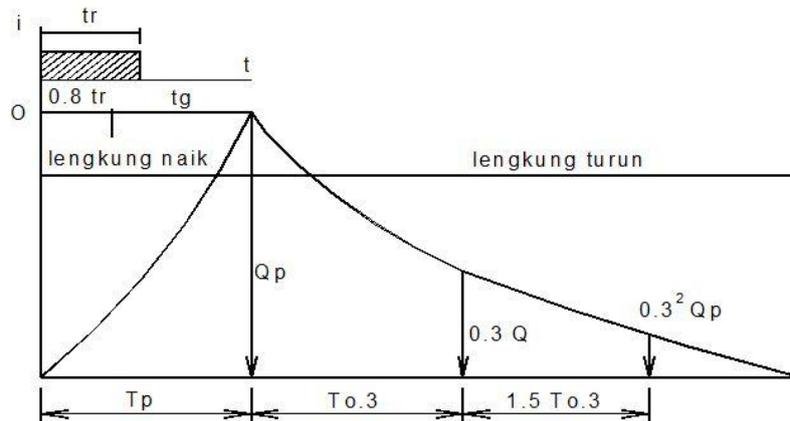
Untuk menentukan Tp dan T0,3 digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_p &= T_g + 0,8 T_r \\ T_{0,3} &= \alpha T_g \\ T_r &= 0,5 T_g \text{ sampai } T_g \end{aligned} \dots\dots\dots(3.2)$$

Perhitungan  $\alpha$  menggunakan ketentuan:

$$\alpha = \frac{(0,47 \times (A \times L))^{0,25}}{T_g} \dots\dots\dots(3.3)$$

Tg adalah *time lag* yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).



Gambar 3.1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu  
(sumber: Triatmodjo, 2006)

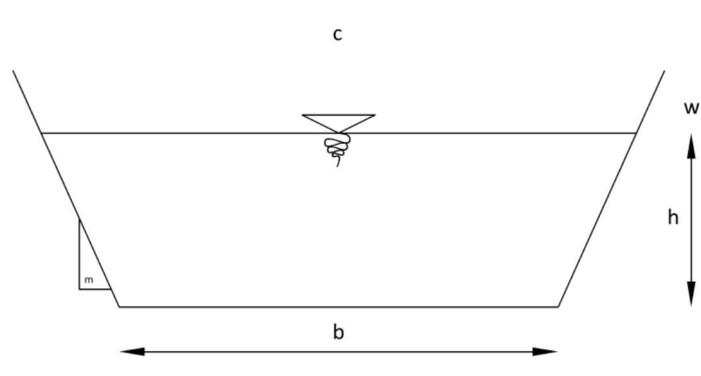
### 3.4. Analisis Hidrolika

#### 3.4.1. Saluran Drainase

Untuk mencegah genangan air, debit curah hujan harus segera diarahkan ke daerah permukaan yang lebih rendah. Sebuah saluran yang dapat menampung air dan mengalirkannya ke kolam diperlukan untuk mengalirkannya. sehingga besaran debit hujan harus menentukan kapasitas tampung saluran.

Untuk mencapai penampang yang optimal dan memanfaatkan lahan secara efisien, penampang saluran harus direncanakan. Perlu diperhatikan penggunaan lahan yang sesuai dengan karakteristik tanah dari lahan yang tersedia. Faktor bentuk penampang berdampak pada penampang saluran yang optimal. Kapasitas penampang tidak akan berubah di bawah desain banjir  $Q$  saat ini bahkan jika bentuk penampang berubah, sehingga penting untuk fokus pada bentuk penampang saluran yang stabil. berdasarkan kapasitas saluran, geometri penampang saluran.

## Penampang Tunggal Trapesium



Gambar 3.2 Bentuk Saluran Trapesium

$$Q = v \times A \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

$$v = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

$$A = \left(\frac{c+b}{2}\right) \times H \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

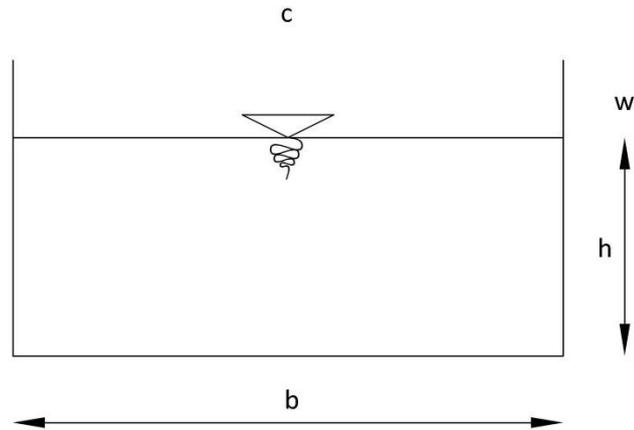
$$P = (b + 2 \times m) \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

- Q = Debit Aliran
- v = Kecepatan Aliran
- m = Kemiringan Penampang
- n = Koefisien Kekasaran Manning
- P = Keliling Penampang Basah
- A = Luas Penampang Basah
- R = Jari-jari Hidrolis
- S = Kemiringan Saluran
- c = Lebar Puncak Saluran
- b = Lebar Dasar Saluran
- h = Kedalaman Muka Air
- w = Tinggi Jagaan

## Penampang Tunggal Persegi



Gambar 3.3 Bentuk Saluran Persegi

$$Q = v \times A \quad (3.1)$$

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

$$A = c \times H \quad (3.3)$$

$$P = (b + 2 \times h) \quad (3.4)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.5)$$

Dimana :

Q = Debit Aliran

v = Kecepatan Aliran

n = Koefisien Kekasaran Manning

P = Keliling Penampang Basah

A = Luas Penampang Basah

R = Jari-jari Hidrolis

S = Kemiringan Saluran

c = Lebar Puncak Saluran

b = Lebar Dasar Saluran

h = Kedalaman Muka Air

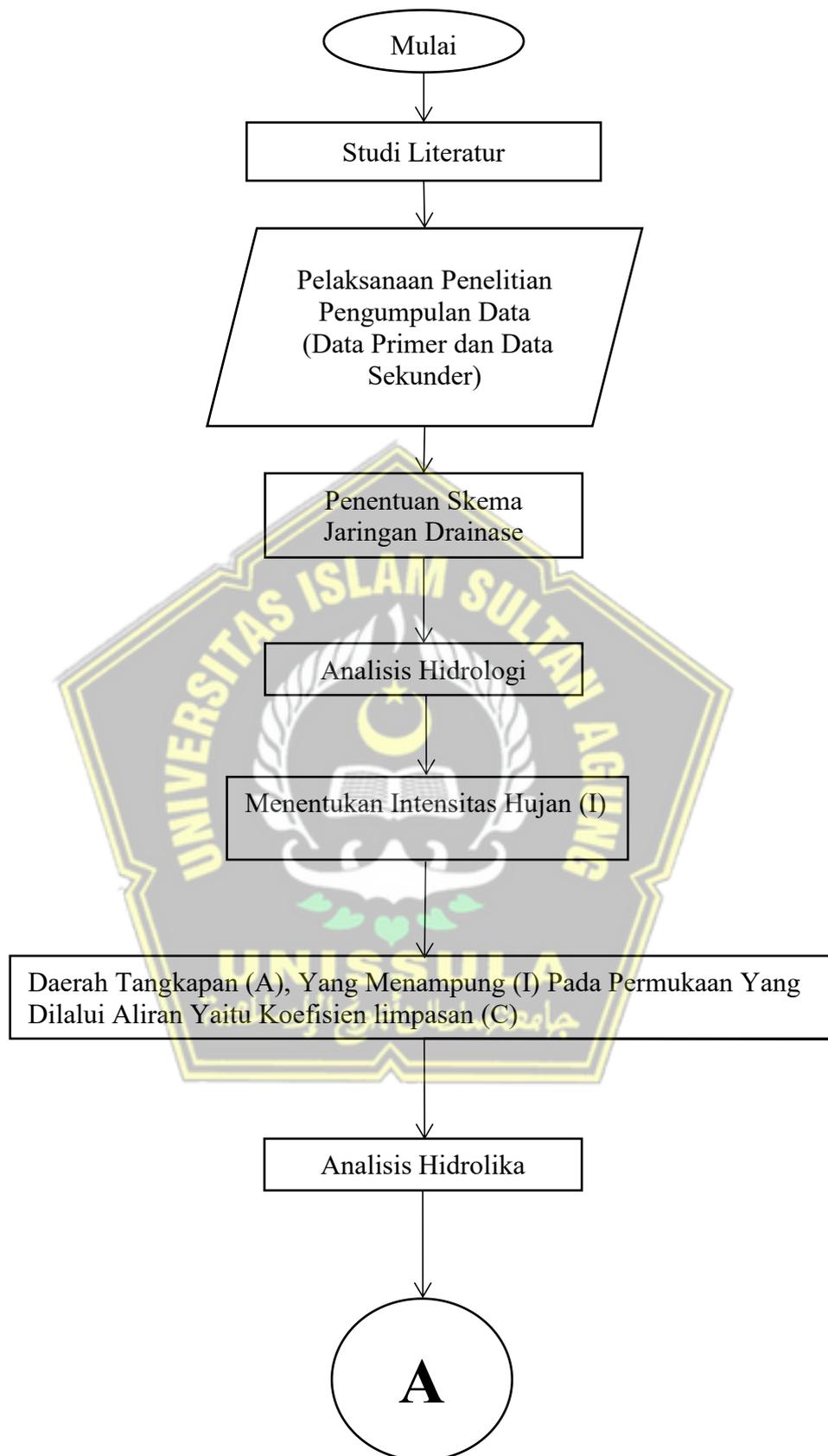
w = Tinggi Jagaan

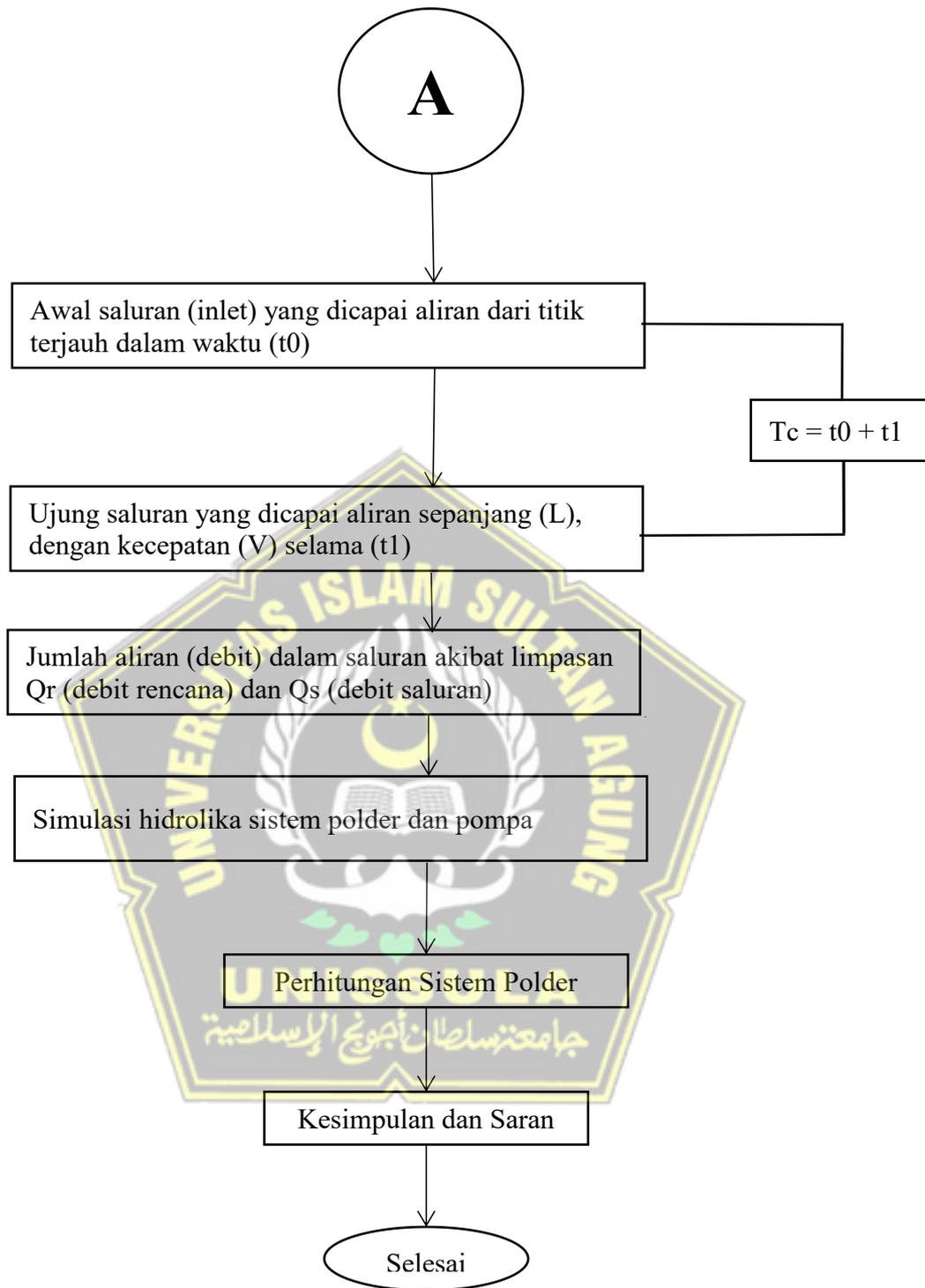
### 3.5. Pola Pikir Pengkajian

Dalam rangka drainase, agar curah hujan dapat dengan mudah dan cepat dikumpulkan dan dialirkan ke lokasi pembuangan. Oleh karena itu, terlebih dahulu perlu dilakukan pemeriksaan kapasitas pompa air, kolam retensi, dan saluran drainase. Berdasarkan kapasitas yang dibutuhkan, yang dapat menangani besarnya laju aliran desain ( $Q_r$ ) yang dihasilkan dari hujan di daerah tangkapan air, dimensinya ditetapkan.  $Q_r$  akan diperoleh selama prosedur penghitungan.

$Q_r$  adalah debit limpasan yang dimaksud yang disebabkan oleh jumlah curah hujan yang telah ditentukan sebelumnya di daerah tangkapan air. Oleh karena itu, untuk menentukan besarnya  $Q_r$ , perlu diketahui besarnya curah hujan rencana selama periode konsentrasi ( $I_t$ ), serta parameter lain yang mungkin berpengaruh. Gambar 3.4. Bagan Alir Pelaksanaan tersebut memberikan informasi lebih lanjut tentang prosedur aliran implementasi.







Gambar 3.4. Bagan Alir Pelaksanaan

### **3.6. Penjelasan dan Penggunaan Data**

#### **3.6.1. Intensitas Hujan**

Tinggi atau dalamnya hujan per satuan waktu disebut sebagai intensitas hujan. Panjang dan volume hujan menentukan seberapa intens itu. Hujan dalam waktu lama intensitasnya cenderung tinggi, dan hujan dalam waktu singkat intensitasnya cenderung rendah.

#### **3.6.2. Peta Sistem Drainase**

Peta sistem drainase *airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang meliputi denah utama saluran drainase eksisting di bandara tersebut. Data yang dimiliki PT. Angkasa Pura I terkait peta sistem drainase *airside* eksisting meliputi debit saluran eksisting, luas wilayah tangkapan (*catchment area*), dan skema jaringan aliran drainase. Sehingga perhitungan maupun data yang dibutuhkan lainnya menggunakan perhitungan manual menggunakan aplikasi terkait.

#### **3.6.3. Data Topografi**

Peta topografi berfungsi sebagai mengetahui kelandaian tanah yang pada tiap salurannya digunakan sebagai bahan pertimbangan yang dihitung guna menentukan koefisien limpasan.

#### **3.6.4. Data Kapasitas Pompa**

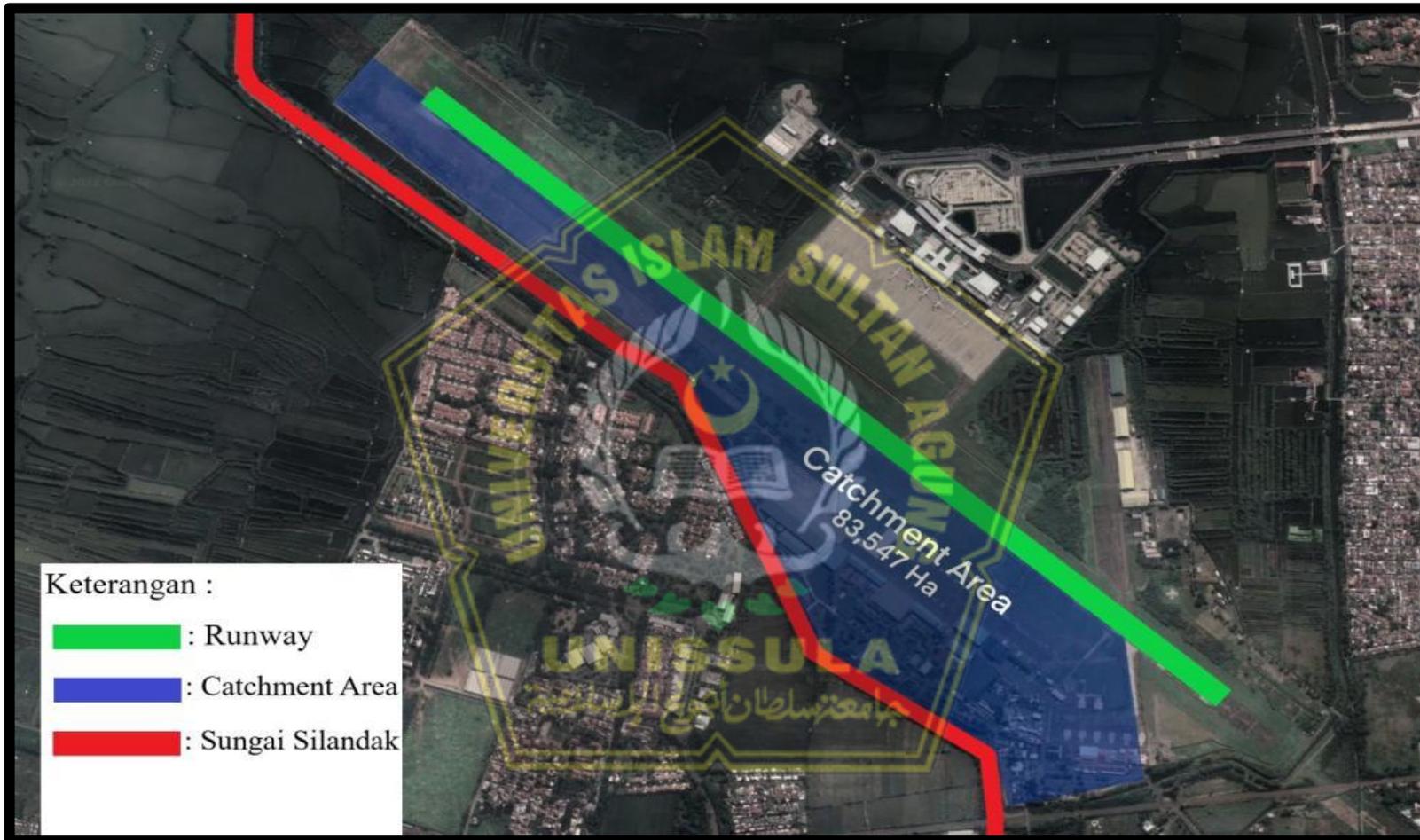
Data kapasitas pompa berfungsi sebagai mengetahui kemampuan pompa dalam mengalirkan air dan menjaga tinggi muka air pada daerah tangkapan.

#### **3.6.5. Data Kapasitas Kolam**

Data kapasitas kolam berfungsi sebagai mengetahui jumlah volume kolam yang mampu menampung air hujan dalam satuan jangka waktu.

#### **3.6.6. Data Saluran**

Data saluran berfungsi sebagai mengetahui massa air yang disalurkan dari sebuah kawasan daerah tangkapan ke pembuangan akhir pada sistem drainase bagian selatan yaitu kali Silandak



Gambar 3.5. Catchment Area  
(Sumber : Google Earth)

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

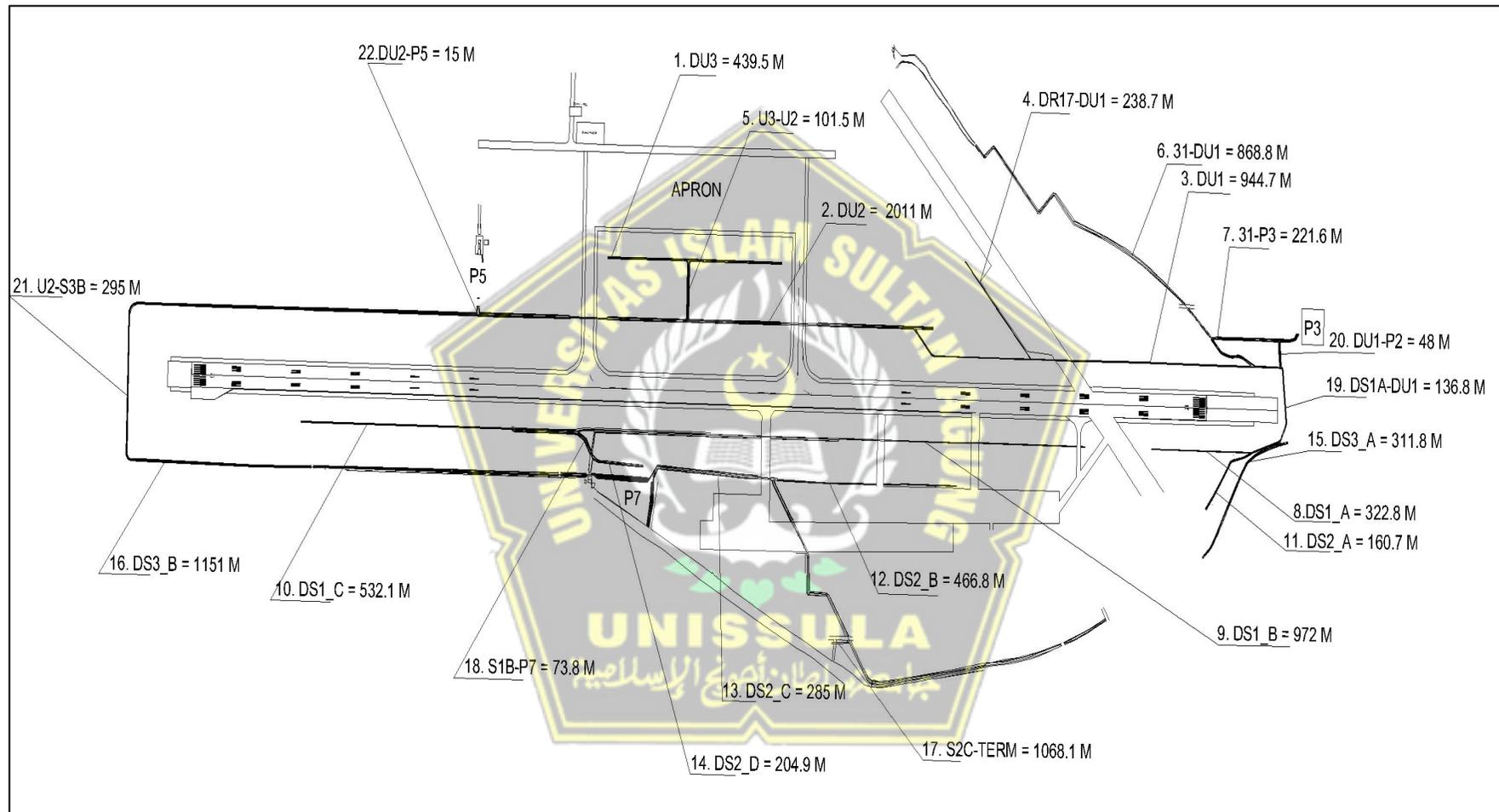
#### **1.1. Sistem Drainase Bandar Udara Semarang**

Berdasarkan data yang diambil dari pengamatan dan survey aliran drainase yang berada di sekitar *airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani. Survey yang dilakukan mengamati dan memastikan keberadaan saluran primer dan saluran sekunder yang berada di 5 titik stasiun pompa yang berada di *airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani. Adapun peta jaringan drainase eksisting *airside* bandara berdasarkan survey.

#### **1.2. Sub Sistem Drainase**

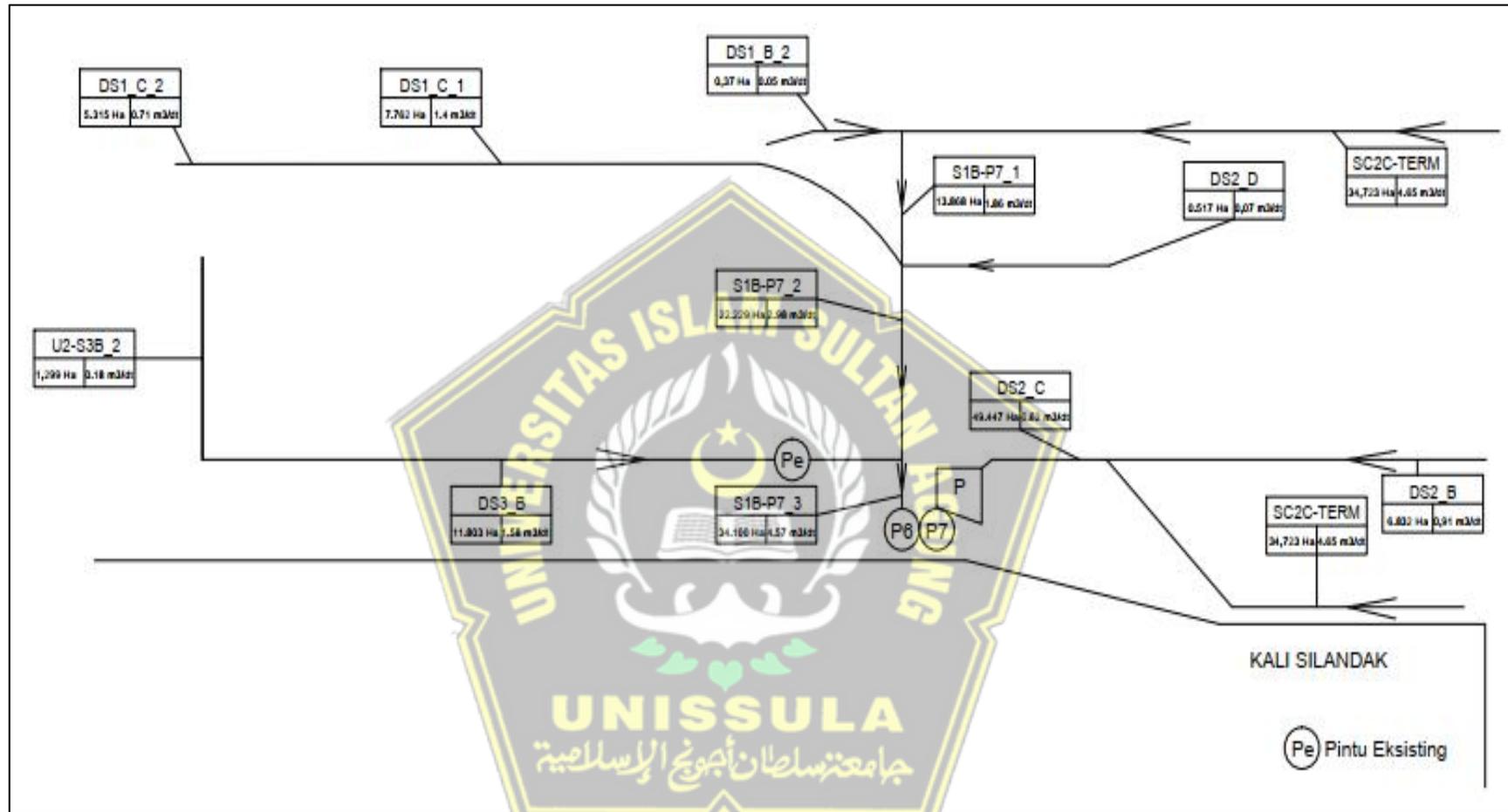
Sistem drainase Sisi udara (*airside*) Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang terbagi menjadi 6 subsistem drainase. Sistem ini digunakan sebagai pengelolaan dan perencanaan drainase. Pada bagian selatan, *catchment area* yang melewati stasiun pompa P6 memiliki luas 34,100 Ha. *Catchment area* yang melalui stasiun pompa P7 memiliki luas 49,447 Ha. Masing-masing *catchment area* memiliki peranan penting dalam sistem drainase *airside* pada bandara, karena memiliki pintu *exit* air yang sama maka kedua *catchment area* tersebut digabungkan menjadi satu *catchment* supaya mempermudah dalam pengolahan data.

Pada *airside* terdapat aliran seluruh saluran pada drainase terutama pada bagian selatan yang terdiri dari 13 saluran primer drainase, 1 buah kolam retensi, dan 2 rumah pompa dengan skema pada Gambar 4.1. Peta Jaringan Eksisting dan Gambar 4.2. Skema Jaringan Eksisting Drainase Bagian Selatan dan Gambar 4.3. Skema Jaringan Eksisting Drainase Keseluruhan



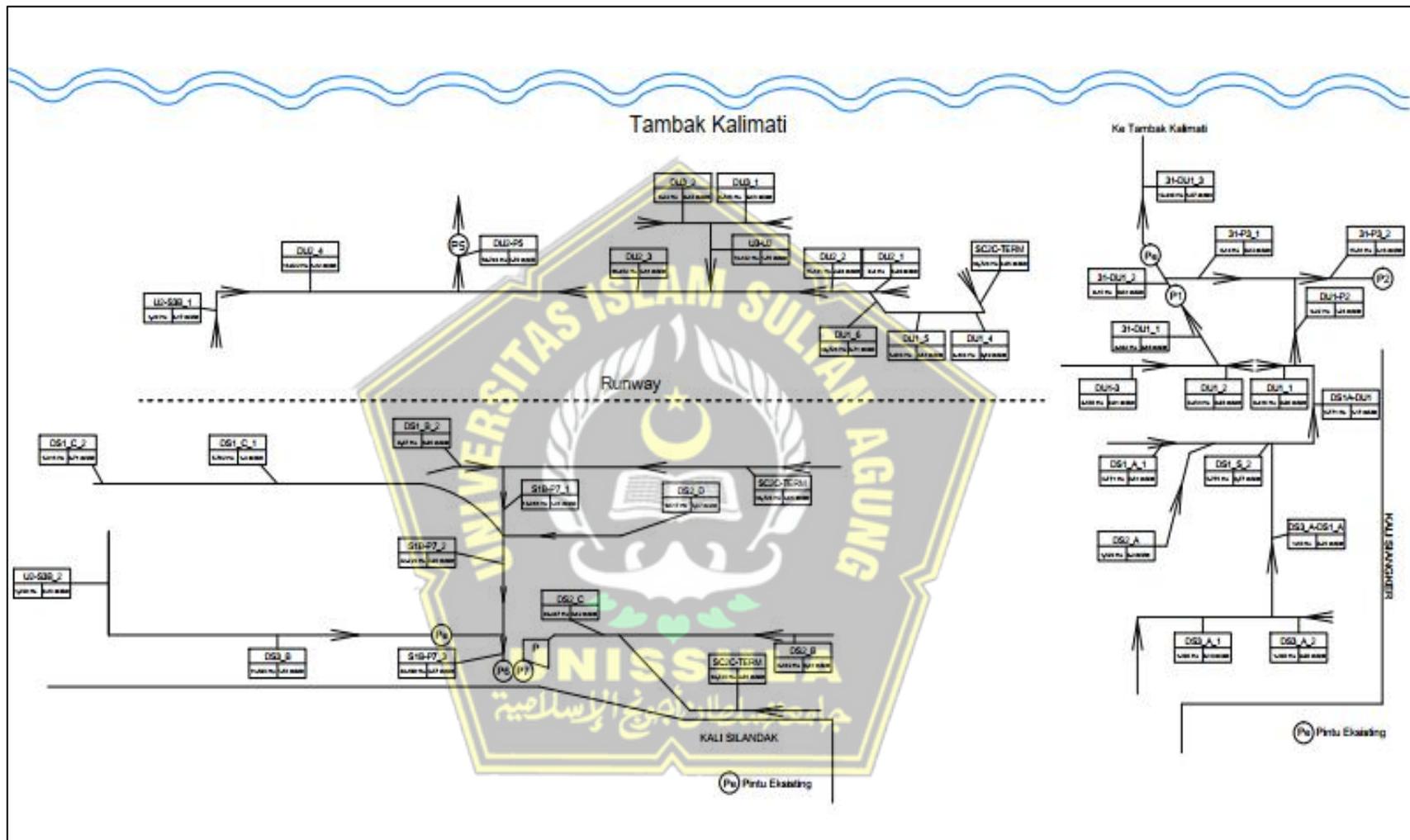
Gambar 4.1. Peta Jaringan Eksisting

(Sumber: Dokumen Perusahaan)



Gambar 4.2. Skema Jaringan Eksisting Drainase Bagian Selatan

(Sumber: Dokumen Perusahaan)



Gambar 4.3. Skema Jaringan Eksisting Drainase Keseluruhan

(Sumber: Dokumen Perusahaan)

### 1.3. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Maksimum Tahunan (mm)

Tahun	Hujan Rata-rata(mm)
2000	203
2001	82
2002	296
2003	122
2004	163
2005	121
2006	198
2007	162
2008	169
2009	216
2010	110
2011	83
2012	80
2013	111
2014	125
2015	177
2016	98
2017	126
2018	123
2019	105
2020	139
Jumlah Total	3009
Curah Hujan Tahunan Maksimum (Xmax)	296
Curah Hujan Tahunan Minimum (Xmin)	80
Curah Hujan Tahunan Rata - Rata	143,3

(Sumber : BMKG Stasiun Meteorologi Kelas II Ahmad Yani Semarang )

X = Curah hujan harian maksimum rata-rata

Tabel 4.2. Perhitungan Analisa Frekuensi Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	(Xi-X)	(Xi-X) <sup>2</sup>	Curah Hujan Harian Maksimum (mm)
1	2000	59,7	3564,1	203
2	2001	-61,3	3757,7	82
3	2002	152,7	23317,3	296
4	2003	-21,3	453,7	122
5	2004	19,7	388,1	163
6	2005	-22,3	497,3	121
7	2006	54,7	2992,1	198
8	2007	18,7	349,7	162
9	2008	25,7	660,5	169
10	2009	72,7	5285,3	216
11	2010	-33,3	1108,9	110
12	2011	-60,3	3636,1	83
13	2012	-63,3	4006,9	80
14	2013	-32,3	1043,3	111
15	2014	-18,3	334,9	125
16	2015	33,7	1135,7	177
17	2016	-45,3	2052,1	98
18	2017	-17,3	299,3	126
19	2018	-20,3	412,1	123
20	2019	-38,3	1466,9	105
21	2020	-4,3	18,5	139
Jumlah Total			56780,3	3009
Curah Hujan Rata-Rata (Xr)				143,286
Standard Deviasi (S/Sd)				52

Tabel 4.3. Perencanaan Curah Hujan Tahunan Maksimum

Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas (Yt)	Curah Hujan Harian Rencana (Xt= Xr+K*Sd)(mm/jam)
2	0,3665	135,380
5	1,4999	191,841
10	2,2502	229,217
20	2,9606	264,606
25	3,1985	276,457
50	3,9019	311,497
100	4,6001	346,278

Standard deviasi di dapat dengan menggunakan rumus distribusi Gumbel.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n - 1}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{56780,3}{21 - 1}}$$

$$Sd = 52$$

Tabel 4.4. Data Nilai Yn dan Sn yang tergantung pada n

n	Yn	Sn
20	0,5236	1,0628
21	0,5252	1,0696
22	0,5268	1,0754
23	0,5283	1,0811
24	0,5296	1,0864

Dimana :

Sd = Standart Deviasi

Xr = Curah Hujan Harian Rata-rata

X = Curah Hujan Harian Maksimal

n = Jumlah Data Hujan

Teknik Van Breen Berdasarkan pemikiran bahwa lama hujan di pulau Jawa adalah 4 jam, dengan curah hujan efektif 90% dari total curah hujan selama 24 jam, rumus Van Breen diturunkan di Indonesia.

$$I = \frac{90\% \times R_{24}}{4}$$

$$I = \frac{90\% \times 264,6}{4}$$

$$I = 59,53 \text{ mm/jam}$$

Dimana :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = Curah Hujan Harian Maksimum (mm/24jam).

$$Q = \frac{1}{360} \times C_s \times I \times A \text{ (metode rasional yang telah dimodifikasi)}$$

$$Q = \text{Debit}$$

$$A = \text{Luas Daerah Aliran (m}^2\text{)}$$

$$C_s = \text{Koefisien Limpasan}$$

Untuk mencari koefisien limpasan ( $C_s$ ) dengan rumus :

$$S = \left[ \frac{\Delta h}{D} \right]$$

$$t_0 = \left[ \frac{2,187 \times \Delta h \times C^{0,167}}{S} \right]$$

$$t_d = \left[ \frac{L}{60 \times V} \right]$$

Dari hasil perhitungan curah hujan, maka untuk menghitung debit banjir data curah hujan yang dipakai yaitu hujan harian maksimum yang terjadi dalam periode ulang 20 tahun sebesar 264,606 mm.

Tabel 4.5. Pengukuran Kontur (m)

NO	Nama Saluran	Titik Awal Pengukuran ( $t_0$ )	Titik Akhir Pengukuran ( $t_d$ )	Selisih Kontur (S)	Panjang Saluran (m)
1	U2-S3B	0,729	0,974	0,245	295
2	S2C-TERM	0,157	-0,165	0,322	1068,1
3	DS2 B	1,478	0,841	0,637	466,8
4	DS2 C	0,63	0,102	0,528	285
5	DS1 B	0,017	0,401	0,384	972
6	S1B-P7	2,302	0,932	1,37	73,8
7	DS2 D	0,842	-0,257	1,099	204,9
8	DS1 C	0,343	0,325	0,018	532,1
9	DS3 B	0,919	0,418	0,501	1151
elevasi tertinggi				2,302	
elevasi terendah				-0,257	

Tabel 4.6. Perencanaan Debit Banjir dengan Mencari Koefisien Limpasan

Nama Saluran	$t_0$ (menit)	$t_d$ (menit)	$t_c$ (menit)	$C_s$
U2-S3B	3	33	36	0,52
S2C-TERM	3	173	176	0,50
DS2 B	3	59	62	0,51
DS2 C	3	32	35	0,52
DS1 B	3	150	153	0,50
S1B-P7	3	10	13	0,57
DS2 D	3	28	31	0,53
DS1 C	3	80	83	0,51
DS3 B	3	105	108	0,51

#### 1.4. Perhitungan Dimensi Saluran

Untuk menghitung dimensi seluruh saluran maka :

$$Q_{\text{RENCANA}} = v \times A$$

$$v = n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Dimana :

v = Kecepatan Pengaliran (m/dt)

S = Kemiringan Dasar Saluran

n = Koefisien Manning

R = Jari-jari Hidrolis (m)

Tabel 4.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Jalur	Qr	Cs	I	A
U2-S3B 1&U2-S3B 2 (Arah Hulu)	12,04	0,52	59,53	1,4
U2-S3B 1&U2-S3B 2 (Arah Hilir)	48,19	0,52	59,53	5,6
S2C-TERM (Arah Hulu)	38,06	0,5	59,53	4,6
S2C-TERM (Arah Hilir)	31,44	0,5	59,53	3,8
DS2_B (Arah Hulu)	32,07	0,51	59,53	1,5
DS2_B (Arah Hilir)	12,66	0,51	59,53	4,0
DS2_C (Arah Hulu)	43,88	0,52	59,53	5,1
DS2_C (Arah Hilir)	24,95	0,52	59,53	2,9
DS1_B_1 (Arah Hulu)	6,61	0,5	59,53	0,8
DS1_B_1 (Arah Hilir)	21,51	0,5	59,53	2,6
DS1_B_2 (Arah Hulu)	6,61	0,5	59,53	0,8
DS1_B_2 (Arah Hilir)	21,51	0,5	59,53	2,6
S1B-P7_1 (Arah Hulu)	24,53	0,57	59,53	2,6
S1B-P7_1 (Arah Hilir)	30,18	0,57	59,53	3,2
S1B-P7_3	72,63	0,57	59,53	7,7
DS2_D (Arah Hulu)	28,1	0,53	59,53	3,2
DS2_D (Arah Hilir)	67,54	0,53	59,53	7,7
DS1_C_1 (Arah Hulu)	27,01	0,51	59,53	3,2
DS1_C_1 (Arah Hilir)	27,01	0,51	59,53	3,2
DS1_C_2 (Arah Hulu)	10,13	0,51	59,53	1,2
DS1_C_2 (Arah Hilir)	10,13	0,51	59,53	1,2
DS3_B (Arah Hulu)	11,81	0,51	59,53	1,4
DS3_B (Arah Hilir)	13,5	0,51	59,53	1,6

Untuk menghitung dimensi saluran dengan bentuk yang berbeda di tiap-tiap sub-drainase maka dihitung luas permukaan tiap saluran dengan dimensi masing-masing kemiringan dinding (m) pada saluran adalah 1:1,5. Perbandingan lebar saluran (b) dan tinggi air (h) adalah 1 sehingga  $b = h$ ,

● Trapesium

$$b = h$$

$$c = 1,5h$$

$$H = h + 0,25h$$

$$m = 1,58h$$

■ Luas Penampang (A)

$$A = \left(\frac{c+b}{2}\right) \times H$$

$$A = \left(\frac{1,5h+h}{2}\right) \times (h + 0,25h)$$

$$A = 1,5625 h^2$$

■ Keliling basah (P)

$$P = b + 2m$$

$$P = h + 2 \times (1,58h)$$

$$P = 4,16 h$$

■ Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = A/P$$

$$R = \frac{1,5625 h^2}{4,16 h}$$

● Saluran U2-S3B\_2 Arah Hulu

$$Q_r = 0,278 \times C_s \times I \times A$$

$$Q_r = 0,278 \times 0,52 \times 59,53 \times 1,4$$

$$Q_r = 11,8$$

$$Q = v \times A$$

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

$$11,8 = \left(\frac{1}{0,025}\right) \times \left(\frac{1,5625 h^2}{4,16 h}\right)^{2/3} \times (0,245)^{1/2} \times (1,5625 h^2)$$

$$h = 0,8 \text{ m}$$

■ Tinggi Jagaan (w)

$$w = 25\% \times h$$

$$w = 0,25 \times 0,8$$

$$w = 0,2 \text{ m}$$

■ Tinggi Saluran (h+w)

$$h + w = 1 \text{ m}$$

- Persegi

$$b = c = h$$

$$H = h + 0,25h$$

- Luas Penampang (A)

$$A = c \times H$$

$$A = h \times (h + 0,25 h)$$

$$A = 1,25 h^2$$

- Keliling basah (P)

$$P = b + 2 \times h$$

$$P = h + 2 \times h$$

$$P = 3 h$$

- Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = A/P$$

$$R = \frac{1,25 h^2}{3 h}$$

- Saluran DS2\_C (Arah Hulu)

$$Q_r = 0,278 \times C_s \times I \times A$$

$$Q_r = 0,278 \times 0,52 \times 59,53 \times 7,7$$

$$Q_r = 43,88$$

$$Q = v \times A$$

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

$$43,88 = \left(\frac{1}{0,025}\right) \times \left(\frac{1,25 h^2}{3 h}\right)^{2/3} \times$$

$$(0,528)^{1/2} \times (1,25h^2)$$

$$h = 1,3 \text{ m}$$

- Tinggi Jagaan (w)

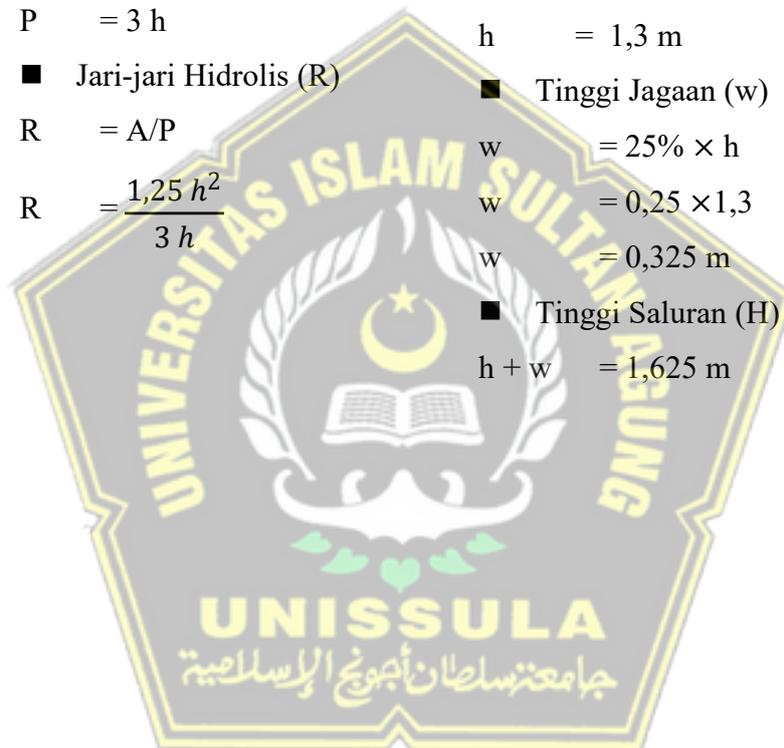
$$w = 25\% \times h$$

$$w = 0,25 \times 1,3$$

$$w = 0,325 \text{ m}$$

- Tinggi Saluran (H)

$$h + w = 1,625 \text{ m}$$



Tabel 4.8 Perbandingan Dimensi Saluran Drainase Hasil Perhitungan

Jalur	Dimensi Saluran Eksisting						Q Rencana	Jalur	Dimensi Saluran Rencana				
	b (m)	c (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	R	P			b (m)	c (m)	h (m)	w (m)	H (m)
U2-S3B_2 (Arah Hulu)	1,6	3,0	0,6	1,4	0,2	2,4	12,04	U2-S3B_2 (Arah Hulu)	0,8	1,2	0,9	0,225	1,125
U2-S3B_2 (Arah Hilir)	2,5	4,9	1,5	5,6	2,8	6,0	48,19	U2-S3B_2 (Arah Hilir)	1,5	2,3	1,5	0,375	1,875
S2C-TERM (Arah Hulu)	2,3	4,5	1,4	4,6	2,1	5,4	38,06	S2C-TERM (Arah Hulu)	1,3	2,0	1,3	0,325	1,625
S2C-TERM (Arah Hilir)	2,5	2,5	1,3	3,3	1,8	5,2	31,44	S2C-TERM (Arah Hilir)	1,2	1,7	1,2	0,3	1,5
DS2_B (Arah Hulu)	1,4	1,4	1,1	1,5	1,0	4,2	32,07	DS2_B (Arah Hulu)	0,8	1,1	6,1	1,525	7,625
DS2_B (Arah Hilir)	2,5	2,5	1,6	4,0	0,5	4,8	12,66	DS2_B (Arah Hilir)	1,1	1,7	0,76	0,19	0,95
DS2_C (Arah Hulu)	3,2	2,4	1,2	7,7	0,4	3,6	43,88	DS2_C (Arah Hulu)	1,6	1,6	1,3	0,325	1,625
DS2_C (Arah Hilir)	3,2	5,2	0,7	2,9	0,3	2,8	24,95	DS2_C (Arah Hilir)	1,1	1,1	1,1	0,275	1,375
DS1_B_1 (Arah Hulu)	0,6	1,3	0,8	0,8	0,4	3,2	6,61	DS1_B_1 (Arah Hulu)	0,7	0,7	0,7	0,175	0,815
DS1_B_1 (Arah Hilir)	2,6	2,6	1,0	2,6	0,3	3,0	21,51	DS1_B_1 (Arah Hilir)	1,1	1,1	1,1	0,275	1,375
DS1_B_2 (Arah Hulu)	0,8	1,4	0,7	0,8	0,3	2,8	6,61	DS1_B_2 (Arah Hulu)	0,7	0,7	0,7	0,175	0,815
DS1_B_2 (Arah Hilir)	2,6	2,6	1,0	2,6	0,3	3,0	21,51	DS1_B_2 (Arah Hilir)	1,1	1,1	1,1	0,275	1,375

Jalur	Dimensi Saluran Eksisting						Q Rencana	Jalur	Dimensi Saluran Rencana				
	b (m)	c (m)	h (m)	A (m <sup>2</sup> )	R	P			b (m)	c (m)	h (m)	w (m)	H (m)
S1B-P7_1 (Arah Hulu)	2,6	2,6	1,0	2,6	0,3	3,0	24,53	S1B-P7_1 (Arah Hulu)	0,9	1,3	0,9	0,225	1,125
S1B-P7_1(Arah Hilir)	3,1	5,0	0,8	3,2	0,4	3,2	30,18	S1B-P7_1(Arah Hilir)	1,0	1,0	1	0,25	1,25
S1B-P7_3	6,4	6,4	1,2	7,7	0,4	3,6	72,63	S1B-P7_3	1,4	1,4	1,3	0,325	1,625
DS2_D (Arah Hulu)	3,1	5,0	0,8	3,2	0,4	3,2	28,1	DS2_D (Arah Hulu)	1,0	1,0	1	0,25	1,25
DS2_D (Arah Hilir)	6,4	6,4	1,2	7,7	0,4	3,6	67,54	DS2_D (Arah Hilir)	1,4	1,4	1,4	0,35	1,75
DS1_C_1 (Arah Hulu)	3,0	6,0	0,7	3,2	0,3	2,8	27,01	DS1_C_1 (Arah Hulu)	2,0	3,0	2	0,5	2,5
DS1_C_1 (Arah Hilir)	3,0	6,0	0,7	3,2	0,3	2,8	27,01	DS1_C_1 (Arah Hilir)	2,0	3,0	2	0,5	2,5
DS1_C_2 (Arah Hulu)	1,1	1,5	1,0	1,2	0,7	3,8	10,13	DS1_C_2 (Arah Hulu)	1,4	2,1	1,4	0,35	1,75
DS1_C_2 (Arah Hilir)	1,1	1,5	1,0	1,2	0,7	3,8	10,13	DS1_C_2 (Arah Hilir)	1,4	2,1	1,4	0,35	1,75
DS3_B (Arah Hulu)	1,6	3,0	0,6	1,4	0,2	2,4	11,81	DS3_B (Arah Hulu)	0,8	1,2	0,8	0,2	1,0
DS3_B (Arah Hilir)	2,1	3,2	0,6	1,6	0,2	2,4	13,5	DS3_B (Arah Hilir)	0,8	1,2	0,8	0,2	1,0

### 1.5. Perhitungan Kapasitas Pompa Air

Pompa yang digunakan pada Drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang terkhusus pada bagian selatan yaitu pompa *submersible*.

Pompa *submersible* adalah pompa sentrifugal yang dipasang ke motor listrik dan beroperasi di dalam air. Oleh karena itu pompa *submersible* memiliki peranan penting dalam sistem drainase dengan kapasitasnya dalam melayani saluran dan kolam yang ada pada bandar udara. Pompa pada bagian selatan Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang terdiri dari beberapa macam kapasitas, yaitu pada tabel berikut :

Tabel 4.9 Data Analisis Kapasitas Pompa.  
(Dokumen Perusahaan)

Nama Stasiun Pompa	Nama Pompa	Jenis Pompa	Besarnya Daya	Kapasitas Per Unit		Jumlah Unit Per-Group	Kapasitas Riil Per-Group	
				lpS	(m <sup>3</sup> /s)		Per-Group (m <sup>3</sup> /s)	Per-STP (m <sup>3</sup> /s)
Stasiun Pompa 6	Pompa 1	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	3,968
		Submersible Sentrifugal	15 PK	117	0,117	2	0,234	
	Pompa 2	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	
		Submersible Sentrifugal	15 PK	117	0,117	2	0,234	
	Pompa 3	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	
	Pompa 4	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	
	Pompa 5	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	
	Pompa 6	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	
	Pompa 7	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	5	0,5	
Stasiun Pompa P7A	Pompa 1	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	4	0,4	2
	Pompa 2	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	4	0,4	
	Pompa 3	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	4	0,4	
	Pompa 4	Submersible Axial	10 PK	100	0,1	4	0,4	

Tabel 4.10 Data Eksisting Kapasitas Pompa  
(Dokumen Perusahaan)

Nama Stasiun Pompa	Nama Pompa	Jumlah Pompa	Kapasitas Normal				Kapasitas Riil		
			Unit	Per Unit	Per Group		Per STP	Per Group	Per STP
				LpS	LpS	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s		
Rumah Pompa 6	Pompa Submersible 10 PK	7	100	700	0,7	0,9	0,5	0,7	
	Pompa Submersible 15 PK	2	100	200	0,2		0,2		
Rumah Pompa 7A	Pompa Submersible 10 PK	5	100	500	0,5		0,4		

### 1.6. Perhitungan Kapasitas Tampung Kolam Retensi

Saluran DS2\_C, SC2C-TERM, dan DS2\_B merupakan saluran yang menyalurkan air ke kolam.

Setelah didapat perhitungan waktu konsentrasi dan analisa curah hujan maka dapat dilakukan perhitungan debit banjir rencana (*inflow*) pada saluran yang dilayani pompa yaitu dengan nilai 202,4 m<sup>3</sup>/s.

Volume kolam yang tercatat pada data PT.Angkasa Pura I yaitu sebesar 20790 m<sup>3</sup>. Maka kolam akan banjir bila hujan deras selama waktu maksimal dengan perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Banjir selama} &= \frac{20790 \text{ m}^3}{202,4 \text{ m}^3/\text{s}} \\
 &= 102,7 \text{ Detik}
 \end{aligned}$$

Jadi dalam waktu 102,7 detik kolam retensi P7 pada bagian selatan sistem drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani ini akan penuh oleh air yang datang dari saluran menuju P7.

### 1.7. Perhitungan Hidrograf Metode Nakayasu Daerah Tangkapan Bagian Selatan

Daerah tangkapan bagian selatan terletak di selatan *airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang. *Catchment area* dapat dikategorikan sebagai daerah tangkapan sangat kecil karena luas daerah tangkapan kurang dari 10.000 Ha yaitu 83,547 Ha. Pada *catchment area* bagian selatan memiliki panjang sungai utama 5,0487 Km.

Untuk penghitungan Hidrograf Satuan Statis (HSS) dari *Catchment Area* bagian selatan menggunakan metode Nakayasu sebagai berikut :

- Menghitung waktu antara hujan sampai debit puncak banjir ( $T_g$ )

$$\begin{aligned}T_g &= 0,4 + (0,058 \times L) \\ &= 0,4 + (0,058 \times 5,0487) \\ &= 0,69282 \text{ Jam}\end{aligned}$$

- Menghitung waktu untuk mencapai puncak ( $T_p$ )

$$\begin{aligned}T_r &= 0,5 \times T_g \\ &= 0,5 \times 0,69282 \\ &= 0,34641 \text{ Jam} \\ T_p &= T_g + (0,8 \times T_r) \\ &= 0,69282 + (0,8 \times 0,34641) \\ &= 0,96995 \text{ Jam}\end{aligned}$$

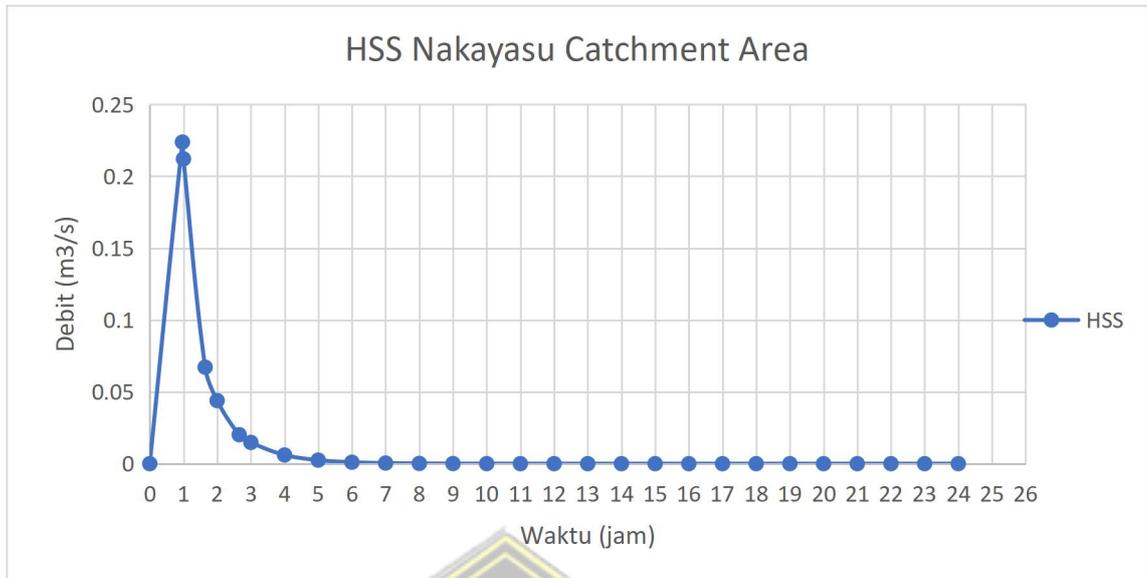
- Menghitung besarnya  $T_{0,3}$

$$\begin{aligned}T_{0,3} &= \alpha \times T_g \\ &= 0,97219 \times 0,69282 \\ &= 0,67356 \text{ Jam}\end{aligned}$$

- Menghitung debit puncak hidrograf satuan ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned}Q_p &= \frac{A \times R_0}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \\ Q_p &= \frac{14,7 \times 1}{3,6 (0,3 \times 0,96995 + 0,67356)} \\ Q_p &= 0,22 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

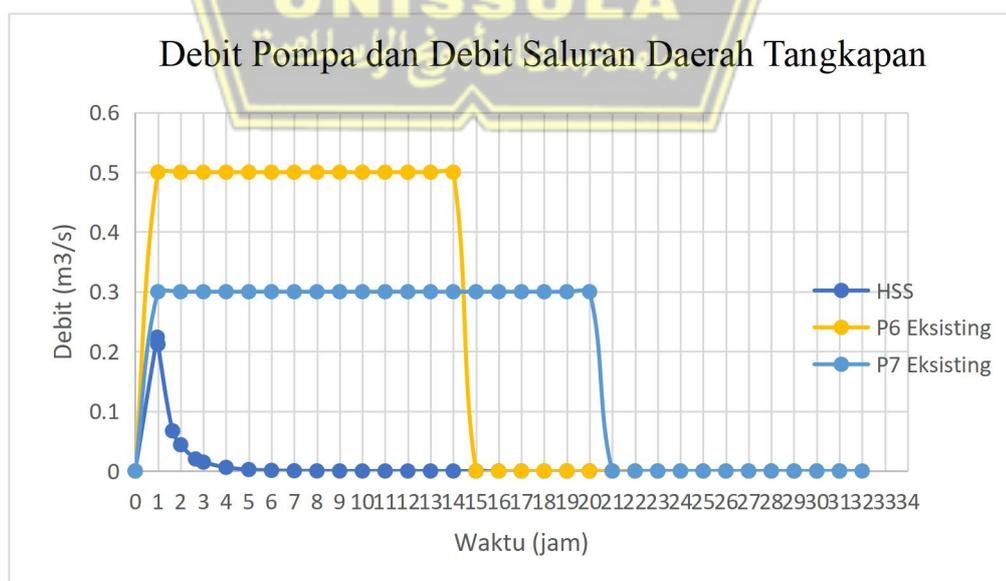
Setelah ditentukannya batas-lengkung naik dan lengkung turun pada tahap 1 hingga tahap 3 dihasilkanlah grafik dari debit dalam setiap jam nya.



Gambar 4.4. Grafik Hidrograf Satuan Statis Catchment Area

Hidrograf satuan statis digunakan untuk mengetahui debit puncak dari suatu aliran. Berdasarkan Gambar 4.4. menunjukkan grafik hidrograf satuan statis yang dihitung dengan menggunakan parameter luas *catchment area* bagian selatan dan panjang saluran drainase. Gambar 4.4. menunjukkan bahwa debit puncak *catchment area* bagian selatan dicapai pada waktu 0,9 jam dengan besaran debitnya adalah 0,22 m<sup>3</sup>/s.

### 1.8. Simulasi Sistem Polder Drainase *Airside* Bagian Selatan Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang



Gambar 4.5. Grafik Debit Pompa dan Debit Saluran Daerah Tangkapan

Setelah dihitungnya hidrograf satuan statis menggunakan metode Nakayasu maka didapatkan debit daerah tangkapan yang menjadi pembuangan akhir drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang bagian selatan, yang juga sebagai data dalam pelaksanaan sistem polder pada drainase bagian selatan.

Dengan diketahuinya debit puncak pada daerah tangkapan, maka seperti pada Gambar 4.5, debit pompa pada saluran yaitu pada pompa P6 dan P7 ditambahkan pada grafik supaya diketahui sampai batas debit mana drainase yang dilayani oleh pompa P6 dan P7 dialirkan ke sungai Silandak dan juga guna mengetahui perbandingan debit pada jam ke t antara aliran pada saluran dengan kapasitas pompa.

Drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang terdiri dari 2 rumah pompa yaitu pompa P6 dan P7 yang melayani saluran-saluran dan 1 kolam retensi pada salah satu pompa yaitu pompa P7. Adapun penjelasan perhitungan kapasitas drainase tersebut.

#### 1.8.1. Drainase Menuju Pompa P6

Pada drainase yang dilayani oleh pompa P6 terdiri dari saluran U2-S3B\_2, DS3\_B, S1B-P7\_3, S1B-P7\_1, DS2\_D, S2C-TERM, DS1\_B\_2, DS1\_C\_1, DS1\_C\_2. Dengan total keseluruhan volume air yang ditampung oleh saluran dan dilayani pompa adalah 23641,4 m<sup>3</sup> dan debit outflow saluran yang mana juga termasuk debit inflow pompa sebesar 474,7 m<sup>3</sup>/s.

Tabel 4.11 Data Perhitungan Pembuangan Pompa 6

t	Qt	Volume Air yang terbuang pada jam ke - t	Sisa Air yang belum terbuang
(jam)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
0	0	0	23.641,4
1	0,5	1.800	21.841,4
2	0,5	3.600	20.041,4
3	0,5	5.400	18.241,4
4	0,5	7.200	16.441,4
5	0,5	9.000	14.641,4
6	0,5	10.800	12.841,4
7	0,5	12.600	11.041,4
8	0,5	14.400	9.241,4
9	0,5	16.200	7.441,4

10	0,5	18.000	5.641,4
11	0,5	19.800	3.841,4
12	0,5	21.600	2.041,4
13	0,5	23.400	241,4
14	0,5	25.200	0

Setelah diketahuinya debit dan volume pada drainase yang dilayani pompa P6, maka dihitunglah kapasitas pompa keseluruhan pada rumah pompa P6 yaitu dengan debit total pompa 0,5 m<sup>3</sup>/s. Sehingga pada Tabel 4.11, terdapat data kapasitas layanan pompa pada setiap t (jam) dan dapat melayani volume air yang tertampung pada saluran, menunjukkan bahwa dengan debit kapasitas pompa konstan sebesar 1.800 m<sup>3</sup>/jam maka saluran yang dilayani oleh pompa selama ± 14 jam yang diasumsikan 6 buah pompa submersible dari 7 buah pompa submersible 10 PK pada rumah pompa P6 diaktifkan dan 1 unit pada masing-masing *group* tidak diaktifkan sebagai *back up* untuk pompa yang diaktifkan pada masing-masing STP dan menggunakan dimensi saluran rencana pada Tabel 4.8 Perbandingan Dimensi Saluran Drainase Hasil Perhitungan akan aman dan tidak terjadi banjir.

### 1.8.2. Drainase Menuju Pompa P7

Pada drainase yang dilayani oleh pompa P7 terdiri dari saluran S2C-TERM, DS2\_C, DS2\_B serta Kolam Retensi P7, dengan total keseluruhan volume air yang ditampung oleh saluran dan dilayani pompa adalah 28.452,3 m<sup>3</sup> dan debit *outflow* saluran yang mana juga termasuk debit *inflow* kolam sebesar 202,4 m<sup>3</sup>/s.

Tabel 4.12 Data Perhitungan Pembuangan Pompa 7

t (jam)	Qt (m <sup>3</sup> /s)	Volume Air yang terbuang pada jam ke-t (m <sup>3</sup> )	Sisa Air yang belum terbuang (m <sup>3</sup> )
0	0	0	28.452
1	0,3	1.080	27.372
2	0,3	2.160	26.292
3	0,3	3.240	25.212
4	0,3	4.320	24.132
5	0,3	5.400	23.052
6	0,3	6.480	21.972
7	0,3	7.560	20.892
8	0,3	8.640	19.812
9	0,3	9.720	18.732

10	0,3	10.800	17.652
11	0,3	11.880	16.572
12	0,3	12.960	15.492
13	0,3	14.040	14.412
14	0,3	15.120	13.332
15	0,3	16.200	12.252
16	0,3	17.280	11.172
17	0,3	18.360	10.092
18	0,3	19.440	9.012
19	0,3	20.520	7.932
20	0,3	21.600	0

Setelah diketahuinya debit dan volume pada drainase yang dilayani pompa P7, maka dihitunglah kapasitas pompa keseluruhan pada rumah pompa P7 yaitu dengan debit total pompa 0,3 m<sup>3</sup>/s. Sehingga pada Tabel 4.12, terdapat data kapasitas layanan pompa pada setiap t (jam) dan dapat melayani volume air yang tertampung pada saluran, menunjukkan bahwa dengan debit kapasitas pompa konstan sebesar 1.080 m<sup>3</sup>/jam maka saluran yang dilayani oleh pompa selama ± 20 jam yang diasumsikan 4 buah pompa submersible dari 5 buah pompa submersible 10 PK pada rumah pompa P7 diaktifkan dan 1 unit tidak diaktifkan sebagai *back up* untuk pompa yang diaktifkan pada masing-masing STP dan menggunakan dimensi saluran rencana pada Tabel 4.8 Perbandingan Dimensi Saluran Drainase Hasil Perhitungan akan aman dan tidak terjadi banjir.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Secara umum sistem drainase *airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang bagian selatan sudah memperhatikan aspek-aspek hidrologis, dan fungsi saluran, kolam retensi dan pompa pada sistem polder bandar udara bagian selatan, yaitu :

1. Hasil identifikasi dari penelitian bahwa sistem drainase Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang menggunakan sistem polder, dengan 5 titik stasiun pompa pada sisi udara atau *airside*. Pada sistem drainase sisi udara Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang terbagi menjadi 6 *subsistem*, salah satunya adalah *catchment area* pada bagian selatan atau daerah yang diteliti memiliki luas 83,547 hektare yang dilayani oleh 2 pompa yaitu dengan luas layanan pompa masing - masing P6 memiliki luas 34,100 Ha, dan P7 49,447 Ha.
2. Intensitas curah hujan menggunakan data BMKG Stasiun Meteorologi Kelas II Ahmad Yani Semarang pada 20 tahun kebelakang. Nilai curah hujan rata-rata yaitu 143,286 mm dan curah hujan harian rencana pada 20 tahun yaitu 264,606 mm. Serta nilai intensitas hujan senilai 59,53 mm/jam dihitung menggunakan metode Van Breen. Debit puncak daerah tangkapan pada bagian selatan menggunakan hidrograf satuan statis metode Nakayasu yaitu senilai 0,22 m<sup>3</sup>/s pada 0,9 jam. Debit banjir rencana pada saluran yang dihitung menggunakan metode rasional yaitu senilai 640 m<sup>3</sup>/s yang mana nilai tersebut sekaligus debit *outflow* saluran atau *inflow* pada kolam retensi.
3. A. Perbandingan dimensi saluran drainase pada 23 saluran yang dihitung melalui debit banjir rencana saluran yang disesuaikan dengan dimensi saluran rencana guna mencegah terjadinya limpasan air pada saluran dan tergenang terlalu lama yang menyebabkan banjir pada *runway*.  
B. Kemampuan sistem polder pada drainase *airside* Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang bagian selatan pada saluran dan kolam yang

dilayani oleh pompa P6 dan P7 eksisting dengan debit rencana pada 20 tahun mendatang.

4. Kapasitas pompa eksisting P6 dan P7 pada sistem polder yaitu dengan nilai kapasitas riil masing - masing 0,7 m<sup>3</sup>/s dan 0,4 m<sup>3</sup>/s pada tiap stasiun pompa, dan kapasitas tampung kolam retensi dengan nilai volume kolam yaitu 20790 m<sup>3</sup> dan dibagi dengan debit inflow saluran yang menuju pada kolam yaitu 202,4 m<sup>3</sup>/s. dengan diketahuinya angka - angka tersebut. Maka, jika terjadi hujan deras selama waktu maksimal 102,7 detik, kolam akan meluap dan akan terjadi banjir pada saluran dan *runway*.

## 5.2. Saran

Rekomendasi berikut telah dibuat untuk menganalisis sistem drainase sisi selatan Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani di Semarang: :

1. Pemeriksaan yang rutin pada seluruh sistem drainase supaya mengetahui kondisi infrastruktur saluran, kolam, dan pompa guna mencegah terjadinya kegagalan fungsi dalam sistem drainase tersebut.
2. Perlu diadakannya tinjauan ulang setiap tahun baik dari segi perencanaan maupun *maintenance* terhadap drainase eksisting.
3. Adanya penambahan saluran drainase pada bagian selatan *airside* terutama pada titik sekitar saluran DS1\_C\_1 dan DS1\_C\_2 yang dinyatakan ukuran dimensi eksistingnya tidak mampu menampung sehingga ditambakkannya saluran berfungsi sebagai *long storage* yang dikarenakan saluran eksisting tidak mampu melayani drainase pada perhitungan debit rencana periode ulang 20 tahun guna meningkatkan debit *inflow* kolam yang akan dilayani pompa serta mengurangi adanya genangan pada *runway* yang disebabkan karena ketidakmampuan saluran dalam menampung seluruh air pada curah hujan tinggi.
4. Meningkatkan kapasitas pompa guna memperbesar debit yang dilayani sehingga tidak terjadi banjir jika kapasitas saluran dan kolam sudah tidak mampu melayani air yang akan dialirkan keluar bandara.
5. Beberapa saluran yang rusak sedang diperbaiki untuk menghilangkan risiko keselamatan penerbangan, terutama di sisi udara.

6. Meninjau secara rutin kondisi tanggul pada selatan bandara yang terkena dampak pada ketinggian muka air laut yang melalui sungai Silandak, supaya tidak terjadinya banjir ataupun genangan pada



## DAFTAR PUSTAKA

- WIBOWO, A., & SUSMANTO, P. (1999). *TUGAS AKHIR ANALISIS SISTEM DRAINASE BANDAR UDARA AHMAD YANI SEMARANG (Doctoral dissertation, Prodi Teknik Sipil Unika Soegijapranata)*.
- Model, I. N. *US Department of Transportation, Federal Aviation Administration*.
- Sudirman, Kimi. (2015). *ANALISA DAYA TAMPUNG KOLAM RETENSI UNTUK PENANGGULANGAN BANJIR DI DAERAH MASKAREBET KEC. ALANG – ALANG LEBAR PALEMBANG*. Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Setiadi, Y. S., Suharto, W., & Budiningrum, D. S. (2014). Perhitungan Volume Kolam Retensi Muktiharjo Kidul Semarang Berdasarkan Data Curah Hujan Harian Maksimum Kawasan Kali Tenggang. *Teknika*, 9(2), 58-70.
- Hendri, A. (2016, *January*). Analisis Metode Intensitas Hujan Pada Stasiun Hujan Pasar Kampar Kabupaten Kampar. *In Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar)* (Vol. 1, pp. 297-304).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2016). *Diklat Teknis Penanganan Drainase Jalan Modul 4: Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi*. Jakarta: SIMANTU Kementerian PUPR.
- Rahman, N. F. (2011). *Perancangan Pompa Axial Submersible Studi Kasus Instalasi Pengendali Banjir Mulyosari Surabaya (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember)*.
- Sanusi, W. (2019). *Evaluasi Koefisien Manning Pada Berbagai Tipe Dasar Saluran (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia)*.

Arbaningrum, Rizka. (2012). Modul Perkuliahan Debit Banjir/Limpasan. Universitas Pembangunan Jaya.

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 262 Tahun 2017. Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Manual Ofstandard Casr -Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodrome*). Kementerian Perhubungan.

Dian, Gata A. (2020). Modul Perkuliahan Rekayasa Hidrologi. Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Silitonga, Binsar. (2019). Identifikasi Sistem Drainase Untuk Penanganan Banjir Kota Medan. Universitas Katolik Santo Thomas Medan.

Puspita, Norma. (2020). Modul Kuliah Jaringan Aliran *Flow Net*. Universitas Indo Global Mandiri Palembang.

Wiratama, Caesar. (2021). “*Submersible Pump (Pompa Submersibel)*”, *Submersible Pump (Pompa Submersibel)* – *Aeroengineering.co.id*, diakses pada 14 Desember 2022 pukul 21.27.

Triatmodjo, B. (2010). Buku Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.

Hasmar, H. H. (2012). Drainasi Terapan. Uiipress.

Hanifah, Piti. (2022). “Pengertian Drainase, Fungsi, Jenis, Hingga Contohnya.”, [www.rumah.com/panduan-properti/drainase-59556](http://www.rumah.com/panduan-properti/drainase-59556) , diakses pada 24 Agustus 2022 pukul 10.38.

Wahyudi, S. I. (2010). Pengembangan Sistem Polder Untuk Penanganan Banjir Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut dan Penurunan Tanah, UNISSULA. ISBN 978-602-842 ()-36-5.