


The submission information is shown below.

Submission 1734	
Title	ANALISIS KAPASITAS KOLAM POLDER UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH SURABAYA BARAT
Paper:	 (Jan 24, 07:53 GMT)
Author keywords	Flood and Rob HEC-HMS Polder System Flood Control
Abstract	The city of Surabaya is the capital city of East Java Province which is the second largest city in Indonesia after Jakarta. The city is also the center of business, trade, industry, and education in East Java. Several factors cause flooding and tidal waves, especially in the Surabaya area, such as reduced water catchment areas, and narrowing of drainage channels or river channels. To improve these conditions and anticipate the possibility of these problems, permanent treatment is needed. One of them is by making a polder system consisting of a sluice gate, a detention/retention pool, and a pump house. The purpose of this study is to analyze the pump operational system in the polder design. The analysis phase begins with calculating the lost rainfall, data consistency test, frequency analysis, calculating flood discharge, calculating the storage volume, and planning the pump using Microsoft Excel and HEC-HMS 4.0. From the calculation results, it is found that the 2-year return period plan with flood discharge for the retention pond is 40.5 m/s, with a retention pool area of 34030.887 m <sup>2</sup> , and the required pump capacity is 35 m <sup>3</sup> /s as many as 7 units with a capacity of 5m <sup>3</sup> /s. In pump modeling, the operational pattern of each pump that will function or operate according to the water level elevation in each pump is obtained.
Submitted	Jan 24, 07:53 GMT
Last update	
Decision	
Bidding and assignment information	
Assigned to	nobody
Subreviewers	Muhamad Abdul Hadi <215111307@uui.ac.id> (Anisa Nur Amalina, done)
Conflict of interest	nobody
Bid	yes: none maybe: none

Authors						
first name	last name	email	country	affiliation	Web page	corresponding?
Martha Dika	Isyahputri	marthadikaa@gmail.com	Indonesia	UII		
Dwi Astuti Wahyu Wulan	Pratiwi	wulan.pratiwi@uui.ac.id	Indonesia	UII		✓
Shofwatul	Fadilah	215111308@uui.ac.id	Indonesia	UII		



JURUSAN  
TEKNIK SIPIL

**The 4<sup>th</sup> Civil Engineering Research Forum  
(The 4<sup>th</sup> CE ReForm)**  
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia



Yogyakarta, 2 Februari 2023

Kepada Yth,

**Martha Dika Isyahputri, Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi and Shofwatul Fadilah**

Pemakalah The 4<sup>th</sup> CE ReForm

di tempat

Dengan hormat,

Panitia The 4<sup>th</sup> Civil Engineering Research Forum (The 4<sup>th</sup> CE ReForm) menginformasikan bahwa makalah Bapak/Ibu/Sdr/i dengan:

**Judul : ANALISIS KAPASITAS KOLAM POLDER UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH SURABAYA BARAT**

**Status : Diterima dengan perbaikan**

Makalah wajib diperbaiki sesuai arahan dari reviewer. Pemakalah dimohon untuk mempresentasikan naskah pada sesi paralel secara luring pada **Rabu, 15 Februari 2023 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.**

Demikian pemberitahuan yang dapat kami sampaikan, atas perhatian dan Kerjasama Bapak/Ibu/Sdr/i diucapkan terima kasih.

Hormat Kami,


Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.

Koordinator The 4<sup>th</sup> CE ReForm

## ANALISIS KAPASITAS KOLAM POLDER UNTUK PENGENDALIAN BANJIR DI WILAYAH SURABAYA BARAT

Martha Dika Isyahputri<sup>1</sup>, dan Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi<sup>2</sup>, Shofwatul Fadilah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: [marthadikaa@gmail.com](mailto:marthadikaa@gmail.com)

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: [155111301@uii.ac.id](mailto:155111301@uii.ac.id) dan [215111308@uii.ac.id](mailto:215111308@uii.ac.id)

**Abstract :** The city of Surabaya is the capital city of East Java Province which is the second largest city in Indonesia after Jakarta. The city is also the center of business, trade, industry, and education in East Java. Several factors cause flooding and tidal waves, especially in the Surabaya area, such as reduced water catchment areas, and narrowing of drainage channels or river channels. To improve these conditions and anticipate the possibility of these problems, permanent treatment is needed. One of them is by making a polder system consisting of a sluice gate, a detention/retention pool, and a pump house. The purpose of this study is to analyze the pump operational system in the polder design. The analysis phase begins with calculating the lost rainfall, data consistency test, frequency analysis, calculating flood discharge, calculating the storage volume, and planning the pump using Microsoft Excel and HEC-HMS 4.0. From the calculation results, it is found that the 2-year return period plan with flood discharge for the retention pond is 40.5 m/s, with a retention pool area of 34030.887 m<sup>2</sup>, and the required pump capacity is 35 m<sup>3</sup>/s as many as 7 units with a capacity of 5m<sup>3</sup>/s. In pump modeling, the operational pattern of each pump that will function or operate according to the water level elevation in each pump is obtained.

**Keywords :** *Flood and Rob, HEC-HMS, Polder System, Flood Control.*

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya adalah ibukota Provinsi Jawa Timur yang merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah kota Jakarta. Kota ini juga merupakan pusat bisnis perdagangan, industri, dan pendidikan di Jawa Timur. Surabaya menjadi kota padat penduduk dengan jumlah penduduk berkisar 2,827,892 jiwa dengan luas wilayah berkisar 350,54 km<sup>2</sup> (Kementerian Dalam Negeri, 2019), dan mengalami peningkatan setiap tahun.

Kota Surabaya menjadi salah satu kota yang rawan terjadi banjir. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya banjir dan rob terutama di wilayah Surabaya Barat, seperti berkurangnya daerah resapan, penyempitan saluran drainase atau saluran sungai. Namun, yang menjadi faktor utama terjadinya banjir rob di wilayah ini adalah

muka air laut yang lebih tinggi dari pada permukaan lahan/daratan di kawasan pesisir, kenaikan muka air laut ini terjadi karena adanya perubahan iklim, sehingga air laut masuk dan menggenangi daratan, baik masuk secara langsung maupun melalui saluran sungai.

Guna memperbaiki kondisi tersebut serta mengantisipasi kemungkinan terjadinya permasalahan banjir dan rob yang semakin kompleks, maka diperlukan penanganan secara permanen. Salah satu rencana untuk menangani banjir rob untuk Wilayah Surabaya Barat yaitu dengan pembuatan sistem polder, yang terdiri dari kolam detensi/retensi dan rumah pompa.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut.

1. Berapa debit *inflow* yang perlu ditampung untuk desain kolam retensi guna mitigasi banjir di Surabaya Barat?
2. Berapa kapasitas kolam retensi dan pompa pada sistem polder yang diperlukan untuk menampung limpasan air?
3. Bagaimana sistem operasi pompa yang efektif agar dapat mengalirkan air dari kolam ke sungai?

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

1. Asril Zevri (2017) yang berjudul Analisis Volume Tampungan Kolam Retensi DAS Deli merupakan salah satu upaya pengendalian banjir di Kota Medan. Curah hujan yang tinggi disertai dengan kondisi sungai yang mengalami pendangkalan akibat erosi dan sedimentasi mengakibatkan kapasitas tampungan sungai dalam menampung limpasan debit banjir tidak maksimal. Kondisi ini dapat mengakibatkan volume air meluap sehingga terjadi daerah genangan banjir. Berdasarkan hasil analisis data curah hujan harian maksimum, tata guna lahan, dan karakteristik profil sungai diperoleh debit banjir kala ulang 100 tahun DAS Deli-Titi Kuning berpotensi terjadi banjir terhadap debit kapasitas penampang sungai. Debit banjir kala ulang 100 tahun DAS Deli-Titi Kuning sebesar 548,66 m<sup>3</sup>/det sedangkan debit kapasitas penampang sungai sebesar 160 m<sup>3</sup>/det, sehingga didapatkan debit kolam retensi sebesar 388,66 m<sup>3</sup>/det dengan lama waktu puncak banjir ke waktu normal terjadi dalam jangka waktu 6,13 jam. Potensi volume tampungan kolam sebesar 8,600,000 m<sup>3</sup>. Maka dimensi rencana kolam membutuhkan luas lahan 215 Ha dengan kedalaman rerata 4 meter
2. Rizka Arbaninrum (2018) yang berjudul Permodelan Pola Operasi Sistem Pompa Pada Desain Polder merupakan salah satu upaya mengatasi banjir dan rob di wilayah Semarang Timur. Faktor utama

penyebab rob adalah kenaikan muka air laut yang lebih tinggi daripada permukaan lahan/daratan di kawasan pesisir. Namun, untuk kawasan pesisir, rob diperparah dengan adanya penurunan tanah di daerah tersebut. Hasil analisis dan pembahasan dari perhitungan yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa pompa hanya beroperasi di saat muka air pada ketinggian tertentu, sesuai fungsi elevation-discharge masing-masing pompa, pompa yang ekonomis mensyaratkan debit maksimum kolam retensi sebesar 138 m<sup>3</sup>/s. Luas kolam adalah 210 hektar dengan kedalaman 3,7 m. Kapasitas pompa yang diperlukan adalah sebesar 15 m<sup>3</sup>/s, yang terdiri dari 2 unit pompa berkapasitas 2,5 m<sup>3</sup>/s dan 2 unit pompa berkapasitas 5 m<sup>3</sup>/s.

3. M Faruqi Abdullah (2018) yang berjudul Analisis Pengendalian Banjir Dengan Kolam Polder Di Kelurahan Tegalmade, Sukoharjo merupakan salah satu upaya pengendalian banjir menggunakan kolam polder. Tahapan awal yang dilakukan setelah melakukan pengumpulan data adalah analisis hidrologi yang meliputi analisis parameter statistik curah hujan, analisis frekuensi, analisis intensitas hujan dengan metode ABM, analisis debit menggunakan metode HSS Nakayasu dan HSS SCS, penelusuran aliran. Hasil dari HSS Nakayasu dan HSS SCS dibandingkan lalu diambil hidrograf yang menghasilkan debit puncak tertinggi setelah didapatkan debit banjir limpasan air dilakukan penentuan kapasitas pompa dan perhitungan kapasitas kolam. Dari analisis perhitungan untuk pengendalian banjir menggunakan kolam polder diperoleh debit puncak limpasan air terbesar dengan metode HSS Nakayasu sebesar 33,3634 m<sup>3</sup>/dt. Kapasitas pompa yang digunakan untuk pengendalian banjir berjumlah 3 unit dengan kapasitas

masing-masing 2 m<sup>3</sup>/dt. Dimensi rencana kolam polder yang dibutuhkan seluas 15593 m<sup>2</sup> dengan kedalaman kolam 3,58 m yang direncanakan dapat menampung volume genangan maksimum sebesar 55868,58 m<sup>3</sup>.

4. Sri Rejeki Laku Utama dan Adib Wahyu Hidayat (2020) yang berjudul Analisis Banjir Rob Sistem Polder Tawangkota Lama Semarang Utara merupakan suatu penelitian untuk menganalisis penanggulangan banjir rob dengan menggunakan sistem polder di kawasan Tawangkota Lama Semarang Utara. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, didapatkan bahwa kondisi saluran drainase di perkampungan Margorejo saat tidak ada ROB sebagian besar cukup lancar dan bentuk saluran beraneka ragam, bahkan beberapa rumah tidak terdapat saluran air baik untuk limbah rumah tangga atau limbah di perkampungan. Sedangkan, pada saat ROB di Kawasan Polder Tawang Kota Semarang Utara kondisinya berubah, saluran yang lancar 8 rumah, tersumbat 30 rumah dan menggenang 50 rumah maka perlu diadakan Analisis ulang yang berkaitan dengan Sistem Polder Tawang terhadap ROB
5. Febrinasti Alia, Sakura Yulia Iryani, dan Nuzula Ramadhanti (2020) yang berjudul Analisis Kapasitas Kolam Retensi dilakukan dengan tujuan sebagai salah satu upaya pengendalian banjir di DAS Buah Kota Palembang. Banjir yang terjadi di Kota Palembang merupakan akibat dari tidak terkendalinya perubahan pemanfaatan lahan tanpa mengindahkan kelestarian daerah aliran sungai dari hulu hingga hilir. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan analisis debit limpasan pada DAS Buah menghasilkan prediksi bahwa subDAS 6 dengan luas daerah tangkapan hujan sebesar 44,752 Ha pada Kelurahan Bukit Sangkal mengalami debit limpasan tertinggi dibandingkan

subDAS lainnya yaitu sebesar 15,71 m<sup>3</sup>/det dan berdasarkan hasil analisis hidrograf banjir menggunakan HEC-HMS dan analisis spasial dengan Sistem Informasi Geografis didapatkan 12 lokasi kolam retensi rencana yang tersebar di beberapa wilayah rawan banjir DAS Buah.

6. Penelitian oleh Handi Firmansyah Rahmananta (2017) yang berjudul Perencanaan Boezem dan Pompa di Kawasan Hillir Kali Kandangan Surabaya Barat dilakukan dengan tujuan mengetahui debit banjir rencana Sub DAS Kali Kandangan, Surabaya Barat. Sub DAS Kali Kandangan merupakan sub sistem Kandangan, yang sistem pematuasannya sering terjadi banjir. Sub DAS ini terletak dekat dengan pantai menyebabkan ada pengaruh dari pasang surut air laut. Hasil perencanaan menghasilkan debit banjir subDAS Kali Kandangan sebesar 9,42 m<sup>3</sup>/detik sehingga membutuhkan luas boezem sebesar 30762 m<sup>2</sup> dengan kedalaman 3 meter. Boezem dilengkapi dengan sistem pembuangan 2 pompa dengan kapasitas masing-masing 1,05 m<sup>3</sup>/detik dan 2 pintu dengan dimensi 1 meter x 0,6 meter

### 3 LANDASAN TEOSI

#### 3.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi pada penelitian ini bertujuan memperoleh hujan rencana yang akan digunakan untuk menentukan *inflow*, *outflow*, kapasitas kolam retensi, dan kapasitas pompa. Analisis dilakukan menggunakan *software Microsoft Office Excel* kemudian dilanjutkan menggunakan *software Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS).

#### 3.2 Daerah Tangkapan Air (DTA) dan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Tangkapan Air (DTA) adalah daerah yang dibatasi bentuk topografi, di mana seluruh hujan yang jatuh di area itu mengalir ke satu sungai, sedangkan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi

oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2016). Luas daerah tangkapan dapat dihitung dengan mengukur peta topografi. Luas DTA sangat berpengaruh terhadap debit aliran. Luas daerah tangkapan pada sistem polder dapat ditentukan dengan menggunakan bantuan *software* ArcGis, peta kontur (topografi) wilayah setempat atau dengan menggunakan peta tata guna lahan. Pertimbangan dalam penentuan DTA tidak hanya berdasarkan topografi atau peta tataguna lahan, namun dapat berupa pembatas buatan seperti tanggul, jalan yang lebih tinggi elevasinya, atau struktur buatan lain yang dapat mengisolasi suatu wilayah.

### 3.2.1 Curah Hujan Hilang

Pada suatu DAS umumnya ada pencatatan data hujan, namun sering kali terjadi tidak tercatatnya data atau hilang akibat rusaknya alat, pengamat tidak mencatat data, adanya perubahan kondisi di lokasi pencatatan seperti pemindahan atau perbaikan stasiun, perubahan prosedur pengukuran atau karena penyebab lain. Data yang hilang ini dapat diisi dengan nilai perkiraan berdasar data dari tiga atau lebih stasiun terdekat di sekitarnya atau stasiun penakar yang datanya hilang/tidak tercatat diketahui hujan rata-rata tahunannya. Pada penelitian ini, digunakan reciprocal method untuk pengisian data curah hujan yang hilang. Reciprocal method diuraikan dalam persamaan berikut ini.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (3.1)$$

dengan:

- P<sub>x</sub> = hujan yang hilang di stasiun x,
- P<sub>i</sub> = data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama,
- n = banyak pos penakar hujan di sekitar x,
- L<sub>i</sub> = jarak antar stasiun.

### 3.2.2 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran data lapangan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya yaitu spesifikasi alat penakar berubah, tempat alat ukur dipindah, perubahan lingkungan di sekitar alat penakar, dan lain sebagainya (Kamiana, 2011). Pengujian konsistensi data hujan dapat dilakukan dengan metode Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS), metode Outliner, metode Spearman, dan metode Stationer, berikut cara pengujian konsistensi data.

1. *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS).

$$s_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{N}$$

dengan: k = 1,2,...,N ; pada saat k = 0 maka S<sub>k</sub>\* = 0

Nilai Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS) didapatkan dengan membagi standar deviasi (Sd) dengan persamaan di bawah ini.

$$s_d^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{N} \quad (3.2)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{S_d} \quad (3.3)$$

dengan:

- S<sub>k</sub>\* = nilai kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata,
- Y<sub>i</sub> = nilai data Y ke-i,
- $\bar{Y}$  = nilai Y rata-rata,
- N = jumlah data Y,
- S<sub>k</sub>\*\* = Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS),
- S<sub>d</sub> = standar deviasi

Setelah didapatkan nilai S<sub>k</sub>\*\* untuk setiap k, nilai Q dan R dihitung ditentukan dengan persamaan berikut.

$$Q = |S_k^{**}|_{maks} \quad (3.4)$$

atau

$$R = S_k^{**} \text{maks} - S_k^* \text{min} \quad (3.5)$$

### 1. Uji *Outliers*

Outliers adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan outliers biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sampel data, sehingga outliers ini perlu dihilangkan (Chow et al, 1988). Persamaan yang digunakan untuk menetapkan batas atas dan bawah outliers adalah sebagai berikut.

$$y_H = \bar{y} + K_n \times S_y \quad (3.6)$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \times S_y \quad (3.7)$$

dengan:

$y_H$  = nilai ambang atas,

$y_L$  = nilai ambang bawah,

$\bar{y}$  = nilai rata-rata,

$S_y$  = simpangan baku dari logaritma terhadap sampel,

$K_n$  = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data,

$n$  = jumlah sampel data

### 2. Uji Korelasi Peringkat Metode *Spearman*

Trend pada metode ini dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variasi dari suatu variabel hidrologi. Sehingga, koefisien korelasi tersebut dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan trend dari suatu deret berkala. Salah satu cara menentukan ketidakadaan trend adalah dengan menggunakan koefisien korelasi peringkat berdasarkan Metode *Spearman* yang akan diuraikan dalam persamaan berikut.

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \quad (3.8)$$

$$t = KP \left[ \frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.9)$$

$$dt = Rt - Tt \quad (3.10)$$

dengan:

KP = koefisien korelasi peringkat dari *Spearman*,

$n$  = jumlah data,

$Tt$  = peringkat dari waktu,

$Rt$  = peringkat variabel hidrologi,

$t$  = nilai distribusi  $t$ , pada derajat kebebasan ( $n-2$ ) untuk derajat kepercayaan tertentu (level of significance) (umumnya 5%).

### 3. Uji *Stationer*

Uji *Stationer* dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari deret berkala. Model matematik yang digunakan untuk analisis regresi tergantung dari kecenderungan garis trend yang dihasilkan. Apabila menunjukkan tidak ada garis trend maka uji *stationer* dimaksudkan untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari deret berkala. Pengujian nilai *stationer* dapat dilakukan dengan Varian dan Rata-rata, Uji-F dan Uji-t.

#### a) Uji-F

Pengujian nilai varian dari deret berkala dengan Uji-F menggunakan persamaan berikut.

$$F = \frac{n_1 S_1 (n_2 - 1)}{n_2 S_2^2 (n_1 - 1)} \quad (3.11)$$

dengan:

$F$  = perbandingan  $F$ ,

$n_1$  = jumlah sampel kelompok sampel ke 1,

$n_2$  = jumlah sampel kelompok sampel ke 2,

$s_1$  = standar deviasi kelompok sampel ke 1,

$s_2$  = standar deviasi kelompok sampel ke 1

#### b) Uji-t

Untuk rata-rata deret berkala bila datanya dianggap sebuah populasi maka dapat dilakukan pengujian dengan menggunakan Uji-t, seperti persamaan berikut.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (3.12)$$

$$\sigma = \left( \frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.13)$$

dengan:

t = variable-t terhitung,

$\bar{X}_1$  = rerata hitung sampel kelompok ke 1,

$\bar{X}_2$  = rerata hitung sampel kelompok ke 2,

$n_1$  = jumlah sampel kelompok ke 1,

$n_2$  = jumlah sampel kelompok ke 2,

$s_1^2$  = standar deviasi kelompok 1,

$s_2^2$  = standar deviasi kelompok 2,

dk =  $n_1 + n_2 - 2$  = derajat kebebasan.

### 3.2.3 Curah Hujan Rencana

Dalam perencanaan dan perancangan bangunan-bangunan air, analisis frekuensi curah hujan maupun debit air merupakan bagian yang sangat penting. Informasi dan besaran-besaran yang diperoleh digunakan untuk menentukan ukuran dan karakteristik bangunan air. Analisis frekuensi dapat diperoleh dari analisis data hujan maupun data debit yang didasarkan pada sifat statistika data yang tersedia untuk memperoleh besaran hujan maupun debit di masa yang akan datang dengan probabilitas tertentu.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi adalah berkaitan dengan besaran atau peristiwa-peristiwa ekstrim (hujan, banjir, kekeringan, dan sebagainya) yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Periode ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu hipotetik di mana debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui.

Analisis frekuensi memerlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat

statistik data kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan di masa akan datang. Dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

#### 1. Pemilihan metode

Terdapat tiga metode yang umum digunakan untuk analisis hujan kawasan tersebut adalah Metode Thiessen, Metode Aritmatika Aljabar, dan Metode Isohiyet. Dalam memilih metode yang sesuai dapat digunakan beberapa parameter sebagai pertimbangan. Parameter pemilihan metode hujan kawasan dapat dilihat pada

Tabel 1 Parameter Pemilihan Metode Hujan Kawasan

Metode	Jumlah Sta. Hujan	Luasa DAS	Topografi
Rerata Aljabar	Terbatas - Cukup	DAS kecil (<500 km <sup>2</sup> )	Pegunungan
Thiessen	Terbatas - Cukup	DAS sedang (500 s/d 5000 km <sup>2</sup> )	Dataran
Isohiyet	Cukup	DAS besar (>5000 km <sup>2</sup> )	Berbukit dan tidak beraturan
Hujan Titik	Tunggal	-	-

#### 2. Analisis curah hujan kawasan

Dalam menentukan hujan rata-rata pada daerah tersebut dapat dilakukan perhitungan dengan 3 (tiga) metode, yaitu metode Rerata Aritmatika (aljabar), metode Poligon Thiessen, metode Isohiyet. Pada penelitian kali ini berdasarkan parameter pemilihan metode pada Tabel 3.4 dipilih metode Poligon Thiessen. Metode Poligon Thiessen digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata dengan asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan lainnya adalah linier. Perhitungan metode ini menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.14)$$

dengan:

$\bar{p}$  = hujan rerata kawasan.

$p_1, p_2, \dots, p_n$  = hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n.

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n



### 3.2.4 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Analisis ini digunakan untuk memperkirakan kejadian hujan atau banjir di suatu DAS berdasar karakter data hujan atau banjir tahun-tahun sebelumnya.

Hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam periode ulang tertentu adalah hujan rencana. Hujan rencana ini berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan teori probability distribution adalah distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel tipe I, dan distribusi Log Pearson type III. Secara sistematis perhitungan analisis.

Analisis hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Sembarang nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut dengan parameter statistik, seperti nilai rerata ( $\bar{x}$ ), standar deviasi ( $\delta$ ), koefisien variasi (Cv), Koefisien kemencengan (Cs), dan Koefisien kurtosis (Ck). Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis data hidrologi meliputi pengukuran tendensi sentral (central tendency), dan dispersi (dispersion)

### 3.2.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya; yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan sebagainya. (Triatmodjo, 2016). Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Hubungan antara

intensitas, lama hujan dan frekuensi hujan dapat dinyatakan dalam lengkung Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF = *Intensity-Duration-Frequency Curve*).

Intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan persamaan Mononobe dan untuk menurunkan kurva IDF apabila yang tersedia data hujan harian. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung intensitas hujan dengan rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.15)$$

dengan I = intensitas curah hujan (mm/jam), t = lamanya curah hujan (jam), R24 = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

### 3.2.6 Hyetograph Alternating Block Method (ABM)

Hasil Hyetograph rencana dari metode ini berupa tinggi distribusi hujan rencana dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi  $\Delta t$  selama waktu  $T_d = n \Delta t$ . Data yang digunakan untuk perhitungan metode ini adalah data intensitas hujan. Untuk periode T ulang tertentu, intensitas hujan didapatkan dari kurva IDF pada durasi waktu  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , .... Kedalaman didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta x = I \times t \quad (3.16)$$

dengan  $\Delta x$  = kedalaman hujan (mm), I = intensitas hujan (mm/jam), t = durasi waktu (jam).

Perbedaan nilai kedalaman hujan yang berurutan adalah pertambahan hujan dalam interval waktu. perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan merupakan

pertambahan hujan dalam interval waktu  $\Delta t$ . pertambahan hujan diurutkan ke dalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada di tengah durasi hujan  $T_d$  dan sisanya diurutkan menurun bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah. Maka terbentuklah hyetograph rencana

### 3.3 Tata Guna Lahan

Tata guna lahan adalah suatu upaya dalam merencanakan penggunaan lahan dalam suatu kawasan atau daerah yang meliputi pembagian wilayah untuk pembagian fungsi-fungsi tertentu, contohnya fungsi persawahan, pemukiman, industri, dll. Rencana tataguna lahan merupakan pekerjaan yang menetapkan keputusan keputusan terkait tentang lokasi, saluran air bersih dan air limbah, pusat kesehatan, dan pusat pusat fasilitas umum lainnya. Tata guna lahan merupakan salah satu faktor penentu utama dalam pengelolaan lingkungan, keseimbangan antara kawasan budidaya dan kawasan konservasi merupakan kunci dari pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

### 3.4 ArcGis

ArcGis adalah perangkat lunak yang dikeluarkan oleh Environmental Systems Research Institute (ESRI), sebuah perusahaan yang telah lama berkecimpung di dalam bidang geospasial. ArcGIS merupakan sebuah platform yang terdiri dari beberapa *software* yaitu Desktop GIS, Server GIS, Online GIS, ESRI Data, dan Mobile GIS. ArcGis Desktop hanya dapat diinstal pada sistem operasi (OS) Windows. ArcGis Desktop merupakan pengembangan dan gabungan dari ArcView 3.x yang unggul dalam antarmuka visual dengan Arc/INFO versi 7 yang unggul dalam analisis. ArcGis Desktop masih merupakan kumpulan *software* (suite) yang terdiri dari beberapa *software* tersendiri yaitu ArcMap, ArcCatalog, ArcScene, ArcGlobe, dan ArcReader. Dalam penelitian ini, *software* ArcGis digunakan untuk deliniasi batas-batas DAS.

### 3.5 Digital Elevation Model National (DEMNAS)

Digital Elevation Model (DEM) adalah visualisasi ketinggian muka tanah atau topografi yang terbentuk berdasarkan hasil interpolasi deterministik. DEM berisi informasi koordinat posisi (x,y) dan elevasi (z) pada setiap pikselnya. DEM Nasional

dibangun dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR (resolusi 5 m), TERRASAR-X (resolusi 5 m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11,25 m), dengan menambahkan data Masspoint hasil stereo-plotting. Resolusi spasial DEMNAS adalah 0,27-arcsecond, dengan menggunakan datum vertikal EGM<sup>2</sup>008.

### 3.6 Volume Total Waduk

Waduk (reservoir, storage) adalah kolam tandon air buatan manusia sebagai akibat dibangunnya bendungan di sungai dengan ukuran volume yang besar. Telaga adalah kolam tandon air yang terdapat di alam yang ukuran volumenya kecil jika ukurannya sama besar dapat disebut dengan danau (Soedibyo, 1993).

Volume waduk dibagi menjadi lima sebagai berikut.

1. *Active storage (useful, usable storage, working storage, volume waduk aktif)* adalah volume yang digunakan untuk memenuhi salah satu atau lebih tujuan pembangunannya (PLTA, pengendali banjir, pengairan).
2. *In active storage* (volume waduk tidak aktif) adalah volume antara bagian terbawah dari bangunan pengeluaran dengan muka air terendahnya digunakan untuk operasi.
3. *Dead storage* (volume waduk mati) adalah volume yang terletak dibagian terbawah bangunan pengeluaran.
4. *Flood storage* (volume waduk banjir) adalah sebagian volume aktif yang digunakan untuk mengatur (meredam) banjir.

*Reservoir capacity (gross storage, gross reservoir, storage capacity, kapasitas waduk, volume total waduk)* adalah volume total yang mencakup *volume active storage, in active storage, dan dead storage*.

### 3.7 Runoff Curve Number

Nilai curva limapasan (CN) metode SCS dikembangkan sebagai nilai indeks yang mewakili kombinasi antara kelompok tanah, tata guna lahan. Persamaan yang paling

sering digunakan untuk menghitung lag time adalah persamaan metode SCS (1972). Perhitungan lag time menggunakan persamaan berikut.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (3.17)$$

$$L = \frac{HL^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900\sqrt{Y}} \quad (3.18)$$

dengan L = lag time (jam). HL = panjang sungai (feet). Y = Kemiringan sungai (%). S = retensi maksimal air oleh tanah di DAS. CN = SCS curve number.

Curve number merupakan fungsi karakteristik DAS (jenis tanah, tata guna lahan, dan kelembaban). Nilai CN untuk berbagai penggunaan lahan pada jenis tata guna lahan dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 2 Nilan CN Tutupan Lahan

Jenis Tata Guna Lahan	Tipe Tanah			
	A	B	C	D
Tempat terbuka, halaman rumput, lapangan golf, kuburan dsb				
- kondisi baik: rumput menutup 75% atau lebih luasan	39	61	74	80
- kondisi sedang: rumput menutup 50% - 75% luasan	49	69	79	84
- kondisi jelek: rumput menutup 50% atau lebih luasan	68	79	86	89
Tempat parkir, atap, jalan mobil, dsb	98	98	98	98
Jalan				
- perkerasan dengan drainase	98	98	98	98
- kerikil	76	85	89	91
- tanah	72	82	87	89
- perkerasan dengan saluran terbuka	83	89	92	93
Daerah perniagaan dan bisnis (85% kedap air)	89	92	94	95
Daerah industri (72% kedap air)	81	88	91	93
Pemukiman				
Luas % kedap air				
1/8 acre atau kurang	65	77	85	90
1/4 acre	38	61	75	83
1/3 acre	30	57	72	81
1/2 acre	25	54	70	80
1 acre	20	51	68	79
2 acre	12	46	65	77
Tanah yang diolah dan ditanami				
- dengan konservasi	72	81	88	91
- tanpa konservasi	62	71	78	81
Padang rumput				
- kondisi jelek	68	79	86	89
- kondisi baik	39	61	74	80
Padang rumput: kondisi baik	30	58	71	78
Hutan				
- tanaman jarang, penutupan jelek	45	66	77	83
- penutupan baik	25	55	70	77

Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap nilai hujan efektif. Jenis tanah dibagi mejadi empat kelompok, kelompok tersebut adalah sebagai berikut.

Kel. A = tanah yang memiliki laju infiltrasi yang tinggi, dan potensi limpasan rendah. Untuk jenis tanah berpasir (deep sand)

dengan silty dan lempung yang sangat sedikit serta kerikil (gravel) yang sangat mudah meloloskan air.

Kelompok B = tanah dengan potensi limpasan agak rendah dan laju infiltrasi sedang. Untuk tanah berbutir sedang (sandy soil) dengan laju meloloskan air sedang.

Kelompok C = terdiri dari tanah yang memiliki laju infiltrasi lambat apabila tanah tersebut seluruhnya basah, dan potensi limpasan agak rendah. Tanah yang ada adalah berbutir sedang hingga halus (clay dan colloids) dengan kemampuan meloloskan air secara lambat.

Kelompok D = mempunyai laju infiltrasi sangat lambat dengan potensi limpasan tinggi. Terutama pada tanah liat (clay) dengan daya kembang (swelling) yang tinggi, tanah dengan lapis lempung, dan tanah yang dilapisi lapisan bahan kedap air. Tanah ini mempunyai kemampuan meloloskan air sangat lambat.

### 3.8 Analisis Debit Rencana

Debit rencana (QT) adalah debit dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air. Sedangkan, periode ulang adalah waktu hipotetik di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu, debit rencana misalnya, akan disamai atau dilampaui 1 kali dalam jangka waktu hipotetik tersebut. Hal ini tidak berarti bahwa kejadian tersebut berulang secara teratur sertiap periode ulang tersebut.

Pada daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Beberapa metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder, Soil Conservation Service (SCS), Nakayasu dan Limantara.

#### 1. Hidrograf Satuan Sintetis *Snyder*

Snyder (1938) mendapatkan dan mengembangkan hidrograf satuan DAS di Amerika Serikat yang berukuran 30 sampai 30.000 km<sup>2</sup> dengan menghubungkan unsur-

unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS akibat hujan 1 cm. Unsur-unsur hidrograf satuan yang dimaksud adalah debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar ( $T_b$ ), dan durasi hujan ( $t_r$ ). Empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan di dalam persamaan-persamaan berikut ini

$$t_p = C_t(L L_c)^{0,3}$$

$$Q_p = \frac{C_p A}{t_p}$$

$$T = 3 + \frac{t_p}{8}$$

$$t_D = \frac{t_p}{5,5}$$

Apabila durasi hujan efektif  $t_r$  tidak sama dengan durasi standar  $t_D$ , maka:

$$t_{pR} = t_p + 0,25(t_t - t_D)$$

$$Q_{pR} = Q_p \frac{t_p}{t_{pR}}$$

dengan  $t_D$  = durasi standar dari hujan efektif (jam),  $t_r$  = durasi hujan efektif (jam),  $t_p$  = waktu dari titik berat durasi hujan efektif  $t_D$  ke puncak hidrograf satuan (jam),  $t_{pR}$  = waktu dari titik berat durasi hujan  $t_r$  ke puncak hidrograf satuan (jam),  $T$  = waktu dasar hidrograf satuan (hari),  $Q_p$  = debit puncak untuk durasi  $t_D$ ,  $Q_{pR}$  = debit puncak untuk durasi  $t_r$ ,  $L$  = panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km),  $L_c$  = jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km),  $A$  = luas DAS (km<sup>2</sup>),  $C_t$  = koefisien yang tergantung kemiringan DAS (1,4 – 1,7),  $C_p$  = koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS (0,15 – 0,19).

## 2. Hidrograf Satuan Sintetis *Soil Conservation Service* (SCS)

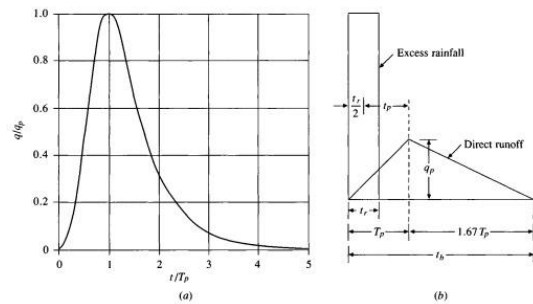
Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service* (SCS) adalah hidrograf satuan tak bedimensi, di mana debit

dinyatakan sebagai nisbah debit ( $q$ ) terhadap debit puncak ( $q_p$ ) dan waktu sebagai nisbah waktu ( $t$ ) terhadap waktu puncak ( $T_p$ ) yang dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan lokasi berbeda. Rumus yang digunakan dalam perhitungan HSS SCS diuraikan dalam persamaan (3.54) berikut.

$$q_p = \frac{CA}{T_p}$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$C = 0,208$$



Gambar 1 Nilai  $q_p$  dan  $T_p$  Menggunakan Metode HSS SCS

3. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu  
Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dikembangkan berdasar hasil penyelidikan beberapa sungai di Jepang oleh Nakayasu (Soemarto, 1987). Perhitungan HSS Nakayasu diuraikan dalam persamaan berikut.

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{C \times A \times R_e}{0,3 \times T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21 L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km}$$

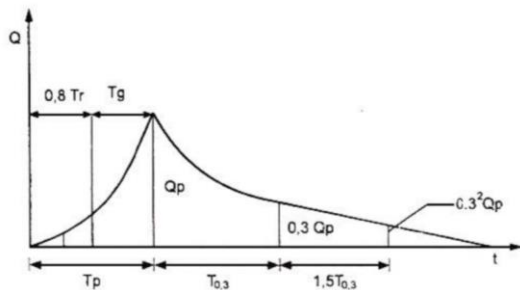
$$T_{0,3} = \alpha t_g$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

dengan:

$$Q_p = \text{debit puncak banjir (Qmaks)} \quad (\text{m}^3/\text{det}),$$

- A = luas DAS sampai ke outlet (km<sup>2</sup>),
- Re = curah hujan efektif / hujan satuan (mm),
- Tp = waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam),
- T0,3 = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam),
- tg = waktu konsentrasi (jam),
- tr = satuan waktu dari curah hujan (jam),
- α = koefisien karakteristik DAS (α = 2 untuk daerah pengaliran biasa, α = 1,5 untuk bagian naik hidrograf (rising limb) yang lambat dan bagian menurun (recession line) yang cepat, dan α = 3 untuk rising limb cepat dan recession line lambat),
- L = Panjang sungai utama (km).



Gambar 2 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

1. Pada kurva naik (0 < t < Tp)  

$$Qr = Qp \left(\frac{t}{Tp}\right)^{2,4}$$
2. Pada kurva turun (Tp < t < Tp + T0,3)  

$$Qr = Qp \times 0,3^{(t-Tp)/T0,3}$$
3. Pada kurva turun (Tp + T0,3 < t < Tp + T0,3 + 1,5T0,3)  

$$Qr = Qp \times 0,3^{[(t-Tp)+(0,5T0,3)]/(1,5T0,3)}$$
4. Pada kurva turun (t > Tp + T0,3 + 1,5T0,3)  

$$Qr = Qp \times 0,3^{[(t-Tp)+(1,5T0,3)]/(2T0,3)}$$

4. Hidrograf Satuan Sintetis Limantara

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara, yang asalnya dari Indonesia, ditemukan oleh Lily Montarich Limantara pada tahun 2006. Parameter Daerah Aliran Sungai (DAS) yang digunakan dalam analisis memakai Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara ada lima, antara lain luas DAS (A), panjang sungai utama (L), panjang sungai diukur sampai

titik terdekat dengan titik berat DAS (Lc), kemiringan sungai (S), dan koefisien kekasaran (n). Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara dapat diterapkan pada DAS yang memiliki spesifikasi karakteristik seperti di bawah ini.

Tabel 3 Spesifikasi Teknik HSS Limantara

Uraian	Notasi	Satuan	Kisaran
Luas DAS	A	km <sup>2</sup>	0,325 – 1667,500
Panjang sungai utama	L	km	1,16 – 62,48
Jarak titik berat DAS ke outlet	Lc	km	0,50 – 29,386
Kemiringan sungai utama	S	-	0,00040 – 0,14700
Koefisien kekasaran DAS	N	-	0,035 – 0,70
Bobot luas hutan	Af	%	0,00 – 100





**3.9 Hydologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS)**

Program HEC-HMS merupakan program komputer untuk menghitung transformasi hujan dan proses routing pada suatu sistem DAS. Model ini dapat digunakan untuk menghitung volume runoff, direct runoff, baseflow dan channel flow. Seperti yang dijelaskan dalam buku "Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) Technical Reference Manual", program HEC-HMS ini merupakan program komputer untuk menghitung pengalih ragam hujan dan proses routing pada suatu sistem DAS. *Software* ini dikembangkan oleh Hydrologic Engineering Centre (HEC) dari US Army Corps Of Engineers. Dalam *software* HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus dan kemampuan membaca data GIS. Dalam pemodelan menggunakan HEC-HMS ini, disediakan beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan hidrograf satuan. (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000).

Tabel 4 Elemen Hidrologi

	Subbasins	berisi data tentang subbasin seperti kehilangan/losses, transform model (hidrograf satuan, baseflow). Data ini digunakan untuk transformasi hujan menjadi aliran.
	Reaches	menghubungkan elemen-elemen yang ada (subbasins, junction) dan berisi data penelusuran sungai. Digunakan untuk membawa/menelusur aliran ke hilir.
	Junctions	titik hubung antar elemen-elemen yang ada. Digunakan untuk menggabungkan aliran dari sub-basins maupun reaches.

Lanjutan Tabel 4 Elemen Hidrologi

	Reservoirs	sebagai tampungan dan melepaskan aliran sesuai laju yang telah ditentukan (hubungan antara tampungan-debit).
	Diversions	digunakan untuk memodelkan aliran dari sungai utama berdasarkan rating curve yang ada (digunakan untuk kolam tampungan retensi atau overflows).
	Sources	mempunyai outflow tetapi tidak ada inflow. Digunakan untuk memodelkan aliran masuk ke basin model
	Sinks	mempunyai inflow tetapi tidak ada outflow. Digunakan untuk merepresentasikan outlet dari watershed.

Tabel 5 Metode Simulasi dalam Software HEC-HMS

No	Model	Metode
1	Hujan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• User hyetograph</li> <li>• User gage weighting</li> <li>• Inverse-distance gage weights</li> <li>• Gridded precipitation</li> <li>• Frequency storm</li> <li>• Standard project storm</li> </ul>
2	Volume runoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Initial and constant-rate</li> <li>• SCS curve number</li> <li>• Gridded SCS curve number</li> <li>• Green and Ampt</li> <li>• Deficit and constant rate</li> <li>• Soil moisture accounting</li> <li>• Gridded SMA</li> </ul>
3	Direct runoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• User-specified unit hydrograph (UH)</li> <li>• Clark's UH</li> <li>• Snyder's UH</li> <li>• SCS UH</li> <li>• Modclark</li> <li>• Kinematic wave</li> </ul>
4	Baseflow	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constant monthly</li> <li>• Exponential recession</li> <li>• Linear reservoir</li> </ul>
5	Routing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematic wave</li> <li>• Lag</li> <li>• Modified Puls</li> <li>• Muskingum</li> <li>• Muskingum-Cunge Standard Section</li> <li>• Muskingum-Cunge 8- point section</li> </ul>

### 3.10 Sistem Polder

Sistem polder adalah suatu cara penangan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik, yang meliputi drainase, kolam retensi, pompa air, yang dikendalikan sebagai satu kesatuan. Polder didefinisikan sebagai suatu kawasan atau lahan reklamasi, dengan kondisi awal mempunyai muka air tanah tinggi, yang diisolasi secara hidrologis dari daerah di sekitarnya dan kondisi muka air (air permukaan dan air tanah) dapat

dikendalikan. Kondisi lahanya sendiri dibiarkan pada elevasi asalnya atau sedikit ditinggikan (Suripin, 2004).

Dengan demikian polder mempunyai sifat-sifat sebagai berikut.

1. Polder adalah daerah yang dibatasi dengan baik, di mana air yang berasal dari luar kawasan tidak boleh masuk, hanya air hujan (dan air rembesan) pada kawasan itu sendiri yang ditampung.
2. Dalam polder tidak ada aliran permukaan bebas seperti pada daerah tangkapan air alamiah, tetapi dilengkapi dengan bangunan pengendali pada pembuangannya (dengan penguras atau pompa) untuk mengendalikan air ke luar.
3. Muka air di dalam polder (air permukaan maupun di bawah tanah) tidak bergantung pada permukaan air di daerah sekitarnya dan dinilai berdasarkan elevasi lahan, sifat-sifat tanah, iklim, dan tanaman.

Ada 3 tipe sistem polder yang umum digunakan, antara lain:

1. Sistem polder dengan instalasi pompa dan kolam tampung di samping badan saluran/sungai.
2. Sistem polder dengan instalasi pompa dan kolam tampung pada badan saluran/sungai.
3. Sistem polder dengan instalasi pompa dan ruas saluran sebagai kolam tampungan tipe *long storage*.

### 3.11 Kolam Retensi dan Kolam Detensi

Kolam retensi adalah kolam/waduk penampungan dan meresapkan air hujan dan air ketika mencapai debit maksimum dalam jangka waktu tertentu, sedangkan kolam detensi adalah kolam/waduk penampungan air hujan dan air ketika mencapai debit maksimum dalam jangka waktu tertentu. Kolam retensi/detensi juga memiliki fungsi untuk menampung air pada sebuah sistem, kemudian dipompa ke luar sistem. Aliran debit yang masuk kedalam kolam digunakan untuk merencanakan volume total tampungan kolam, yang disesuaikan dengan

hidrograf banjir dan hidrograf yang terbentuk akibat pompa. Kolam retensi/detensi dibagi menjadi 2 tipe, yaitu:

1. Kolam alami adalah kolam retensi yang berupa cekungan atau lahan resapan yang sudah terdapat secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian.
2. Kolam non alami adalah kolam yang dibuat sengaja dengan desain bentuk dan kapasitas tertentu sesuai yang direncanakan sebelumnya dengan lapisan beton. Tipe ini air yang masuk ke dalam inlet harus dapat menampung sesuai dengan kapasitas yang direncanakan sehingga dapat mengurangi debit banjir puncak (*peak flow*) pada saat *over flow*, sehingga kolam dapat berfungsi mengurangi debit banjir dikarenakan adanya penambahan waktu kosentrasi air untuk mengalir dipermukaan. Kapasitas kolam retensi yang dapat menampung volume air pada saat debit banjir puncak

**3.12 Pompa**

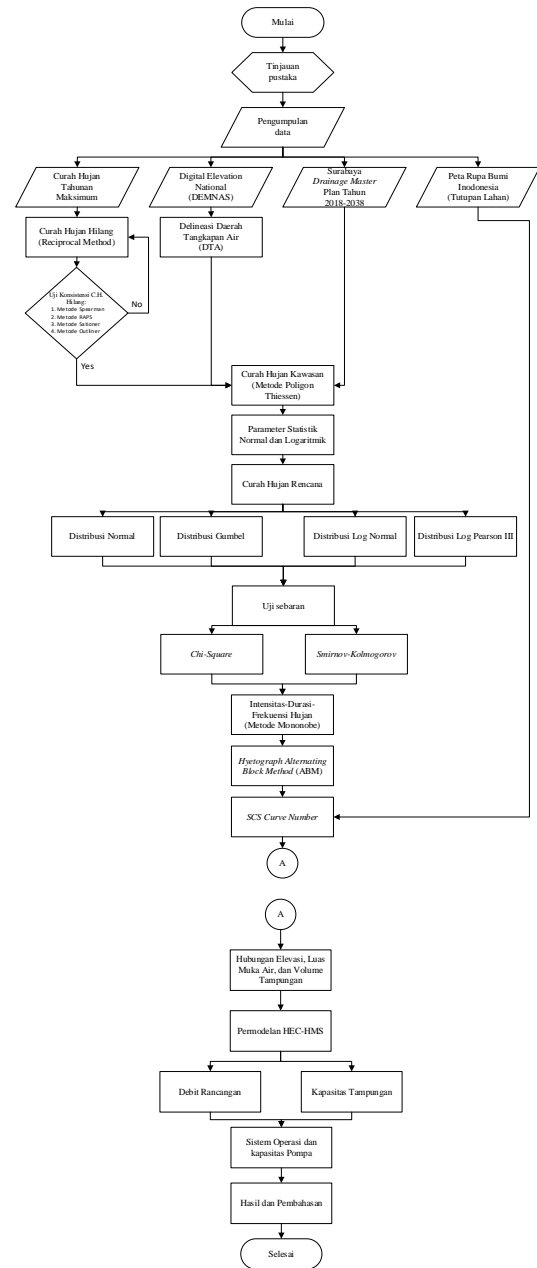
Gaya gravitasi tidak dapat diandalkan sepenuhnya sebagai faktor pendorong pada sistem drainase, kemudian pada daerah hilir di suatu sungai biasanya mempunyai elevasi yang cenderung lebih rendah dari muka air banjir dan air laut. Hal ini menyebabkan air tidak dapat mengalir dan dapat menimbulkan genangan. Maka dari itu untuk mencegah terjadinya genangan dan mempercepat aliran air, maka perlu dipasang pompa atau stasiun pompa. Hal ini berkaitan dengan pengendalian banjir maka dibangun bersamaan dengan rumah pompa.

Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air di muaranya lebih tinggi baik akibat pasang surut maupun banjir (Suripin, 2004).

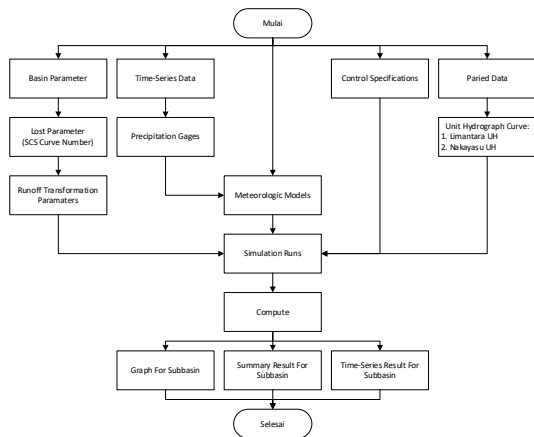
**4 METODOLOGI PENELITIAN**

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian dijelaskan secara singkat

menggunakan bagan alir. Berikut adalah langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1, dan Gambar 4.2.



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

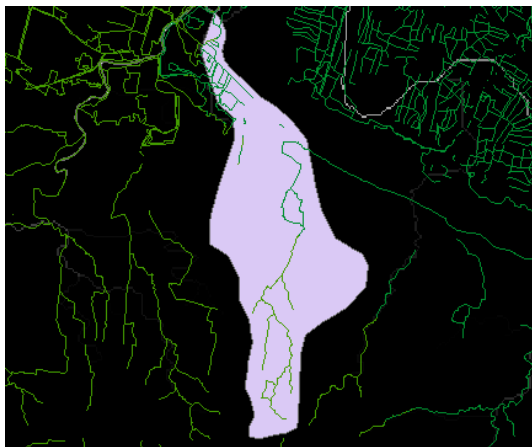


Gambar 4 Bagan Alir Analisis *Software* HEC-HMS

## 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Delineasi Daerah Tangkapan Air (DTA)

Penetapan DTA pada daerah yang terlayani dilakukan berdasar pada data DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Delineasi batas DTA ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program Arc-Gis.



Gambar 5 Daerah Tangkapan Air Sungai Sumberrejo

Maka luas total daerah tangkapan air (DTA) sungai Sumberejo didapatkan sebesar 8,856 km<sup>2</sup> dan panjang sungai adalah 9,465 km.

### 5.2 Analisis Data Hujan Hilang

Analisis curah hujan hilang dilakukan karena data yang tersedia atau hasil pemantauan dari stasiun hujan tidak terukur atau tidak lengkap. Data hujan yang hilang di suatu stasiun dapat diisi dengan nilai kiraan

berdasarkan data dari dua atau lebih stasiun terdekat di sekitarnya dengan metode *Reciprocal Method*.

### 5.3 Uji Konsistensi Data Hujan

#### 5.3.1 Metode *Spearman*

Koefisien korelasi peringkat berdasarkan metode Spearman didapatkan menggunakan persamaan (3.x) hingga (3.x). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai  $t$  sebesar 0,880 dan  $t_c$  berdasarkan Tabel nilai kritis  $t_c$  untuk distribusi  $t$  uji dua sisi sebesar 1,734. Maka, data tidak ada trend karena  $t < t_c$  sehingga dapat diterima.

#### 5.3.2 Metode *Rescaled Adjusted Partial Sum (RAPS)*

Hasil perhitungan uji RAPS didapatkan nilai  $Q_{kritis}$  sebesar 6,350 dan  $Q_{hitung}$  sebesar 4,122 yang artinya  $Q_{kritis} > Q_{hitung}$  (data konsisten/pangghah). Nilai  $R_{kritis}$  didapatkan sebesar 7,155 dan nilai  $R_{hitung}$  sebesar 5,013 yang berarti nilai  $R_{kritis} > R_{hitung}$  (data konsisten/pangghah)

#### 5.3.3 Metode *Stationer*

Perhitungan nilai kestabilan variasi dan rerata dari deret berkala dilakukan dengan menggunakan persamaan (3.x) hingga (3.x) dengan membagi menjadi dua kelompok data. Dari data tersebut dapat dibuat hipotesis sebagai berikut.

$H_0$  = nilai varian kelompok 1 dan 2 tidak ada beda nyata pada derajat kepercayaan 5%.

= nilai rerata kelompok 1 dan 2 tidak ada beda nyata pada derajat kepercayaan 5%.

$H_1$  = nilai variannya berbeda.

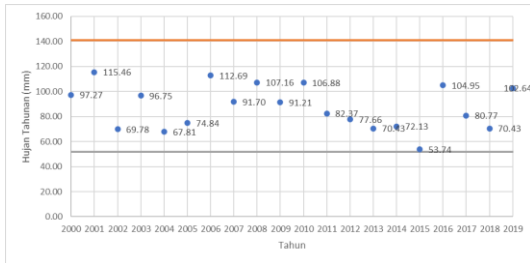
= nilai reratanya berbeda. Berarti deret berkala data hujan tidak stationer

Untuk membuktikan hipotesis tersebut dilakukan pengujian Uji kestabilan varian dan Uji kestabilan nilai rerata. Berdasarkan tabel nilai kritis  $F_c$  distribusi  $F$  untuk derajat kebebasan ( $dk$ ) sebesar 18 dan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) sebesar 0,025 pada uji dua arah didapatkan nilai  $t$  tabel sebesar 2,101.



Karena nilai thitung sebesar 0,772 lebih kecil dari nilai t tabel sebesar 2,101 maka hipotesis nol diterima dan menolak hipotesis alternatif. Dengan memperhatikan Uji-F dan Uji-t dapat disimpulkan bahwa deret berkala adalah stationer, yaitu nilai rerata dan nilai variannya stabil.

**5.3.4 Metode Outliner**

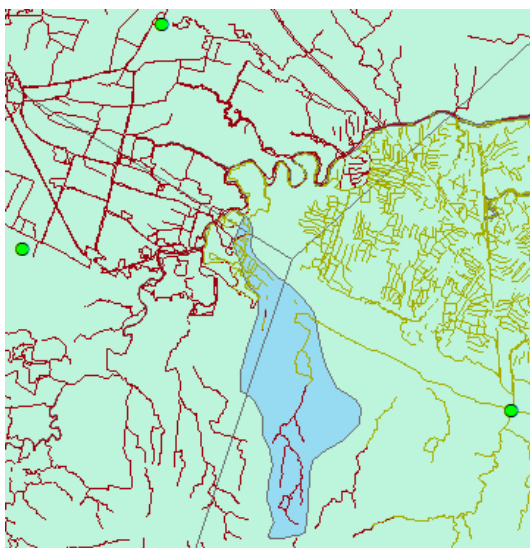


Gambar 6 Grafik Pengujian Metode Outliners

Hasil perhitungan uji Outliner didapatkan sebaran data seperti pada grafik di atas, yang berarti data tersebut konsisten/stabil.

**5.4 Analisis Curah Hujan Kawasan**

Perhitungan curah hujan maksimum kawasan menggunakan metode Thiessen. Luas DTA Sumberejo 8,856 km<sup>2</sup> dengan stasiun hujan yang digunakan berjumlah tiga buah, yaitu Stasiun Kandangan, Stasiun Bunder, dan Stasiun Cerme.



Gambar 7 Peta Poligon Thiessen

Berdasarkan gambar di atas dapat diperhitungkan luasan daerah tangkapan air untuk masing-masing stasiun hujan

menggunakan persamaan 3.x. hasil perhitungan pengaruh luasan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6 Pengaruh Luasan Stasiun hujan

No	Nama Stasiun Hujan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Bobot (%)
1	Sta. Kandangan	7,298	82,41
2	Sta. Cerme	1,487	16,80
3	Sta. Bunder	0,070	0,79
Σ Luas		8,856	100

**5.5 Analisis Frekuensi**

Nilai hujan rencana didapatkan dengan menentukan jenis distribusi hujan yang sesuai. Distribusi hujan ditentukan berdasarkan analisis parameter statistik menggunakan data hujan rerata tahunan maksimum tahun 2000–2019. Jenis analisis frekuensi yang akan digunakan ditentukan dengan membandingkan hasil perhitungan parameter statistik menggunakan persyaratan pada Tabel 3.x. Berdasarkan Tabel 3.x syarat pemilihan jenis distribusi menggunakan parameter statistik bahwa distribusi yang paling cocok digunakan adalah Log Pearson III pada data hujan yang digunakan dalam penelitian ini. Maka dari itu analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan distribusi Log Pearson III. Hasil perhitungan hujan rencana untuk periode ulang T dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

No	T	kT	yT	X <sub>T</sub> = arc log yT
1	2	0,060	1,938	87
2	5	0,854	2,010	102
3	10	1,237	2,045	111
4	20	1,557	2,074	118
5	25	1,621	2,080	120
6	50	1,856	2,101	126
7	100	2,059	2,119	132

**5.6 Uji Kecocokan Distribusi**

1. *Chi-Square*

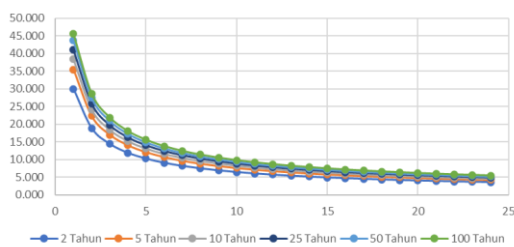
Dari perhitungan nilai *Chi-kuadrat*  $X^2 = 4,600$  dan batas kritis nilai *Chi-kuadrat* didapatkan nilai  $X^2_{cr} = 11,345$ . Nilai  $X^2 = 4,600 < X_{cr} = 11,345$ , maka pemilihan distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi syarat.

2. *Smirnov-Kolmogorov*

Hasil perhitungan *Smirnov-Kolmogorov*  $\Delta_{Maks} = 0,090$  dan batas kritis nilai *Smirnov-Kolmogorov* didapatkan nilai  $\Delta_{Kritis} = 0,264$ . Nilai  $\Delta_{Maks} = 0,090 < \Delta_{Kritis} = 0,264$ , maka pemilihan distribusi Log Pearson Tipe III memenuhi syarat.

### 5.7 Analisis Intensitas Hujan

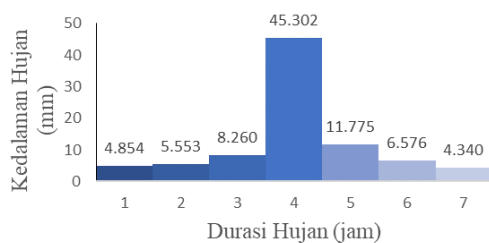
Intensitas hujan dihitung menggunakan metode DR. Mononobe pada persamaan (3.xx) untuk menurunkan kurva IDF. Hasil perhitungan intensitas hujan membentuk grafik seperti pada gambar berikut.



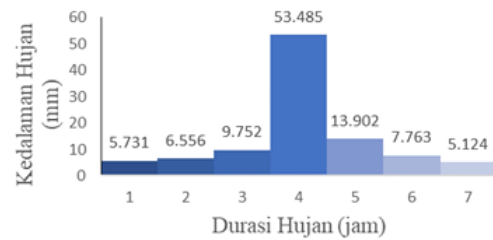
Gambar 8 Kurva Intensitas Curah Hujan

### 5.8 Hyetograph Hujan Rancangan

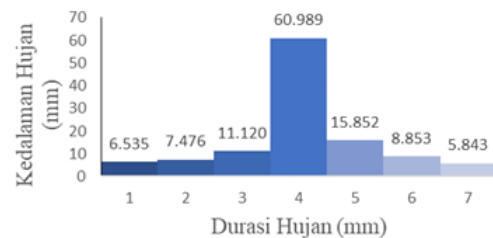
Perhitungan intensitas hujan rencana menggunakan *Alternating Block Method* (ABM). Metode ini digunakan untuk membuat hyetograph rencana secara sederhana dari kurva IDF. Persamaan yang digunakan adalah persamaan DR. Mononobe pada persamaan (3.45). Hasil perhitungan intensitas hujan masing-masing periode yang telah dilakukan kemudian diubah kedalam bentuk histogram seperti di bawah ini.



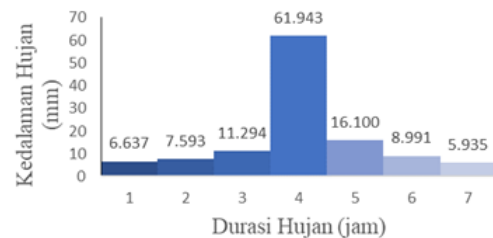
Gambar 9 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun Metode ABM



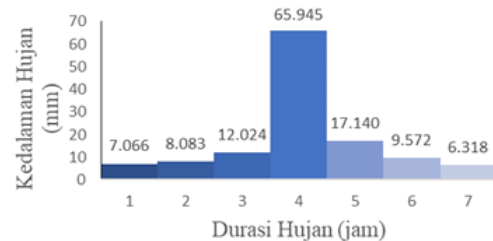
Gambar 10 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 5 Tahun Metode ABM



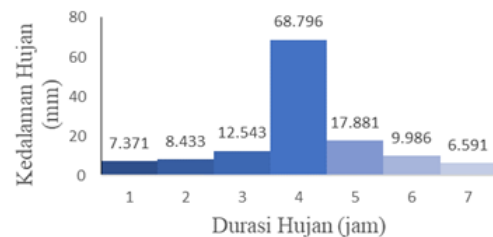
Gambar 11 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 10 Tahun Metode ABM



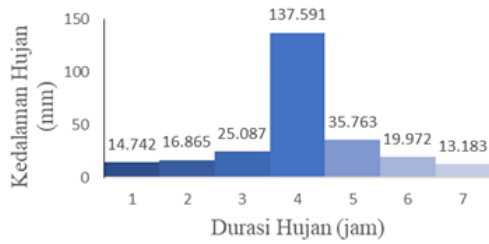
Gambar 12 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 20 Tahun Metode ABM



Gambar 13 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 25 Tahun Metode ABM



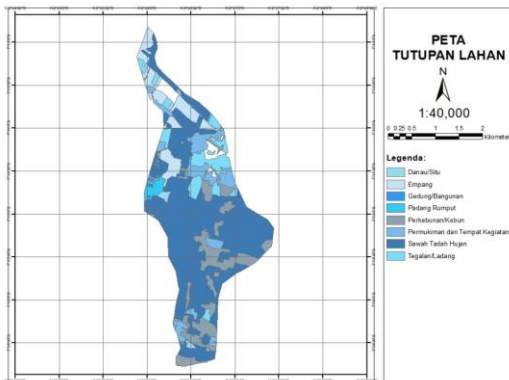
Gambar 14 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 50 Tahun Metode ABM



Gambar 15 Kurva Intensitas Hujan Kala Ulang 100 Tahun Metode ABM

5.9 SCS Curve Number

Pada penelitian ini pengelompokan tata guna lahan menggunakan bantuan software ArcGis 10.8. Hasil pengelompokan tata guna lahan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 16 Peta Tata Guna Lahan DTA Sumberrejo

5.10 Hubungan Elevasi, Luas, dan Volume

Perhitungan hubungan elevasi, luas, dan volume ini digunakan untuk mendapatkan kapasitas tampungan maksimal suatu kolam. Tampungan maksimal ini akan digunakan untuk penentuan kapasitas dan pola operasi suatu pompa. Rekapitulasi hasil perhitungan hubungan elevasi, luas, dan volume dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pola Operasional dan Kapasitas Pompa

Elevasi	Kolam Kecil			Bozem			Gabungan	
	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Volume Waduk (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume Genangan (m <sup>3</sup> )	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Volume Waduk (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume Genangan (m <sup>3</sup> )	Luas Gabungan (m <sup>2</sup> )	Volume Gabungan (m <sup>3</sup> )
MAW	0	0	0	0	0	0	0	0
-1,78	154,4144	9,265	9,265	-	-	-	154,4144	9,265
-1,4	170,4304	32,471	41,736	-	-	-	170,4304	41,736
-1,2	186,4464	35,676	77,412	-	-	-	186,4464	77,412
-1	202,4624	38,880	116,292	-	-	-	202,4624	116,292
-0,8	218,4784	42,084	158,376	-	-	-	218,4784	158,376
-0,6	234,4944	45,288	203,664	-	-	-	234,4944	203,664
-0,4	250,5104	48,492	252,155	-	-	-	250,5104	252,155
-0,2	266,5264	51,695	303,851	-	-	-	266,5264	303,851
0	282,5424	54,899	358,750	-	-	-	282,5424	358,750
0,2	298,5584	58,103	416,852	-	-	-	298,5584	416,852
0,22	300,16	5,987	422,840	-	-	-	300,16	422,840
0,4	1256,500	130,247	553,087	-	-	-	1256,5	553,087
0,6	1256,500	251,300	804,387	-	-	-	1256,5	804,387
0,8	1256,500	251,300	1055,687	-	-	-	1256,5	1055,687
1	1256,500	251,300	1306,987	-	-	-	1256,5	1306,987
1,2	1256,500	251,300	1558,287	-	-	-	1256,5	1558,287
1,4	1256,500	251,300	1809,587	-	-	-	1256,5	1809,587
1,6	1256,500	251,300	2060,887	-	-	-	1256,5	2060,887
1,8	1256,500	251,300	2312,187	0	0	0	1256,5	2312,187
1,99	1256,500	238,735	2550,922	16365	3109,350	3109,350	17621,5	5660,272
2,2	1256,500	263,865	2814,787	16365	3436,650	6546	17621,5	9360,787

Perhitungan nilai *curve number* didapatkan dengan cara luasan dikali dengan koefisien tata guna lahan. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai *curve number* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Nilai CN

No	Penutup Lahan	Luas, A (Km <sup>2</sup> )	C	A x C
1	Danau	0,0734	86	6,32
2	Empang	0,7271	86	62,53
3	Ilalang	0,1237	79	9,77
4	Kebun	1,2199	79	96,38
5	ladang	0,6623	79	52,33
6	Pemukiman	0,7825	77	60,25
7	Sawah	4,9838	79	393,72
8	Gedung/Bangunan	0,2832	77	21,81
Jumlah		8,856		703,09
CN				79,39

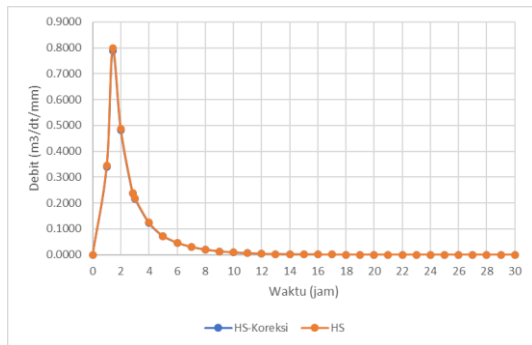
Lanjutan Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pola Operasional dan Kapasitas Pompa

Elevasi	Kolam Kecil			Bozem			Gabungan	
	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Volume Waduk (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume Genangan (m <sup>3</sup> )	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Volume Waduk (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume Genangan (m <sup>3</sup> )	Luas Gabungan (m <sup>2</sup> )	Volume Gabungan (m <sup>3</sup> )
MAW								
2,4	1256,500	251,300	3066,087	16365	3273,000	9819	17621,5	12885,087
2,6	1256,500	251,300	3317,387	16365	3273,000	13092	17621,5	16409,387
2,8	1256,500	251,300	3568,687	16365	3273,000	16365	17621,5	19933,687
3	1256,500	251,300	3819,987	16365	3273,000	19638	17621,5	23457,987
3,2	1256,500	251,300	4071,287	16365	3273,000	22911	17621,5	26982,287
3,4	1256,500	251,300	4322,587	16365	3273,000	26184	17621,5	30506,587
3,6	1256,500	251,300	4573,887	16365	3273,000	29457	17621,500	34030,887

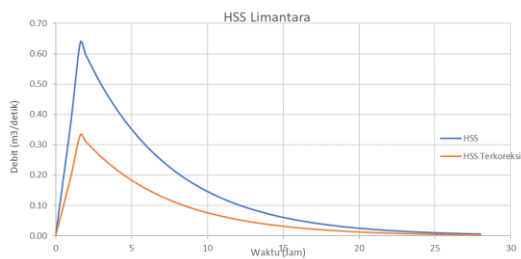
### 5.11 Analisis Banjir Rancangan

#### 5.11.1 Hidrograf Satuan Sintetis

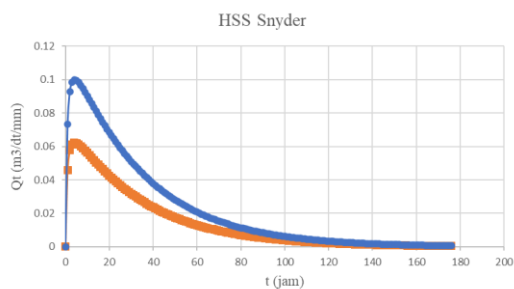
Untuk mendapatkan debit banjir rancangan maka dilakukan perhitungan unit hidrograf, pada penelitian ini digunakan empat unit hidrograf yaitu HSS Nakayasu, HSS Limantara, HSS Snyder, dan HSS SCS. Berikut adalah grafik masing-masing unit hidrifraf.



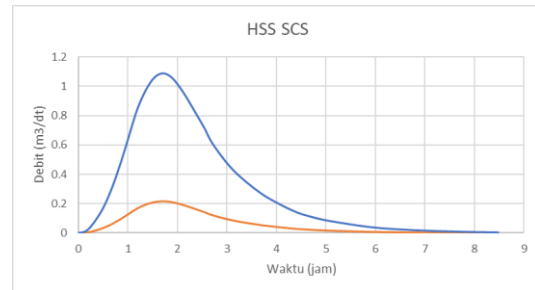
Gambar 17 Grafik HSS Nakayasu



Gambar 18 Grafik HSS Limantara



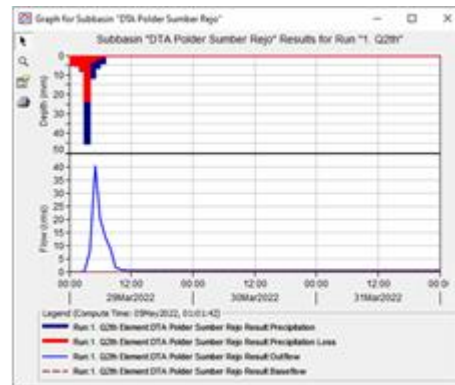
Gambar 19 Grafik HSS Snyder



Gambar 20 Grafik HSS SCS

#### 5.12 Permodelan HEC-HMS

Permodelan HEC-HMS dilakukan untuk mendapat nilai debit rencana kala ulang yang akan digunakan dalam perhitungan kapasitas dan operasional pompa. Debit banjir didapatkan dengan menghitung hidrograf satuan sintesis masing-masing unit hidrograf. Berikut adalah hasil permodelan HEC-HMS dengan HSS Nakayasu.



Gambar 21 Graffik Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Time-Series Results for Subbasin "DTA Polder Sumber Rejo"

Project: HSS-NAK-Martha Simulation Run: 1\_Q2th  
 Subbasin: DTA Polder Sumber Rejo

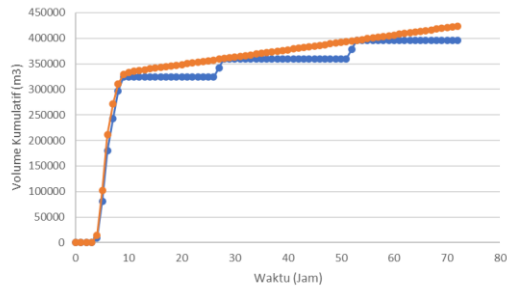
Start of Run: 29Mar2022, 00:00 Basin Model: DTA Polder Sumber Rejo  
 End of Run: 01Apr2022, 00:00 Meteorologic Model: 1\_Met 2th  
 Compute Time: 20Jun2022, 23:19:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precp (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
29Mar2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
29Mar2022	01:00	4.85	4.85	0.00	0.0	0.0	0.0
29Mar2022	02:00	5.55	5.55	0.00	0.0	0.0	0.0
29Mar2022	03:00	8.26	7.84	0.42	0.1	0.0	0.1
29Mar2022	04:00	45.30	23.63	21.67	7.9	0.0	7.9
29Mar2022	05:00	131.77	3.41	8.36	48.5	0.0	48.5
29Mar2022	06:00	6.58	1.65	4.93	20.5	0.0	20.5
29Mar2022	07:00	4.34	1.00	3.34	13.2	0.0	13.2
29Mar2022	08:00	0.00	0.00	0.00	8.3	0.0	8.3
29Mar2022	09:00	0.00	0.00	0.00	1.7	0.0	1.7
29Mar2022	10:00	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
29Mar2022	11:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
29Mar2022	12:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
29Mar2022	13:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
29Mar2022	14:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.1	0.4
29Mar2022	15:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.2	0.4
29Mar2022	16:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.3	0.4
29Mar2022	17:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.3	0.4
29Mar2022	18:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.3	0.4
29Mar2022	19:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
29Mar2022	20:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
29Mar2022	21:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
29Mar2022	22:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
29Mar2022	23:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	00:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	01:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	02:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	03:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	04:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	05:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	06:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	07:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	08:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4
30Mar2022	09:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.4	0.4

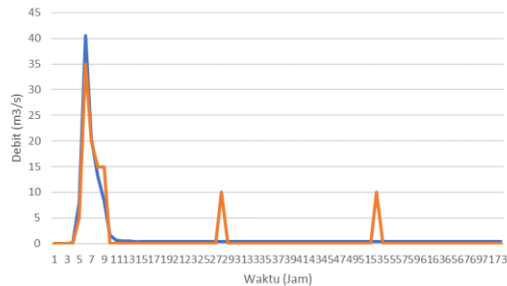
Gambar 22 Time-Series data HSS Nakayu

5.13 Pompa

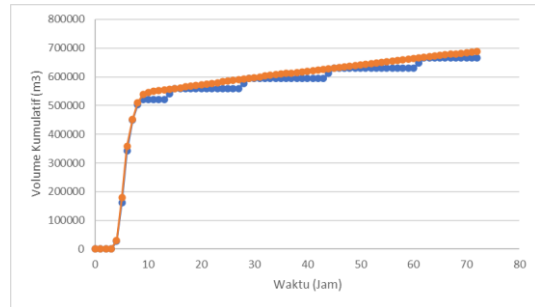
Kapasitas dan pola operasional pompa dihitung menggunakan debit banjir kala ulang 2 tahun 10 tahun, dan 25 tahun. Berikut grafil hasil perhitungsn kapasitas dan pola operasi pompa untuk masing-masing kala ulang.



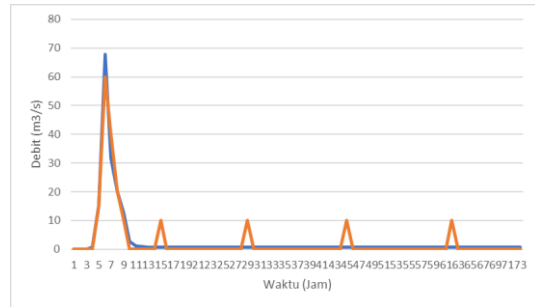
Gambar 23 Grafik Hubungan antara Aliran Masuk (Debit) dan Aliran Keluar (Pompa) (Q2 Tahun)



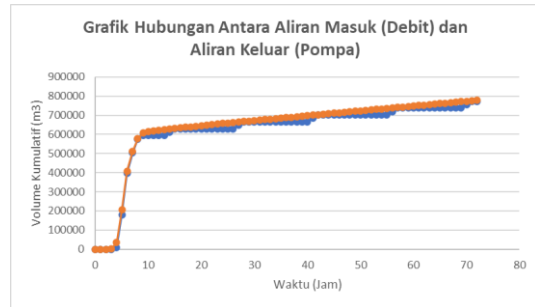
Gambar 24 Pola Operasi Pompa (Q2 Tahun)



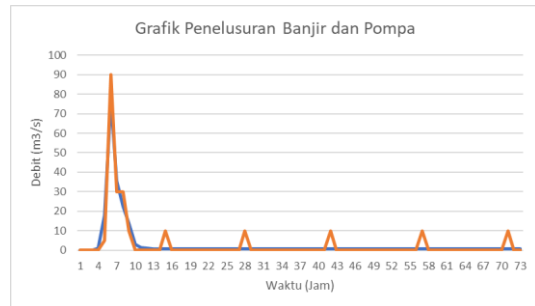
Gambar 25 Grafik Hubungan antara Aliran Masuk (Debit) dan Aliran Keluar (Pompa) (Q10 Tahun)



Gambar 26 Pola Operasi Pompa (Q10 Tahun)



Gambar 27 Grafik Hubungan antara Aliran Masuk (Debit) dan Aliran Keluar (Pompa) (Q25 Tahun)



Gambar 28 Pola Operasi Pompa (Q25 Tahun)

Berdasarkan Gambar 21 hingga Gambar 26 di atas didapatkan debit maksimum yang masuk sebesar 40,5 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang Q2 Tahun, 60,99 5 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang Q10 Tahun, dan 65,94 5 m<sup>3</sup>/s untuk kala ulang Q25 Tahun dengan kapasitas

tampungannya maksimal sebesar 34030,887 m<sup>3</sup>. Penentuan pola sistem operasi pompa menggunakan debit banjir kala ulang Q<sub>2</sub> tahun dengan kapasitas pompa yang digunakan adalah 5 m<sup>3</sup>/s. Pada jam ke-4 pompa berjumlah 1 unit menyala, kemudian dilanjutkan pada jam ke-5 pompa berjumlah 6 unit menyala secara bersamaan, pada jam ke-6 pompa berjumlah 3 unit mati setelah itu pada jam ke-7 pompa berjumlah 1 unit mati, dan pada jam ke-9 semua pompa mati secara bersamaan.

## 6 KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis kapasitas kolam polder untuk pengendalian banjir di wilayah Surabaya Barat menggunakan permodelan HEC-HMS yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Debit puncak DTA Kali Sumberrejo guna mitigasi banjir rob didapatkan sebesar 40,5 m<sup>3</sup>/s kala ulang 2 tahun dengan menggunakan HSS Nakayasu.
2. Kapasitas tampungan maksimum kolam retensi sebesar 51470,185 m<sup>3</sup>. Luas kolam adalah 17621,5 m<sup>2</sup>. Kapasitas pompa yang diperlukan adalah sebesar 30 m<sup>3</sup>/s, yang terdiri dari 6 unit pompa berkapasitas 5 m<sup>3</sup>/s.
3. Pola operasional pompa dengan kala ulang Q<sub>2</sub> tahun yaitu pada jam ke-4 pompa berjumlah 1 unit menyala, kemudian dilanjutkan pada jam ke-5 pompa berjumlah 6 unit menyala secara bersamaan, pada jam ke-6 pompa berjumlah 3 unit mati setelah itu pada jam ke-7 pompa berjumlah 1 unit mati, dan pada jam ke-9 semua pompa mati secara bersamaan.

### 6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapat terdapat beberapa saran dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk penelitian kedepannya adalah sebagai berikut.

1. Dapat dilakukan pengkajian ulang dengan mempertimbangkan

sedimentasi yang ada di Sungai Sumberrejo dan melakukan redesain kapasitas kolam beserta kapasitas pompa yang sesuai.

2. Diperlukan adanya sistem operasi yang terkoordinasi secara baik dan pemeliharaan dalam mengatasi genangan banjir dan rob di Wilayah Surabaya Barat.
3. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat digunakan sebagai referensi atau alternatif dalam pengendalian banjir di wilayah serupa.

## 7 DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. F. (2018). *Analisis Pengendalian Banjir dengan Kolam Polder Di Kelurahan Tegalmade, Sukoharjo*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
- Alia, F. (2020). *Analisis Kapasitas Kolam Retensi Untuk Pengendalian Banjir Di DAS Buah Palembang*. Volume: 9 | Nomor: 2 | Oktober 2020| ISSN: 1907-4247 (Print) |ISSN: 2477-4863 (Online)| Website: <http://cantilever.id>, 11.
- Arbaningrum, R. (2018). *Pemodelan Pola Operasi Sistem Pompa Pada Desain Polder Guna Mitigasi Banjir Dan Rob Di Wilayah Semarang Timur*. TEKNIK, 39 (2), 2018, 137-143, 7.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. (2018). Modul 4 : *Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jendral Cipta Karya. (2012). *Buku jilid IA, Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Cipta karya. (2013). *Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi dan Pemeliharaan Sistem Pompa*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

- Direktorat Jendral Cipta Kerja. (2010). *Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder (NSPM)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Dosen Kelompok Bidang Keahlian Hidro. (2016). *Modul 24 Hidraulika II*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil.
- Dr. Ir. Suripin, M. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- Haan, C. T. (2002). *Statistical Methods in Hydrology*. Still-Water: Iowa State press.
- Institute for Water Resources. (2000). *HEC-HMS Technical Reference Manual*. USA: US Army Corps Of Engineers.
- Ir. CD. Soemarto, B. (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Kamiana, I. M. (2011). *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- McCuen, R. H. (1998). *Hydrologic Analysis And Design*. New Jersey: Pearson Education.
- Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara, M. (2018). *Rekayasa Hidrologi*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Rahmananta, H. F. (2017). *Perencanaan Boezem dan Pompa Di Kawasan Hilir Kandangan Surabaya Barat*. Surabaya: Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Soedibyo, I. (1987). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1*. Bandung: Nova.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 2*. Bandung: Nova.
- Triatmodjo, B. (2016). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Ven Te Chow, D. R. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Zevri, A. (2017). *Analisis Volume Tampungan Kolam Retensi DAS Deli Sebagai Salah Satu Upaya Pengendalian Banjir Kota Medan*. Padang: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas (Unand).