

## STUDI KASUS PEMODELAN OPERASI POMPA BANJIR KAWASAN JL. MADUKORO KOTA SEMARANG

Faridian Bakhtiar<sup>1</sup>, Slamet Imam Wahyudi<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Universitas Islam Sultan Agung

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang <sup>2</sup>Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang  
email : faridian@ymail.com

### ABSTRACT

*Madukoro area in Semarang City is a residential, business, shopping, education, office, and warehousing area in the northern coastal area of Tawangmas Village in West Semarang District. Flooding problems have practically disrupted the activities of the area. The drainage system is the root cause of the problem, coupled with the contour and topography of the land which is almost flat without slopes, so it requires an evaluation of the drainage system by recalculating the hydrological and hydraulic aspects and the need for sufficient flood pump performance to overcome flood problems in the Madukoro area. The evaluation of the drainage system includes planning the modeling of the flood pump area. The calculation of the planned flood discharge uses EPA SWMM version 5.1 modeling for a 5-year period and to calculate the frequency analysis of hydrological data using Aprob\_4.1. The modeling of an area of 55 ha with restrictions on the catchment area of the Madukoro area which is limited by the Semarang Indah channel on the South side, and the West to North sides are limited by Jl. Arteri Yos Sudarso, and the East side is limited by Kanal Banjir Barat. The calculation of the planned flood discharge is 12.36 m<sup>3</sup>/s at the Madukoro long storage. From the results of the planned flood discharge, the Madukoro long storage is designed using 2 pumps with a capacity of 1.5 m<sup>3</sup>/s by maintaining 1 existing pump installed at the location with a capacity of 1.5 m<sup>3</sup>/s and utilizing 2 existing pumps with a capacity of 0.6 m<sup>3</sup>/s. For long storage planning, the dimensions are adjusted to existing conditions, namely a width of 6 m with a designed depth of 1.8 m to 3.00 m, a length of 551 m, and the water level is maintained at a depth of 0.4 m to 1.0 m from the bottom of the channel. Meanwhile, the elevation planning of the embankment still uses the existing elevation. Water gates are made at the intersection of the Semarang Indah channel and the Madukoro channel, and at the warehouse location bordering Kanal Banjir Barat.*

**Keywords:** Long storage, Flood Pump, Planned Flood Discharge

### ABSTRAK

Kawasan Madukoro di Kota Semarang merupakan kawasan perumahan, bisnis, pertokoan, pendidikan, perkantoran, dan pergudangan yang berada di daerah pesisir pantai utara Kelurahan Tawangmas di Kecamatan Semarang Barat. Permasalahan banjir menyebabkan aktivitas wilayah tersebut praktis tertanggu. Sistem drainase menjadi biang keladi permasalahan ditambah dengan kontur dan topografi tanah yang hampir datar tanpa kemiringan sehingga membutuhkan evaluasi sistem drainase dengan menghitung ulang aspek hidrologi dan hidrolika serta kebutuhan kinerja pompa banjir yang mencukupi untuk menanggulangi permasalahan banjir di kawasan Madukoro. Evaluasi sistem drainase meliputi perencanaan pemodelan pompa banjir kawasan. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan permodelan EPA SWMM versi 5.1 untuk periode 5 tahunan dan untuk menghitung analisis frekuensi data hidrologi menggunakan Aprob\_4.1. Pemodelan kawasan seluas 55 ha dengan pembatasan daerah tangkapan saluran khusus wilayah Madukoro yang dibatasi dengan saluran Semarang Indah di sisi Selatan, sisi Barat sampai dengan Utara dibatasi oleh Jl. Arteri Yos Sudarso, dan sisi Timur dibatasi oleh Kanal Banjir Barat. Perhitungan debit banjir rencana sebesar 12,36 m<sup>3</sup>/s pada long storage Madukoro. Dari hasil debit banjir rencana, long storage Madukoro didesain menggunakan 2 pompa berkapasitas 1,5 m<sup>3</sup>/s dengan mempertahankan 1 buah pompa eksisting yang terpasang dilokasi berkapasitas 1,5 m<sup>3</sup>/s dan memanfaatkan 2 pompa eksisting berkapasitas 0,6 m<sup>3</sup>/s. Untuk perencanaan long storage, dimensi disesuaikan dengan kondisi eksisting yaitu lebar 6 m dengan kedalaman didesain 1,8 m sampai 3,00 m, panjang 551 m dan ketinggian air dijaga pada kedalaman 0,4 m sampai 1 m dari dasar saluran. Sedangkan perencanaan elevasi tanggul tetap menggunakan elevasi eksisting yang ada. Pintu air dibuat di persimpangan aliran saluran Semarang Indah dan saluran Madukoro, dan di lokasi pergudangan berbatasan dengan Kanal Banjir Barat.

**Kata kunci :** Long storage, Pompa Banjir, Debit Banjir Rencana.

## 1. PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan salah satu kota dengan wilayah pesisir yang cukup luas. Dalam beberapa tahun terakhir, banjir dan kerusakan akibat gelombang pasang sering terjadi di wilayah pesisir Pulau Jawa, termasuk Kota Semarang. Bencana banjir di Kota Semarang yang semakin parah dalam beberapa tahun terakhir ini menimbulkan permasalahan bagi masyarakat sekitar dan Pemerintah Kota Semarang (Huda, 2013). Kerusakan akibat pasang surut air laut di Kota Semarang disebabkan oleh penurunan permukaan tanah yang parah dan kenaikan permukaan air laut (Nugroho, 2013). Dampak yang ditimbulkan berdampak pada aspek kehidupan dan penghidupan masyarakat, meliputi aspek fisik, sosial, ekonomi, lingkungan, dan kesehatan (Nugroho, 2013).

Banjir sering terjadi terutama pada musim hujan, akibat debit berlebih melampaui kapasitas penampang sungai/ saluran. Hal ini disebabkan oleh hasil erosi dari hulu DAS atau Sub DAS-nya. Selain sedimentasi, penurunan fungsi & kapasitas Sungai dan Drainase Perkotaan juga disebabkan oleh adanya bangunan ilegal di bantaran sungai dan percepatan waktu konsentrasi debit akibat menurunnya fungsi resapan daerah tangkapan air saat musim hujan. Sebaliknya, penurunan base flow debit andalan menyebabkan kekeringan di musim kemarau di beberapa wilayah di Kota Semarang (DPU Kota Semarang, 2018). Pengendalian banjir secara teknis melibatkan normalisasi alur sungai dan tanggul, pembuatan alur pengendali banjir (floodway), retarding basin, sudetan (short cut), perbaikan sistem drainase, dan penambahan pompa banjir untuk membuang debit pada wilayah yang terendam banjir.

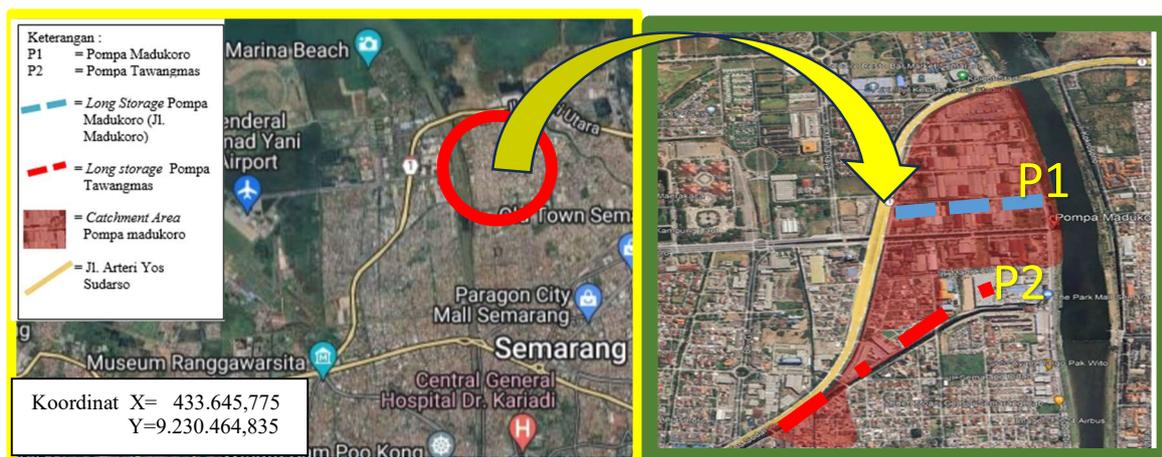
Kawasan Madukoro mempunyai luas genangan sebesar 91,49 ha, dengan pembuangan akhir berupa Pompa Madukoro dengan kapasitas 1,2 m<sup>3</sup>/det dan 1500 l/det, serta Pompa Tawangmas dengan kapasitas 10 m<sup>3</sup>/det. Kondisi eksisting sekarang masih dalam keadaan banjir dan genangan bila debit air hujan tinggi, maka perlu dilakukan evaluasi menyeluruh dan sistemik terhadap sistem drainase dan pola operasi pompa banjir kawasan tersebut.

Penelitian ini dilaksanakan dengan maksud menghitung ulang hidrologi di area penelitian dan melakukan evaluasi kebutuhan pompa banjir pada sistem polder dan catchment area pompa banjir Madukoro, Tawangmas.

### **DAS Saluran dan Stasiun Pompa Banjir Madukoro**

Penelitian berada di lokasi Jl. Madukoro, tepatnya di depan perkantoran Pemerintah Provinsi Jawa Tengah bidang ke-Pu-an, dimana juga terdapat tempat pergudangan di sisi Utara

Long storage. Terdapat 2 (dua) rumah pompa Yakni Pompa Tawangmas (P2) di sisi Selatan Long Storage, dan Pompa Madukoro (P1) di ujung Long storage seperti Gambar 2.1 di atas. Lokasi berada di koordinat  $X = 433.645,775$  ;  $Y = 9.230.464,835$  dengan Catchment area sebesar 55,0 Ha (terlihat di Gambar 1). Daerah Aliran Sungai (DAS) atau daerah tangkapan air atau catchmen area Saluran Madukoro berada pada SubSistem Sungai Siangker yang merupakan bagian dari Sistem Drainase Semarang Barat. Luas daerah tangkapan air 1.425,20 Ha dan luas genangan banjir seluas 91,49 Ha. Kapasitas penyimpanan saluran eksisting sebesar 1.824 m<sup>3</sup>. Terdapat stasiun pompa banjir eksisting dengan kapasitas pemompaan sebesar 2@600 liter/det atau 1.200 liter/det. Stasiun pompa banjir tersebut masih beroperasi hingga saat ini sejak pemasangan oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juwana pada tahun 2009. Bahkan terdapat pompa banjir lagi disebelahnya yang terpasang sekitar tahun 2021, dimana pompa tersebut merupakan eks pompa banjir Sedompyong berkapasitas 1.500 liter/det, namun kondisi pompa cenderung sering mengalami kerusakan.



**Gambar 1.** Lokasi dan *Catchment area* Pompa Madukoro

Drainase berasal dari Bahasa Inggris “*drainage*” yang berarti mengalirkan, mengubur, atau mengalihkan air. Secara umum hal ini dapat diartikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air akibat air hujan, resapan atau kelebihan air aliran pada suatu wilayah/negara sehingga tidak mempengaruhi operasional wilayah/negara tersebut. Drainase juga dapat diartikan sebagai upaya pengendalian kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Oleh karena itu, drainase tidak hanya menyangkut air permukaan saja tetapi juga air tanah (Suripin, 2004). Sistem drainase dapat didefinisikan sebagai suatu instalasi tetap, satuan unit aliran yang memungkinkan orang atau benda mengalirkan air karena gesekan, dalam suatu

sistem kendali. Mengatasi ruang geografis secara efisien untuk berpartisipasi dalam aktivitas kegiatan yang diinginkan pada waktu yang tepat. Secara umum, sistem drainase dapat diartikan sebagai sekumpulan bangunan air yang dirancang untuk mengurangi dan/atau mengalirkan kelebihan air dari suatu area atau lahan sehingga lahan tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal. Bahwa bangunan drainase terdiri atas saluran penahan (*blocking channel*), saluran pengumpul (*collecting channel*), saluran pembawa (*carrying channel*), saluran induk/utama (*main channel*), dan saluran penerima (*receive channel*) (Th. D.Wismarini dan Dewi Handayani U., 2010). Bangunan lain juga sering terlihat di sepanjang sistem, antara lain gorong-gorong, sifon, jembatan air (saluran), pelimpah, pintu air/kanal, bangunan terjunan, kolam tando, dan stasiun pompa (Suripin, 2004). Subsistem drainase adalah bagian dari sistem drainase yang lebih besar, yang dirancang untuk mengelola dan mengatur aliran air di wilayah tertentu. Berikut adalah beberapa komponen utama dari subsistem drainase (DPU Kota Semarang, 2019). Pompa banjir digunakan di daerah dataran rendah untuk memompa air keluar dari daerah yang tergenang atau banjir ke saluran drainase utama. Subsistem drainase ini bekerja secara bersama untuk mengelola aliran air secara efektif dan mencegah banjir di wilayah perkotaan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian tulisan ini dilakukan dengan metodologi survei lapangan dan pengumpulan data kuantitatif yakni data langsung lapangan (primer) maupun data didapat dari referensi (sekunder) . Data primer diperoleh melalui survei topografi lokasi penelitian menggunakan peralatan ukur tanah dan inventarisasi kondisi pompa banjir eksisting. Sedangkan data sekunder yang diperlukan untuk penelitian ini berkaitan dengan data-data yang di keluarkan oleh BMKG, dinas terkait dengan tata ruang, data *HWL/LWL*, dan data dari pengelola pompa banjir. Metode survei lapangan melibatkan beberapa langkah penting untuk memastikan data yang dikumpulkan akurat dan representatif. Data yang diperoleh dapat di analisis dan dikelompokkan tahapan penelitian menjadi beberapa bagian utama: Identifikasi masalah, Studi literatur, Pengumpulan data, dan Analisis data. Analisis data kemudian dibagi lagi menjadi Analisis Hidrologi dan Analisis Hidrograf Pompa, dengan langkah-langkah spesifik di dalamnya.

## Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penyusunan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, dimulai dengan identifikasi masalah sampai dengan penyusunan anggaran biaya. Beberapa langkah penting dijelaskan lebih detail mengenai metode yang digunakan. Metode pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data, serta penjelasan masing-masing metode adalah sebagai berikut : a.) Identifikasi Masalah, langkah ini dengan melakukan survei pendahuluan sekitar lokasi penelitian dan mengidentifikasi penyebab banjir disekitar area penelitian. b.) Studi Literatur, pada langkah ini dilakukan pemetaan terhadap penelitian yang diambil terhadap penelitian sebelumnya dan melengkapi pustaka dan literatur untuk dipakai dasar penelitian ini. c.) Pengumpulan Data, tahapan ini dilakukan dengan pengumpulan data langsung ke lokasi penelitian melalui survei pengukuran topografi sehingga didapatkan koordinat lokasi saluran, dimensi saluran beserta bentuk penampang saluran eksisting, serta elevasi yang dibutuhkan pada saat penelitian. Data sekunder curah hujan dari BMKG, data tata guna lahan, data pasang surut air laut, data tanah dan data pompa banjir eksisting terpasang. d.) Analisis Data, analisis data yang dilakukan adalah analisis hidrologi dan hidrograf pompa melibatkan beberapa langkah penting untuk memastikan perhitungan yang akurat dan relevan.

Berikut adalah ringkasan dari langkah-langkah yang biasanya dilakukan didalam analisis hidrologi: menghitung curah hujan kawasan, analisis frekuensi dan probabilitas, pengukuran disperse, uji kesesuaian, waktu konsentrasi curah hujan, menghitung koefisien limpasan (run-off), intensitas curah hujan, dan debit banjir rencana

### Metode Pengumpulan Data

Sumber data dan informasi dengan kualitas yang baik, jika diolah dengan metode yang tepat akan menghasilkan analisis yang akurat. Adapun teori, konsep dasar, data/informasi, serta alat bantu yang baik dan memadai akan mendukung hasil analisis tersebut. Oleh karena itu kualitas data dan informasi yang baik mutlak diperlukan. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder, yakni sebagai berikut : a.) Data Primer, data primer didapatkan melalui survei topografi lokasi penelitian untuk mengetahui : dimensi saluran, elevasi saluran dan tanggul, geometri saluran, material saluran, long storage, kondisi dan kapasitas pompa banjir terpasang, peta topografi, foto kondisi. b.) Data Sekunder, sedangkan data dalam penelitian ini data sekunder yang diperlukan sebagai berikut : data catchment area, data curah hujan, data pasang surut, data tanah, data topografi lokasi, data tata guna lahan, dan data pompa banjir.

## Pengolahan Data Curah Hujan

Rencana data curah hujan harian rata-rata diperoleh dari Dinas Pusdataru 2013-2023 kurang lebih selama 10 tahun lebih, yang diambil dari tiga stasiun hujan terdekat yakni STA Madukoro, STA Maritim, dan STA Simongan yang kemudian diletakkan dalam gambar *polygon thiessen* secara grafis dengan menghubungkan garis tegak lurus dengan garis sambung stasiun hujan. Sehubungan lokasi berada di Jl. Madukoro yang berdekatan dengan STA Madukoro, maka data curah hujan yang dipakai dan paling berpengaruh adalah stasiun hujan yang terdekat dimana mengambil data dari Pusdataru Provinsi Jawa Tengah. Data curah hujan harian yang didapat diambil data dengan curah hujan tertinggi untuk kemudian diolah dengan software Aprob\_4.1 untuk menentukan distribusi frekuensi data curah hujan, untuk kemudian dilanjut pengolahan data uji kecocokkan chi-kuadrat dan smirnov-kolmogorov. Selanjutnya dihitung waktu konsentrasi dan intensitas curah hujan rencana guna menghitung debit rencana yang terjadi.

## Pengolahan Data Debit Hujan Rencana

Pengolahan debit rencana menggunakan *software EPA SWMM* berdasarkan probabilitas kala ulang hujan rencana sesuai dengan regulasi penentuan periode kala ulang hujan sesuai Tabel 1.

**Tabel 1. Periode ulang hujan**

Jenis Kota	Catchment Area (Ha)			
	10	10-100	100-500	>500
Metropolitan	1-2	2-5	5-10	10-25
Kota Besar	1-2	2-5	2-5	5-15
Kota Sedang	1-2	2-5	2-5	10
Kota Kecil	1-2	1-2	1-2	2-5
Kota Sangat Kecil	1	1	1	-

Sumber : Dirjen Cipta Karya PU, 2012

Berdasarkan Tabel 1. di atas, bahwa lokasi penelitian dihitung luasan sebesar 55 ha atau kurang dari 100 ha, sedangkan Kota Semarang dengan jumlah penduduk mencapai 1,5 juta jiwa menjadi kategori kota metropolitan (Bappeda Kota Semarang, 2010). Oleh karena itu pemilihan kala ulang hujan rencana 2-5 tahunan. Ditetapkan kala ulang hujan rencana yang terbesar yakni kala ulang hujan rencana 5 tahun.

Dari hasil pemodelan *SWMM* nantinya didapatkan data debit yang mengalir di saluran *long storage*, dan kapasitas pompa yang dibutuhkan untuk membuang air di saluran. Simulasi aliran *inflow* dan *outflow* di dalam *long storage* untuk mengetahui besaran kapasitas pompa.

## Metode Analisis Data

### *Analisis Hidrologi*

Perencanaan bangunan air, analisis pendahuluan yang perlu dilakukan adalah analisis hidrologi. Analisis hidrologi ini diperlukan untuk menentukan debit banjir rencana. Debit banjir rancangan berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum maupun kapasitas bangunan air yang ada. Perhitungan hidrologi sebagai penunjang penyusunan desain yang dibutuhkan data meteorologi dan hidrometri. Penentuan DAS atau Daerah Aliran Sungai yakni catchment area yang ditangkap oleh saluran atau sungai bersangkutan sangat penting. Data curah hujan dan stasiun penakar hujan di daerah sungai bersangkutan.

### *Analisis Pola Aliran*

Pola-pola aliran ditentukan dari kondisi eksisting dan skema aliran saluran yang baru. Luasan daerah tangkapan air supaya dapat diketahui, termasuk *long storage* dan bangunan-bangunan air lainnya seperti pintu air, tanggul, dan rumah pompa.

### *Analisis Curah Hujan Kawasan Madukoro*

Stasiun curah hujan yang diperhitungkan ada tiga buah stasiun yaitu Stasiun Madukoro, Stasiun Maritim, dan Stasiun Simongan. Data diperoleh dari Pusdatar Provinsi Jawa Tengah berupa data curah hujan harian. Dari ketiga stasiun pengamatan tersebut masing-masing dihubungkan guna memperoleh luas daerah pengaruh dari tiap stasiun curah hujan. masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh sendiri yang dibentuk dengan garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antar dua stasiun. Dari ketiga stasiun tersebut, yang paling berpengaruh adalah Stasiun Madukoro, mengingat Kawasan Madukoro berada di dalamnya.

### *Analisis Frekuensi Curah Hujan*

Analisis frekuensi curah hujan rencana didapat dengan menggunakan *software AProb 4.1*, untuk menghitung 10 data curah hujan maksimum tiap tahun dari tahun 2013 – 2022. Analisis ini untuk mengetahui *disperse*, analisis sebaran, uji kecocokan sebaran, intensitas curah hujan, debit banjir rencana.

### *Analisis Waktu Konsentrasi Curah hujan*

Persamaan untuk menghitung waktu konsentrasi curah hujan adalah menggunakan *metode Kirpich*. Variabel yang dibutuhkan adalah panjang saluran *long storage*, dan

kemiringan saluran.

#### *Analisis Intensitas Hujan Rencana*

Intensitas hujan rencana dihitung dengan menggunakan metode *Mononobe* dengan kala ulang mulai 2 tahun, 5,10,20,25,50,100, dan 1000 tahun.

#### *Analisis Debit*

Analisis debit dengan menggunakan *software SWMM ver. 5.1* dengan kala ulang hujan rencana 5 tahun sesuai dengan kondisi Kota Semarang sebagai kota metropolitan dan luasan kawasan yang dilakukan penelitian luas kurang dari 100 ha.

#### *Desain Pompa Banjir*

Desain kapasitas pompa banjir dihitung berdasarkan hidrograf banjir

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Analisis Hidrologi**

Penurunan kapasitas saluran yang kurang optimal menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir. Apabila dengan memperhatikan dimensi yang ada maka saluran air tidak dapat menampung debit air yang keluar dan akan meluap dengan air pada debit maksimum dalam jangka waktu tertentu. Daerah banjir didefinisikan berdasarkan daerah dimana banjir terjadi terus menerus selama enam jam atau lebih pada musim hujan. Analisis hidrologi merupakan kunci dari suatu perencanaan dalam penanggulangan banjir sistem Kawasan Madukoro. berdasarkan analisis hidrologi nantinya akan mendapatkan output berupa banjir rencangan sebagai acuan dalam perancangan bangunan pengendali banjir. Terdapat 5 tahapan yang digunakan dalam mendapatkan debit rencana yaitu : 1.) Menentukan *Catchment area* beserta luasnya, 2.) Menganalisis bobot pengaruh stasiun hujan terhadap *Catchman Area*, 3.) Menganalisis curah hujan maksimum harian rata-rata, 4.) Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun, 5.) Merancang debit banjir rencana berdasarkan curah hujan rencana diatas periode ulang T tahun.

Pengolahan diperlukan setelah data sekunder terkumpul, Terdapat 3 stasiun penakar hujan (STA Madukoro, STA Simongan, dan STA Maritim) yang akan digunakan pada analisis *Polygon Thiessen*. Namun yang berpengaruh hanya pada STA hujan Madukoro. Data hujan yang diperoleh dianalisis dengan analisis frekuensi untuk menentukan distribusi yang sesuai. Metode *Log Normal*, *Log Person III*, dan *Gumbel* digunakan untuk analisis frekuensi. Setelah

Anda memiliki distribusi yang sesuai, langkah selanjutnya adalah menguji kesesuaian distribusi tersebut. Langkah selanjutnya adalah menentukan intensitas hujan. Dengan menggunakan metode rasional untuk menentukan aliran banjir rencana. Tahap selanjutnya adalah menentukan debit banjir rencana, metode yang digunakan adalah Metode Rasional. Pada metode ini dibutuhkan nilai koefisien aliran, intensitas hujan, dan luas area tangkapan hujan. Setelah data debit diperoleh langkah selanjutnya mencari luas penampang saluran dan kapasitas pompa.

### **Analisis Pola Aliran**

Pada sub bab pembahasan ini peneliti melakukan survei pada lokasi penelitian untuk mengetahui arah aliran drainase. pengaliran drainase menuju ke muara Kanal Banjir Barat (KBB) dengan menggunakan pompa pengendalian banjir.

### **Analisis Curah Hujan Kawasan Madukoro**

Data hujan selama 10 tahun mulai tahun 2013 sampai dengan tahun 2022. Stasiun hujan yang digunakan untuk analisis mengacu pada Stasiun Madukoro. Berdasarkan data tersebut, metode Polygon Thiessen digunakan untuk analisis hidrologi, khususnya untuk menghitung curah hujan rata-rata maksimum. Metode *Polygon Thiessen* didasarkan pada Lokasi atau pengamatan yang tidak merata di wilayah tertentu. Oleh karena itu, luas pengaruh setiap stasiun diperhitungkan untuk mengetahui rata-rata curah hujan di seluruh sungai. Alat bantu *AutoCAD* digunakan untuk menentukan luasan area layanan (CA). Daerah pengaruh dibuat dengan menghubungkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan terdekat (Lestari et al., 2020). Diketahui bahwa stasiun hujan yang berpengaruh pada *Catchmen Area* Kawasan Madukoro hanyalah Stasiun Hujan Madukoro. Maka untuk analisis curah hujan maksimum hanya menggunakan data STA Hujan Madukoro. Hujan Maksimum Madukoro telah dianalisis seperti yang tersaji pada Tabel 2.

**Tabel 2. Curah Hujan Maksimum Tahunan pada Stasiun Madukoro,**

No	Tanggal	Hujan Max (mm)
1	22 Februari 2013	150
2	22 Januari 2014	177
3	12 Februari 2015	155
4	02 Juli 2016	120
5	27 Oktober 2017	90
6	15 Februari 2018	120
7	07 Februari 2019	119

8	19 Februari 2020	60
9	05 Februari 2021	200
10	30 Desember 2022	196

Sumber : Pusdataru, 2024

### Analisis Frekuensi Curah Hujan

Saat mengukur sebaran variabilitas, tidak semua nilai suatu variabel hidrologi lebih besar atau sama dengan nilai rata-rata, tetapi mungkin ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-rata. Derajat sebaran nilai di sekitar nilai rata-rata disebut variasi atau sebaran data suatu variabel hidrologi. Analisis frekuensi menggunakan *software AProb\_4.1*. Hasil *AProb\_4.1* terlihat di Gambar 2.

```

Statistika data
--> jumlah data      : 10
--> minimum          : 60
--> maksimum         : 200
--> rata-rata        : 138.700000
--> simpangan baku   : 45.404478
--> kurtosis         : 2.333534
--> excess kurtosis  : -0.666466
--> skewness         : -0.212529

Statistika logaritma data
--> jumlah data      : 10
--> minimum          : 1.778151
--> maksimum         : 2.301030
--> rata-rata        : 2.117399
--> simpangan baku   : 0.162101
--> kurtosis         : 3.833349
--> excess kurtosis  : 0.833349
--> skewness         : -0.952671

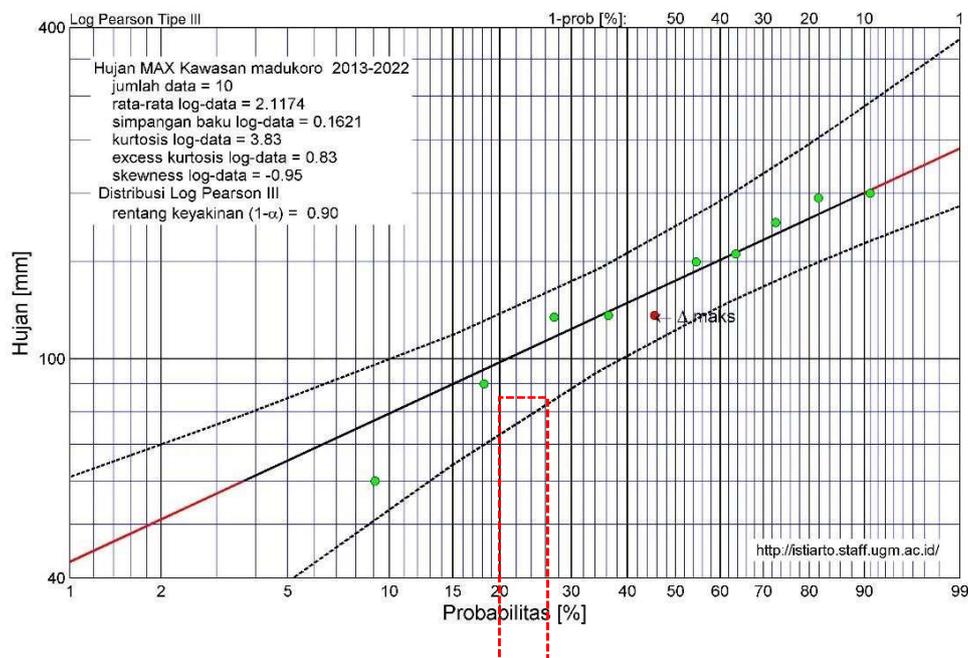
Uji kecocokan terhadap sebaran data teoretis, \alpha = 0.10 (tingkat keyakinan 1-\alpha) = 0.90
Gumbel      Log Normal      Log Pearson III      Normal
Smirnov-Kolmogorov  lulus      lulus      lulus      lulus
Selisih maksimum  0.119      0.125      0.104      0.114
Chi-kuadrat  lulus      lulus      lulus      lulus
Chi-2 maksimum  5.400      4.000      4.000      5.400

Estimasi besaran menurut berbagai nilai kala ulang [tahun]
Kala ulang  Gumbel      Log Normal      Log Pearson III      Normal
2           131         131         139         139
5           171         179         180         177
10          198         211         200         197
20          223         242         216         213
50          256         282         232         232
100         281         312         241         244
200         306         343         249         256
500         338         384         257         269
1000        363         415         262         279
    
```

**Gambar 2.** Hasil Uji kecocokan dan Hujan Rencana menggunakan *Aprob* (Hasil Analisis,2024)

Data ini digunakan oleh *AProb* secara langsung sehingga terdeteksi data statistik berdasarkan rata-rata ( $X_{rt}$ ), standar deviasi (SD), kurva kurtosis dan *kurva skewness*, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi yang baik untuk memastikan bahwa pendekatan eksperimen dapat diwakili oleh kurva teoritis. Terdapat 2 (dua) jenis uji keselarasan, yakni uji *chi-kuadrat* dan uji *Smirnov Kolmogorov*. Tes ini mendeteksi adanya hasil statistik yang benar.

*AProb* menguji visibilitas pengukuran derajat keyakinan adalah 0,90. Data hasil uji kecocokan ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan gambar di atas, dapat diambil kesimpulan untuk uji keselarasan data hujan masuk dalam kriteria syarat distribusi sebaran *Log Person III* dengan selisih yang terkecil yaitu 0,104. Dibuktikan pada uji *Smirnov-Kolmogorof* dan *Chi-Kuadrat*, sebaran data *Log Person III* dinyatakan lolos. Data masukan dan curah hujan pada Lembar Probabilitas untuk melihat apakah data yang terlalu ekstrim. Berdasarkan keluaran model *AProb*, data curah hujan kawasan tidak menyimpang. Gambar *plotting* data pada *Probability paper* ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini



**Gambar 3. Plotting Log Person III Probability Paper**

(Hasil Analisis,2024)

Pada Gambar 3. dimana *Probability Paper log person III* menunjukkan sumbu vertikal merupakan nilai curah hujan dalam milimeter. Sumbu horizontal (Probabilitas [%]) menunjukkan probabilitas persentase suatu kejadian hujan maksimum yang melebihi nilai tertentu. Garis-garis *Log Person III* merupakan distribusi data hujan maksimum sesuai dengan distribusi *Log Person III*. Garis tengah adalah garis distribusi rata-rata, sedangkan garis di atas dan di bawahnya menunjukkan penyimpangan standar. Titik-titik Hijau mewakili data aktual curah hujan maksimum tahun dari 2013-2022. Titik Merah adalah data yang dikaitkan dengan rentang keyakinan 90% ( $1-\alpha = 0,90$ ), yang menunjukkan curah hujan maksimum yang diprediksi dengan tingkat keyakinan tersebut terlihat bahwa garis simpangan terjauh adalah 0,104 nilai  $\Delta_{maks}$  terkecil  $< \Delta_{kritis}$  yaitu  $0,104 < 0,37$ . Angka 0,37 diambil dari tabel  $\Delta$  Kritis untuk Uji

kecocokan *Smirnov-Kolmogorof* selanjutnya dapat diperoleh besaran kala ulang hujan seperti pada Tabel 3. Dasar penentuan kala ulang 5 tahunan adalah dalam kurun waktu 5 tahun, probabilitas terjadi hujan dengan besaran lebih besar atau sama dengan 10 mm adalah satu kali, atau 2% akan terjadi setiap tahun. Selain itu penentuan kala ulang 5 tahun, bermaksud untuk meningkatkan angka keamanan dalam permasalahan banjir dengan menambah tampungan *long storage* dan kapasitas pompa pengendali banjir.

**Tabel 3. Hujan Kala Ulang Kawasan Madukoro**

Hujan Kala Ulang Tahun	Log Person III (mm)
2	139
5	180
10	200
20	216
50	232
100	241
200	249
500	257
1000	262

Sumber : Hasil Analisis, 2024

### Analisis Waktu Konsentrasi Curah Hujan

Analisis intensitas curah hujan diproses melalui data hujan yang pernah terjadi. Analisis intensitas curah hujan berkaitan dengan waktu konsentrasi ( $t_c$ ). Metode yang digunakan adalah *Metode Kirpich* cocok untuk mencari waktu konsentrasi persamaan yang digunakan untuk *Kirpich*, :

$$t_c = \left( \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Dimana :  $t_c$  = waktu konsentrasi (jam)

$L$  = panjang jalur air dari titik terjauh ke titik yang dituju (km)

$S$  = kemiringan rata-rata daerah lintasan air

Persentase grafik air kemudian dikalikan dengan prediksi curah hujan untuk mendapatkan intensitas curah hujan. Di bawah ini adalah perhitungan curah hujan untuk periode ulang 5 tahun.

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Intensitas Hujan**

Curah hujan rencana (5 th)	Hujan 1 jam-an (%)	Intensitas Hujan (mm)
180	100 %	180

Sumber: Hasil Analisis, 2024

### Analisis Intensitas Hujan Rencana

Intensitas Hujan ditentukan / dihitung dengan menggunakan metode *Mononobe* dengan menggunakan rumus :

$$I = \frac{R24}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Maka pada daerah kajian di peroleh besaran Intensitas hujan sebagaimana pada Tabel 5.

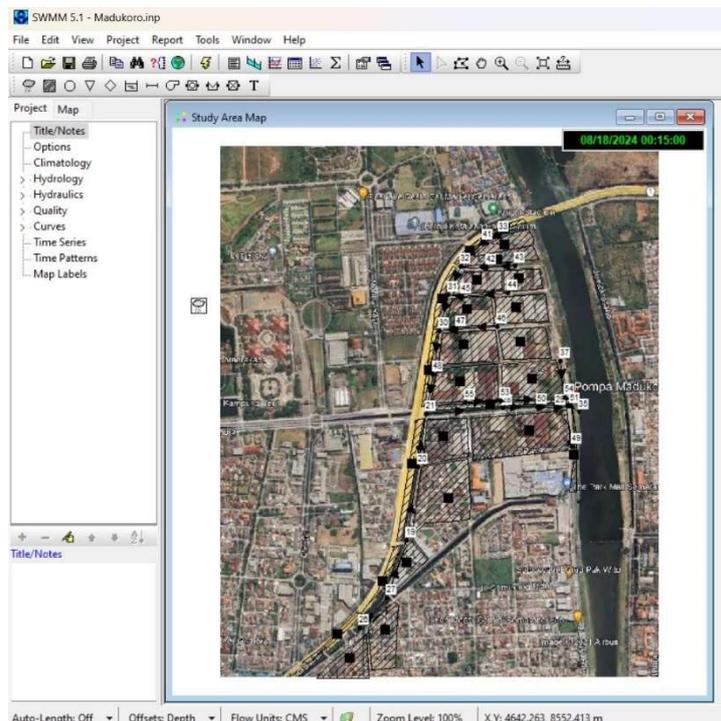
**Tabel 5. Intensitas Hujan Rencana DAS Kawasan Madukoro**

No.	Kala Ulang (tahun)	Hujan Rencana(mm)	Intensitas Hujan (mm/jam)
1	2	139	72,2
2	5	180	93,4
3	10	200	103,8
4	20	216	112,1
5	25	232	120,4
6	50	241	125,1
7	100	249	129,2
8	1000	257	133,4

Sumber: Hasil Analisis, 2024

## Analisis Debit

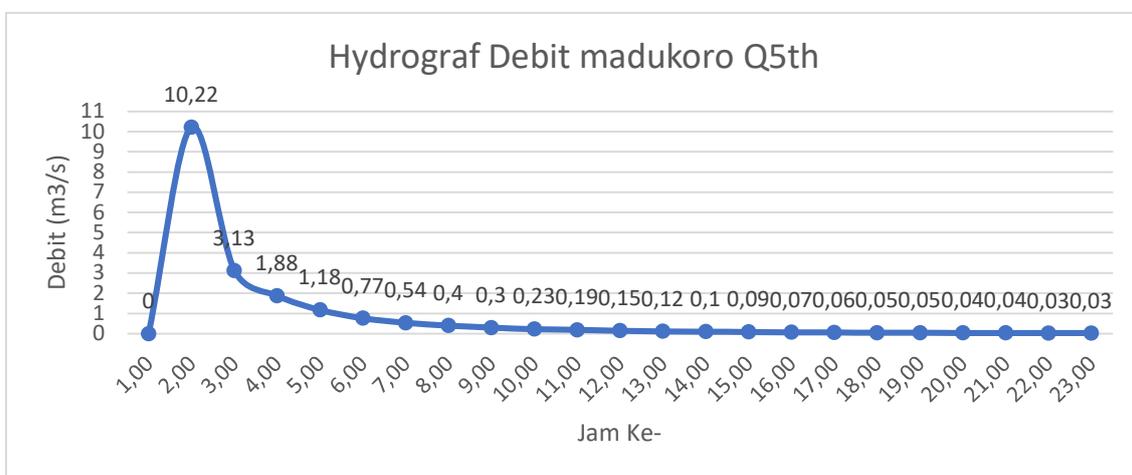
Analisis Debit dalam penelitian menggunakan *Software SWMM*. Debit banjir dihitung berdasarkan probabilitas kala ulang hujan rencana 5th. Pemodelan Kawasan Madukoro dengan *software SWMM* terdapat beberapa tahapan : a.) Membuat skema Jaringan DAS Kawasan Madukoro, pemodelan dengan menentukan batasan *subcatchmen*, *junction*, *conduit*, *outfall* dan *rain gage* merupakan tahapan awal dalam proses pemodelan *SWMM*. jejaring model pada penelitian ini secara detail tersaji pada Gambar 4., b.) Input data *Subcatchment*, *Toolbar*



**Gambar 4.** Pemodelan *SWMM* pada Kawasan Madukoro  
(*SWMM 5.1*, 2024)

*subcatchment* yang ditandai dengan simbol merupakan simbol yang digunakan untuk mewakili daerah tangkapan air atau subDAS atau *catchment area* pada suatu wilayah. data *subcatchmen* pada *SWMM* mewakili kondisi pada daerah tangkapan tersebut berupa luas area, data lebar, kemiringan lahan, *N-imperv*, *N-Perv*, *D-storage Imprv*, *D store perv*, c.) Pengisian data *Junction*, data ini menunjukkan bahwa adanya pertemuan saluran. menggambarkan tentang angka ketinggian elevasi terendah pada saluran atau sungai yang dibatasi oleh *subcatchment* lainnya. data yang terkait berupa elevasi dan kedalaman saluran / sungai, d.) Pengisian *Conduit*, ini mewakili terkait dengan saluran yang menghubungkan antara *junction* satu dengan yang lainnya. untuk penampang saluran terdapat beberapa tipe yang dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Data yang lain berupa panjang saluran, dan nilai kekasaran *mannings*, e.)

Input data intensitas hujan, yang diinputkan pada model *SWMM* untuk kala ulang 5th, sesuai dengan hasil perhitungan intensitas hujan dengan *tc* perhitungan sebesar 1 jam, f.) Proses *Running*, proses *running* dilakukan setelah semua data yang diperlukan selesai terinput pada model, g.) *Output Model SWMM*, hasil *SWMM* dengan kondisi eksisting diperoleh bahwa besarnya debit yang terjadi pada kala ulang 5th sesuai dengan kondisi eksisting sebesar 10,22 m<sup>3</sup>/dt. grafik hidrograf debit dapat dilihat pada Gambar 5. menunjukkan bahwa debit yang terjadi pada jam pertama berangsur mengalami kenaikan sehingga puncak debit pada kawasan Madukoro ini terjadi pada jam ke-2, dan berangsur menurun .



**Gambar 5.** Pemodelan *Hydrograph* debit pada Kawasan Madukoro  
(Penulis,2024)

## Simulasi Pompa Banjir

Simulasi *Long storage* dengan Pompa Banjir Eksisting

Pompa banjir Madukoro yang terpasang sekarang merupakan pompa banjir *submersible* dengan kapasitas 1.200 liter/det atau 2 unit 600 liter/det merk Grundfos 500 KPL/55 KW dengan mesin PERKINS 2500 dan telah terpasang di tahun 2009 dari bantuan Kementerian PU melalui BBWS Pemali Juana. Di lokasi masih terdapat satu unit pompa *submersible* lagi yang merupakan Eks Pompa Sedompyong dengan kapasitas 1 unit sebesar 1.500 liter/det merk Grundfos dan baru terpasang kurang lebih di tahun 2017/2018. Ketiga pompa tersebut dibantu digerakkan oleh Generator 550 KVA. Pompa Madukoro tersebut kurang lebih telah beroperasi selama 15 tahun dengan mengandalkan pemeliharaan dan suplai bahan bakar rutin. Pemeliharaan menjadi tanggung jawab UPT Pompa Drainase Semarang Barat.

Berdasarkan Tabel 6. menunjukkan bahwa kondisi *longstorage* pada *inflow* yang masuk sebesar 10,22 m<sup>3</sup>/det. Elevasi muka air dasar saluran dijaga pada elevasi -1.90 m, kemudian pompa dinyalakan dengan kapasitas eksisting 2,7 m<sup>3</sup>/det (2x0,6 m<sup>3</sup>/det + 1,5 m<sup>3</sup>/det). Terlihat di tabel kondisi aman tidak melimpas tanggul sampai jam ke-9, dimana masih rawan di jam ketiga posisi muka air di elevasi +0.40 yang artinya sudah melebihi ambang datum elevasi jalan sehingga di jam ke-3 sistem saluran disekitar sudah terganggu alirannya.

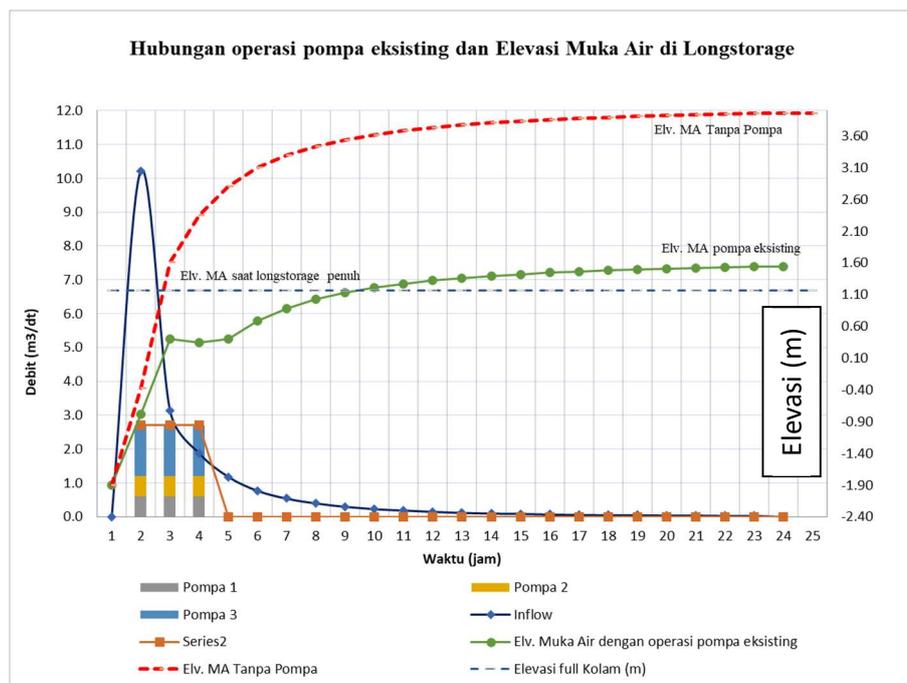
**Tabel 6. Tabel Simulasi Pompa Eksisting**

Jam	Out flow Pompa (m <sup>3</sup> /dt)	Komula .Outflow Pompa (m <sup>3</sup> /dt)	Volume Outflow Pompa (m <sup>3</sup> )	Komula Volume Outflow Pompa (m <sup>3</sup> )	Volume Kolam (m <sup>3</sup> )	Elev. Kolam (m)	Elev. full Klm (m)	Ket	Schedule Pompa (m <sup>3</sup> /dt)		
									Pompa 1a	Pompa 1b	Pompa 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,00	0,00	0	0	0	-1.90	+1.17	Aman			
2	2,70	2,70	4,860	4,860	13,536	-0.78	+1.17	Aman	0,60	0,60	1,50
3	2,70	5,40	9,720	14,580	27,846	+0.40	+1.17	Aman	0,60	0,60	1,50
4	2,70	8,10	9,720	24,300	27,144	+0.34	+1.17	Aman	0,60	0,60	1,50
5	0,00	8,10	4,860	29,160	27,792	+0.40	+1.17	Aman			
6	0,00	8,10	0	29,160	31,302	+0.69	+1.17	Aman			
7	0,00	8,10	0	29,160	33,660	+0.88	+1.17	Aman			
8	0,00	8,10	0	29,160	35,352	+1.02	+1.17	Awas			
9	0,00	8,10	0	29,160	36,612	+1.13	+1.17	Awas			
10	0,00	8,10	0	29,160	37,566	+1.21	+1.17	Limpas			
11	0,00	8,10	0	29,160	38,322	+1.27	+1.17	Limpas			
12	0,00	8,10	0	29,160	38,934	+1.32	+1.17	Limpas			
13	0,00	8,10	0	29,160	39,420	+1.36	+1.17	Limpas			
14	0,00	8,10	0	29,160	39,816	+1.39	+1.17	Limpas			
15	0,00	8,10	0	29,160	40,158	+1.42	+1.17	Limpas			
16	0,00	8,10	0	29,160	40,446	+1.44	+1.17	Limpas			
17	0,00	8,10	0	29,160	40,680	+1.46	+1.17	Limpas			
18	0,00	8,10	0	29,160	40,878	+1.48	+1.17	Limpas			
19	0,00	8,10	0	29,160	41,058	+1.50	+1.17	Limpas			
20	0,00	8,10	0	29,160	41,220	+1.51	+1.17	Limpas			
21	0,00	8,10	0	29,160	41,364	+1.52	+1.17	Limpas			
22	0,00	8,10	0	29,160	41,490	+1.53	+1.17	Limpas			

Jam	Out flow Pompa (m3/dt)	Komula .Outflow Pompa (m3/dt)	Volume Outflow Pompa (m3)	Komula Volume Outflow Pompa (m3)	Volume Kolam (m3)	Elev. Kolam (m)	Elev. full Klm (m)	Ket	Schedule Pompa (m3/dt)		
									Pompa 1a	Pompa 1b	Pompa 2
23	0,00	8,10	0	29,160	41,598	+1.54	+1.17	Limpas			
24	0,00	8,10	0	29,160	41,652	+1.54	+1.17	Limpas			
25	0,00	8,10	0	29,160	41,652	+1.54	+1.17	Limpas			

Sumber : Hasil Analisis, 2024

Terlihat pada Gambar 6. pompa eksisting kapasitas 2,7 m3/det dioperasikan pada jam ke-2 sampai jam ke-4, muka air berada di atas datum lokal (+/- 0.00) yakni di elevasi +0.20 sampai dengan +0.30, saluran di bagian hulu masih kritis terhadap limpasan. Akibatnya beberapa saluran-saluran sekunder maupun tersier yang masuk ke *long storage* akan terjadi *backwater*.



Gambar 5. Grafik Hubungan Pompa Eksisting dan Elevasi Air di Long storage (Hasil Analisis, 2024)

### Simulasi *Long storage* dengan Pompa Banjir Tambahan

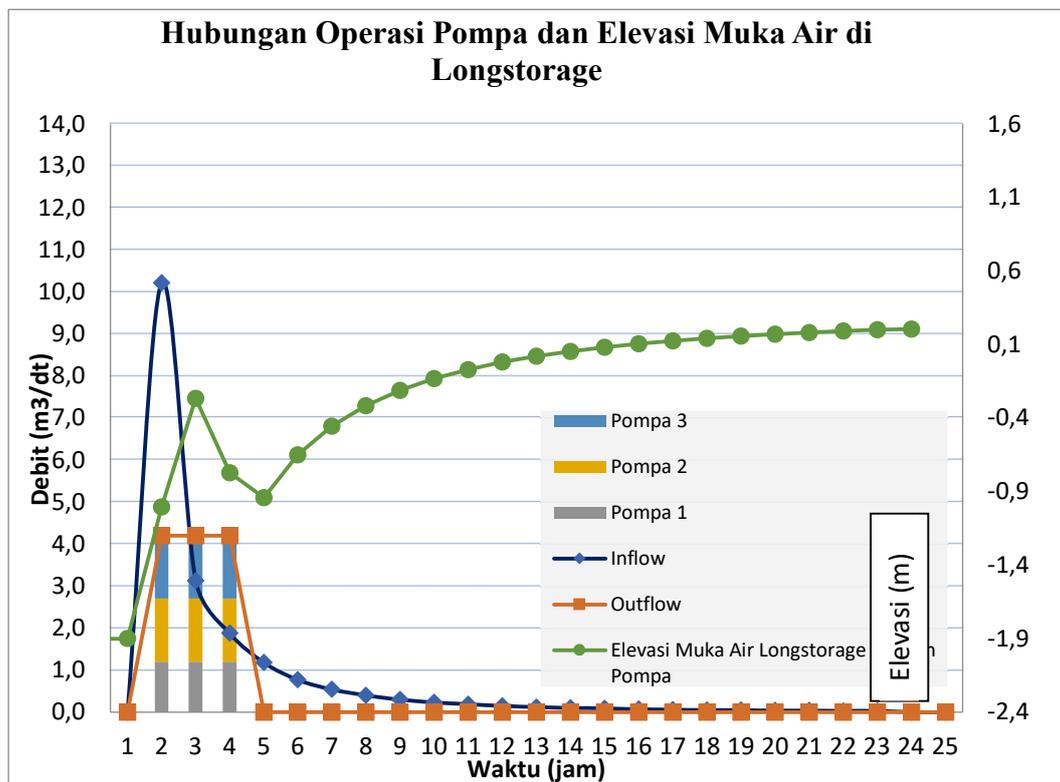
Berdasarkan *Inflow* yang ada pada *Long storage* Madukoro sebesar 10,22 m<sup>3</sup>/dt maka dapat di simulasikan penambahan pompa banjir dengan skenario penambahan kapasitas pompa 1,5 m<sup>3</sup>/dt sebanyak 1 buah, maka besaran *outflow* didapat sebesar 4,2 m<sup>3</sup>/dt. Simulasi ini dilakukan dengan mengoperasikan masing-masing pompa. Kapasitas tampungan *long storage* 31.639 m<sup>3</sup>, elevasi tanggul kolam +1.17, elevasi pelimpah -1.00 dan elevasi dasar *long storage* di -2.33. Simulasi dilakukan dengan asumsi pada jam ke – 1, *long storage* terisi air, dimana air dipertahankan pada ketinggian 40 cm dari dasar saluran pada elevasi -1.9. Perhitungan pada tabel akan di peroleh elevasi muka air pada longstorage dengan simulasi kapasitas *outflow* pompa di 4,2 m<sup>3</sup>/dt. muka air berada di tinggi 0,2 m yang terlihat pada Tabel 7.

**Tabel 7 Simulasi pompa dan elevasi muka air penambahan pompa 1,5 m<sup>3</sup>/det**

Jam	Out flow Pompa (m <sup>3</sup> /dt)	Komula .Outflow Pompa (m <sup>3</sup> /dt)	Volume Outflow Pompa (m <sup>3</sup> )	Komula Volume Outflow Pompa (m <sup>3</sup> )	Volume Kolam (m <sup>3</sup> )	Elev. Kolam (m)	Elev. full Klm (m)	Ket	Schedule Pompa (m <sup>3</sup> /dt)		
									Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,00	0,00	0	0	0	-1.90	+1.17	Aman			
2	4,20	4,20	7,560	7,560	10,836	-1.00	+1.17	Aman	1,20	1,50	1,50
3	4,20	8,40	15,120	22,680	19,746	-0.27	+1.17	Aman	1,20	1,50	1,50
4	4,20	12,60	15,120	37,800	13,644	-0.77	+1.17	Aman	1,20	1,50	1,50
5	0,00	12,60	7,560	45,360	11,592	-0.94	+1.17	Aman			
6	0,00	12,60	0	45,360	15,102	-0.65	+1.17	Aman			
7	0,00	12,60	0	45,360	17,460	-0.46	+1.17	Aman			
8	0,00	12,60	0	45,360	19,152	-0.32	+1.17	Aman			
9	0,00	12,60	0	45,360	20,412	-0.21	+1.17	Aman			
10	0,00	12,60	0	45,360	21,366	-0.13	+1.17	Aman			
11	0,00	12,60	0	45,360	22,122	-0.07	+1.17	Aman			
12	0,00	12,60	0	45,360	22,734	-0.02	+1.17	Aman			
13	0,00	12,60	0	45,360	23,220	+0.02	+1.17	Aman			
14	0,00	12,60	0	45,360	23,616	+0.05	+1.17	Aman			
15	0,00	12,60	0	45,360	23,958	+0.08	+1.17	Aman			
16	0,00	12,60	0	45,360	24,246	+0.11	+1.17	Aman			

Jam	Out flow Pompa (m <sup>3</sup> /dt)	Komula .Outflow Pompa (m <sup>3</sup> /dt)	Volume Outflow Pompa (m <sup>3</sup> )	Komula Volume Outflow Pompa (m <sup>3</sup> )	Volume Kolam (m <sup>3</sup> )	Elev. Kolam (m)	Elev. full Klm (m)	Ket	Schedule Pompa (m <sup>3</sup> /dt)		
									Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3
17	0,00	12,60	0	45,360	24,480	+0.12	+1.17	Aman			
18	0,00	12,60	0	45,360	24,678	+0.14	+1.17	Aman			
19	0,00	12,60	0	45,360	24,858	+0.16	+1.17	Aman			
20	0,00	12,60	0	45,360	25,020	+0.17	+1.17	Aman			
21	0,00	12,60	0	45,360	25,164	+0.18	+1.17	Aman			
22	0,00	12,60	0	45,360	25,290	+0.19	+1.17	Aman			
23	0,00	12,60	0	45,360	25,398	+0.20	+1.17	Aman			
24	0,00	12,60	0	45,360	25,452	+0.20	+1.17	Aman			
25	0,00	12,60	0	45,360	25,452	+0.20	+1.17	Aman			

Berdasarkan hasil rekapitulasi yang telah dibuat maka dapat digambarkan pula grafik hubungan antara operasi pompa dan elevasi muka air di longstorage madukoro muka air penuh pada longstorage berada di elevasi +1.17 m, dan ketika banjir datang maka di lakukan pompanisasi dengan operasional pompa hidup semua maka elevasi *longstorage* berada di elevasi -0.1 m. Pompa menyala di jam ke 2 sampai jam ke 4 dengan *outflow* pompa sebesar 4,2 m<sup>3</sup>/dt. dapat menurunkan muka air di elevasi -0.77 m



**Gambar 6.** Hubungan operasi pompa dan elevasi muka air *longstorage* Madukoro  
(Hasil Analisis, 2024)

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pemodelan long storage saluran Madukoro pada kondisi eksisting menggunakan EPA-SWMM dapat diketahui bahwa ada beberapa junction dan conduit yang tidak dapat menampung debit banjir dengan kala ulang 5 tahunan terutama di bagian hulu saluran.

Dari hasil perhitungan Kawasan Madukoro membutuhkan kapasitas pompa banjir sebesar 4,2 m<sup>3</sup>/det dengan rincian penambahan 1 unit pompa baru kapasitas 1,5 m<sup>3</sup>/det jenis pompa submersible axial, 1 unit pompa lama di lokasi masih difungsikan dengan kapasitas 1,5 m<sup>3</sup>/det (submersible), dan 2 unit pompa banjir eksisting dengan kapasitas masing-masing 0,6 m<sup>3</sup>/det.

Dimensi saluran long storage yang ada dipertahankan baik tanggul maupun lebar saluran dan hanya memperdalam dasar saluran untuk menambah penampang basah saluran. Bila disimulasi dengan penambahan pompa baru seperti tersebut di atas, maka dimensi saluran menjadi lebar 6,0 meter, tinggi penampang basah 3,0 meter, dan panjang long storage 551 meter. Jika tetap mempertahankan dimensi dan elevasi jagaan saluran maka yang harus

dilakukan adalah mempertahankan pemeliharaan saluran terhadap sampah yang terbawa aliran dan rutin melakukan pengerukan sedimen.

Pemodelan menyarankan untuk menutup pertemuan saluran Semarang Indah dan saluran Madukoro dengan menggunakan pintu air, dengan tujuan agar catchment area tidak bercampur.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Agustina F., Junaedi N. I., Wijaya I. (2022). Analisa Debit Rancangan dan Kapasitas Tampang Drainase serta Mengevaluasi Sistem Saluran Drainase di Jalan KH. Wahid Hasyim Sempaja Kota Samarinda, Rang Teknik Journal (2022),10.31869/rtj.v5i1.2815
- Aji Laksana, A., & Pratiwi, V. (2020). Evaluasi Kapasitas Rumah Pompa Hailai Marina Dalam Menanggulangi Banjir Jakarta Utara, CRANE: Civil Engineering Research Journal Volume 1 Nomor 2 Edisi Oktober 2020. Bandung : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia
- Amrulloh M.Yunarni Widiarti W.Halik G. (2021). Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Jalan Kaliurang Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Jurnal Teknik Pengairan
- Ardana P. D. H. (2023). Evaluasi Kinerja Saluran Drainase pada Kawasan Permukiman Mekar Jaya, Desa Pemogan, Denpasar Selatan, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil,10.24843/jits.2023.v27.i01.p04
- Arifin, M. (2021). Analisis Sistem Drainase Kota Purwokerto Dalam Rangka Mereduksi Genangan, CivETech (2021),10.47200/civotech.v13i1.784.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 2415-2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana.
- Badan Standarisasi Nasional. (2009). SNI 7518:2009 tentang Pompa rotodinamik - Cara uji unjuk kerja hidrolis, kelas 1 dan 2
- Cow, Ven Te, David R, Maidment dan Larry W. May. (1988). "Applied Hydrology," McGraw-Hill: Series in Water Resources and Environmental Engineering
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi dan Pemeliharaan Sistem Pompa, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
- Diyanti Putro H. (2023). Evaluasi Kinerja Drainase Jalan Rawa Indah Kelurahan Pegangsaan Dua Kota Jakarta Utara. Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi.
- Dwi Damayanti,L., Syafarini, H., Darsono, S. & Sugiyanto. (2019). Perencanaan Sistem Drainase Wilayah Tawang Sari Dan Tawang Mas Semarang Barat. Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 2, Tahun 2017, Halaman 194-203.
- Hendrayani, Yani. (2007). Perencanaan Sistem dan Jaringan Drainase DAS Kali Semarang.
- Hossain S., Hewa G.A., Wella-Hewage S. (2019). A comparison of continuous and event-based rainfall-runoff (RR) modelling using EPA-SWMM. Switzerland : Journal Water

- Huda, M.C., (2013). Pengaturan Perizinan Reklamasi Pantai Terhadap Perlindungan Lingkungan Hidup. PERSPEKTIF, Volume XVIII, Edisi Mei
- Ismail, T., Amin, M., & Yanuar Adipradana, A. (2020). Analisis Debit Banjir Saluran Drainase Di Perumahan Semarang Indah Menggunakan Simulasi EPA SWMM. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar: Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan: 2020. E-Issn:2747- 1217.
- Iswantoro M., Salim N., Abadi T. (2022). Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Kawasan Kelurahan Kotakulon Kecamatan Bondowoso Kabupaten Bondowoso, National Multidisciplinary Sciences (2022),10.32528/nms.v1i6.235
- Istiarto, (2014), Analisis Frekuensi Data Hidrologi (AProb\_4.1), [https://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2014/12/analisis-frekuensi-data-hidrologi-aprob\\_4-1/](https://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2014/12/analisis-frekuensi-data-hidrologi-aprob_4-1/)
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2022). Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 14 Tahun 2022 tentang Penyediaan Dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 12/PRT/M/2014 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.
- Kodoatie, Robert, J. (2013). Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota. Yogyakarta : ANDI Offset.
- Laksana A. A.Pratiwi V. (2020). Evaluasi Kapasitas Rumah Pompa Hailai Marina Dalam Menanggulangi Banjir Jakarta Utara. CRANE: Civil Engineering Research Journal
- Nafiah A., Hidayah E., Wahyono R. U. (2021). Pemanenan Air Hujan Sebagai Upaya Pengurangan Limpasan Permukaan Pada Kawasan Perkotaan, Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI ke-38
- Nugroho, S.H. (2013), Prediksi Luas Genangan Pasang Surut (Rob) Berdasarkan Analisis Data Spasial di Kota Semarang, Indonesia, Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi. Volume 4 No. 1 Hal 71- 87 Tahun 2013 Edisi April.
- Pemerintah Kota Semarang.(2014). Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 7 Tahun 2014 Tentang Rencana Induk Sistem Drainase 2011-2031.
- Pemerintah Kota Semarang.(2010). Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 6 Tahun 2010 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kota Semarang Tahun 2005 – 2025.
- Saputra C. T., Andawayanti U., Ismoyo M. J. (2022). Studi Jaringan Drainase Perkotaan Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur, Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air (2022),10.21776/ub.jtresda.2022.002.01.26
- Soemarto,CD. (1987). Hidrologi Teknik . Edisi Ke-2, Jakarta : Penerbit Erlangga
- Soewarno, (1995). Aplikasi Statistik untuk Analisis Data Hidrologi. Jilid I, Bandung: Penerbit NOVA.
- Sosrodarsono, Suyono. Kensaku Takeda. (1989). Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Subarkah, Imam. (1980). Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air. Bandung : Penerbit Idea Dharma
- Sularso, Tahara H. (2000). Pompa dan Kompresor. Jakarta : Penerbit PT. Pradnya Paramita

- Sultonulazkar, A., Andawayanti, U., & Sumiadi. (2022). Analisis Sistem Drainase Jalan Raya Porong Berbasis Zero Run-Off di Kabupaten Sidoarjo, *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* Vol2.No.2 p.40-52. Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
- Suripin, (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta : ANDI Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army Corps of Engineering, Department of The Army. (2013). Hydrographic Surveying. Wasington : EM1110-2-1003
- Wicaksono, B., Juwono, P., T. Sisinggih, D. (2018). Analisa Kinerja Sistem Drainase Terhadap Penanggulangan Banjir Dan Genangan Berbasis Konservasi Air Di Kecamatan Bojonegoro Kabupaten Bojonegoro, *Jurnal Teknik Pengairan*,10.21776/ub.pengairan.2018.009.02.1.
- Wilson, E.M. (1993). Hidrologi Teknik, alih bahasa: Asnawi Marjuki. Bandung: Isntitut Teknologi Bandung (ITB).
- Wismarini, Th. Dwiati & Handayani Untari Ningsih, Dewi. (2010). Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam Membantu Pengambilan Keputusan bagi Penanganan Banjir, *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK* Volume XV, No.1, Januari 2010 : 41-51
- Zebua D., Prayoga P., Foera Era Waruwu P. C. (2023). Evaluasi dan Desain Pengembangan Infrastruktur Pengaliran Drainase Di Wilayah Ngagel Tirto Kota Surabaya, *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan* (2023),10.59900/ptrkjj.v3i1.134