

ANALISIS KAPASITAS KOLAM POLDER UNTUK PENANGGULANGAN BANJIR DI WILAYAH SURABAYA BARAT

Martha Dika Isyahputri¹, Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi^{2,*} dan Dinia Anggraheni³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

^{2,3}Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Available online

Keywords:

Flood, Tidal Waves, HEC-HMS, Polder System, Flood Control.

Corresponding Author:

Universitas Islam Indonesia
wulan.pratiwi@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 3403,887 m², and the required pump capacity is 35 m³/s as many as 7 units with a capacity of 5m³/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.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

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 km² (Kementerian Dalam Negeri, 2019), dan mengalami peningkatan setiap tahun.

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 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.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ingin dijawab pada penelitian ini adalah berapa debit *inflow* yang perlu ditampung untuk desain kolam retensi guna mitigasi banjir di Surabaya Barat, kapasitas kolam retensi, dan sistem operasi pompa yang efektif agar dapat mengalirkan air dari kolam ke sungai.

Tinjauan Pustaka

Asril Zevri (2017) menganalisis volume tampungan kolam retensi DAS Deli sebagai salah satu upaya pengendalian banjir di Kota Medan. 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 m³/det sedangkan debit kapasitas penampang sungai sebesar 160 m³/det, sehingga didapatkan debit kolam retensi sebesar 388,66 m³/det dengan lama waktu puncak banjir ke waktu normal terjadi dalam jangka waktu 6,13 jam. Potensi volume tampungan kolam sebesar 8,600,000 m³. Maka dimensi rencana kolam membutuhkan luas lahan 215 Ha dengan kedalaman rerata 4 meter.

Rizka Arbaninrum (2018) melakukan permodelan pola operasi sistem pompa pada desain polder yang merupakan salah satu upaya mengatasi 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 m³/s. Luas kolam adalah 210 hektar dengan kedalaman 3,7 m. Kapasitas pompa yang diperlukan adalah sebesar 15 m³/s, yang terdiri dari 2 unit pompa berkapasitas 2,5 m³/s dan 2 unit pompa berkapasitas 5 m³/s.

Febrinasti Alia, dkk (2020) menganalisis kapasitas kolam retensi dilakukan dengan tujuan sebagai salah satu upaya pengendalian banjir di DAS Buah Kota Palembang. 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 sub-DAS lainnya yaitu sebesar 15,71 m³ /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.

Landasan Teori

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)*.

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

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.

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. Pada penelitian ini, digunakan *reciprocal method* untuk pengisian data curah hujan yang hilang.

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*.

Curah Hujan Rencana

Terdapat tiga metode yang umum digunakan untuk analisis hujan kawasan tersebut adalah Metode Thiessen, Metode Aritmatika Aljabar, dan Metode Isohyet. Pada penelitian ini dipilih metode Poligon Thiessen.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan teori probabilitas distribusi Normal, distribusi Log Normal, distribusi Gumbel tipe I, dan distribusi Log Pearson type III.

Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan persamaan Mononobe dan untuk menurunkan kurva IDF apabila yang tersedia data hujan harian.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (1)$$

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

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 Δt 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 $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, \dots n \Delta t$. Kedalaman hujan didapatkan menggunakan persamaan 2.

$$\Delta x = I \cdot t \quad (2)$$

dengan Δx = kedalaman hujan (mm), I = intensitas hujan (mm/jam), t = durasi waktu (jam).

Digital Elevation Model Nasional (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 EGM2008.

Analisis Debit Rencana

Snyder (1938) mendapatkan dan mengembangkan hidrograf satuan DAS di Amerika Serikat yang berukuran 30 sampai 30.000 km² dengan menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS akibat hujan 1 cm.

$$tp = Ct (L Lc)^{0,3} \quad (3)$$

$$Qp = Cp \cdot \frac{A}{tp} \quad (4)$$

$$td = \frac{tp}{5,5} \tag{5}$$

Apabila durasi hujan efektif tidak sama dengan durasi standar td, maka:

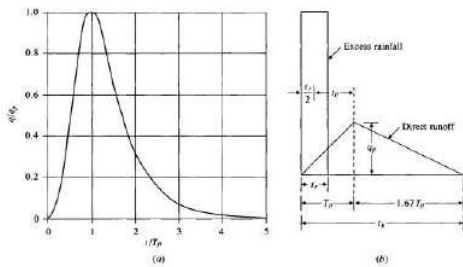
$$t_{pR} = tp + 0,25 (t_t - td) \tag{6}$$

$$Q_{pR} = \frac{Q_p \cdot tp}{t_{pR}} \tag{7}$$

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Soil Conservation Service (SCS)* adalah hidrograf satuan tak bedimensi, di mana debit dinyatakan sebagai nisbah debit (q) terhadap debit puncak (qp) dan waktu sebagai nisbah waktu (t) terhadap waktu puncak (Tp). HSS SCS diuraikan dalam persamaan berikut.

$$q_p = 0,208 \frac{A}{T_p} \tag{8}$$

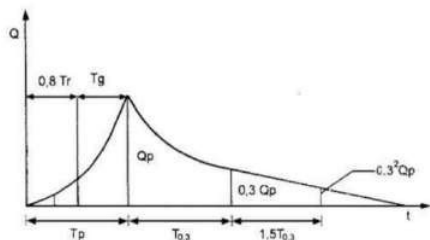
$$T_p = \frac{tr}{2} + tp \tag{9}$$



Gambar 1 Nilai qp dan Tp Menggunakan Metode HSS SCS

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

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{C.A.Re}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right) \tag{10}$$



Gambar 2 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara, yang asalnya dari Indonesia, ditemukan oleh

Lily Montarcih Limantara pada tahun 2006. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara dapat diterapkan pada DAS yang memiliki spesifikasi karakteristik sesuai Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Teknik HSS Limantara

Uraian	Notasi	Satuan	Kisaran
Luas DAS	A	km ²	0,325 – 1667,5
Panjang sungai utama	L	km	1,16 – 62,48
Jarak titik berat DAS ke outlet	L _c	km	0,5 – 29,386
Kemiringan sungai utama	S	-	0,0004 – 0,147
Koefisien kekasaran DAS	N	-	0,035 – 0,7
Bobot luas hutan	Af	%	0,00 - 100

Hydrologic 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. 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.

Tabel 2 Elemen Hidrologi

	Subbasins	berisi data tentang subbasins seperti kehilangan/losses, transform model
	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.
	Reservoirs	sebagai tampungan dan melepaskan aliran sesuai laju yang telah ditentukan
	Diversions	digunakan untuk memodelkan alian dari sungai utama berdasarkan rating curve yang ada
	Sources	mempunyai outflow tetapi tidak ada inflow
	Sinks	mempunyai inflow tetapi tidak ada outflow

Kolam Retensi dan Pompa

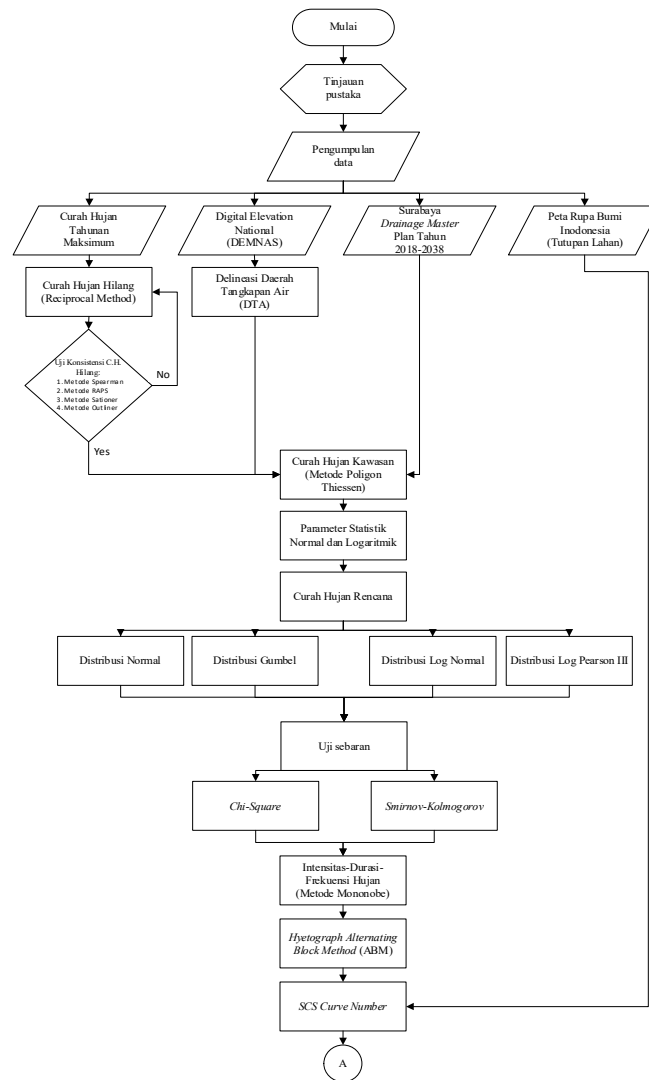
Kolam retensi adalah kolam/waduk penampungan dan meresapkan air hujan dan air ketika mencapai debit maksimum dalam jangka waktu tertentu. Aliran debit yang masuk ke dalam kolam digunakan untuk merencanakan volume total tampungan kolam, yang disesuaikan dengan hidrograf banjir (*inflow*) dan hidrograf yang terbentuk akibat pompa (*outflow*).

Pompa pada kolam retensi berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam

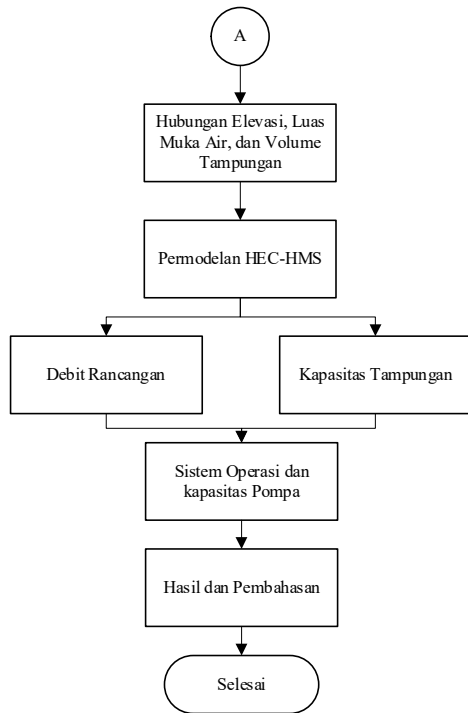
penampung banjir maupun langsung dari saluran drainase pada saat air tidak dapat mengalir secara gravitasi karena air di muaranya lebih tinggi baik akibat pasang surut maupun banjir (Suripin, 2004).

Metodologi Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian dijelaskan secara singkat menggunakan bagan alir. Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

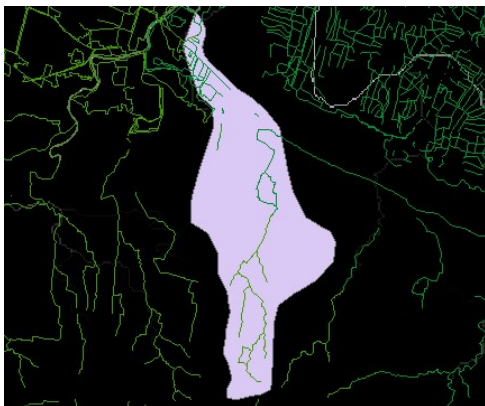


Gambar 4 Bagan Alir Penelitian (lanjutan)

Analisis Dan Pembahasan

Delineasi Daerah Tangkapan Air (DTA)

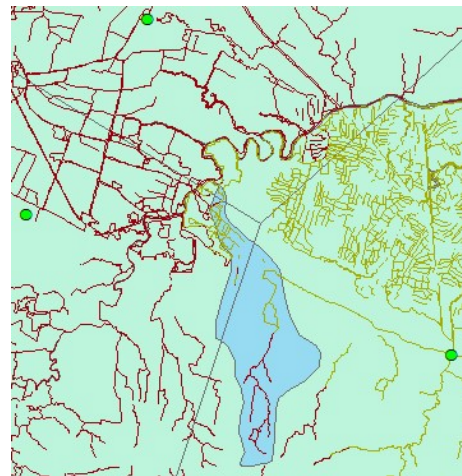
Penetapan DTA pada daerah yang terlayani dilakukan berdasar pada data DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI). Delineasi batas DTA ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program Arc-GIS. Luas DTA sungai Sumberejo didapatkan sebesar 8,856 km² dan panjang sungai 9,465 km.



Gambar 4 DTA Sungai Sumberejo

Analisis Curah Hujan Kawasan

Perhitungan curah hujan maksimum kawasan menggunakan metode Thiessen dari stasiun hujan yang digunakan berjumlah tiga buah, yaitu Stasiun Kandangan, Stasiun Bunder, dan Stasiun Cerme.



Gambar 5 Peta Poligon Thiessen

Tabel 3 Pengaruh Luasan Stasiun hujan

No	Nama Stasiun Hujan	Luas (Km ²)	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

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. Berdasarkan syarat pemilihan jenis distribusi menggunakan parameter statistic, diperoleh bahwa distribusi yang paling cocok digunakan adalah Log Pearson III. Hasil perhitungan hujan rencana untuk periode ulang T dapat dilihat pada Tabel 4.

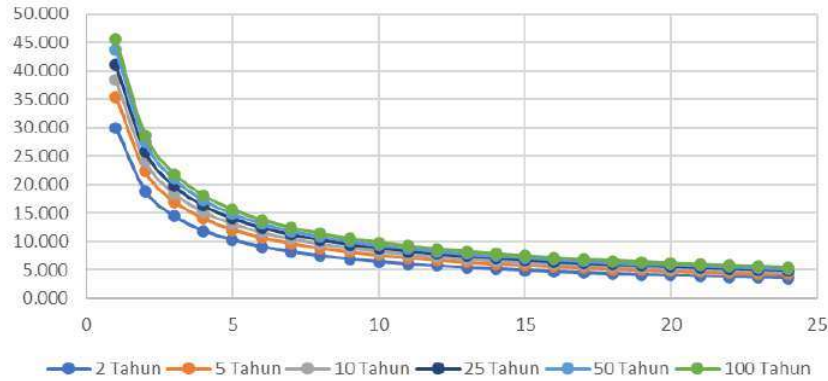
Tabel 4 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

No	T	kT	yT	$X_i = \text{arc log } yT$
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

Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung menggunakan metode Mononobe untuk menurunkan kurva

IDF. Hasil perhitungan intensitas hujan membentuk grafik seperti pada Gambar 5.



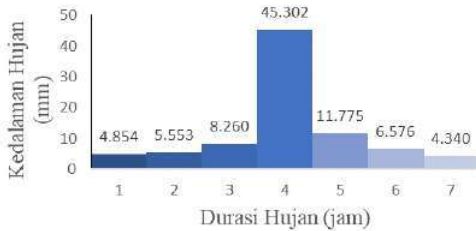
Gambar 6 Kurva Intensitas Curah Hujan

Hyetograph Hujan Rancangan

Perhitungan intensitas hujan rencana menggunakan *Alternating Block Method* (ABM). Metode ini digunakan untuk membuat hyetograph rencana secara sederhana dari kurva IDF. Hasil perhitungan kedalaman hujan pada periode 1-25 tahun dalam bentuk histogram dapat dilihat pada Gambar 6 hingga Gambar 12.



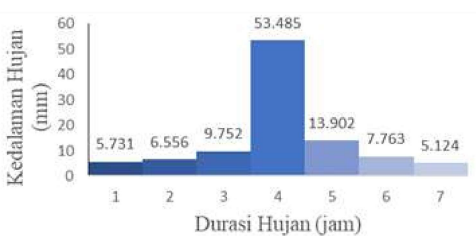
Gambar 9 Hujan Kala Ulang 10 Tahun



Gambar 7 Hujan Kala Ulang 2 Tahun



Gambar 10 Hujan Kala Ulang 20 Tahun



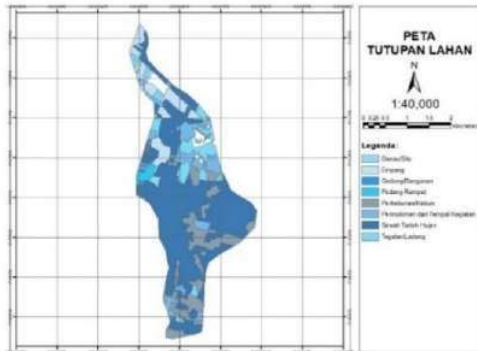
Gambar 8 Hujan Kala Ulang 5 Tahun



Gambar 11 Hujan Kala Ulang 25 Tahun

SCS Curve Number

Pada penelitian ini pengelompokan tata guna lahan menggunakan bantuan *software* Arc-GIS 10.8. Hasil pengelompokan tata guna lahan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 121 Peta Tata Guna Lahan DTA Sumberrejo

Perhitungan nilai *curve number* didapatkan dengan cara luasan dikali dengan koefisien tata guna lahan. Rekapitulasi hasil

perhitungan nilai *curve number* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Nilai CN

No	Penutup Lahan	Luas, A (Km ²)	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	

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 perhitunagn hubungan elevasi, luas, dan volume dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pola Operasional dan Kapasitas Pompa

Elevasi	Kolam Kecil			Bozem			Gabungan	
	Luas Genangan	Volume Waduk	Kumulatif Volume Genangan	Luas Genangan	Volume Waduk	Kumulatif Volume Genangan	Luas Gabungan	Volume Gabungan
MAW	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m ³)
-1,78	0	0	0	0	0	0	0	0
-1,6	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
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

Analisis Banjir Rancangan

Hidrograf Satuan

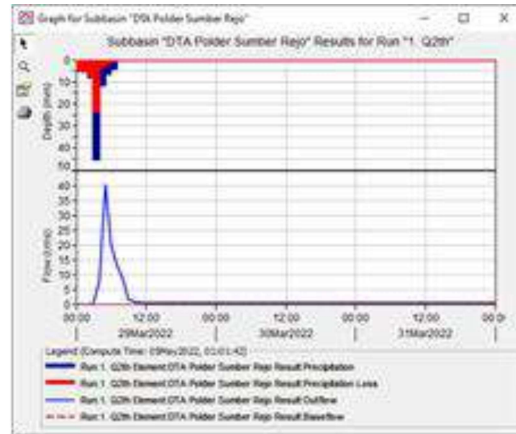
Debit banjir rancangan diperoleh melalui HEC-HMS dengan input unit hidrograf. Empat unit hidrograf yang dibandingkan yaitu HS Nakayasu, HS Limantara, HS Snyder, dan HS SCS.

Berdasarkan perbandingan ketiga hidrograf, hidrograf satuan Nakayasu menghasilkan debit tertinggi yaitu dengan debit puncak sebesar 0,64 m³/s. Sehingga selanjutnya digunakan dalam permodelan HEC-HMS.

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 kala ulang didapatkan dengan memasukkan unit

hidrograf ke software HEC-HMS. Berikut adalah hasil permodelan HEC-HMS dengan HSS Nakayasu.



Gambar 16 Grafik Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

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

Project: HMS-NAK-Martha Simulation Run: 1. Q2th
Subbasin: DTA Polder Sumber Rejo

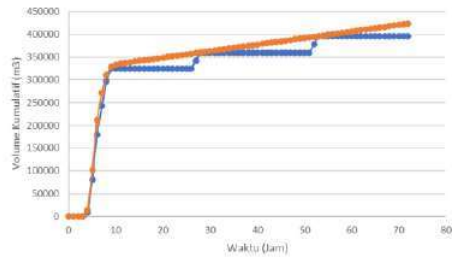
Start of Run: 29Mar2022, 00:00 Basin Model: DTA Polder Sumber Rejo
End of Run: 01Apr2022, 00:00 Meteorologic Model: 1. Met 2th
Compute Time: 20Jun2022, 23:19:50 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
29Mar2022	00:00				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	11.77	3.41	8.36	-40.5	0.0	-40.5
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

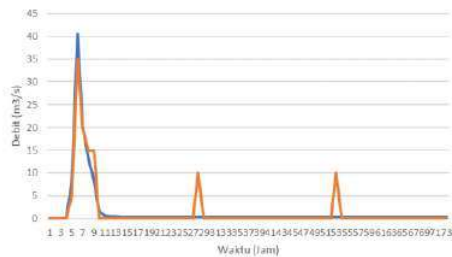
Gambar 7 Time-Series data HSS Nakayasu

Pompa

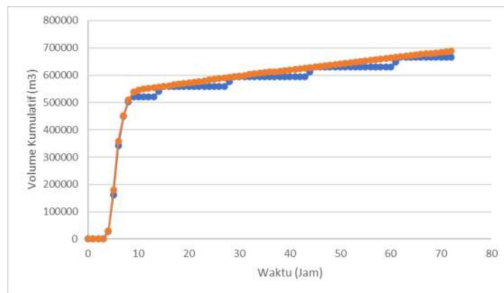
Kapasitas dan pola operasional pompa dihitung menggunakan debit banjir kala ulang 2 tahun 10 tahun, dan 25 tahun. Berikut grafil hasil perhitungsn kapasitas dan pola operasi pompa untuk masing-masing kala ulang.



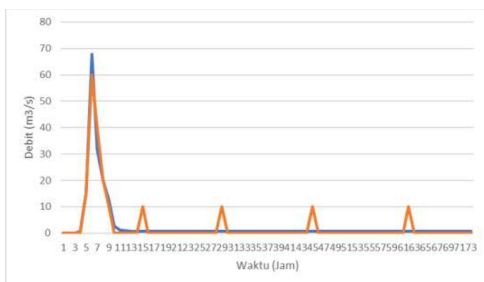
Gambar 13 Grafik Hubungan antara inflow dan outflow (Q_2)



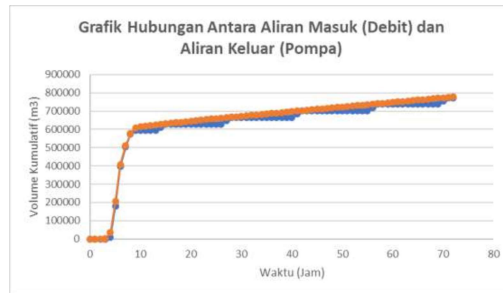
Gambar 14 Pola Operasi Pompa (Q_2)



Gambar 15 Grafik Hubungan antara inflow dan outflow (Q_{10})



Gambar 16 Pola Operasi Pompa (Q_{10})



Gambar 17 Grafik Hubungan antara Grafik Hubungan antara inflow dan outflow (Q_{25})



Gambar 18 Pola Operasi Pompa (Q_{25})

Penentuan pola sistem operasional pompa menggunakan debit banjir kala ulang Q_2 tahun dengan kapasitas pompa yang digunakan adalah $5 \text{ m}^3/\text{s}$. 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.

Kesimpulan dan Saran

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 $40,5 \text{ m}^3/\text{s}$ kala ulang 2 tahun dengan menggunakan HSS Nakayasu.

2. Kapasitas tampungan maksimum kolam retensi sebesar 51470,185 m³. Luas kolam adalah 17621,5 m². Kapasitas pompa yang diperlukan adalah sebesar 30 m³/s, yang terdiri dari 6 unit pompa berkapasitas 5 m³/s.
3. Pola operasional pompa dengan kala ulang Q² 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.

Saran

Perlu dilakukan pengkajian ulang dengan mempertimbangkan sedimentasi yang ada di Sungai Sumberrejo dan melakukan redesain kapasitas kolam beserta kapasitas pompa yang sesuai.

Diperlukan adanya sistem operasi yang terkoordinasi secara baik dan pemeliharaan dalam mengatasi genangan banjir dan rob di Wilayah Surabaya Barat.

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat digunakan sebagai referensi atau alternatif dalam pengendalian banjir di wilayah serupa.

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 Analisis And Design. New Jersey: Pearson Education.
- Prof. Dr. Ir. Lily Montarich 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.
- Soediby, 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)