

## Penerapan Multi *Boezem* Dalam Upaya Pengendalian Banjir di Kawasan Industri JIPE Kabupaten Gresik

Irfan Adiputra Setiawan<sup>1,\*</sup>, S. Kamilia Aziz<sup>1</sup>, Muhammad Hafiizh Imaaduddin<sup>1</sup>, Widya Utama<sup>2</sup>

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>1</sup>, Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya<sup>2</sup>

Koresponden\*, Email: [irfanadiputras49@gmail.com](mailto:irfanadiputras49@gmail.com)

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	06 Maret 2025	<i>The conversion of land use in the JIPE industrial area covering 1607 hectares has led to increased runoff coefficients and flood discharge. For this reason, flood control infrastructure is required, specifically the construction of boezem in zones 1, 2, and 3. The flood discharge calculations for the river use the HSS Nakayasu method (<math>Q_{25}</math>). For regional flood discharge use the Rational method (<math>Q_{25}</math>). In planning the dimensions and operational patterns of the boezem, it is based on inflow volume, land availability, and water levels of the Mireng River and Lamong Bay. The analysis results show that the storage volume for zone 1 is 120,229.96 m<sup>3</sup>, for zone 2 is 606,145.29 m<sup>3</sup>, and for zone 3 is 314,613.06 m<sup>3</sup>. The pump capacity of zone 1 is 3 m<sup>3</sup>/sec, zone 2 is 10 m<sup>3</sup>/sec, and zone 3 is 5 m<sup>3</sup>/sec.</i>
Diperbaiki	10 Maret 2025	
Disetujui	22 April 2025	

Keywords: conversion of land use, flood discharge, boezem, operational patterns

### Abstrak

Alih fungsi lahan pada kawasan industri JIPE seluas 1.607 Ha menyebabkan meningkatnya koefisien limpasan dan debit banjir. Untuk itu, diperlukan infrastruktur pengendalian banjir yaitu dengan membangun *boezem* pada zona 1, zona 2, dan zona 3. Perhitungan debit banjir sungai digunakan HSS Nakayasu ( $Q_{25}$ ). Untuk debit banjir kawasan menggunakan metode Rasional ( $Q_{25}$ ). Dalam merencanakan dimensi serta pola operasi *boezem* didasarkan pada *volume inflow*, ketersediaan lahan, muka air Sungai Mireng dan Teluk Lamong. Hasil analisis didapatkan volume tampungan zona 1 sebesar 120.229,96 m<sup>3</sup>, zona 2 sebesar 606.145,29 m<sup>3</sup>, dan zona 3 sebesar 314.613,06 m<sup>3</sup>. Kapasitas pompa zona 1 sebesar 3 m<sup>3</sup>/detik, zona 2 sebesar 10 m<sup>3</sup>/detik, dan zona 3 sebesar 5 m<sup>3</sup>/detik.

Kata kunci: alih fungsi lahan, debit banjir, boezem, pola operasi

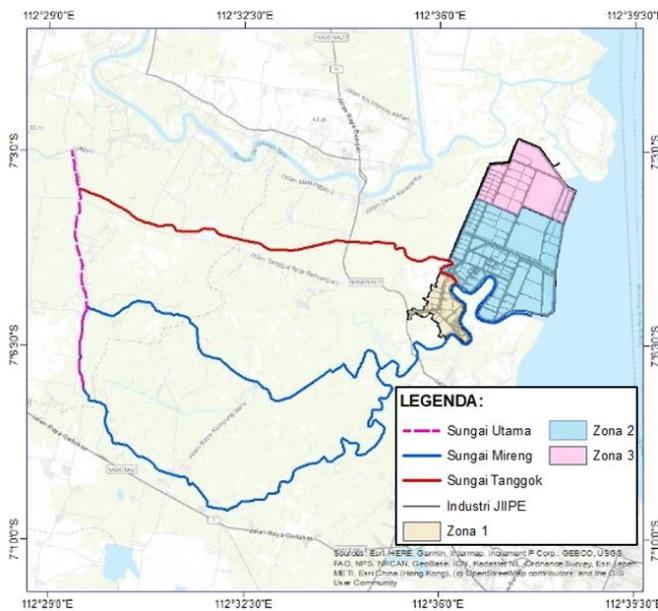
### 1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk akan seiring dengan peningkatan pemenuhan kebutuhan, seperti permukiman, industri, dan fasilitas umum lainnya. Dalam penerapannya akan menyebabkan perubahan alih fungsi lahan, terutama pada wilayah yang sedang berkembang [1]. Alih fungsi lahan terbesar terjadi di Pulau Jawa, yaitu sebesar 54%. Perubahan tutupan lahan yang dominan yaitu menjadi lahan permukiman sebesar 69% dan lahan kawasan industri sebesar 20% [2]. Pesatnya alih fungsi lahan akan berimplikasi terhadap tinjauan hidrologi suatu daerah. Alih fungsi lahan akan menyebabkan berkurangnya resapan air ke tanah (infiltrasi) dan meningkatkan aliran permukaan (*runoff*) pada sebuah kawasan. Sehingga, nilai koefisien limpasan akan semakin besar.

Kawasan industri Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) berlokasi di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Sebelumnya, kawasan industri ini memiliki tutupan lahan berupa tambak.

Secara administratif, kawasan industri JIPE pada sisi selatan berbatasan dengan Sungai Mireng dan pada sisi timur berbatasan dengan Teluk Lamong. Dengan luas keseluruhan

lahan kawasan industri JIPE mencapai sekitar 1607 Ha dan telah mengalami perubahan alih fungsi lahan maka akan berimplikasi terhadap tinjauan hidrologi. Dimana nilai debit puncak banjir dan besarnya volume limpasan air yang perlu dikendalikan memiliki nilai yang relatif besar. Untuk itu, dalam mengendalikan banjir pada kawasan industri JIPE akan direncanakan dengan membangun infrastruktur *boezem* pada zona 1, zona 2, dan zona 3. Sementara pada hilir kawasan, Sungai Mireng akan menerima aliran air dari Daerah Aliran Sungai (DAS) yang dilayani. Pada ujung hilir aliran Sungai Mireng akan bermuara pada Teluk Lamong, yang dipengaruhi oleh pasang dan surut. Sehingga, elevasi muka air Sungai Mireng dapat dipengaruhi akibat muka air banjir periode ulang tertentu dan muka air pasang pada Teluk Lamong. Untuk itu, diperlukan perencanaan pola operasi pintu air dan pompa air pada *boezem* akibat adanya potensi aliran balik (*backwater*). Sehingga, dengan perencanaan pola operasi yang tepat diharapkan mampu mengamankan kawasan dari terjadinya banjir. Untuk melihat pembangunan kawasan industri JIPE dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Kawasan Industri IIPE

Berdasarkan penelitian oleh Imaaduddin, dkk pengendalian debit banjir pada saluran persil di Kota Surabaya akibat perubahan alih fungsi lahan dapat dilakukan dengan membangun kolam tampung (*boezem*) [3]. Pada saluran dengan kondisi kemiringan dasar saluran yang landai mengakibatkan kecepatan aliran menjadi lambat dan menyebabkan kenaikan elevasi muka air pada saat banjir. Kondisi ini diperburuk dengan hilir saluran yang dipengaruhi oleh pasang dan surut. Dalam mengatasi permasalahan ini pernah dilakukan dengan membangun infrastruktur kolam tampung (*boezem*) dan pompa air. Penyelesaian ini dilakukan pada penelitian Aziz di Saluran Wonorejo, Kota Surabaya [4].

Untuk itu, dalam mengendalikan banjir di kawasan industri IIPE yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan dapat dipertimbangkan dengan membangun *boezem* dan pompa air. Dikarenakan pada kawasan ini juga merupakan daerah yang relatif landai dan bermuara pada Teluk Lamong yang terpengaruh oleh pasang dan surut.

**2. Metode**

Untuk menganalisis Daerah Aliran Sungai (DAS) meliputi luas DAS dan tutupan lahan digunakan program bantu *ArcGIS*. Dengan melakukan *overlay* koordinat stasiun hujan pada peta DAS dapat diketahui stasiun hujan yang berpengaruh dan dapat dilakukan perhitungan curah hujan rerata menggunakan metode Polygon Thiessen. Perhitungan dilakukan dengan data curah hujan sepanjang 14 tahun pengamatan (2010 – 2023). Untuk analisis distribusi periode ulang akan digunakan distribusi Normal, Gumbel, dan Log

Pearson III. Selanjutnya, debit banjir Sungai dapat diperhitungkan menggunakan metode HSS Nakayasu. Untuk mengetahui muka air banjir pada Sungai digunakan program bantu *HEC – RAS* dengan simulasi aliran tak tetap (*unsteady flow*) dengan kondisi batas hilir (*boundary*) berupa pasang Teluk Lamong.

Analisis kawasan industri IIPE akan digunakan pos hujan sembayat dengan data curah hujan sepanjang 14 tahun pengamatan (2010 – 2023). Untuk analisis distribusi periode ulang akan digunakan distribusi Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Perhitungan debit banjir rencana akan digunakan metode Rasional ( $Q_{25}$ ) dengan intensitas hujan metode Mononobe ( $I_{25}$ ). Dari hidrograf Rasional didapatkan volume limpasan yang perlu dikendalikan (*inflow*). Untuk perencanaan pola operasi pada *boezem* dengan metode *reservoir routing* dilakukan dengan mempertimbangkan muka air banjir Sungai Mireng & Teluk Lamong. Sehingga, dapat diketahui mengenai kapasitas pompa, debit aliran pintu air, waktu operasi pompa, dan waktu operasi pintu air.

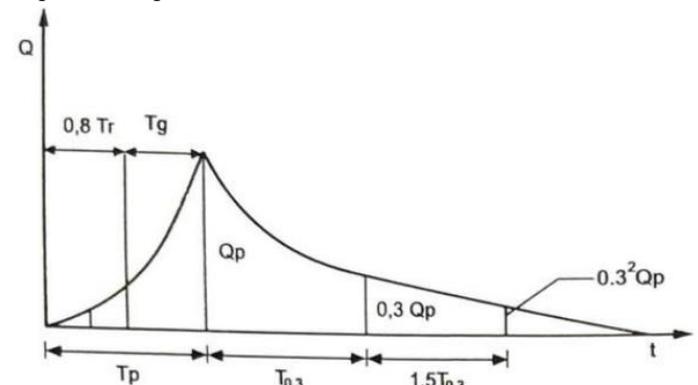
**2.1 Polygon Thiessen**

Metode Polygon Thiessen mengakomodasi ketidakmerataan jarak stasiun hujan. Sehingga, metode ini lebih sering digunakan karena lebih akurat, terutama pada luasan *catchment area* yang besar. Persamaan metode Polygon Thiessen dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$P = \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_2 + \dots + P_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \tag{1}$$

**2.2 Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu**

Metode Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Negara Jepang. Hidrograf ini dibagi menjadi 4 segmen yaitu lengkung naik, lengkung turun 1, lengkung turun 2, dan lengkung turun 3. Ilustrasi model HSS Nakayasu dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Model Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Perhitungan debit puncak Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) metode Nakayasu dengan curah hujan unit (1 mm) dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left( \frac{A Re}{0,3T_p + T_{0,3}} \right) \quad (2)$$

2.3 Waktu Konsentrasi ( $t_c$ )

Waktu konsentrasi ( $t_c$ ) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh titik air untuk mengalir dari tempat yang terjauh di daerah alirannya ke suatu titik yang ditinjau. Waktu konsentrasi terdiri dari waktu pengaliran di atas lahan ( $t_o$ ) dan pengaliran di saluran ( $t_f$ ). Untuk persamaan waktu aliran di lahan ( $t_o$ ) metode Kerby dapat dilihat pada Persamaan (3) dan waktu aliran di saluran ( $t_f$ ) dapat dilihat pada Persamaan (4).

$$t_o = 1,44 x \left( nd x \frac{L_o}{\sqrt{S}} \right)^{0,467} \quad (3)$$

$$t_f = \frac{L}{v} \quad (4)$$

2.4 Intensitas Hujan (I)

Dalam memperhitungkan intensitas hujan digunakan metode Mononobe. Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya. Semakin kecil nilai intensitas hujan maka waktu yang diperlukan semakin lama dan sebaliknya semakin besar nilai intensitas hujan maka waktu yang diperlukan akan semakin cepat [5]. Untuk perhitungan intensitas hujan metode Mononobe dapat dilihat pada Persamaan (5).

$$I = \frac{R_t}{24} x \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (5)$$

2.5 Debit Banjir Metode Rasional

Metode rasional merupakan metode yang umum digunakan untuk memperkirakan debit banjir puncak. Metode ini dapat digunakan pada daerah pengaliran yang luasannya kurang dari 5.000 Ha [6]. Asumsi perhitungan metode ini yaitu intensitas hujan (I) seragam dan terjadi merata di seluruh daerah alirannya selama paling sedikit sama dengan waktu konsentrasi ( $t_c$ ). Dimana waktu konsentrasi ( $t_c$ ) adalah sama dengan waktu puncak ( $t_p$ ) [7]. Untuk perhitungan debit banjir metode rasional dapat dilihat pada Persamaan (6).

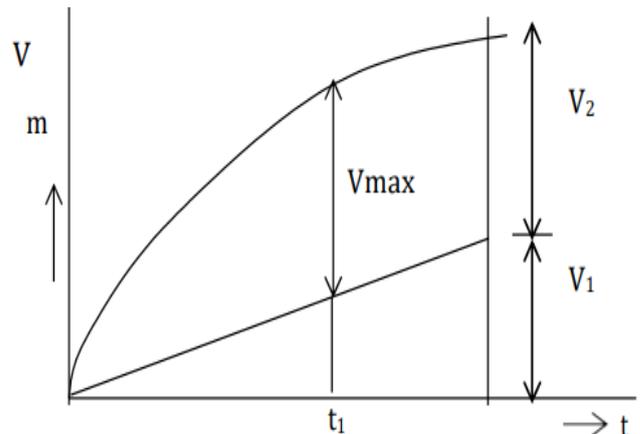
$$Q = 0,278 x C x I x A \quad (6)$$

2.6 Penelusuran Aliran (*Reservoir Routing*)

Untuk perhitungan reservoir routing pada tampungan (boezem) dapat dilihat pada Persamaan (7).

$$\frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{S_1 + S_2}{\Delta t} \quad (7)$$

Routing pada tampungan (boezem) adalah hubungan antara volume inflow dan outflow terhadap waktu. Untuk melihat ilustrasi *routing* pada boezem menggunakan pompa air dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Routing Tampungan Menggunakan Pompa Air

2.7 Penentuan Periode Ulang

Menurut Peraturan Pemerintah Pekerjaan Umum No 12/PRT/M/2014 penentuan periode ulang didasarkan oleh tipologi kota dan luas *catchment area* [8]. Untuk melihat penentuan periode ulang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Penentuan Periode Ulang

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	< 10	10- 100	101- 500	> 500
Metropolitan	2	2 - 5	5 - 10	10 - 25
Kota Besar	2	2 - 5	2 - 5	5 - 20
Kota Sedang	2	2 - 5	2 - 5	5 - 10
Kota Kecil	2	2	2	2 - 5

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Polygon Thiessen

Untuk melihat hasil Polygon Thiessen DAS Mireng dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Berdasarkan **Gambar 4** DAS Mireng dipengaruhi oleh Sta. Kuro, Sta. Sembayat, Sta. Suci, Sta. Bunder, Sta. Duduk Sampeyan, dan Sta. Lamongan. Selanjutnya setelah diketahui bobot masing – masing stasiun hujan dapat diperhitungkan curah hujan periode ulang pada sub-bab 3.3.

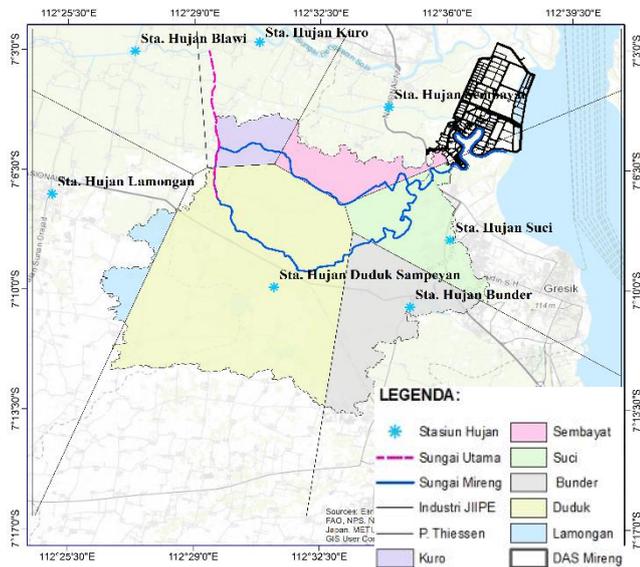
Untuk melihat bobot stasiun hujan pada DAS Mireng dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Berdasarkan **Tabel 2** stasiun hujan yang paling berpengaruh pada DAS Mireng adalah stasiun hujan Duduk Sampeyan dengan bobot 0,547.

Untuk melihat hasil Polygon Thiessen DAS Tanggok dapat dilihat pada **Gambar 5**.

**Tabel 2.** Bobot Stasiun Hujan DAS Mireng

Sta. Hujan	Luas DAS	Luas DAS Total	Bobot Sta. Hujan
	Km <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	
Duduk Sampeyan	104,867		0,547
Bunder	31,751		0,165
Suci	24,976	191,871	0,130
Sembayat	14,285		0,075
Kuro	9,107		0,047
Lamongan	6,885		0,036
<b>Jumlah Bobot</b>			<b>1,000</b>



**Gambar 4.** Polygon Thiessen DAS Mireng



**Gambar 5.** Polygon Thiessen DAS Tanggok

Berdasarkan **Gambar 5** DAS Tanggok dipengaruhi oleh Sta. Blawi, Sta. Kuro, dan Sta. Sembayat. Selanjutnya setelah diketahui bobot masing – masing stasiun hujan dapat diperhitungkan curah hujan periode ulang pada sub-bab 3.3.

Untuk melihat bobot stasiun hujan pada DAS Tanggok dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Bobot Stasiun Hujan DAS Tanggok

Sta. Hujan	Luas DAS	Luas DAS Total	Bobot Sta. Hujan
	Km <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>	
Sembaya t	27,614		0,584
Kuro	18,088	47,329	0,382
Blawi	1,627		0,034
<b>Jumlah Bobot</b>			<b>1,000</b>

Berdasarkan **Tabel 3** stasiun hujan yang paling berpengaruh pada DAS Tanggok adalah stasiun hujan Sembayat dengan bobot 0,584.

3.2 Parameter Dasar Statistik

Untuk melihat perhitungan parameter dasar statistik untuk pemilihan distribusi yang digunakan pada DAS Mireng dan DAS Tanggok dapat dilihat pada **Tabel 4 dan 5**.

**Tabel 4.** Parameter Dasar Statistik DAS Mireng

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0Ck \approx 3$	$Cs = 0,865$ $Ck = 3,771$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs \approx 1,13Ck \approx 5,40$	$Cs = 0,865$ $Ck = 3,771$	Tidak Memenuhi
Log Pearson Tipe III	Tidak mempunyai sifat khas	$Cs = 0,583$ $Ck = 3,050$	<b>Memenuhi</b>

**Tabel 5.** Parameter Dasar Statistik DAS Mireng

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0Ck \approx 3$	$Cs = -0,229$ $Ck = 3,077$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$Cs \approx 1,13Ck \approx 5,40$	$Cs = -0,229$ $Ck = 3,077$	Tidak Memenuhi
Log Pearson Tipe III	Tidak mempunyai sifat khas	$Cs = -0,509$ $Ck = 3,418$	<b>Memenuhi</b>

Untuk melihat perhitungan parameter dasar statistik pada kawasan industri JIPE dapat dilihat pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Parameter Dasar Statistik Kawasan Industri JIPE

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = -0,443$ $C_k = 3,356$	Tidak Memenuhi
Gumbel	$C_s \approx 1,13$ $C_k \approx 5,40$	$C_s = -0,443$ $C_k = 3,356$	Tidak Memenuhi
Log Pearson Tipe III	Tidak mempunyai sifat khas	$C_s = -0,748$ $C_k = 3,319$	Memenuhi

Berdasarkan **Tabel 4,5, dan 6** maka untuk DAS Mireng, DAS Tanggok, dan kawasan industri JIPE akan digunakan distribusi Log Pearson Tipe III dikarenakan telah memenuhi persyaratan parameter statistik.

3.3 Curah Hujan Periode Ulang

Untuk melihat curah hujan periode ulang DAS Mireng, DAS Tanggok, dan kawasan industri JIPE menggunakan distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada **Tabel 7, 8, dan 9**.

**Tabel 7.** Curah Hujan Periode Ulang DAS Mireng

Periode Ulang	Peluang (%)	K	Log Xt	Xt (mm)
25	4%	1,93 4	1,973	93,986

**Tabel 8.** Curah Hujan Periode Ulang DAS Tanggok

Periode Ulang	Peluang (%)	K	Log Xt	Xt (mm)
25	4%	1,56 3	1,997	99,341

**Tabel 9.** Curah Hujan Periode Ulang JIPE

Periode Ulang	Peluang (%)	K	Log Xt	Xt (mm)
25	4%	1,46 9	2,040	109,750

3.4 Debit Banjir Sungai HSS Nakayasu

Untuk melihat grafik HSS Nakayasu ( $Q_{25}$ ) Sungai Mireng dan Tanggok dapat dilihat pada **Gambar 6 dan 7**.

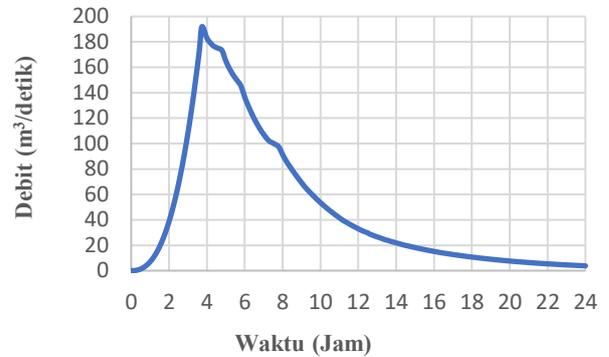
Berdasarkan **Gambar 6** didapatkan  $Q_{25}$  Sungai Mireng sebesar  $191,829 \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan waktu puncak 3,74 jam.

Berdasarkan **Gambar 7** didapatkan  $Q_{25}$  Sungai Tanggok sebesar  $73,509 \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan waktu puncak 2,20 jam.

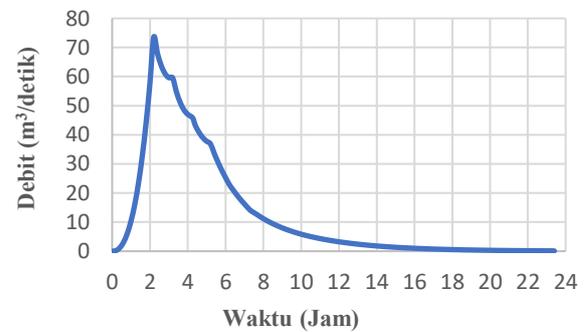
3.5 Pembagian Zona Kawasan Industri JIPE

Untuk melihat pembagian zonasi sistem drainase dapat dilihat pada **Gambar 8**.

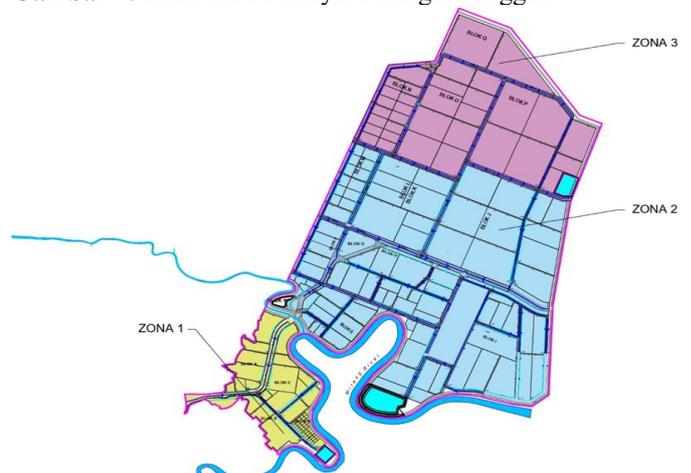
Pada setiap zona aliran air akan ditampung pada masing – masing *boezem*. Untuk melihat *catchment area* pada setiap zona dapat dilihat pada **Tabel 10**.



**Gambar 6.** Debit HSS Nakayasu Sungai Mireng



**Gambar 7.** Debit HSS Nakayasu Sungai Tanggok



**Gambar 8.** Pembagian Zonasi Sistem Drainase

**Tabel 10.** *Catchment Area* Pada Setiap Zona

Zona	Luas <i>Catchment Area</i> (Ha)
1	156,06
2	963,90
3	487,61
<b>Jumlah</b>	<b>1607,57</b>

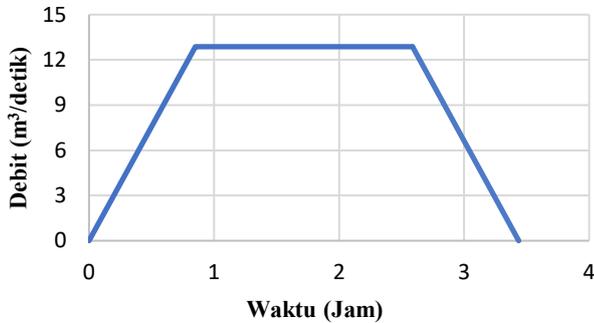
3.6 Perencanaan Boezem Zona 1

Perhitungan debit banjir dan volume limpasan pada zona 1 digunakan metode rasional dikarenakan *catchment area* kawasan yang kurang dari 5000 ha. Untuk melihat perhitungan debit banjir rasional saluran *inflow boezem* zona 1 dapat dilihat pada **Tabel 11**.

**Tabel 11.** Perhitungan Debit Banjir Rasional Zona 1

$t_c$ (jam )	Intensitas (mm/jam )	C	A (km <sup>2</sup> )	Q <sub>25</sub> (m <sup>3</sup> /detik )
0,85	42,42	0,70	1,560	12,87

Untuk melihat grafik hidrograf Rasional zona 1 dapat dilihat pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Grafik Hidrograf Rasional Zona 1

Berdasarkan **Gambar 9** debit puncak (Q<sub>25</sub>) pada daerah zona 1 sebesar 12,87 m<sup>3</sup>/detik dan waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>) selama 0,85 jam. Untuk melihat perhitungan luasan hidrograf (volume *inflow*) dapat dilihat pada **Tabel 12**.

**Tabel 12.** Volume *Inflow Boezem* Zona 1

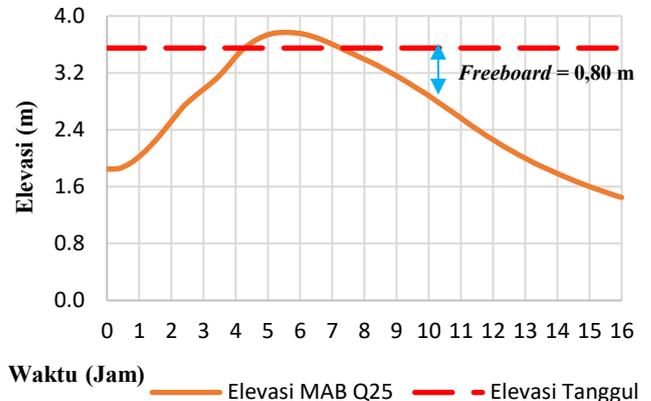
t (jam )	Debit (m <sup>3</sup> /detik )	Volume Limpasan (m <sup>3</sup> )
0	0	
0,85	12,87	119.895,76
2,59	12,87	
3,44	0	

Berdasarkan **Tabel 12** didapatkan volume *inflow boezem* zona 1 sebesar 119.895,76 m<sup>3</sup>.

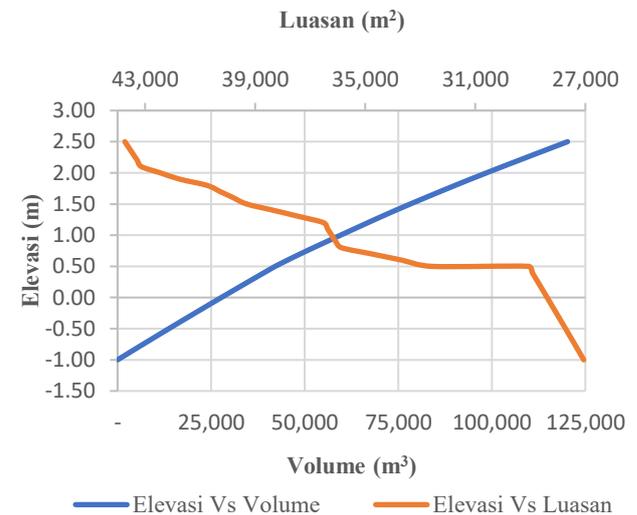
Untuk melihat kondisi *outlet boezem* zona 1 (yaitu pada Sungai Mireng RS 155) dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Berdasarkan **Gambar 10** Sungai Mireng RS 155 mengalami luberan pada Q<sub>25</sub> dan memiliki tinggi jagaan (*freeboard*) setinggi 0,80 m pada jam ke-10,40. Hal ini menyebabkan besarnya volume *inflow* pada **Tabel 12** perlu ditampung sepenuhnya pada *boezem* dan saluran dikarenakan

tidak memungkinkan air dialirkan menuju sungai hingga jam ke-10,40. Untuk melihat desain lengkung kapasitas tampungan *boezem* dan saluran zona 1 dapat dilihat pada **Gambar 11**.



**Gambar 10.** Muka Air Banjir Q<sub>25</sub> Sungai Mireng RS 155



**Gambar 11.** Lengkung Kapasitas Tampungan Zona 1

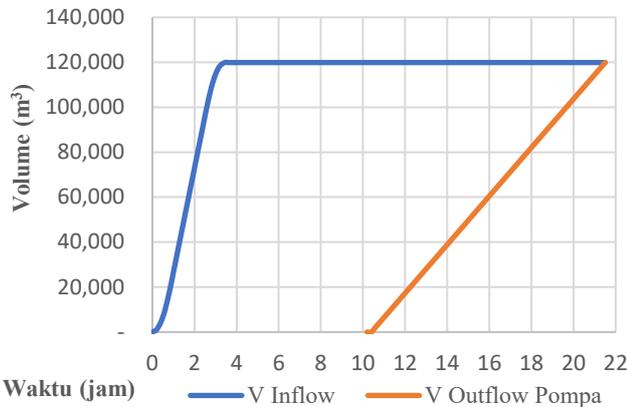
Berdasarkan **Gambar 11** pada elevasi +2,50 didapatkan volume tampungan *boezem* dan saluran zona 1 sebesar 120.229,96 m<sup>3</sup>, sedangkan untuk luasan tampungan adalah sebesar 43.736,06 m<sup>2</sup>.

Volume air yang tertahan pada *boezem* hingga jam ke - 10,40 sebesar 119.895,76 m<sup>3</sup> akan dialirkan menggunakan pompa air dengan kapasitas total sebesar 3 m<sup>3</sup>/detik. Pembuangan dilakukan pada jam ke- 10,40 dikarenakan untuk memberikan tinggi jagaan yang cukup pada sungai sebelum dilakukan pemompaan. Untuk melihat lengkung *inflow* dan *outflow* pada *boezem* zona 1 dapat dilihat pada **Gambar 12**.

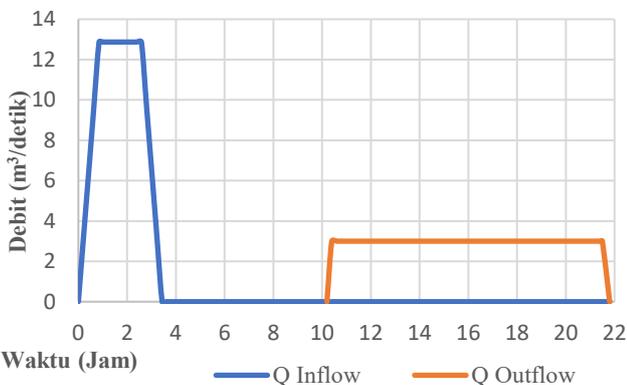
Untuk melihat hubungan debit *inflow* dan *outflow* pada *boezem* zona 1 dapat dilihat pada **Gambar 13**.

Berdasarkan **Gambar 12 dan 13** pengaliran air dari *boezem* menggunakan pompa kapasitas 3 m<sup>3</sup>/detik pada jam ke 10,40 – 21,50. Pembuangan tidak menggunakan pintu air dikarenakan dirasa kurang efektif dikarenakan muka air

banjir Sungai Mireng RS 155 cukup tinggi dengan durasi yang lama.



Gambar 12. Lengkung *Inflow* dan *Outflow* Boezem Zona 1



Gambar 13. Debit *Inflow* dan *Outflow* Boezem Zona 1

3.7 Perencanaan Boezem Zona 2

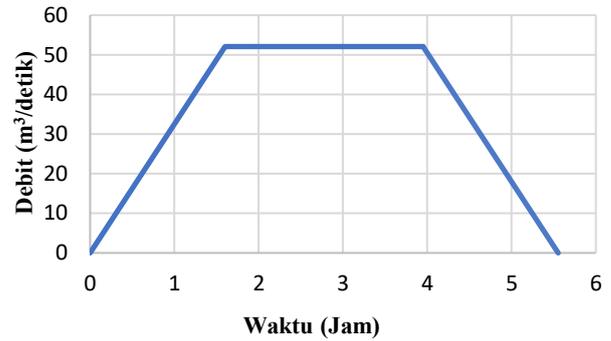
Perhitungan debit banjir dan volume limpasan pada zona 2 digunakan metode rasional dikarenakan *catchment area* kawasan yang kurang dari 5000 ha. Untuk melihat perhitungan debit banjir rasional saluran *inflow boezem* zona 2 dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan Debit Banjir Rasional Zona 2

$t_c$ (jam)	Intensitas (mm/jam)	C	A (km <sup>2</sup> )	Q <sub>25</sub> (m <sup>3</sup> /detik)
1,60	27,78	0,70	9,639	52,07

Untuk melihat grafik hidrograf Rasional zona 2 dapat dilihat pada Gambar 14.

Berdasarkan Gambar 14 debit puncak (Q<sub>25</sub>) sebesar 52,07 m<sup>3</sup>/detik dan waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>) selama 1,60 jam. Untuk melihat perhitungan luasan hidrograf (volume *inflow*) dapat dilihat pada Tabel 14.



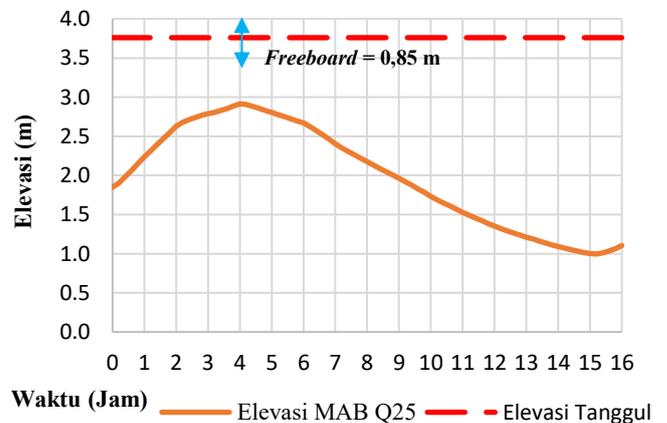
Gambar 14. Grafik Hidrograf Rasional Zona 2

Tabel 14. Volume *Inflow* Boezem Zona 2

t (jam)	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Volume Limpasan (m <sup>3</sup> )
0	0	0
1,60	52,07	740.516,30
3,95	52,07	
5,55	0	

Berdasarkan Tabel 14 didapatkan volume *inflow boezem* zona 2 sebesar 740.516,30 m<sup>3</sup>.

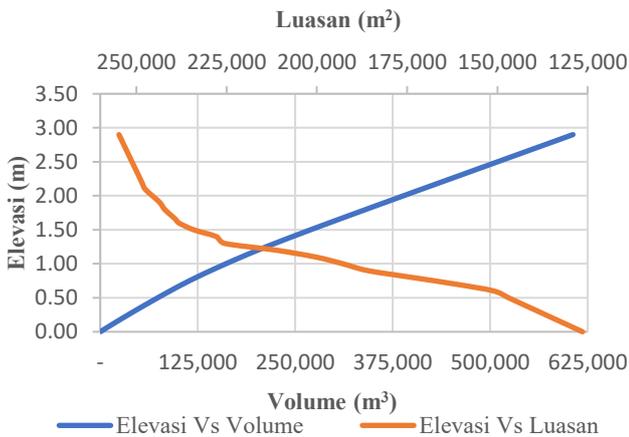
Untuk melihat kondisi *outlet boezem* zona 2 (yaitu pada Sungai Mireng RS 29) dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Muka Air Banjir Q<sub>25</sub> Sungai Mireng RS 29

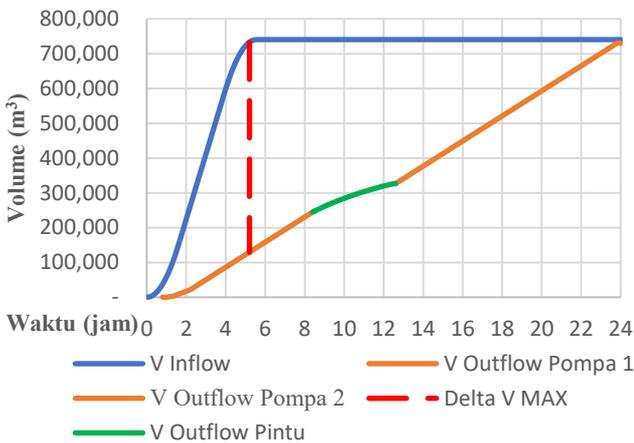
Berdasarkan Gambar 15 Sungai Mireng RS 29 memiliki tinggi jagaan (*freeboard*) setinggi 0,85 m pada saat terjadi debit puncak. Sehingga, pembuangan menuju sungai dapat dilakukan sejak jam ke-0 baik menggunakan pintu air maupun pompa air (tergantung muka air pada *boezem*).

Untuk melihat lengkung kapasitas tampungan *boezem* dan saluran zona 2 dapat dilihat pada Gambar 16.



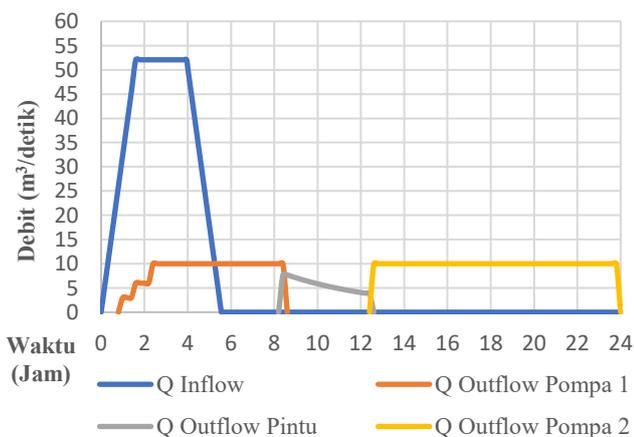
**Gambar 16.** Lengkung Kapasitas Tampung Zona 2

Untuk melihat lengkung *inflow* dan *outflow* pada *boezem* zona 2 dapat dilihat pada **Gambar 17**. Sistem *outflow* pada *boezem* zona 2 digunakan kombinasi antara pompa air dan pintu air.



**Gambar 17.** Lengkung *Inflow* dan *Outflow* *Boezem* Zona 2

Untuk melihat hubungan debit *inflow* dan *outflow* pada *boezem* zona 2 dapat dilihat pada **Gambar 18**.



**Gambar 18.** Debit *Inflow* dan *Outflow* *Boezem* Zona 2

Berdasarkan **Gambar 17** dan **18** pengaliran air dari *boezem* pada jam ke 1,00 – 1,40 dengan pompa kapasitas 3m<sup>3</sup>/detik. Jam ke 1,40 – 2,20 dengan pompa kapasitas 6

m<sup>3</sup>/detik. Jam ke 2,20 – 8,40 dengan pompa kapasitas 10 m<sup>3</sup>/detik. Setelah 8,40 jam pompa air beroperasi, pompa perlu diberikan waktu jeda untuk pendinginan dan selanjutnya pada jam ke 8,40 – 12,60 digunakan dengan bukaan pintu air melalui 3 buah *box culvert* 1,5 x 1,5 m. Jam ke 12,60 – 23,80 dengan pompa kapasitas 10 m<sup>3</sup>/detik.

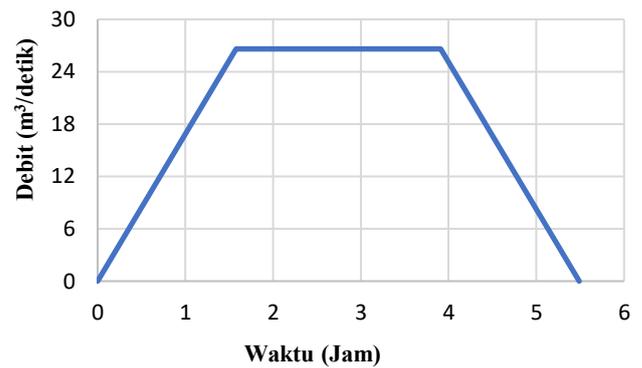
3.8 Perencanaan Boezem Zona 3

Perhitungan debit banjir dan volume limpasan pada zona 3 digunakan metode rasional dikarenakan *catchment area* kawasan yang kurang dari 5000 ha. Untuk melihat perhitungan debit banjir rasional saluran *inflow boezem* zona 3 dapat dilihat pada **Tabel 15**.

**Tabel 15.** Perhitungan Debit Banjir Rasional Zona 3

t <sub>c</sub> (jam)	Intensitas (mm/jam)	C	A (km <sup>2</sup> )	Q <sub>25</sub> (m <sup>3</sup> /detik)
1,58	28,07	0,70	4,876	26,61

Untuk melihat grafik hidrograf Rasional zona 3 dapat dilihat pada **Gambar 19**.



**Gambar 19.** Grafik Hidrograf Rasional Zona 3

Berdasarkan **Gambar 19** debit puncak (Q<sub>25</sub>) sebesar 26,61 m<sup>3</sup>/detik dan waktu konsentrasi (t<sub>c</sub>) selama 1,58 jam. Untuk melihat perhitungan luasan hidrograf (volume *inflow*) dapat dilihat pada **Tabel 16**.

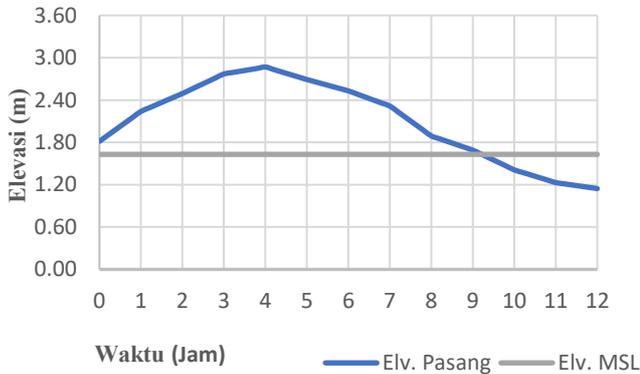
**Tabel 16.** Volume *Inflow* *Boezem* Zona 3

t (jam)	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Volume Limpasan (m <sup>3</sup> )
0	0	
1,58	26,61	374.608,35
3,91	26,61	
5,49	0	

Berdasarkan **Tabel 16** didapatkan volume *inflow boezem* zona 3 sebesar 374.608,35 m<sup>3</sup>.

Untuk melihat kondisi *outlet boezem* zona 3 (yaitu pasang surut Teluk Lamong) dilihat pada **Gambar 20**.

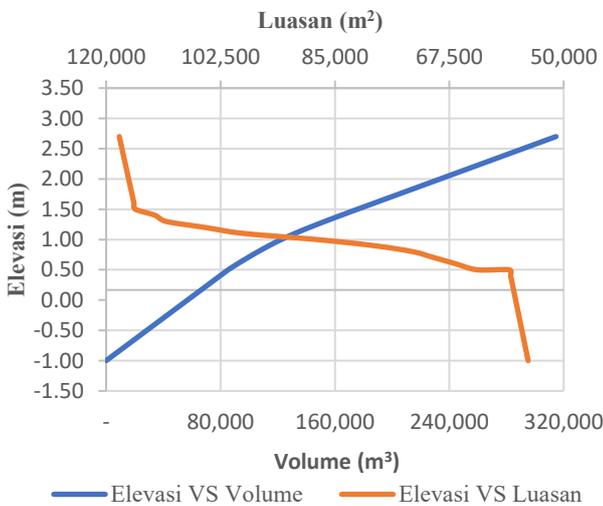
Berdasarkan **Gambar 16** pada elevasi +2,90 didapatkan volume tampungan *boezem* dan saluran sebesar 606.145,29 m<sup>3</sup>, sedangkan untuk luasan tampungan adalah sebesar 254.812,57 m<sup>2</sup>.



**Gambar 20.** Elevasi Pasang & Mean Sea Level (MSL)

Berdasarkan **Gambar 20** maka pintu air dapat dibuka pada jam ke 8,00 (Elv pasang + 1,76). Hal ini dikarenakan elevasi dasar pintu air yaitu + 1,75.

Untuk melihat lengkung kapasitas tampungan *boezem* dan saluran zona 3 dapat dilihat pada **Gambar 21**.



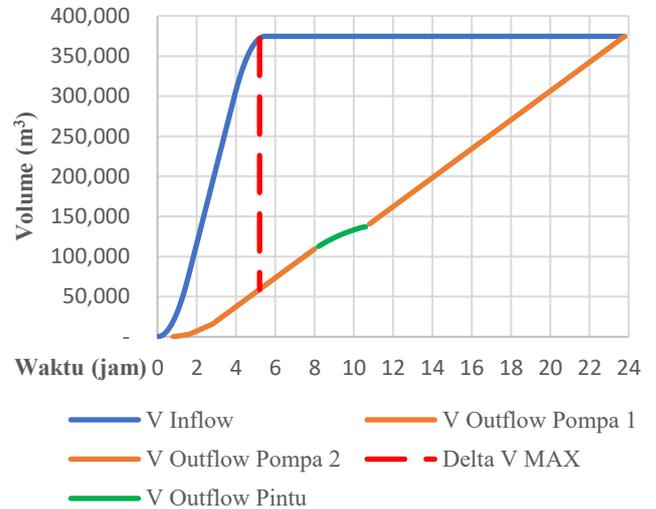
**Gambar 21.** Lengkung Kapasitas Tampungan Zona 3

Berdasarkan **Gambar 21** pada elevasi +2,70 didapatkan volume tampungan *boezem* dan saluran sebesar 314.613,06 m<sup>3</sup>, sedangkan untuk luasan tampungan adalah sebesar 117.990,29 m<sup>2</sup>.

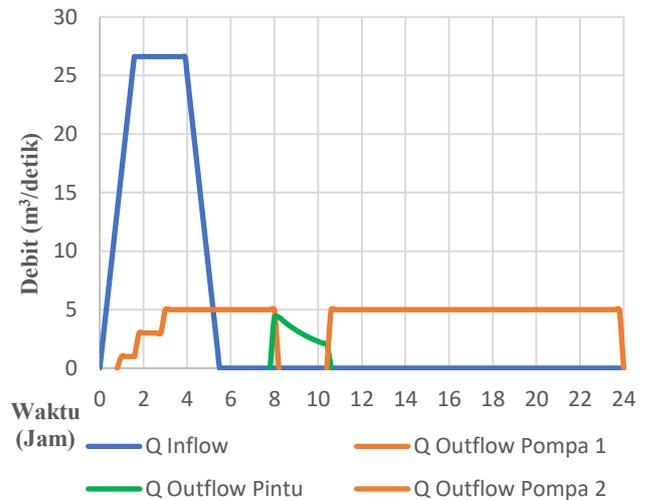
Untuk melihat lengkung *inflow* dan *outflow* pada *boezem* zona 3 dapat dilihat pada **Gambar 22**.

Berdasarkan **Gambar 22 dan 23** pengaliran air dari *boezem* pada jam ke 1,00 – 1,60 dengan pompa kapasitas 1 m<sup>3</sup>/detik. Jam ke 1,60 – 2,80 dengan pompa kapasitas 3 m<sup>3</sup>/detik. Jam ke 2,80 – 8,00 dengan pompa kapasitas 5 m<sup>3</sup>/detik. Setelah 8,00 jam pompa air beroperasi, pompa

perlu diberikan waktu jeda untuk pendinginan dan selanjutnya pada jam ke 8,00 – 10,60 dengan bukaan pintu air melalui 3 buah *box culvert* 1,5 x 1,5 m. Jam ke 10,60 – 23,80 dengan pompa kapasitas 5 m<sup>3</sup>/detik.



**Gambar 22.** Lengkung *Inflow* dan *Outflow Boezem* Zona 3  
Untuk melihat hubungan debit *inflow* dan *outflow* pada *boezem* zona 3 dapat dilihat pada **Gambar 23**.



**Gambar 23.** Debit *Inflow* dan *Outflow Boezem* Zona 3

**4. Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengendalikan banjir pada kawasan industri JIPE dibutuhkan volume tampungan *boezem* dan saluran zona 1 sebesar 120.229,96 m<sup>3</sup>, zona 2 sebesar 606.145,29 m<sup>3</sup>, dan zona 3 sebesar 314.613,06 m<sup>3</sup>. *Boezem* zona 1 akan dilengkapi dengan pompa dengan kapasitas total sebesar 3 m<sup>3</sup>/detik, zona 2 sebesar 10 m<sup>3</sup>/detik, dan zona 3 sebesar 5 m<sup>3</sup>/detik. Serta pada *boezem* zona 2 dan zona 3 akan dilengkapi dengan 3 buah *box culvert* 1,5 x 1,5 m dan pintu air untuk mengantisipasi potensi aliran balik (*backwater*).

**Daftar Pustaka**

- [1] T. D. R. Janah, B. T. Eddy, "Alih Fungsi Lahan Pertanian Dan Dampaknya Terhadap Kehidupan Penduduk Di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak (Changes In Agricultural Land Use And Its Impacts On The Lives Of Farmers At Sayung Subdistrict, Demak Regency)," *Agrisociconomics*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [2] N. Bustiawan, A. Purwanto, and T. Lingkungan, "Artikel Ilmiah Penerapan Low Impact Development (LID) dalam Mendukung Kebijakan Zero Delta Q di Kabupaten Karawang The Implementation of Low Impact Development (LID) to Support Zero Delta Q Policy in Karawang Regency," vol. 01, no. Lid, pp. 11–25, 2023.
- [3] M. H. Imaaduddin, I. Saud, and R. P. Santoso, "Recommendations for planning water infrastructure in the Surabaya City area with the influence of watershed characteristics to realize sustainable settlement drainage that is safe from flooding," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1095, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1095/1/012033.
- [4] S. K. Aziz, "Pola Pengendalian Banjir pada Bagian Hilir Saluran Primer Wonorejo Surabaya," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 9, no. 2, p. 33, 2011, doi: 10.12962/j12345678.v9i2.2777.
- [5] E. T. Asmorowati *et al.*, "Drainase Perkotaan," *Perkumpulan Rumah Cemerlang Indones.*, p. 161, 2021.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2415-2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana," *Bsn*, 2016.
- [7] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, 1st ed. Semarang: Andi, 2004.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, "Peraturan Menteri PU RI No12/PRT/M/2014," *Tentang Penyelenggaraan Sist. Drainase Perkota.*, pp. 1–18, 2014.