

**Kajian Embung Welulang Sebagai Penyedia Air Baku Masyarakat dan Kebutuhan Irigasi di
Desa Welulang Kabupaten Pasuruan**
*Study of the Welulang Reservoir as a Provider of Community Raw Water and Irrigation Needs
in Welulang Village, Pasuruan Regency*

Prayogi Eko Fanani¹⁾, Totok Dwi Kuryanto²⁾, Hilfi Harisan Ahmad³⁾

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : prayogiekofanani@gmail.com¹⁾

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Totokdwikuryanto@unmuhjember.ac.id²⁾

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : Hilfiharisanahmad@unmuhjember.ac.id³⁾

Abstrak

Embung Welulang merupakan cekungan seluas 5 hektar yang digunakan untuk mengatur dan menampung suplai air hujan serta meningkatkan kualitas air yang dapat dimanfaatkan oleh warga di Desa Welulang. Permasalahan yang sering terjadi pada Desa Welulang adalah bencana kekeringan. Bencana ini merupakan ancaman vital bagi suatu daerah karena menyangkut kebutuhan dasar hidup manusia yaitu air. Oleh karena itu perlu adanya solusi atau alternatif untuk mengurangi permasalahan tersebut. Salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut adalah dengan pembangunan jaringan irigasi dari embung ke petak petak sawah dan pembangunan jaringan air baku untuk memenuhi kebutuhan air sehari hari masyarakat Desa Welulang. Adapun analisis yang akan digunakan meliputi analisis ketersediaan air menggunakan metode FJ. Mock, analisis distribusi air dan diameter pipa dengan aplikasi epanet, analisis kebutuhan air irigasi dan air baku. Berdasarkan ahasil analisis didapatkan ketersediaan air (V_h), yaitu sebesar 254785.4 m³, kebutuhan air baku proyeksi 10 tahun adalah 4406080 m³, kebutuhan air irigasi sawah seluas 40 Ha dalam 1 tahun 110734 m³. Jaringan air baku dengan pipa 2 elevasi 333m dengan panjang pipa 400m mempunyai diameter pipa 200mm, kecepatan aliran 1.67 m/s dan tekanan 16.38 m dan saluran irigasi panjang saluran 509 m, (q) sebesar 0.06 m/detik, (v) sebesar 0.06 m/detik. (dr) sebesar 0.06 m³/detik dengan efisiensi saluran 90%.

Kata Kunci : Embung, Air Baku, Irigasi, Jaringan Pipa, Ketersediaan Air.

Abstract

Welulang Reservoir is a basin covering an area of 5 hectares which is used to regulate and accommodate rainwater supplies and improve water quality which can be utilized by residents in Welulang Village. The problem that often occurs in Welulang Village is drought. This disaster is a vital threat to an area because it concerns the basic needs of human life, namely water. Therefore, there needs to be a solution or alternative to reduce this problem. One alternative solution to this problem is to build an irrigation network from the reservoir to the rice fields and build a raw water network to meet the daily water needs of the people of Welulang Village. The analysis that will be used includes analysis of water availability using the FJ method. Mock, analysis of water distribution and pipe diameter with the Epanet application, analysis of irrigation water and raw water needs. Based on the results of the analysis, it was found that water availability (V_h) was 254785.4 m³, the projected raw water requirement for 10 years was 4406080 m³, the irrigation water requirement for a 40 Ha rice field in 1 year was 110734 m³. The raw water network with 2 pipes with a height of 333 m with a pipe length of 400 m has a pipe diameter of 200 mm, a flow speed of 1.67 m/s and a pressure of 16.38 m and an irrigation channel with a channel length of 509 m, (q) of 0.06 m/sec, (v) of 0.06 m/second. (dr) of 0.06 m³/second with a channel efficiency of 90%.

Keywords: Reservoir, Raw Water, Irrigation, Pipe Network, Water Availability.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Embung Welulang merupakan cekungan seluas 5 hektar yang digunakan untuk mengatur dan menampung suplai air hujan serta meningkatkan kualitas air yang dapat dimanfaatkan oleh warga di Desa Welulang. Pembangunan Embung Welulang merupakan program kerja sama antara Pemkab Pasuruan dengan Pemerintah Pusat, yakni Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Brantas. Embung Welulang mempunyai total luasan lahan 5 hektar yang diharapkan dapat mengatasi masalah kekeringan di Desa Welulang.

Bencana kekeringan biasanya melanda daerah-daerah yang tingkat konservasi airnya kurang. Bencana ini merupakan ancaman vital bagi suatu daerah karena menyangkut kebutuhan dasar hidup manusia yaitu air. Wilayah Kabupaten Pasuruan ketika musim kemarau banyak yang mengalami kekeringan, ada 23 desa yang rentan kekeringan. Salah satu desa yang terdampak adalah Desa Welulang.

Salah satu alternatif pemecahan masalah tersebut adalah dengan pembangunan jaringan irigasi dari embung ke petak petak sawah dan pembangunan jaringan air baku untuk memenuhi kebutuhan air sehari hari masyarakat Desa Welulang. Atas dasar gambaran tersebut maka diperlukan suatu “Kajian Embung Welulang Sebagai Penyedia Air Baku Masyarakat dan Kebutuhan Irigasi di Desa Welulang Kabupaten Pasuruan”, sehingga dapat memberikan manfaat dalam upaya memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi masyarakat Desa Welulang serta dapat meningkatkan produksi pertanian sesuai dengan program yang diharapkan pemerintah dan masyarakat Desa Welulang.

B. Rumusan Masalah

Maka rumusan masalah yang akan dibahas antara lain :

- 1 Bagaimana menghitung besar ketersediaan air Embung Welulang Pasuruan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan irigasi di Desa Welulang Pasuruan ?

- 2 Bagaimana menghitung kebutuhan air bersih dan irigasi di Desa Welulang Pasuruan?
- 3 Bagaimana merencanakan jaringan air bersih dan irigasi Desa Welulang Pasuruan?

C. Tujuan

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan yang terjadi maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1 Menghitung ketersediaan air Embung Welulang untuk memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi di Desa Welulang Pasuruan.
- 2 Menghitung kebutuhan air baku dan air irigasi di Desa Welulang Pasuruan.
- 3 Merencanakan jaringan air bersih dan irigasi Desa Welulang Pasuruan.

C. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 Memberikan tambahan pengetahuan bagi mahasiswa tentang kajian embung sebagai penyedia air baku dan irigasi.
- 2 Sebagai masukan kepada pihak terkait dalam hal pemanfaatan embung sebagai air baku dan irigasi di Desa Welulang Pasuruan.

D. Batasan Masalah

Peneliti membatasi masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

- 1 Kajian ditujukan hanya pada daerah Embung Welulang dan menggunakan bantuan aplikasi komputer Epanet 2.2
- 2 Kebutuhan air yang diperhitungkan adalah untuk kebutuhan air baku dan irigasi.
- 3 Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- 4 Data curah hujan 10 tahunan dari 2013 – 2022.
- 5 Tidak merencanakan bangunan pelengkap embung.
- 6 Luasan sawah untuk irigasi 40 hektar
- 7 Tidak membahas over capacity Embung Welulang

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Lintang (2015), Studi Alternatif Perencanaan *Fishway* Pada Bendung Welulang Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan. tiga tipe *Fishway* yang dapat digunakan pada Bendung Welulang berdasarkan kondisi bendung, yaitu tipe *Bypass Channel*, *Pool Pusses* dan *Fish Ramp*. Rancangan Anggaran Biaya konstruksi tertinggi adalah *fishway tipe Pool Pusses* sebesar Rp 105.310.000,00 dan untuk *Bypass Channel*, sebesar Rp 51,130.000,00 dan *Fish Ramp*, sebesar Rp 45.540.000,00. Pengerjaan tipe tersebut tidak begitu rumit bila dibandingkan dengan *Fishway tipe Poll Pusses* yang menggunakan sekat pada setiap kolamnya. Ikan akan berenang melalui fishway tipe *pool passes* dengan nyaman karena kecepatan aliran sebesar 0,88 m/dt tidak melebihi kecepatan berenang ikan terlemah (2,69 m/s).

B. Embung

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam/cekungan untuk menampung air dari hujan, parit atau sungai kecil, mata air serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian pangan/ hortikultura), perkebunan dan peternakan. Kolam embung akan menyimpan air pada musim hujan dan selanjutnya air tersebut digunakan suatu desa atau kelompok masyarakat untuk memenuhi kebutuhan: penduduk, ternak, perkebunan dan untuk konservasi air tanah.

C. Analisa Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang belajar tentang ketersediaan air di bumi (siklus air). Secara umum perhitungan analisa hidrologi meliputi :

1. Curah Hujan Rerata Daerah

Terdapat tiga cara yang berbeda-beda dalam menetapkan tinggi curah hujan rata-rata

a. Metode Rata – Rata Aljabar

Rumus yang digunakan :

$$d = (d_1+d_2+d_3+\dots+d_n)/n$$

Dengan:

D = tinggi curah hujan rata-rata

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar/pencatat 1,2,3 ... n

n = banyaknya pos penakaran/pencatatan

b. Metode *Polygon Thiessen*

Rumus yang digunakan:

$$= (A_1 \cdot D_1 + A_2 \cdot D_2 + \dots + A_n \cdot D_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n) \quad (2.2)$$

Dengan :

d = Curah hujan maksimum rata – rata (mm)

d_n = Curah hujan pada pos penakar (mm)

A_n = Luas daerah pengaruh pos penakar (km²)

A = Luas total DAS (km²)

c. Cara Garis *Isohyet*

Rumus yang digunakan:

$$d = \frac{\frac{(d_1+d_2)}{2} \times A_1 + \frac{(d_2+d_3)}{2} \times A_2 + \dots + \frac{d_{(n-1)}+d_n}{2} \times A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n}$$

Dengan:

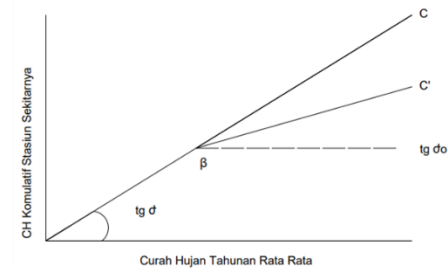
d = Curah hujan rata – rata areal

A = Luas areal total ($A_1+A_2+\dots+A_n$)

d_0, d_1, \dots, d_n = Curah hujan pada Isohyet 0,1,2, ..., n.

2. Uji Konsistensi Data

Untuk melakukan uji konsistensi data, maka dapat dilakukan analisa lengkung massa ganda seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Lengkung Massa Ganda (Sumber : Soemarto, 1995)

D. Analisa Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat dipergunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan efektif untuk tanaman padi dan palawija dihitung dengan rumus :

$$P = m/(n+1) \times 100\%$$

Dengan :

P = Peluang curah hujan yang terjadi (%),

m = Nomor urut (ranking),
 n = Banyaknya pengamatan.

E. Analisa Ketersediaan Air

Ketersediaan air merupakan bagian dari fenomena alam, sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Ketersediaan air diasumsikan dengan tersedianya air di sungai, meskipun dalam pengkajian irigasi, curah hujan efektif juga termasuk dalam ketersediaan air. Perhatian utama dalam ketersediaan air adalah pada aliran sungai, tetapi dengan beberapa pertimbangan hujan termasuk di dalamnya (Dep. PU, 1983).

1. Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi potensial dihitung dengan metode Penman (modifikasi FAO)

$$ET_o = c \cdot (W \cdot R_n + (1 - W)) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)$$

Dengan :

ET_o = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari),

W = faktor temperatur dan ketinggian,

R_n = radiasi bersih (mm/hari),

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin,

e_a = tekanan uap jenuh (mbar),

e_d = tekanan uap nyata (mbar),

c = faktor kompensasi temperatur angin dan kelembaban.

2. Penggunaan Konsumtif (Consumptive Use)

Dengan :

ET_c = kebutuhan air tanaman (mm/hari),

K = Koefisien tanaman,

ET_o = Evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari).

3. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (puddling) bisa diambil 200 mm. ini meliputi penjenuhan(peresaturasi) dan penggenangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi.

4. Kebutuhan air di sawah

Pola tanam yang direncanakan adalah palawija-palawija-berot, dan palawija-palawija-palawija. Besarnya kebutuhan air disawah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Anonim, 1986) :

$$NFR = (ET_c - Reff) \times 1/8,64$$

Dengan :

NFR = kebutuhan air disawah (mm/hari),

ET_c = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari),

$Reff$ = hujan efektif (mm/hari),

8,64 = faktor konversi dari mm/hari ke ltr/dt/ha.

5. Efisiensi irigasi

Secara matematis kebutuhan air irigasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

Untuk tanaman padi

$$I = (ET_c + E + P + W + G - Re) / \text{Efisiensi}$$

Untuk tanaman palawija

$$I = (ET_c - Re) / \text{Efisiensi}$$

Dengan :

I = kebutuhan air irigasi total terhitung di bangunan utama (mm/hari),

ET_c = kebutuhan air konsumtif (mm/hari),

W = genangan air di petak tanaman/sawah (mm/hari),

G = penggantian genangan air/kebutuhan persemaian (mm/hari).

6. Kebutuhan air di intake

Kebutuhan air irigasi pada pintu pengambilan dapat dihitung:

$$DR = NFR / \text{EFF}$$

Dengan :

R = kebutuhan air di intake rata-rata (lt/dt/ha),

NFR = kebutuhan air irigasi (mm/hari),

Eff = efisiensi irigasi.

7. Data Demografi



Gambar 2 Peta Kecamatan Lumbang
 (Sumber: BPS Kabupaten Pasuruan, 2023)

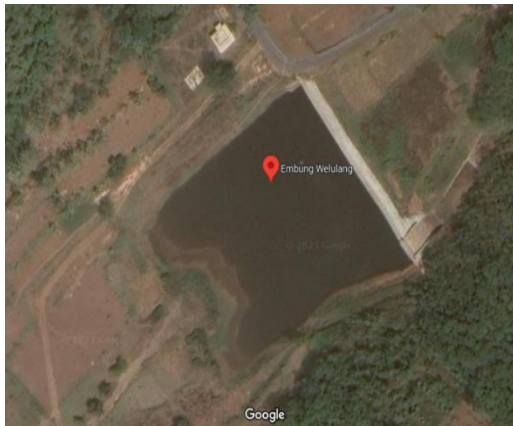
F. Software Epanet 2.0

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir.

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Desa Welulang, Kecamatan Lumabang, Kabupaten Pasuruan. Secara geografis Embung Welulang terletak pada koordinat 112°30'–113°3' Bujur Timur dan 7°30'–8°30' Lintang Selatan.



Gambar 3 Peta wilayah studi
 (Sumber : Aplikasi Google Earth, 2023)

B. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dapat diperoleh dari observasi langsung di lapangan dan dapat juga diperoleh dari instansi-instansi terkait. Secara umum data dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu data primer dan data sekunder. Ada beberapa jenis data yang dibutuhkan dalam studi ini, diantaranya adalah :

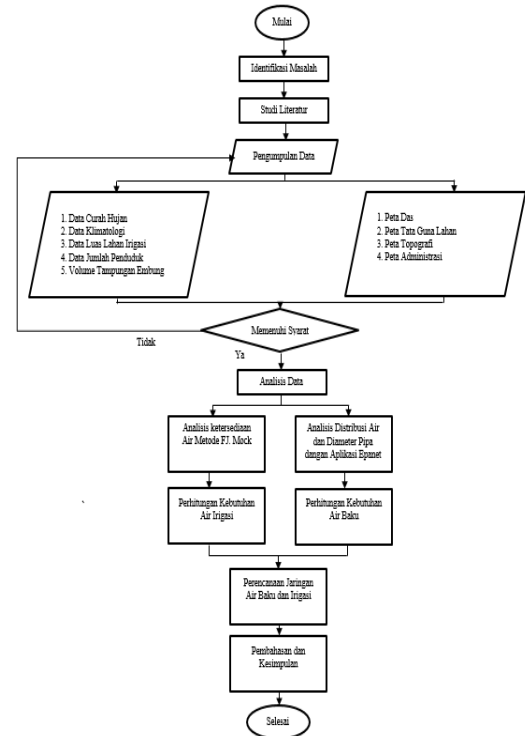
1. Data DAS
2. Data curah hujan
3. Data kondisi klimatologi (iklim)
4. Data topografi
5. Data luas lahan irigasi
6. Data jumlah penduduk
7. Data pola irigasi existing di lapangan

C. Tahap Analisa Data

Adapun analisa data yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

- 1 Uji Konsistensi Data
- 2 Analisa Rerata Curah Hujan
- 3 Analisa Hujan Efektif
- 4 Analisa Data Klimatologi
- 5 Analisa Ketersediaan Air
- 6 Analisa Kebutuhan Air Baku
- 7 Analisa Kebutuhan Air Tanaman

E. Rancangan Tahapan Penelitian



Gambar 4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian
 (Sumber : Hasil Gambar , 2022)

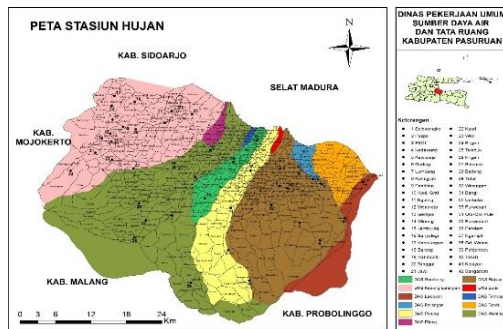
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hidrologi

Dalam analisis dan pembahasan di wilayah embung Welulang Kecamatan Lumabang ini menggunakan 3 stasiun hujan terdekat, diantaranya stasiun hujan Lumabang, stasiun hujan Sanganom, stasiun hujan Panditan. Analisa curah hujan dilakukan menggunakan metode Polygon Thiessen yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 5 Peta Polygon Thiessen
 (Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)



Gambar 6 Peta Sebaran Stasiun Hujan
 (Sumber: Dinas SDA Kab. Pasuruan, 2023)

B. Data Hujan

Data Hujan Tahunan didapat dari jumlah total data hujan bulanan stasiun Lumbang, stasiun Panditan, dan stasiun Sanganom dari bulan Januari – bulan Desember yang kemudian menjadi data hujan tahunan.

Tabel 1 Data Hujan Tahunan

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)			Jumlah
		Lumbang R1	Panditan R2	Sanganom R3	
1	2013	365	646	469	1480
2	2014	216	641	349	1206
3	2015	311	592	387	1290
4	2016	502	686	483	1671
5	2017	538	474	616	1628
6	2018	341	456	511	1308
7	2019	561	494	364	1419
8	2020	521	180	475	1176
9	2021	485	781	526	1792
10	2022	485	781	274	1540
Rerata		433	573	445	1451

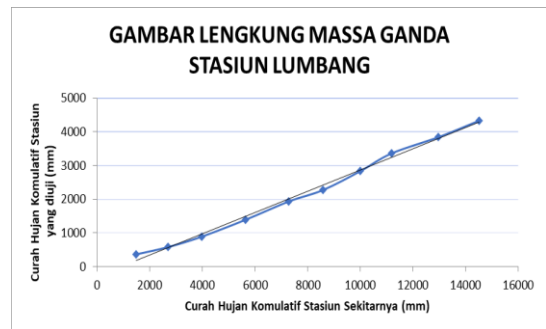
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

C. Uji Konsistensi Data

Tabel 2 Uji Konsistensi Data Sta. Lumbang

No	Tahun	Stasiun Lumbang		Stasiun Sekitarnya	
		R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
1	2013	365	365	1480	1480
2	2014	216	581	1206	2686
3	2015	311	892	1290	3976
4	2016	502	1394	1671	5647
5	2017	538	1932	1628	7275
6	2018	341	2273	1308	8583
7	2019	561	2834	1419	10002
8	2020	521	3355	1176	11178
9	2021	485	3840	1792	12970
10	2022	485	4325	1540	14510

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

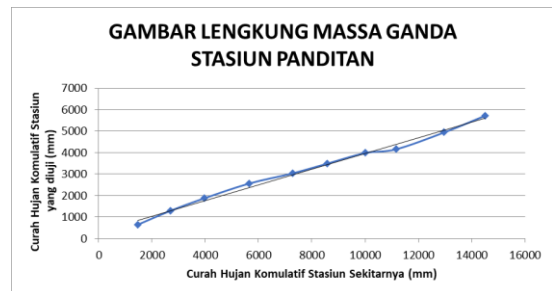


Gambar 7 Grafik Lengkung Massa Ganda
 (Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Tabel 2 Uji Konsistensi Data Sta. Panditan

No	Tahun	Stasiun Panditan		Stasiun Sekitarnya	
		R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
1	2013	646	646	1480	1480
2	2014	641	1287	1206	2686
3	2015	592	1879	1290	3976
4	2016	686	2565	1671	5647
5	2017	474	3039	1628	7275
6	2018	456	3495	1308	8583
7	2019	494	3989	1419	10002
8	2020	180	4169	1176	11178
9	2021	781	4950	1792	12970
10	2022	781	5731	1540	14510

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

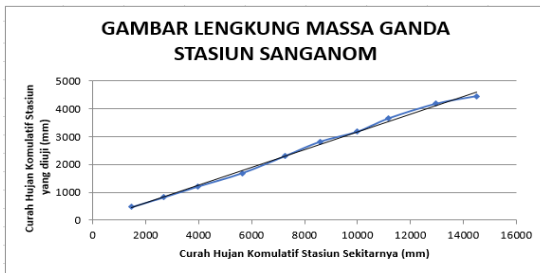


Gambar 8 Grafik Lengkung Massa Ganda
 (Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Tabel 3 Uji Konsistensi Data Sta. Panditan

No	Tahun	Stasiun Sanganom		Stasiun Sekitarnya	
		R1 (mm)	R1 _{Kom} (mm)	R2 (mm)	R2 _{Kom} (mm)
1	2013	469	469	1480	1480
2	2014	349	818	1206	2686
3	2015	387	1205	1290	3976
4	2016	483	1688	1671	5647
5	2017	616	2304	1628	7275
6	2018	511	2815	1308	8583
7	2019	364	3179	1419	10002
8	2020	475	3654	1176	11178
9	2021	526	4180	1792	12970
10	2022	274	4454	1540	14510

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 9 Grafik Lengkung Massa Ganda (Sumber : Hasil Analisis, 2023)

D. Curah Hujan Rerata Kawasan Dengan Metode Polygon Thiessen

Tabel 4 Koefisien Luas stasiun

Inisial	Stasiun CH	Luas(Ha)	Koef.	Kec
A	Lumbang	3647	0.35	Lumbang
B	Panditan	3192	0.31	Panditan
C	Sanganom	3527	0.34	Sanganom
Jumlah		10366	1	

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Tabel 5 Curah hujan rerata kawasan

No	Tahun	STASIUN CURAH HUJAN (mm)			Curah Hujan Rerata
		Stasiun Hujan Lumbang	Stasiun Hujan Panditan	Stasiun Hujan Sanganom	
		0,35	0,31	0,34	
1	2013	86,0	86,0	102,0	91,4
2	2014	97,0	115,0	70,0	93,4
3	2015	97,0	217,0	83,0	129,2
4	2016	131,0	145,0	95,0	123,1
5	2017	84,0	86,0	103,0	91,1
6	2018	95,0	105,0	75,0	91,3
7	2019	136,0	110,0	110,0	119,1
8	2020	96,0	88,0	85,0	89,8
9	2021	71,0	88,0	120,0	92,9
10	2022	71,0	88,0	57,0	71,5

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

E. Analisa Distribusi Frekuensi

Tabel 6 Analisa distribusi frekuensi

No.	Tahun	R _i	P	(R _i - R)	(R _i - R) ²	(R _i - R) ³	(R _i - R) ⁴
1	2013	91,44	9,09	-7,8	61,3	-479,8	3755,9
2	2014	93,36	18,18	-5,9	35,0	-207,1	1225,3
3	2015	129,19	27,27	29,9	894,9	26772,9	800928,3
4	2016	123,06	36,36	23,8	565,9	13463,7	320297,0
5	2017	91,08	45,45	-8,2	67,1	-549,7	4503,4
6	2018	91,27	54,55	-8,0	64,0	-511,6	4092,1
7	2019	119,15	63,64	19,9	395,0	7850,9	156035,4
8	2020	89,79	72,73	-9,5	89,8	-851,6	8072,0
9	2021	92,91	81,82	-6,4	40,5	-257,9	1641,9
10	2022	71,47	90,91	-27,8	772,9	-21487,5	597377,8
Jumlah		992,72					
Rerata		99,27					
Std. Dev		=	18,2				
Cs		=	0,5				
Ck		=	0,6				
Cv		=	0,2				

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

F. Pemilihan Jenis Distribusi

Tabel 7 Perbandingan Syarat Distribusi

Jenis Distribusi Frekuensi	Syarat Distribusi
Distribusi Normal	Cs= 0 dan Ck= 3
Distribusi Log Normal	Cs> 0 dan Ck> 3
Distribusi Gumbel	Cs= 1,139 dan Ck= 5,402
Distribusi Log-Pearson III	Cs antara 0-0,9

(Sumber : Soewarno,1995)

Berdasarkan perbandingan dapat dipilih jenis distribusi yang memenuhi syarat, yaitu Distribusi Log Pearson Type III.

G. Perhitungan Distribusi Log Pearson

Tabel 8 Parameter sdistribusi log pearson

No	Tahun	R	LogR	(Log-LogRr)	(Log-LogRr) ²	(Log-LogRr) ³	Hasil Perhitungan	Ket
1	2013	91.4	1.9	-0.0	0.0	0.0	LogR = 1.9	
2	2014	93.3	1.9	-0.0	0.0	0.0	S = 0.0	
3	2015	129.1	2.1	0.0	0.0	0.0	Cs = 0.2	
4	2016	123.06	2.0	0.0	0.0	0.0	G(2) = 0.0	Tabel
5	2017	91.08	1.9	0.0	0.0	0.0	G(5) = 0.8	Tabel
6	2018	91.27	1.9	-0.0	0.0	0.0	G(10) = 1.3	Tabel

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

$$S_y = 0,07$$

$$G = 0,2$$

Dari Persamaan

$$\text{Log Rt} = \text{Log Rr} + G \cdot S_y$$

$$\text{Log Rt} = 1,990 + 0,2 \cdot 0,07$$

Diperoleh curah hujan rancangan untuk :

Tabel 9 Curah hujan rancangan

Tr	Pr	K	K · Sy	Log Rt	Rt
(tahun)	(%)				(mm)
2	50	0,033	0,00	1,99	98,40
5	20	0,830	0,07	2,06	113,64
10	10	1,301	0,10	2,09	123,74
25	4	1,818	0,14	2,13	135,87
50	2	2,159	0,17	2,16	144,50
100	1	2,472	0,19	2,18	152,91
				(Pt - Pe) maks	152,91

(Sumber: Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

H. Uji Distribusi

a. Uji Smirnov Kolomogorof

Tabel 10 Perhitungan Uji Distribusi Log Person dengan Smirnov Kolomogorov

Tahun	m	Xi (Besar -> Kecil)	Log Xi	P(Xi)	f(t)	P' (Xi)	ΔP
2013	1	129,19	2,11	0,07	1,54	0,020	0,046
2014	2	123,06	2,09	0,13	1,27	0,020	0,113
2015	3	119,15	2,08	0,20	1,09	0,021	0,179
2016	4	93,36	1,97	0,27	-0,26	0,030	0,237
2017	5	92,91	1,97	0,33	-0,28	0,029	0,304
2018	6	91,44	1,96	0,32	-0,37	0,028	0,292
2019	7	91,27	1,96	0,31	-0,38	0,028	0,282
2020	8	91,08	1,96	0,26	-0,39	0,027	0,233
2021	9	89,79	1,95	0,27	-0,47	0,026	0,244
2022	10	71,47	1,85	0,22	-1,74	-0,056	0,276
Jumlah		992,72	19,90				
Log X rerata		1,99					
CS		0,2					
S LogX		0,08					
Max							0,304

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

$$\Delta P_{\text{max}} < \Delta P_{\text{kritis}}$$

$$0,304 < 0,409 \text{ Memenuhi!!}$$

Karena nilai ΔP max lebih kecil dari nilai ΔP kritis (0.304 < 0.409)

b. Chi – Square

Menghitung Jumlah Kelas

Jumlah data = 10

$$K = 1 + (3,322 \times \log n) = 4.32 = 5$$

Menghitung Derajat Kebebasan (Dk) dan X^2_{cr}

Parameter (P): 2 Ketentuan Hidrologi

$$Dk = K - (p + 1) = 1.32 \text{ (dibulatkan 2)}$$

Nilai X^2_{cr} dengan jumlah data ($n = 10$, $\alpha = 5\%$ dan $Dk = 2$)

Menghitung Kelas Distribusi

➤ Presentase 20%

$$P_x = 0.2 \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 5 \text{ Tahun}$$

➤ Presentase 40%

$$P_x = 0.4 \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 2.5 \text{ Tahun}$$

➤ Presentase 60%

$$P_x = 0.6 \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1.67 \text{ Tahun}$$

➤ Presentase 80%

$$P_x = 0.8 \text{ diperoleh } T = 1/P_x = 1.25 \text{ Tahun}$$

Distribusi Probabilitas Log Person Type III

Nilai K_{Tr} dihitung berdasarkan nilai $C_s = 0,2$ dan Nilai T untuk berbagai periode ulang

$$T = 5 \text{ maka } K_T = 0.830$$

$$T = 2.5 \text{ maka } K_T = 0.110$$

$$T = 1.67 \text{ maka } K_T = -0.392$$

$$T = 1.25 \text{ maka } K_T = -0.856$$

$$\text{Nilai } \log X_{rt} = 2.0$$

$$\text{Nilai } S_{log X} = 0.08$$

Tabel 11 Uji Log pearson tipe II

T	KT	Log Xrt	SlogX	Log XT	XT
5	0,830	2,0	0,079	2,06	113,64
2,5	0,110	2,0	0,079	2,00	99,78
1,67	-0,392	2,0	0,079	1,96	91,12
1,25	-0,856	2,0	0,079	1,92	83,79

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 12 perhitungan X kritis

Kelas	Interval	Ef	Of	(Of-Ef) ²	(Of - Ef) ² / Ef
1	> 113.64	2	3	1	0,5
2	99.78 - 113.64	2	0	4	8,0
3	91.12 - 99.78	2	5	9	40,5
4	83.79 - 91.12	2	1	1	0,5
5	< 83.79	2	1	1	0,5
Jumlah		10	10	16	50,0

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

$$E_j = \text{Banyak Data} / \text{Jumlah data} = 5/10 = 0.5$$

Taraf Signifikan = 10%

Derajat Kebebasan = kelas - m - 1

$$DK = 3$$

$$X^2 = 7.8147 \text{ (lihat di tabel)}$$

$$X^2 \text{ Hitung} = \sum (E_f - O_f)^2 / O_f = 16/10 = 1.6 < 7.8147$$

Karena $X^2 \text{ Hitung} < X^2$, maka pengujian Chi Square pada distribusi Log Pearson Type III diterima !

I. Perhitungan Hidrograf

Distribusi hujan jam-jaman metode bourema :

$$RT = 1/6 * R_o * (6/T)^{2/3}$$

Didapat :

$$R_1 = 0.5438 \quad R_{24}$$

$$R_2 = 0.3442 \quad R_{24}$$

$$R_3 = 0.2633 \quad R_{24}$$

$$R_4 = 0.2178 \quad R_{24}$$

$$R_5 = 0.1880 \quad R_{24}$$

$$R_6 = 0.1667 \quad R_{24}$$

untuk besar curah hujan jam-jaman adalah

$$R_1 = 0.5438 \quad R_{24}$$

$$R_2 = 0.1445 \quad R_{24}$$

$$R_3 = 0.1017 \quad R_{24}$$

$$R_4 = 0.0812 \quad R_{24}$$

$$R_5 = 0.0687 \quad R_{24}$$

$$R_6 = 0.0601 \quad R_{24}$$

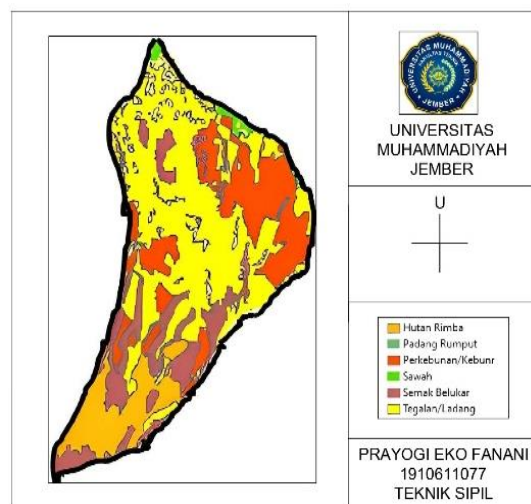
$$\text{Total } 1.0000 \quad R_{24}$$

Distribusi hujan jam-jaman sebagai berikut :

Tabel 12 Distribusi hujan jam-jaman

Waktu	Ratio %
1	0,544
2	0,145
3	0,102
4	0,081
5	0,069
6	0,060
Total	1,0000

(Sumber : Soewarno, 1995)



Gambar 10 Peta Tata Guna Lahan

(Sumber : Pengolahan Aplikasi Arcgis, 2023)

Tabel 13 Koefisien Pengaliran

n o	type area	luas (Ha)	α (koefisien run off)	α desain
1	Tegalan/Ladang	3312,4	0,2	6,39E+00
2	Perkebunan/Kebun	2813,3	0,4	1,09E+01
3	Semak Belukar	2453,8	0,2	4,73E+0
4	Hutan Rimba	1016,4	0,3	2,94E+0
5	Sawah	624,6	0,9	5,42E+0
6	Padang Rumput	145,5	0,05	7,02E-02
	Jumlah	10366	HARGA C	3,04E+0

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)
 Perhitungan hujan netto jam - jaman :

Tabel 14 Hujan Netto Jam-Jaman

Waktu	Ratio	Hujan Jam-Jaman					
		2	5	10	25	50	100
1	0,5438	29,9640	34,6071	37,6825	41,3737	44,0042	46,5655
2	0,1445	7,9631	9,1971	10,0144	10,9953	11,6944	12,3751
3	0,1017	5,6061	6,4748	7,0502	7,7408	8,2330	8,7122
4	0,0812	4,4733	5,1664	5,6256	6,1766	6,5693	6,9517
5	0,0687	3,7839	4,3703	4,7586	5,2248	5,5569	5,8804
6	0,0601	3,3121	3,8253	4,1652	4,5732	4,8640	5,1471
Hujan Efektif		55,1025	63,6410	69,2965	76,0845	80,9217	85,6320
Koef Pengaliran Curah Hujan Rencana		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
		98,40	113,64	123,74	135,87	144,50	152,91

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

➤ Perhitungan Debit Banjir Metode Nakayasu

Diketahui :

$A = 103.7 \text{ km}^2$

$L = 17 \text{ km}$

$c = 0.6$

$tg = 1.3 \text{ jam}$

$\alpha = 2.1$

$T_{0.3} = 3.04 \text{ jam}$

$T_p = 2.49 \text{ jam}$

$Q_p = 4.25 \text{ jam}$

➤ Ordinat Hidrograf Satuan

$T = 2.49 \text{ jam}$

$Q = 4.25 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 15 Ordinat Hidrograf Satuan

Ordinat Hidrograf Satuan		
t (Jam)	Q (M ³ /dt)	Keterangan
0	0.0	Bagian lengkung naik untuk t < T _p
1	0.5	
2	2.5	
2.5	4.3	Debit Puncak
3	4.1	Untuk T _p < t < T _p +0.3
4	3.8	
5	3.5	
5.5	0.9	
6	0.7	T _p +T _{0.3} < t < T _p +2.5T _{0.3}
7	0.6	

Ordinat Hidrograf Satuan		
t (Jam)	Q (M ³ /dt)	Keterangan
8	0.6	T _p +T _{0.3} < t < T _p +2.5T _{0.3}
9	0.5	
10	0.4	
10.1	0.4	Bagian lengkung turun untuk t > T _p +2.5T _{0.3}
11	0.3	
12	0.3	
13	0.2	
14	0.2	
15	0.1	
16	0.1	
17	0.1	
18	0.1	
19	0.1	
20	0.1	
21	0.0	
22	0.0	
23	0.0	
24	0.0	
25	0.0	
26	0.0	
27	0.0	
28	0.0	
29	0.0	
30	0.0	

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 16 ordinat hidrograf kala ulang 50 thn

Kala Ulang 50 Tahunan								
T (jam)	U(t)	R1 (mm/jam)	R2 (mm/jam)	R3 (mm/jam)	R4 (mm/jam)	R5 (mm/jam)	R6 (mm/jam)	Jumlah
0	0.0	0.0						0.0
1	0.5	20.8	0.0					20
2	2.5	110	5.5	0.0				115
3	4.3	187	29.2	3.9	0.0			220
4	4.1	179	49.7	20.6	3.1	0.0		253
5	3.8	167	47.8	35	16.4	2.6	0.0	269
6	3.5	156	44.4	33	27.9	13.9	2.3	278
7	0.9	41.5	41.5	31	26.9	23.6	12.2	176
8	0.9	37.9	11.0	29	25	22.7	20.7	146
9	0.7	31.1	10.1	7.8	23.3	21.1	19.9	113
10	0.6	25.5	8.3	7.1	6.2	19.7	18.5	85
11	0.5	21	6.8	5.8	5.7	5.2	17.3	61
12	0.4	17.2	5.6	4.8	4.6	4.8	4.6	41
13	0.4	16.8	4.6	3.9	3.8	3.9	4.2	37
14	0.3	14.1	4.5	3.2	3.1	3.2	3.4	31
15	0.3	11.6	3.8	3.1	2.6	2.6	2.8	26
16	0.2	9.5	3.1	2.6	2.5	2.2	2.3	22
17	0.1	4.3	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	10
18	0.1	3.5	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	8
19	0.1	2.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	7
20	0.1	2.4	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	5
21	0.0	2.0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	4
22	0.0	1.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	3
23	0.0	1.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	3
24	0.0	1.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	2
25	0.0	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	2
26	0.0	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1
27	0.0	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1
28	0.0	0.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1
29	0.0	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
30	0.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
Debit puncak banjir								278

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

J. Analisa Evapotranspirasi

a. Klimatologi

Tabel 17 Data Klimatologi

Bulan	Temperatur minimum (°C)	Temperatur maksimum (°C)	Temperatur rata-rata (°C)	Kelembapan rata-rata (%)	Lamanya penyinaran matahari (%)	Kecepatan angin maksimum (Km/jam)	Kecepatan angin rata-rata (Km/jam)
januari	10,0	28,2	22,2	94,0	5,9	8,0	3,5
februari	16,8	28,0	22,7	92,0	18,8	19,0	5,8
maret	15,2	28,3	23,0	93,0	21,3	8,0	4,5
april	16,0	28,0	23,2	91,0	34,6	10,0	4,6
mei	14,6	29,0	23,9	86,0	46,6	8,0	5,0
juni	15,0	27,8	23,4	87,0	54,0	8,0	5,4
juli	13,4	28,0	22,7	85,0	41,7	10,0	5,0
agustus	12,2	28,2	23,4	79,0	52,3	10,0	5,3
september	13,2	29,8	24,0	74,0	68,0	9,0	6,3
oktober	15,0	30,8	24,5	81,0	55,4	8,0	7,9
november	15,8	29,0	23,7	89,0	17,2	11,0	3,8
desember	14,5	26,8	23,0	92,0	5,1	8,0	2,9
rata-rata	14,3	28,5	23,3	86,9	35,1	9,8	5,0

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

J. Evapotranspirasi

1. Temperatur rata-rata

Didapatkan dari data klimatologi yaitu 27.40

2. Tekanan uap air (Ea)

$$Ea = b + ((x-a)/(c-a) \times (d-b))$$

$$Ea = 36.515 + ((27.4 - 27.4)/(27.6 - 27.4)) \times 0.43$$

$$Ea = 36.515$$

3. Tekanan uap sebenarnya (RH)

Didapatkan dari data klimatologi yaitu 92.48

4. Tekanan uap sebenarnya (ED)

$$Ea - Ed (RH/100) = 36.515 \times (92.48/100)$$

$$Ea - Ed (RH/100) = 33.769$$

$$5. (Ea - Ed) 36.515 - 33.769 = 2.746$$

6. Kecepatan angin (U2)

Data klimatologi yaitu 80.160 km/hari

7. Kecepatan angin (Uday)

$$Uday = \text{kecepatan angin} \times (1000/86400)$$

$$= 80.160 \times (1000/86400)$$

$$= 0.928 \text{ m/detik}$$

8. Fungsi kecepatan angin (fu)

Didapat perhitungan, dengan satuan km/hari

$$Fu = 0.27 \times (1 + (0.86 \times Uday))$$

$$= 0.27 \times (1 + (0.86 \times 0.928))$$

$$= 0.485 \text{ km/hari}$$

9. Interpolasi (W)

Didapat dari nilai interpolasi tabel W dengan temperatur

$$W = b + ((x-a)/(c-a)) \times (d-b)$$

$$W = 0.769 + ((27.4 - 27.4)/(27.6 - 27.4)) \times 0.002$$

$$W = 0.769$$

10. (1-w) Faktor yang berhubungan dengan suhu (t) dan elevasi daerah)

$$(1-w) = 1 - 0.769 = 0.231$$

11. Radiasi (Ra)

Didapat lampiran yang hubungannya dengan letak lintang daerah sawah yang akan dialiri yaitu 16.10

12. Penyinaran matahari (n/N)

Didapat dari data klimatologi penyinaran % dibagi 100 yaitu 0.086

$$13. (0.25 + 0.54n/N) = (0.25 + 0.54 \times 0.086)$$

$$(0.25 + 0.54n/N) = 0.231$$

14. Radiasi gelombang pendek (Rs)

Didapat perhitungan, dengan satuan mm/hari

$$Rs = Ra (0.25 + 0.54n/N)$$

$$Rs = 16.10 (0.25 + 0.54 \times 0.086)$$

$$Rs = 16.10 \times 0.29$$

$$Rs = 4.771$$

15. Fungsi suhu (f(t))

Didapat dari nilai interpolasi tabel f(t) dengan temperatur

$$F(t) = b + (((x-a)/(c-a)) \times (d-b))$$

$$F(t) = 16.17 + (((0.0)/(0.2)) \times (-0.02))$$

$$F(t) = 16.17$$

16. Fungsi tekanan uap (f(ed))

$$F(ed) = 0.34(0.044 \times (\text{uapsebenarnya})^{0.5})$$

$$F(ed) = 0.34 - (0.044 \times (33.7690,5))$$

$$F(ed) = 0.084$$

17. Fungsi penyinaran (f(n/N))

$$F(n/N) = 0.1 + (0.9 \times \text{penyinaran matahari})$$

$$F(n/N) = 0.1 + (0.9 \times 0.086)$$

$$F(n/N) = 0.1 + 0.077$$

$$F(n/N) = 0.177$$

18. Rn1 Rn1 = f(t).f(ed).f(n/N)

$$Rn1 Rn1 = 16.17 \times 0.084 \times 0.177$$

$$Rn1 Rn1 = 0.242$$

19. Didapat dari lampiran angka koreksi (C) yaitu 1.1

$$20. Eto^* = W \cdot (0.75Rs - Rn1) + (1-w) \times F(u) \times (Ea - Ed)$$

$$Eto^* = 0.769 \times (0.75 \times 4.771 - 0.242) + (0.231 \times 0.485 \times 2.746)$$

$$Eto^* = 2.874$$

21. Eto = C x Eto*

$$Eto = 1.10 \times 2.874 = 3.161$$

K. Ketersediaan Air Metode Fj Mock

a. Data Curah Hujan

Curah hujan (P)

Didapatkan dari data curah hujan wilayah bulanan

$$P = 302.6 \text{ mm/bulan}$$

2. Hari hujan (n)

Didapatkan dari data hari hujan bulanan.

$$n = 16 \text{ hari}$$

3. Jumlah hari

Merupakan jumlah hari dalam 1 bulan.

Bulan Januari = 31 hari

b. Evapotranspirasi Aktual (Ea)

4. Evapotranspirasi Potensial (Ep)

Perhitungan evapotranspirasi penman
 modifikasi bulanan

Ep = 98 mm/bulan

5. Exposed Surface (m)

M = 50%

6. DE/Ep = (m/20) x (18-n)

DE/Ep = (50/20) x (18-16)

DE/Ep = 5 %

7. DE = Ep x (DE/Ep)

DE = 98 x 5/100

DE = 4.9

8. Ea = Ep – DE

Ea = 98 – 4.9

Ea = 93.1

c. Kelebihan Air

9. P – Ea = 302.6 – 93.1

P – Ea = 209.51 mm/bulan

10. Soil Moisture Storage (SMS)

SMS = ISMS + (P-Ea)

SMS = 200 + 209.51

SMS = 409.51 mm/bulan

11. Soil Moisture Capacity (SMC)

Jika P-Ea > 0 maka, SMC = 200

Jika P-Ea < 0 maka, SMC bulan sebelumnya
 + (P-Ea) Jadi, SMC yang digunakan adalah
 200 mm/bulan

12. Soil Storage (SS)

Jika P-Ea > 0, maka SS = 0

Jika P-Ea < 0, maka SS = P-Ea

Jadi, SS yang digunakan adalah 0 mm/bulan

13. Water Surplus (WS)

WS = (P-Ea) + SS

WS = 209.51 + 0

WS = 209.51 mm/bula

d. Limpasan & Penyimpanan Air Tanah

14. Koefisien Infiltrasi (if)

Jadi nilai koefisien infiltrasi diambil 0.65

15. Infiltration (I)

I = if x Water Surplus

I = 0,65 x 209.51

I = 136.18 mm/bulan

16. Konstanta resesi aliran (k) = 0,80

17. Percentage Factor (PF)

PF yang digunakan adalah 5%

18. $0,5 \times (1+k) \times I$

$0,5 \times (1+k) \times I = 0.5 \times (1+0.80) \times 136.1$

$0,5 \times (1+k) \times I = 122.56 \text{ mm/bulan}$

$19. k \times (Vn-1)$

$k \times (Vn-1) = 0.80 \times 150$

$k \times (Vn-1) = 120 \text{ mm/bulan}$

20. Storage Volume (Vn)

$Vn = (0,5 \times (1+k) \times I) + (k \times Vn-1)$

$= 122.56 + 120$

$= 242.56 \text{ mm/bulan}$

21. ΔVn

$\Delta Vn = Vn - (Vn - 1)$

$= 242.56 - 150$

$= 92.56 \text{ mm/bulan}$

22. Base flow (BF)

$BS = I - \Delta Vn$

$= 136.18 - 92.56$

$= 43.62 \text{ mm/bulan}$

23. Direct Run Off (DRO)

$DRO = WS - I$

$= 209.51 - 136.18$

$= 73.33 \text{ mm/bulan}$

24. Storm Run Off (SRO)

$SRO = BF + DRO + TRO$

$SRO = 43.62 + 73.33 + 0$

$SRO = 116.95 \text{ mm/bulan}$

26. Luas DAS

Das memiliki luas 103.66 km².

27. Debit

$= (116.95 \times 103.66 \times 1000) / (31 \times 24 \times 3600)$

$= 5.53 \text{ m}^3/\text{detik}$

L. Analisa Kebutuhan Air

1. Analisa Ketersediaan Air Baku

Data jumlah penduduk Desa Welulang Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan dari tahun 2021-2022. Jumlah penduduk pada tahun 2021 adalah 1242 jiwa dan pada tahun 2022 adalah 1298 jiwa.

2. Proyeksi Penduduk

$R = (Pt/Po)^{1-1}$

$= (1298/1242)^{1-1}$

$= 0,05$

$Pt = Po (1 + Rt)$

$= 1298 \times (1 + 0,05 \times 10)$

$= 1883 \text{ jiwa}$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jumlah penduduk pada tahun 2032 adalah 1883 jiwa.

Tabel 18 Proyeksi Penduduk 10 tahun

TAHUN KE-	JUMLAH PENDUDUK TAHUN 2021 (jiwa)	JUMLAH PENDUDUK TAHUN 2022 (jiwa)	Rasio	ARITMATIK
			R	P_t
2023	1242	1298	0,05	1357
2024				1415
2025				1474
2026				1532
2027				1591
2028				1649
2029				1708
2030				1766
2031				1825
2032				1883

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

2. Kebutuhan Air Baku Total

Kebutuhan air baku dalam setahun adalah sebagai berikut.

Kebutuhan air domestic

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$= 360 \times 1883 \times 30$$

$$= 20339096 \text{ L} = 203391 \text{ m}^3$$

Kebutuhan air non domestic

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$= 360 \times 1883 \times 15$$

$$= 10169548 \text{ L} = 101695 \text{ m}^3$$

Kehilangan air

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$= 360 \times 1883 \times 20$$

$$= 13559397 \text{ L} = 135594 \text{ m}^3$$

$$V_u \text{ total} = V_u \text{ domestik} + V_u \text{ non} + V_u \text{ kehilangan air}$$

$$= 203391 + 101695 + 135594$$

$$= 440680 \text{ m}^3$$

3. Penyiapan Lahan

- $E_{To} \cdot 1,1+p = 3.16 \times 1,1 + 3 = 6.4$
- LP (Lama Penyiapan)
- $LP = \text{FORECAST}(E_{To} \cdot 1,1+p; 6.4; E_{to}+p) = 12.19$

Tabel 19 Perhitungan perkolasi

Bulan	Eto	Eto*1,1+p	LP
Januari	3,1611	6,4773	12,19
Februari	3,8379	7,2217	12,63
Maret	3,4357	6,7793	11,82
April	4,0514	7,4565	12,67
Mei	3,9826	7,3809	12,63
Juni	4,3601	7,7961	12,88
Juli	4,9169	8,4086	13,25
Agustus	5,5208	9,0729	13,64
September	7,0051	10,7056	14,72
Oktober	5,1492	8,6641	13,40
November	4,7074	8,1781	12,84
Desember	3,4275	6,7703	12,36

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

4. Kebutuhan Air Irigasi

Tabel 20 Perhitungan kebutuhan air irigasi

\	SATUAN	Oktober		November		Desember		Januari		Februari	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Pola Tanam											
		PADI									
Koefisien Tanaman :											
C1		LP	LP	1,30	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	LP	LP
C2		LP	LP	1,30	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	LP	LP
C (rata-rata)		LP	LP	1,30	1,29	1,30	1,32	1,30	0,65	LP	LP
Evapotranspirasi (ETo)	mm/hr	5,15	5,15	4,71	4,71	3,43	3,43	3,16	3,16	3,84	3,84
Perkolasi (P)	mm/hr	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Penggunaan Konsumtif (ETc) = k x Eto	mm/hr	LP	LP	6,12	6,05	4,46	4,51	4,11	2,05	LP	LP
Penggantian Lapisan Air :	mm/hr										
WLR1				1,67	1,67	1,67	1,67				
WLR2				1,67	1,67	1,67	1,67				
WLR (rata-rata)				1,67	1,67	1,67	1,67				
Total Kebutuhan Air	mm/hr	13,40	13,40	12,84	12,84	12,36	12,36	12,19	12,19	12,63	12,63
Hujan Efektif	mm/hr	0,00	0,00	0,00	0,00	3,67	3,67	5,41	5,41	5,42	5,42
Kebutuhan Air Bersih	mm/hr	13,40	13,40	12,84	12,84	8,69	8,69	6,77	6,77	7,21	7,21
Kebutuhan Air Irigasi	lt/dt/ha	1,61	1,61	1,54	1,54	1,04	1,04	0,81	0,81	0,87	0,87

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

Kebutuhan diairi 40 Ha, dengan pola tanam Padi-Padi-Palawija didapatkan kebutuhan air maksimum yaitu sebesar 1,77 lt/det/ha yang terjadi pada bulan September.

M. Analisa Karakteristik Embung

1. Hub Elevasi dengan Luas Tampang

Tabel 21 Data Elevasi dan Luas Permukaan Embung

No	Elevasi	Luas(m2)	Tinggi (m)
1	330,00	1417	0,00
2	330,20	1812	0,20
3	330,60	2594	0,40
4	331,00	2618	0,40
5	331,20	2853	0,20
6	331,80	2979	0,60
7	332,00	3669	0,20
8	332,60	3803	0,60
9	332,80	3924	0,20
10	333,00	4200	0,20
11	334,00	4602	1,00
12	335,00	5651	1,00

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

2. Hubungan Elevasi dengan Volume

$$V1 = ((A0+A1)/2) \times (a1-a0)$$

$$= ((1417+1812)/2) \times (330,2-330)$$

$$= 323 \text{ m}^3$$

$$V1 = V1 + 0$$

$$= 323$$

Untuk perhitungan V2 adalah sebagai berikut

$$V2 = ((A2+A1)/2) \times (a2-a1)$$

$$= ((1812+2594)/2) \times (330,6-330,2)$$

$$= 881 \text{ m}^3$$

Volume kumulatif V2 adalah

$$V2 = V2 + V1$$

$$= 881 + 323$$

= 1204 m³

Tabel 22 Volume Tampungan Embung

No	Kedalaman	Luas (m ²)	Beda Tinggi (m)	Volume (m ³)	Volume kumulatif (m ³)
1	330,00	1417	0,00	0	0
2	330,20	1812	0,20	323	323
3	330,60	2594	0,40	881	1204
4	331,00	2618	0,40	1042	2247
5	331,20	2853	0,20	547	2794
6	331,80	2979	0,60	1750	4543
7	332,00	3669	0,20	665	5208
8	332,60	3803	0,60	2242	7450
9	332,80	3924	0,20	773	8222
10	333,00	4200	0,20	812	9035
11	334,00	4602	1,00	4401	13436
12	335,00	5651	1,00	5127	18562

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

3. Kapasitas Tampung Embung Berdasar Ketersediaan Air (Vh)

$$V = 0,04 \times 31 \times 86400 = 101402 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{hujan}} = R_{\text{Januari}} \times A_{\text{embung}} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{hujan}} = 1.4 \times 10^{-8} \times 5651 \times 31 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{hujan}} = 214 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{Januari}} + V_{\text{hujan}} = 101402 + 214$$

$$V_{\text{total}} = 101616 \text{ m}^3$$

N. Neraca Air

1. Ketersediaan Air

Data ketersediaan air ini didapatkan dari hasil.

Tabel 23 Data Ketersediaan Air

No	Bulan	Jumlah hari	V		Hujan yang jatuh m ³	V total m ³
			m ³ /s	m ³		
1	Januari	31	0,04	101402	214	101616
2	Februari	28	0,01	21300	50	21349,6
3	Maret	31	0,01	24164	51	24214,6
4	April	30	0,01	21008	46	21053,4
5	Mei	31	0,01	15694	33	15727,3
6	Juni	30	0,01	13767	30	13796,6
7	Juli	31	0,00	7974	17	7991,0
8	Agustus	31	0,00	6218	13	6230,8
9	September	30	0,00	5017	11	5028,0
10	Oktober	31	0,00	9987	21	10007,8
11	November	30	0,00	11386	25	11411,1
12	Desember	31	0,01	16325	34	16359,1
Ketersediaan Air						254785,4

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

2. Evaporasi

Tabel 24 Data Evaporasi

Bulan	Evaporasi (mm)
Januari	98,00
Februari	107,46
Maret	106,51
April	121,54
Mei	123,46
Juni	130,80
Juli	152,42
Agustus	171,14
September	210,15
Oktober	159,63
November	141,22
Desember	106,25

rerata	135,72
--------	--------

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

3. Resapan pada Embung

Nilai resapan pada embung adalah sebesar 10% dari tampungan akhir yang terjadi karena dasar dan dinding embung bersifat semi lulus air.

4. Inflow

Perhitungan inflow seperti berikut

$$\text{In Januari} = V \text{ ketersediaan air Januari} - ((E \text{ Januari} / 1000) \times A_{\text{embung}}) - \text{Resapan}$$

$$\text{In Januari} = 101616 - 553.7 - 1856$$

$$\text{In Januari} = 99206 \text{ m}^3$$

6. Air Baku

Outflow kebutuhan air baku domestik sebesar 30 l/kapita/hari, kebutuhan air baku non domestik sebesar 15 l/kapita/hari, dan kehilangan air sebesar 20 l/kapita/hari. Sehingga total kebutuhan air bakunya adalah 65 l/kapita/hari. Berdasarkan kebutuhan air baku tersebut, maka outflow selama satu tahun dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Of Januari} = \text{Jumlah hari} \times (\text{kebutuhan air baku}/1000) \times \text{jumlah penduduk} = 31 \times (65/1000) \times 1883 = 3795 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka outflow untuk tiap bulan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 25 Nilai Outflow

Bulan	Jumlah hari	Air baku (m ³)
Januari	31	3795
Februari	28	3428
Maret	31	3795
April	30	3672
Mei	31	3795
Juni	30	3672
Juli	31	3795
Agustus	31	3795
September	30	3672
Oktober	31	3795
November	30	3672
Desember	31	3795

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

7. Irigasi

$$\text{Of Januari I} = (NFR \text{ Januari I}/1000) \times 3600 \times 24 \times \text{Asawah} = (0.81/1000) \times 3600 \times 24 \times 40 = 2810 \text{ m}^3$$

Tabel 26 Kebutuhan Air Irigasi 40ha

Bulan	Periode	Jumlah hari	NFR (l/dt/ha)	Keb. Air Irigasi (m ³)	Jumlah (m ³)
Januari	I	31	15	0.81	2810
	II		16	0.81	2810
Februari	I	28	15	0.87	2991
	II		13	0.87	2991
Maret	I	31	15	0.89	3079
	II		16	0.89	3079

Bulan	Periode	Jumlah hari	NFR (l/dt/ha)	Keb. Air Irigasi (m ³)	Jumlah (m ³)
April	I	30	15	1.16	3992
	II		15	1.16	3992
Mei	I	31	15	1.50	5190
	II		16	1.50	5190
Juni	I	30	15	1.54	5336
	II		15	1.54	5336
Juli	I	31	15	1.59	5493
	II		16	1.59	5493
Agustus	I	31	15	1.64	5658
	II		16	1.64	5658
September	I	30	15	1.77	6106
	II		15	1.77	6106
Oktober	I	31	15	1.61	5557
	II		16	1.61	5557
November	I	30	15	1.54	5326
	II		15	1.54	5326
Desember	I	31	15	1.04	3604
	II		16	1.04	3604

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

O. Perencanaan Jaringan

1. Perencanaan Jaringan Air Baku

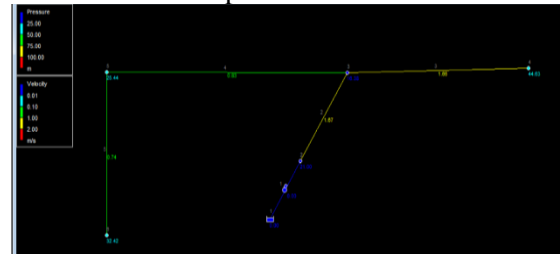
Berikut ini merupakan peta jaringan pipa air baku diameter salurannya.



Gambar 12 Peta Jaringan Air Baku

(Sumber : Aplikasi Google Earth, 2023)

2. Hasil Analisa Epanet Versi 2.2



Gambar 13 Peta Jaringan Pipa Air Baku

(Sumber : Aplikasi Epanet 2.2, 2023)

Tabel 28 Hasil Perhitungan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih

Node	Pipa	Elevasi (m)	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa (mm)	Kecepatan Velocity (m/s)	Tekanan Pressure (m)
3	2	333	400	200	1,67	16,38
4	3	270	1122	100	1,66	44,63
5	4	320	1031	200	0,83	25,44
6	5	310	704	150	0,74	32,42

(Sumber : Aplikasi Epanet 2.2, 2023)

Dari hasil perhitungan jaringan pipa didapatkan panjang pipa 2 adalah 400 m, diameter pipa 2 adalah 200 mm, kecepatan aliran 1,67 m/s, pressure 16,38 m dan untuk pipa lainnya bisa dilihat pada tabel diatas.

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

8. Menentukan Volume Komulatif Inflow

Nilai Volume komulatif bulan Januari adalah 99206 m³ karena januari merupakan awal bulan maka nilai komulatifnya sama dengan inflow. VKI Februari = VKI Januari + Inflow Februari = 99206 + 18886 = 118092 m³

9. Menentukan Volume Komulatif Outflow

Nilai volume komulatif bulan Januari adalah 9414 m³ karena januari merupakan awal bulan maka nilai komulatifnya sama dengan outflow. VKO Februari = VKO Januari + Outflow Februari = 9414 + 9410 = 18824 m³

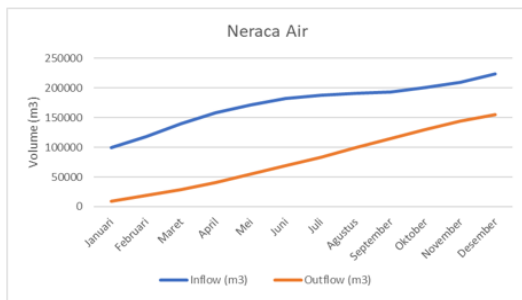
10. Menentukan Selisih Inlow

(I-O) Januar = 99206 – 9414 = 89792 m³

Tabel 27 Neraca Air

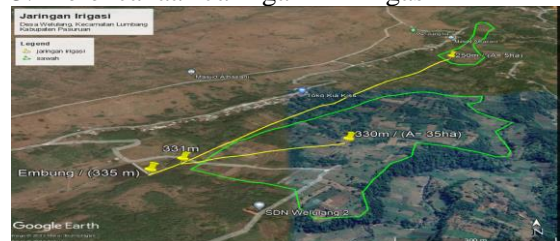
Bulan	Jumlah hari	Evaporasi (m ³)	Resapan (m ³)	Ketersediaan Air (m ³)	Inflow (m ³)	Volume Komulatif Air baku (m ³)	Outflow (m ³)	Jumlah Irigasi	Volume Komulatif Irigasi (m ³)	I-O (m ³)	Keterangan
Januari	31	98	1856	101616	99206	99206	3795	5619	9414	89792	Terpenuhi
Februari	28	107,4	1856	21350	118092	118092	3429	5983	9410	18824	Terpenuhi
Maret	31	106,5	1856	24215	139849	139849	3795	6158	9953	28777	Terpenuhi
April	30	121,5	1856	21665	168499	168499	3672	7985	11657	40354	Terpenuhi
Mei	31	123,4	1856	18727	171533	171533	3795	10381	14176	54610	Terpenuhi
Juni	30	130,8	1856	13797	182731	182731	3672	10672	14345	68954	Terpenuhi
Juli	31	152,4	1856	7991	188007	188007	3795	10986	14781	83735	Terpenuhi
Agustus	31	171,1	1856	6251	191415	191415	3692	11764	15599	99294	Terpenuhi
September	30	210,1	1856	5028	193399	193399	3672	12212	15884	115179	Terpenuhi
Oktober	31	159,6	1856	10008	200648	200648	3795	11112	14908	130987	Terpenuhi
November	30	141,2	1856	11441	209495	209495	3672	10652	14234	144111	Terpenuhi
Desember	31	100,2	1856	16899	223396	223396	3795	7268	11080	155414	Terpenuhi

(Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)



Gambar 11 Grafik Neraca Air

3. Perencanaan Jaringan Air Irigasi

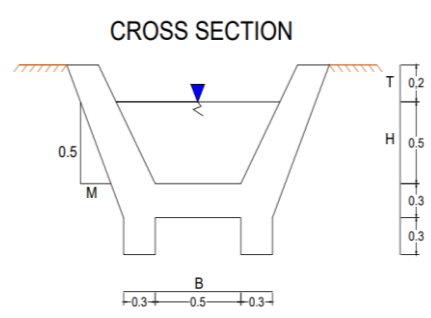


Gambar 14 Jaringan Irigasi

(Sumber : Aplikasi Google Earth, 2023)

4. Perhitungan Dimensi Saluran 1

Elevasi awal saluran = 335m
 Elevasi akhir saluran = 330 m
 Panjang saluran (L) = 509 m
 Debit kebutuhan (Q keb) = 1,77 lt/det/ha
 Luas areal yang dialiri = 35 ha
 Efisiensi saluran = 90%
 Koefisien kekasaran = 35
 Kemiringan saluran (I) = (Elevasi awal sal -
 Elevasi akhir sal) / Panjang sal (L)
 Kemiringan saluran (I) = (335-330)/509
 Kemiringan saluran (I) = 0.01
 Debit rencana (Q) = Debit Kebutuhan
 x luas area sawah
 Debit rencana (Q) = 1.77 x 5
 Debit rencana (Q) = 0,06m³/det
 Pengambilan intake (DR) = Debit rencana /
 efisiensi saluran = 0.061 / 0.9
 Pengambilan intake (DR) = 0,06 m³/det
 Dicoba :
 B = 0.5 m
 H = 0.5 m
 M = 0.5 m
 T = 0.2 m
 $A = (b + m \times h) \times h$
 $= (0.5 + 0.5 \times 0.5) \times 0.5 = 0.38 \text{ m}^2$
 $P = B + 2H \times (m + 1)0,5$
 $= 0.5 + (2 \times 0.5) \times (0.52 + 1)0,5$
 $= 1,6 \text{ m}$
 $R = A/P$
 $= 0.38/1.6$
 $= 0.2 \text{ m}$
 $V = K \times R^{2/3} \times I^{0,5}$
 $= 35 \times 0.22/3 \times 0,010,5$
 $= 0.06 \text{ m/det}$
 $Q = A \times V$
 $= 0.38 \times 0.06$
 $= 6,03 \text{ m}^3/\text{det}$
 $T = 1/3 \times 0.5$
 $= 0.2$
 $DR < Q_{hitung}$
 $0,06 < 6,03 \text{ (oke)}$



Gambar 15 Cross Section Saluran 1
 (Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

5. Perhitungan Dimensi Saluran 2

Elevasi awal saluran = 331m
 Elevasi akhir saluran = 250 m
 Panjang saluran (L) = 1314 m
 Debit kebutuhan (Q keb) = 1,77 lt/det/ha
 Luas areal yang akan dialiri = 5 ha
 Efisiensi saluran = 90%
 Koefisien kekasaran = 35
 Kemiringan saluran (I) = (Elevasi awal
 sal - Elevasi akhir sal) / Panjang sal (L)
 Kemiringan saluran (I) = (331-250)/1314
 Kemiringan saluran (I) = 0,06
 Debit rencana (Q) = Debit
 Kebutuhan x luas area sawah
 Debit rencana (Q) = 1,77 x 5
 Debit rencana (Q) = 0,008 m³/det
 Pengambilan intake (DR) = Debit rencana /
 efisiensi saluran
 Pengambilan intake (DR) = 0.008 / 0.9
 Pengambilan intake (DR) = 0,0098 m³/det
 Dicoba :
 B = 0.5 m
 H = 0.5 m
 M = 0.5 m
 T = 0.2 m
 $A = (b + m \times h) \times h$
 $= (0.5 + 0.5 \times 0.5) \times 0.5$
 $= 0.38 \text{ m}^2$
 $P = B + 2H \times (m + 1)0,5$
 $= 0.5 + (2 \times 0.5) \times (0.52 + 1)0,5$
 $= 1,6 \text{ m}$
 $R = A/P$
 $= 0.38/1,6$
 $= 0.2 \text{ m}$
 $V = K \times R^{2/3} \times I^{0,5}$
 $= 5 \times 0.22/3 \times 0,060,5$
 $= 0.15 \text{ m/det}$
 $Q = A \times V$
 $= 0.38 \times 0.15$

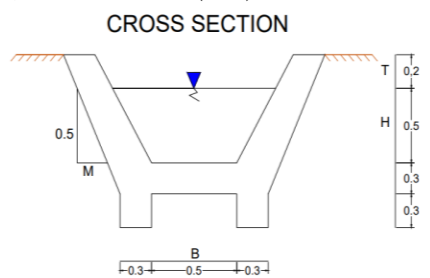
$$= 2,4 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$T = 1/3 \times 0.5$$

$$= 0.2$$

$$DR < Q_{\text{hitung}}$$

$$0,0098 < 2.4 \text{ (oke)}$$



Gambar 16 Cross Section Saluran 2
 (Sumber : Data dan Hasil Perhitungan, 2023)

5. PENUTUP

a. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Kapasitas Embung Welulang diperoleh dengan analisis kapasitas embung berdasarkan ketersediaan air (V_h), yaitu sebesar 254785.4 m³. Volume tampungan matinya adalah 2247 m³. Sedangkan untuk tampungan hidupnya adalah selisih dari volume maksimal dengan tampungan mati, yaitu 252538.4 m³.
- 2 Analisa kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun yaitu pada tahun 2032. Jumlah penduduk pada tahun 2035 adalah 1883 jiwa dengan kebutuhan air baku total adalah 440680 m³. Analisa kebutuhan air irigasi sawah seluas 40 Ha dengan pola tanam Padi-Padi-Palawija didapatkan kebutuhan air maksimum yaitu sebesar 1,77lt/det/ha yang terjadi pada bulan September. Jadi total kebutuhan air irigasi dalam satu tahun adalah 110734 m³.
- 3 Pipa 2 elevasi 333m dengan panjang pipa 400m mempunyai diameter pipa 200mm, kecepatan aliran 1.67 m/s dan tekanan 16.38 m, Pipa 3 elevasi 270m dengan panjang pipa 1122m mempunyai diameter pipa 100mm, kecepatan aliran 1.66 m/s dan tekanan 44.63 m, Pipa 4 elevasi 320m dengan panjang pipa 1031m mempunyai diameter pipa 200mm, kecepatan aliran 0.83 m/s dan tekanan 25.44 m, Pipa 5

elevasi 704m dengan panjang pipa 150m mempunyai diameter pipa 150mm, kecepatan aliran 0.74 m/s dan tekanan 32.42 m

- 4 Dari hasil analisa pada perencanaan saluran irigasi di daerah Embung Welulang Desa Welulang kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan, dengan luas areal sawah yang di aliri sebesar 40 hektar dapat disimpulkan sebagai berikut. Saluran 1 Direncanakan Menggunakan Bentuk Trapesium Dengan panjang saluran 509m, elevasi awal 335m dan elevasi akhir saluran 330m Didapatkan Debit Rencana (Q) sebesar 0.06 m³/detik, dengan Kecepatan Aliran (V) sebesar 0.06 m/detik. Pengambilan Air di Intake (DR) sebesar 0.06 m³/detik dengan efisiensi saluran 90%.

b. Saran

Beberapa saran dengan melihat hasil penelitian ini:

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dipertimbangkan untuk mencari kapasitas embung dengan metode lain seperti metode ripple atau sebagainya untuk mendapatkan hasil kapasitas yang lebih akurat.
2. Agar embung dapat berfungsi dengan maksimal, maka perlu diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan secara teratur.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Aflah, T. G., S. H., & Soedarsono. (2022). Perencanaan Jaringan Perpipaan Kawasan Tumbuh Kembang Perumahan Desa Logandeng Kabupaten Gunungkidul Menggunakan Aplikasi Epanet 2.0. *Serambi Engineering*, VII, 2772 - 2782.
- Akbar, Y. (2020). Studi Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) pada Embung Welulang di Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, VIII, 292-304.

- Ansori, M. B., Edijatno, & Soesanto, S. R. (2018). Irigasi Dan Bangunan Air. 2018: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anwar, & Fanani, R. C. (2020). Analisis Ketersediaan Air Embung sebagai Sumber untuk Memenuhi Kebutuhan Air Irigasi Pekon Podosari Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Teknik Sains*, V, 37-43.
- Bustomi, Z. A., Hendarmawan, & Zakaria, Z. (2021). Ketersediaan Air Embung Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Di Kawasan Kampus Jatinangor. *Dinamika Rekayasa*, XVII, 149-157.
- Fiandra, F., & Wardono, H. (2022). Kajian Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Baku Kabupaten Mesuji. *Jurnal Rekayasa Lampung*, I, 17-23.
- Gazali, A. (2019). Kajian Potensi Ketersediaan Air Pada Embung Rantau Baru Guna Kebutuhan Air Irigasi Di Sub Daerah Aliran Sungai Tapin. *Jurnal Kacapuri*, II, 11-23.
- Hadihardjaja, J. (1997). Irigasi Dan Bangunan Air. Jakarta: Gunadarma.
- Lintang, P. K. (2015). Studi Alternatif Perencanaan Fishway Pada Bendung Welulang Di Desa Welulang Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan. *Universitas Brawijaya*, 1-15.
- Mirza, I., Meilianda, E., & Azmeri, A. (2020). Kajian Optimasi Pemanfaatan Embung Paya Sepat Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Irigasi D.I. Cubo Trienggandeng Zona III Kabupaten Pidie Jaya. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP)*, III, 20-28.
doi:<https://doi.org/10.24815/jarsp.v3i1.16451>
- Putra, T. P., Lisha, S. Y., & Fitriada, W. (2021). Analisis Sistem Distribusi Air Bersih Menggunakan Epanet 2.0 DI PDAM Tirta Langkisau Unit Pelayanan Lumpo. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1-6.
- Qotrunnada, Z (2022). Analisa Stabilitas Finite Element Method Bendungan Tipe Urugan (Studi Kasus : Embung Welulang Pasuruan). *Jurnal Smart Teknologi*, III, 456-469.
- Ramadhan . (2014). Analisis Hidrolika Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Di Komplek Perumahan PT Pusri Palembang Menggunakan Epanet 2.0. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, II, 525-531.
- Rozikin, Q., & Asmorowati, E. T. (2019). Kajian Pemanfaatan Air Embung Untuk Kebutuhan Air Bersih Pada Desa Pucuk Kecamatan Dawarblandong Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Teknik Unim*, 1-7.
- Satriyo, A. B., & Astuti, S. Y. (2022). Analisis Keandalan Embung Selopamioro Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku Dan Irigasi Daerah Imogiri Bantul. *Teknisia*, XXVII, 113-121.
- Subagyo, S. I., Hanggara, I., & Susilo, H. (2021). Kajian Potensi Mini Dam / Embung (Studi Kasus Di Kabupaten Nganjuk) Berbasis Data Rupa Bumi Indonesia (RBI) Dan Debit Andalan Metode FJ. Mock. *Jurnal Online Skripsi*, II, 295-301.
- Rizal, N. S. (2023). Optimasi Perencanaan Sistik Jaringan Pipa Air Bersih dengan Penambahan Valve Menggunakan Program Epanet. *Jurnal Smart Teknologi*, 703 –714.
- Rizal, N. S. (2022). Kajian Model Fisik Perbandingan Perilaku Aliran pada Bendung dengan Kolam Olak tipe USBR II, III, IV. *Jurnal Smart Teknologi*, 576 –591.

Rizal, N. S. (2023). Perencanaan Peredam Energi Tipe Submerged Bucket Beserta Analisa Stabilitas Bendung Sumberbulu Terhadap Beban Gempa Dengan Software Geostudio. *Jurnal Smart Teknologi*, 53-66.

Abadi, T. (2023). Analisis dan Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Sampean Bondowoso dengan Menggunakan Program Hec-Ras 4.1. *Jurnal Smart Teknologi*, 1-8.

Priyono, P. (2024). Kajian Efisiensi Pembuatan Kolam Penampungan Untuk Penanggulangan Banjir Di Perumahan Istana Tegal Besar Kabupaten Jember. *Jurnal Smart Teknologi*, 209-220.

Widjatomoko, & Soewadi, I. (2001). Irigasi. Semarang: Universitas Diponegoro.