

Perencanaan Bendung Dalam Mengoptimisasi Penggunaan Air Irigasi Pertanian Di Wilayah Desa Tongko Kecamatan Baroko Kabupaten Enrekang

Sald, Inarmiwati, Saleh, Elihami

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Enrekang

ABSTRAK

Kabupaten Enrekang memiliki pertanian yang berkembang pesat, terutama hortikultura. Desa Tongko kecamatan Baroko merupakan salah satu daerah penghasil pertanian terbesar yang ada di kabupaten Enrekang, namun akhir-akhir ini proses produksi seringkali mengalami kendala, kondisi ini terjadi karena masih ada lahan pertanian yang belum dapat diari secara baik. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan bangunan bendung yang dapat mengoptimalkan penggunaan air irigasi pertanian di Desa Tongko, Kecamatan Baroko, Kabupaten Enrekang. Daerah tersebut sering menghadapi masalah air, baik saat musim hujan yang menyebabkan banjir maupun musim kemarau yang menyebabkan kekeringan. Dengan tidak adanya bendung, lahan pertanian di daerah tersebut mengalami kesulitan air sehingga menghambat produksi pertanian. Penelitian ini menggunakan metode survei lapangan, wawancara, serta analisis data sekunder dari berbagai sumber terkait. Perhitungan teknis dilakukan untuk menentukan curah hujan, debit banjir, kebutuhan air irigasi, dan desain bendung yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangunan bendung di Sungai Mata Allo dapat meningkatkan efisiensi distribusi air irigasi, mengurangi risiko kekeringan, serta meningkatkan produksi pertanian di Desa Tongko. Berdasarkan hasil dan analisis perencanaan Bendung diperoleh dimensi bendung dengan tinggi 5,86 m, lebar efektif 13,91 m, tipe mercu bulat, kolam olakan tipe MDO dengan panjang 9,53 m, 1 pintu pembilas, dan satu pintu pengambilan. Dengan implementasi rencana ini, diharapkan dapat memberikan solusi jangka panjang untuk masalah pengelolaan air di wilayah tersebut dan mendukung keberlanjutan pertanian lokal. Bendung yang direncanakan tidak hanya bermanfaat untuk irigasi tetapi juga dapat berfungsi sebagai pengendali banjir dan sumber air minum.

Kata Kunci: Perencanaan Bendung, Irigasi Pertanian, Pengelolaan Air, Desa Tongko, Kabupaten Enrekang.

Pendahuluan Latar Belakang

Desa Tongko kecamatan Baroko merupakan salah satu daerah penghasil pertanian terbesar yang ada di kabupaten Enrekang, Namun akhir-akhir ini proses produksi seringkali mengalami kendala, kondisi ini terjadi karena masih ada lahan pertanian yang belum dapat diari secara baik dikarenakan tantangan dasar yang terus berlanjut seperti musim yang berubah dan akses air tidak merata.

Sungai Mata Allo merupakan sungai yang mengalir di dekat desa

Tongko, namun lahan pertanian penduduk selalu mengalami kesulitan air, karena tiadanya bangunan bendung yang berfungsi menampung air yang akan dialirkan ke saluran irigasi sehingga hanya mengandalkan langsung dari sungai, problematika lainnya adalah sebagian elevasi daerah pertanian mereka lebih tinggi dari elevasi Sungai Mata Allo karena sebagian besar penduduk sekitar adalah petani, mereka membutuhkan air untuk mengairi lahan pertanian mereka.

Reformasi diperlukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber

daya air untuk meningkatkan produksi pertanian dan pengelolaan air yang lebih optimal. Di beberapa daerah dengan sungai yang cukup besar dan deras alirannya beberapa bendung dapat digunakan untuk membentuk sistem transportasi air ini juga dapat digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air di saluran atau sungai. Di Desa Tongko, dapat digunakan untuk irigasi dalam kasus di mana muka air sungai lebih rendah dari muka tanah yang akan diairi. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, sebagian besar sistem irigasi tidak digunakan lagi karena kebutuhan air sudah tidak terpenuhi. Defisit air untuk irigasi disebabkan oleh absennya bangunan bendung senamgai sumber air.

Berdasarkan analisis terhadap permasalahan tersebut, disarankan pembangunan bendung untuk meningkatkan debit air sungai dan memenuhi kebutuhan irigasi petani setempat. Sehubungan dengan hal tersebut penelitian ini akan berfokus pada “Perencanaan Bendung Dalam Mengoptimalkan Penggunaan Air Irigasi Pertanian Di Wilayah Desa Tongko Kecamatan Baroko Kabupaten Enrekang”.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan ini adalah

1. mengetahui Perencanaan Bendung pada DAS sungai Mata Allo di wilayah Desa Tongko Kecamatan Baroko Kabupaten Enrekang
2. Mengetahui Optimalisasi penggunaan air irigasi di wilayah Desa Tongko Kecamatan Baroko Kabupaten enrekang.

Tinjauan Pustaka

Bendung

Bendung adalah struktur bangunan yang dibangun menggunakan beton, bronjong atau pasangan batu kali yang posisinya melintang di saluran sungai, Hal ini berguna untuk mengatur ketinggian permukaan air agar air dapat mengalir ke bidang-bidang yang membutuhkan

Irigasi

Kata irigasi berasal dari bahasa Inggris (irrigation), yang berarti air atau luapan. Irigasi didefinisikan sebagai upaya manusia untuk mengairi lahan pertanian. Irigasi adalah penyediaan, ekstraksi, distribusi, pengiriman, dan pengaliran air dengan menggunakan sistem, saluran air, dan bangunan tertentu untuk mendukung produksi persawahan, perikanan, dan pertanian.

Optimalisasi

Optimalisasi adalah suatu proses kegiatan untuk meningkatkan dan mengoptimalkan suatu pekerjaan menjadi lebih/sepenuhnya sempurna, fungsional, atau lebih efektif serta mencari solusi terbaik dari beberapa masalah agar tercapai tujuan sebaik-baiknya sesuai dengan kriteria tertentu.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini bertempat di anak sungai Mata Allo Di Wilayah Dusun Rano Desa Tongko Kecamatan Baroko Kabupaten Enrekang dilaksanakan kurang lebih 3 bulan dari tanggal 1 Februari 2024 sampai tanggal 30 April 2024



Gambar 1 Lokasi penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan antara lain :

1. Survey Lokasi, yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung di lapangan.
2. Teknik wawancara, yaitu Mengumpulkan data secara langsung dari sumbernya dengan cara mewawancarai petani dan masyarakat.

Instrument Pengamatan

Adapun instrumen yang digunakan dalam proses pengumpulan data adalah:

1. Alat ukur, digunakan untuk menentukan dimensi sungai.
2. Stopwatch, digunakan untuk menghitung waktu
3. Kamera/Hp, merupakan alat yang digunakan di lokasi untuk mengambil dokumentasi
4. Perlengkapan tulis menulis.

Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Curah Hujan Rencana

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, Curah hujan di kecamatan Baroko pada stasiun No 401 I, Curah hujan di kecamatan Alla pada stasiun No 399 D, Curah hujan di kecamatan Masalle pada stasiun No 400 I. Untuk mendapatkan harga curah hujan rerata

dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} R_1 + R_2 + R_3$$

Ket:

\bar{R} = Rata-rata curah hujan daerah (mm)

n = jumlah titik-titik pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

$$\bar{R} = \frac{138+166+138}{3}$$

$$\bar{R} = 147.3$$

Dari hasil perhitungan parameter statistik log pearson tipe III, diperoleh nilai rata-rata $\log \bar{x} = 2,18$, nilai deviasi standar $S \log \bar{x} = 0,14$, koefisien kemencengan $C_s = 0,2$, dengan menggunakan persamaan $\log X_t = \log \bar{X} + K (S \log \bar{X})$ maka di dapat hasil sebagai berikut.

Tabel 1. Curah Hujan Metode Log Pearson Type III

Tr (Periode Ulang)	Curah Hujan Rencana
2	149.233
5	195.589
10	226.705
25	266.587
50	296.660
100	327.240

B. Analisis Debit Banjir Rancangan

1. Metode Haspers

Luas DAS (A) = 18,78 km²

Panjang Sungai (L) = 9,91 km

Kemiringan Sungai (i) = 0,09

Perhitungan:

- a. Waktu konsentrasi
 $t = 0,10 \times L^{0,8} \times i^{-0,3}$
 $t = 0,10 \times 9,91^{0,8} \times 0,09^{-0,3}$
 $t = 1,3$ jam
- b. Koefisien reduksi
 $\beta = 0.902$
- c. koefisien run off (X)
 $X = 0,690197$

- d. Curah Hujan Harian Maksimum Rencana Periode Ulang T Tahun.

$$RT = (t \cdot RT)/(t+1)$$

$$RT = 0.565264 \cdot Rt$$

- e. Hitung Debit Banjir Rencana Periode Ulang T Tahun

$$Q = X \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

$$Q = 0.690197 \times 0.902 \times 0.12076 Rt \times 18,87$$

$$Q = 1.411583 Rt$$

Distribusi debit banjir rencana periode T tahun dengan Metode Haspers dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Distribusi Debit Banjir Rencana Periode T Tahun Dengan Metode Hasper.

Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m ³ /det)
2	210.655
5	276.090
10	320.012
25	376.309
50	418.760
100	461.926

2. Metode Der Weduwen

Luas DAS (A) = 18,78 km²

Panjang Sungai (L) = 9,91 km

Kemiringan Sungai (i) = 0,09

Perhitungan:

Digunakan t coba-coba = 2,5 jam

$$Q = 136.548$$

$$t = 0.25 \cdot 9,91 \cdot 136.548 \cdot 0,125 \times 0.087^{-0,25}$$

$$= 2.46 \text{ (Ok)}$$

karena nilai t coba coba sama dengan nilai t hitung,

maka perhitungan dapat dilanjutkan. Distribusi debit banjir rencana periode T tahun dengan Metode Der Weduwen dapat disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3. Distribusi debit banjir rencana periode T tahun dengan Metode Der Weduwen

Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rencana (m ³ /det)
2	136.548
5	199.210
10	243.636
25	293.319
50	331.123
100	381.079

C. Analisis Debit Andalan

1. Evapotranspirasi

Perhitungan:

- Tekanan uap jenuh (ea)
ea = 27,794 mbar
- Tekanan uap aktual (ed)
ed = ea x (Rh/100)
ed = 27,794 x (87,02/100)
ed = 24,19 mbar
- Perbedaan tekanan uap
= 27,794 – 24,19
= 3,61 mbar
- Fungsi kecepatan angin f(U)
f(U) = 0,27 x (1+(U/100))
f(U) = 0,27 x (1 + (2,12/100))
f(U) = 0,28
- Nilai W
W = 0,72
- Nilai (1-W) x f(U) x (ea-ed)
= (1 – 0,72) x 0,28 x 3,61
= 0,28 mm/hari
- Radiasi ke bumi (Rs)
Rs = ((0,25 + 0,5) x (penyinaran matahari x Ra) / 100
Ra = penyinaran matahari teoritis yang tergantung pada lintang
Ra = 15,41
Maka
Rs = ((0,25 + 0,5) x (35,74 x 15,41) / 100
Rs = 4,13 mm/hari
- Radiasi gelombang bersih (Rns)
Rns = (1 – 0,25) x Rs
Rns = (1 – 0,25) x 4,13

Rns = 3,10 mm/hari

- Pengaruh temperatur f (T)
f (T) = 15,16
- Pengaruh tekanan uap f (ed)
f (ed) = (0,34 – 0,044) x ed^{0,5}
f (ed) = (0,34 – 0,044) x 24,19^{0,5}
f (ed) = 0,12
- Pengaruh presentase penyinaran matahari f (n/N)
f (n/N) = 0,1 + 0,9 x (penyinaran matahari / 100)
f (n/N) = 0,1 + 0,9 x (35,74 / 100)
f (n/N) = 0,42
- Radiasi bersih gelombang panjang (Rnl)
Rnl = f (T) x f (ed) x f (n/N)
Rnl = 15,16 x 0,12 x 0,42
Rnl = 0,79
- Radiasi bersih (Rn)
Rn = Rns – Rnl
Rn = 3,10 – 0,79
Rn = 2,31
- Evapotranspirasi potensial (Eto)
Eto = Eto = c . { W . Rn + (1 – W) . f (U) . (ea-ed) }
Eto = 1,1 (0,72 x 2,31 + 0,28 x 0,28 x 3,61
Eto = 2,13 mm/hari

Tabel 4. Tabel hasil perhitungan evapotranspirasi metode penman modifikasi

Parameter	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
suhu	(°C)	22.8	22.8	22.8	23.0	23.2	22.5	21.8	22.1	22.4	23.1	23.0	23.1
Penyinaran matahari	%	35.74	38.98	36.2	38.18	38.56	31.74	29.8	39.3	40.7	48	46.86	38.16
Kelembaban-relatif (Rh)	%	87.02	87.96	87.18	88.02	87.72	88.6	88.94	86.72	84.5	84.24	86.32	86.66
Kecepatan angin (U)	m/det	2.12	2.32	2.2	2.16	2.14	2.56	2.26	3.08	3.1	2.78	2.34	2.36
Lintang		3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
Tekanan uap jenuh (ea)	mbar	27.79	27.79	27.79	28.10	28.45	27.22	26.04	26.50	27.15	28.31	28.10	28.31
Tekanan uap aktual (ed)	mbar	24.19	24.45	24.23	24.46	24.38	24.63	24.72	24.10	23.49	23.41	23.99	24.09
Perbedaan tekanan uap (ea-ed)	mbar	3.61	3.35	3.56	3.64	4.07	2.59	1.32	2.40	3.66	4.90	4.11	4.22
Kecepatan fungsi angin f (U)		0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
W		0.72	0.72	0.72	0.72	0.73	0.72	0.71	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72
nilai (1-W)*(f(U))*(ea-ed)	mm/hari	0.28	0.26	0.28	0.28	0.31	0.20	0.11	0.19	0.29	0.38	0.32	0.32
Radiasi lapisan atmosfer (Ra)	mm/hari	15.41	15.75	15.65	15.00	13.94	13.34	13.54	14.40	15.15	15.55	15.41	15.26
Radiasi ke bumi (Rs)	mm/hari	4.13	4.61	4.25	4.29	4.03	3.18	3.03	4.24	4.62	5.60	5.41	4.37
Radiasi gelombang bersih (Rns)		3.10	3.45	3.19	3.22	3.02	2.38	2.27	3.18	3.47	4.20	4.06	3.28
(1-W)		0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28
Pengaruh temperatur f (T)		15.16	15.16	15.16	15.20	15.24	15.10	14.95	15.01	15.09	15.22	15.20	15.22
Pengaruh tekanan uap f (ed)		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12
Pengaruh persentase penyinaran matahari F (n/N)		0.42	0.45	0.43	0.44	0.45	0.39	0.37	0.45	0.47	0.53	0.52	0.44
Radiasi bersih gelombang panjang (Rnl)		0.79	0.84	0.80	0.83	0.84	0.71	0.67	0.84	0.89	1.03	0.99	0.84
Radiasi bersih (Rn)		2.31	2.62	2.39	2.40	2.19	1.67	1.60	2.34	2.58	3.17	3.07	2.44
Evapotranspirasi potensial (Eto)	mm/hari	2.13	2.36	2.00	1.81	1.71	1.26	1.12	1.85	2.35	2.94	2.79	2.30

$$= 63 - 58,204$$

$$= 4,796 \text{ mm/bulan}$$

2. Analisis Debit Andalan Metode FJ. Mock

Berikut langkah-langkah menghitung debit andalan Sungai Mata Allo menggunakan Metode F.J. Mock. dapat dilihat pada contoh perhitungan pada Bulan Januari Tahun 2021 sebagai berikut:

- Data-data perhitungan untuk Bulan Januari Tahun 2021 :
Curah Hujan Bulanan (R) = 63 mm/bln
Jumlah Hari Hujan (n) = 12 hari
Evapotranspirasi Potensial bulan Januari diperoleh
 $E_{To} = 2,13 \text{ mm/hari}$.
 $E_{To} = 66,14 \text{ mm/bulan}$.
- Menentukan faktor singkapan tanah (m) = 40%
- Menghitung perubahan evapotranspirasi (Ee)
 $E_e = E_{To} (m/20) \times (18-n)$
 $= 66.14 \times (40/20) \times (18-12)$
 $= 7,937 \text{ mm/bulan}$
- Menghitung evapotranspirasi aktual (Ea)
 $E_a = E_{To} - E_e$
 $= 66.14 - 7.937$
 $= 58,204 \text{ mm/bulan}$
- Menentukan Jumlah keseimbangan air atau Water Ballance (ΔS)
 $(\Delta S) = R - E_a$

- Menentukan kapasitas kelembaban tanah (SMC).
 $SMC = 200 \text{ mm/bulan}$, jika $R - E_a \geq 0$
 $SMC = SMC \text{ bulan sebelumnya} + (R - E_a)$ jika $R - E_a < 0$
SMC pada bulan januari tahun 2021 yaitu 200 mm/bulan
- Kelebihan air (Water Surplus) Pada bulan Januari karena nilai ΔS (4,796) maka nilai kelebihan air adalah = 4,796 mm/bulan.
- Koefisien Infiltrasi (i) = 40% = 0,4
- Faktor resesi aliran air (k) = 60% = 0,6

Tabel 5. Tabel Rekapitulasi N Debit Andalan Menggunakan Metode FJ. Mock Dari 3 Stasiun

Rekapitulasi debit andalan metode fj. Mock			
Bulan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Januari	0.4132	0.2916	0.9466
Februari	1.0186	1.0885	0.6250
Maret	1.9924	1.6805	4.3099
April	2.7949	0.7461	3.4956
Mei	0.6169	0.4622	2.7788
Juni	1.2975	0.8765	3.8484
Juli	1.1220	0.8727	2.5605
Agustus	0.3168	0.2718	0.5404
September	0.3403	0.2795	0.5490
Oktober	0.3426	1.1515	0.8148
November	0.3605	0.3020	0.6352
Desember	4.5327	1.2111	2.8730

$$M = 2,35 + 2$$

$$M = 4,35$$

D. Analisis Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Tanaman Palawija

Kebutuhan air tanaman palawija adalah jumlah kebutuhan air yang dibutuhkan tanaman palawija selama pertumbuhan.

a. Menentukan curah hujan maksimum dari 3 stasiun

b. Menentukan curah hujan efektif (R_{80})

c. Menghitung evapotranspirasi tanaman (Etc) per 2 minggu.

Etc = $E_{to} \times K_c \times \text{Jumlah Hari}$
Dimana:

$$Etc = 2,13 \times 0,9 \times 15,5$$

$$Etc = 29,76 \text{ mm/2 minggu}$$

d. Hitung nilai hujan efektif dengan rumus : koreksi hujan efektif x faktor tampungan.

$$Re = 24 \times 1,07$$

$$Re = 25,68 \text{ mm/2 minggu} = 1,66 \text{ mm/hari}$$

e. Penyiapan lahan

$$IR = M \frac{e^k}{e^k - 1}$$

1) Evaporasi (E_o) = $1,1 \times E_{to}$

$$\text{Evaporasi } (E_o) = 1,1 \times 2,13 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Evaporasi } (E_o) = 2,35 \text{ mm/hari}$$

2) $M = E_o + P$

3) $K = M \cdot T / S$

$$K = 4,35 \times 30 / 100$$

$$K = 1,30$$

4) $e^k = \text{exponensial dari nilai } K$
 $e^k = 3,68$

5) $IR = M \times e^k / (e^k - 1)$

$$IR = 4,35 \times 3,68 / (3,68 - 1)$$

$$IR = 5,97 \text{ mm/hari}$$

f. Perhitungan kebutuhan air tanaman palawija

Contoh perhitungan kebutuhan air tanaman kubis pada bulan januari

Diketahui:

$$E_{to} = 2,13 \text{ mm/hari}$$

$$E_o = 2,35 \text{ mm/hari}$$

$$P = 2 \text{ mm/hari}$$

$$R_e = 1,66 \text{ mm/hari}$$

$$IR = 5,97$$

$$K_c \text{ awal} = 0,7$$

$$K_c \text{ tengah} = 1,5$$

$$K_c \text{ akhir} = 0,95$$

Penyelesaian :

1) Hitung nilai E_o di kalikan dengan K_c tanaman

$$E_o \times K_c \text{ awal} = 2,35 \times 0,7 = 1,64 \text{ mm/hari}$$

$$E_o \times K_c \text{ tengah} = 2,35 \times 1,5 = 2,46 \text{ mm/hari}$$

$$E_o \times K_c \text{ akhir} = 2,35 \times 0,95 = 2,23 \text{ mm/hari.}$$

2) Hitung kebutuhan air penyiapan lahan

$$IR - Re = 5,97 - 1,66 = 4,31$$

$$\text{mm/hari} = 0,50 \text{ lt/dtk/ha}$$

- 3) Hitung kebutuhan air 2 minggu ke 1

$$Etc = Kc \text{ awal} - Re + p$$

$$Etc = 0,7 - 1,66 + 2$$

$$Etc = 1,986 \text{ dibulatkan}$$

$$\text{menjadi } 1,99 \text{ mm/hari}$$

$$Etc = 0,23 \text{ lt/dtk/ha}$$

- 4) Hitung kebutuhan air 2 minggu ke 2

$$Etc = Kc \text{ awal} - Re + p$$

$$Etc = 0,7 - 1,66 + 2$$

$$Etc = 1,986 \text{ dibulatkan}$$

$$\text{menjadi } 1,99 \text{ mm/hari}$$

$$Etc = 0,23 \text{ lt/dtk/ha}$$

- 5) Hitung kebutuhan air 2 minggu ke 3

$$Etc = Kc \text{ tengah} - Re + p$$

$$Etc = 1,05 - 1,66 + 2$$

$$Etc = 2,808 \text{ dibulatkan}$$

$$\text{menjadi } 2,81 \text{ mm/hari}$$

$$Etc = 0,33 \text{ lt/dtk/ha}$$

- 6) Hitung kebutuhan air 2 minggu ke 4

$$Etc = Kc \text{ tengah} - Re + p$$

$$Etc = 1,05 - 1,66 + 2$$

$$Etc = 2,808 \text{ dibulatkan}$$

$$\text{menjadi } 2,81 \text{ mm/hari}$$

$$Etc = 0,33 \text{ lt/dtk/ha}$$

- 7) Hitung kebutuhan air 2 minggu ke 5

$$Etc = Kc \text{ akhir} - Re + p$$

$$Etc = 0,95 - 1,66 + 2$$

$$Etc = 2,57 \text{ mm/hari}$$

$$Etc = 0,30 \text{ lt/dtk/ha}$$

- 8) Hitung kebutuhan air 2 minggu ke 6

$$Etc = Kc \text{ akhir} - Re + p$$

$$Etc = 0,95 - 1,66 + 2$$

$$Etc = 2,57 \text{ mm/hari}$$

$$Etc = 0,30 \text{ lt/dtk/ha}$$

- g. Perhitungan kebutuhan air irigasi

1. Pola tanam dan debit rencana

Pola tana yang direncanakan yaitu 3 musim tanam.

Musim pertama pada bulan Februari -Mei yaitu tanaman tomat, musim kedua yaitu pada bulan Juni – September yaitu tanaman kubis, musim ketiga pada bulan Oktober – Januari yaitu bawang prei. Dengan luas daerah 12,13 Ha.

2. Debit rencana

Perhitungan debit rencana saluran

$$Q = (c \text{ NFR } A)/e$$

$$Q = (1 \times 12,13 \times 12,13)/0,7$$

$$Q = 210,198 \text{ lt/detik/ha}$$

$$Q = 0,210 \text{ m}^3/\text{detik}$$

E. Perencanaan Bendung

1. Pemilihan Bendung

- Tipe bendung : Bendung tetap
- Bentuk mercu : Mercu bulat
- Pengambilan air : 1 buah
- Jumlah pilar : 1
- Bangunan ukur : *crump de gruyter*
- Bidang hilir tubuh bendung dibuat dengan kemiringan yang perbandingannya 1: 1

2. Data perencanaan

- Panjang sungai = 9,91 km
- Lebar rata -rata sungai = 14,91 m
- Elevasi dasar sungai lokasi bendung = 1207,922 mdpl
- Elevasi lahan tertinggi = 1212.88 mdpl
- Debit banjir rencanan $Q_{25} = 293,32 \text{ m}^3/\text{detik}$

3. Perhitungan Elevasi Mercu Bendung.

Ketinggian bendung dirancang agar air dapat mengalir ke semua titik yang diinginkan, dengan memperhitungkan kebutuhan air dan kehilangan tekanan sepanjang jalur aliran. Dengan kata lain, bendung harus cukup tinggi agar air dapat mencapai

titik tertinggi yang ingin dialiri, namun tidak terlalu tinggi sehingga menyebabkan pemborosan energi dan kemiringan saluran yang dilalui. Maka didapatkan tinggi mercu Bendung = 5,85 meter

4. Perhitungan Lebar Efektif Bendung

Rumus:

$$Be = B - 2 (n Kp + Ka) H_1$$

$$Be = B - 2 (n . Kp + Ka) H_1$$

$$= 14.916 - 2 (1 \times 0,01 + 0,10)$$

$$H_1$$

$$= 14.916 - 0,22 H_1$$

5. Menentukan Tinggi Muka Air Di Atas Mercu

Rumus:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot Be \cdot H_1^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 293,32 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Be = 14.916 - 0,22 \times 4 = 14.036$$

$$C_d = 1,05 \text{ (asumsi)}$$

$$H_1 = 4 \text{ (trial)}$$

Maka :

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot g \cdot Be \cdot H_1^{\frac{3}{2}}$$

$$Q$$

$$= 1,05 \cdot \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 9,8 \cdot 14,036 \cdot 4^{\frac{3}{2}}$$

$$= 200.9087 \text{ (Q cek)}$$

Sinkronisasi Q acuan dengan Q cek dan nilai H1 menggunakan fitur *goal and seek* maka didapatkan

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai H1 Menggunakan Fitur *Goal And Seek*

Q	Cd	Be	H1	Q Cek
293.32	1.273654	13.91449	4.552303	293.32

Maka nilai H1 = 4,55 m

Sehingga :

$$Be = 13,91 \text{ m}$$

$$q = 293,32 / 13,91 = 21.080$$

$$\text{m}^3/\text{detik}/\text{m}^2$$

$$A = Be (p + H_1)$$

$$= 13,91 (5,858 + 4,55)$$

$$= 144,85 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{293,32}{144,85} = 2,024 \text{ m/dtk}$$

$$\frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{2,024^2}{2 \cdot 9,8} = 0.2621 \text{ m}$$

Menentukan tinggi energi

dengan Rumus:

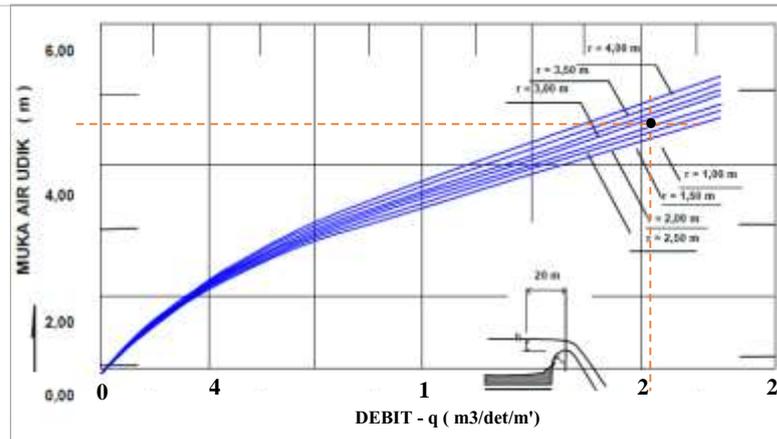
$$He = H_1 - v^2 / 2g$$

$$He = 4,55 - 0,2621 = 4.29 \text{ m}$$

Menentukan nilai jari-jari mercu bendung dengan standar perencanaan irigasi KP 02 menggunakan grafik MDO -1 pengaliran melalui mercu bendung dengan nilai $q = 21.080 \text{ m}^3/\text{detik}/\text{m}^2$

$$He = 4,29 \text{ m}$$

$$r = 2 \text{ m}$$



Gambar 3. Grafik MDO- 1 Pengaliran Melalui Mercu Bendung

6. Tinggi Air Di Hilir Bendung (Hulu Kolam Olak)

Penentuan nilai h menggunakan fitur *goal and seek*
 $h = 1,83$

Tabel 7. Perhitungan Nilai h Menggunakan Fitur *Goal And Seek*

Q Acuan	Q cek	F	P	R	C	V
293.319	293.320	28.692	19.272	1.489	28.300	10.223

7. Analisis dimensi kolam olak

Untuk menentukan ukuran yang tepat untuk kolam penahan gelombang tipe MDO, kita menggunakan grafik yang sudah dibuat oleh DPMA. Grafik-grafik ini digunakan untuk menghitung ukuran yang tepat untuk kolam penahan gelombang tipe MDO:

- Grafik untuk penentuan kedalaman lantai peredam energi
- Grafik untuk penentuan panjang lantai peredam energi
- Parameter energi dihitung dengan rumus sebagai berikut:
- Kedalaman lantai peredam energi dihitung dengan rumus:

$$E = q \sqrt{(g \cdot z^3)}$$

Debit desain persatuan lebar

$$q = Q / B_e$$

$$q = 293,32 / 13,91$$

$$q = 21,08 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}^2$$

perbedaan tinggi muka air di udik dan hilir

$z = \text{elevasi mercu bendung} + \text{tinggi muka air banjir} - \text{elevasi air di hilir bendung}$

$$z = 1213,78 + 4,290 - 1209,75$$

$$z = 8,3181 \text{ m}$$

Kedalaman air di hilir $Y = D/2$

Diketahui:

$$Q_{25} = 293,32 \text{ (m}^3/\text{detik)}$$

$$C = 1,7 \text{ (nilai koefisien)}$$

$$L = 12,43 \text{ (m)}$$

$$Y = Q^{(2/3)} / (C \times L)$$

$$Y = (293,32)^{(2/3)} / (1,7 \times 12,43)$$

$$Y = 2,089$$

$$l = 2,7 \times Y$$

$$l = 2,7 \times 2,089$$

$$l = 5,6$$

Panjang lantai dan kedalaman peredam energi :

$$L/D_2 = 1,69 \text{ (didapat dari grafik MDO - 3)}$$

Penentuan Panjang Lantai Peredam Energi)

$$L = 1,69 \times 5,6$$

$$L = 9,5 \text{ m}$$

D/D2 = 2,12 (didapat dari grafik MDO - 2 Penentuan Kedalaman Lantai)

$$D = 2,12 \times 2,089$$

$$D = 4,429 \text{ m}$$

Tinggi ambang akhir

$$a = 0,3 \times Y$$

$$a = 0,3 \times 2,089$$

$$a = 0,626 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$$

lebar ambang akhir

$$b = 2 \times a$$

$$b = 2 \times 0,3$$

$$b = 1,25 \text{ m} = 1,3 \text{ m}$$

elevasi kolam olak

elevasi minimum dasar kolam =

elevasi dasar sungai - D

elevasi minimum dasar kolam =

$$1207,92 - 4,43$$

elevasi minimum dasar kolam

$$= 1203,43$$

8. Perhitungan Bangunan intake /Pengambilan

Lebar bangunan pengambilan diambil 60% dari total lebar pembilas

Diketahui:

$$\text{Lebar pembilas} = 1,243 \text{ m}$$

Tabel 8. Perhitungan Nilai D Menggunakan Fitur *Goal And Seek*

V	V cek	Qs	d
1.37	1.37	2.65	7.27

10. Perhitungan Dimensi Saluran Pengambilan

Rumus :

Kecepatan aliran

$$V = Q/A$$

Tinggi muka air pada saluran (h)

$$h' = (A/(m+n))^{0,5}$$

$$h' = (0,669/(1+2))^{0,5}$$

$$h' = 0,387 \text{ m}$$

Lebar dasar saluran (b)

$$b = n \times h'$$

$$b = 2 \times 0,387$$

$$b = 0,774 \text{ dibulatkan jadi } 0,8 \text{ m}$$

Tinggi saluran (h)

$$h = b/n$$

$$h = 0,8 / 2$$

$$h = 0,4 \text{ m}$$

Keliling Basah (P)

$$P = b + 2.h \times (1+m^2)^{0,5}$$

Lebar bangunan pengambilan =

$$60\% \times 1,243 = 0,7458 \text{ m}$$

Jumlah pembilas = 1 buah

Perhitungan debit intake

Rumus :

$$Q = \mu . b . a \sqrt{(2 g z)}$$

$$\text{Debit intake rencana } (Q_i) =$$

$$0,918 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Lebar bukaan pintu } (b) = 0,745$$

m

$$\mu = 0,8$$

$$A = a \times b$$

$$A = 0,898 \times 0,746 = 0,669 \text{ m}^2$$

9. Pemeriksaan Diameter

Sedimen

Kecepatan aliran yang masuk ke intake dihitung dengan rumus

$$Q = 0,918 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V = Q / A \text{ (m/detik)}$$

$$V = 0,918 / 0,669$$

$$V = 1,371 \text{ m/detik}$$

Rumus yang digunakan untuk memperkirakan diameter partikel yang akan masuk ke intake,

yaitu:

$$v = 0.396 \{(Q_s-1)d\}^{0.5}$$

$$P = 0,8 + 2.0,4 \times (1 + 12)^{0,5}$$

$$P = 1,86 \text{ m}$$

Penampang basah (A)

$$A = b \times h + m \times h^2$$

$$A = 0,8 \times 0,4 + 1 \times 0,4^2$$

$$A = 0,448 \text{ m}^2$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = A / P$$

$$R = 0,448 / 1,86$$

$$R = 0,24 \text{ m}$$

Kecepatan yang direncanakan (V)

$$V = Q / A$$

$$V = 0,918 / 0,448$$

$$V = 2,04 \text{ m/detik}$$

Kemiringan dasar saluran (I)

$$I = (V/(K \times R^{2/3}))$$

$$I = (2,04/(35 \times 0,24^{2/3}))$$

$$I = 0,023$$

11. Perhitungan Panjang Lantai

Udik

Rumus yang digunakan:

$$L = L_v + 1/3 LH$$

Rumus bligh

$$L = C \times \Delta H$$

Perhitungan dilakukan pada saat tidak ada aliran diudik sehingga

$$Q = 0$$

$$L = C \times \Delta H$$

$$L = 4 \times 10,29$$

$$L = 41,15 \text{ m}$$

$$L_b = 41,15 \text{ m}$$

$$L = L_v + 1/3 L_h$$

$$L = 30,32 + 1/3 \cdot 38,62$$

$$L = 43,19 \text{ m}$$

Syarat

$$L > L_b$$

$$43,19 > 41,15 \text{ (AMAN)}$$

12. Stabilitas Bendung

a. Kondisi air setinggi mercu/normal

H bendung utama = 5,85 meter

Jari-jari mercu (r) = 2 meter

Berat jenis material

Y beton = 2,4 ton/m³

Y air = 1 ton/m³

Y sedimen = 1,5 ton/m³

Total gaya vertikal = 214,90 ton

Total gaya horizontal = 23,90 ton

Total momen tahan = 1583,65 t/m

Total momen guling = 202,07 t/m

Terhadap Guling

$$SF = \Sigma MT / \Sigma MG > 1,5$$

Dimana :

SF = faktor keamanan

ΣMT = jumlah momen tahan (Ton meter)

ΣMG = jumlah momen guling (Ton meter)

Perhitungan :

$$SF = 1583,65 / 202,07$$

$$SF = 7,84 > 1,5 \text{ (AMAN)}$$

Terhadap Geser

$$SF = f \Sigma RV / \Sigma RH > 1,5$$

Dimana :

SF = faktor keamanan

ΣRV = total gaya vertikal (Ton)

ΣRH = total gaya horisontal (Ton)

f = koefisien gesekan = (0,6 - 0,75)

Perhitungan:

$$SF = 0,7 (214,90) / 23,90$$

$$SF = 6,46 > 1,5 \text{ (AMAN)}$$

b. Kondisi air banjir

H bendung utama = 5,85 meter

Tinggi energi diatas mercu = 4,29 meter

Jari-jari mercu (r) = 2 meter

Berat jenis material

Y beton = 2,4 ton/m³

Y air = 1 ton/m³

Y sedimen = 1,5 ton/m³

Total gaya vertikal = 223,67 ton

Total gaya horizontal = 34,79 ton

Total momen tahan = 1689,82 t/m

Total momen guling = 364,11 t/m

Terhadap Guling

$$SF = \Sigma MT / \Sigma MG > 1,5$$

di mana :

SF = faktor keamanan

ΣMT = jumlah momen tahan (Ton meter)

ΣMG = jumlah momen guling (Ton meter)

Perhitungan :

$$SF = (1689,82) / 364,11$$

$$SF = 4,64 > 1,5 \text{ (AMAN)}$$

Terhadap Geser

$$SF = f \Sigma RV / \Sigma RH > 1,5$$

di mana :

SF = faktor keamanan

ΣRV = total gaya vertikal (Ton)

ΣRH = total gaya horisontal (Ton)

f = koefisien gesekan = (0,6 - 0,75)

perhitungan:

$$SF = 0,7 (223,67) / 34,79$$

$$SF = 4,50 > 1,5 \text{ (AMAN)}$$

Dari hasil perhitungan maka diperoleh hasil dimensi bendung yaitu:

13. Sketsa Bendung

Tabel 9. Tabel hasil perencanaan dimensi bendung

Kondisi kosong	Nilai	Satuan
Tinggi mercu bendung	5.86	m
Jari-jari mercu bendung	2	m
Lebar bangunan pembilas	1.24	m
Lebar efektif mercu bendung	13.91	m
Jumlah pilar	1	buah
Panjang kolam olak	9.53	m
Lebar intake/bangunan pengambilan	0.75	m
Jumlah pembilas	1	buah
Panjang total rayapan	43.19	m
Panjang tembok sayap hilir	14.30	m
Kondisi banjir	Nilai	Satuan
Tinggi energi di mercu bendung	4.29	m
Tinggi energi di hulu kolam olak	1.83	m
Tinggi energi di hilir kolam olak	4.43	m
Tinggi energi di hilir bendung	2.09	m

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- Analisis curah hujan rencana dihitung dengan menggunakan curah hujan dari 3 stasiun yakni Curah hujan di kecamatan baroko pada stasiun No 401 I, Curah hujan di kecamatan Alla pada stasiun No 399 D, Curah hujan di kecamatan Masalle pada stasiun No 400 I tahun 2014-2023. Dengan menggunakan metode haspers dan weduwen maka didapat debit banjir rencana periode ulang 25 tahun yaitu $Q_{25} = 293,31 \text{ m}^3/\text{dt}$ maka didapat:
 Lebar efektif bendung = 13,91 meter
 Tinggi mercu bendung = 5,86 meter
 Jari-jari mercu bendung = 2 meter
 Lebar bangunan pembilas = 1.24 meter
 Lebar bukaan pada intake = 0,74 meter
 Tinggi bukaan pada intake = 0,89 meter
 Panjang kolam olak = 9,53 meter
 Tinggi muka air banjir = 4,29 meter
 Analisa stabilitas bendung saat air normal
 Kontrol terhadap guling $SF = 7.84 > 1,5$ (AMAN)
 Kontrol terhadap geser $SF = 6,46 > 1,5$ (AMAN)

(AMAN)

Analisa stabilitas bendung saat banjir

Kontrol terhadap guling $SF = 4,64 > 1,5$

(AMAN)

Kontrol terhadap geser $SF = 4,50 > 1,5$

(AMAN)

- Hasil setelah dilakukan optimalisasi maka direncanakan pola tanam tomat-kubis-bawang, sama dengan skema tanam tetap mengacu pada jadwal yang sudah ada, namun durasi fase persiapan lahan dipersingkat menjadi 15 hari. Musim tanam I dimulai pada bulan february sampai dengan bulan mei, musim tanam ke II dimulai pada bulan juni sampai dengan bulan september, musim tanam ke III pada bulan oktober sampai bulan januari. Hasil optimalisasi berdasarkan analisis water balance menunjukkan terjadinya kekurangan air pada bulan Agustus, September, dan November oleh karena itu, jadwal pengairan pada periode ini disarankan untuk melakukan secara bergantian. Hal ini bertujuan untuk menghemat penggunaan air dan mencegah terjadinya genangan air yang dapat merusak tanaman

Saran

1. Agar tugas lebih mudah dibuat, diperlukan data awal yang penting adalah hasil pengukuran lapangan diantaranya gambar situasi bendung, gambar memanjang sungai dan gambar potongan melintang dilokasi bendung serta data elevasi lahan tertinggi.
2. Perencanaan bendung seharusnya direncanakan berdasarkan acuan teknis serta memperhitungkan manfaat.
3. Perlu dilakukan sosialisasi terlebih dahulu kepada petani mengenai kebutuhan air tanaman, agar nantinya dapat diatur penggunaannya

Daftar Pustaka

- Abdullah, karimuddin, misbahul Jannah, ummul aiman, suryadin hasda, zahara fadilah, taqwin, masita, ketut ngurah ardiawan, meilida eka sari. (2022) **METODOLOGI PENELITIAN KUANTITATIF**. Jalan Kompleks Pelajar Tijue Desa Baroh Kec. Pidie Kab. Pidie Provinsi Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini
- Amri, K., Supriani, F., & Darmo, S. A. (2023). Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Serta Penentuan Pola Tanam pada Irigasi Air Palik Aur Gading Kabupaten Bengkulu Utara. **JURNAL KRIDATAMA SAINS DAN TEKNOLOGI**, 5(02), 506-517.
- Arbi, Y., & Chandra, A. (2022). Perancangan Peta Irigasi Petak Tersier L1 Ta Sunua Tengah Daerah Irigasi Batang Anai Ii. **CIVED**, 9(3), 422-430.
- Badan pusat statistik kabupaten Enrekang. 2023. **KECAMATAN BAROKO DALAM ANGKA Baroko Subdistrict in Figures 2023**. Kabupaten Enrekang: ©BPS KABUPATEN ENREKANG/BPS-Statistics of Enrekang Regency
- Dewo, A. P. (2020). Analisis Hidrolis Tubuh Bendung dan Kolam Olak pada Perencanaan Irigasi di Universitas Internasional Batam (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam).
- EGGY AHMAD, F. A. H. R. E. Z. I. (2023). **ANALISIS PERHITUNGAN DEBIT PUNCAK BANJIR RANCANGAN DENGAN METODE DER WEDUWEN, MELCHIOR, DAN HASPERS TERHADAP DEBIT BANJIR OBSERVASI PADA DAS LABALAJU** (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Fahrozi, M. R. (2023). Perencanaan Bendung Ayumolingo (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Gandakoesoemah, R. (1975). Ilmu irigasi. Bandung: sumur bandung
- Haliya, A. (2023). Strategi Optimalisasi Sumber Daya Air Untuk Peningkatan Produksi Pertanian Yang Berkelanjutan. https://www.researchgate.net/publication/373989403_STRATEGI_OPTIMALISASI_SUMBER_DAYA_AIR_UNTUK_PENINGKATAN_PRODUKSI_PERTANIAN_YANG_BERKELANJUTAN
- Hariyanto. Analisis Penerapan Sistem Irigasi Untuk Peningkatan Hasil Pertanian Di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora.Pdf, (2018). jurnal.untidar.ac.id/index.php/civilengineering.
- Hasibuan, S. H. (2011). Analisa kebutuhan air irigasi daerah irigasi sawah Kabupaten Kampar. **Jurnal Aptek**, 3(1), 97-102.
- Indonesia. PUPR No. 14 Tahun 2015 tentang Kriteria dan Penetapan Status Daerah Irigasi
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa. 2013. Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa. 2013. Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bag Ian Bagunan Utama (Head Works) KP-02
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa 2013. Standar

- Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa. 2013. Standar perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bag Ian Standar Penggambaran KP-07
- Langoy, N. E. (2016). Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Daerah Irigasi Tababo (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado).
- Mahardika, D. D. A. (2019). ANALISIS DAMPAK PEMBANGUNAN BENDUNGAN WADUK TUKUL (Studi kasus: Desa Karanggede, Kecamatan Arjosari, Kabupaten Pacitan).
- Mulya, H. D. (2021). Pengembangan penilaian kinerja sistem irigasi studi kasus: Daerah Irigasi Molek Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. THESIS-2021.
- Pranata, A., Utama, L., & Khaidir, I. (2020). Perencanaan Bendung Batang Titik Ampera, Kecamatan Akabiluru, Kabupaten 50 (Lima Puluh) Kota. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 1(1).
- Pratiwi, V., & Rahajoeningroem, T. (2020). Perencanaan prasarana dan sarana sistem pengendalian banjir Kota Administrasi Jakarta Pusat. Indonesian Community Service and Empowerment Journal (IComSE), 1(1), 36-44.
- Public, pelayanan. (2021). "Apa Itu Optimalisasi, Tujuan, dan Manfaatnya", <https://pelayananpublik.id/2021/08/19/apa-itu-optimalisasi-tujuan-dan-manfaatnya/>, diakses pada 4 desember 2023, pukul 19:10
- Riadi, muchlisin. (2018). "Pengertian, Tujuan dan Jenis-jenis Irigasi", <https://www.kajianpustaka.com/2018/11/pengertian-tujuan-dan-jenis-jenis-irigasi.html>, diakses pada 4 desember 2023, pukul 13:44
- Rizaldy, M. F., Prayogo, T. B., & Wahyuni, S. (2021). Studi Penilaian Kinerja Irigasi dan Angka Kebutuhan Nyata Operasi dan Pemeliharaan (AKNOP) pada Daerah Irigasi Sumber Mujur Kecamatan Candipuro Kabupaten Lumajang. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 1(2), 697-710.
- Sabihi, S., Fauzi, M., & Siswanto, S. (2017). Analisis Perencanaan Bendung (Studi Kasus Bendung Botung) (Doctoral dissertation, Riau University).
- Sutrisno, N., & Hamdani, A. (2019). Optimalisasi pemanfaatan sumber daya air untuk meningkatkan produksi pertanian. Jurnal Sumberdaya Lahan, 13(2), 73-88.
- Sutrisno, N., & Heryani, N. (2019). Pengembangan irigasi hemat air untuk meningkatkan produksi pertanian lahan kering beriklim kering. Jurnal sumberdaya lahan, 13(1), 17-26.
- Yakti, B. P., Edijatno, E., & Anwar, N. (2018). PERENCANAAN BENDUNG AMOHALO DI KECAMATAN BARUGA KOTA KENDARI. Jurnal Hidroteknik, 3(2), 26-38.
- Yanti, Rossana Margaret Kadar, and Ir Edijatno. (2015). "STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR (BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN."