

Kajian Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Air Terhadap Bilangan Froude Dibagian Hilir Saluran Primer

Abner Doloksaribu^{1,*}, Jeni Paresa, Irianto Para'pak

Teknik Sipil, Universitas Musamus
Merauke, Indonesia

abner@unmus.ac.id^{1,*}, jeni@unmus.ac.id, iriandtho@gmail.com

Abstrak – Untuk meningkatkan kesejahteraan dalam pertanian diperlukan penyediaan sarana dan prasarana meliputi saluran dan pintu air. Kondisi saat ini adalah kurangnya pengawasan dan perawatan terhadap bangunan pintu air sehingga pintu air menjadi rusak. Tujuan dalam penulisan ini adalah mengetahui apakah tinggi bukaannya pintu air memiliki pengaruh terhadap debit air dan mengetahui berapa bilangan Froude yang terjadi bila pintu air utama dibuka sesuai dengan tinggi tertentu. Metode yang digunakan yaitu metode pengamatan, rumus Manning dan rumus bilangan Froude. Hasil dari perhitungan didapatkan tinggi bukaannya pintu air (ap) berpengaruh terhadap besarnya debit air. Debit air melalui pintu (Qp) yaitu 0,477 m³/s ($ap = 30$ cm) dan 0,197 m³/s ($ap = 15$ cm), sedangkan debit air pada hilir (Qt) yaitu 0,434 m³/s ($ap = 30$ cm) dan 0,170 m³/s ($ap = 15$ cm). Hal ini mempengaruhi kecepatan aliran, untuk bilangan froude melalui pintu (Frp) yaitu 0,037 ($ap = 30$ cm) dan 0,017 ($ap = 15$ cm) atau $Frp < 1$, aliran subkritis, sedangkan bilangan froude pada bagian hilir (Frt) yaitu 0,030 ($ap = 30$ cm) dan 0,013 ($ap = 15$ cm) atau $Frt < 1$, aliran subkritis.

Kata kunci; kecepatan aliran; debit saluran; bilangan froude.

Abstract – To improve welfare in agriculture, it is necessary to provide facilities and infrastructure including canals and sluice gates. The current condition is the lack of supervision and maintenance of the sluice gate building so that the sluice gate is damaged. The purpose of this paper is to find out whether the height of the sluice gate has an influence on the water discharge and to find out how many Froude numbers occur when the main floodgate is opened according to a certain height. The method used is the observation method, the Manning formula and the Froude number formula. The results of the calculation show that the height of the sluice gate (ap) affects the amount of water discharge. The water flow through the gate (Qp) is 0.477 m³/s ($ap = 30$ cm) and 0.197 m³/s ($ap = 15$ cm), while the downstream water discharge (Qt) is 0.434 m³/s ($ap = 30$ cm) and 0.170 m³/s ($ap = 15$ cm). This affects the flow velocity, for the froude number through the door (Frp) is 0.037 ($ap = 30$ cm) and 0.017 ($ap = 15$ cm) or $Frp < 1$, subcritical flow, while the downstream froude number (Frt) is 0.030 ($ap = 30$ cm) and 0.013 ($ap = 15$ cm) or $Frt < 1$, subcritical flow.

Keywords; flow rate; channel discharge; froude number.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk, maka akan sebanding dengan meningkatnya kebutuhan primer manusia. Kebutuhan ini memiliki pengaruh yang sangat terlihat pada meningkatnya kebutuhan pangan manusia. Salah satu hal yang berkaitan

langsung yaitu pada luas area persawahan yang digunakan untuk bercocok tanam. Area persawahan yang ada sangat bergantung pada sistem irigasi yang baik dan bangunan-bangunan irigasi yang menunjangnya[1]. Semakin baik sistem irigasi dan semakin baik kinerja bangunan-bangunan penunjangnya maka area persawahan tersebut dapat difungsikan dengan baik [2].

Irigasi merupakan usaha penyediaan dan pengaturan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi rawa serta bangunan penunjangnya diantaranya yaitu bangunan pintu air [3]. Pintu air adalah bangunan penunjang pada bendungan irigasi dan bendungan pengendali banjir[4]. Pintu air digunakan untuk mengontrol air pemberi, sungai ataupun pada sistem tanggul serta mengatur laju aliran air dan mengatur tinggi muka air pada suatu saluran.

Pintu air memiliki peranan penting dalam mengendalikan air yang melimpah dari suatu sumber air alami maupun penampungan air buatan manusia. Pintu air berfungsi pula sebagai pengatur kelebihan air yang dapat memicu terjadinya banjir pada suatu kawasan yang dapat menimbulkan kerugian baik pada bangunan dan masyarakat sekitar serta kerugian pada areal persawahan yang terdapat pada sekitar area irigasi[5]. Pengaliran air yang efisien pada irigasi selain dipengaruhi oleh tata cara aplikasi, juga dipengaruhi oleh kebutuhan air guna mencapai kondisi air tersedia yang dibutuhkan tanaman [6].

Kabupaten Merauke merupakan kampung yang memiliki topografi relatif datar dan sebagian besar penduduknya merupakan masyarakat petani. Dalam rangka meningkatkan kesejahteraan petani dibutuhkan penyediaan sarana dan prasarana irigasi untuk mengairi lahan pertanian. Sarana dan prasarana meliputi saluran dan pintu air. Sebagian besar pintu air di Kabupaten Merauke berfungsi kurang baik. Kurangnya kelompok masyarakat yang mengoperasikan dan merawat pintu airpun menjadi salah satu penyebabnya. Sehingga diperlukan suatu studi kasus dan pemeliharaan terhadap bangunan irigasi ini.

Masalah bagi masyarakat petani Kabupaten Merauke adalah kurangnya pengawasan dan perawatan terhadap bangunan pintu air yang dapat mempengaruhi kinerja dari suatu saluran irigasi. Hal ini dikarenakan sistem pengoperasian pintu air di Kabupaten Merauke pada umumnya masih menggunakan tenaga manusia, dimana

diperlukan tenaga manusia untuk mengatur ataupun membuka pintu air guna mengalirkan pada saluran irigasi. Selain itu sering terjadinya sedimentasi dan longsoran dinding saluran akibat debit dan kapasitas tampungan air yang tidak teratur berdampak pada kurangnya kinerja jaringan irigasi.

Kampung Sidomulyo yang terletak di Distrik Semangga Kabupaten Merauke adalah salah satu contohnya. Berdasarkan pengamatan langsung, saluran primer yang menjadi saluran utama dapat menampung jumlah air untuk kegiatan pertanian tetapi, pintu air yang menjadi sarana irigasi telah mengalami kerusakan pada stang pengatur yang menyebabkan tinggi bukaan pintu air tidak dapat disesuaikan. Hal ini menyebabkan debit air yang masuk pada bagian hilir saluran tidak efisien dan berpengaruh pula pada bilangan Froude yang terjadi disaluran tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tujuan umum

Sebelum melakukan penelitian, penulis terlebih dahulu harus melakukan survey dan investigasi masalah yang akan dibahas guna memperoleh hasil yang lebih baik. Penelitian yang dilakukan harus menggunakan data yang lengkap dan diperoleh dengan lebih teliti. Penelitian perlu menggunakan metode yang baik dan tepat sasaran sehingga diperoleh hasil yang maksimal dan sesuai tujuan penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

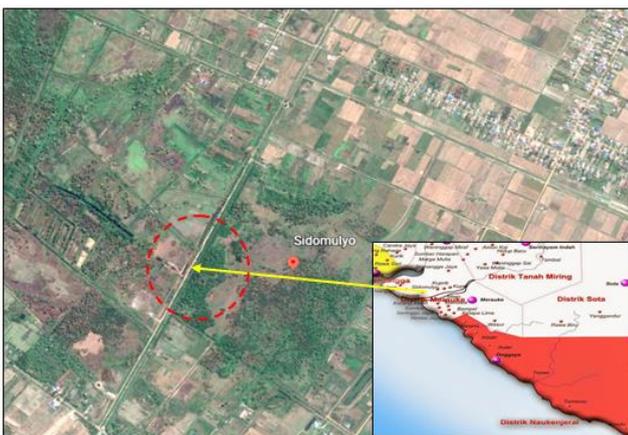
Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Identifikasi masalah;
- b. Pengumpulan data;
- c. Pengolahan data;
- d. Perbandingan data hasil perhitungan;
- e. Penarikan kesimpulan.

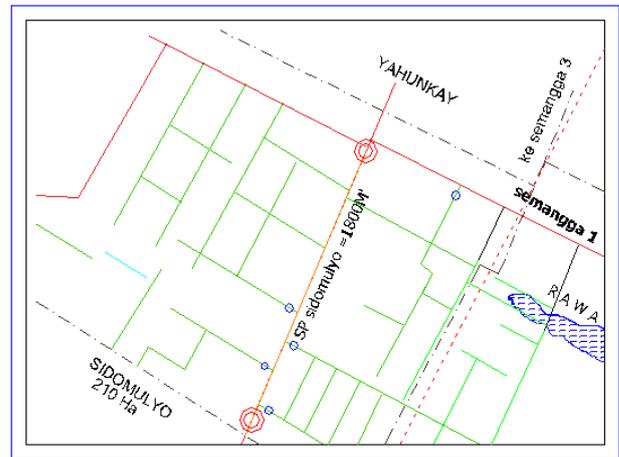
Sedangkan rumus yang digunakan adalah rumus perhitungan hidrolis saluran dan rumus bilangan Froude.

2.2. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian yang dilakukan berada pada daerah irigasi Sidomulyo Distrik Semangga Kabupaten Merauke. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 berikut:



Gambar 1. Kampung Sidomulyo



Gambar 2. Peta irigasi Kampung Sidomulyo

2.3. Metode pengumpulan data

Penelitian ini membutuhkan beberapa data sehingga dalam mengumpulkan data harus direncanakan dengan baik. Ada beberapa cara atau metode pengumpulan data yang akan dilakukan seperti:

a. Data primer

Data primer didapatkan menggunakan metode observasi, yaitu metode yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung ke lokasi penelitian untuk mengetahui kondisi yang sebenarnya. Cara ini merupakan cara pengumpulan data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian untuk selanjutnya dijadikan data penelitian. Data primer yang diperoleh yaitu berupa :

- Dimensi saluran,
- Panjang saluran,
- Kecepatan aliran,
- Dimensi pintu air yang diperlukan.

b. Data hasil wawancara

Pengumpulan data ini sama halnya dengan metode observasi, yang membedakan adalah penulis mendapatkan informasi melalui hasil wawancara dengan para petani ataupun masyarakat yang bermukim disekitar lokasi penelitian. Data yang didapat berupa kekurangan dan masalah-masalah yang terjadi pada lokasi penelitian.

2.4. Analisis data

Dalam melaksanakan penelitian ini maka penulis memerlukan metode yang menurut penulis dapat digunakan untuk pengolahan data serta teori-teori lainnya. Metode yang digunakan dalam analisa data meliputi rumus perhitungan hidrolis saluran dan rumus bilangan Froude.

2.5. Teknik analisa data

a. Kecepatan aliran berdasarkan metode pelampung

Apabila kecepatan alirannya diukur dengan pelampung, maka debitnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_t = k_p \cdot V_{pl} \tag{1}$$

Dengan :

- P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n
- P_o = Jumlah penduduk pada akhir tahun diketahui
- r = Angka pertumbuhan penduduk/tahun
- n = Periode waktu yang ditinjau

b. Pemilihan lokasi pengukuran kecepatan saluran

Lokasi pengukuran debit dengan metode pelampung harus dipilih pada bagian alur yang memenuhi berbagai persyaratan, antara lain :

- Alur sungai harus lurus,
- Mudah dicapai pada segala kondisi,
- Aliran banjir tidak melimpah,
- Dasar sungai stabil,
- Mempunyai pola aliran yang seragam dan mendekati jenis aliran subkritik,
- Tidak terpengaruh oleh adanya peninggian muka air,
- Lintasan pelampung mudah diamati,
- Adanya sarana untuk melepaskan pelampung,
- Mudah untuk mendapatkan bahan pelampung.

c. Perhitungan hidrolis saluran

Untuk perencanaan ruas, aliran saluran dianggap sebagai aliran tetap, dan untuk itu diterapkan rumus *Stricker*.

$$P = b + 2h \sqrt{1 + m^2} \tag{2}$$

$$A = (b + m \cdot h) \cdot h \tag{3}$$

$$R = A/P \tag{4}$$

$$V = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \tag{5}$$

$$Q = V \cdot A \tag{6}$$

Dengan :

- Q = Debit saluran, (m³/dtk)
- V = Kecepatan aliran, (m/dtk)
- A = Luas penampang basah(m²)
- R = Jari – jari hidrolis, (m)
- P = Keliling basah,(m)
- b = Lebar dasar saluran, (m)
- h = Tinggi air, (m)
- H = Kedalaman saluran, (m)
- w = Tinggi muka air, (m)
- I = Kemiringan saluran
- k = Koefisien kekasaran *Stickler*, (m^{1/3}/dtk)
- m = Kemiringan talud (1 vertikal : m horizontal)

d. Debit air

Menurut Soewarno (2013), debit (*discharge*), atau besarnya aliran sungai (*stream flow*) merupakan volume aliran yang mengalir melewati suatu penampang melintang sungai

per satuan waktu[7]. Biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/det) atau liter per detik (l/det). Aliran merupakan pergerakan air di dalam alur sungai [8].

e. Faktor K

Faktor K merupakan keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air yang dapat di hitung dengan persamaan [9]:

$$K = Q_t / Q_b \tag{7}$$

Dimana :

- Q_t = Debit tersedia, (m³/dtk)
- Q_b = Debit kebutuhan, (m³/dtk)

f. Pintu sorong

Pintu sorong biasanya digunakan sebagai pintu pengatur pada bangunan bending maupun pada bangunan bagi, serta bangunan air lainnya.

Rumus debit yang dapat dipakai untuk pintu sorong adalah [10]:

$$Q_p = K \cdot \mu \cdot a_p \cdot b_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} \tag{8}$$

Dimana :

- Q_p = Debit (m³/dtk)
- K = Faktor aliran tenggelam
- μ = Koefisien debit
- a_p = Tinggi bukaan pintu (m)
- b_p = Lebar pintu (m)
- g = Percepatan grafitasi, m/s² (g = 9,81)
- h₁ = Kedalaman air di depan pintu diatas ambang (m)

g. Bilangan Froude

Aliran subkritis kadang-kadang disebut aliran tenang, sedang aliran cepat juga digunakan untuk menyatakan aliran super kritis.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \tag{9}$$

Dimana:

- V = Kecepatan aliran (m/s)
- h = Tinggi air (m)
- g = Percepatan gravitasi (g = 9,81 m/s²)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

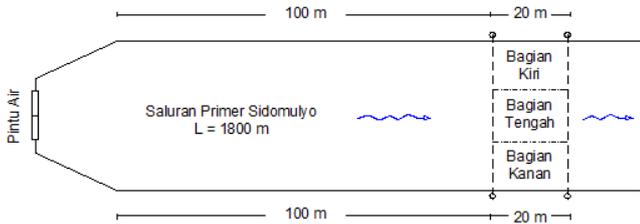
3.1. Kecepatan aliran berdasarkan metode pengamatan langsung

Metode yang digunakan dalam pengukuran kecepatan aliran adalah metode pengamatan langsung. Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan cara turun langsung ke lapangan dan diulangi kembali selama kurun waktu tiga hari demi mendapatkan hasil yang akurat. Penelitian menggunakan pelampung berupa karet yang memiliki berat tertentu dengan tujuan agar pelampung dapat bergerak sesuai dengan kecepatan aliran bukan berdasarkan faktor angin atau berat pelampung tersebut. Kecepatan aliran memiliki satuan m/s.

Dalam penelitian ini pengukuran kecepatan aliran terbagi menjadi tiga titik yaitu pada bagian kiri, tengah dan kanan saluran sejauh 20 m. Lokasi pengamatan dilakukan sejauh 100 meter dari lokasi pintu air dengan tujuan mendapatkan kecepatan aliran yang konstan bukan karena tekanan dari saluran sebelumnya. Sketsa pengukuran kecepatan aliran dapat dilihat pada gambar 3.

Dari pengamatan langsung dilapangan didapatkan data tinggi bukaan pintu air sebesar 30 cm, dikarenakan kerusakan pada stang pengatur pintu air maka pintu air tidak dapat dibuka atau ditutup sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan pengamatan dilapangan maka di dapatkan data sebagai berikut:



Gambar 3. Sketsa penempatan perhitungan kecepatan aliran

Tabel 1. Pengukuran kecepatan aliran untuk bukaan pintu Air 30 cm

No	Hari Ke	Posisi Pelampung pada saluran	Waktu (t) s	Panjang lintasan (L) M	Kecepatan pelampung (V_{pi}) m/s	Kecepatan rata-rata tiap pos (V_{pi}) m/s	Kecepatan rerata (V_{pi}) m/s
1	1	Kiri	171.29	20	0.117	0.115	
		Tengah	176.33	20	0.113		
		Kanan	173.58	20	0.115		
2	2	Kiri	174.98	20	0.114	0.113	0.110
		Tengah	180.29	20	0.111		
		Kanan	177.13	20	0.113		
3	3	Kiri	186.41	20	0.107	0.105	
		Tengah	193.53	20	0.103		
		Kanan	192.76	20	0.104		

Sumber : (Pengamatan langsung)

Pada pengujian berikutnya, bukaan pintu air dimodifikasi ketinggiannya menjadi 15 cm dengan menutup sebagian bukaan pintu air yang terbuka menggunakan

papan kayu ukuran 80 cm x 15 cm, sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran kecepatan aliran untuk bukaan pintu air 15 cm

No	Hari Ke	Posisi Pelampung pada saluran	Waktu (t) s	Panjang lintasan (L) m	Kecepatan pelampung (V_{pi}) m/s	Kecepatan rata-rata tiap pos (V_{pi}) m/s	Kecepatan rerata (V_{pi}) m/s
1	1	Kiri	424.92	20	0.047	0.047	
		Tengah	429.60	20	0.047		
		Kanan	427.88	20	0.047		
2	2	Kiri	420.65	20	0.048	0.047	0.046
		Tengah	427.54	20	0.047		
		Kanan	425.76	20	0.047		
		Kiri	441.90	20	0.045		

No	Hari Ke	Posisi Pelampung pada saluran	Waktu (t) s	Panjang lintasan (L) m	Kecepatan pelampung (V _{pl}) m/s	Kecepatan rata-rata tiap pos (V _{pl}) m/s	Kecepatan rerata (V _{pl}) m/s
3	3	Tengah	447.26	20	0.045	0.045	
		Kanan	445.54	20	0.045		

Sumber : (Pengamatan langsung)

3.2. Kecepatan aliran terukur

Dari pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan metode pelampung diperoleh kecepatan pelampung (V_{pl}) = 0,110 m/s untuk bukaan 30 cm dan (V_{pl}) = 0,046 m/s untuk bukaan 15 cm . Untuk mendapatkan kecepatan aliran digunakan persamaan (1), dengan nilai faktor koreksi kecepatan yaitu 0,85.

- a. Kecepatan aliran terukur untuk bukaan pintu air 30 cm

$$V_t = k_p \cdot V_{pl}$$

$$V_t = 0,85 \cdot 0,110 \text{ m/s}$$

$$V_t = 0,094 \text{ m/s}$$

- b. Kecepatan aliran terukur untuk bukaan pintu air 15 cm

$$V_t = k_p \cdot V_{pl}$$

$$V_t = 0,85 \cdot 0,046 \text{ m/s}$$

$$V_t = 0,039 \text{ m/s}$$

3.3. Perhitungan hidrolis saluran

Dari hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan diperoleh nilai dimensi saluran yaitu:

$$L = 1800 \text{ m}$$

$$b = 3,6 \text{ m}$$

$$h = 1,00 \text{ m (untuk bukaan pintu 30 cm)}$$

$$h = 0,95 \text{ m (untuk bukaan pintu 15 cm)}$$

$$H = 3,2 \text{ m}$$

$$m = 1$$

- a. Keliling basah

Dengan menggunakan persamaan (2) maka dapat dihitung:

Untuk bukaan pintu 30 cm

$$P = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}$$

$$P = 3,6 + 2 \cdot 1,00 \sqrt{1 + 1^2}$$

$$P = 3,6 + 2 \cdot 1,00 \cdot 1,4142$$

$$P = 6,43 \text{ m}$$

Untuk bukaan pintu 15 cm

$$P = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}$$

$$P = 3,6 + 2 \cdot 0,95 \sqrt{1 + 1^2}$$

$$P = 3,6 + 2 \cdot 0,95 \cdot 1,4142$$

$$P = 6,29 \text{ m}$$

- b. Luas penampang basah

Dengan menggunakan persamaan (3) maka dapat dihitung:

Untuk bukaan pintu 30 cm

$$A = (b + m \cdot h) \cdot h$$

$$A = (3,6 + 1 \cdot 1,00) \cdot 1,00$$

$$A = 4,60 \text{ m}^2$$

Untuk bukaan pintu 15 cm

$$A = (b + m \cdot h) \cdot h$$

$$A = (3,6 + 1 \cdot 0,95) \cdot 0,95$$

$$A = 4,32 \text{ m}^2$$

- c. Jari-jari hidrolis

Dengan menggunakan persamaan (4) maka dapat dihitung:

Untuk bukaan pintu 30 cm

$$R = A / P$$

$$R = 4,60 / 6,43$$

$$R = 0,72 \text{ m}$$

Untuk bukaan pintu 15 cm

$$R = A / P$$

$$R = 4,32 / 6,29$$

$$R = 0,69 \text{ m}$$

- d. Menentukan kemiringan saluran

Dengan menggunakan persamaan (5) maka dapat dihitung:

Untuk bukaan pintu 30 cm

$$V_t = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,094 = 40 \cdot 0,72^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,094 = 40 \cdot 0,80 \cdot I^{1/2}$$

$$I^{1/2} = 0,003$$

$$I = 0,000009$$

Untuk bukaan pintu 15 cm

$$V_t = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,039 = 40 \cdot 0,69^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$0,039 = 40 \cdot 0,78 \cdot I^{1/2}$$

$$I^{1/2} = 0,001$$

$$I = 0,000002$$

e. Menentukan debit tersedia dengan menggunakan persamaan (6).

Untuk bukaan pintu air 30 cm:

$$Q_t = V_t \cdot A$$

$$Q_t = 0,094 \cdot 4,60$$

$$Q_t = 0,434 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk bukaan pintu air 15 cm:

$$Q_t = V_t \cdot A$$

$$Q_t = 0,039 \cdot 4,32$$

$$Q_t = 0,170 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4. Membandingkan antar debit tersedia dengan debit kebutuhan

Untuk mendapatkan perbandingan debit yang tersedia di lokasi penelitian dengan debit kebutuhan yang diperlukan untuk area persawahan maka digunakan hasil perhitungan dari penelitian terdahulu dengan kurun waktu terdekat yaitu berdasarkan penelitian terdahulu dalam.

Debit kebutuhan sendiri merupakan debit air yang diperlukan suatu areal pertanian pada masa tanam berlangsung sesuai dengan luas hektar areal pertanian tersebut. Nilai debit kebutuhan terhitung (Q_b) = 0,906m³/s. Nilai kecepatan aliran standar dapat dilihat pada tabel 2.1 halaman 13. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 halaman 34. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil bahwa nilai kecepatan terukur lebih kecil dari nilai kecepatan standar ($V_t < V_b$) dan debit tersedia lebih kecil dari debit kebutuhan ($Q_t < Q_b$).

Tabel 3. Perbandingan debit tersedia dengan debit kebutuhan

Nama Saluran	Panjang Saluran (L)	Luas Area Sawah (A)	Kecepatan Terukur (V_t)		Kecepatan Standar (V_b)	Debit Tersedia (Q_t)		Debit Kebutuhan (Q_b)
			Untuk Bukaan 30 cm	Untuk Bukaan 15 cm		Untuk Bukaan 30 cm	Untuk Bukaan 15 cm	
	m	Ha	m/s	m/s	m/s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Saluran Primer Sidomulyo	1800	451.3	0.094	0.039	0.55	0.434	0.170	0.906

3.5. Faktor K

Faktor K bertujuan untuk menghitung keseimbangan antara kebutuhan air dan ketersediaan air yang dapat dihitung menggunakan persamaan (7).

a. Untuk bukaan pintu air 30 cm:

$$\text{Faktor K} = Q_t / Q_b$$

$$\text{Faktor K} = 0,434 / 0,906$$

$$\text{Faktor K} = 0,48 \text{ (K > 0,25)}$$

b. Untuk bukaan pintu air 15 cm:

$$\text{Faktor K} = Q_t / Q_b$$

$$\text{Faktor K} = 0,170 / 0,906$$

$$\text{Faktor K} = 0,19 \text{ (K < 0,25)}$$

Sesuai dengan faktor-K diketahui bahwa kebutuhan pemberian air pada bukaan pintu air 30 berada digiliran saluran sekunder, sedangkan untuk bukaan pintu air 15 cm masih berada pada giliran saluran primer. Semakin tinggi nilai faktor-K maka akan meningkat pula produktifitas lahan, dari hasil diatas dapat dilihat bahwa pemberian air untuk lahan pertanian tidak efektif.

3.6. Debit aliran berdasarkan bukaan pintu air

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, didapat nilai debit terukur (Q_t) = 0,434 m³/s untuk bukaan pintu 30 cm dan (Q_t) = 0,170 m³/s untuk bukaan pintu 15 cm, serta nilai kecepatan terukur (V_t) = 0,094 m/s untuk bukaan pintu 30 cm dan (V_t) = 0,039 m/s untuk bukaan pintu 15 cm. Nilai tersebut dapat diasumsikan sebagai nilai pada bagian hilir dikarenakan aliran telah bergerak sejauh 100 meter dari pintu air. Sedangkan nilai debit pada bagian hulu dapat dihitung menggunakan persamaan pintu air sorong. Data yang diperlukan didapat melalui pengamatan langsung.

a. Percobaan pertama menggunakan bukaan pintu air 30 cm

$$a_p = 0,30 \text{ m}$$

$$b_p = 1,00 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h_1 = 1,10 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,00 \text{ m (berdasarkan pengamatan langsung)}$$

$$h_1 / a_p = 3,67$$

$$h_2 / a_p = 3,33$$

$$K = 0,58$$

$$\mu = 0,59$$

Menghitung debit pintu air menggunakan persamaan (9)

$$Q_p = K \cdot \mu \cdot a_p \cdot b_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

$$Q_p = 0,58 \cdot 0,59 \cdot 0,30 \cdot 1,00 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,10}$$

$$Q_p = 0,477 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari hasil tersebut didapat nilai debit pada pintu air ($Q_p = 0,477 \text{ m}^3/\text{s}$) lebih besar dibandingkan nilai debit terukur ($Q_t = 0,434 \text{ m}^3/\text{s}$), dari hasil perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa nilai $Q_p > Q_t$ untuk bukaan 30 cm.

Dari hasil perhitungan tersebut maka kecepatan aliran yang melalui pintu air (V_p) dapat dihitung menggunakan persamaan (6).

$$Q_p = V_p \cdot A$$

$$0,477 = V_p \cdot 4,60$$

$$V_p = 0,477 / 4,60$$

$$V_p = 0,104 \text{ m/s}$$

Dari hasil tersebut didapat nilai kecepatan aliran pada pintu air ($V_p = 0,104 \text{ m/s}$) lebih besar dibandingkan nilai kecepatan aliran terukur ($V_t = 0,094 \text{ m/s}$), dari hasil perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa nilai $V_p > V_t$ untuk bukaan 30 cm.

- b. Percobaan kedua menggunakan bukaan pintu air 15 cm

$$a_p = 0,15 \text{ m}$$

$$b_p = 1,00 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h_1 = 1,10 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,95 \text{ m (berdasarkan pengamatan langsung)}$$

$$h_1 / a_p = 7,33$$

$$h_2 / a_p = 6,33$$

$$K = 0,48$$

$$\mu = 0,59$$

Menghitung debit pintu air menggunakan persamaan (9)

$$Q_p = K \cdot \mu \cdot a_p \cdot b_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}$$

$$Q_p = 0,48 \cdot 0,59 \cdot 0,30 \cdot 1,00 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,10}$$

$$Q_p = 0,197 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dari hasil tersebut didapat nilai debit pada pintu air ($Q_p = 0,197 \text{ m}^3/\text{s}$) lebih besar dibandingkan

nilai debit terukur ($Q_t = 0,170 \text{ m}^3/\text{s}$), dari hasil perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa nilai $Q_p > Q_t$ untuk bukaan 15 cm.

Dari hasil perhitungan tersebut maka kecepatan aliran yang melalui pintu air (V_p) dapat dihitung menggunakan persamaan (6)

$$Q_p = V_p \cdot A$$

$$0,197 = V_p \cdot 4,32$$

$$V_p = 0,197 / 4,32$$

$$V_p = 0,046 \text{ m/s}$$

Dari hasil tersebut didapat nilai kecepatan aliran pada pintu air ($V_p = 0,046 \text{ m/s}$) lebih besar dibandingkan nilai kecepatan aliran terukur ($V_t = 0,039 \text{ m/s}$), dari hasil perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa nilai $V_p > V_t$ untuk bukaan 15 cm.

3.7. Analisa kehilangan air pada saluran

Dari hasil pengukuran kecepatan aliran yang telah dilakukan diperoleh nilai debit yang berbeda – beda. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai kecepatan pada hilir lebih kecil dari nilai kecepatan aliran pintu pada hulu dan kedua nilai kecepatan tersebut jauh lebih kecil dari nilai kecepatan standar yang diperlukan ($V_t < V_p < V_b$) sedangkan debit tersedia lebih kecil dari debit pada bagian hulu yang melalui pintu air dan kedua nilai debit tersebut jauh lebih kecil dari nilai debit kebutuhan pada areal persawahan ($Q_t < Q_p < Q_b$).

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi pada Kriteria Perencanaan Bagian Saluran (KP-03) menyebutkan bahwa pada umumnya kehilangan air jaringan irigasi pada saluran primer berkisar antara 5% - 10%. Dari tabel 4 dan tabel 5 untuk bukaan pintu 30 cm diketahui bahwa nilai presentase selisih debit yaitu sebesar 9,09 %, nilai tersebut masih berada dibatas kehilangan air yang umum untuk saluran primer. Sedangkan untuk bukaan pintu 15 cm diketahui bahwa nilai presentase selisih debit yaitu sebesar 13,84 %, nilai ini berada diatas batas wajar kehilangan air yang umum terjadi pada saluran primer yaitu lebih besar dari 10%.

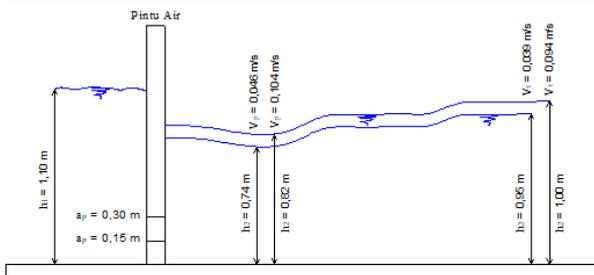
Tabel 4 dan tabel 5 menunjukkan hasil selisih antara nilai kecepatan aliran dan nilai debit, sedangkan pada gambar 4 menunjukkan grafik perbedaan nilai kecepatan aliran dan nilai debit tersebut.

Tabel 4. Perbandingan debit pada hulu, debit pada hilir dan debit kebutuhan untuk bukaan 30 cm

Nama Saluran	Kecepatan Pada Hulu (V _p) m/s	Kecepatan Pada Hilir (V _t) m/s	Kecepatan Standar (V _b) m/s	Debit Pada Hulu (Q _p) m ³ /s	Debit Pada Hilir (Q _t) m ³ /s	Debit Kebutuhan (Q _b) m ³ /s	Selisih Debit m ³ /s	Presentase Selisih %
Saluran Primer Sidomulyo	0,104	0,094	0,550	0,477	0,434	0,906	0,043	9,09

Tabel 5. Perbandingan debit pada hulu, debit pada hilir dan debit kebutuhan untuk bukaan 15 cm

Nama Saluran	Kecepatan Pada Hulu (V _p) m/s	Kecepatan Pada Hilir (V _t) m/s	Kecepatan Standar (V _b) m/s	Debit Pada Hulu (Q _p) m ³ /s	Debit Pada Hilir (Q _t) m ³ /s	Debit Kebutuhan (Q _b) m ³ /s	Selisih Debit m ³ /s	Presentase Selisih %
Saluran Primer Sidomulyo	0,046	0,039	0,550	0,197	0,170	0,906	0,027	13,84



Gambar 4. Grafik perbandingan kecepatan aliran pada tiap bukaan pintu air

3.8. Bilangan Froude pada tiap kecepatan

Bilangan Froude adalah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Bilangan Froude pada tiap titik kecepatan dapat dihitung menggunakan persamaan (9).

Berdasarkan pengamatan langsung dilapangan nilai h2 untuk bukaan pintu 30 cm dan nilai h2 untuk bukaan pintu 15 cm dapat dilihat pada gambar 4.

- a. Bilangan Froude pada bagian hulu (menggunakan nilai kecepatan aliran pada pintu) untuk tinggi bukaan 30 cm:

$$\begin{aligned}
 v_p &= 0,104 \text{ m/s} \\
 h_2 &= 0,82 \text{ m (berdasarkan pengamatan langsung)} \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_{rp} &= \frac{v_p}{\sqrt{g \times h_2}} \\
 F_{rp} &= \frac{0,104}{\sqrt{9,81 \times 0,82}} \\
 F_{rp} &= \frac{0,104}{\sqrt{8,044}} \\
 F_{rp} &= \frac{0,104}{2,836} \\
 F_{rp} &= 0,037
 \end{aligned}$$

- b. Bilangan Froude pada bagian hulu (menggunakan nilai kecepatan aliran pada pintu) untuk tinggi bukaan 15 cm:

$$\begin{aligned}
 v_p &= 0,046 \text{ m/s} \\
 h_2 &= 0,74 \text{ m (berdasarkan pengamatan langsung)} \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_{rp} &= \frac{v_p}{\sqrt{g \times h_2}} \\
 F_{rp} &= \frac{0,046}{\sqrt{9,81 \times 0,74}} \\
 F_{rp} &= \frac{0,046}{\sqrt{7,259}} \\
 F_{rp} &= \frac{0,046}{2,694} \\
 F_{rp} &= 0,017
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan nilai bilangan froude yang melalui pintu kurang dari 1 dan termasuk dalam aliran subkritis (Frp < 1, aliran subkritis).

- c. Bilangan Froude pada bagian hilir (menggunakan nilai kecepatan terukur) untuk tinggi bukaan 30 cm:

$$\begin{aligned}
 v_t &= 0,094 \text{ m/s} \\
 h_2 &= 1,00 \text{ m (tinggi aliran berdasar tinggi muka air)} \\
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 F_{rt} &= \frac{v_t}{\sqrt{g \times h_2}} \\
 F_{rt} &= \frac{0,094}{\sqrt{9,81 \times 1,00}} \\
 F_{rt} &= \frac{0,094}{\sqrt{9,81}} \\
 F_{rt} &= \frac{0,094}{3,132} \\
 F_{rt} &= 0,030
 \end{aligned}$$

- d. Bilangan Froude pada bagian hilir (menggunakan nilai kecepatan terukur) untuk tinggi bukaan 15 cm:

$$v_t = 0,039 \text{ m/s}$$

$$h_2 = 0,95 \text{ m (tinggi aliran berdasar tinggi muka air)}$$

$$F_{rt} = \frac{v_t}{\sqrt{g \times h_2}}$$

$$F_{rt} = \frac{0,039}{\sqrt{9,81 \times 0,95}}$$

$$F_{rt} = \frac{0,039}{\sqrt{9,319}}$$

$$F_{rt} = \frac{0,039}{3,053}$$

$$F_{rt} = 0,013$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan nilai bilangan froude pada bagian hilir kurang dari 1 dan termasuk dalam aliran sub kritis ($F_{rt} < 1$, aliran subkritis).

Secara fisik, aliran yang melalui pintu sorong dan bilangan Froude yang terjadi yaitu, aliran sebelum melewati pintu air adalah aliran dengan volume air yang tertahan dengan keadaan aliran subkritis, sedangkan aliran yang melewati pintu air adalah aliran yang mengalir dikarenakan distribusi tekanan hidrostatis dengan keadaan aliran superkritis. Untuk aliran yang mengalir menuju hilir merupakan aliran dengan volume yang terkontrol.

Sedangkan berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa aliran sebelum melewati pintu air, aliran yang melewati pintu air dan aliran menuju hilir merupakan aliran subkritis yang berarti aliran tersebut tidak sesuai dengan aliran yang seharusnya.

4. KESIMPULAN

Hasil dari perhitungan didapatkan tinggi bukaan pintu air (a_p) berpengaruh terhadap besarnya debit air. Debit air melalui pintu (Q_p) yaitu 0,477 m³/s ($a_p = 30$ cm) dan 0,197 m³/s ($a_p = 15$ cm), sedangkan debit air pada hilir (Q_t) yaitu 0,434 m³/s ($a_p = 30$ cm) dan 0,170 m³/s ($a_p = 15$ cm). Hal ini mempengaruhi kecepatan aliran, untuk bilangan froude melalui pintu (F_{rp}) yaitu 0,037 ($a_p = 30$ cm) dan 0,017 ($a_p = 15$ cm) atau $F_{rp} < 1$, aliran subkritis, sedangkan bilangan froude pada bagian hilir (F_{rt}) yaitu 0,030 ($a_p = 30$ cm) dan 0,013 ($a_p = 15$ cm) atau $F_{rt} < 1$, aliran subkritis.

REFERENSI

- [1] B. J. Ida Nurwiyana, Akhmad Fauzi, Ernan Rustiadi, "Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kinerja Sistem Irigasi Di Wilayah Semi Arid Pulau Timor Melalui Pendekatan Principal Component Analysis," *J. Irig.*, vol. 14, no. 2, pp. 89–102, 2019.
- [2] I. Marnola, "Evaluasi Sistem Irigasi 'Bandar' di Nagari Padang Gantiang Kabupaten Tanah Datar," *J. As-Salam*, vol. 1, no. 1, pp. 153–166, 2016.
- [3] Hafid, "KEBUTUHAN AIR IRIGASI DAERAH IRIGASI BEDADUNG PADA JARINGAN IRIGASI GLUNDENGAN PENGAMAT SUMBER DAYA AIR WILAYAH WULUHAN KABUPATEN JEMBER (Studi Kasus: Di Desa Glundengan, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember)," 2016.
- [4] J. D. Rumagit, "Identifikasi Kerusakan Pintu Air di Daerah Irigasi Alale Kabupaten Bone Bolango," *RADIAL-Jurnal Perad. sains, rekayasa dan Teknol. Sekol. Tinggi Tek. Bina Taruna Gorontalo*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [5] A. Asrofi and S. Ritohardoyo, "Strategi Adaptasi Masyarakat Pesisir Dalam Penanganan Bencana Banjir Rob Dan Implikasinya Terhadap Ketahanan Wilayah," *J. KETAHANAN Nas. Fak. Geogr. Univ. Gadjah Mada*, vol. 23, no. 2, pp. 125–144, 2017.
- [6] Mulyadi and A. N. Sitanggang, "ANALISA SISTEM JARINGAN IRIGASI TERSIER DESA CITARIK KECAMATAN PELABUHAN RATU KABUPATEN SUKABUMI," *Lab. Penelit. dan Pengemb. FARMAKA Trop. Fak. Farm. Univ. Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur*, vol. 6, no. April, pp. 5–24, 2016.
- [7] U. Zielda, Umar, and D. Gunarto, "Kajian banjir kawasan persimpangan parit ampera, parit m.yamin dan parit harapan jaya," pp. 1–11, 2018.
- [8] M. Nazarudin, Kartini, and Umar, "Kajian Pengaruh Pasang Surut Sungai Jawi Terhadap Aliran Drainase Di Parit Ampera," *J. Mhs. Tek. Sipil* no. 1964, 1989.
- [9] D. Andandaningrum, E. P. Wahono, and D. I. Kusumastut, "Koefisien debit pintu crump de gruyter dan pintu sorong (studi kasus pada BF 3 dan BF 4 BPU 15 daerah irigasi Punggur Utara)," vol. 25, no. April, pp. 5–9, 2021.
- [10] W. Andita and S. Lipu, "Analisis Ketersediaan Air DAS Sausu Untuk Kebutuhan Air Pada D.I. Sausu Bawah, Kabupaten Parigi Moutong," *REKONSTRUKSI TADULAKO Civ. Eng. J. Res. Dev.*, pp. 63–74, 2020.