

Analisis Efisiensi Saluran Irigasi Pada Daerah Irigasi Cokrobedog Dan Gamping, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Bhayu Satrio Wibowo¹, Fatchan Nurrochmad^{1*}, Endita Prima Ari Pratiwi¹

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: fatchan.nurrochmad@mail.ugm.ac.id

INTISARI

Irigasi merupakan bagian penting dalam pendistribusian air ke lahan pertanian. Permasalahan pendistribusian air dapat diakibatkan oleh kerusakan saluran, penyadapan air secara liar, dan juga pemberian air yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Permasalahan serupa juga terjadi di Daerah Irigasi (DI) Cokrobedog dan Gamping yang berada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kehilangan air dan efisiensi saluran di kedua DI tersebut. Kehilangan air merupakan banyaknya jumlah air yang hilang di saluran sedangkan efisiensi saluran merupakan tingkat efektifitas saluran dalam mengalirkan air ke lahan pertanian sesuai dengan kebutuhan. Metode yang digunakan adalah pengukuran debit aliran langsung di lapangan dengan menggunakan pelampung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi total DI Cokrobedog adalah 23,58% dengan kehilangan air terbesar di Saluran Primer (SP.Cb) yaitu 70,15%. Efisiensi total di DI Gamping adalah 16,14% dengan kehilangan air terbesar ada di saluran Sekunder Kanan (SS.Gp.Ka) dengan persentase kehilangan 87,42%. Nilai efisiensi tersebut sangat jauh dari standar nilai efisiensi total menurut Kriteria Perencanaan Irigasi yaitu 65%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa saluran irigasi di DI Cokrobedog dan Gamping sangat tidak efisien dalam pendistribusian air. Untuk meningkatkan efisiensi perlu dilakukan perbaikan saluran serta pola operasi yang sesuai dengan kebutuhan.

Kata kunci: Daerah Irigasi, Kehilangan Air, Efisiensi Saluran.

1 PENDAHULUAN

Secara teknis irigasi merupakan usaha manusia dalam menyediakan air dengan cara menyadap dari sumber air kemudian diberikan kepada tanaman dengan tepat waktu dan tepat jumlah (Fatchan Nurrochmad, 2023). Pemberian air secara tepat jumlah nyatanya seringkali tidak tercapai karena ketersediaan air di sumber kurang, kehilangan air, dan pemberian air secara berlebihan. Kehilangan air adalah banyaknya jumlah air yang hilang di saluran, sedangkan efisiensi saluran merupakan tingkat efektifitas saluran dalam mengalirkan air ke lahan pertanian. Kehilangan air dan efisiensi saluran saling berkaitan. Semakin banyak air yang hilang, semakin rendah efisiensi saluran. Sebaliknya, semakin besar efisiensi, semakin kecil kehilangan air di saluran dan pendistribusian air akan menjadi efektif. Pemeliharaan saluran dan pengoperasian pintu di sepanjang saluran perlu lebih diperhatikan agar pendistribusian air dapat lebih efisien.

Beberapa penelitian tentang efisiensi saluran menghasilkan kesimpulan jika faktor utama dari penurunan nilai efisiensi adalah akibat kerusakan saluran (kebocoran) dan penyadapan liar (Dairi & Setiawan, 2021, Hidayatullah et al. 2021, Fadhlani et al. 2023). Maulida et al. (2020) mengevaluasi kinerja bendung untuk DI Kamijoro Kabupaten Bantul. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa akibat penyadapan liar membuat efisiensi saluran di DI Kamijoro menjadi rendah. Hidayat et al. (2021) menemukan bahwa jaringan irigasi di DI Pekatan Kabupaten Lombok Utara memiliki nilai efisiensi total yang kurang baik. Faktor utama rendahnya efisiensi saluran DI Pekatan adalah pengaruh faktor usia dari saluran.

Februarman (2009) melakukan penelitian tentang jenis dan ragam kerusakan saluran primer di DI Bandar Laweh Kabupaten Solok. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa topografi yang curam menyebabkan kebocoran saluran, kerusakan tanggul, dan kelongsoran badan saluran, sehingga suplai air tidak terpenuhi. (Mudi Hafli et al. 2022 dan Setiawan et al. 2023) juga menyebutkan dalam hasil penelitiannya bahwa kondisi saluran yang masih berupa tanah mengakibatkan tumbuhan liar tumbuh di dinding saluran dan menyebabkan terjadi pengendapan sedimen. Bunganaen et al. (2017) menyebutkan jika kehilangan air di DI Malaka Kiri lebih diakibatkan oleh faktor fisik saluran dan kehilangan air akibat evaporasi sangat kecil. Pembagian air irigasi sebaiknya dilakukan secara tepat dan sesuai dengan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pendistribusian air. Pembagian debit air yang berlebih menjadi salah satu faktor penyebab kehilangan air menjadi besar dan efisiensi menurun (Rizalihadi et al. 2014, Tri Cahyono et al. 2018, Darmawan et al. 2022).

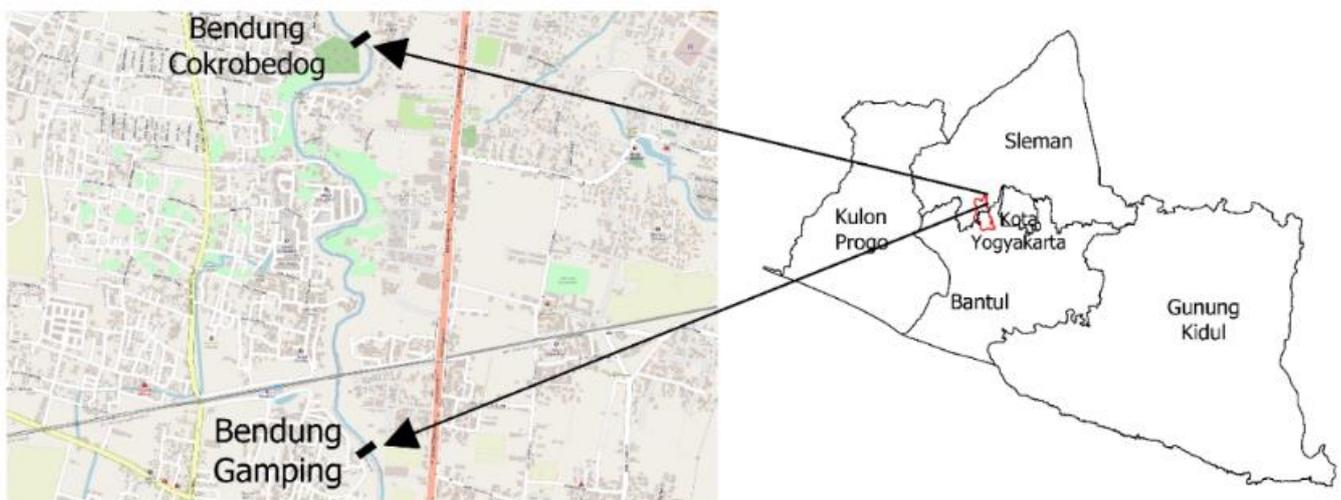
DI Cokrobedog dan Gamping merupakan kewenangan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. DI Cokrobedog mulai dioperasikan pada tahun 1947 dengan luas daerah layanan saat ini adalah 143,51 ha, sedangkan DI Gamping mulai dioperasikan pada tahun 1980 saat ini memiliki luas daerah layanan 116,24 ha. DI Cokrobedog dan Gamping mengambil air untuk memenuhi kebutuhan pertanian dari Sungai Bedog dengan ketersediaan air yang cukup dan intensitas tanam tinggi. Kajian yang dilakukan sebelumnya oleh (Aprilina & Nurrochmad, 2013) menunjukkan bahwa parameter tingkat kerusakan di DI Gamping dan Cokrobedog menjadi yang paling parah dari 8 DI yang dikaji, sehingga menjadi prioritas untuk dilakukan rehabilitasi.

Penelitian sebelumnya oleh (Nurrochmad et al., 2017) menunjukkan bahwa ketersediaan air di Sungai Bedog cukup untuk melayani kebutuhan irigasi sepanjang tahun. Meskipun demikian, permasalahan yang sering terjadi di DI Cokrobedog dan Gamping adalah kekurangan air di petak bagian hilir. Sejauh ini belum ada penelitian mengenai pengukuran efisiensi dan kehilangan air di saluran irigasi di DI Cokrobedog dan Gamping. Pengukuran efisiensi secara langsung menjadi sangat penting dilakukan, seperti yang disebutkan Sudirman et al. (2021). Pengukuran efisiensi saluran irigasi dapat membuat penggunaan air di tingkat petani menjadi lebih efisien dan sebagai evaluasi terhadap tingkat efisiensi penggunaan air permukaan akibat terjadinya bocoran, debit yang diperlukan dan lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi dan kehilangan air di DI Cokrobedog dan Gamping, sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk pihak-pihak terkait dalam mendistribusikan air irigasi pada masa yang akan datang.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

Gambar 1 menunjukkan lokasi DI Cokrobedog dan Gamping serta letak Bendung Cokrobedog dan Bendung Gamping. DI Cokrobedog dan DI Gamping yang berada di Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Bendung Cokrobedog dan Bendung Gamping merupakan titik pengambilan air untuk saluran irigasi. Bendung Cokrobedog terletak pada koordinat $7^{\circ}46'46.97''$ S $110^{\circ}19'49.02''$ E dan Bendung Cokrobedog, Bendung Gamping terletak pada koordinat $7^{\circ}47'33.87''$ S $110^{\circ}19'43.26''$ E, jarak antara Bendung Cokrobedog dan Bendung Gamping ± 1 km. Lokasi studi dapat dilihat pada.



Gambar 1 Lokasi DI Cokrobedog dan DI Gamping. (diolah dari *One Street Map* dan Peta Batas Wilayah Adiministrasi Kab/Kota *Badan Informasi Geospasial*)

2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer berupa data kecepatan aliran dan dimensi saluran yang diukur secara langsung di lapangan. Pengukuran dilakukan menggunakan metode pelampung. Jarak pengukuran kecepatan ditentukan terlebih dahulu yaitu 5 meter. Pelampung dilepaskan di titik awal kemudian waktu yang diperlukan untuk mencapai jarak 5 meter dicatat. Pengukuran kecepatan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan posisi ditengah saluran dan kedua tepi saluran untuk mendapatkan kecepatan rata-rata. Pengukuran dimensi saluran untuk mendapatkan penampang basah saluran meliputi pengukuran tinggi muka air dan lebar saluran.

Debit aliran air dinotasikan dengan Q merupakan aliran air yang berada di saluran irigasi guna memenuhi kebutuhan air tanaman yang berada di suatu DI. Dalam Kriteria Perencanaan Irigasi yang diterbitkan Departemen Pekerjaan Umum (2013) debit dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2.

$$Q = A \times V \quad (1)$$

$$V = \frac{L}{T} \quad (2)$$

Dengan Q adalah debit aliran (m^3/s), A adalah luas penampang basah saluran (m^2), dan V adalah kecepatan aliran (m/s), L adalah jarak pengukuran yang ditetapkan (m) dan T adalah waktu tempuh pelampung (s).

2.3 Analisis Kehilangan Air dan Efisiensi Saluran

Perhitungan kehilangan air dilakukan dengan mengurangi debit pengukuran di hulu dan debit di hilir kemudian dikurangi dengan debit yang dimanfaatkan di ruas saluran. Debit yang dimanfaatkan adalah debit yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air, cara perhitungannya adalah dengan mengalikan luas masing-masing lahan dengan satuan kebutuhan air. Satuan kebutuhan air yang dipakai dalam penelitian ini adalah 0,725 lt/s.ha untuk padi, 0,2 lt/s.ha untuk palawija, 0,36 lt/s.ha untuk tebu dan 20 lt/s.ha untuk kolam ikan. Kehilangan air dapat terjadi melalui rembesan, evaporasi di saluran kebocoran serta eksploitasi. Rumus kehilangan air disajikan Persamaan 3.

$$Q_{lose} = Q_{in} - Q_{out} - Q_{guna} \quad (3)$$

Dengan Q_{lose} adalah kehilangan air di saluran, Q_{in} adalah debit hulu dan Q_{out} adalah debit hilir, Q_{guna} adalah debit kebutuhan lahan.

Efisiensi saluran Irigasi (Ef) dihitung dengan Persamaan 4.

$$Ef = \frac{Q_{in} - Q_{lose}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Nilai efisiensi total yang baik menurut Standar Perencanaan Irigasi yaitu 65%, efisiensi masing-masing saluran adalah 90% untuk saluran primer, 90% untuk sekunder dan 80% untuk tersier.

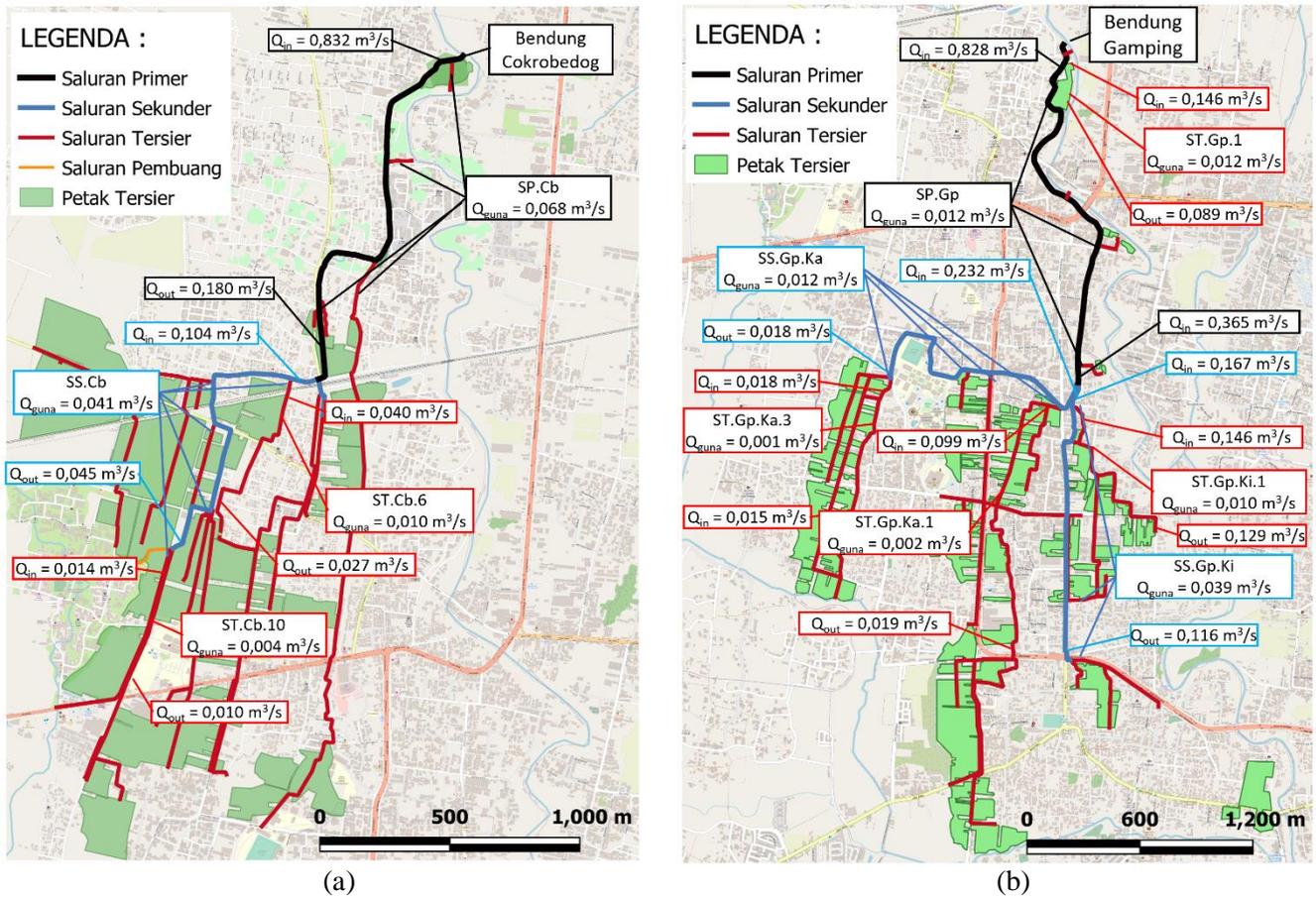
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Debit Terukur di Saluran

Gambar 2 menunjukkan nilai hasil pengukuran debit yang ada di hulu saluran dan di hilir saluran. Selain itu, Gambar 2 juga menunjukkan letak titik pengukuran Q_{in} dan Q_{out} masing-masing saluran DI Cokrobedog dan Gamping, dan Q_{guna} merupakan hasil dari perhitungan debit yang dimanfaatkan untuk kebutuhan air masing-masing lahan. Pengukuran debit saluran tersier tidak dilakukan di semua saluran tersier, tetapi hanya dilakukan di beberapa titik saja.

3.2 Kehilangan Air dan Efisiensi Saluran

Hasil perhitungan efisiensi saluran DI Cokrobedog ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai kebutuhan air Q_{guna} untuk lahan di sepanjang Saluran Primer Cokrobedog (SP.Cb) yaitu 0,068 m^3/s . Nilai tersebut merupakan kebutuhan air untuk semua lahan yang menyadap air di sepanjang Saluran Primer. Nilai Q_{lose} di Saluran Primer mencapai 0,583 m^3/s , Penyebab tingginya nilai tersebut adalah pemberian air untuk kolam ikan yang berlebihan. Tahun 2018 pernah dilakukan perbaikan di Saluran Primer, tetapi perbaikan yang dilakukan tidak di sepanjang saluran. Oleh karena itu, kebocoran saluran masih ada di beberapa titik dan menjadi penyebab kehilangan air. Faktor penyebab lain kehilangan air adalah pengambilan ilegal untuk pemenuhan kebutuhan air kolam dan peternakan babi. Air yang disadap tersebut ada yang langsung terbuang ke sungai dan ada yang kembali ke saluran dengan debit yang lebih kecil. Faktor-faktor tersebut mengakibatkan efisiensi di Saluran Primer hanya 29,85%, jauh dari standar perencanaan irigasi. Hasil analisis di Saluran Sekunder Cokrobedog (SS.Cb) didapat nilai efisiensi yaitu 82,71%. Angka tersebut menunjukkan bahwa saluran masih kurang memenuhi standar. Penyebabnya adalah sedimen yang ada di Saluran Sekunder membuat pengaliran air menjadi terganggu. Pengukuran yang dilakukan di dua Saluran Tersier yang ditinjau mendapatkan nilai efisiensi yang baik yaitu 92,17% dan 98,83%. Berdasarkan Tabel 1, efisiensi total DI Cokrobedog adalah 23,58% (efisiensi Primer \times Sekunder \times Tersier). Nilai efisiensi saluran tersier merupakan nilai rata-rata dari efisiensi saluran tersier yang berbeda lokasi.



Gambar 2 (a) Titik dan Hasil Pengukuran Debit Cokrobedog (b) Titik dan Hasil Pengukuran Debit Gamping. (diolah dari DPUPESDM DIY)

Tabel 1 Efisiensi Saluran di DI Cokrobedog.

Lokasi	Nomenklatur	Q_{in} (m ³ /s)	Q_{guna} (m ³ /s)	Q_{out} (m ³ /s)	Q_{lose} (m ³ /s)	Ef (%)
Primer	SP.Cb	0,832	0,068	0,180	0,583	29,85
Sekunder	SS.Cb	0,104	0,041	0,045	0,018	82,71
Tersier						
Tesier mejing lor 1	ST.Cb.6	0,040	0,010	0,027	0,003	92,17
Tesier buk kunir 1	ST.Cb.10	0,014	0,004	0,010	0,000	98,83

Hasil perhitungan efisiensi saluran DI Gamping ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai kebutuhan air Q_{guna} untuk lahan di sepanjang Saluran Primer Gamping (SP.Gp) yaitu 0,012 m³/s. Nilai tersebut akumulasi dari kebutuhan air untuk semua lahan yang menyadap di Saluran Primer. Nilai Q_{lose} di Saluran Primer mencapai 0,451 m³/s. Penyebab kehilangan hampir sama dengan yang terjadi di Cokrobedog yaitu pemberian air untuk kolam ikan yang berlebih. Di sepanjang Saluran Primer Gamping juga terdapat banyak kolam liar milik warga yang menyadap air langsung di saluran dengan menggunakan pipa paralon. Kehilangan air yang terjadi membuat efisiensi di Saluran Primer Gamping 45,58%. Saluran Sekunder kanan (SS.Gp.Ka.1) memiliki nilai efisiensi sangat kecil yaitu 12,58%. Pengoperasian pintu sadap menjadi masalah yang perlu diperhatikan karena pemberian air secara berlebihan ke Saluran Tersier membuat debit air yang seharusnya sampai ke hilir Saluran Sekunder masih banyak. Akan tetapi kenyataan di lapangan, debit yang sampai ke hilir saluran hanya 0,018 m³/s. Saluran Tersier Karangnongko (ST.Gp.1) merupakan Saluran Tersier yang ditinjau dan berada di hulu Saluran Primer. Debit yang dibutuhkan untuk memenuhi kolam ikan seharusnya hanya 0,012 m³/s, tetapi debit yang dialirkan 0,146 m³/s dan kelebihan debit terbuang langsung ke sungai. Kondisi Saluran Tersier Godekan 2 (ST.GP.Ka.1) masih cukup bagus, tetapi memiliki efisiensi sangat kecil yaitu 20,66%. Hal itu disebabkan penyadapan air untuk pemenuhan kebutuhan air sawah karena petani

mulai menggenangi area sawah mereka untuk melakukan persiapan pengolahan lahan. Saluran Tersier Godekan 1 (ST.Gp.Ki.1) dan Tegal Rejo (ST.Gp.Ka.3) masih dalam kondisi bagus dengan nilai efisiensi diatas 80%.

Tabel 2 Efisiensi Saluran di DI Gamping.

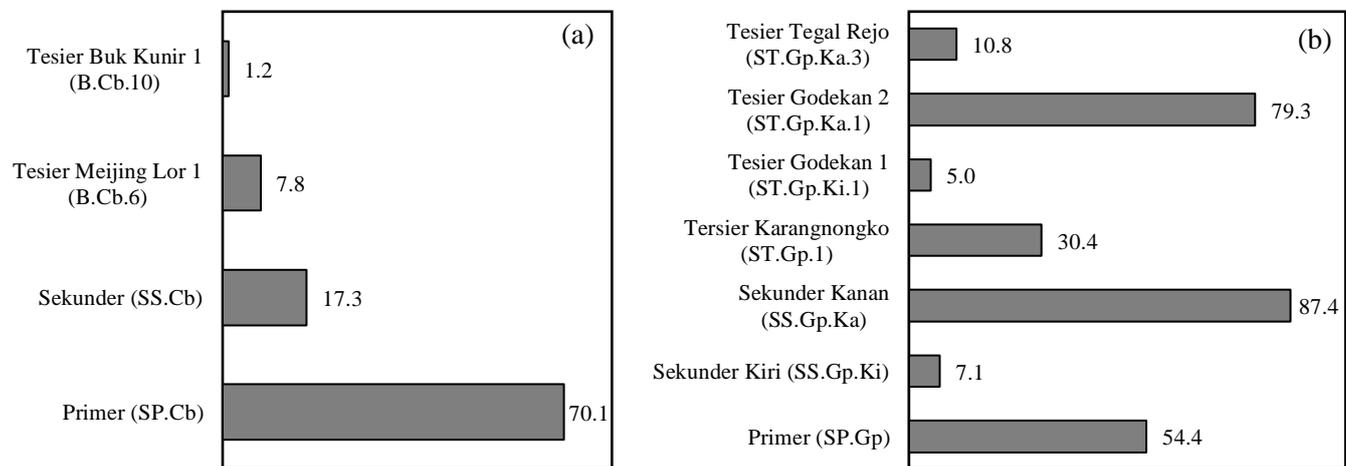
Lokasi	Nomenklatur	Q_{in} (m ³ /s)	Q_{guna} (m ³ /s)	Q_{out} (m ³ /s)	Q_{lose} (m ³ /s)	Ef (%)
Primer	SP.Gp	0,828	0,012	0,365	0,451	45,58
Sekunder kiri	SS.Gp. Ki	0,167	0,039	0,116	0,012	92,92
Sekunder kanan	SS.Gp.Ka	0,232	0,012	0,018	0,203	12,58
Tersier						
Tersier Karangnongko	ST.Gp.1	0,146	0,012	0,089	0,044	69,58
Tesier Godekan 1	ST.Gp.Ki.1	0,146	0,010	0,129	0,007	95,04
Tesier Godekan 2	ST.Gp.Ka.1	0,099	0,002	0,019	0,079	20,66
Tesier Tegal Rejo	ST.Gp.Ka.3	0,018	0,001	0,015	0,002	89,16

Berdasarkan Tabel 2, efisiensi penggunaan air total di DI Gamping adalah 16,50% (efisiensi Primer × Sekunder × Tersier). Efisiensi saluran sekunder adalah rata-rata efisiensi Saluran Sekunder Kiri dan Kanan dan efisiensi saluran teriser adalah rata-rata saluran tersier yang ditinjau,

Berdasarkan hasil dari perhitungan efisiensi saluran irigasi yang ditunjukkan Tabel 1 dan Tabel 2, diketahui efisiensi total saluran irigasi Cokrobedog dan Gamping sangat rendah yaitu 23,58% dan 16,50%. Nilai efisiensi tersebut jauh dari ketentuan yang ditetapkan Standar Perencanaan Irigasi dengan efisiensi total yang baik yaitu 65%.

3.3 Persentase Kehilangan Air

Hasil analisis yang terlihat pada Gambar 3 menunjukkan jika kehilangan air di Cokrobedog terbesar ada di Saluran Primer dengan persentase kehilangan air 70,15%, dan terkecil di Saluran Tersier B.Cb.10 yaitu 1,17%. Sementara itu untuk DI Gamping persentase kehilangan air terbesar terjadi di Saluran Sekunder Kanan dengan total kehilangan 87,42% dan persentase kehilangan air terkecil di Saluran Tersier Godekan 1 dengan nilai 4,96%.



Gambar 3 (a) Persentase Kehilangan Air Cokrobedog (b) Persentase Kehilangan Air Gamping

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan, rendahnya nilai efisiensi saluran di DI Cokrobedog dan DI Gamping merupakan permasalahan yang perlu segera diatasi. Upaya untuk meningkatkan efisiensi saluran irigasi dapat berupa perbaikan prasarana fisik saluran yang mengalami kerusakan/kebocoran, memberikan penyuluhan kepada warga dan petani tentang dampak negatif penyadapan liar dan mengatur pola operasi pemberian air supaya tidak melebihi kebutuhan air.

KESIMPULAN

Hasil analisis yang dilakukan menunjukkan di DI Cokrobedog persentase kehilangan air terbesar terjadi di Saluran Primer dengan persentase 70,15 %. Di DI Gamping, meskipun jumlah kehilangan air terbesar terjadi di Saluran Primer, persentase kehilangan air terbesar terjadi di Saluran Sekunder kanan dengan persentase kehilangan 87,42%. Efisiensi total di DI Cokrobedog adalah 23,58% dan efisiensi total DI Gamping 16,50%, Berdasarkan hasil yang didapatkan tersebut maka dapat diketahui bahwa saluran irigasi di DI Cokrobedog dan Gamping sangat tidak efisien dalam mengalirkan air. Dari hasil tersebut perlu adanya upaya untuk meningkatkan efisiensi saluran seperti melakukan perbaikan saluran, mengatur pengoperasian pintu yang lebih baik dalam pembagian air sesuai kebutuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral DIY (DPUPESDM DIY) yang telah memberikan informasi dan data-data yang diperlukan, petugas Operasi Pintu (OP) Bendung dan Petugas Pintu Air (PPA) Cokrobedog dan Gamping yang telah membantu dalam pengukuran.

REFERENSI

- Aprilina, Y., & Nurrochmad, F. (2013). “*Analisis Prioritas Operasi Dan Pemeliharaan Serta Rehabilitasi Daerah Irigasi Studi Kasus 8 Daerah Irigasi Di Daerah Istimewa Yogyakarta* [Tesis].” Universitas Gadjah Mada.
- Bunganaen, W., Ramang, R., & Raya, L. L. M. (2017). “Efisiensi Pengaliran Jaringan Irigasi Malaka (Studi Kasus Daerah Irigasi Malaka Kiri).” *Jurnal Teknik Sipil*, VI(1).
- Darmawan, H., Dan, T., & Kartika, N. (2022). “*Analisa Angka Kehilangan Debit Air Pada Daerah Irigasi (DI) Warungkiara*” (Vol. 05, Issue 01).
- Fadhliani, Ersya, N. S., Palaguna, A., Usrina, N., & Muthmainnah. (2023). “Studi Analisis Efisiensi Dan Kehilangan Air Pada Saluran Irigasi Kampung Reje Guru Kecamatan Bukit Kabupaten Bener Meriah.” *Lingkar : Journal of Environmental Engineering*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.22373/ljee.v4i1.2821>
- Fatchan Nurrochmad. (2023). *Manajemen Irigasi*. Gadjah Mada University Press.
- Februarman. (2009). “Jenis dan Ragam Kerusakan Saluran Primer Daerah Irigasi Bandar Laweh Kabupaten Solok.” *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(No.1).
- Hidayat, A. R., Sulistiyono, H., & Budianto, M. B. (2021). “Studi Efisiensi Jaringan Irigasi di Daerah Irigasi Pekatan Kabupaten Lombok Utara.” *Spektrum Sipil*, 8(1), 32. <https://doi.org/10.29303/spektrum.v8i1.200>
- Hidayatullah, R. A., Ziana, & Shaskia, N. (2021). “Peninjauan Nilai Efisiensi Saluran Sekunder Reuleut pada Daerah Jaringan Irigasi Krueng Tuan.” *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(2), 197–203.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01*.
- Maulida, F. A., Nurrochmad, F., & Pratiwi, E. P. A. (2020). “Evaluasi Kinerja Bendung Kamijoro Untuk Daerah Irigasi Kamijoro Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Mudi Hafli, T., Desmi, A., Putri, B., Fauzan, M., Sarana, D., & Malasyi, S. (2022). “Pengaruh Debit Inflow-Outflow Terhadap Efisiensi Saluran Irigasi Kunci.” 6(3), 48–52.
- Nurrochmad, F., Refika, C. D., & Sujono, J. (2017). “Analysis of intake gate operation of the three weirs in Bedog river.” *AIP Conference Proceedings*, 1818. <https://doi.org/10.1063/1.4976903>
- Rizalihadi, M., Fauzi, A., & Tanzil, R. (2014). “Evaluasi Kinerja Irigasi Dari Aspek Konsistensi Efisiensi Irigasi Pada Daerah Irigasi Pandrah. Bireun, Aceh.” *Konferensi Nasional Teknik Sipil 8 (KoNTekS8)*, 108–116.
- Setiawan, A., Muhaimin, A., & Taufik, M. (2023). “Analisis Efisiensi Saluran Primer Kalisemo Daerah Irigasi Kalisemo Kabupaten Purworejo.” *Jurnal Surya Beton*, 7(1). <http://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryabeton>
- Sudirman, Himairo Saidah, Miswar Tumpu, I Wayan Yasa Nenny, Muhammad Ihsan, Nurnawaty, Fathur Rahman Rustan, & Tamrin. (2021). *Sistem Irigasi dan Bangunan Air* (A. Karim, Ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Tri Cahyono, W., Cahyo, Y. S., Winarto, S., Teknik, F., & Kadiri, U. (2018). “Studi Efisiensi Pemberian Air Irigasi pada Desa Grompol, Kecamatan Gampengrejo, Kabupaten Kediri.” *JURMATEKS*, 1(1).