

**EVALUASI BOX CULVERT STA 42 + 160
DAERAH IRIGASI CIPAMEKAR JALAN TOL CISUMDAWU**

Titan Afrial Trisandi¹⁾, Sulwan Permana²⁾

Jurusan Teknik Sipil , Institut Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia

1811002@itg.ac.id ¹⁾, sulwanpermana@itg.ac.id ²⁾

ABSTRACT

Box culvert Ciantum merupakan bangunan persilangan yang dibangun untuk mengalirkan debit yang dibawa oleh saluran yang jalurnya terpotong bentang panjang oleh jalan tol Cisumdawu seksi 5A. Saat ini, box culvert sudah dioperasikan karena pembangunan sudah selesai dari awal pengerjaan jalan tol. Tolak ukur keberhasilan sistem irigasi dapat dilihat dari kinerja saluran dan bangunan irigasi, maka perlu adanya analisis pada pengelolaan sistem irigasi maupun bangunan irigasi untuk mengoptimalkan ketersediaan air dan kinerja saluran irigasi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui terpenuhinya kebutuhan dan ketersediaan air di hulu sungai Ciantum untuk dialirkan ke lahan pertanian masyarakat, mengetahui debit air yang mengalir pada box culvert Ciantum dengan perhitungan hidrolis sehingga air dapat mengalir dengan optimal dan tersalurkan. Lokasi penelitian di Cibeureuyeh Kec. Conggeang Kab. Sumedang. Bendung Ciantum merupakan bendung gerak vertikal yang berfungsi untuk mengairi daerah irigasi Cipamekar seluas 290 ha dengan nilai debit andalan sungai tertinggi sebesar 2,60 m³/dt menggunakan metode Nreca. Nilai Evapotranspirasi tertinggi terdapat pada bulan September sebesar 23,79 mm/hari menggunakan metode Penman-Monteith. Kebutuhan air bersih lahan pertanian tertinggi mencapai 2.46 m³/dt. Debit air maksimum yang mengalir pada box culvert Ciantum yaitu 2599 lt/dt, namun ketersediaan air di hulu sungai Ciantum hanya 10178.95 lt/dt, sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan air di irigasi Cipamekar sebesar 11324.30 lt/dt. Debit banjir rencana sebesar 0,071 m³/det. Kecepatan aliran (v1) pada inlet box culvert sekitar 1,4 m/dt dengan total debit masuk box culvert (Q1) sebesar 2,60 m³/dt. Kecepatan aliran (v2) pada outlet box culvert sekitar 1,29 m/dt dengan total debit keluar box culvert (Q2) sebesar 1,4 m³/dt. Total kehilangan energi pada box culvert adalah sekitar 0,056 m.

Kata Kunci: Irigasi, Kebutuhan Air, Kehilangan Energi, Ketersediaan Air, Box Culvert.

ABSTRACT

The Ciantum box culvert is a crossing structure built to channel discharge carried by a channel whose path is cut off for a long stretch by the Cisumdawu toll road section 5A. Currently, the box culvert has been operational because construction has been completed since the beginning of the toll road work. The benchmark for the success of an irrigation system can be seen from the performance of irrigation channels and buildings, so it is necessary to analyze the management of irrigation systems and irrigation buildings to optimize water availability and the performance of irrigation channels. The research aims to determine the fulfillment of water needs and availability in the upstream Ciantum river to be channeled to community agricultural land, determine the flow of water flowing into the Ciantum box culvert using hydraulic calculations so that the water can flow optimally and be channeled. The research location is Cibeureuyeh District. Conggeang District. Sumedang. Ciantum Dam is a vertical moving weir which functions to irrigate the Cipamekar irrigation area covering an area of 290 ha with the highest river discharge value of 2.60 m³/sec using the Nreca method. The highest evapotranspiration value was in September at 23.79 mm/day using the Penman-Monteith method. The highest need for clean water for agricultural land reaches 2.46 m³/sec. The maximum water discharge flowing through the Ciantum box culvert is 2599 lt/sec, however the water availability in the upstream Ciantum river is only 10178.95

lt/sec, so it is unable to meet the water needs of the Cipamekar irrigation of 11324.30 lt/sec. The planned flood discharge is 0.071 m³/sec. The flow velocity (v_1) at the box culvert inlet is around 1.4 m³/s with a total discharge entering the box culvert (Q_1) of 2.60 m³/s. The flow velocity (v_2) at the box culvert outlet is around 1.29 m/s with a total discharge from the box culvert (Q_2) of 1.4 m³/s. The total energy loss in the box culvert is approximately 0.056 m.

Keywords: Irrigation, Water Needs, Energy Loss, Water Availability, Box Culvert.

1. PENDAHULUAN

Adanya perubahan tata lahan dengan kondisi saluran yang tidak memadai dapat membuat permasalahan seperti banjir. Dari hal itu, maka saluran irigasi harus dirancang sedemikian rupa supaya air yang melimpas tidak membuat masalah seperti banjir. Box culvert merupakan saluran gorong-gorong yang tertutup berbentuk persegi beton bertulang yang terbuat dari beton yang dapat meminimalisir masuknya sampah maupun kontak dengan benda diatasnya sehingga air bisa mengalir dengan baik. Memiliki kekuatan yang besar, digunakan sebagai perangkat untuk perairan sawah, melewati jalan, lintasan kereta api, dan bendungan. Pembangunan infrastruktur ataupun prasarana dilakukan untuk upaya penunjang pemanfaatan air, salah satunya pemanfaatan air di DAS Ciantum dengan luas 161,127123 km² untuk memenuhi kebutuhan air sawah dengan daerah irigasi sebesar 290 ha dengan panjang box culvert 55,94 m yang terletak di wilayah perbatasan antara Cipamekar, Narimbang, dan Kecamatan Conggeang, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Sampai saat ini, box culvert Ciantum sudah dioperasikan sehingga masyarakat dapat memanfaatkan bangunan tersebut untuk memenuhi kebutuhan air terutama dalam sektor pertanian.

Perlu adanya analisis pada sistem irigasi maupun bangunan irigasi untuk mengoptimalkan kinerja saluran irigasi dan ketersediaan air yang berasal dari hulu sungai sampai bendung, kemudian disalurkan oleh bangunan pembawa yaitu bangunan box culvert. Dari hal tersebut, maka diperlukan analisis dengan mengaplikasikan langkah perhitungan dan mengetahui debit air yang mengalir pada box culvert Ciantum dengan perhitungan hidrolisis yang telah diberi dan diajarkan selama masa pembelajaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Irigasi

Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak. Tujuan irigasi adalah untuk memanfaatkan air irigasi yang tersedia secara benar, efisien dan efektif agar produktivitas pertanian dapat meningkat sesuai yang diharapkan dan menyalurkan air untuk pertumbuhan tanaman ke tanah, diolah dan mendistribusinya secara sistematis

B. Bendung

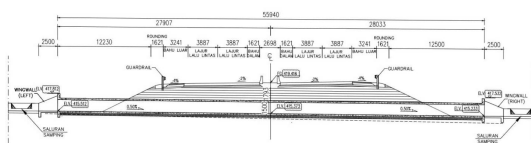
Bendung merupakan suatu bangunan konstruksi yang dibuat dari pasangan batu kali atau pasangan batu karang, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang berfungsi untuk menaikkan elevasi muka air untuk kepentingan irigasi. Bendung dapat diartikan sebagai penghalang selama terjadi banjir dan dapat menyebabkan genangan luas di daerah hulu bendung. Bangunan bendung memungkinkan dibelokkannya air dari sungai ke jaringan irigasi, dengan jalan menaikkan muka air di sungai atau dengan memperlebar pengambilan di dasar sungai. Ada dua tipe bangunan bendung yang dapat digunakan untuk mengatur elevasi air di sungai yaitu bendung pelimpah dan bendung gerak (*barrage*) (Bagus Ansori Edijatno Soekibat Roedy Soesanto, 2018).

C. Box Culvert

Box culvert merupakan material beton yang banyak digunakan untuk keperluan saluran air, sehingga banyak digunakan untuk bangunan-bangunan yang membutuhkan konstruksi ini. Bentuk *box culvert* kotak atau persegi sesuai dengan nama yang diberikan. *Box culvert* tidak hanya dicetak dengan bentuk persegi saja, adapun pabrik beton yang memproduksi *box culvert* dengan bentuk bulat bahkan trapesium sesuai dengan permintaan konsumen. Untuk ukurannya telah dicetak sesuai dengan standar kebutuhan saluran air pada umumnya.

D. Perhitungan Hidrolis

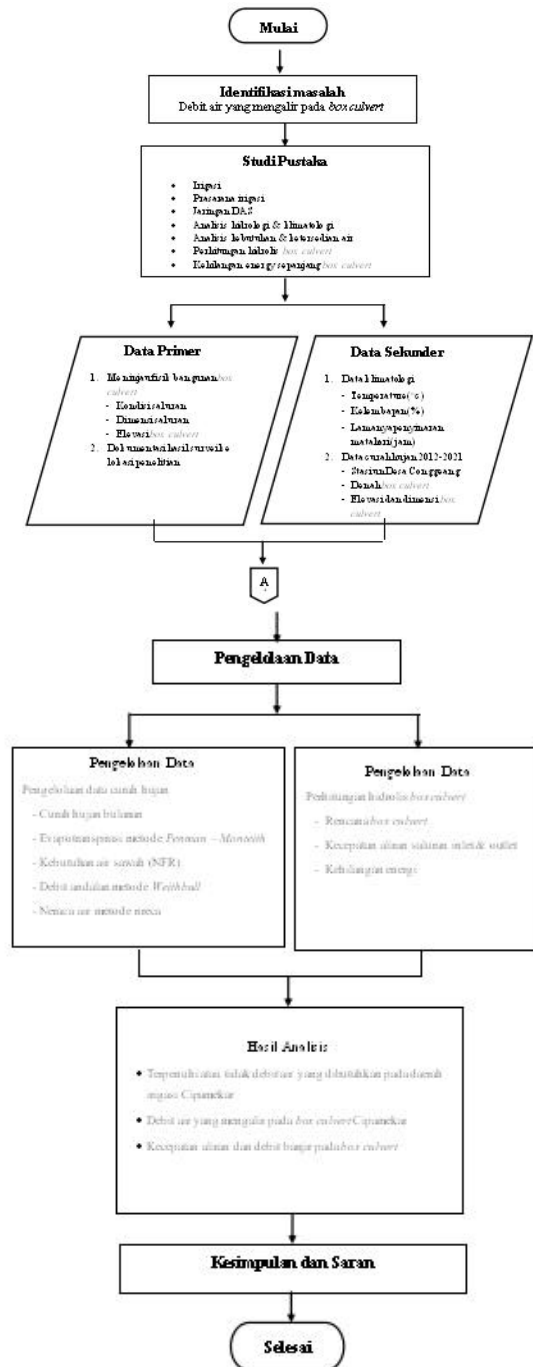
Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya dalam mencari debit (Q) yang mengalir di dalam *box culvert*, didapatkan bahwa debit yang masuk dan mengalir pada saluran *box culvert* yaitu sebesar 1704.67 lt/ha (Q maks) dan sebesar 2.60 lt/ha (Q min). Langkah selanjutnya pada analisis penelitian ini yaitu melakukan perhitungan hidrolis dari Bangunan *box culvert* tersebut yaitu seperti kecepatan aliran dalam bangunan dan kehilangan energi yang terjadi pada *box culvert*. Pada gambar 2.13 merupakan denah potongan memanjang *box culvert* dengan total Panjang saluran 55.49 m, untuk detail gambar denah lebih jelas dapat dilihat pada lampiran. Berikut merupakan data *box culvert* yang diperoleh dari PT ADHI KARYA (Persero) Tbk.



(Sumber ; PT. Adhi Karya (Persero)
Tbk.2023)

Gambar 1 Denah Potongan memanjang *box culvert*

3. METODE PENELITIAN

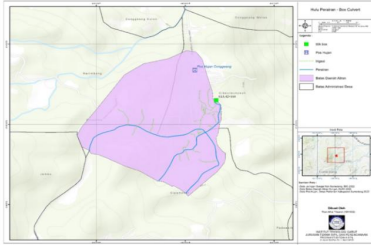


Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL dan PEMBAHASAN

A. Data Luas Daerah Aliran Sungai

Untuk DAS yang digunakan pada penelitian ini adalah DAS Cipamekar diperoleh data luas DAS sebagai berikut:



Gambar 3 Denah DAS Cipamekar

B. Curah Hujan Rata-Rata

Data yang berasal dari stasiun terdekat dari lokasi penelitian, yaitu Stasiun Desa Conggeang. Data yang diperoleh selama kurun waktu 10 tahun terakhir dari tahun 2011 sampai tahun 2021. Berikut adalah data curah hujan rata-rata perbulan dari satu stasiun yang dipakai dalam proses analisis hidrologi pada Tabel 1 dan 2

Tabel 1 Jumlah Curah Hujan Bulanan Stasiun Conggeang Bulan Januari – Juni

	Januari	Febuari	Maret	April	Mei	Juni
	1	2	3	4	5	6
2012	292	520	455	282	187	83
2013	390	579	964	415	271	271
2014	702	410	630	438	165	155
2015	584	410	505	407	127	33
2016	143	609	475	255	255	188
2017	325	359	516	442	0	209
2018	118	412	599	0	68	51
2019	0	0	471	0	0	0
2020	345	776	545	338	187	48
2021	981	828	730	230	132	161

Tabel 2 Jumlah Curah Hujan Bulanan Stasiun Conggeang Bulan Juli–Desember

TAHUN	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
	7	8	9	10	11	12
2012	0	0	2	17	358	853
2013	158	0	5	62	231	807
2014	255	0	0	21	117	703
2015	0	0	0	2	44	364
2016	104	268	391	485	428	207
2017	0	0	8	284	461	438
2018	0	0	0	139	310	266
2019	0	0	0	0	0	0
2020	40	54	52	246	206	500
2021	62	80	27	274	647	422

C. Perhitungan Debit Sungai

Perhitungan debit sungai dengan menggunakan metode Nreca untuk data tahun 2012-2021 sehingga diketahui nilai debit sungai selama 10 tahun dalam Tabel 3 berikut :

Tabel 3 Perhitungan debit sungai dengan menggunakan metode Nreca untuk data tahun 2012-2021

Debit Sungai (Q) dalam m ³ /detik												
Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2011	4.73	11.52	10.16	6.04	3.76	2.72	1.84	1.29	0.93	0.63	3.81	17.91
2012	11.39	16.81	28.07	14.54	9.08	6.57	4.45	3.12	2.25	1.53	1.10	16.12
2013	20.28	14.69	15.81	11.00	6.50	4.70	3.18	2.23	1.61	1.09	0.79	14.34
2014	17.38	15.27	11.49	7.48	4.83	3.49	2.37	1.66	1.20	0.81	0.59	0.78
2015	0.47	1.67	2.47	1.40	0.83	0.60	0.41	0.33	0.82	1.49	2.27	1.19
2016	2.38	4.78	6.30	5.47	2.78	2.01	1.36	0.95	0.69	0.75	1.47	2.73
2017	1.14	8.01	9.79	4.38	2.97	2.15	1.45	1.02	0.74	0.54	0.53	0.59
2018	0.31	0.23	0.50	0.23	0.15	0.11	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
2019	0.09	0.66	2.73	2.01	1.01	0.73	0.49	0.35	0.25	0.26	0.25	0.81
2020	3.37	13.62	14.08	6.61	4.47	3.24	2.19	1.53	1.11	1.03	2.70	3.53

D. Debit Andalan

Nilai debit andalan didapatkan dengan melakukan interpolasi dari Q80% dan Q90%. Berikut ini merupakan contoh tahapan perhitungan interpolasi dari Q80% dan Q90% dengan metode *Weithbull* pada bulan Januari periode 1:

Data : Q80% = 0,47

Q90% = 0,31

Maka

$$Q \text{ andalan} = 0,47 + \frac{(8,5-8)}{(9-8)} \times (0,31 - 0,47) \\ = 0,39 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Hasil perhitungan secara lengkap dalam menentukan nilai debit andalan dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4 Rangkang Debit Andalan

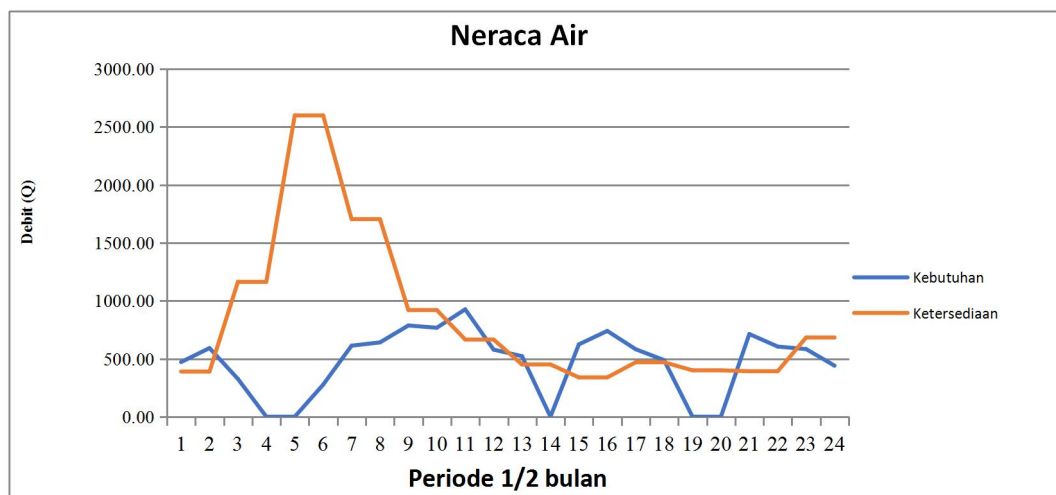
Rangkang Debit Andalan Bulanan												
No.	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	20.28	16.81	28.07	14.54	9.08	6.57	4.45	3.12	2.25	1.53	3.81	17.91
2	17.38	15.27	15.81	11.00	6.50	4.70	3.18	2.23	1.61	1.49	2.70	16.12
3	11.39	14.69	14.08	7.48	4.83	3.49	2.37	1.66	1.20	1.09	2.27	14.34
4	4.73	13.62	11.49	6.61	4.47	3.24	2.19	1.53	1.11	1.03	1.47	3.53
5	3.37	11.52	10.16	6.04	3.76	2.72	1.84	1.29	0.93	0.81	1.10	2.73
6	2.38	8.01	9.79	5.47	2.97	2.15	1.45	1.02	0.82	0.75	0.79	1.19
7	1.14	4.78	6.30	4.38	2.78	2.01	1.36	0.95	0.74	0.63	0.59	0.81
Q80	0.47	1.67	2.73	2.01	1.01	0.73	0.49	0.35	0.69	0.54	0.53	0.78
x	0.39	1.16	2.60	1.70	0.92	0.67	0.45	0.34	0.47	0.40	0.39	0.68
Q90	0.09	0.23	0.50	0.23	0.15	0.11	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01

E. Neraca Air

Berikut adalah debit kebutuhan dan ketersediaan air dalam bentuk Tabel 5 dan Gambar 4

Tabel 5 Debit Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Bulan	Kebutuhan	Ketersediaan
Jan	471.56	389.68
	592.18	389.68
Feb	326.01	1163.57
	0.00	1163.57
Mar	0.00	2599.15
	276.67	2599.15
Apr	612.89	1704.67
	641.09	1704.67
Mei	787.18	920.29
	767.25	920.29
Jun	926.34	665.68
	578.91	665.68
Jul	522.15	450.94
	0.00	450.94
Ags	623.87	339.17
	740.13	339.17
Sep	582.10	469.63
	488.20	469.63
Okt	0.00	400.33
	0.00	400.33
Nov	713.21	392.52
	605.13	392.52
Des	583.32	683.32
	440.30	683.32



Gambar 4 Neraca Air

Berdasarkan hasil perhitungan dan gambar kurva di atas, maka dapat diketahui bahwa ketersediaan air di DAS Ciantum kurang melimpah dan tidak dapat memenuhi kebutuhan air daerah irigasi Cipamekar dengan luas area sebesar 290 ha. Berdasarkan penelitian yang saya lakukan didapat

Q maksimum = 2599 lt/detik

Q minimum = 339,17 lt/detik

F. Perhitungan Hidrolis Box Culvert

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya dalam mencari debit (Q) yang mengalir di dalam *box culvert*, didapatkan bahwa debit yang masuk dan mengalir pada saluran *box culvert* yaitu sebesar 2599.15 lt/ha (Q maks) dan sebesar 339.17 lt/ha (Q min). Langkah selanjutnya pada analisis penelitian ini yaitu melakukan perhitungan hidrolis dari bangunan *box culvert* tersebut yaitu seperti kecepatan aliran dalam bangunan dan kehilangan energi yang terjadi pada *box culvert*.

Mencari *Head Losses* minor pada *box culvert*, yaitu untuk K 45 ° = 0,78

$$h_L = (0,147 + 0,78 + 1 + 0,5) \frac{v^2}{2g}$$

$$h_L = 3.427 \frac{v^2}{2g}$$

Setelah didapatkan persamaan *Head Losses*, langkah perhitungan berikutnya dalam mencari nilai kecepatan aliran (v^2) pada outlet *box culvert*. Berikut langkah perhitungan secara lengkap :

$$\frac{1,4^2}{2 \times 9,8} + 417.812 = 4.427 \frac{v^2}{2 \times 9,8} + 417.532$$

$$417,911 = 4.427 \frac{v^2}{19,62} + 417.532$$

$$0,38 = 4.427 \frac{v^2}{19,62}$$

$$7,46 = 4.427 v^2$$

$$v^2 = 1,685$$

$$v^2 = 1,29 \text{ m/ detik}$$

Mencari debit keluar pada outlet dengan menggunakan rumus perbandingan :

$$\frac{2,60}{0,53} = \frac{Q_2}{0,53}$$

$$0,53 Q_2 = 1,4 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi nilai kecepatan aliran di outlet (v^2) yaitu sebesar 3,64 m/ detik dan total debit keluar *box* yaitu sebesar 1,4 m³/detik. Berikut tabel rekapitulasi hasil perhitungan :

Tabel 6 Rekapitulasi hasil perhitungan kecepatan aliran

Kecepatan Aliran (m/detik)		Debit (m ³ /detik)
Inlet	1,4	2,60
Outlet	1,29	1,4

Kehilangan Energi Akibat Peralihan

1. Bagian masuk

$$\Delta H_{masuk} = 0,50 (1,47 - 1,4)^2 / 2 \times 9,8$$

$$\Delta H_{masuk} = 0,00031 \text{ m}$$

2. Bagian keluar

$$\Delta H_{masuk} = 1,00 (1,4 - 1,29)^2 / 2 \times 9,8$$

$$\Delta H_{masuk} = 0,00062 \text{ m}$$

Kehilangan Energi Akibat Gesekan Sepanjang *Box Culvert*

$$L = 55,94$$

$$R = 0,24 \text{ jari jari box culvert}$$

$$\Delta H_f = \frac{1,29^2 \times 55,94}{70^2 \times 0,24^{3/4}} = 0,055 \text{ m}$$

$$\Delta H_{masuk} + \Delta H_{Keluar} + \Delta H_f$$

$$= 0,00031 + 0,00062 + 0,055 = 0,056 \text{ m}$$

Sehingga kehilangan energi total yang terjadi pada sepanjang *box culvert* yaitu sebesar 0,056 m.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang penulis lakukan dengan judul Analisis *Box Culvert STA 42 + 160* Daerah Irigasi Cipamekar Jalan Tol Cisumdawu, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketersediaan air dari hulu sungai Ciantum yaitu sebesar 10178.95 lt/dt dan belum mampu memenuhi kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Cipamekar Jalan Tol Cisumdawu sebesar 11278.52 l/dt.
2. Debit maksimum yang mengalir di *box culvert* Ciantum yaitu sebesar 2599 l/dt atau 2,60 m³/dt. Dengan debit andalan tertinggi yaitu pada bulan Maret sebesar 2,60 m³/dt dan debit andalan terendah pada bulan Agustus sebesar 0,339 m³/dt.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi Cipamekar Jalan Tol Cisumdawu sebesar 11278.52 l/dt dengan luas total daerah yang dialirkan sebesar 290 hektar.
4. Perhitungan hidrolis pada *box culvert* Ciantum dengan menggunakan debit maksimum yaitu didapatkan kecepatan aliran (v1) pada *inlet* yaitu sebesar 1,4 m/dt dengan total debit masuk *box culvert* (Q1) yaitu 2,60 m³/dt, lalu kecepatan aliran (v2) pada *box culvert* yaitu sebesar 1,29 m/dt dengan total debit keluar *box culvert* (Q2) yaitu 1,4 m³/dt. Sehingga kecepatan air pada *box culvert* sesuai dengan kriteria perencanaan bagian bangunan Irigasi yaitu tidak boleh kurang dari 1 m/dt dan kecepatan maksimum tidak melebihi 3 m/dt.
5. Berdasarkan hasil perhitungan kehilangan energi, menunjukkan bahwa pengaruh sistem saluran pembawa air berkurang karena terjadi kehilangan energi sebesar 0,056 m dengan kehilangan energi yang terjadi yaitu akibat peralihan dan gesekan disepanjang *box culvert*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ariadi, T., Padusung, & Najimuddin, D. (2020). Perencanaan Box Culvert Pada Ruas Jalan Lito-Bageloka Kabupaten Sumbawa. *Jurnal SaintekA*, 24-31.
- Arsyad. (2017). Pelatihan Operasi dan Pemeliharaan Irigasi Tingkat Juru. Modul Pengetahuan Umum Irigasi, 1-67.
- Asnaning, A. R. (2020). Evaluasi Dimensi Box Culvert Pada Saluran Drainase Jalan Arteri Soekarno Hatta (Studi Kasus : Ruas Untung Surapati Hajimena). <https://openknowledgemaps.org/>, 1-64.
- Azis, S., Studi, P., Sipil, T., & Konstruksi, M.,. (2013) Metode Global Plantation Sistem Untuk Antisipasi Dampak Perubahan Iklim (Kajian Daerah Irigasi Molek Kabupaten Malang). *Eprints. Itn. Ac. Id*, 7, 24-26.
- Bagus Ansori Edijatno Sockibat Roedy Socsanto, M. (2018). Irigasi dan Bangunan Air. *Journal of Chemical Information and Modeling*, May, 1-275.
- Burhani, Y., Januwisesa, Y., Prabandiyani, S., & Muhrozi. (2017). Perencanaan Box Culvert dan Pintu Air Tambahan Pada Pintu Air Manggarai, Jakarta Selatan. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 291-302.
- Cipta, H., & Standardisasi, B. (2012). Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan Dengan Metode Penman-Monteith. Direktorat Jenderal SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi KP-04: Bangunan. 391.
- Indonesia, P. R. (2022). Undang-undang No 17 tahun 2019. Openwork, 011594, 1-5. <https://doi.org/10.12987/9780300210286-003>
- Jennings, C. P., Aldinger, S. G., Kangu, F. N., Purba, J. M., & Alotaibi, M. N. (2015). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No27/PRT/M/2015 TENTANG PENGEMBANGAN DAN PENGELOLAAN SISTEM IRIGASI. 3(7), 59-78.
- Junaedi, J., Thamrin, S., Darwisah, B., & Budiman, B. (2020). ANALISIS KEBUTUHAN AIR IRIGASI PADA PERTUMBUHAN TANAMAN KAPAS (*Gossypium hirtusum L.*) DI KECAMATAN LAMURU, KABUPATEN BONE. *Agroplantae, Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*, 9(1), 49-48. <https://doi.org/10.51978/agro.v9i1.98>

- Kementrian Pekerjaan Umum dan Direktorat Jendral Sumber Daya Air. (2013). Kriteria Perencanaan - Standar Perencanaan Irigasi.
- Liu, J. B. E. C. (1987). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. University of North Carolina at Charlotte.
- Perencanaan, K., & Utama, B. (2013). KP-02.
- Permana, S. (2007). *Buku Ajar Mekanika Fluida*, Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
- Permana, S. A. & S. (2020). *Analisis Operasional Bendung Copong di Kabupaten Garut*.
- Permana, T. A. & S. (2021). *ANALISIS PENGELOLAAN AIR IRIGASI DESA*
- Sari, A. K. (2019). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Untuk Lahan Persawahan Dusun To'Pongo Desa Awo Gading Kecamatan Lamasi. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(1),47. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i1.214
- Sidharta S.K. (2001). Irigasi dan Bangunan Air. *Journal of Chemical Information and Modeling*, May, 1-275.
- Soemarto. (1987). *Hidrologi Teknik. Usaha Nasional*. Teknik, B., Tata, P., & Air, G. (n.d.). *MODUL PENGENALAN SISTEM IRIGASI*.
- Tratmodjo, B. (2016). *Hidrologi Terapan*. Beta Offset Yogyakarta.
- Umum, D. P. (1986). *Buku Petunjuk Perencanaan Irigasi, Bagian Penunjang Untuk Perencanaan irigasi*. Badan Penerbit Pekerjaan
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). Kaji Ulang Bendung Tetap Cipaas (Studi Kasus Desa Bunihara Kecamatan Anyer). *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 62-73. <https://doi.org/10.36055/jft.v5i2.1259>
- Yansyah, R. A. (2014). Analisis Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase *Box Culvert* di Jalan Antasari Bandar Lampung Menggunakan Program HEC-RAS. <https://openknowledgemaps.org>, 1-12.
- Yanuar Adhiya Pratama. (2017). Analisis Sistem Drainase Jalan Tol Balikpapan-Samarinda km 22+025-52+100. <https://openknowledgemaps.org>, 357-366