

Analisis kapasitas *box culvert existing* pada pengembangan Bandar Udara Rendani Provinsi Papua Barat

Sinta Afifah K Assem*, Falderika

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding authors: sintaafifah05@gmail.com

Submitted: 25 February 2023, Revised: 18 October 2023, Accepted: 3 November 2023

ABSTRACT: Airports serve as transportation facilities that can assist in mobilization and provide access to and from a region. In the context of the development of Rendani Airport in Manokwari, West Papua, an extension of the runway is being carried out. The use of a box culvert as a river channel and foundation for the runway must have sufficient capacity, as it is directly related to the safety of activities at the airport. Therefore, this study aims to calculate the planned flood discharge of the channel to determine the capacity of the installed box culvert. Furthermore, it aims to determine the minimum safe dimensions for the box culvert and assess the safety of the installed dimensions. The analysis used to solve this problem includes frequency distribution analysis, rainfall intensity analysis, the analysis of the runoff coefficient of the catchment area, calculation of the planned flood discharge, and an evaluation of the dimensions of the box culvert. The results of the calculation show that the capacity of the installed box culvert dimensions is 438.4 m³/s, and the planned flood discharge capacity for a 100-year return period is 215.26 m³/s. It can be concluded that the capacity of the installed dimensions is sufficient to meet the planned discharge. Therefore, the minimum existing box size that can be used is 3.1 m x 7 m.

KEYWORDS: box culvert; capacity; discharge; dimensions.

ABSTRAK: Bandar udara merupakan sarana transportasi yang dapat membantu mobilisasi serta menjadi akses keluar masuk ke suatu daerah. Dalam rangka pengembangan Bandar Udara Rendani Manokwari Papua Barat, maka dilakukan perpanjangan landas pacu. Penggunaan box culvert sebagai saluran sungai dan pondasi bagi landas pacu harus memiliki kapasitas yang cukup karena berkaitan langsung dengan keamanan aktivitas pada bandar udara. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk menghitung debit banjir rencana saluran agar dapat mengetahui kapasitas box culvert terpasang. Selanjutnya untuk dapat menentukan dimensi minimal box culvert yang paling aman untuk digunakan serta mengetahui keamanan dimensi box terpasang. Analisa yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini ialah analisa distribusi frekuensi, intensitas hujan, analisa koefisien limpasan daerah tangkapan, menghitung debit banjir rencana dan melakukan evaluasi dimensi box culvert. Hasil perhitungan, kapasitas dari dimensi box culvert terpasang adalah 438.4 m³/s serta kapasitas debit rencana untuk masa ulang 100 tahun adalah 215.26 m³/s, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapasitas dimensi terpasang mampu memenuhi debit rencana. Maka ukuran box existing paling minimum yang dapat digunakan adalah 3.1 m x 7 m.

KATA KUNCI: gorong-gorong; kapasitas; debit; dimensi.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Menurut Wijayanti et al (2023) Transportasi udara memegang peranan penting dalam memindahkan manusia dan barang dengan cepat dan jangkauan yang lebih luas. Dalam pengembangannya, sarana transportasi udara memerlukan bandar udara (bandara) sebagai sarana dalam proses kelancaran transportasi udara dan sebagai tempat awal dan berakhirnya pergerakan orang/barang, serta sebagai akses keluar masuknya ke suatu daerah. Bandara harus mempunyai fasilitas yang lengkap tentunya disertai dengan keamanan dan kenyamanan masyarakat umum terutama penumpangnya (Maulana et al., 2023).

Dalam rangka pengembangan bandar udara rendani yang terletak di Manokwari Provinsi Papua

Barat, maka dilakukan perpanjangan landas pacu. Pada lokasi perencanaan perpanjangan landas pacu, terdapat saluran alami atau aliran sungai sehingga dibutuhkan bangunan air yang dapat dijadikan sebagai saluran dan juga dapat menjadi landasan bagi mobilisasi pesawat yang akan beroperasi pada bandara tersebut. Hal ini dikarenakan menurut Putra et al. (2018) secara umum di Indonesia, banjir sering terjadi pada musim hujan, dimana terjadinya peningkatan debit air sungai akibat curah hujan yang tinggi sehingga air meluap dan menggenangi daerah-daerah di sekitar aliran sungai.

Salah satu jenis bangunan yang sering di gunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah gorong-gorong. Menurut Fauzi et al. (2023) gorong-gorong (*culvert*) adalah salah satu tipe bangunan pelintasan

aliran yang direncanakan untuk meneruskan aliran debit sungai ataupun aliran sedimen, yang dibangun di bawah badan jalan atau rintangan lainnya, dengan gangguan hidraulik minimum terhadap sempadan atau area sekitarnya.

Gorong-gorong yang digunakan pada lokasi penelitian adalah gorong-gorong berbentuk persegi atau *box culvert* dengan 12 x 3.15 m per *section*. *Box culvert* yang di pakai tidak hanya menjadi saluran yang mengalirkan air tetapi juga akan menjadi pondasi untuk pesawat diatasnya. Maka dibutuhkan *box culvert* yang seusai dengan kapasitas debit rencana. Debit rencana yang dipakai harus disesuaikan dengan kebutuhan konstruksinya dalam hal ini adalah bandar udara.

Penting untuk dapat menghitung dan mengetahui kapasitas saluran terpasang dapat memenuhi debit banjir rencana. Evaluasi dimensi *box culvert* pada saluran drainase Jalan Arteri Soekarno Hatta (studi kasus: ruas Untung Surapati-Hajimena) penelitian oleh Asnaning & Sulkarnain (2020) melakukan penelitian tentang evaluasi dimensi *box culvert* pada saluran drainase, hasil penelitian ini disimpulkan bahwa dimensi *box culvert* terpasang tidak memenuhi debit banjir rencana sehingga diperlukan dimensi yang lebih besar agar dapat menampung debit banjir rencana.

Tujuan dari penelitian ini ialah menghitung debit banjir rencana saluran agar dapat mengetahui kapasitas *box culvert* terpasang. Selanjutnya untuk dapat menentukan dimensi minimal *box culvert* yang paling aman untuk digunakan serta mengetahui keamanan dimensi *box* terpasang.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi

Penelitian ini di lakukan di proyek pembuatan *box culvert* dalam rangka pengembangan Bandar Udara Rendani Provinsi Papua Barat.

2.2 Jenis Data

Data yang digunakan pada penelitian ini ialah data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang dikumpulkan secara langsung dari sumber pertama atau asli yaitu data lapangan dan data sekunder yang digunakan ialah berupa data curah hujan yang bersumber dari website BPS Kabupaten Manokwari dan BMKG Indonesia dari tahun 2010-2020.

2.3 Alat dan Bahan

Alat yang di gunakan dalam penelitian *Arc Map* 10.8 dan *Microsoft Excel*. *ArcMap* adalah komponen dari perangkat lunak *ArcGIS* yang digunakan untuk pemetaan, analisis geospasial, dan pengolahan data geografis. Pada penelitian ini dalam konteks analisis hidrologi, *ArcMap* digunakan untuk membuat catchment area (daerah aliran). Bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data tutupan lahan kementerian lingkungan hidup tahun 2018.
2. Data curah hujan daerah rendani 2010-2020.
3. Data aliran sungai Manokwari Papua Barat.

2.4 Tahapan Penelitian

2.4.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur dan data lapangan.

2.4.2 Analisis hujan wilayah

Data hujan yang digunakan diperoleh dari *website* BPS Kabupaten Manokwari (2010-2020) dan *website* BMKG Indonesia.

2.4.3 Hujan wilayah/daerah

Hujan daerah dibutuhkan dalam melakukan analisis hidrologi untuk mengetahui debit banjir rencana. Loebis (1987) menjelaskan bahwa ada 3 metode yang dipakai untuk menghitung curah hujan rerata daerah aliran sungai (DAS) antara lain: metode *poligon thiessen*, metode rata-rata aritmatik (aljabar) serta metode *isohyet*. Metode *thiessen* dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{A_1P_1+A_2P_2+\dots+A_nP_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots (1)$$

dimana, P menunjukkan rata-rata tinggi hujan wilayah (mm), P_n adalah hujan pada masing-masing titik (mm) dan A_n merepresentasikan luasan daerah tiap poligon (km²).

2.4.4 Analisis distribusi frekuensi

Suripin (2004) menyampaikan bahwa untuk memilih distribusi yang akan dipakai, harus dengan mempertimbangkan beberapa parameter statistik. Parameter statistik yang dipertimbangkan yaitu rata-rata (*mean*), simpangan baku (S), koefisien variansi (Cv), kemencengan (*skewness*). Metode yang dipakai untuk melakukan perhitungan terhadap distribusi hujan maksimum yaitu dengan:

1. Metode Log-Pearson type III

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } X + K_{Tr} \cdot (S_{\text{log } x}) \dots\dots (2)$$

dengan, *Log X_T* adalah tinggi hujan rancangan untuk kala ulang, *Log X* merepresentasikan nilai rata-rata data serta *S_{log X}* adalah simpang baku dan *K_{Tr}* adalah koefisien frekuensi.

2. Metode Gumbell

$$X_T = X + K_T \cdot S_x \dots\dots\dots (3)$$

dengan, *X_T* adalah tinggi hujan rancangan untuk kala ulang tahun t, *X* merepresentasikan nilai rata-rata data, *S_x* melambangkan simpang baku, dan K adalah faktor frekuensi.

3. Distribusi Normal

$$X_{Tr} = X + K_{Tr} \cdot S_x \dots\dots\dots (4)$$

dengan, *S_x* adalah Simpang baku, *K_{Tr}* merupakan variabel reduksi gauss.

4. Distribusi Log Normal

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } X + K_{Tr} \cdot S_{\log X} \dots\dots (5)$$

dengan, $\text{Log } X_{Tr}$ adalah besar hujan rencana, $\text{Log } x$ merupakan nilai rata-rata data, $S_{\log x}$ adalah simpang baku, serta K_{Tr} adalah variabel reduksi *gauss*.

2.4.5 Uji kesesuaian

Pengujian dilakukan dengan tujuan agar dapat menilai keakuratan sebuah dugaan awal distribusi frekuensi. Dua pengujian yang dilakukan dalam menguji kesesuaian distribusi yaitu uji data vertikal dan uji horizontal. Uji data vertikal nilai yang didapat adalah nilai beda antara yang di lihat dengan yang diharapkan. Berikut adalah rumus uji chi-kuadrat (uji vertikal).

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of-Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots (6)$$

dengan, X^2 adalah nilai *chi-kuadrat*, n merupakan jumlah sub kelompok, *Of* merepresentasikan frekuensi terbaca pada kelas yang sama, dan *Ef* adalah frekuensi harapan. Soewarno pada tahun 1995 menjelaskan bahwa uji data horizontal dilakukan agar menentukan simpang pada arah datar.

2.4.6 Debit rencana

Konsep Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS. Membuat suatu hidrograf banjir pada sungai, perlu dicari karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut. Adapun karakteristik tersebut adalah:

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitute*).
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time log*).
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograf*).
4. Luas daerah pengaliran.
5. Panjang alur sungai utama (*lenght of the longest channel*).

Berikut adalah persamaan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu:

$$Qp = \frac{A \cdot R_0}{3.6 (0.3T_p + T_{0.3})} \dots\dots\dots (7)$$

dengan, Q_p adalah debit puncak banjir (m^3/s), R_0 mengintrepretasikan hujan satuan (mm), T_p adalah tenggang waktu (jam), $T_{0.3}$ merupakan waktu penurunan hingga mencapai 30% dari debit puncak (jam). Penentuan nilai T_p dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T_p = tg + 0.8tr \dots\dots\dots (8)$$

$T_{0.3}$ merupakan nilai waktu yang diperlukan untuk penurunan debit air dari puncak debit hingga mencapai 30% dari debit puncak tersebut. Untuk menghitung $T_{0.3}$, digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_{0.3} = \alpha tg \dots\dots\dots (9)$$

$$\alpha = 0.47 \frac{A \cdot L^{0.25}}{Tg} \dots\dots\dots (10)$$

dimana, tg adalah waktu konsentrasi (jam), tr merupakan satuan waktu hujan, α = Parameter Hidrograf bernilai antara 1.5-3.5, L adalah panjang sungai (m), Tg ialah waktu konsentrasi yang dipengaruhi oleh panjang aliran sungai, dinyatakan dengan rumus berikut ketentuan $L > 15$ Km dengan tg adalah waktu konsentrasi (jam), tr merupakan satuan waktu hujan, α mengintrepretasikan parameter hidrograf bernilai antara 1.5-3.5 serta L adalah panjang sungai (m). Tg ialah waktu konsentrasi yang dipengaruhi oleh panjang aliran sungai, dinyatakan dengan persamaan 11 untuk $L > 15$ Km:

$$tg = 0.4 + 0.058L \dots\dots\dots (11)$$

2.4.7 Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran dapat diartikan sebagai skala bandingan antara aliran permukaan dengan intensitas hujan pada *catchment area* (Tabel 1).

Tabel 1. Koefisien pengaliran

Tata guna lahan		C	C _{avg}
Kawasan Perdagangan	Komersial	0.70-0.95	0.83
	Sekitar komersial	0.50-0.70	0.60
Kawasan Industri	Industri kurang padat	0.50-0.80	0.65
	Industri padat	0.50-0.90	0.70
Kawasan Pemukiman	Pemukiman padat	0.65-0.80	0.73
	Pemukiman sedang	0.50-0.70	0.60
	Pemukiman tidak padat	0.30-0.50	0.40
Daerah hijau dan lain-lain	Lahan hijau	0.10-0.25	0.18
	Lapangan olahraga	0.20-0.35	0.28
	Lapangan golf	0.20-0.40	0.30
	Sawah dan hutan	0.10-0.30	0.20

Sumber: Soewarno, 1999

2.4.8 Intensitas hujan

Joerson (1992) mendefinisikan intensitas hujan sebagai tinggi curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam mm/jam. Rumus *manobe*:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (12)$$

dimana, I adalah intensitas hujan (mm/jam), R_{24} mengintrepretasikan hujan harian max (mm), dan T adalah waktu curah hujan (jam).

2.4.9 Waktu konsentrasi (Tc)

Waktu yang diperlukan air hujan untuk turun dan mengalir dari titik paling jauh hingga menuju area luaran *outlet*. Waktu konsentrasi dapat ditentukan dengan menggunakan parameter panjang saluran

utama dan kemiringan lerengnya. Besar waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), sebagaimana dijelaskan oleh Asdak (2010), yang dapat dilihat di bawah ini:

$$T_c = 0.0195L^{0.77}S^{-0.5} \dots\dots\dots (13)$$

dimana, T_c adalah waktu konsentrasi (menit), L merupakan panjang maksimum aliran (meter), dan S adalah kemiringan saluran rata-rata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Hujan Wilayah

Tabel 2 menunjukkan data hujan maksimum harian yang didapatkan dari BMKG Kab Manokwari.

Tabel 2. Hujan harian maksimum

Tahun	Hujan rata-rata
2010	113
2011	76.2
2012	98.6
2013	92.4
2014	123.1
2015	215.2
2016	164.4
2017	115.7
2018	144.2
2019	140.7

Berdasarkan data curah hujan maksimum, sehingga diperoleh nilai parameter statistik nilai rerata

adalah 128.35, standar deviasi sebesar 40.23, nilai maksimum data adalah 215.2, nilai minimum data sebesar 76.2, dan nilai kemencengan adalah 1.040.

3.2 Analisis Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Hasil perhitungan analisa distribusi frekuensi dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil perhitungan uji *smirnov-kolmogorov* selisih paling kecil dari 6 metode diatas adalah metode *gumbell*. Oleh karena itu nilai curah hujan rencana menggunakan metode *gumbell* yang digunakan dalam menghitung debit banjir rancangan pada kasus ini.

3.3 Hujan Rencana Periode Ulang

Setelah dilakukan uji kecocokan uji *smirnov-kolmogorov* selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan curah hujan rencana. Tabel 4 merupakan hasil perhitungan huran rencana untuk setiap metode per periode ulang.

3.4 Intensitas Hujan

Hasil perhitungan instensitas hujan yang akan dipakai dalam menghitung Q_{desain} dapat dilihat pada Gambar 1.

3.5 Koefisien Limpasan dan Luas Daerah Tangkapan

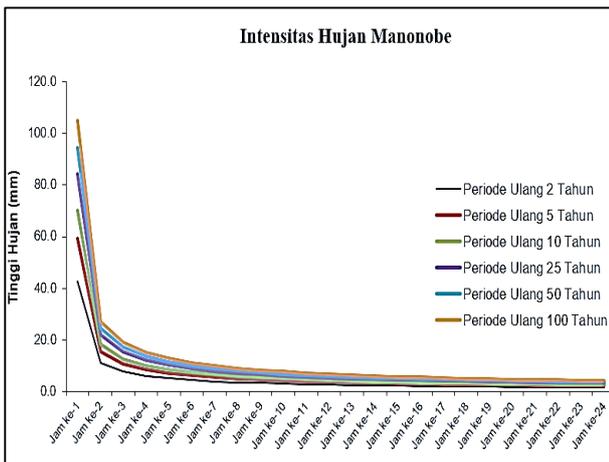
Berdasarkan hasil delineasi menggunakan aplikasi Arcgis dapat diketahui luas *catchment area* (wilayah tangkapan air) yaitu 906 hektar (9.06 km²) (Gambar 2). Daerah penelitian merupakan pemukiman sehingga koefisien pengaliran yang dipakai dalam perhitungan sebesar 0.8 berdasarkan tabel koefisien pengaliran (Tabel 1).

Tabel 3. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

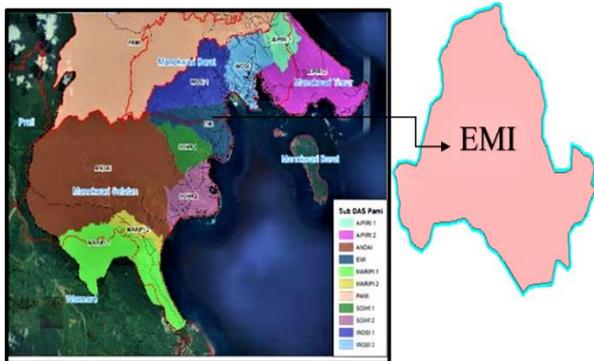
No	Selisih untuk nilai kritis 5%					
	<i>Normal</i>	<i>Log Normal 2 Parameter</i>	<i>Log Normal 3 Parameter</i>	<i>Gumbell</i>	<i>Pearson III</i>	<i>Log Pearson III</i>
1	34.39	33.78	33.72	8.24	33.61	37.38
2	0.49	5.18	5.47	11.01	4.86	7.88
3	8.10	2.04	1.54	11.65	2.44	1.06
4	0.98	3.68	4.32	0.31	3.21	2.92
5	9.27	6.78	6.02	5.48	7.29	9.12
6	7.57	8.34	7.49	1.74	8.89	12.16
7	0.83	6.11	5.18	6.12	6.69	11.28
8	5.51	16.23	15.24	2.32	16.84	22.67
9	1.36	18.66	17.60	7.63	19.29	26.27
10	1.76	31.48	30.38	5.88	32.14	40.19
Selisih maksimum	34.39	33.78	33.72	11.65	33.61	40.19
Uji kecocokan				41.00		
Korelasi	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

Tabel 4. Curah hujan rencana

Periode ulang	Analisa frekuensi curah hujan rencana (mm)					
	Normal	Log Normal 2 Parameter	Log Normal 3 Parameter	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
2	128.35	122.48	122.20	122.90	121.50	121.32
5	162.14	158.77	158.09	170.92	158.61	157.72
10	179.85	181.32	181.14	202.71	182.28	182.43
25	194.33	207.14	207.44	242.88	210.88	214.52
50	210.82	229.66	230.52	272.68	231.29	239.13
100	222.09	249.61	251.17	302.26	250.96	264.25



Gambar 1. Intensitas hujan Mononobe



Gambar 2. Catchment area

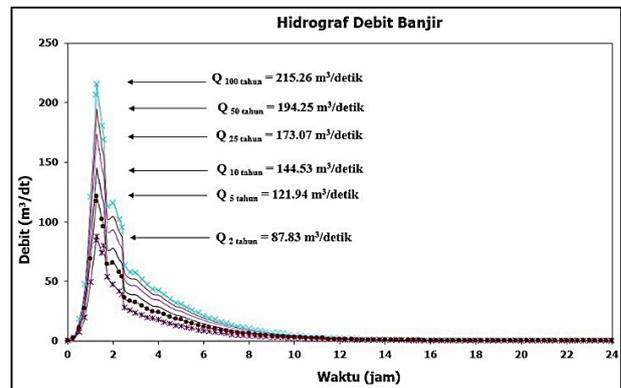
3.6 Menghitung Q_{desain} (Debit Banjir Rancangan)

Luas Das hasil delinesasi sebesar 906. Maka dalam menghitung debit banjir rencana digunakan perhitungan metode hidrograf satuan sintesis nakayashu dengan periode ulang hingga 100 tahun. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode hidrograf tersebut, maka hasil perkiraan Q_{desain} dapat dilihat pada Gambar 3.

3.7 Menghitung Kapasitas Box Terpasang (Q_{ex})

Box culvert terpasang harus dihitung sehingga diketahui kapasitasnya. Kapasitas box terpasang (Q_{ex}), selanjutnya dibandingkan dengan debit banjir rencana

(Q_{desain}) pada periode ulang yang ditentukan agar dapat diketahui kemampuannya saat melayani debit yang direncanakan. Apabila nilai Q_{ex} lebih dari Q_{desain}, maka ukuran box culvert yang terpasang sudah sesuai, karena dapat mengalirkan air sesuai dengan perhitungan debit rencana.



Gambar 3. Debit banjir rancangan

Jika diketahui bahwa box culvert terbuat dari beton maka nilai n = 0.014 dan S = 1.01%. Ukuran box yang dipakai ialah (b) lebar dasar = 12 meter, dan (h) tinggi = 3.15 meter. Setelah dilakukan perhitungan, diketahui bahwa Q_{ex} = 438.4 m³/detik. Perbandingan Q_{desain} dan Q_{ex} dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. Perbandingan Q_{desain} dan Q_{ex}

No	Tahun	Q _{desain} (m ³ /s)	Q _{ex} (m ³ /s)	Ket
1	2	87.23	438.4	Memenuhi
2	5	121.94		Memenuhi
3	10	144.53		Memenuhi
4	25	173.07		Memenuhi
5	50	194.25		Memenuhi
6	100	215.26		Memenuhi

Berdasarkan hasil perbandingan antara Q_{ex} dan Q_{desain} dapat disimpulkan bahwa kapasitas box culvert terpasang memenuhi debit rancangan yang dihitung.

dengan ukuran paling minimum (3.1 m x 7 m) dengan kapasitas sebesar 216 m³/s.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, disimpulkan bahwa kapasitas dari dimensi *box culvert* existing sudah sangat aman untuk digunakan dalam periode ulang 50 hingga 100 tahun dengan ukuran paling minimum yang dapat digunakan adalah 3.1 m x 7 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyani, S., Haris, & Iswahyudi. (2023). Analisis Kapasitas Penampang Drainase Jalan Perkotaan Akibat Peluapan Debit Banjir Maximum (Studi Kasus Pada Jalan Jhoni Anwar Kota Padang). *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 199-209.
- Agustina, F., Junaedi, N. I., & Wijaya, I. (2022). Analisa Debit Rancangan dan Kapasitas Tampang Drainase serta Mengevaluasi Sistem Saluran Drainase di Jalan KH Wahid Hasyim Sempaja Kota Samarinda. *Rang Teknik Journal*, 94-103.
- Arifin, H., Heatubun, D. C., & Wahyudi. (2019). Analisis Kawasan Hutan Dan Tutupan Hutan Pada Tiga Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Manokwari. *Jurnal Cassowary*, 52-53.
- Asnaning, A. R., & Zulkarnain, I. (2020). Evaluasi Dimensi Box Culvert Pada Saluran Drainase Arteri Soekarno Hatta (Studi Kasus: Ruas Untung Surapati-Hajimena). *Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*, 1-9.
- BMKG. (2020). *Data Curah Hujan. Stasiun Rendani. Kabupaten Manokwari*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
- BPS. (2020). *Data Curah Hujan. Kabupaten Manokwari*. Badan Pusat Statistik.
- Chow, V. T. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka*. Erlangga.
- Diandalu, M. A., Mundra, I. W., & Wulandari, L. K. (2022). Analisis dan Evaluasi Sistem Drainase Perkotaan di Kabupaten Jombang. *Student Journal GELAGAR*, 1-7.
- Fauzi, A., Iqbal, K., & Hasibuan, P. (2023). Pemodelan Profil Muka Air Banjir Rencana Bangunan Culvert pada Sungai Krueng Jambo Balee. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 6(1), 76-84.
- Kaharu, N. A., Husnan, R., & Labdul, Y. B. (2022). Analisis Banjir dan Tinggi Muka Air Sungai Bone terhadap Elevasi Dasar Jembatan Molingtopugo. *Journal Composite*, 2-3.
- Kementerian PU. (2011). *Prosedur dan Instruksi Kerja Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- Maulana, M. Y. A. (2023). Penggunaan Sistem Drainase dan Pengendalian Banjir di Bandara. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 73-78.
- Maulana, N., Saleh, R., & Maulana, A. (2021). Perencanaan Ulang Kapasitas Saluran Drainase terhadap Intensitas Curah Hujan di Kampus B Universitas Negeri Jakarta. *Jurnal Menara*, 6-17.
- Purba, F. E., Wurarah, R. N., & Mamengko, D. V. (2023). Analisis kesediaan membayar dan kesediaan menerima tata kelola bencana banjir pada daerah aliran Sungai Wosi. *Jurnal Cassowary*, 90-96.
- Santoso, T. H., Safhira, N., Mirajhusnita, I., Weimintoro, Hermawan, O. H., & Yusuf, M. (2023). Penanganan Banjir di Lingkungan Universitas Pancasakti Tegal dengan Menggunakan Sistem Drainase U-Ditch dan Box Culvert. *Engineering Jurnal Bidang Teknik*, 77-81.
- Saragi, T. E., Zai, E. O., & Siregar, H. F. (2023). Studi Evaluasi Kinerja Saluran Drainase pada Jalan Perumnas Simalingkar Kota Medan dalam Mengatasi Debit Puncak Air (Studi Kasus: Jalan Karet Raya Perumnas Simalingkar). *Jurnal Construct*, 56-70.
- Sari, C. F. K., & Wanggai, C. B. (2023). Identifikasi Faktor Penyebab Kerusakan Sempadan Sungai (Studi Kasus: Sungai Pami, Distrik Manokwari Utara – Kabupaten Manokwari, Papua Barat). *Jurnal Serambi Engineering*, 5903-5908.
- Siagian, M. T., Sinaga, N., & Djuunaa, I. A. F. (2021). Analisis Perubahan Tutupan Lahan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Pami di Kabupaten Manokwari. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 7(1), 121-134.
- Singgih, H. M., Bungin, E. R., & Palebangan, D. S. (2023). Analisis Debit Rencana dan Evaluasi Kapasitas Jaringan Drainase Perumahan Pesona Pelangi Residence Kecamatan Moncongloe. *Jurnal Teknik Sipil UKI Paulus-Makassar*, 410-415.
- Suripin. (2004). Sistem Drainase yang Berkelanjutan. ANDI.
- Wardhana, D., Yusni, S. Z., & Mendoza, M. D. (2023). Perencanaan Teknis Drainase Jalan Saudara Kota Medan. *Jurnal Insinyur Profesional*, 127-134.
- Widiastomo, A., Wigati, R., Priyambodho, B. A., Subekti. Purnaditya, N. P. (2022). Analisis dan Evaluasi Kapasitas Sistem Drainase di Perumahan Dasana Indah Kabupaten Tangerang. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 254-261.
- Wijayanti, W., Rismayanti, P., & Rosita, I. (2023). Studi Kelayakan Lanud Atang Sendjaya sebagai Bandara Komersial Tahun 2019. *Jurnal Pembangunan Daerah*, 204-219.
- Yuliatia, N., Despa, D., & Armijon. (2023). Penanganan Kerusakan Box Culvert Saluran Primer Raman Utara Pada D.I Way Sekampung. *Seminar Nasional Keinsinyuran*, 1-8.