

ANALISIS PENGARUH KETINGGIAN AMBANG OUTLET TERHADAP TINGGI HWL DAN WAKTU PENGOSONGAN WADUK DENGAN MENGGUNAKAN HEC-RAS 2D

ANALYSIS OF THE EFFECT OF OUTLET THRESHALL HEIGHT ON HWL HEIGHT AND RESERVOIR EMPTY TIME USING HEC-RAS 2D

Sutrisno¹, Heri Suprpto², Febry Mandasari³

¹Pascasarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Jakarta, DKI Jakarta (sajah36@gmail.com)

²Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Jakarta, DKI Jakarta (heri_gd@yahoo.com)

³Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Jakarta, DKI Jakarta (febrymandasari08@gmail.com)

Abstrak

Bangunan pengendalian banjir merupakan salah satu cara untuk mencegah terjadinya banjir. Waduk Belibis (Rentensi) merupakan salah satu bangunan pengendali banjir. skema pengendalian banjir pada lingkup waduk juga sangat berpengaruh agar terciptanya fungsi waduk yang optimal. Simulasi pengendalian banjir salah satunya adalah menampung debit air pada kolam atau waduk terlebih dahulu. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh tinggi ambang outlet (spillway) pada High Water Level (HWL) dan waktu pengosongan waduk. Metode pengumpulan data dilakukan orientasi lapangan secara langsung, kemudian pengumpulan data sekunder termasuk peta dan data curah hujan. Metode Analisis tahapan digolongkan dengan pemodelan hidrologi dan hidrolika yang terdiri dari analisa curah hujan, pengukuran luas DAS, pengukuran kemiringan limpasan, analisa koefisien limpasan, modeling HEC-HMS dan modeling HECRAS. Analisis data terdiri atas analisa curah hujan rencana dengan metode Log Person III dan didapatkan Q₂₅ sebesar 322 mm. Analisa debit banjir menggunakan data curah hujan di stasiun Sunter Kodamar, stasiun Rorotan dan stasiun Pulo Gadung dengan periode pencatatan tahun 2010 s/d 2020. Perhitungan debit banjir menggunakan program HEC-HMS dengan total luas wilayah 70 ha yang menghasilkan berupa data hydrograph dengan debit maksimal 11,2 m³/S dari Gubug Genteng dan 19,5 m³/S dari Kali Progo. Untuk hasil tinggi muka air dan lama waktu pengosongan waduk disimulasi menggunakan HEC-RAS 2D dengan berbagai skenario. Dari simulasi dengan berbagai skenario dengan mengubah ketinggian ambang pelimpah outlet waduk dihasilkan perbedaan pada tinggi HWL dan waktu pengosongan waduk. Perbedaan tinggi HWL waduk berkisar 3 – 9 mm pada setiap skenario, sedangkan perbedaan kecepatan waktu pengurusan 1,6 – 3 jam pada setiap skenario.

Kata Kunci : Banjir, Waduk Belibis, Ambang, Penegndalian Banjir, High Water Level (HWL) , HEC-HMS, HEC-RAS.

Abstract

Flood control building is one way to prevent flooding. Belibis Reservoir is one of the flood control buildings. The flood control scheme in the reservoir area is also very influential in order to create an optimal reservoir function. One of the flood control simulations is to accommodate the water discharge in the pond or reservoir first. The purpose of this study was to determine the effect of spillway height on High Water Level (HWL) and reservoir emptying time. The data collection method was direct pair orientation, then secondary data collection including maps and rainfall data were collected. Method Analysis stages are classified as hydrological and hydraulic modeling which consists of rainfall analysis, watershed area measurement, runoff slope

measurement, runoff coefficient analysis, HEC-HMS modeling and HEC-RAS modeling. Data analysis consisted of analysis of planned rainfall using the Log Person III method and obtained Q25 of 322 mm. Flood discharge analysis uses rainfall data at Sunter Kodamar station, Rorotan station and Pulo Gadung station with a recording period from 2010 to 2020. The calculation of flood discharge uses the HEC-HMS program with a total area of 70 ha which produces hydrograph data with a maximum discharge. 11.2 m³/S from Gubug Genteng and 19.5 m³/S from Kali Progo. For the results of the water level and the length of time the reservoir empties are simulated using HEC-RAS 2D with various scenarios. From simulations with various scenarios by changing the height of the reservoir outlet overflow threshold, it is found that there are differences in the HWL height and reservoir emptying time. The difference in the HWL height of the reservoir ranges from 3 – 9 mm in each scenario, while the difference in the speed of draining time is 1.6 – 3 hours in each scenario.

Keywords: Flood, Belibis Reservoir, Threshold, Flood Control, Hgih Water Level (HWL), HEC-HMS, HEC-RAS.

PENDAHULUAN

Banjir adalah luapan air yang menggenangi daratan, yang biasanya kering. Uni Eropa (EU) Floods Directive mendefinisikan banjir sebagai penutup oleh air dari daratan yang biasanya tidak tertutup oleh air. Banjir juga bisa terjadi di sungai saat alirannya melebihi kapasitas alur sungai, terutama di tikungan atau liku-liku di jalur air. (Padalia, Et All., 2017) Konsep baru dalam pengendalian banjir adalah suatu upaya mengendalikan air permukaan dengan sasaran memperlama kehadirannya pada suatu tempat, tanpa mengganggu lingkungan yang ada. Konsep yang baru ini lebih didasarkan pada upaya pelestarian air agar tidak terjadi kekeringan. (Harmani, Soemantoro, 2015)

Pengertian banjir menurut Yohana, dkk (2017) adalah suatu peristiwa yang terjadi akibat adanya penumpukan air yang jatuh dan tidak dapat ditampung oleh tanah. Peristiwa alam, seperti banjir ini bukanlah hal yang baru terjadi pada suatu wilayah perkotaan. Banjir yang terjadi di wilayah perkotaan, khususnya wilayah DKI Jakarta merupakan siklus tahunan. Banjir yang terjadi di DKI Jakarta dapat menimbulkan kerugian ekonomi yang sangat signifikan, karena banjir yang terjadi melanda kawasan perdagangan kelas grosir di beberapa wilayah, khususnya pada wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Barat (Prihatin, 2013). Secara teori yang dimaksud dengan pengendalian banjir adalah mengalirkan

kelebihan air ke tempat lain agar tidak mengganggu kenyamanan yang ada. Konsep lama dalam pengendalian banjir adalah mengusahakan agar air secepatnya dialirkan/dibuang kehilir. Sejalan dengan pengalaman ternyata hal ini tidak selalu membawa hal baik bagi masyarakat yang tinggal di daerah hilir. Dalam kenyataannya pola ini seringkali hanya memindahkan lokasi banjir yang terjadi. Sehingga muncullah konsep baru pengendalian banjir. (Harsanto, Et All, 2014)

Secara garis besar upaya-upaya penanganan dan pengendalian banjir mencakup 2 hal yaitu upaya struktural dan upaya nonstruktural. Upaya struktural merupakan upaya yang cenderung pada rekayasa teknis yang bertujuan untuk memodifikasi besaran-besaran banjir dan memodifikasi tingkat kerawanan banjir. Dimana besaran besaran banjir tersebut merupakan suatu komponen hidrolik penyusun banjir yang disebut debit banjir. Adapun debit banjir (Q, m³/dt) adalah fungsi dari kecepatan aliran (v, m/dt) dan luas penampang sungai (A, m²). Upaya-upaya pengendalian banjir dapat dilakukan dengan pendekatan terhadap ketiga komponen banjir tersebut. Upaya struktural ini dapat berupa: pelebaran sungai, pengerukan sungai, penanggulangan sungai, penyusunan sistem jaringan drainase, dan lain lain. (Modul Metode Pengendali banjir, 2017)

Upaya non-struktural bertujuan untuk menghindari dan juga menekan besarnya

masalah yang ditimbulkan oleh banjir, antara lain dengan cara mengatur pembudidayaan lahan di dataran banjir dan DAS sedemikian rupa sehingga selaras dengan kondisi dan fenomena lingkungan/alam termasuk kemungkinan terjadinya banjir. Upaya penanganan pengendalian banjir nonstruktural lebih bersifat jangka panjang dan rawan oleh perubahan kebijakan yang berlaku. (Modul Metode Pengendali banjir, 2017)

Spillway merupakan suatu struktur yang digunakan untuk mengendalikan pelepasan air yang mengalir dari bendungan ke daerah hilir, berbentuk menara/cerobong yang sangat efektif untuk bendungan yang tidak memiliki ruang yang cukup untuk pelimpah jenis lainnya. Bagian dasar spillway ini merupakan struktur yang digunakan untuk melepaskan air secara teratur. Didalam sebuah perhitungan

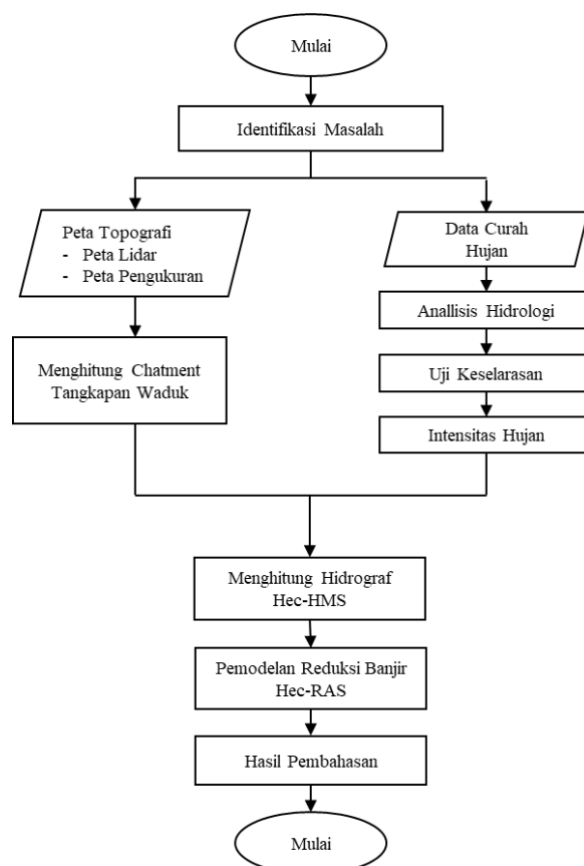
dan perencanaan sebuah spillway, tentunya membutuhkan sebuah pertimbangan agar didapat hasil efektif dan efisien terutama dari segi dimensi, kestabilan dan strukturnya sendiri. (Leonardus dkk 2019)

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan ketinggian ambang (Spillway) pada outlet waduk belibis dengan melakukan pemodelan di aplikasi Hec-RAS. Waduk belibis merupakan salah satu bangunan pengendalian banjir yang berada di kelurahan semper barat kecamatan cilincing kota jakarta utara provinsi DKI Jakarta.

METODE PENELITIAN

Flowchart Pengerjaan

Diagram alir penelitian dalam penulisan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Analisa dan Perhitungan Skema, 2022.)

Dalam bagian ini akan dijelaskan secara ringkas mengenai tahapan dalam proses pemodelan hidrologi pada lokasi studi Waduk Belibis. Secara umum dalam analisis hidrologi Waduk Belibis ini terdiri dari beberapa tahap yaitu:

- Perhitungan Hujan Rencana (Berdasarkan Pedoman SNI 2415;2016)
- Penentuan sistem drainase (eksisting dan rencana pengembangan)
- Penentuan Intensitas Hujan
- Penentuan Tata guna lahan
- Pemodelan menggunakan HEC-HMS
- Pemodelan HEC-RAS (Reduksi banjir)

Proses Pengumpulan Data

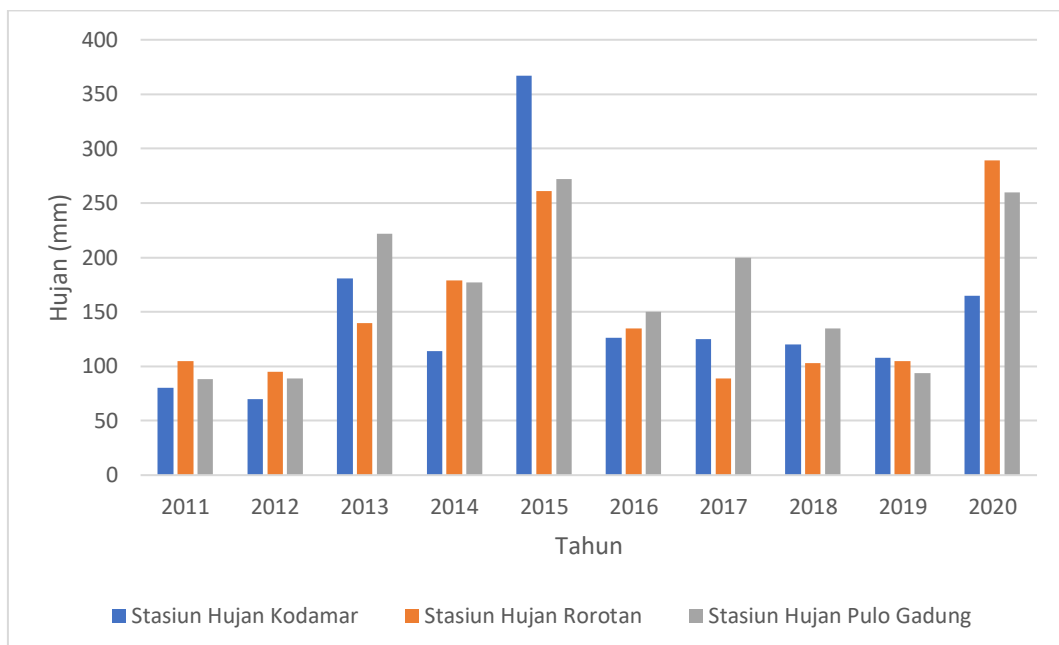
Data yang dikumpulkan antara lain peta topografi dan Terrain, data curah hujan STA. Sunter Kodamar, STA. Rorotan dan Sta Pulo gadung yang berlokasi di Jakarta dengan data durasi 10 tahun dari tahun 2010 s/d tahun 2020, data Waduk Belibis. Data yang diolah berupa peta topografi dan peta Terrain yang diolah menjadi peta daerah tangkapan wilayah

waduk belibis, data curah hujan diolah dengan metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III menjadi rencana curah hujan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun, data Waduk Belibis diolah untuk mendapatkan ketinggian air di Waduk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data penelitian digolongkan dalam 2 macam yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan melakukan survei lapangan lokasi penelitian sedangkan untuk data sekunder peneliti melakukan permintaan data pada instansi yang berkepentingan pada waduk belibis.

Dengan data hujan seperti pada Gambar 2. Hasil analisis curah hujan rencana menggunakan metode rasional dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun pada Tabel 1. Berdasarkan data tersebut dipilih Q25 untuk membuat sistem draisase yang sesuai dengan daerah tangkapan dan debit. Adapun skema dalam area tangkapan waduk pada Gambar 3.

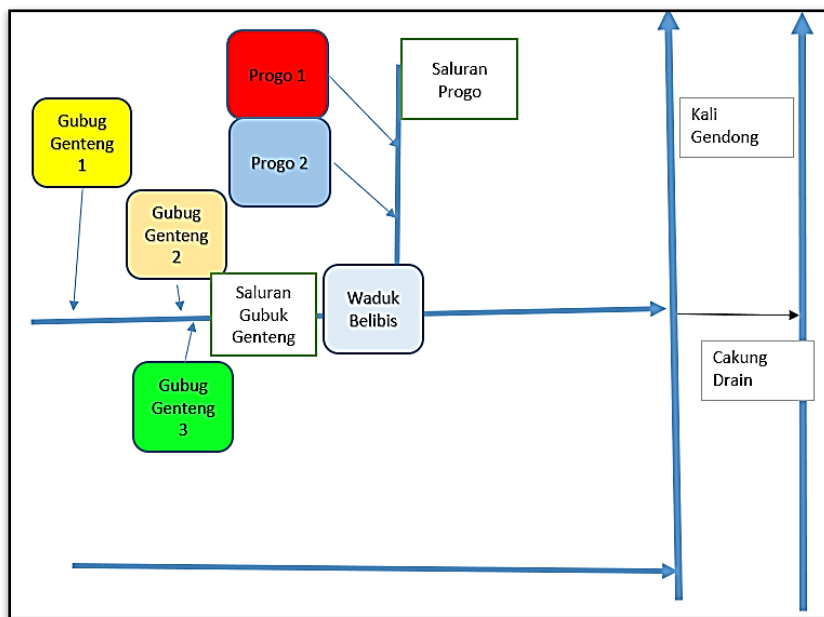


Gambar 2. Grafik Curah Hujan Maksimum Pos Curah Hujan
(Sumber: Hasil Analisa Perhitungan, 2022.)

Tabel 1. Data Curah Hujan 3 Stasiun

No	Kala Ulang	Curah Hujan Rencana			Curah Hujan Rencana dengan Metode Thiessen
		Pos HujanSunter Kodamar	Pos Hujan Rorotan	Pos Hujan Pulo Gadung	
1	2	149.92	149.92	149.92	149.92
2	5	198.51	198.51	198.51	198.51
3	10	237.41	237.41	237.41	237.41
4	25	290.31	290.31	290.31	290.31
5	50	333.80	333.80	333.80	333.80
6	100	381.01	381.01	381.01	381.01

(Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2022.)



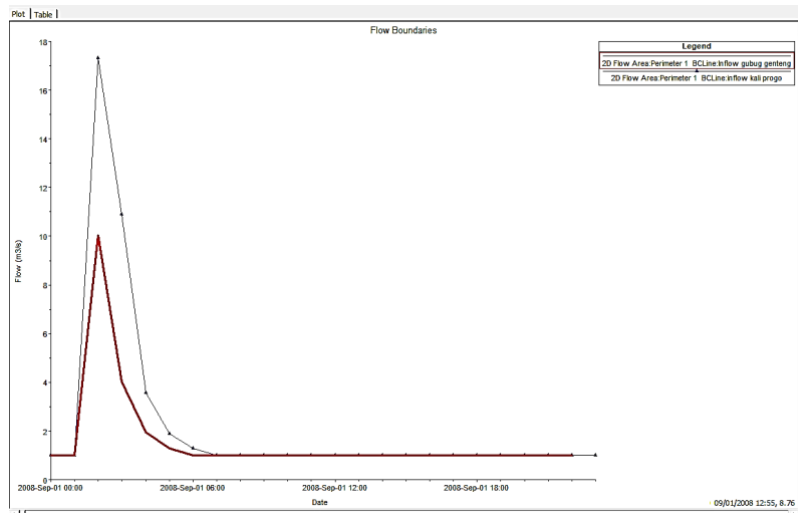
Gambar 3. Skema Tangkapan Waduk

(Sumber: Hasil Analisa Lapangan, 2022.)

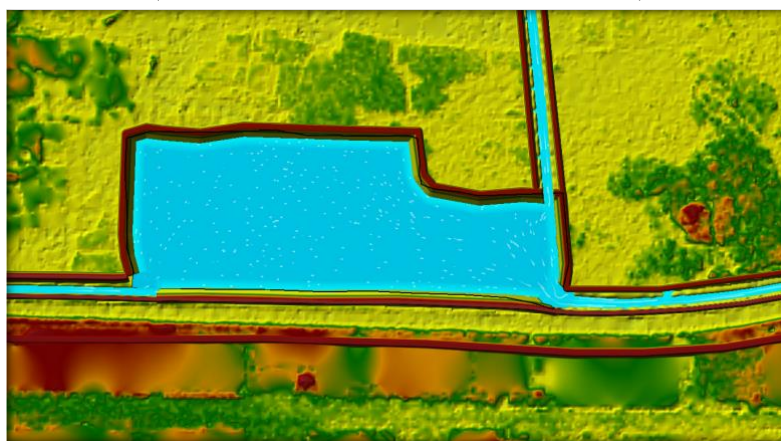
Tabel 2. Data Chathment Area DAS Kali Progo dan Gubug Genteng

No	Channel	Field					Time of Concentration	
		Area	Runoff Coef.	Correctio n	Length	Slop e	t_c	t_l
		A	C	K	L	S_L	minut e	minut e
		ha			Km	m/m		
1	Progo 1	58	0.9	1.10	0.47	0.017	10.67	6.4
2	Progo 2	32	0.9	1.05	0.353	0.017	8.57	5.14
3	Gubuk Genteng 1	16	0.9	1.00	0.509	0.027	9.50	5.7
4	Gubuk Genteng 2	49	0.9	1.05	0.556	0.013	13.47	8.08
5	Gubuk Genteng 3	26	0.9	1.10	0.363	0.033	6.78	4.07

(Sumber: Hasil Analisa dan Pemodelan HEC-HMS, 2022.)



Gambar 4. Hidrograf Banjir kala ulang 25 tahun.
(Sumber: Hasil Pemodelan HEC-HMS, 2022.)



Gambar 5. Situasi Waduk Belibis Latar Belakang LiDAR
(Sumber: Pemodelan HEC-RAS, 2022.)

Pemodelan Hidrologi Menggunakan Hec-HMS

Dari hasil pemodelan pada aplikasi Hec-HMS didapat hasil hidrograf pada Gambar 4.

Pemodelan Hidraulik Menggunakan Hec-RAS dengan Berbagai Kondisi Skenario

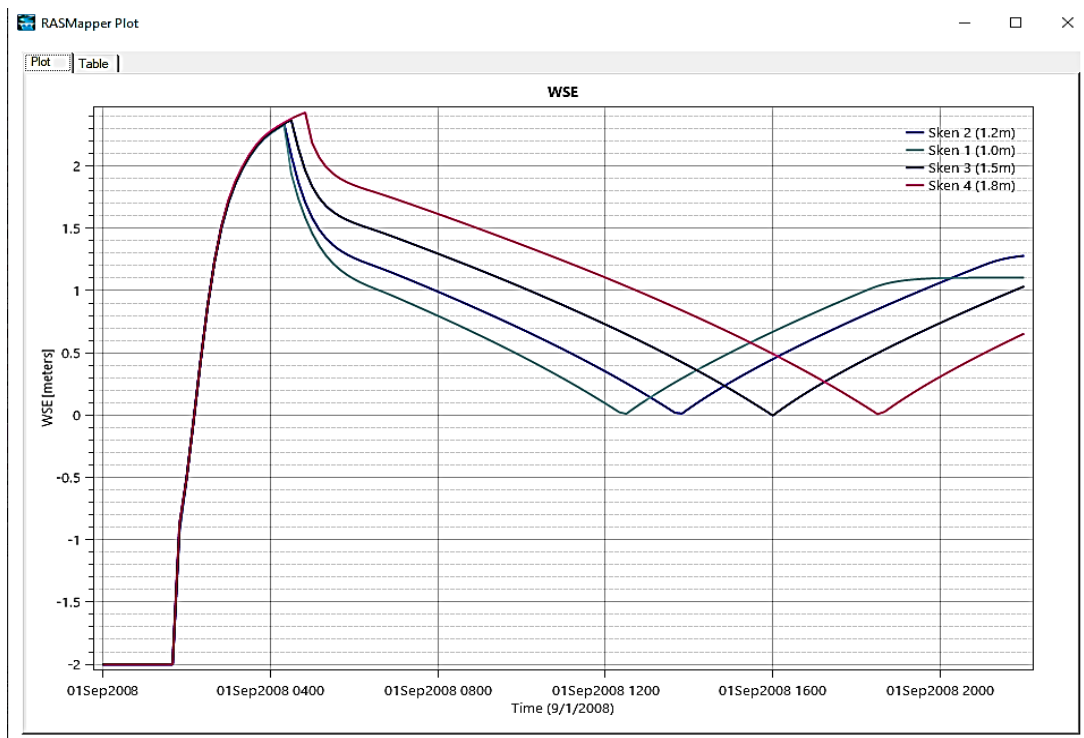
Dengan memasukkan parameter kedalam *network* model Sungai Progo dan Gubug Genteng yang masuk ke dalam Waduk Belibis, didapatkan hasil berupa berbagai hasil untuk kala ulang 25. Pemodelan Waduk belibis terdiri dari pemodelan beberapa struktur yang mempengaruhi operasi waduk

seperti inlet dan outlet. Untuk inlet waduk menggunakan free intake dari saluran kali progo dan saluran gubug genteng. Sedangkan untuk outlet menggunakan spillway dan juga pompa sebagai pengatur tampungan waduk. Dibawah ini merupakan data teknis dari desain waduk belibis. Simulasi berdasarkan durasi hujan, volume waduk dan kapasitas pompa dilakukan untuk menentukan debit air debit yang masuk ke long storage (Fajar B. Wijaksana, 2016). Air dalam waduk belibis keluar melalui spillway dan pompa dengan kapasitas 2000 l/dtk. Hasil pemodelan dengan dengan memodelkan sebanyak 4 skenario pada Gambar 6.

Tabel 3. Data Teknis Desain Waduk Belibis

Keterangan	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Luas Bersih Waduk	3.9 ha	3.9 ha	3.9 ha	3.9 ha
Luas Total Waduk	4.4 ha	4.4 ha	4.4 ha	4.4 ha
Volume Tampung Waduk	165,000 m ³	165,000 m ³	165,000 m ³	165,000 m ³
Elevasi LWL waduk	+ 0.00 mPP	+ 0.00 mPP	+ 0.00 mPP	+ 0.00 mPP
Elevasi HWL waduk	+ 2.33 mPP	+ 2.35 mPP	+ 2.39 mPP	+ 2.43 mPP
Elevasi Tanggul waduk	+ 2.70 mPP	+ 2.70 mPP	+ 2.70 mPP	+ 2.70 mPP
Elevasi Mercu Spillway	+ 1.00 mPP	+ 1.20 mPP	+ 1.50 mPP	+ 1.80 mPP
Kapasitas pompa	2.00 m ³ /s	2.00 m ³ /s	2.00 m ³ /s	2.00 m ³ /s

(Sumber: Hasil Pemodelan dan Analisa HEC-RAS, 2022.)



Gambar 6. Grafik Perbandingan Waktu dan Tinggi HWL Waduk Belibis

(Sumber: Hasil Analisa dan Pemodelan HEC-RAS 2D, 2022.)

Berikut hasil dari pemodelan simulasi menggunakan Hec-RAS :

1. Skenario 1 menggunakan ambang dengan tinggi El. 1 m tinggi HWL 2.33 m pada jam ke 04.16 dan pompa berhenti pada El 0 m pada jam ke 12.30
2. Skenario 2 menggunakan ambang dengan tinggi El. 1 m tinggi HWL 2.35 m pada jam ke 04.20 dan pompa berhenti pada El 0 m pada jam ke 13.50
3. Skenario 3 menggunakan ambang dengan tinggi El. 1 m tinggi HWL 2.39 m pada jam ke 04.30 dan pompa berhenti pada El 0 m pada jam ke 16.00
4. Skenario 4 menggunakan ambang dengan tinggi El. 1 m tinggi HWL 2.43 m pada jam ke 04.50 dan pompa berhenti pada El 0 m pada jam ke 13.50

berhenti pada El 0 m pada jam ke 16.30

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi pemodelan waduk belibis dengan menggunakan aplikasi Hec-RAS sebanyak 4 skenario didapatkan hasil HWL waduk dan lama pengosongan waduk. Dari keempat hasil tersebut skenario 1 mendapatkan hasil yang sangat kecil dari keempat skenario serta waktu pengosongan yang paling cepat. Hasil yang optimal di butuhkan untuk efisiensi pengendalian banjir. Oleh hal ini pengaruh ketinggian ambang pada outlet waduk sangat berpengaruh pada ketinggian muka air serta lama waktu pengosongan waduk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhalim, D.F, Tanudjaja, Lambertus, dan Sumarauw. J.S.F, 2018, Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan Di Titik 250 m Sebelah Hulu Bendung Talawaan, 6 (5), Jurnal Sipil Statik, hal. 269 – 276.
- Ariyani, Dwi, dan Riadhi, Hilman, 2019, Perbandingan Hasil Analisa Debit Banjir dengan Menggunakan Metode Hidograf Satuan Sintetik Nakayashu dan Gama 1 di DAS Ciherang Hulu, 1 (1), Spirit of Civil Engineering (SPRING), hal. 1 – 7.
- Arnellya Fitri dan Azura Ulfa “Perencanaan Penerapan Konsep Zero run-off dan Agroforestri Berdasarkan Kajian Debit Sungai di Sub DAS Belik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta”. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota. Yogyakarta 2015.
- Azhar Husain "Flood Modelling by using HEC-RAS", International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), V50(1),1-7 August 2017. ISSN:2231-5381.
- C.V.Padalia, T.A. Raval, F.P. Parekh, T.M.V. Suryanarayana., 2017, Comparision of Water Level of Natual and Modified Section of Vishwamitri River Using HEC-RAS, Intertional Jurnal of Engineering Tren and Technology (IJETT) – Volume 47 Number 6 May 2017, India.
- Departemen Pekerjaan Umum Dirjrn Cipta Karya. “Tatat Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder” Jakarta 2010.
- Fadhilla,I.N., dan Lasminto, U., 2021, Pemodelan Hujan – Debit DAS Kali Madium Menggunakan Model HEC-HMS, Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, Vol.19, No.3, Institute Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ginting,S.H.,2014, Pemodelan Hidrologi dengan Hydrologic Modelling System (HEC-HMS), Modul Pelatihan.
- Hadisusanto, Nugroho, 2010, Aplikasi Hidrologi, Jogja Mediautama: Malang.
- Harsanto,P., Lesmana,S.M., dan Devianty,S., 2014, Analisis Drainasi di Saluran Cakung Lama Akibat Hujan Maksimum Tahun 2013 dan 2014, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol.17, No.2, hal 91-97, Yogyakarta.
- Irawan, Ade, 2020, Perhitungan Banjir Rancangan Menggunakan Metode HSS Gama I Pada Das Simujur, 2 (1), JPS, hal. 16 – 29.
- Kamiana, I Made, 2011, Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, Edisi Pertama, Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Kapantow, Billy, Mananoma, Tiny, dan Sumarauw, J.S.F, 2017, Analisis Debit Dan Tinggi Muka Air Sungai Paniki Di Kawasan Holland Village, 5 (1), Jurnal Sipil Statik, hal. 21 – 29.
- Kasim, Talib. W, 2019, Analisis Debit Banjir Sungai Melupo Dengan Metode HSS Gama 1, 7 (2), RADIAL, hal. 172 – 180.
- Kodoatie, RobertJ. Dan Sugiyanto. “Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Persepektif Lingkungan”. Yogyakarta 2002.

- Mandagi,A., dan Suharnoto,Y., 2019, Pemetaan Banjir Menggunakan HEC-RAS Pada Kebon Pisang PT Agro Prima Sejahtera di Sekampung Udik Lampung Timur, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol.4, No.2, IPB University, Bogor.
- Mehta D., Ramani M., Joshi M. (2014), “Application of 1-D Hec-Ras Model In Design Of Channels”, *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)* ISSN: 2349-2163 Volume 1 Issue 7, pp. 103-107.
- Mustofa, M.J, Kusumastuti, D.I, dan Romdania, Yuda, 2015, Analisis Hidrologi dan Hidrolika pada Saluran Drainase Ramanuju Hilir Kotabumi (Menggunakan Program HEC-RAS), 3 (2), *JRSDD*, hal. 303 – 312.
- M. Desbordes, Urban Runoff and Design Storm Modeling, in proceeding of the International Conference on Urban Storm Drainage, Int. Assoc. for Hydraulic Research, Southampton, England (1978).
- Neno, A.K, Harijanto, Herman, dan Wahid, Abdul, 2016, Hubungan Debit Air Dan Tinggi Muka Air Di Sungai Lambagu Kecamatan Tawaeli Kota Palu, 4 (2), *WARTA RIMBA*, hal. 1 – 8.
- Nggarang, Y.E.P, Pattiraja, A.H, dan Henong, S.B, 2020, Analisa Perbandingan Penentuan Debit Rencana Menggunakan Metode Nakayasu Dan Simulasi Aplikasi HEC-HMS Di Das Lowo Rea, 1 (1), *ETERNITAS*, hal 23 – 33.
- N. Krvavica, and J. Rubinic, Evaluation of Design Storms and Critical Rainfall Durations for Flood Prediction in PartiallyUrbanized Catchments, *Water*, 12 (7) (2020) 2044.
- Rante, N.R, Sumarauw,J.S.F, dan Wuisan, E.M, 2016, Analisis Debit Banjir Anak Sungai Tikala Pada Titik Tinjauan Kelurahan Banjer Link. V Kecamatan Tikala Dengan Menggunakan HEC-HMS Dan HEC-RAS, 14 (65), *TEKNO*, hal. 19 – 28.
- Sarbidi. “Metoda Penerapan Zero Runoff Pada Bangunan Gedung dan Persilnya Untuk Peningkatan Panen Air Hujan dan Penurunan Puncak Banjir”. *Jurnal Pemukiman* Vol. 10 No. 2. Bandung 2015.
- Sebayang, I.S.D dan Parlina, Meliana, 2018, Analisis Banjir Dan Tinggi Muka Air Pada Ruas Sungai Ciliwung STA 7+646 s/d STA 15+049, 7 (1), *JURNAL FORUM MEKANIKA*, hal. 1 – 58.
- SNI Pd. T-02-2006-B, “Perencanaan Sistem Drainase Jalan”. Departemen Pekerjaan Umum.
- Sondak, S.W, Tangkudung, Hanny, dan Hendratta, Liany, 2019, Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Girian Kota Bitung, 7 (8), *Jurnal Sipil Statik*, hal. 1049 – 1058.
- Standar Nasional Indonesia, 2016, Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana, Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- Suadnya, D.P, Sumarauw, J.S.F, dan Mananoma, Tiny, 2017, Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Banjir Sungai Sario Di Titik Kawasan Citraland, 5 (3), *Jurnal Sipil Statik*, hal. 143 – 150.
- Sudjatmiko.H., Bisri.M., dan Yuliani,E., 2017, Studi *Evaluasi dan Perbaikan Sistem Drainase di Polder Jati Pinggir Kanal Banjir Barat DKI Jakarta, *Jurnal Teknik Pengairan*, Volume 7, No.2, hal 216-224, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sumarto. “Hidrologi Teknik”. Surabaya. 1987.
- Suripin. “Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan”. Yogyakarta. 2003.
- Syahputra, Ichsan, 2015, Kajian Hidrologi Dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Krueng Langsa Berbasis HEC-HMS

- dan HEC-RAS, 1 (1), Jurnal Teknik Sipil Unaya, hal. 15 – 28.
- Talumepa, Y.T, Tanudjaja, Lambertus, dan Sumarauw, J.S.F, 2017, Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, 5 (10), Jurnal Sipil Statik, hal. 699 – 710.
- Tate, E.C., and Maidment, D. (1999). Floodplain mapping using HEC-RAS, Center for Research in Water Resources, Bureau of Engineering Research, University of Texas, Austin, TX.
- Timbadiya, P.V., Patel, P.L., and Porey. P.D. (2012). Caliberation of HEC-RAS model on prediction of flood for lower Tapi river, India, J. of Wat. Reso. And Prot.,3:805-811
- Welliang, A.H, Sumarauw, J.S.F, dan Manoma, Tiniy, 2019, Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Lombagin Kabupaten Bolaang Mongondow, 17 (71), Jurnal Tekno, hal. 1 – 8.
- Yansyah, R.A, Kusumastuti, D.I, dan Tugiono, Subuh, 2015, Analisa Hidrologi Dan Hidrolika Saluran Drainase Box Culvert Di Jalan Antasari Bandar Lampung Menggunakan Program HEC-RAS, 3 (1), JRSDD, hal. 1 – 12.
- Yulianto,F., Marfai,M.A., Parwati, dan Suwarsono, 2009, Model Simulasi Luapan Banjir Sungai Ciliwung di Wilayah Kampung Melayu – Bukit Duri Jakarta Indonesia, Jurnal Penginderaan Jauh, Vol.6, hal 43-53, Jakarta.
- Wilson,E.M., 1993, Hidrologi Teknik, Edisi ke-4, Penerbit ITB, Bandung.