

PEMANFAATAN TEKNOLOGI PEMODELAN MATEMATIS DAN LIDAR DALAM PENGELOLAAN RESIKO BANJIR DAS WAI RUHU AMBON

UTILIZATION OF MATHEMATIC AND LIDAR MODELING TECHNOLOGY IN WAI RUHU AMBON FLOOD RISK MANAGEMENT

¹Anggun Etika Putriasri, ²Yandi Hermawan, ³Irene Jaya, dan ⁴Budhi Kosasih

¹Direktorat Sungai dan Pantai, Ditjen Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; anggun.etika@gmail.com

²PT. Indra Karya (Persero); yandiher@yahoo.com

³PT. Indra Karya (Persero); irenejaya1@gmail.com

⁴PT. Indra Karya (Persero); budhikosasih@gmail.com

Abstrak

Daerah aliran sungai Wai Ruhu merupakan kawasan memprihatinkan terkait fenomena banjir di Ambon. Pada tahun 2012 dan 2013, kota Ambon mengalami banjir akibat sungai Wai Ruhu yang menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial yang sangat besar. Memasuki era digital, penyajian analisa hidrologi dan hidraulik menggunakan aplikasi komputer sudah menjadi suatu kebutuhan dalam perencanaan pengendalian banjir. Dalam analisa ini, aplikasi HEC-HMS dan HEC-RAS digunakan untuk simulasi limpasan air dan area genangan banjir. Dalam penggunaannya, penyajian model HEC-RAS 2D mewajibkan adanya DEM (Digital Elevation Model). DEM LIDAR yang digunakan mempunyai ketelitian vertikal 0.25 m dengan interval kontur 0.5 m. Data lain yang digunakan adalah data curah hujan dan informasi kejadian serta lamanya banjir aktual yang didapat dari hasil survei lapangan. Parameter dari model HEC-HMS dan HEC-RAS secara terintegrasi dikalibrasikan dengan survei lapangan genangan banjir pada kejadian bencana. Hasil dari kalibrasi parameter model sungai Wai Ruhu mencapai 89%. Melalui simulasi hidraulik menggunakan beberapa parameter seperti penempatan sejumlah checkdam, pemilihan kedalaman pengerukan dan tinggi tanggul sungai dapat dihasilkan rancangan optimal pengendalian debris dan luas genangan banjir. Pemodelan dengan rencana penanganan menempatkan 4 checkdam, pengerukan sungai sedalam 1 m, penempatan tanggul setinggi 2 m menghasilkan pengurangan genangan 94% dan pengendalian debris sebesar 97%. Rencana bangunan diuji kembali dengan pemodelan HEC-RAS untuk mengetahui bahwa bangunan air yang direncanakan telah efektif mengendalikan banjir.

Kata kunci : Banjir, HEC-HMS, HEC-RAS, LIDAR

Abstract

The watershed of the Wai Ruhu river is an area of concern related to the flood phenomenon in Ambon. In 2012 and 2013, Ambon city experienced flooding due to the Wai Ruhu river which caused enormous economic and social losses. By entering the digital era, hydrological and hydraulic analysis using computer applications has become a necessity in flood control planning. In this analysis, the HEC-HMS and HEC-RAS applications are used to simulate water runoff and flood inundation areas. In its use, the presentation of the 2D HEC-RAS model requires a DEM (Digital Elevation Model). The DEM LIDAR used has a vertical accuracy of 0.25 m with a contour interval of 0.5 m. Other data used are rainfall data, information on the incidence and duration of actual flooding obtained from field survey results. Parameters from the HEC-HMS and HEC-RAS models are calibrated with a flood inundation field survey in the event of disaster. The result of the parameter calibration of the Wai Ruhu river model reaches 89%. Optimal design of debris control and flood inundation can be produced through hydraulic simulation using several parameters such as the placement number of checkdams, selection of dredging depth and

river embankment height. Modeling with the handling plan of placing 4 checkdams, river dredging 1 m deep, placing embankments as high as 2 m resulted in a 94% reduction in inundation and 97% debris control. The building plan was retested with the HEC-RAS modeling to determine that the planned water structure had effectively controlled floods.

Keywords: Flood, HEC-HMS, HEC-RAS, LIDAR

PENDAHULUAN

Wai Ruhu adalah salah satu sungai yang kerap menimbulkan banjir di kota Ambon dan sekitarnya. DAS Wai Ruhu memiliki luas DAS sebesar 18,58 km² dan panjang sungai utama 13,08 km. DAS ini memiliki karakteristik morfologi sungai yang beraliran pendek dan curam disertai debris berupa batu, pasir dan kayu.

Pada tahun 2012 dan 2013, kota Ambon mengalami banjir bandang akibat luapan beberapa sungai yang menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial yang cukup besar. Kerusakan akibat fenomena banjir bandang yang terjadi di DAS Wai Ruhu disebabkan oleh infrastruktur yang tidak memadai untuk pengelolaan banjir dan debris. Berdasarkan data yang didapat, aspek utama terjadinya banjir adalah banyaknya sedimentasi yang menghasilkan endapan sedimen dalam jumlah besar setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan pendangkalan sungai dan peningkatan debit puncak banjir selama terjadi hujan. Maka dari itu, diperlukan adanya pengelolaan banjir dan sedimen dalam menangani banjir bandang di Wai Ruhu.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode-metode yang digunakan dalam pengerjaan studi ini adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur

Tahapan mempelajari materi terkait tata cara mengatasi permasalahan banjir dan tahap mempelajari studi terdahulu terkait perencanaan pengendalian banjir di DAS Wai Ruhu.

2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data berupa data hidrologi, data batimetri sungai dan DEM (*Digital Elevation Model*) dari survei

LIDAR, data geoteknik, dan data tata guna lahan.

3. Analisis Hidrologi

Melakukan analisis hidrologi dari pengolahan data curah hujan harian sampai intensitas curah hujan rencana dan membuat model DAS Wai Ruhu menggunakan program HEC-HMS untuk menghasilkan debit banjir rencana.

4. Perhitungan Debris Sekali Banjir

Melakukan analisis perhitungan debris sekali banjir dengan rumus Mizuyama (1988) dengan kala ulang 100 tahun serta membuat skema bangunan pengendali debris. Kemudian setelah itu, melakukan perhitungan volume total tampungan sedimen dan menghitung keseimbangan sedimen.

5. Kalibrasi Parameter Debit dan Parameter Pemodelan Hidraulik

Melakukan kalibrasi untuk parameter debit banjir rencana dan parameter pemodelan hidraulik sebelum merencanakan desain bangunan pengendali banjir.

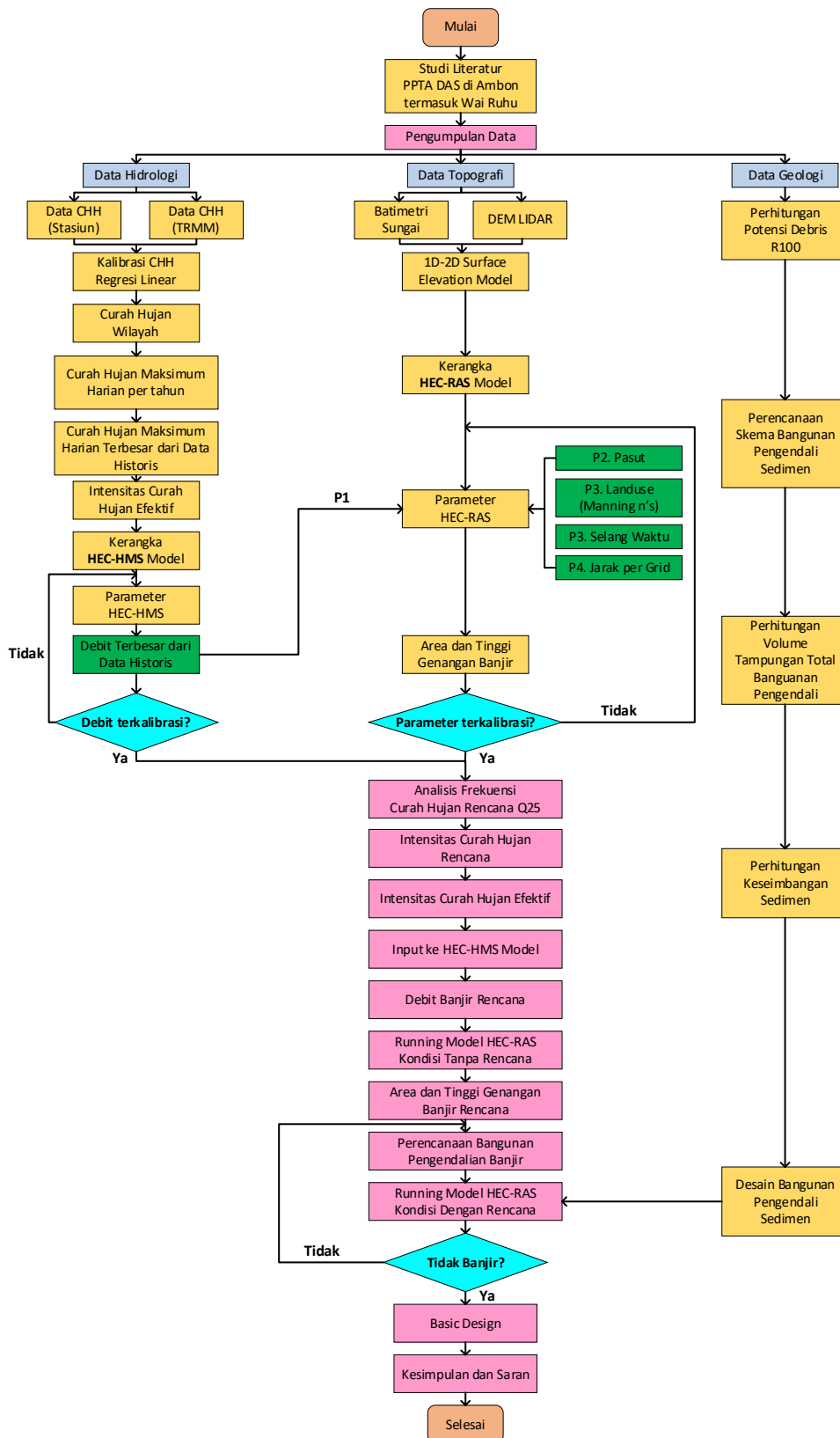
6. Analisis Pemodelan Hidraulik

Menghitung dimensi bangunan pengendali banjir yang diperlukan untuk mengurangi banjir dengan menggunakan program HEC-RAS.

7. Desain Bangunan Pengendali Banjir dan Bangunan Pengendali Debris

Hasil *basic design* dari analisis pemodelan hidraulik dilanjutkan ke analisis selanjutnya yaitu analisis stabilitas bangunan agar dapat mengeluarkan gambar desain atau DED (*Detailed Engineering Design*).

Gambar 1 adalah bagan alir metodologi kerja yang dilakukan.



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Harian Maksimum

Curah hujan harian maksimum didapatkan dari hasil olahan data curah hujan harian dari Pos Curah Hujan Karang Panjang, Pos Curah Hujan Kayu Tiga dan TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) dimana data yang diperoleh dari tahun 2004 s/d 2017. Curah hujan harian maksimum yang digunakan adalah curah hujan harian maksimum setiap tahun yang akan diolah untuk memperoleh curah hujan rencana. Curah hujan harian maksimum tersebut kemudian

dikalikan dengan faktor perubahan iklim yang didapat dari BMKG.

Curah Hujan Rencana dan Uji Derajat Kepercayaan

Curah hujan rencana untuk periode ulang tertentu secara statistik dapat diperkirakan berdasarkan seri data curah hujan harian maksimum setiap tahun (*Maximum Daily Rainfall Annual Series*) dengan analisis distribusi frekuensi. Sebelum ditentukan metode distribusi yang digunakan akan dilakukan pengujian kesesuaian distribusi yaitu Chi-Kuadrat (*Chi-Square*) dan Smirnov-Kolmogorov.

Tabel 1. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum x Faktor Perubahan Iklim
2004	44,09
2005	128,24
2006	154,35
2007	106,76
2008	150,76
2009	63,40
2010	176,73
2011	169,84
2012	234,35
2013	280,10
2014	68,65
2015	89,01
2016	203,33
2017	133,98

Sumber: Hasil Pengolahan Data Pos Curah Hujan, 2020

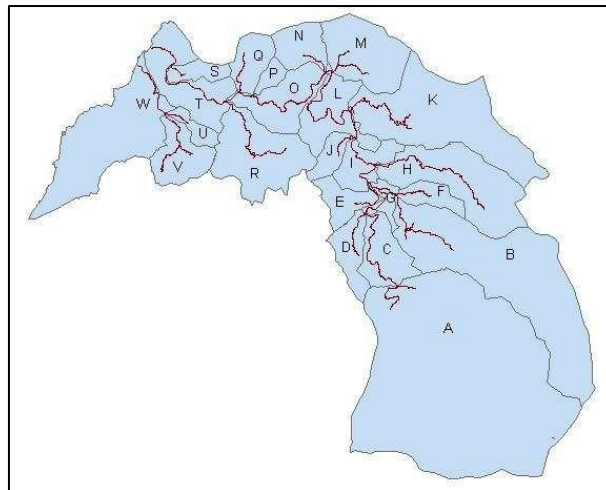
Tabel 2. Curah Hujan Rencana

Periode Ulang	Normal	Log Pearson III	Gumbel
100	299,9	349,3	354,5
50	281,5	319,6	317,8
25	261,1	287,6	280,9
10	229,5	240,5	231,0
5	199,8	199,9	191,6
2	143,1	133,7	132,0

Uji Chi-Square			
Kondisi	Normal	Log Pearson III	Gumbel
X2	2,50	1,55	3,05
X2Cr	5,99	5,99	5,99
D. Signifikansi	0,05	0,05	0,05
HIPOTESA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Uji Smirnov-Kolmogorov			
Kondisi	Normal	Log Pearson III	Gumbel
Dmax	0,1	0,09	0,1
Dkritis	0,35	0,35	0,35
D. Signifikansi	0,05	0,05	0,05
HIPOTESA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Sumber: Hasil Perhitungan Analisa Curah Hujan Rencana, 2020



Gambar 2. Kerangka Model DAS Wai Ruhu pada program HEC-HMS

Sumber: Hasil Penyusunan Kerangka Model HEC-HMS, 2020

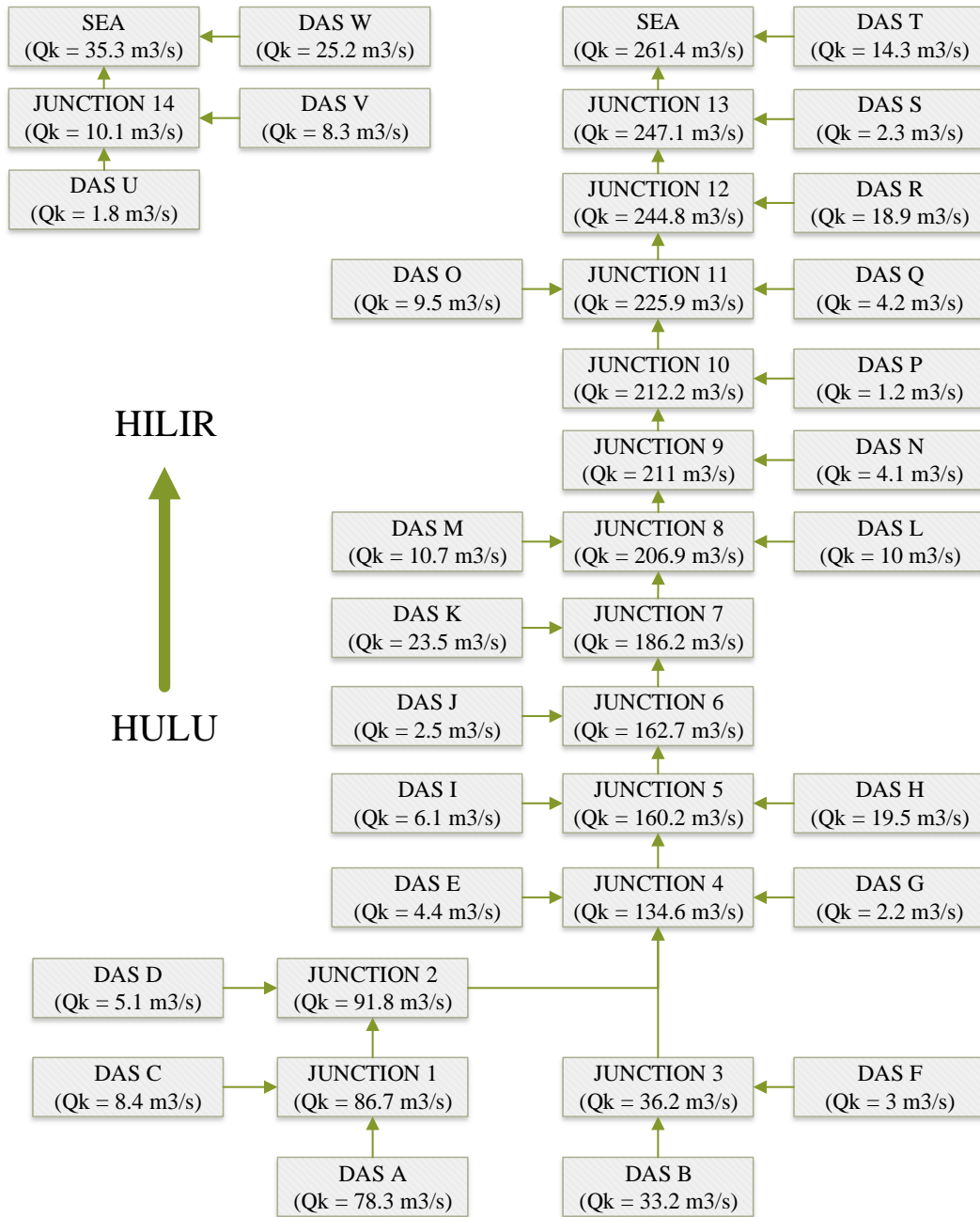
Dari hasil kedua uji, metode distribusi yang dipilih adalah Log Pearson III karena memiliki nilai error terkecil dibandingkan metode lainnya.

Perhitungan Debit Banjir Terbesar Historis

Intensitas hujan terbesar historis yang didapatkan, dimasukkan kedalam model HEC-HMS yang sudah dirancang pada program

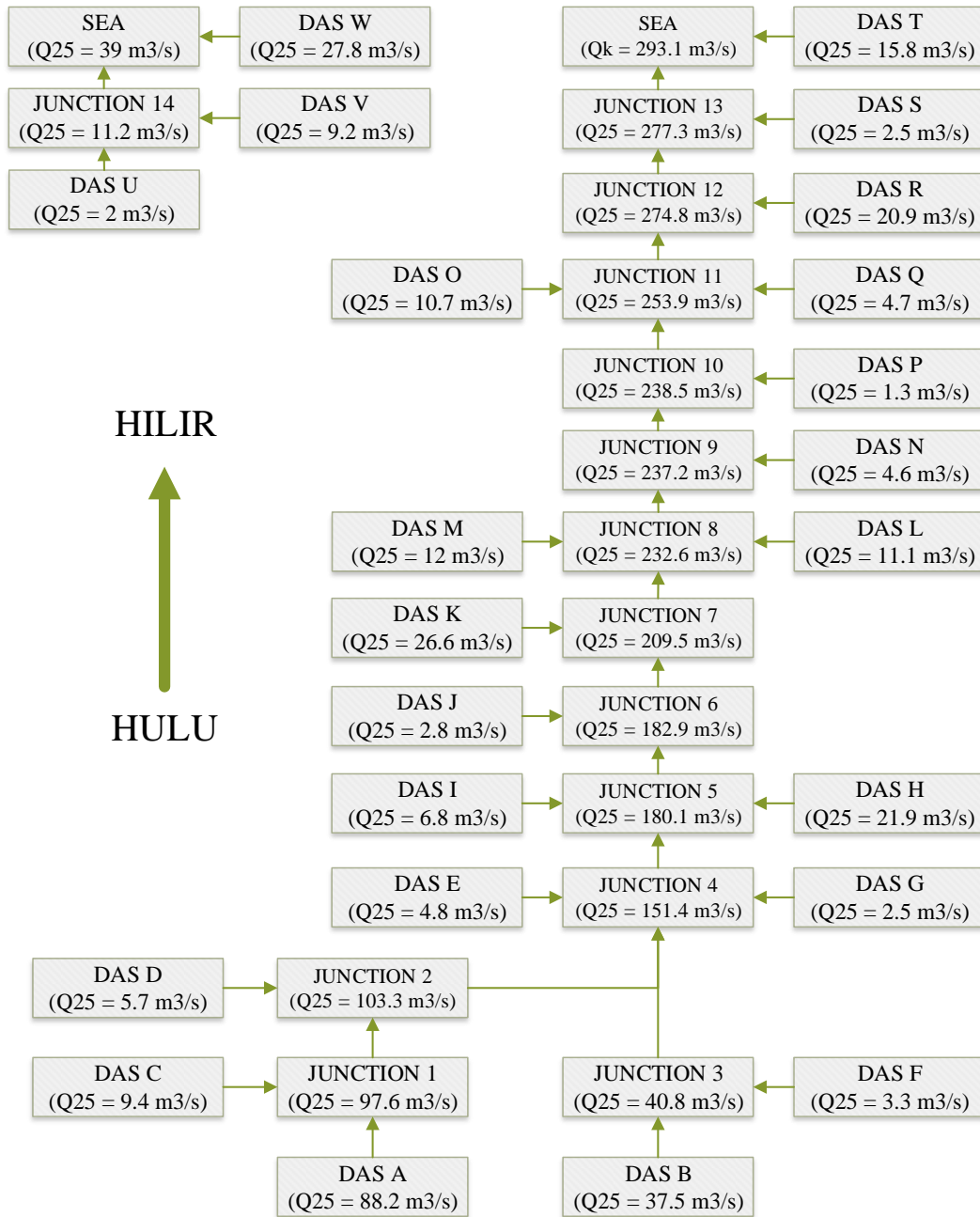
seperti gambar dibawah. Pembagian sub-DAS dilakukan dengan menggunakan geospasial analisis DEM LIDAR menggunakan program QGIS.

Berikut adalah bagan alir skema debit untuk kejadian tahun 2013 ($R = 280,1 \text{ mm}$) yang digunakan dalam kalibrasi dengan survei baseline.



Gambar 3. Skema Debit R = 280,1 mm

Sumber: Hasil Pemodelan Debit R = 280,1 mm pada HEC-HMS, 2020



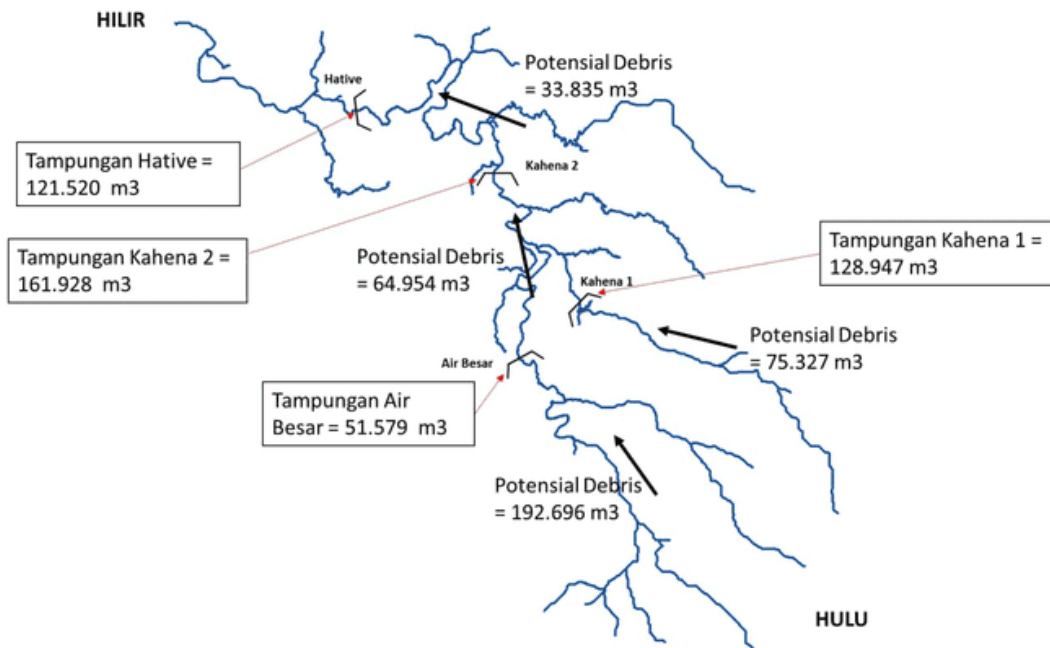
Gambar 4. Skema Debit R₂₅

Sumber: Hasil Pemodelan Debit R₂₅ pada HEC-HMS, 2020

Perhitungan Debris

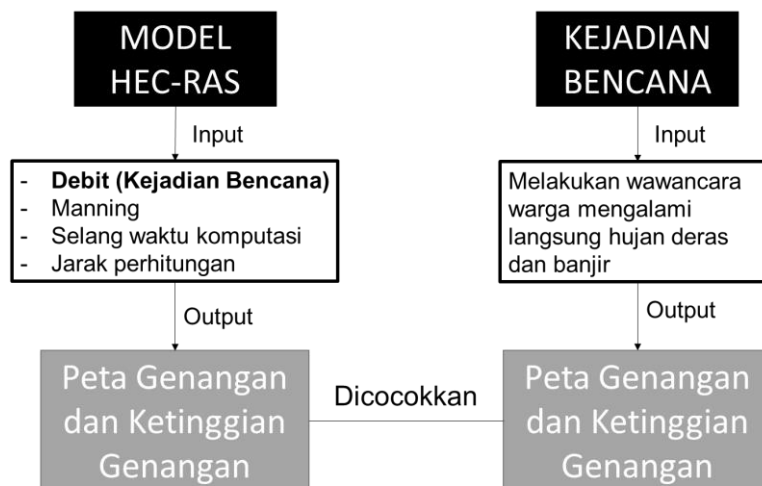
Perhitungan volume sedimen sekali banjir *Debris Flow* menggunakan rumus Mizuyama (1988). Potensial debris dihitung berdasarkan masing-masing sub-DAS.

Berdasarkan 4 titik cek dam tersebut dengan potensial debris untuk masing-masing cek dam maka didapatkan volume potensial debris yang dikendalikan sampai titik apek terakhir (Hative) adalah sebesar 366.814 m³

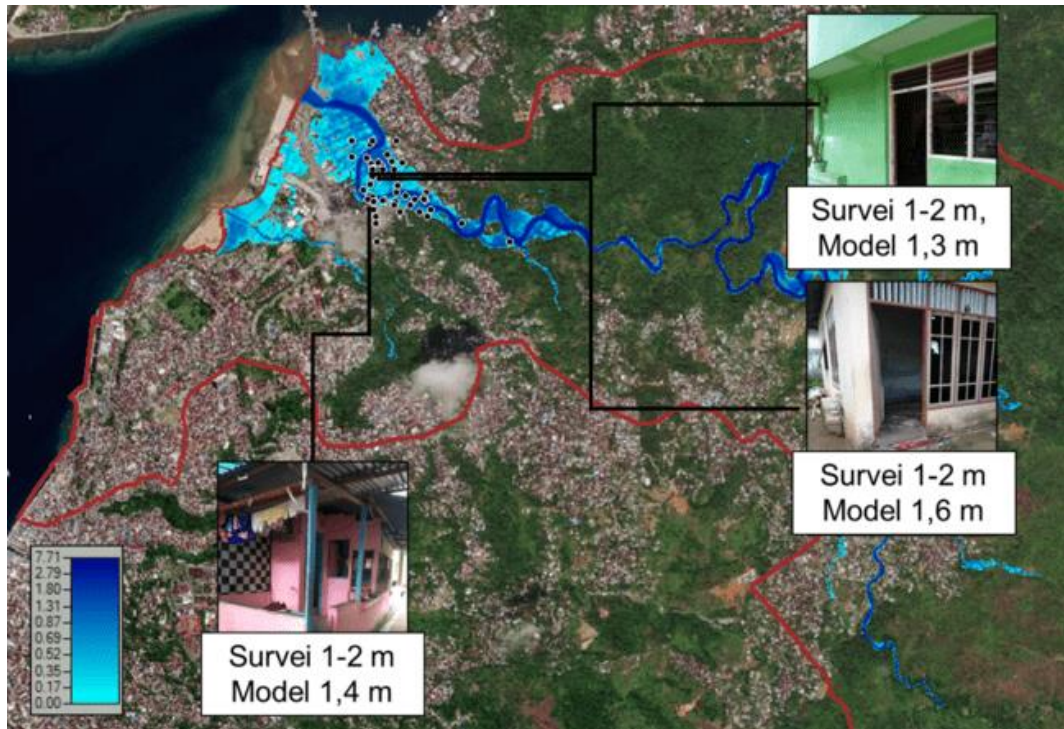


Gambar 5. Lokasi Cek Dam dan Keseimbangannya

Sumber: Hasil Analisa Titik Apek Cek Dam Wai Ruhu, 2020



Gambar 6. Bagan Alir Kalibrasi Model Hidraulik Wai Ruhu



Gambar 7. Contoh Beberapa Hasil Analisa Kalibrasi Wai Ruhu

Sumber: Contoh Beberapa Hasil Analisa Kalibrasi Wai Ruhu, 2020

Beberapa parameter yang diubah yaitu debit (kejadian bencana tahun 2013 dengan $R = 280,1$); nilai manning spasial; selang waktu komputasi; dan jarak perhitungan (*grid size 2D mesh model*). Parameter di atas akan dimasukkan ke program HEC-RAS dan dikalibrasikan hasil area dan tinggi genangan banjirnya dengan survei baseline. Survei baseline memuat informasi seperti koordinat geografis, nama desa, prediksi kedalaman genangan, sumber banjir dan foto model banjir. Perbandingan hasil model dengan survei baseline sesuai dengan kejadian banjir dapat dilihat pada gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, didapatkan persentase kecocokan sebesar 90% sehingga disimpulkan bahwa parameter HEC-HMS dan HEC-RAS yang

digunakan sudah dapat merepresentasikan banjir yang terjadi di Wai Ruhu. Setelah model terkalibrasi, maka dapat dimodelkan beberapa model banjir sesuai dengan desain kala ulang. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, desain banjir yang digunakan adalah banjir kala ulang 25 tahun untuk kemudian diatasi dengan beberapa penanganan baik secara struktural maupun non struktural.

Pemodelan Banjir Kala Ulang 25 Tahun dan Penanggulangannya

Pemodelan banjir kala ulang 25 tahun menggunakan debit pada skema Gambar 3 menggunakan parameter HEC-HMS dan HEC-RAS yang telah dikalibrasi dapat dilihat pada gambar dibawah 8.



Gambar 8. Peta Area dan Tinggi Genangan Kondisi Tanpa Penanganan Q_{25}



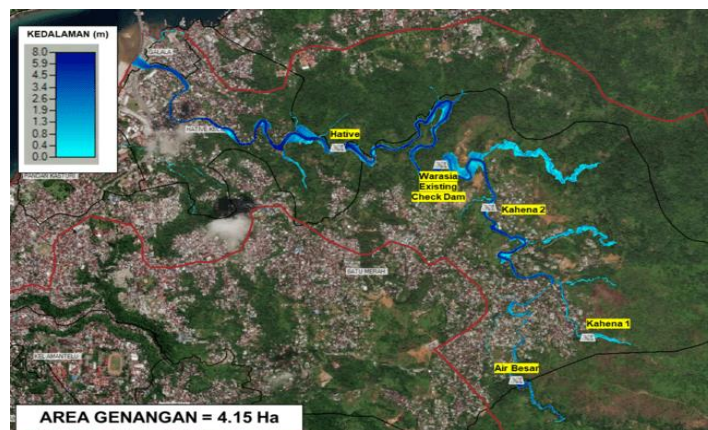
Gambar 9. Rencana Penanganan Banjir Wai Ruhu

Dengan banjir yang terjadi seperti pada Gambar 8, maka ditentukan perlu adanya bangunan pengendali banjir yaitu tanggul banjir berjenis parapet dan normalisasi sungai.

Gambar rencana secara umum dapat dilihat pada gambar 9. Detail rencana penanganan banjir, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Detail Rencana Penanganan Banjir Wai Ruhu

JENIS PENANGANAN		Banjir Rencana	
		25 Tahun	
Perbaikan Sungai (Hulu)	Normalisasi	Kedalaman (m)	1,5
		Panjang (m)	2.500
	Tanggul Banjir (Parapet)	Kedalaman (m)	1 sampai 2
		Panjang (m)	Kiri = 2.336 Kanan = 1.939
Cek Dam Air Besar	Tinggi (m)	7	
	Lebar (m)	23	
	Volume (m ³)	51.578	
Cek Dam Kahena 1	Tinggi (m)	7	
	Lebar (m)	125	
	Volume (m ³)	128.947	
Cek Dam Kahena 2	Tinggi (m)	4	
	Lebar (m)	42	
	Volume (m ³)	161.928	
Cek Dam Hative	Tinggi (m)	7	
	Lebar (m)	31	
	Volume (m ³)	121.520	
Perbaikan Sungai (Hilir)	Normalisasi	Kedalaman (m)	1
		Panjang (m)	2.900
	Tanggul Banjir (Parapet)	Kedalaman (m)	1
		Panjang (m)	Kiri = 2.754 Kanan = 2.600
	Pembersihan Sungai	-	-



Gambar 10. Peta Area dan Tinggi Genangan Kondisi Setelah Penanganan Q₂₅

Dengan rencana yang disebutkan pada Tabel 3, model 2D HEC-RAS disimulasikan mendapatkan hasil seperti pada gambar 10.

SIMPULAN

Kesimpulan dalam pengerjaan studi ini adalah sebagai berikut.

1. Debit kala ulang yang digunakan dalam desain adalah Q_{25} yaitu sebesar $293 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Bangunan pengendali banjir yang direncanakan adalah Parapet dan Normalisasi sungai sepanjang Sta +500 s/d +3300 (Hulu) dan Sta +6900 s/d 9000

(Hilir) seperti yang tergambar pada potongan memanjang.

3. Efektivitas bangunan parapet dan normalisasi sungai dalam mengurangi banjir adalah terjadinya pengurangan area genangan banjir sebesar 66,45 ha (94,18%) dan kapasitas sungai bertambah dari $\pm 100 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi $\pm 293 \text{ m}^3/\text{s}$.

Adapun saran yang diberikan adalah sebagai berikut.

1. Studi ini dapat mendukung pelaksanaan sebagian dari Rencana Strategis Sumber Daya Air (SPWR) dan keamanan air yang merupakan pilar utama dari Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Indonesia dimana dalam hal ini mendorong program *Flood Risk Management* (FRM) untuk mengurangi daya rusak banjir.
2. Pemodelan hidrologis dan hidraulik suatu Daerah Aliran Sungai sangat membantu

dalam menunjang perancangan *Detail Engineering Design* dengan tingkat akurasi cukup tinggi. Diantara banyak perangkat lunak yang beredar, LIDAR, HEC-HMS dan HEC-RAS merupakan pilihan yang dapat cepat diaplikasikan dan relatif mudah penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI 2415:2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Brunner, Gary W., 2016. *HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual*, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (HEC), United States.
- Chow, Ven Te., 1959. *Open Channel Hydraulic*, United States: McGraw-Hill Book Company, Singapore.