

BAB V

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dibuat dalam menghitung dan menganalisis perbandingan debit rencana (*outflow*) menggunakan metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS menggunakan metode SCS Curve Curve Number, berikut beberapa kesimpulan yang dapat diambil;

- 1) Nilai debit rencana metode Nakayasu pada setiap periode ulang mempunyai nilai yang ditunjukkan dengan debit puncak (*peak discharge*) dan waktu puncak (*time of peak*) pada masing-masing periode ulang. Nilai debit rencana metode Nakayasu untuk periode ulang 5 Tahun, 25 Tahun, 50 Tahun, 100 Tahun dan 200 Tahun adalah sebagai berikut;
 - a) Hidrograf Nakayasu periode ulang 5 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar $1406,99 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-7
 - b) Hidrograf Nakayasu periode ulang 25 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar $2103,60 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-7
 - c) Hidrograf Nakayasu periode ulang 50 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar $2436,30 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-7
 - d) Hidrograf Nakayasu periode ulang 100 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar $2735,50 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-7
 - e) Hidrograf Nakayasu periode ulang 200 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar $2993,20 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-7
- 2) Nilai debit rencana simulasi aplikasi HEC-HMS metode SCS *Curve Number* pada setiap periode ulang mempunyai nilai yang ditunjukkan dengan debit puncak (*peak discharge*) dan waktu puncak (*time of peak*) pada masing-masing periode ulang. Nilai debit rencana simulasi aplikasi HEC-HMS metode SCS *Curve Number* untuk periode ulang 5 Tahun, 25 Tahun, 50 Tahun, 100 Tahun dan 200 Tahun adalah sebagai berikut;

- a) Hidrograf HEC-HMS periode ulang 5 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar 984,10 m³/s dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-10
 - b) Hidrograf HEC-HMS periode ulang 25 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar 1904,40 m³/s dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-9
 - c) Hidrograf HEC-HMS periode ulang 50 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar 2385,90 m³/s dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-8
 - d) Hidrograf HEC-HMS periode ulang 100 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar 2839,40 m³/s dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-8
 - e) Hidrograf HEC-HMS periode ulang 200 Tahun, mempunyai debit puncak (*peak discharge*) sebesar 3298,70 m³/s dengan waktu puncak (*time of peak*) yang terjadi pada jam ke-8
- 3) Nilai perhitungan debit rencana metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS dapat dilakukan perbandingan, dengan melihat perbedaan atau selisih antara debit puncak (*peak discharge*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS. Selain itu dibandingkan juga selisih antara waktu puncak (*time of peak*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS. Berikut perbandingan debit rencana Metode Nakayasu dan debit rencana simulasi aplikasi HEC-HMS;
- a) Perbandingan debit puncak (*peak discharge*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS untuk periode ulang 5 Tahun, mempunyai selisih sebesar 422,90 m³/s dengan selisih waktu puncak (*time of peak*) 3 (tiga) jam.
 - b) Perbandingan debit puncak (*peak discharge*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS untuk periode ulang 25 Tahun, mempunyai selisih sebesar 199,20 m³/s dengan selisih waktu puncak (*time of peak*) 2 (dua) jam.
 - c) Perbandingan debit puncak (*peak discharge*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS untuk periode ulang 50 Tahun, mempunyai selisih sebesar 50,40 m³/s dengan selisih waktu puncak (*time of peak*) 1 (satu) jam.

- d) Perbandingan debit puncak (*peak discharge*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS untuk periode ulang 100 Tahun, mempunyai selisih sebesar 103,90 m³/s dengan selisih waktu puncak (*time of peak*) 1 (satu) jam.
 - e) Perbandingan debit puncak (*peak discharge*) Metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS untuk periode ulang 200 Tahun, mempunyai selisih sebesar 305,50 m³/s dengan selisih waktu puncak (*time of peak*) 1 (satu) jam.
- 4) Rekomendasi perhitungan debit rencana yang sesuai pada DAS Lowo Rea berdasarkan perbandingan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) antara metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC HMS setiap periode ulang terhadap rasio volume harus bernilai 1 mm (hujan efektif 1 mm), adalah sebagai berikut;
- a) Untuk debit rencana periode ulang 5 Tahun, Perbedaan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) antara metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC HMS adalah sebesar 4 mm, sedangkan perbedaan kedua metode terhadap hujan efektif 1 mm adalah metode Nakayasu sebesar 11 mm dan simulasi aplikasi HEC HMS sebesar 7 mm dengan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) simulasi aplikasi HEC HMS yang paling mendekati 1 mm.
 - b) Untuk debit rencana periode ulang 25 Tahun, Perbedaan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) antara metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC HMS adalah sebesar 2 mm, sedangkan perbedaan kedua metode terhadap hujan efektif 1 mm adalah metode Nakayasu sebesar 17 mm dan simulasi aplikasi HEC HMS sebesar 15 mm dengan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) simulasi aplikasi HEC HMS yang paling mendekati 1 mm.
 - c) Untuk debit rencana periode ulang 50 Tahun, Perbedaan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) antara metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC HMS adalah sebesar 1 mm, sedangkan perbedaan kedua metode terhadap hujan efektif 1 mm adalah metode Nakayasu sebesar 20 mm dan simulasi aplikasi HEC HMS sebesar 19 mm dengan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) simulasi aplikasi HEC HMS yang paling mendekati 1 mm.

- d) Untuk debit rencana periode ulang 100 Tahun, Perbedaan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) antara metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC HMS adalah sebesar 1 mm, sedangkan perbedaan kedua metode terhadap hujan efektif 1 mm adalah metode Nakayasu sebesar 23 mm dan simulasi aplikasi HEC HMS sebesar 24 mm dengan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) metode Nakayasu yang paling mendekati 1 mm.
- e) Untuk debit rencana periode ulang 200 Tahun, Perbedaan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) antara metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC HMS adalah sebesar 3 mm, sedangkan perbedaan kedua metode terhadap hujan efektif 1 mm adalah metode Nakayasu sebesar 25 mm dan simulasi aplikasi HEC HMS sebesar 28 mm dengan nilai H_{DRO} (*high direct run off*) metode Nakayasu yang paling mendekati 1 mm.

4.2 Saran

Setelah melakukan analisis pembahasan dalam menghitung perbandingan debit rencana (*outflow*) menggunakan metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS menggunakan metode SCS Curve Curve Number, berikut beberapa saran yang dapat diberikan;

- 1) Nilai Curve Number yang dihitung mempunyai nilai CN rata-rata DAS Lowo Rea sebesar 59,02. Nilai Curve Number dihitung pada penelitian ini sebagai salah satu parameter penting untuk memperoleh nilai debit rencana metode SCS Curve Number, yang menggunakan simulasi aplikasi HEC-HMS. Nilai Curve Number yang berada diatas angka 50-an, disebabkan karena beberapa area hulu yang mempunyai kemiringan lereng yang cukup curam dijadikan lahan perkebunan maupun ladang. Hal ini dapat menyebabkan erosi dan tanah longsor apabila jumlah curah hujan yang turun terjadi dalam jumlah yang cukup besar, mengingat DAS Lowo Rea adalah DAS terbesar di Kabupaten Ende yang sering terjadi banjir hampir setiap tahunnya, terutama pada Kecamatan Wewaria. Selain nilai CN yang berada diatas angka 50-an, meningkatnya lahan kedap air (*impervious*) dapat menyebabkan peningkatan debit rencana saat hujan turun dengan jumlah curah hujan yang sangat besar. *Impervious* dihitung pada penelitian ini sebagai salah satu parameter penting untuk memperoleh nilai debit rencana metode SCS Curve Number, yang

menggunakan simulasi aplikasi HEC-HMS. Lahan kedap air (impervious) seperti perumahan yang terletak dipinggiran sungai tidak boleh dibangun. Selain itu pembukaan lahan perkebunan dan ladang pada daerah hulu atau pegunungan harus dilakukan secara bijaksana. Misalnya pada ladang atau perkebunan yang dibuka selain ditanami hasil bumi untuk dijual, harus diimbangi dengan penanaman pohon berakar tumbang agar dapat mengurangi erosi atau tanah longsor saat musim hujan.

- 2) Penelitian berikutnya yang terkait dengan konsentrasi ilmu atau bidang yang dibahas pada penelitian ini, agar menjadikan penelitian ini sebagai salah satu acuan dalam menghitung debit rencana. Kedua metode perhitungan debit rencana yang digunakan dalam penelitian yakni metode Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS menggunakan metode SCS *Curve Number* mempunyai nilai yang cukup linear atau hampir sama berdasarkan hasil uji Nash, dimana hasil uji pada setiap periode mempunyai rentang $< 0,30$ mendekati 0 (nol). Oleh karena itu kedua metode ini direkomendasikan dengan alasan atau keunggulan metodenya masing-masing, sebagai berikut;
 - a) Alasan direkomendasikan metode Nakayasu;
 1. Metode Nakayasu lebih tepat digunakan untuk analisis debit banjir rancangan kala ulang atau periode ulang \geq (lebih dari sama dengan) 100 tahun, yang pada umumnya sering digunakan pada desain bangunan air seperti bendung (periode ulang 50 tahun s/d 100 tahun), bendungan beton/batu kali (periode ulang 500 tahun s/d 1000 tahun) dan bendungan urugan tanah/batu (periode ulang 1000 tahun).
 2. Pemilihan Metode Nakayasu didasarkan pada iklim dan topografi pada DAS Lowo Rea yang tingkat curah hujannya cukup tinggi dan topografi yang didominasi oleh daerah pegunungan. Selain itu perhitungan debit banjir menggunakan metode Nakayasu yang digunakan pada DAS Lowo Rea memberikan gambaran diagram HSS Nakayasu mengenai debit ketika awal hujan, saat banjir dan berakhir banjir.
 3. Parameter yang dibutuhkan dari karakteristik DAS untuk menghitung debit rencana metode Nakayasu tidak sebanyak parameter yang dibutuhkan untuk menjalankan simulasi aplikasi

HEC-HMS metode SCS Curve Number. Parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan debit rencana metode Nakayasu pada DAS hanya berupa Luas DAS dan Panjang Sungai.

4. Proses perhitungannya lebih sederhana dan lebih mudah dipahami dikarenakan tanpa memperhitungkan nilai *Curve Number* yang sering digunakan sebagai dasar prediksi daerah terdampak banjir.
 5. Hidrograf hasil hitungannya sederhana lebih mudah dipahami.
- b) Alasan direkomendasikan simulasi aplikasi HEC HMS menggunakan metode SCS Curve Number;
1. Simulasi aplikasi HEC HMS lebih tepat digunakan untuk analisis debit banjir rancangan kala ulang atau periode ulang < (kurang dari) 100 tahun, yang pada umumnya sering digunakan pada desain bangunan air seperti saluran pengelak banjir (periode ulang 20 tahun s/d 50 tahun), tanggul sungai (periode ulang 10 tahun s/d 20 tahun) dan bendungan urugan tanah/batu (periode ulang 5 tahun s/d 10 tahun).
 2. Analisis *catchment area* DAS nya lebih detail karena simulasi aplikasi HEC HMS menyertakan plugin HEC GEO HMS yang didasarkan pada *drainage point*, *stream segmentation*, *catchment delineation* dan lain sebagainya pada proses penentuan batas DAS di Arc GIS, sehingga perhitungan debit rencana dilakukan juga secara lebih detail pada setiap subbasin atau SubDAS
 3. Simulasi aplikasi HEC-HMS yang menggunakan metode SCS Curve Number, menghitung koefisien rencananya secara lebih detail berdasarkan analisis jenis tutupan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah dan kelompok hidrologi tanah, sehingga pengaruh infiltrasi, atau *impervious* maupun *non impervious* tidak diabaikan.
 4. Simulasi HEC-HMS dapat melakukan kalibrasi untuk mengkaji model perhitungan dengan menggunakan dua macam uji, yakni uji Nash dan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dilakukan secara berulang. Sehingga apabila seandainya terdapat data AWLR yang mewakili perhitungan tinggi muka air DAS secara keseluruhan, dapat dijadikan *observed flow* dan dilakukan kalibrasi atau

optimized trial hasil perhitungan simulasi HEC-HMS terhadap data konversi AWLR yang dijadikan *observed flow*.

- 3) Pada penelitian ini kalibrasi HEC HMS dilakukan tanpa melakukan uji coba optimasi (*optimization trials*) terhadap data debit hasil konversi tinggi muka air pada AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) sebagai *observed flow* yang sering digunakan sebagai acuan agar hasil kalibrasi simulasi aplikasi HEC HMS mendekati data debit hasil konversi AWLR sebagai *observed flow*. Oleh karena itu pada penelitian yang akan datang, disarankan dalam melakukan penelitian lanjutan simulasi aplikasi HEC-HMS dapat dilakukan kalibrasi uji Nash dan RMSE (*Root Mean Square Error*) yang membandingkan nilai debit terukur menggunakan AWLR terhadap debit hasil simulasi aplikasi HEC-HMS dengan melakukan *optimized trial* berkali-kali sampai mendekati debit hasil konversi tinggi muka air pada AWLR sebagai *observed flow* dalam simulasi HEC HMS.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air. Edisi Kedua. Cetakan Kedua. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Ende. 2017. *Kecamatan Wewaria Dalam Angka 2017*. Ende: Badan Pusat Statistik Kabupaten Ende.
- Badan Standardisasi Nasional. Klasifikasi penutup lahan (2010).
- Chorley, R. J. (1978). *The Hillslope Hydrological Cycle. Chapter 1 of Book Hillslope Hydrology*. Ed. M.J. Kirby. John Wiley & Sons, Ltd.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2013). *Applied Hydrology (2 edition)*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Flobamora.net. 2017, Februari 8. 85 Rumah Warga di Kecamatan Wewaria Terendam Banjir. Ende, NTT, Indonesia.
<http://www.flobamora.net/berita/10666/2017-02-08/85-rumah-warga-di-kecamatan-wewaria-terendam-banjir.html> diakses 13 Maret 2018
- Gatot Sulistyanto, Iwan. 2009. *Geografi*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional
- Hardjowigeno, S. 1987. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Jakarta Mediyatama.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: CV Akademika Presindo.
- Harto, S. 1993. *Hydrology Analysis*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Indarto. 2010. Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jember: Penerbit Bumi Aksara.
- Indarto. 2016. Hidrologi, Metode Analisis dan Tool untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kamiana. 2012. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Kodoatie, J.R., 2009. *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*. Andi Publisher, Yogyakarta.
- Kodoatie, R. J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi Offset.

- Linsley, R.K. 1996. *Hidrologi untuk Insinyur Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- Meurah, Cut, dkk. 2006. *Geografi*. Jakarta: PT. Phibeta Aneka Gama, 2006
- Neitsch, S.L, J.G Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams,. 2005. Soil And Water Assesment Tool Theoretical Documentation. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. USDA Agricultural Research Service. Temple, Texas.
- Pos Kupang. (2018, Maret 12). Balai Sungai Alokasikan Rp 13,1 Miliar untuk Pengaman Pantai di Flores. Ende, NTT, Indonesia.
- Ruswanto. 1933. *Geografi*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy (12rd ed.)*. United States Department of Agriculture.
- Sosrodarsono. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Sri Harto. 1993. *Analisa Hidrologi*. Gramedia Pustaka: Jakarta.
- Suhartanto, Ery. 2998. *Panduan HEC-HMS dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air*. Malang. CV Citra.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset: Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi I*. Beta Offset: Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi II*. Beta Offset: Yogyakarta.
- Tivianton, T.A. 2008. *Analisis Hidrograf Banjir Rancangan terhadap Perubahan Penggunaanlahan dalam Berbagai Kala Ulang Metode Hujan-Limpasan dengan HEC-GeoHMS dan HEC-HMS (Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai Garang, Provinsi Jawa Tengah)*. Tesis. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual*. Maret 2000. <http://www.hec.usace.army.mil>.
- USACE. 2002. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Applications Guide*. Desember 2002. <http://www.hec.usace.army.mil>.
- USACE. 2000. *Geospatial Hydrologic Modelling Extension HEC GeoHMS Users Manual*. Juli 2000. <http://www.hec.usace.army.mil>.