

SKRIPSI
PEMODELAN SIMULASI BANJIR PADA
DAERAH ALIRAN SUNGAI BILA

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD FA'IQ

M011171513



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN SIMULASI BANJIR PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI BILA

Disusun dan diajukan oleh
MUHAMMAD FA'IQ
M011171513

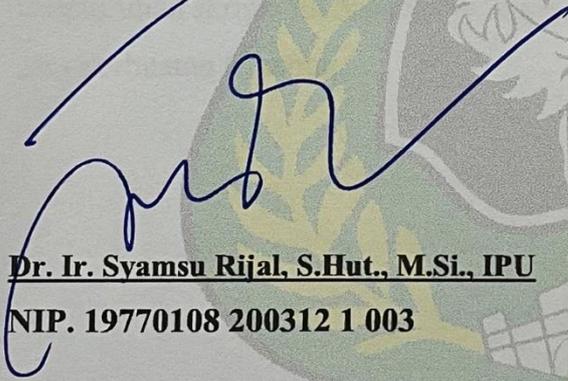
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi
Program Sarjana Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 2 Februari 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU


Munajat Nursaputra, S.Hut., M.sc

NIP. 19770108 200312 1 003

NIP. 19900729 202012 1 012

Ketua Program Studi



Dr. Forest Muhammad Alif K.S, S.Hut., M.Si

NIP. 19790831 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Fa'iq

Nim : M011171513

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Pemodelan Simulasi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Bila”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Februari 2022

Yang menyatakan



Muhammad Fa'iq

ABSTRAK

Muhammad Fa'iq (M011171513). Pemodelan Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Bila, dibawah bimbingan Syamsu Rijal dan Munajat Nursaputra.

Kejadian banjir yang terjadi setiap tahun di DAS Bila mempengaruhi kehidupan masyarakat, dimana luapan air yang terjadi dapat merendam lahan pertanian, perkebunan dan pemukiman. Curah hujan yang tinggi dan pemanfaatan lahan yang tidak berwawasan lingkungan menjadi penyebab meningkatnya debit puncak dan luapan banjir semakin besar. Olehnya itu, dalam penelitian ini dilakukan identifikasi untuk mengetahui daerah yang terdampak banjir menggunakan model spasial *Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System* (HEC-RAS) dan perhitungan statistik dari hidrograf satuan sintetik Nakayasu pada kondisi actual dan 5 periode kala ulang yakni dua, lima, 10, 15 dan 25 tahun. Dalam simulasi, dilakukan pengolahan berupa data *Digital Elevation Model* (DEM), curah hujan, debit sungai dan data tutupan lahan, sehingga diperoleh sebaran wilayah yang terdampak banjir pada DAS Bila. Hasil penelitian menggambarkan bahwa terdapat enam kecamatan yang terdampak pada wilayah administrasi DAS Bila yaitu Kecamatan Pitu Raise dan Kecamatan Pitu Riawa pada Kabupaten Sidenreng Rappang (Sidrap), Kecamatan Belawa, Kecamatan Dua Pitue, Kecamatan Maningpajo, dan Kecamatan Tanasitolo pada Kabupaten Wajo. Dimana area genangan banjir yang dihasilkan seluas 2.939,10 ha pada kondisi aktual, 5.369,94 ha pada kala ulang 2 tahun, 6.553,41 ha pada kala ulang 5 tahun, 6.854,24 ha pada kala ulang 10 tahun, 7.132,99 ha pada kala ulang 15 tahun, dan 7.299 ha pada kala ulang 25 tahun.

Kata kunci: Banjir, DAS Bila, Model HEC-RAS

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas anugerah, rahmat, karunia dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **“Pemodelan Simulasi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Bila”**.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapat berbagai kendala. Tanpa bantuan dan petunjuk dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan selesai dengan baik. Untuk itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut, M.Si., IPU** dan **Munajat Nursaputra, S.Hut., M.sc** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terkhusus, penulis menghaturkan terima kasih kepada Bapak **Jafri Sutoyo, S.T**, Ibu **Etty Lanur, S.Sos** atas doa, kasih sayang, perhatian, pengorbanan dan motivasi dalam mendidik dan membesarkan penulis.

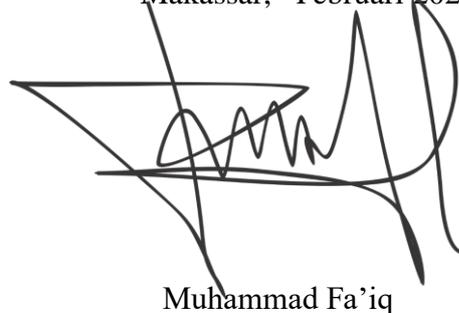
Selain itu, penulis juga menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Komisi penguji Bapak **Chairil A, S.Hut., M.Hut.** dan Ibu **Dr. Sitti Halimah Larekkeng, SP. MP.** selaku penguji yang telah membantu dalam memberikan kritik dan saran, guna perbaikan skripsi ini.
2. Ketua Program Studi Kehutanan Bapak **Dr. Forest. Muhammad Alif K.S. S.Hut., M.Si** serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staf Administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya.
3. Sahabat seperjuangan **Abdul Rachman JB., S.Hut, A. Fatwa Bani Ilham, Alma Aprilah Risnawati, S.Hut, Andi Idham Ainun Khalik, S.Hut, Mita Adriani, S.Hut , Nursyamsi, S.Hut, Patta Nani Salata, S.Hut, Adit Rinaldi Mponoi, Daffa Suyuti Zulkifli** atas bantuan, motivasi dan kerjasama serta kebersamaanya selama penulis melaksanakan penelitian.
4. Kakak-kakak, teman-teman serta adik-adik di **Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan**, terkhusus untuk kak **Septian Putra Pahar,**

S.Hut., M.Hut, Anugrah Andini Nasir S.Hut., M.Si, Dini Albertin Mandy, S.Hut, Chaeria Anila, S.Hut, Tri Ardiansyah, S.Hut., M.Si, Muhammad Dahri Syahbani R, S.Hut, Armin Ridha, S.Hut, Abkar, S.Hut., M.Hut.

5. Keluarga Besar **Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Kehutanan UNHAS** terkhusus Kakanda **Fatwa Faturachmat S.Hut., Pettarani Sastranegara S.Hut., A. Setiawan Saputra** dan teman sepengurus periode 2020-2021 **Andi Maulidin, Nurul Afifah, S.Hut., Muh. Ilham Basmar, S.Hut** atas pengalaman dukungan, motivasi, wejangan, masukan dan bantuannya selama penulis melaksanakan penelitian.
6. Teman-teman baik saya **Sigit Herlambang, Muhammad Arya Jurabi, Muh. Fachri Irsad, Sakti Ayoga Pratama, Irga Wiryaatmadja, Andi Tenri Gatrindah Lestari, S.Hut., Brigitta Audryenne, S.Hut, Musdalifah, S.Hut., Ega Cyntia Watumlawar, S.Hut., Ardiana, S.Hut., Fanny Fadillah, S.Hut., Siti Khafidzah Mufti** yang senantiasa ingin saya reportkan dengan berbagai macam pertanyaan saya, atas bantuan, kerjasama, kebersamaan, dan dukungannya selama kuliah dan diakhir *study* saya.
7. Kawan Seperjuangan **FRAXINUS 2017 dan Teman Intermediate Training HMI Cab. Maktim 2020** terima kasih atas doa, kebersamaan dan dukungannya selama ini.
8. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam semua proses selama berada di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Makassar, Februari 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Fa'iq'. The signature is stylized with several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Muhammad Fa'iq

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Daerah Aliran Sungai.....	3
2.2 Banjir	4
2.3 Hujan.....	6
2.4 Model Hidrologi	8
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian	15
3.4 Analisis Data.....	17

3.4.1	Analisis Hidrologi	17
3.4.2	Simulasi Model HEC-RAS	23
3.4.3	Identifikasi Penyebab Banjir	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Analisis Hidrologi	25
4.1.1	Curah Hujan Aktual	25
4.1.2	Analisis Distribusi Frekuensi Curah Hujan Rancangan	25
4.1.3	Uji Distribusi Probabilitas Curah Hujan Rencana	28
4.1.4	Distribusi Hujan Efektif Pada Setiap Jam.....	29
4.1.5	Analisis Debit Banjir Rencana HSS Nakayasu.....	30
4.2	Simulasi Banjir HEC-RAS	34
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN.....		44

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Koefisien kekasaran manning	11
Tabel 2.	Bahan Penelitian	14
Tabel 3.	Parameter Statistik untuk Penentuan Jenis Distribusi.....	19
Tabel 4.	Klasifikasi Koefisien Limpasan Berdasarkan Kelas Tutupan Lahan.....	24
Tabel 5.	Klasifikasi Koefisien Limpasan (C).....	24
Tabel 6.	Data Curah Hujan Maksimum DAS Bila.....	25
Tabel 7.	Analisis Frekuensi Curah Hujan	26
Tabel 8.	Uji Parameter Statistik untuk Penentuan Jenis Sebaran.....	27
Tabel 9.	Analisis Curah Hujan Rancangan Log Pearson III	27
Tabel 10.	Perhitungan Probabilitas Curah Hujan.....	28
Tabel 11.	Hasil Uji Chi-Kuadrat	28
Tabel 12.	Hasil Uji Smirnov-Kolmogorov.....	29
Tabel 13.	Distribusi Hujan Pada Setiap Jam	30
Tabel 14.	Perhitungan (HSS) Nakayasu.....	32
Tabel 15.	Perhitungan (HSS) Nakayasu Periode Ulang.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi.....	8
Gambar 2.	Peta Lokasi Penelitian	13
Gambar 3.	Prosedur Penelitian.....	16
Gambar 4.	Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu.....	22
Gambar 5.	Skema Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu	32
Gambar 6.	Grafik Hidrograf Banjir Metode HSS Nakayasu	34
Gambar 7.	Grafik Daerah Yang Terdampak Banjir	35
Gambar 8.	Visualisasi Genangan Banjir	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Luas daerah yang terdampak banjir.....	45
Lampiran 2.	Persentase tingkat resiko banjir	46
Lampiran 3.	Peta tingkat resiko banjir	47
Lampiran 4.	Peta Tutupan Lahan	48
Lampiran 5.	Koefisien limpasan	49
Lampiran 6.	Debit banjir rencana periode ulang 2 tahun Metode HSS Nakayasu	50
Lampiran 7.	Debit banjir rencana periode ulang 5 tahun Metode HSS Nakayasu	51
Lampiran 8.	Debit banjir rencana periode ulang 10 tahun Metode HSS Nakayasu	52
Lampiran 9.	Debit banjir rencana periode ulang 20 tahun Metode HSS Nakayasu	53
Lampiran 10.	Debit banjir rencana periode ulang 25 tahun Metode HSS Nakayasu	54
Lampiran 11.	Dokumentasi Lapangan	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir sebagai salah satu bencana alam yang sering terjadi memberikan dampak yang besar terhadap kehidupan masyarakat. Fenomena ini berupa luapan air yang merendam lahan pertanian, permukiman, bahkan pusat kota akibat debit atau volume air yang mengalir pada sungai telah melebihi kapasitas maksimumnya. Menurut BPBD (2016) pengelolaan sumber daya air (SDA) termasuk banjir tidak dibatasi oleh wilayah administratif, tetapi dibatasi oleh wilayah sungai atau daerah aliran sungai (DAS). Menurut Auliyani (2017), salah satu dari akibat dari pengelolaan DAS yang tidak baik dapat memunculkan bencana hidrologis (banjir).

Kejadian banjir saat ini hampir terjadi pada seluruh DAS yang mengalami masalah hidrologis, misalnya DAS yang sangat mempengaruhi penghidupan masyarakat di Sulawesi Selatan seperti DAS Bila. Menurut (Staddal, et al., 2016), banjir yang melanda DAS Bila tiap tahunnya memperlihatkan bahwa, luasan daerah yang menjadi resapan air di daerah tersebut telah mengalami penurunan dikarenakan pemanfaatan lahan yang tidak berwawasan lingkungan menjadi penyebab meningkatnya debit puncak (banjir). Menurut Lestari (2016), debit banjir rencana dengan periode ulang perlu dihitung untuk mengantisipasi banjir yang akan terjadi. Dengan periode ulang peristiwa debit atau hujan menggunakan besaran tertentu, akan menyerupai atau melampaui pada jangka waktu tersebut (Triatmodjo, 2008). Terdapat beberapa metode analisis banjir rencana yang dapat dimanfaatkan salah satunya Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Menurut Ngarrang, et al. (2020), perhitungan debit banjir menggunakan metode Nakayasu lebih tepat digunakan karena diagram HSS Nakayasu memberikan gambaran mengenai debit ketika awal hujan, saat banjir dan berakhir banjir.

Pemahaman terkait kondisi hidrologi dan karakteristik banjir seperti di DAS Bila sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan banjir tersebut. Pemahaman secara kompleks dapat didekati dengan pendekatan keruangan dengan memahami model hidrologinya. Bantuan model hidrologi merupakan salah satu cara untuk menilai kondisi hidrologi DAS terkait dengan debit air. Menurut Harsoyo (2010)

model hidrologi menjadi dasar dari teknologi pengelolaan DAS yang rasional, efektif dan efisien, yaitu dengan kemampuan menggunakan komputer dapat melakukan percobaan dan simulasi.

Dalam memahami kondisi hidrologi, banyak model yang dapat dimanfaatkan diantaranya Model *Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System* (HEC-RAS). Debit banjir rencana periode ulang merupakan input dari HEC-RAS untuk memodelkan banjir. Pada HEC-RAS alur sungai dan data penampang sungai hasil pengukuran topografi mampu melakukan prediksi waktu dan besar debit puncak yang mengakibatkan banjir serta volume limpasan pada suatu sungai dengan cepat. Dari hasil pengukuran model tersebut dapat dilihat bagaimana kondisi penampang yang dialiri oleh suatu debit banjir rancangan dengan periode ulang. Jika suatu penampang tidak mampu menampung besarnya debit rancangan maka akan terjadi luapan banjir (Putra, et al., 2017). Sebagaimana hasil penelitian Fajar dan Sudradjat (2012) dan Ismawati (2017), dengan bantuan HEC-RAS dapat diketahui profil dan fluktuasi dari muka air sesuai dengan waktu yang ditentukan dan memperkirakan penampang sungai yang tergenang air. Oleh karena itu, pemahaman terkait kondisi banjir yang sering terjadi dan merugikan masyarakat sangat diperlukan untuk mendesain bentuk perencanaan mitigasi banjir kedepannya. Maka dari itu perlu adanya tindak lanjut, pemanfaatan model HEC-RAS dengan debit banjir periode ulang dapat mengetahui kejadian banjir yang merugikan kehidupan masyarakat di DAS Bila setiap tahunnya.

1.2 Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melihat daerah yang terdampak banjir pada Daerah Aliran Sungai Bila. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi kepada instansi terkait mengenai perencanaan mitigasi bencana banjir dan perbaikan kondisi hidrologi Daerah Aliran Sungai Bila.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai

DAS merupakan suatu megasistem kompleks yang dibangun oleh sistem fisik, biologis, dan manusia. Peran terhadap masing masing komponen dan hubungan antar komponen sangat menentukan kualitas DAS. Setiap komponen masing masing memiliki sifat yang khas dan keberadaannya tidak berdiri sendiri melainkan berhubungan dengan komponen lainnya membentuk kesatuan sistem ekologis. Komponen ekosistem DAS yang saling berhubungan tersebut akan menjaga kualitas DAS (Maridi, et al., 2015).

Suprpto dan Noerhayati (2015), mengatakan bahwa era reformasi tahun 1998 memberikan dampak yang sangat besar terhadap kerusakan DAS dikarenakan perubahan sistem pengelolaan sumber daya alam (SDA) dari pusat menjadi otonomi daerah berdampak pada kepemilikan lahan yang bersifat *common properties* sehingga masyarakat bebas mengeksploitasi lahan. Perubahan tata guna lahan pada DAS mengakibatkan menurunnya daya dukung lingkungan dan menyebabkan berkurangnya lahan yang berfungsi sebagai penyerap air dan dapat meningkatkan limpasan permukaan pada sungai (Utami, et al., 2019; Lestari, 2016). Menurut Imansyah (2012), penyebab kerusakan ekosistem DAS dikarenakan:

1. Beralihnya daerah kawasan lindung (hutan dan non hutan) menjadi kawasan permukiman, pertanian, peternakan, dan industri.
2. Bertambahnya jumlah luasan lahan kritis akibat perencanaan dan pengawasan yang kurang baik.
3. Pencemaran terhadap sungai oleh limbah domestik, yaitu air limbah yang berasal dari permukiman, pertanian, peternakan, dan industri.
4. Tingkat pengambilan air tanah di luar kendali (tereksploitasi secara berlebihan) menyebabkan penurunan muka tanah dan memperbesar potensi daerah rawan banjir.

Kegiatan yang dilakukan di suatu DAS menyebabkan masalah ekosistem, seperti perubahan tutupan lahan yang berdampak bagi perubahan fluktuasi aliran air, kandungan sedimen dan bahan terlarut lainnya (Anila, et al., 2020).

Pengendapan sedimen di dasar sungai menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya muka air sehingga terjadi banjir dan menimpa lahan-lahan disekitarnya (Rantung, et al., 2013)

2.2 Banjir

Banjir terjadi karena adanya aliran air yang tidak tertampung oleh geometri sungai sehingga terjadi luapan ke daratan yang lebih rendah (Setiawan, et al., 2020). Dalam jumlah volume yang besar, air hujan yang tidak tertampung akan menjadi banjir. Terjadinya banjir akan tergantung pada tingginya curah hujan di hulu (Team Sakethi, 2010). Menurut Kodoatie (2013), banjir dibagi menjadi dua kategori, yaitu banjir akibat alam dan aktivitas manusia. Banjir alami dipengaruhi oleh curah hujan, bentuk lahan, erosi dan sedimentasi, aliran sungai, kapasitas drainase dan efek pasang surut. Sementara itu, banjir yang disebabkan oleh aktivitas manusia disebabkan karena perubahan lingkungan akibat perubahan bentang alam DAS, kawasan pemukiman di sekitar bantaran sungai, kerusakan fasilitas drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, dan kerusakan hutan (vegetasi alami).

Ferad (2015) dalam Widyasari (2019) menyatakan penyebab banjir dapat diklasifikasikan menjadi empat, yaitu:

1. Banjir disebabkan oleh curah hujan yang lama. Karena kapasitas tampungan air sungai, pada akhirnya akan melebihi batasnya, sehingga air akan meluap dan mengalir ke daerah dataran rendah dekat tepian sungai.
2. Banjir dikarenakan salju yang mengalir. Banjir ini terjadi karena adanya tumpukan salju yang mengalir dan kenaikan suhu udara di atas lapisan salju. Aliran salju akan mengalir dengan cepat apabila disertai dengan hujan.
3. Banjir bandang (*flash flood*), disebabkan karena intensitas hujan yang sangat tinggi di daerah dengan topografi yang curam di bagian hulu sungai. Banjir bandang mempunyai daya penghancur yang besar dan sangat merugikan masyarakat yang terkena dampak banjir bandang tersebut.
4. Banjir karena pasang surut pada muara sungai (banjir ROB) atau pada pertemuan dua sungai. Apabila hujan dengan intensitas yang tinggi terjadi secara bersamaan di daerah hulu akan mengakibatkan air sungai yang

berada pada bagian hilir meluap, serta disertai dengan badai di lautan atau pantai akan menimbulkan dampak yang besar.

Banjir merupakan bencana alam yang dominan melanda Tanah air, meskipun sudah memasuki bulan kedelapan pada tahun 2020 banjir masih terus terjadi. Badan Nasional Penanggulangan Bencana mencatat 726 kejadian banjir yang mengakibatkan lebih dari 2,8 juta mengungsi. Menurut Adi (2013), bahkan pada musim kemarau pun, akibat cuaca ekstrim dari siklon tropis di bagian utara Indonesia, beberapa daerah mengalami banjir bandang. Penggunaan lahan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi proses hidrologi, jika penggunaan lahan dikelola dengan baik maka akan menciptakan kondisi hidrologi yang baik pula. Berkurangnya luasan hutan akibat bertambahnya kawasan terbangun mempengaruhi nilai koefisien limpasan yang akan semakin bertambah besar dan pada gilirannya air yang menjadi aliran permukaan menjadi semakin besar dan pada akhirnya akan meningkatkan debit sungai pada musim hujan dan sebaliknya akan menurunkan debit sungai pada musim kemarau. Akibat lainnya adalah akan semakin memperbesar frekuensi terjadinya banjir (Wibowo, 2005).

Perubahan penggunaan lahan di daerah DAS yang tidak didasari dengan kaidah-kaidah konservasi, mengakibatkan daya serap air berkurang dan menyebabkan meningkatkan jumlah air larian yang masuk kedalam sungai. Hal ini merupakan salah satu penyebab meningkatnya besar debit puncak / debit maksimum suatu daerah aliran sungai. Apabila nilai debit puncak suatu sungai terlalu besar maka air sungai akan meluap dan dapat menyebabkan terjadinya banjir di wilayah daerah aliran sungai tersebut (Saraswati, et al., 2017). Menurut Widiati (1998) dalam Wibowo (2005), perubahan penutup lahan dari pedesaan ke perkotaan akibat urbanisasi memberikan dampak terhadap aliran limpasan sehingga debit air meningkat sebanyak 50 %.

Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Harto, 1993). Debit rancangan (design flood) ditakrifkan sebagai besaran banjir yang menentukan untuk mendimensi bangunan-bangunan

hidraulik atau struktur kaitannya sedemikian rupa sehingga kerusakan yang ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir itu tidak terlampaui. Banjir rancangan adalah debit maksimum di sungai atau saluran dengan periode ulang yang sudah ditentukan (Widastra, et al., 2019). Untuk menentukan banjir rancangan dalam suatu DAS biasanya menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu. Untuk 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 magnitude*).
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 (*length of the longest channel*).

2.3 Hujan

Secara alami hujan terjadi berdasarkan proses kondensasi uap air pada udara yang selanjutnya membentuk suatu awan. Jika syarat fisis baik diluar maupun didalam awan, maka proses hujan akan berlangsung. Jumlah air yg jatuh ke bagian atas bumi bisa diukur menggunakan alat penakar hujan. Hujan yang terukur oleh alat tersebut mewakili suatu luasan daerah di sekitarnya. Satuan pada pengukuran curah hujan adalah millimeter. Jumlah curah hujan 1 mm, menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan sebesar 1 mm zat cair dan tidak meresap ke dalam tanah atau menguap ke atmosfer (Tjasyono, 2004). Curah hujan adalah banyaknya air yang jatuh ke permukaan tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) diatas permukaan horizontal. Curah hujan biasanya diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak meresap dan tidak mengalir (Tjasyono, 2008). Pola curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh keberadaan deretan pegunungan. Pegunungan merupakan penghalang fisik bagi pergerakan angin. Hujan orografis akan terjadi jika udara lembab terdorong naik karena pergerakannya terhalang oleh keberadaan pegunungan, Curah hujan untuk sisi arah datang angin lembab (*windward side*)

akan tinggi dan pada sisi pegunungan di sebelahnya (*leeward*) curah hujan akan sangat rendah (Tukidi, 2010)

Hujan rencana merupakan kemungkinan besarnya curah hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya, periode ulang diartikan sebagai waktu yang dibutuhkan hujan atau debit akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut (Girsang, 2009). Hujan rancan diperoleh dari analisa frekuensi hujan dan berupa hujan rancangan dengan periode ulang tertentu yang berarti terjadinya hujan tersebut diharapkan sama atau dilampaui rata-rata satu kali dalam suatu (Handayani, et al., 2013). Analisis frekuensi dipilih berdasarkan ketersediaan data yang ada di lapangan dan tentunya masing masing cara menghasilkan besaran hujan rencana yang berbeda, terdapat dua macam analisis frekuensi biasanya digunakan untuk memprediksi besaran hujan, yaitu (Triatmodjo, 2008):

1. *Partial duration series*

Metode ini digunakan apabila jumlah data kurang dari 10 tahun data runtut waktu dengan menetapkan satu besaran tertentu sebagai batas bawah, selanjutnya semua besaran data yang lebih besar dari batas bawah diambil dan dianalisis.

2. *Annual maximum series*

Metodi ini digunakan apabila tersedia data hujan minimal 10 tahun data runtut waktu. Tipe ini adalah dengan memilih satu data maksimum setiap tahunnya.

Ada beberapa distribusi dalam analisis hidrologi untuk menentukan hujan raencana antara lain distribusi Normal, Log-Normal, extreme value Type I (Gumbel), dan Log-Person III. Penentuan distribusi didasarkan pada beberapa parameter, yaitu (Triatmodjo, 2008):

Distribusi	Persyaratan
Normal	$(\bar{x} \pm s) = 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2s) = 95,44\%$ $C_s \approx 0$
Log Normal	$C_s = C_v^3 + 9C_v$ $C_k = C_v^6 + 6C_v^4 + 15C_v^2 + 3$
Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

keterangan:

- C_s = koefisien skewness,
- C_v = koefisien variasi ,
- C_k = koefisien kurtosis,
- S = standar deviasi.

Gambar 1. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

2.4 Model Hidrologi

Analisis yang dapat dilakukan untuk menggambarkan kondisi hidrologi DAS adalah dengan mengandaikan proses transformasi yang terjadi mengikuti suatu aturan tertentu dimana harus dapat menggambarkan kondisi biofisik DAS dalam proses transformasi yang disusun dalam sebuah model hidrologi (Harto dalam Junaidi 2012). Model hidrologi merupakan sebuah bentuk sederhana dari sebuah sistem hidrologi yang sangat kompleks yang menggambarkan berbagai interaksi antara komponen-komponen yang terkait di dalamnya (Supatmanto & Yusuf, 2015).

Pada awalnya model hidrologi dibuat secara sederhana, mudah diaplikasikan dan cocok untuk perencanaan konstruksi sederhana. Model biasanya berbentuk rumus praktis yang menghubungkan secara langsung hujan dengan debit aliran. Kemudian seiring dengan kemajuan teknologi komputer, model-model tersebut berkembang menjadi model yang sangat kompleks. Model dapat berupa debit puncak atau hidrograf aliran yang dapat memberikan informasi besarnya aliran dari waktu ke waktu (Sobriyah, 2012). Penelitian di Indonesia telah banyak memakai model hidrologi dalam skala DAS, adapun beberapa contoh penerapan model hidrologi di Indonesia (Harsoyo, 2010):

Model AGNPS

Model hidrologi AGNPS dikembangkan oleh *Agricultural Research Service* (ARS) yang bekerjasama dengan Minnesota Pollution Control Agency (MPCA) dan Soil Conservation Service (SCS). Model AGNPS merupakan model hidrologi dengan parameter terdistribusi yang mensimulasikan hubungan hujan limpasan, dugaan dari hasil sedimen dan hara (Harsoyo, 2010). Komponen dasar dari model AGNPS adalah hidrologi, erosi tanah, transformasi sedimen dan hara. Dasar perkiraan yang digunakan adalah dalam satuan sel, oleh karena itu DAS harus diprediksi dengan membagi habis ke dalam unit terkecilnya. Model AGNPS dalam pengoperasiannya, melakukan penghitungan dalam beberapa tahap (Sutrisno, et al., 2002)

Model ANSWERS

Prinsip dasar dari model ANSWERS didasarkan pada asumsi berikut: Setiap titik dalam suatu DAS memiliki hubungan fungsional antara laju aliran air dan parameter hidrologinya (seperti intensitas curah hujan, infiltrasi, kondisi topografi, dan jenis tanah) (Harsoyo, 2010). Penggunaan model ANSWERS untuk pendugaan erosi-sedimentasi DAS telah banyak dicobakan dan diuji akurasi oleh para pakar hidrologi. Penerapan model ANSWERS pada DAS yang berukuran besar (>10.000 ha) dan memiliki variasi curah hujan yang tinggi, kurang akurat untuk digunakan (Haryanti, 2008).

Model ANFIS

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) atau Metode Jaringan Syaraf Tiruan adalah Suatu metode yang menggabungkan fungsi jaringan neural (neural network) dan logika fuzzy sebagai aproksimator umum, yaitu kemampuan untuk melakukan perkiraan suatu fungsi sehingga dapat dilakukan interpolasi dan ekstrapolasi (Harsoyo, 2010). Model ANFIS dapat mengekstrak dan mensimulasi data numerik menjadi model numerik dengan akurat (Ruminta & Nurmala, 2017).

Model HEC-RAS

US Army Corps of Engineers mengembangkan model Sistem Analisis Sungai (*River Analysis System/ RAS*) dari Pusat Teknik Hidrologi (*Hydrologic Engineering Center/ HEC*). Model HEC-RAS selalu mengoperasikan kalkulasi hidraulik aliran sungai satu dimensi yang stabil dan tidak stabil. Ini secara teratur digunakan untuk menghitung profil permukaan air dan garis tingkat energi dalam 1D, kondisi tunak, dan analisis aliran yang bervariasi secara bertahap (Abbas, et al., 2020). HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centre- River Analysis System*) adalah perangkat lunak yang dirancang untuk dimanfaatkan sebagai alat peramalan debit banjir pada sungai dengan konsep lump model. Perangkat lunak tersebut mampu melakukan prediksi waktu dan besar debit puncak serta volume limpasan pada suatu sungai dengan cepat dan tidak membutuhkan data input yang terlalu rumit. Model ini hanya membutuhkan data input seperti data debit, data curah hujan, luasan DAS serta sedikit parameter yang memfasilitasi regionalisasi untuk mensimulasikan aliran pada node yang tidak tersedia alat ukur debit (Istriarto, 2012).

Perangkat lunak HEC-RAS ini memberikan kemudahan dengan tampilan grafisnya. Kondisi air sungai dalam pengaruh hidrologi dan hidroliknya, serta penanganan sungai lebih lanjut sesuai kebutuhan dapat ditelusuri. Secara umum perangkat lunak ini menyediakan fungsi-fungsi sebagai berikut manajemen file, input data dan pengeditan, analisa hidraulika, dan keluaran (tabel, grafik dan gambar) (Wigiati, et al., 2016). Penggunaan Model HEC-RAS dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur dan profil muka air sungai terhadap banjir dengan periode ulang tertentu, sehingga tinggi muka air maksimum yang terjadi dapat diketahui sepanjang sungai yang ditinjau. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi (Putra, et al., 2019):

- a) Hitungan profil muka air aliran permanen,
- b) Simulasi aliran tak permanen,
- c) Hitungan transpor sedimen, dan
- d) Hitungan kualitas air

Pemetaan banjir menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui aliran sungai tersebut termasuk aliran *steady flow* atau *unsteady flow* berdasarkan data tinggi muka air terhadap debit aliran dan data debit terbesar yang didapat dari

rating curve. Program HEC-RAS dapat diaplikasikan untuk pemetaan geometri sungai. Data potongan melintang diasumsikan ke daerah yang terdekat dengan muara sungai, pada kolom cross section terdapat dua buah data yang akan dimasukkan berupa elevasi tanah dan data stasiun (Mandagi, 2017).

Hasil data potongan melintang dibutuhkan data tambahan yaitu jarak antara potongan melintang ruas sungai, angka kekasaran *manning*, serta sumbu x untuk tebing kiri dan kanan. Adapun nilai koefisien *manning* berdasarkan Penggunaan Lahan yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Koefisien kekasaran manning (US Army Corps of Engineers , 2015):

No	Penggunaan Lahan	Nilai Manning
1	Bandara/Pelabuhan	0,04
2	Pemukiman	0,08
3	Pertanian dan Perkebunan	0,06
4	Sawah	0,05
5	Semak Belukar	0,045
6	Hutan	0,055
7	Tubuh Air	0,035
8	Lahan Terbuka	0.04

Hujan yang berdurasi pendek dan tunggal yang jatuh di atas DAS mengikuti bentuk umum merupakan bentuk hidrograf. Data debit banjir yang digunakan merupakan hasil dari simulasi debit harian dengan menggunakan SWAT (Rifai, 2017). Jika saluran yang tinjau tidak dapat menampung debit banjir rencana maka akan terjadi banjir (Mandagi, 2017).

Model SWAT

SWAT merupakan model yang dikembangkan pada awal tahun 1990-an oleh Dr. Jeff Arnold untuk pengembangan *Agricultural Research Service* (ARS) dari USDA. Model SWAT dikembangkan untuk melakukan prediksi dampak dari manajemen lahan pertanian terhadap air, sedimentasi dan jumlah bahan kimia, pada suatu area DAS yang kompleks dengan mempertimbangkan variasi jenis tanahnya, tata guna lahan, serta kondisi manajemen suatu DAS setelah melalui periode yang lama (Nugroho, 2015). SWAT merupakan salah satu model hidrologi yang dapat

digunakan secara efektif mensimulasikan air dan transportasi sedimen pada DAS yang didominasi oleh kegiatan pertanian dan untuk menilai dampak jangka panjang dari praktek manajemen yang berbeda pada skala DAS (Saghafian, et al., 2017).

Dalam Aplikasinya, SWAT membagi sebuah DAS menjadi beberapa sub DAS yang lebih kecil yang terhubungkan satu sama lain oleh jaringan sungai. Sub DAS tersebut kemudian dinamakan dengan *hydrological response units* (HRU) yang merupakan unit terkecil dimana semua proses hidrologi disimulasikan. Proses simulasi hidrologi dibagi menjadi dua komponen yaitu komponen daratan (pergerakan air, nutrisi, pestisida dan sedimen ke sungai yang telah terakumulasikan) dan komponen sungai (pergerakan air di saluran ke sungai untuk kemudian menuju outlet DAS) (Fohrer, et al., 2005). Pemodelan SWAT menggunakan dua jenis data yaitu data iklim dan data spasial terdistribusi pada topografi, tanah, tutupan lahan, pengelolaan lahan dalam bentuk raster untuk menduga hasil air, sedimen terangkut, limbah pestisida dan lainnya (Douglas-Makin, et al., 2010).