SKRIPSI

SIMULASI EMPIRIK PEMODELAN HIDROLOGI TERHADAP KEJADIAN BANJIR DI DAS MAROS KABUPATEN MAROS

Disusun dan diajukan oleh :

ANDI SETIAWAN SAPUTRA

M11115343

PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI EMPIRIK PEMODELAN HIDROLOGI TERHADAP KEJADIAN BANJIR DI DAS MAROS KABUPATEN MAROS

Disusun dan diajukan oleh

ANDI SETIAWAN SAPUTRA

M11115343

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

Pada tanggal 9 Mei 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui:

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping
Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M. Agr	**Munajat Nursaputra, S. Hut, M. Sc**
NIP. 19540209197802 1 001	**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	: Andi Setiawan Saputra
Nim	: M11115343
Program Studi	: Kehutanan
Jenjang	: S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"Simulasi Empirik Pemodelan Hidrologi Terhadap Kejadian Banjir di DAS Maros Kabupaten Maros"

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, 9 Mei 2022

Yang menyatakan

Andi Setiawan Saputra

ABSTRAK

Andi Setiawan Saputra (M11115343) Simulasi Empirik Pemodelan Hidrologi Terhadap Kejadian Banjir di DAS Maros Kabupaten Maros, dibawah bimbingan Daud Malamassam dan Munajat Nursaputra.

Kejadian banjir pada DAS Maros merupakan peristiwa alam yang setiap tahun terjadi. Data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Sulawesi Selatan mencatat bahwa pada tahun 2019 terjadi kejadian banjir di beberapa wilayah Daerah Aliran Sungai Maros (DAS) dengan tingkat kerawanan yang tinggi. Banjir pada dasarnya terjadi akibat dari adanya perubahan penggunaan lahan yang mengakibatkan kerusakan sistem hidrologi. Pengetahuan terkait kejadian banjir sangat diperlukan, oleh karenanya penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan banjir dan mengidentifikasi penyebab banjir yang terjadi di DAS Maros. Kejadian banjir diidentifikasi dengan mengolah data debit sungai di DAS Maros menggunakan model SWAT yang dianalisis menggunakan data digital elevation model, tutupan lahan, tanah dan iklim, kemudian data debit tersebut disimulasikan menggunakan model HEC-RAS untuk memperoleh luasan wilayah genangan banjir. Penyebab banjir kemudian dianalisis melalui penilaian kinerja di setiap sub DAS berdasarkan indikator Koefisien Regim Sungai (KRS). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa periode simulasi banjir yang dianalisis mulai Tahun 2011-2020 di DAS Maros, setiap tahunnya mengalami kejadian banjir dengan intensitas yang bervariasi. Kejadian banjir yang tertinggi terjadi pada tahun 2019 yang disebabkan oleh kondisi tutupan lahan yang sudah banyak terbuka juga dikarenakan tingginya intensitas hujan di DAS Maros. Adapun wilayah yang mengalami genangan banjir memiliki rata-rata area terdampak seluas 12.338,30 ha dengan persentase 17,12% dari luasan DAS. Kejadian banjir di DAS Maros disebabkan karena terdapatnya beberapa sub-sub DAS yang memiliki nilai KRS yang buruk karena adanya perubahan penggunaan lahan dan jenis tanah dengan tekstur campuran tanah liat dan lempung berpasir.

Kata kunci: Simulasi Banjir, Model SWAT, HEC-RAS, DAS Maros

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 **"Simulasi Empirik Pemodelan Hidrologi Terhadap Kejadian Banjir di DAS Maros Kabupaten Maros"**.

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 **Prof.Dr.Ir.Daud Malamassam, M.Agr.** 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 **Andi Sirajuddin**, Ibu **Andi Matahari.** atas doa, kasih sayang, perhatian, pengorbanan dan motivasi dalam mendidik dan membesarkan penulis serta saudara tercinta **Andi Sarmila S., Andi Sri Hardiyanti, Andi Silviana S., Andi Sartika Indah** atas dukungan serta doanya.

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

1. Ibu **Ira Taskirawati, S.Hut., M.Si. Ph.D** dan Bapak **Chairil A, S.Hut., M.Hut.** 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** dan pembimbing akademik saya Bapak **Dr.Ir.A.Sadapotto,M.P** serta Bapak/Ibu Dosen dan seluruh Staf Administrasi Fakultas Kehutanan atas bantuannya.
3. Saudari **Yusniar, S.Hut., M.Hut.** yang tak henti-hentinya memberikan nasihat, motivasi dan juga dorongan kepada penulis dalam penyusunan skripsi hingga sampai pada penyelesaian studi.

4. Sahabat seperjuangan **Tim Sahabat III (Muh. Ardan H. Syam, S.Hut, Amir Mahmud, S.Hut, Ade Kristian Radeng, S.Hut, Muh. Ayub Hidayatullah, Muhammad Muhshiy K.P, S.Hut, Aryo Dwi Prasetyo, M. Nursolihien, S.Hut, Suhpi Khadar, S.Hut, Nurfaizin Arma, S.Hut, Rizaldi Zainal, S.Hut, dan Kurniawan) serta Muh. Agung Tomasina, S.Hut, Abdul Aziz Jamal, S.Hut, Alief Fachreza, S.Hut, Achmad Rangga Pratama, S.Hut, Abdurrahman Abdullah, S.Hut.** yang telah menjadi teman diskusi dan tempat berbagi suka dan duka selama proses perkuliahan.
5. Bapak **Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU** selaku Kepala Laboratorium Perencanaan dan Sistem Informasi Kehutanan beserta keluarga besar terkhusus kepada **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.** dan **PSIK 2015** yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi.
6. Kawan Seperjuangan **VIRBIUS 2015 dan Teman-teman KKN Gel. 99** terima kasih atas doa, kebersamaan dan dukungannya selama ini.
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam semua proses selama berada di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Bertolak dari itulah, penulis mengharapkan adanya koreksi, kritik dan saran yang membangun, dari berbagai pihak sehingga menjadi masukan bagi penulis untuk peningkatan di masa yang akan datang. Akhir kata penulis mengharapkan penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, 9 Mei 2022

Andi Setiawan Saputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN KEASLIAN iii
ABSTRAK iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Tujuan dan Kegunaan 3
II. TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS) 4
2.1.1. Pengelolaan DAS 4
2.1.2. Sistem Hidrologi 5
2.2. Dinamika DAS 6
2.2.1. Perubahan Penggunaan Lahan 7
2.2.2. Ancaman Bencana DAS 8
2.3. Sistem Informasi Geografis 10
2.3.1. Interpretasi Citra 10
2.4. Pemodelan Hidrologi 12
2.4.1. Model Soil and Water Assesment Tool (SWAT) 12
2.4.2. Model HEC-RAS 14
2.4.3. Kriteria dan Indikator Fungsi Hidrologi 16
III. METODE PENELITIAN 20
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 20
3.2. Alat dan Bahan Penelitian 21

3.2.1. Alat 21
3.2.2. Bahan 21
3.3. Metode Pelaksanaan Penelitian 22
3.4. Kerangka Penelitian 22
3.5. Analisis Data 24
3.5.1. Penentuan Batas Penelitian 24
3.5.2. Input Data Soil Water Assesment Tool 24
3.5.3. Pembentukan Hydrological Response Unit (HRU) 27
3.5.4. Penggabungan *Hydrological Response Unit* dengan Data Iklim 27
3.5.5. Simulasi Model Soil and Water Assesment Tool 28
3.5.6. Kalibrasi Model 28
3.5.7. Validasi Model 29
3.5.8. Simulasi Model HEC-RAS 30
3.5.9. Indikator Penyebab Banjir 30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1. Hasil Simulasi dan Pemodelan Model SWAT 32
4.1.1. Delineasi Watershed 32
4.1.2. Parameterisasi Model 34
4.1.3. Output Model SWAT 40
4.1.4. Kalibrasi dan Validasi Output Model 41
4.2. Hasil Simulasi dan Pemodelan HEC-RAS 48
4.3. Analisis Indikator Penyebab Banjir 53
V. KESIMPULAN DAN SARAN 59
5.1. Kesimpulan 59
5.2. Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 60
LAMPIRAN 64

DAFTAR TABEL

Tabel **Judul** **Halaman**

Tabel 1. Koefisien kekasaran manning (US Army Corps of Engineers, 2015) 16
Tabel 2. Klasifikasi Nilai KRS 17
Tabel 3. Klasifikasi Koefisien Limpasan (C) Tahunan 17
Tabel 4. Klasifikasi Koefisien Limpasan Berdasarkan Kelas Tutupan Lahan 18
Tabel 5. Klasifikasi Nilai IPL 18
Tabel 6. Klasifikasi Nilai KPL 19
Tabel 7. Bahan Penelitian 21
Tabel 8. Confusion Matrix 25
Tabel 9. Klasifikasi Penamaan Penutupan Lahan untuk Model SWAT 25
Tabel 10. Parameter Jenis Tanah SWAT 26
Tabel 11. Tingkat performa model NSE 29
Tabel 12. Klasifikasi Nilai KRS 31
Tabel 13. Klasifikasi Penutupan Lahan untuk Model SWAT di DAS Maros 34
Tabel 14. Hasil Uji Akurasi Penutupan Lahan tahun 2020 pada DAS Maros dan Perhitungan Overall Accuracy 35
Tabel 15. Klasifikasi Satuan Tanah DAS Maros 37
Tabel 16. Kelas kemiringan lereng pada DAS Maros 39
Tabel 17. Rata-rata curah hujan pada periode 2011-2020 40
Tabel 18. Debit rata-rata bulanan periode 2011-2020 41
Tabel 19. Hasil Analisis Sensitivitas dengan Menggunakan SWAT CUP 42
Tabel 20. Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi debit aliran 43
Tabel 21. Luasan Banjir Periode 2011-2020 50
Tabel 22. Hasil analisis HEC-RAS tahun 2020 yang menggambarkan luasan kejadian banjir berdasarkan penutupan lahan di DAS Maros 50

Tabel 23. Hasil analisis HEC-RAS tahun 2020 yang menggambarkan luasan kejadian banjir berdasarkan administrasi kecamatan di DAS Maros 51
Tabel 24. Hasil Validasi Kejadian Banjir Tahun 2020 52
Tabel 25. Nilai Koefisien Regim Sungai (KRS) pada Setiap Sub DAS pada Tahun 2020 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Judul** **Halaman**

Gambar 1. Representasi fase lahan pada siklus hidrologi dalam model SWAT (Neitsch, 2011) 5
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian..... 20
Gambar 3. Kerangka penelitian 23
Gambar 4. Peta sub DAS hasil delineasi SWAT pada treshold 5.000 ha..... 33
Gambar 5. Peta Sebaran Penutupan Lahan..... 36
Gambar 6. Peta Satuan Tanah DAS Maros 37
Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng 38
Gambar 9. Hidrograf aliran hasil simulasi sebelum kalibrasi dan hidrograf aliran observasi (Januari-Desember 2018)..... 45
Gambar 10. Scatter plot debit aliran simulasi model sebelum proses kalibrasi (Januari-Desember 2018) 45
Gambar 11. Hidrograf aliran hasil kalibrasi model (Januari-Desember 2018) 47
Gambar 12. Scatter plot debit aliran simulasi model dan observasi setelah proses kalibrasi (Januari-Desember 2018)..... 48
Gambar 13. Peta Visualisasi Genangan Banjir dari Tahun 2011-2020 49
Gambar 14. Peta Hasil Validasi Lapangan Pada Titik Kejadian Banjir di Tahun 2020 53
Gambar 15. Peta Sebaran Sub DAS berdasarkan Nilai KRS pada Tahun 2020 57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Klasifikasi Penutupan Lahan	65
Lampiran 2.	Hasil Pengecekan Lapangan (Ground Check) penutupan lahan	67
Lampiran 3.	Pembagian sub DAS hasil delineasi secara otomatis oleh model SWAT	70
Lampiran 4.	Nilai Parameter Tanah (RePPPROT dan Web Soil USDA National Resource Conservation Service)	72
Lampiran 5.	Peta Koordinat Pemantauan Curah Hujan & Debit Air Sungai	74

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan tingkat kerawanan bencana yang tinggi, terutama bencana hidrometeorologi. Bencana hidrometeorologi (bencana alam meteorologi) adalah bencana alam yang berhubungan dengan iklim. Bencana hidrometeorologi berupa banjir, angin puting beliung dan longsor (BNPB, 2017). Dari beberapa kejadian banjir hidrometeorologi, bencana banjir merupakan kejadian yang sering terjadi. Banjir terjadi akibat intensitas curah hujan yang tinggi kemudian terjadi kelebihan air yang tidak tertampung oleh sungai (Suripin, 2014).

Penyebab banjir umumnya merupakan kombinasi dari beberapa faktor, namun kombinasi yang sering menjadi penyebab banjir adalah curah hujan yang tinggi dan kecilnya kapasitas tampung akibat perubahan penutupan lahan. Pengelolaan lahan yang buruk merupakan masalah utama memburuk fungsi Daerah Aliran Sungai (DAS). Kondisi penggunaan lahan yang dikelola tanpa memperhatikan metode konservasi tanah dan air dapat menyebabkan aliran permukaan dan erosi (Arsyad, 2010). Menurut (Sucipto, 2007) semakin tinggi tingkat kepadatan tanah pada suatu lahan maka limpasan yang terjadi juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh perubahan permukaan lahan yang kedap air dan menyebabkan air hujan yang jatuh tidak dapat meresap ke dalam tanah.

Berdasarkan data dari BNPB pada tahun 2019, bencana banjir yang terjadi di Sulawesi Selatan tersebar di beberapa wilayah kabupaten/kota. Bencana banjir yang sering terjadi tersebut perlu adanya usaha untuk meningkatkan pengelolaan hidrologi seperti melakukan analisis identifikasi untuk mengetahui penyebab terjadinya banjir.

Peningkatan pengelolaan sistem hidrologi berbasis DAS perlu menjadi prioritas untuk mengurangi kejadian banjir. Salah satu kabupaten yang pada setiap tahunnya terjadi banjir di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Kabupaten Maros. Kabupaten Maros di pengaruhi oleh satu DAS yakni DAS Maros. DAS Maros

merupakan salah satu DAS dengan klasifikasi dipulihkan sebagaimana tercantum dalam Peraturan Daerah Provinsi Sulawesi Selatan, No. 10 Tahun 2015 tentang pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan juga termuat pada Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 304 Tahun 2018. DAS Maros memiliki luas wilayah 72.088,48 ha. DAS Maros sendiri mempunyai histori dimana setiap tahunnya terjadi banjir (BNPB, 2019).

Fenomena kejadian banjir di DAS Maros perlu untuk dipahami faktor penyebabnya dan seberapa besar dan luas dampak kejadian banjir yang terjadi. Sejauh ini penelitian terkait banjir di Kabupaten Maros seperti penelitian Sudarmadi pada tahun 2017 yang berjudul "Analisis Kerawanan Banjir Menggunakan Model Integrasi Fuzzy Logic Dan Analytical Hierarchy Process" yang berlokasi di Kabupaten Maros, sebatas menganalisis dengan menggunakan teknik skoring dan belum memperhatikan kondisi sistem hidrologi DAS Maros. Kurangnya penelitian yang mengidentifikasi penyebab banjir dengan memadukan kondisi hidrologi dan fisiologi DAS Maros, sehingga pemerintah setempat tidak memahami sepenuhnya bagaimana kejadian banjir yang terjadi dan seperti apa bentuk penanganannya.

Salah satu cara menilai kondisi hidrologi DAS terkait banjir adalah dengan bantuan model hidrologi untuk memodelkan dan mensimulasikan dampak banjir yang terjadi pada suatu wilayah. Model hidrologi merupakan suatu representasi matematik sistem respons DAS sehingga dapat dipakai untuk mensimulasikan kondisi input-output dari DAS. Dengan pemodelan hidrologi dapat dilihat proses-proses yang terjadi dalam DAS, juga mampu mensimulasikan respon DAS terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dalam DAS itu sendiri (Ferijal, 2012). Salah satu pemodelan hidrologi yang dapat digunakan untuk pemodelan dan simulasi banjir adalah pemodelan SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) yang dipadukan dengan HEC-RAS.

Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan dalam DAS tersebut (Nugroho, 2015). Seperti mengetahui debit aliran yang terjadi dengan menggunakan HEC-

RAS dapat diperoleh lebih lanjut dengan menggunakan data output model SWAT terkait proses terjadinya banjir yang dapat mensimulasikan aliran banjir pada lokasi kajian, dimana software tersebut memberikan visualisasi banjir dalam bentuk 2D dan 3D dengan output berupa genangan, kecepatan dan kedalaman banjir yang diharapkan dapat diketahui pengelolaan DAS terbaik agar menurunkan aliran permukaan pada DAS Maros.

Olehnya itu melalui penelitian ini, dengan memanfaatkan pemodelan dari SWAT dan HEC-RAS akan dilakukan simulasi kejadian banjir di DAS Maros dan diperoleh faktor-faktor yang mempengaruhi kejadiannya. Sehingga diharapkan hasil dari pemodelan dan simulasi tersebut akan menjadi dasar dalam upaya pengelolaan DAS secara proporsional, sehingga dapat memberikan arahan kebijakan pengelolaan DAS untuk meminimalisir terjadinya banjir.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan banjir dan mengidentifikasi penyebab banjir di Daerah Aliran Sungai Maros. Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai instrumen pemodelan berbasis spasial untuk menggambarkan kondisi suatu wilayah berbasis DAS, dimana nantinya output dapat menjadi bahan informasi bagi masyarakat dan instansi terkait untuk mendasari upaya-upaya mitigasi bencana terutama banjir dan juga diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam perumusan arahan dan kebijakan terkait dengan penanggulangan atau antisipasi resiko terjadinya banjir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.1.1. Pengelolaan DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam Undang Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, dijelaskan sebagai suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan Air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alamiah, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. DAS sebagai suatu wilayah yang dikelilingi dan dibatasi oleh pembatas topografi seperti punggungan bukit yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara lain serta mengalirkannya melalui atau menuju anak-anak sungai dan keluar pada satu titik (Rahayu, 2016).

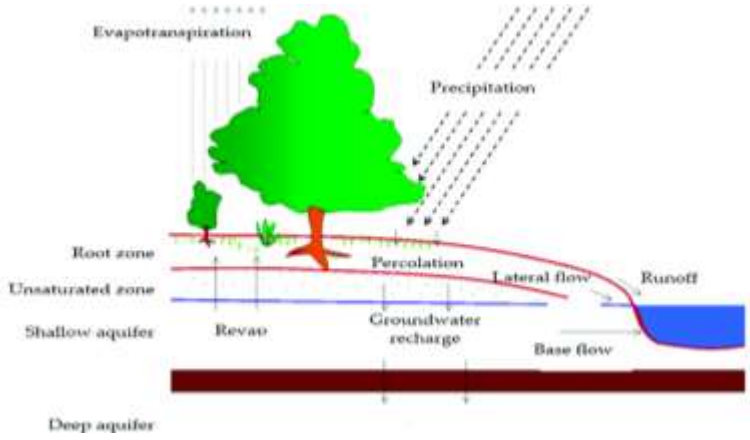
Batas ekosistem alam menjadi batas alami DAS yang dapat bertumpang tindih dengan ekosistem buatan seperti wilayah administrasi dan wilayah ekonomi. Batas DAS seringkali melintasi batas kabupaten, propinsi, bahkan lintas negara. Suatu DAS dapat terdiri dari beberapa sub DAS, daerah Sub DAS kemudian dibagi-bagi lagi menjadi sub-sub DAS (Ramdan, 2006). Wilayah Sub Daerah Aliran Sungai merupakan kedudukan aliran sungai yang diklasifikasikan secara sistematik berdasarkan urutan daerah aliran sungai. Setiap aliran sungai yang tidak bercabang disebut Sub-DAS, oleh karenanya, suatu DAS dapat terdiri atas Sub-DAS yang saling berurutan (Asdak, 2007).

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu proses formulasi dan implementasi kegiatan atau program yang bersifat manipulasi sumberdaya alam dan manusia yang terdapat di daerah aliran sungai untuk memperoleh manfaat produksi dan jasa tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan sumberdaya air dan tanah. Termasuk dalam pengelolaan DAS adalah keterkaitan antara tata guna lahan, tanah dan air, dan keterkaitan antara daerah hulu dan hilir suatu DAS. Pengelolaan DAS perlu mempertimbangkan aspek-aspek sosial, ekonomi, budaya,

dan kelembagaan yang beroperasi didalam dan diluar daerah aliran sungai yang bersangkutan (Asdak, 2007).

2.1.2. Sistem Hidrologi

Air secara alami mengalir dari hulu ke hilir, dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Air mengalir di atas permukaan tanah namun air juga rnengalir di dalam tanah. Air juga dapat berubah wujud, dapat berupa zat cair sesuai dengan nama atau sebutannya "air", dapat berupa benda padat yang disebut "es", dan dapat pula berupa gas yang dikenal dengan nama "uap air". Perubahan fisik bentuk air ini tergantung dari lokasi dan kondisi alam. Ketika dipanaskan sampai 100°C maka air berubah menjadi uap dan pada suhu tertentu uap air berubah kembali menjadi air. Pada suhu yang dingin di bawah 0°C air berubah menjadi benda padat yang disebut es atau salju. Air dapat juga berupa air tawar (fresh water) dan dapat pula berupa air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi.



Gambar 1. Representasi fase lahan pada siklus hidrologi dalam model SWAT *(Neitsch, 2011)*

Siklus hidrologi merupakan proses yang berlangsung secara terus menerus di mana air yang berada di bumi bergerak ke atmosfer dan akan kembali ke bumi lagi, (Triatmodjo, 2008) menjelaskan siklus hidrologi diawali dengan terjadinya penguapan air yang berada di permukaan tanah, sungai, danau serta laut. Uap air tersebut menuju atmosfer akan berubah menjadi titik air sehingga terbentuk awan akibat dari proses kondensasi, kemudian titik-titik air tersebut akan turun menjadi

hujan di daratan maupun lautan. Hujan yang jatuh sebagian ditahan oleh tanaman dan sebagian lagi jatuh ke permukaan tanah. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan akan mengalir menjadi aliran permukaan *surface runoff* sebagai pengisi danau, sungai dan cekungan tanah. Air dari proses infiltrasi akan mengalir di dalam tanah (perkolasi) dan mengisi air tanah yang nantinya akan keluar sebagai mata air atau akan mengalir ke sungai yang pada akhirnya akan mengalir menuju ke laut.

Menurut (Tchakerian, 2015), dasar konsep dari hidrologi adalah siklus hidrologi yang digambarkan dalam skala ruang dan waktu yang berbeda. Secara global siklus hidrologi merupakan proses terus menerus yang menghubungkan air di atmosfer dengan air yang di darat maupun di laut. Pergerakan air dari ruang satu ke yang lain terjadi melalui tiga fase, misalnya pergerakan air dari permukaan tanah ke atmosfer terjadi dalam fase uap (penguapan dan kondensasi), fase cair yaitu hujan dan fase padat yaitu salju.

2.2. Dinamika DAS

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu megasistem kompleks yang meliputi sistem fisik, sistem biologis, dan sistem manusia sehingga harus dikelola secara bijak dan terencana. DAS juga merupakan unit perencanaan yang utuh sebagai konsekuensi logis untuk menjaga kesinambungan pemanfaatan sumber daya lahan dan air. Kurang tepatnya perencanaan dapat menimbulkan adanya degradasi DAS yang mengakibatkan berbagai bencana alam. Rencana pengelolaan DAS terpadu dilakukan dengan mempertimbangkan potensi ancaman bencana di kawasan DAS tersebut.

Pengelolaan DAS dan manajemen bencana bagaikan dua sisi mata uang logam. Manajemen bencana tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan DAS, demikian halnya pengelolaan DAS tidak dapat dilakukan tanpa mempertimbangkan aspek kebencanaan. Pengelolaan DAS mendasarkan pembagian kawasan DAS yang pada hakikatnya dapat dibagi menjadi sistem hulu, tengah, dan hilir.

2.2.1. Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penutupan lahan diartikan sebagai suatu proses perubahan dari penutupan lahan sebelumnya ke penutupan lain yang dapat bersifat permanen maupun sementara dan merupakan konsekuensi logis dari adanya pertumbuhan dan transformasi perubahan struktur sosial ekonomi masyarakat yang sedang berkembang baik untuk tujuan komersial maupun industri. Perubahan penggunaan lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Nurrizqi & Suyono, 2012).

Perubahan penutupan lahan dan penggunaan lahan pada umumnya dapat diamati dengan menggunakan data spasial dari peta penggunaan lahan dari beberapa titik tahun yang berbeda. Data penginderaan jauh seperti citra satelit, radar, dan foto udara sangat berguna dalam pengamatan perubahan penggunaan lahan. Perubahan penutupan dan penggunaan lahan merupakan hal yang perlu di pahami lebih spesifik oleh karena itu sebelum masuk ke dalam konsep perubahan penutupan dan penggunaan lahan perlu dipahami mengenai penutupan dan penggunaan lahan, perubahan lahan serta faktor yang mempengaruhi perubahan yang terjadi.

Perubahan penutupan lahan terjadi karena adanya peningkatan kebutuhan akan ruang yang dihadapkan pada ketersediaan lahan yang terbatas dan hal tersebut meniscayakan terjadinya perubahan. Penggunaan lahan non-terbangun seperti tanaman pangan lahan basah, tanaman pangan lahan kering, kebun campuran, lahan kosong merupakan lahan yang mudah dikonversikan menjadi penggunaan lahan terbangun seperti permukiman teratur, permukiman tidak teratur, kawasan industri, dan fasilitas pendidikan (Sitorus, 2012).

Perubahan penutupan lahan tidak akan membawa masalah yang serius sepanjang mengikuti kaedah konservasi tanah dan air serta kelas kemampuan lahan (Simanjuntak, 1998). Berdasarkan aspek hidrologi, perubahan penggunaan lahan akan berpengaruh langsung terhadap karakteristik penutupan lahan sehingga

akan mempengaruhi sistem tata air DAS. Fenomena ini ditunjukkan oleh respon hidrologi DAS yang dapat dikenali melalui produksi air dan sedimen.

2.2.2. Ancaman Bencana DAS

Dinamika ekosistem pada DAS seiring dengan perkembangan aktivitas manusia dan juga dinamika iklim menjadikan ancaman bahaya pada DAS meningkat. Bencana yang dipicu oleh aspek hidrometeorologi telah menjadi satu bencana rutin yang harus dihadapi oleh masyarakat pada sepanjang DAS. Wilayah dengan potensi ancaman bencana multibahaya sedang hingga tinggi terdapat pada daerah-daerah tengah dan hilir DAS yang mendapatkan intervensi manusia. Bencana yang memberikan kontribusi terbesar adalah bencana banjir (Widjonarko, Ardi, & Retno, 2021).

Bencana 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, Suprayogi, & Amarrohman, 2017). Menurut (Wibowo, 2005), perubahan penutup lahan dari

pedesaan ke perkotaan akibat urbanisasi memberikan dampak terhadap aliran limpasan sehingga debit air meningkat sebanyak 50 %.

2.3. Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis (SIG) adalah sistem informasi yang didasarkan pada kerja komputer yang memasukkan, mengelola, memanipulasi dan menganalisis data serta memberi uraian (Aranoff, 1989). Menurut (Gistut, 1994), SIG adalah sistem yang mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG yang lengkap mencakup metodologi dan teknologi yang diperlukan, yaitu data spasial perangkat keras, perangkat lunak dan struktur organisasi.

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) merupakan sistem khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Atau arti yang lebih sempit adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengolah, dan menampilkan informasi bereferensi geografis atau data geospasial untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan suatu wilayah, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah database.

Sistem informasi geografis merupakan pengolahan data geografis yang didasarkan pada kerja komputer. Analisis dan identifikasi banjir digunakan beberapa parameter yang menggambarkan kondisi lahan dan ketinggian tempat. Gambaran mengenai kondisi lahan dan ketinggian tempat tersebut pada dasarnya distribusi keruangan (spasial), atau dengan kata lain kondisi lahan dan ketinggian antara satu tempat tidak sama dengan tempat yang lain. Media yang paling sesuai untuk menggambarkan distribusi spasial adalah peta.

2.3.1. Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan salah satu bagian dari pengolahan citra penginderaan jauh yang paling sering dibahas, digunakan, dan dalam praktik dianggap lebih baik. Lebih dari itu, hasil utama dari klasifikasi citra adalah peta

tematik (yang pada umumnya merupakan peta penutupan ataupun penggunaan lahan), yang kemudian biasanya dijadikan masukan dalam pemodelan spasial dalam lingkungan sistem informasi geografis (SIG). Proses interpretasi citra dengan bantuan komputer dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tingkat otomatisnya. Keduanya ialah klasifikasi terbimbing *(Supervised Classification)* dan klasifikasi tidak terbimbing *(Unsupervised Classification)*. Klasifikasi terbimbing meliputi sekumpulan alogaritma yang didasari pemasukan contoh objek oleh operator. Berbeda halnya dengan klasifikasi tidak terbimbing *(Unsupervised Classification)*, secara otomatis diputuskan oleh komputer tanpa campur tangan operator (kalaupun ada, proses interaksi ini sangat terbatas) (Danoedoro, 2012).

Pengenalan objek merupakan bagian penting dalam interpretasi citra. Untuk itu, identitas dan jenis objek pada citra sangat diperlukan dalam analisis pemecahan masalah. Karakteristik objek pada citra dapat digunakan untuk mengenali objek yang dimaksud dengan unsur interpretasi. Menurut (Purwadhi & Santojo, 2008), terdapat 8 (delapan) unsur interpretasi, yaitu rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, letak dan situs, dan asosiasi kenampakan obyek. Unsur-unsur interpretasi tersebut disusun secara berjenjang guna memudahkan dalam pengenalan obyek pada citra.

Tahapan kegiatan yang diperlukan dalam pengenalan objek yang tergambar pada citra (Purwadhi & Santojo, 2008), yaitu:

1. Deteksi: Pengamatan obyek pada citra yang bersifat global dengan melihat ciri khas obyek berdasarkan unsur rona atau warna citra.
2. Identifikasi: Pengamatan obyek pada citra bersifat agak rinci, yaitu upaya mencirikan obyek yang telah di deteksi menggunakan keterangan yang cukup.
3. Analisis: Pengamatan obyek pada citra bersifat rinci, yaitu tahap pengumpulan keterangan lebih lanjut.

Hasil dari interpretasi citra harus dilakukan uji akurasi untuk mengetahui besar tingkat keakuratan interpretasi citra yang telah dilakukan. Uji akurasi merupakan proses membandingkan data hasil klasifikasi citra (peta penutupan lahan hasil interpretasi) dengan kondisi lapangan. Model yang digunakan untuk menguji tingkat akurasi adalah seperti *overall accuracy*. Perhitungan akurasi

interpretasi citra dilakukan dengan metode *confusion matrix* yang digunakan sebagai langkah awal dalam mendeskripsikan perbedaan dan teknik analisis statistik untuk menilai akurasi. Pada *confusion matrix*, data hasil interpretasi citra dan data hasil pengecekan lapangan disusun dalam sebuah tabel perbandingan (Rijal, 2016).

Tingkat keakuratan interpretasi citra yang dapat diterima yaitu 85% (Lillesand & Kiefer, 2000). Hal ini berarti sekurang-kurangnya dari 100 titik hanya 15 titik yang tidak sesuai dengan yang ada di lapangan, dan 85 titik yang sesuai dengan kondisi di lapangan.

2.4. Pemodelan Hidrologi

2.4.1. Model Soil and Water Assesment Tool (SWAT)

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, 2000). Model pengelolaan DAS dapat dilakukan dengan berbagai cara dan salah satu cara yang cukup teliti dan cermat adalah dengan menggunakan *geographic information system* (GIS). *Soil and Water Assesment Tool* (SWAT) merupakan model kejadian kontinyu untuk skala DAS yang beroperasi secara harian dan dirancang untuk memprediksi dampak pengelolaan terhadap air, sedimen, dan kimia pertanian pada DAS yang tidak memiliki alat pengukuran (Marbun, 2014).

Proses hidrologi yang disimulasi dalam SWAT terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu proses di lahan dan di sungai. Bagian pertama adalah fase lahan dari siklus hidrologi. Fase lahan siklus hidrologi mengontrol jumlah air, sedimen, unsur hara dan pestisida yang bergerak di lahan menuju sungai utama pada masingmasing sub-DAS. Bagian kedua adalah fase routing atau proses pergerakan air, sedimen, bahan pestisida, dan bahan nutrient lainnya melalui jaringan sungai dalam DAS menuju ke outlet (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial 2014).

Soil and Water Assesment Tool (SWAT) adalah model skala pengelolaan DAS yang dikembangkan untuk memprediksi dampak dari praktek pengelolaan lahan di daerah aliran sungai, sedimen, dan hasil kimia pertanian dalam jumlah besar dengan berbagai jenis tanah, penggunaan lahan, dan kondisi manajemen dalam periode waktu yang lebih Panjang (Neitsch, 2011). SWAT memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS. Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalaahan tersebut. Dengan demikian diharapkan dengan penggunaan model SWAT dapat dikembangkan beberapa skenario guna menentukan kondisi perencanaan pengelolaan DAS terbaik. Penggunaan model SWAT data digunakan pada beberapa fase pengelolaan DAS (Marbun, 2014).

Model *Soil and Water Assesment Tool* (SWAT) mempunyai beberapa keunggulan yaitu dibangun berdasarkan proses yang terjadi dengan menghimpun informasi mengenai iklim, sifat tanah, topografi, tanaman dan pengelolaan lahan yang terdapat dalam DAS, mempunyai data input yang sudah tersedia, dapat dikerjakan secara efisien menggunakan komputer sehingga hemat waktu dan biaya serta memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dalam suatu DAS (Neitsch, 2011). Model ini pada awalnya membagi DAS menjadi beberapa sub DAS yang kemudian setiap sub DAS tersebut akan dibagi kembali menjadi beberapa unit respon hidrologi (*Hydrologic Response Unit*) berdasarkan tata guna lahan, jenis tanah dan kelas lereng. Dengan asumsi tidak ada hubungan antar HRU, model kemudian mensimulasikan proses hidrologi untuk setiap HRU menggunakan metode neraca air. Simulasi neraca air tersebut meliputi parameterparameter seperti kandungn tanah, limpasan permukaan, evapotranspirasi, perkolasi, dan aliran bawah permukaan tanah yang kembali ke sungai (Neitsch, 2011). Pembagian DAS mampu membuat model yang mencerminkan perbedaan evapotranspirasi untuk jenis tanaman dan tanah bervariasi. Aliran permukaan (*surface runoff*) diprediksi secara terpisah untuk masing-masing HRU dan dapat ditelusuri untuk memperoleh aliran permukaan total (*total runoff*) suatu DAS. Hal ini dapat dapat meningkatkan keakuratan dan

memberikan gambaran fisik yang lebih baik untuk neraca air (Ditjen Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial, 2014).

Data masukan model untuk setiap HRU sub DAS dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu iklim, unit respon hidrologi, genangan/daerah basah, air bawah tanah, dan saluran utama yang mendrainase sub DAS. HRU merupakan kelompok lahan dalam sub DAS yang memiliki kombinasi tanaman penutup, tanah, dan pengeolahan yang unik. Data yang dibutuhkan dalam model ini merupakan data harian. Parameter iklim yang digunakan dalam SWAT berupa hujan harian, temperatur udara maksimum dan minimum, radiasi matahari, kecepatan angin, serta kelembaban (Adrionita, 2011).

Output SWAT terangkum dalam file-file yang terdiri dari file HRU, SUB dan RCH. File HRU berisikan output dari masing-masing HRU, sedangkan SUB berisikan output dari masing-masing sub DAS dan RCH merupakan output dari masing-masing sungai utama pada setiap sub DAS. Informasi output pada file SUB dan file HRU adalah luas area (AREA km^2), jumlah curah hujan (PRECIP mm), evapotranspirasi aktual (ET mm H2O), kandungan air tanah (SW), aliran permukaan (SURQ mm), aliran lateral (LATQ), aliran dasar (GWQ mm), hasil sedimen (SED ton/ha). Sedangkan informasi output yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah luas AREA (AREA km^2), jumlah curah hujan (PRECP mm), evapotranspirasi aktual (ET mm), kandungan air tanah (SW mm), air perkolasi (PERC mm), aliran permukaan (SURQ mm), hasil air (WYLD mm) (Adrionita, 2011).

2.4.2. 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, Al-Aboodi, & T.Ibrahim, 2020).

HEC-RAS (*Hidrologic 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 hidrolikanya, 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, Soedarsono, & Mutia, 2016). Penggunaan Model HEC-RAS dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas alur dan profil muka air sungai terhadap banjir dengan kala ulang tertentu, sehingga tinggi muka air maksimum yang terjadi dapat diketahui sepanjang sungai yang ditinjau. HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi (Putra, Fauzi, & Sutikno, 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	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).

2.4.3. Kriteria dan Indikator Fungsi Hidrologi

Kriteria dan indikator kuantitatif diperlukan dalam mempelajari fungsi hidrologi DAS. Kriteria dan indikator yang ditetapkan berdasarkan pemahaman kuantitatif hujan yang terbagi menjadi evepotranspirasi, aliran sungai dan perubahan penutupan serta pola penggunaan lahan sesuai dengan karakteristik lokal. Fluktuasi debit sungai dan curah hujan dijadikan parameter utama untuk menilai indikator penyangga akibat alih guna lahan.

Indikator fungsi hidrologi pada suatu DAS dapat ditentukan dengan menggunakan metode evaluasi kinerja DAS. Sesuai dengan keputusan Menteri Kehutanan No.52/Kpts-II/2001 untuk memperoleh data dan gambaran yang menyeluruh mengenai perkembangan kinerja DAS dapat digunakan beberapa indikator yaitu:

1. Koefisien Regim Sungai (KRS)

Koefisien regim sungai (KRS) adalah perbandingan antara debit maksimum (Qmaks) dengan debit minimum (Qmin) dalam suatu DAS.

$$\text{KRS} = \frac{\text{Q maks}}{\text{Q min}}$$

Ket :

Q maks (m^3 /det) = debit harian rata-rata (Q) tahunan tertinggi

Q min (m^3 /det) = debit harian rata-rata (Q) tahunan terendah

Tabel 2. Klasifikasi Nilai KRS

No	Nilai KRS	Kelas	Bobot
1	<50	Baik	1
2	50-120	Sedang	2
3	>120	Jelek	3

Sumber: Kepmenhut No. 52/KPTS-II/2001.

2. Koefisien Limpasan (C)

Koefisien Limpasan (C) dapat dihitung dengan menggunakan metode cook, dimana koefisien limpasan diperoleh melalui penggabungan beberapa karakteristik fisik DAS yang terdiri dari topografi, infiltrasi tanah, vegetasi dan simpanan permukaan. Masing-masing karakteristik fisik mempunyai nilai klasifikasi dan bobot yang berbeda, namun apabila masing-masing parameter terdiri dari beberapa klasifikasi tutupan lahan dalam suatu DAS maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\text{C} = \frac{C1A1+C2A2+CnAn}{A1+A2+A3}$$

Ket :

C : Koefisien limpasan
C1,2,n : Koefisien aliran parameter
A1,2,n : Luas parameter

Tabel 3. Klasifikasi Koefisien Limpasan (C) Tahunan

No	Nilai C	Kelas	Bobot
1	<0,25	Baik	1
2	0,26-0,50	Sedang	3
3	0,51-1,0	Jelek	5

Sumber: Kepmenhut No. 52/KPTS-II/2001.

Adapun klasifikasi nilai koefisien dari masing-masing kelas penutupan lahan yakni sebagai berikut.

Tabel 4. Klasifikasi Koefisien Limpasan Berdasarkan Kelas Tutupan Lahan

NO	Jenis Tutupan Lahan	Koefisien (C)
1	Hutan	0,6
2	Padang Rumput	0,6
3	Perkebunan	0,8
4	Rawa	0,75
5	Tubuh Air	0,5
6	Tanah Terbuka	0,8
7	Tegalan/Ladang	0,7
8	Sawah	0,56
9	Perumahan/Pemukiman	0,95
10	Semak Belukar	0,5
11	Tambak	0,5
12	Bandara	0,80

Sumber : (Madhatillah & Har, 2020)

3. Indeks Penutupan Lahan oleh Vegetasi (IPL)

Indeks penutupan lahan oleh vegetasi adalah untuk mengetahui indeks penutupan lahan dari luas lahan bervegetasi permanen yang ada di DAS.

$$\text{IPL} = \frac{LVP}{Luas\ DAS} \text{ x } 100\ \%$$

Ket :

LVP = luas lahan yang bervegetasi permanen (ha)

Luas DAS = luas DTA atau DAS yang menjadi sasaran (ha)

Tabel 5. Klasifikasi Nilai IPL

No	Nilai IPL (%)	Kelas	Bobot
1	>75	Baik	1
2	30 - 75	Sedang	3
3	<30	Jelek	5

Sumber: Kepmenhut No. 52/KPTS-II/2001.

4. Kesesuain Penggunaan Lahan (KPL) DAS

Kesesuaian penggunaan lahan DAS adalah untuk mengetahui kesesuaian penggunaan lahan dengan rencana tata ruang wilayah (RTRW) dan atau zona kelas kemampuan lahan dan yang ada di DAS.

$$KPL = \frac{LPS}{Luas\ DAS} \text{ x DAS } 100\ \%$$

Ket :

LPS = luas penggunaan lahan yang sesuai di DAS (ha)

Luas DAS = luas DAS yang menjadi sasaran (ha)

Tabel 6. Klasifikasi Nilai KPL

No	Nilai KPL (%)	Kelas	Bobot
1	>75	Baik	1
2	40-75	Sedang	3
3	<40	Jelek	5

Sumber : Kepmenhut No. 52/KPTS-II/2001.