

**SIMULASI KOMPUTASI DEBIT SUNGAI DI DAS TRIPA
MENGUNAKAN *HEC-HMS***

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

**ANGGI MAULANA. P
NIM. 180702124**

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM, BANDA ACEH
2024 M / 1446 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**SIMULASI KOMPUTASI DEBIT SUNGAI DI DAS TRIPA
MENGUNAKAN *HEC-HMS***

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai salah satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:
**ANGGI MAULANA P
NIM. 180702124**

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II


M Faisi Ikhwali, M.Eng.
NIDN. 2008109101

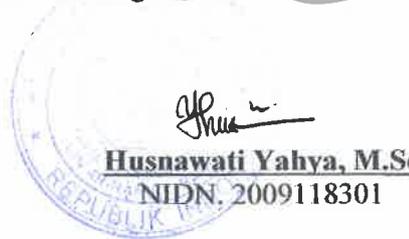
جامعة الرانيري


Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

A R - R A N I R Y

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN. 2009118301



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**SIMULASI KOMPUTASI DEBIT SUNGAI DI DAS TRIPA
MENGUNAKAN *HEC-HMS***

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis/ 5 Juli 2024
Kamis/ 28 Dzhulhijah 1445

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua

Sekretaris


M. Faisi Ikhwal, M.Eng.
NIDN. 2008109101


Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

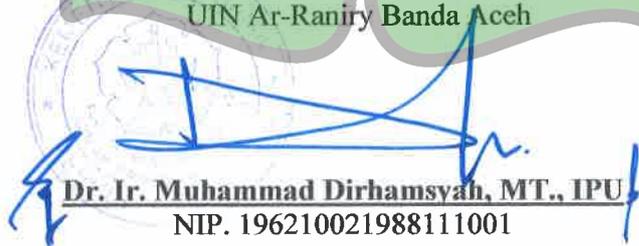
Penguji I

Penguji II


Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc
NIDN. 2031078204

A R Mengetahui, R Y
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anggi Maulana P
NIM : 180702124
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Tugas Akhir : Simulasi Komputasi Debit Sungai di DAS Tripa Menggunakan *HEC-HMS*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkannya;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Apabila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh,
16 Juli 2024
Yang Menyatakan,




Anggi Maulana P
NIM. 180702124

ABSTRAK

Nama : Anggi Maulana P
Nim : 180702124
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Simulasi Komputasi Debit Sungai di DAS Tripa
Menggunakan *HEC-HMS*
Tanggal Sidang : 2024
Jumlah Halaman : 69
Pembimbing I : M. Faisi Ikhwal, M. Eng.
Pembimbing II : Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc.
Kata Kunci : *HEC-HMS, SCS Curve Number, SCS Unit Hydrograph, Lag, Debit DAS Tripa*

Permasalahan terhadap air merupakan isu lingkungan yang telah menjadi permasalahan global salah satunya adalah banjir. DAS Krueng Tripa merupakan salah satu yang terkendala masalah perairan ini, kondisi ini berdampak langsung terhadap masyarakat umum, seperti adanya kerugian harta benda maupun jatuhnya korban jiwa. Puncak curah hujan tertinggi pada tahun 2015 sekitar 120 mm. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan debit sungai pada DAS Tripa. Penelitian ini menggunakan aplikasi *HEC-HMS* dengan metode perhitungan debit sungai *SCS Curve Number* pada parameter Loss, *SCS Unit Hydrograph* pada parameter *Transform*, dan *Lag* pada parameter routing. Hasil dari penelitian ini didapatkan Kalibrasi debit tahun 2015, Nash kalibrasi 0,632, RMSE 0,6, persentase bias 4,47%, peak flow 240,0 m³/dt pada tanggal 18 Oktober 2015, peak discharge sebesar 264,7 m³/dt pada tanggal 20 Oktober 2015. Hasil validasi: Nash 0,557, RMSE 0,7, persentase bias 4,44%, peak flow 149,5 m³/dt pada tanggal 22 Januari 2013, peak discharge sebesar 169,6 m³/dt pada tanggal 5 April 2013. Model *HEC-HMS* dapat memprediksi debit puncak di DAS Tripa dengan cukup baik setelah proses kalibrasi dan validasi parameter-parameter seperti CN, TL, *Impervious*, dan *Initial Abstraction*. Nilai Nash pada kalibrasi (0,632) dan validasi (0,557) menunjukkan kinerja model yang memuaskan meskipun belum sempurna, dari hasil tersebut diperlukan data yang lebih lama, analisis sensitivitas parameter, pertimbangan pembagian DAS menjadi sub-DAS, evaluasi untuk kejadian ekstrem seperti bencana alam, dan integrasi dengan sistem peringatan dini banjir serta perencanaan pengelolaan sumber daya air.

ABSTRACT

Name : Anggi Maulana P
Students Number : 180702124
Department : Environmental Engineering
Title : Computational Simulation of River Discharge in The Tripa Watershed Using HEC-HMS
Trial Date : 2024
Pages Number : 69
Advisor I : M. Faisi Ikhwal, M. Eng.
Advisor II : Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc.
Keywords : HEC-HMS, SCS Curve Number, SCS Unit Hydrograph, Lag, Debit of Tripa Watershed

The research to finds out the Debit of the Tripa watershed using the HEC-HMS program. Water problems are environmental issues that have become global problems, one of which is flooding. Krueng Tripa watershed is one that is constrained by this water problem, this condition has a direct impact on the general public, such as property losses and casualties. The highest peak rainfall in 2015 was around 120 mm. The purpose of this study was to obtain river discharge in the Tripa watershed. This research uses the HEC-HMS application with the SCS Curve Number river discharge calculation method on the Loss parameter, SCS Unit Hydrograph on the Transform parameter, and Lag on the routing parameter. The results of this study obtained 2015 discharge calibration, Nash calibration 0,632, RMSE 0,6, percentage bias 4,47%, peak flow 240,0 m³/s on October 18, 2015, peak discharge of 264,7 m³/s on October 20, 2015. Validation results: Nash 0,557, RMSE 0,7, percentage bias 4,44%, peak flow 149,5 m³/s on January 22, 2013, peak discharge of 169,6 m³/s on April 5, 2013. The HEC-HMS model can predict peak discharge in the Tripa watershed quite well after the calibration and validation process of parameters such as CN, TL, Impervious, and Initial Abstraction. Nash value in calibration (0,632) and validation (0,557) shows satisfactory model performance although not perfect, from these results longer data are needed,

parameter sensitivity analysis, consideration of watershed division into sub-watersheds, evaluation for extreme events such as disasters, and integration with flood early warning systems and water resources management planning.



KATA PENGANTAR



Segala puji hanya bagi Allah SWT Sang Pencipta yang telah memberi dan melimpahkan segala rahmat dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. *Shalawat dan salam* selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, sahabat serta keluarga beliau yang telah berjuang mengantarkan umatnya ke alam yang berakhlak mulia dan berilmu pengetahuan.

Tidak lupa penulis ucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta Almarhum Ayahanda Maisafri Lamuju P bin lamuju P dan Almarhumah Ibunda Srimasitha S.Pd binti Sastro Al-qadar yang tiada henti memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan baik material maupun moral, serta kedua Kakak tercinta Almarhumah Meilina P dan Meilinda P S.Si, dan juga kedua abang tercinta Budi Santoso P dan Rizki Ramadhana P, yang sangat berarti bagi penulis.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengambil judul Tugas Akhir yaitu **“Simulasi Komputasi Debit Sungai DAS Tripa Menggunakan HEC-HMS”**.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak dalam memberi dukungan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Maka penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan.

3. Bapak M. Faisi Ikhwal, M.Eng, selaku dosen pembimbing 1 yang telah berkenan membimbing, mengarahkan dan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc, selaku dosen pembimbing 2 yang juga sudah membimbing, mengarahkan dan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada permasalahan dan kesulitan dalam penulisan Tugas Akhir
5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik saya dan sebagai orang tua kedua saya, yang telah banyak membantu saya dalam menjalankan perkuliahan ini.
6. Seluruh staf/karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan banyak bantuan.
7. Aya Khalila S.T., dan Agus Munandar S.T., selaku sahabat yang telah mendukung dan membantu dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
8. Semua Pihak yang terlibat dalam penulisan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap Tugas Akhir penelitian ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi semua pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Akhir kata, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna sebagaimana yang diharapkan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 2022

Penulis

Anggi Maulana.P

NIM. 180702124

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Siklus Hidrologi	6
2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)	8
2.2.1. Tingkatan sungai	10
2.2.2. Kemiringan Sungai.....	10
2.2.3. Panjang sungai.....	11
2.2.4. Karakteristik DAS	12
2.3. Curah Hujan dan Intensitas Hujan	17
2.4. Limpasan (<i>Run Off</i>).....	17
2.5. HEC-HMS	18
BAB III METODELOGI PENELITIAN	19
3.1. Lokasi Penelitian	19
3.2. Tahapan Umum Penelitian	20
3.3. Data Penelitian	22
3.4. Teknik Pengumpulan Data	22

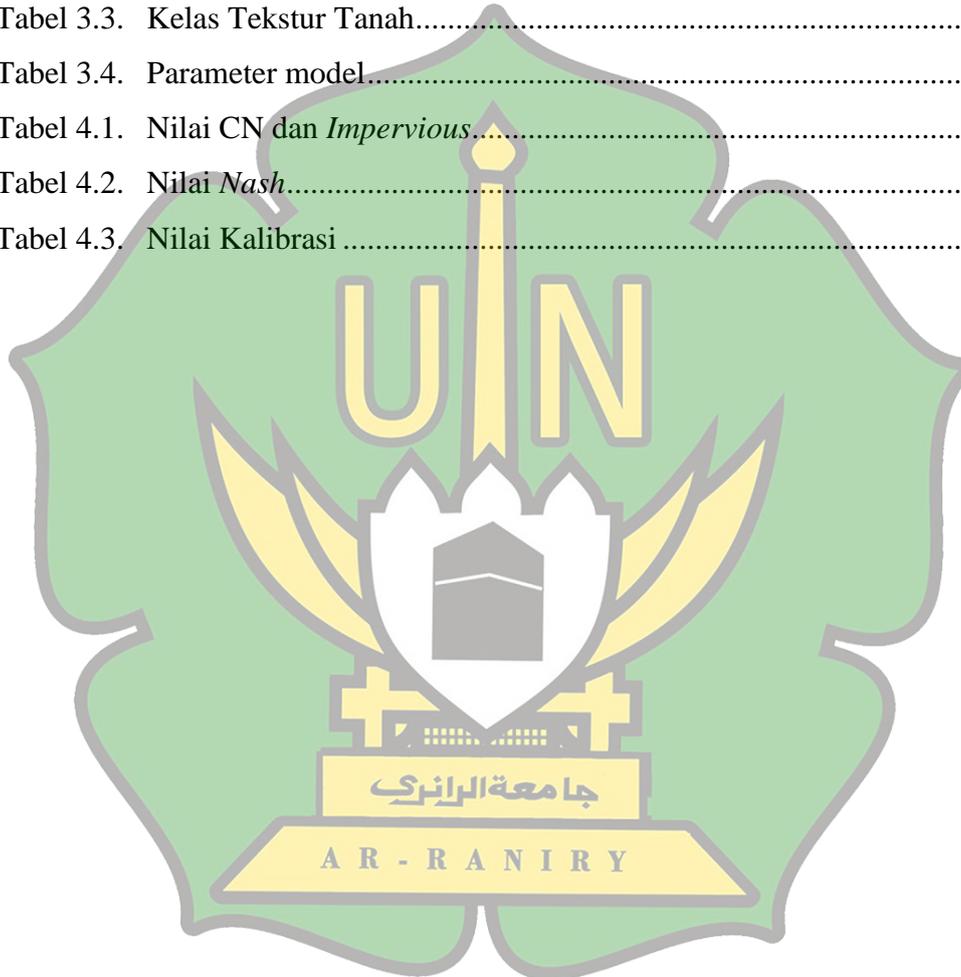
3.4.1. Curah hujan	22
3.4.2. Peta Delenasi	23
3.4.3. Peta jenis tanah dan tata guna lahan.....	24
3.4.4. Data jenis tanah	25
3.5. Analisis Data	27
3.5.1. Estimasi Ketersediaan Air.....	27
3.5.2. Menjalankan Program HEC-HMS	27
3.5.3. Metode Analisis.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Hasil Debit DAS Tripa Menggunakan HEC-HMS	32
4.1.1. Data Curah Hujan.....	34
4.1.2. Hasil Simulasi Sebelum Kalibrasi.....	35
4.2. Model Kalibrasi.....	36
4.3. Model Validasi.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1. Kesimpulan.....	41
5.2. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hidrologi Terapan.....	7
Gambar 2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS).....	9
Gambar 2.3. Tingkatan Sungai	10
Gambar 2.4. Profil Memanjang Sungai	11
Gambar 2.5. Panjang Sungai	12
Gambar 2.6. Pengaruh Bentuk DAS pada Aliran Permukaan	15
Gambar 2.7. Pengaruh Kerapatan Parit/Saluran pada Hidrograf Aliran Permukaan	16
Gambar 3.1. Peta Batas Kabupaten pada DAS Tripa	19
Gambar 3.2. Skema Bagan Alir Analisis Model HEC – HMS.....	21
Gambar 3.3. Peta DAS Tripa	23
Gambar 3.4. Peta Tata Guna Lahan	24
Gambar 3.5. Peta Jenis Tanah.....	25
Gambar 4.1. Grafik data curah hujan 2015 untuk kalibrasi.....	34
Gambar 4.2. Grafik data curah hujan 2013.....	35
Gambar 4.3. Grafik hasil simulasi (sebelum kalibrasi)	36
Gambar 4.4. Lokasi kalibrasi model.....	37
Gambar 4.5. Grafik hasil kalibrasi tahun 2015.....	38
Gambar 4.6. Grafik hasil validasi tahun 2013.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Pengumpulan Data	22
Tabel 3.2. Nilai Perpiksel Peta Tanah <i>Global Hydrologic Soil Group</i> (HYSOGs250m).....	25
Tabel 3.3. Kelas Tekstur Tanah.....	26
Tabel 3.4. Parameter model.....	30
Tabel 4.1. Nilai CN dan <i>Impervious</i>	33
Tabel 4.2. Nilai <i>Nash</i>	33
Tabel 4.3. Nilai Kalibrasi	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Basin Model</i>	49
Lampiran 2. <i>Control Spesification</i>	60
Lampiran 3. <i>Gage Data</i>	61
Lampiran 4. <i>Precipitation Model</i>	63
Lampiran 5. Tabel Menghitung Data yang diperlukan pada <i>Subbasin</i>	70
Lampiran 6. Tabel Menghitung Data yang diperlukan pada <i>Reach</i>	71



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu bencana yang memiliki frekuensi atau probabilitas kejadian yang tinggi di Indonesia adalah bencana banjir yang terjadi pada wilayah atau Daerah Aliran Sungai (DAS). Aktivitas manusia yang mempengaruhi tutupan lahan pada wilayah DAS sebagai suatu ekosistem tata air menjadi salah satu faktor pemicu terjadinya bencana banjir selain faktor utama yaitu perubahan iklim dan tingginya curah hujan (Fadhilla dan Lasminto, 2021).

Daerah Aliran Sungai atau disingkat DAS merupakan wilayah daratan yang secara topografi dibatasi oleh pegunungan yang berfungsi dapat menyimpan serta menampung air hujan yang kemudian dapat disalurkan kelaut melalui sungai utama (Darmawan dan Setyono, 2019). Kawasan hutan yang mengalami perubahan permukaan yang kedap air dapat menyebabkan air hujan tidak meresap ke dalam tanah. Air hujan tersebut akan langsung menjadi aliran permukaan yang dapat meningkatkan potensi banjir serta genangan pada kawasan tersebut. Besarnya aliran permukaan pada suatu wilayah dapat menyebabkan tingginya sedimentasi, sehingga DAS pada wilayah tersebut akan menjadi kritis. Luas lahan kritis yang besar dapat mengganggu siklus hidrologi yang berdampak pada penurunan kemampuan suatu DAS sebagai tempat penyimpanan air. Hal ini dapat menyebabkan berkurangnya debit air saat musim kemarau dan berlebihnya debit air saat musim hujan (Samsul dkk., 2019).

Banjir adalah proses alami yang terjadi ketika permukaan air naik hingga meluap ke tepian alaminya atau tanggul buatan dan menenggelamkan area yang biasanya kering. Sepanjang aliran air banjir dapat terjadi setiap tahunnya, biasanya aliran air yang tinggi tertampung di antara tepian alami atau tanggul buatan, tetapi ketika volume air tidak dapat lagi ditampung di dalam batas alami atau buatan tersebut, air akan meluas ke daerah sekitarnya (Luino, 2016).

Banjir juga dapat terjadi karena sampah yang menyumbat saluran drainase, kekurangan daerah resapan air, alih fungsi lahan atau bisa saja karena kapasitas

penampang pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) tidak sesuai dengan volume air yang mengalami peningkatan debit, sehingga menyebabkan air yang ada di sebuah sungai meluap (Mahmood dkk., 2017).

Banjir yang terjadi pada suatu wilayah DAS, disebabkan karena berkurangnya daerah resapan air akibat perubahan tata guna lahan yang tidak terencana dan terpola dengan baik serta tidak berwawasan lingkungan. Banjir juga terjadi akibat tingginya curah hujan yang terus menerus terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berlangsung secara terus menerus mengakibatkan sungai tidak lagi mampu menampung air yang ada di DAS tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi hal tersebut adalah membuat bangunan air yang mampu mengendalikan debit air, kecepatan aliran, dan ketinggian aliran (Muslima dkk., 2017).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Tripa merupakan salah satu sungai yang terdapat di Provinsi Aceh. DAS Krueng Tripa merupakan salah satu bagian dalam Wilayah Sungai (WS) Woyla-Bateue. Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai (WS) Woyla-Bateue merupakan wilayah sungai Strategis Nasional dengan kewenangan berada di pemerintah pusat. Luas DAS Tripa mencapai 3446,90 km² yang secara administratif melewati dua Kabupaten di Provinsi Aceh, yaitu bagian hulu sungai berada pada Kabupaten Gayo Lues dan bagian hilir pada Kabupaten Nagan Raya. (Rinaldi dan Yulianur, 2020).

Masalah utama dari DAS Krueng Tripa adalah banjir, banjir pada DAS Tripa terjadi setiap 4-6 kali dalam setahun (Husna dkk, 2022) seperti yang di langsir oleh BPBA kondisi ini berdampak langsung terhadap masyarakat umum, seperti adanya kerugian harta benda maupun jatuhnya korban jiwa. Kerugian besar juga dialami pemerintah terutama dalam memperbaiki sarana dan prasarana umum yang rusak akibat banjir. Seringnya kejadian banjir yang terjadi di DAS Krueng Tripa maka perlu dilakukan usaha pengendalian terhadap besarnya debit banjir tersebut dengan menggunakan salah satu model simulasi komputasi HEC-HMS. Menurut Ferijal (2013), metode yang paling sering dipakai dalam memahami kompleksnya proses hidrologi pada suatu DAS salah satunya dengan pemodelan. Pernyataan ini

mengacu pada pernyataan Black (1996) dalam Ferijal (2013) yang menyatakan bahwa pemodelan hidrologi bertujuan untuk menggambarkan suatu sistem yang kompleks dengan cara sederhana dalam memprediksi peristiwa-peristiwa hidrologi ketika hubungan antar komponen sudah dibangun.

Dari permasalahan yang terjadi, untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir, sehingga perlu dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan debit pada banjir dan cara melakukan pembuatan model hidrologi untuk DAS Tripa sebagai tindak lanjut dari hal pemaparan tersebut di atas. HEC-HMS adalah salah satu model hidrologi yang dapat digunakan untuk mengalihragamkan (*simulate*) hujan menjadi limpasan (*run off*) baik itu perkiraan ketersediaan air (*continuous flow*) dan debit atau hidrograf aliran besar (*event flow*) (Fleming, 2010 dan Sobriyah, 2012). HEC-HMS juga dapat digunakan untuk mengetahui proses hujan-limpasan yang terjadi sehingga dapat diperoleh alternatif penanggulangan banjir pada dasarnya merupakan permasalahan hidrologi (William dkk., 2010).

Studi sebelumnya mengevaluasi risiko banjir dengan menggunakan data sejarah bencana (Benito dkk., 2004; Rodda, 2005; Black dan Burns, 2002), skenario simulasi (Prudhomme dkk., 2010; Dankers dan Feyen, 2009; Bisht dkk., 2016; Li dkk., 2016), dan sistem indikator (Hu dkk., 2017; Stefanidis dan Stathis, 2013). Analisis risiko banjir dengan menggunakan sistem indeks telah banyak digunakan, berdasarkan analisis komprehensif faktor geografis regional dengan proses hirarki analitik (Stefanidis dan Stathis, 2013 dan Song dkk., 2022), metode bobot entropi (Liu dkk., 2019) dan jaringan saraf (Liu dkk., 2016) bersama dengan teknologi 3S (Lyu dkk., 2018).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana akurasi pemodelan hidrologi DAS Tripa menggunakan HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) dalam memprediksi debit aliran sungai?

2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi keakuratan prediksi model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) untuk DAS Tripa?
3. Bagaimana kelayakan penggunaan model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) untuk memprediksi debit aliran untuk pengelolaan sumber daya air di DAS Tripa?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi akurasi pemodelan hidrologi DAS Tripa menggunakan HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) dalam memprediksi debit aliran sungai.
2. Mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi keakuratan prediksi model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) untuk DAS Tripa, termasuk pola aliran air, dampak perubahan iklim, dan parameter-parameter model.
3. Menilai kelayakan penggunaan model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System*) sebagai alat prediksi debit aliran untuk pengelolaan sumber daya air di DAS Tripa

1.4. Manfaat Penelitian

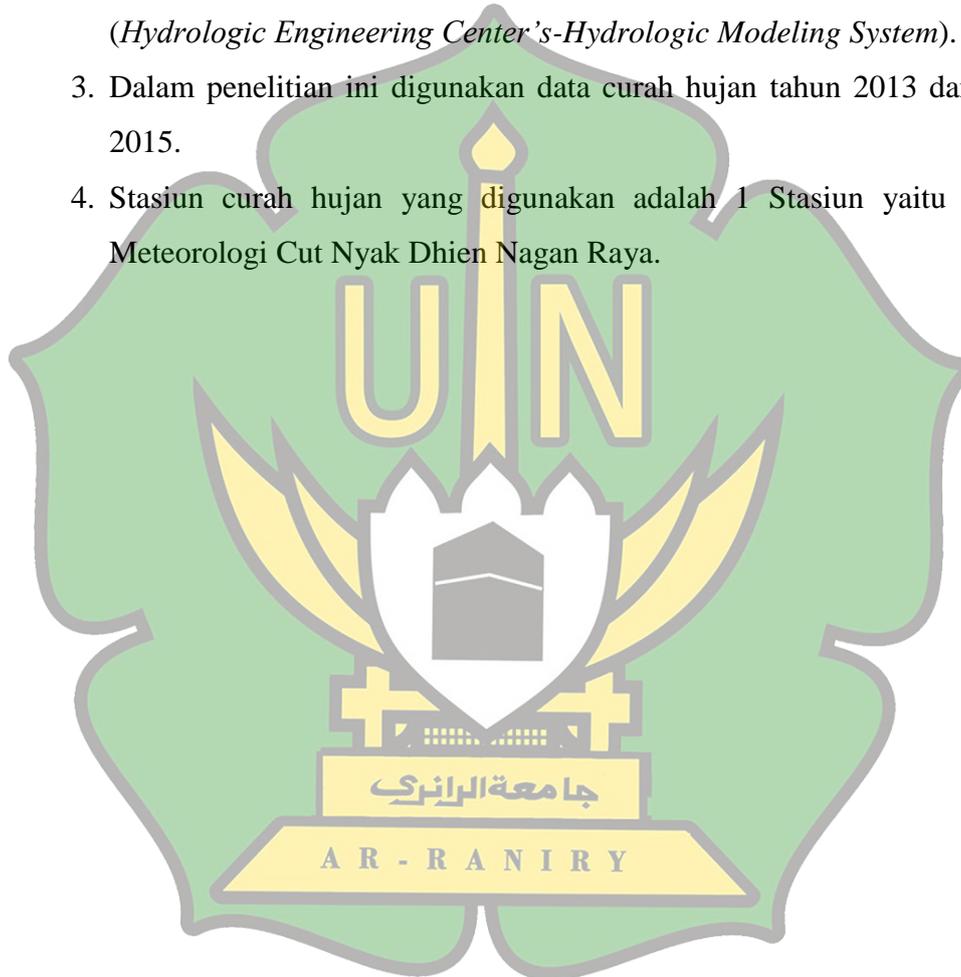
Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan informasi untuk instansi terkait yang berwenang dalam melakukan penanggulangan masalah banjir di Sungai Tripa.
2. Sebagai bahan referensi kepada pihak yang ingin melakukan penelitian pengelolaan DAS selanjutnya.
3. Sebagai sarana teknis dalam usaha meletakkan kegiatan pembangunan dengan lebih cepat.

1.5. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan ini mencapai sasaran yang diinginkan dan lebih terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di DAS Sungai Tripa dengan luas \pm 311.266,76 ha.
2. Metode yang digunakan untuk perhitungan debit sungai adalah *SCS Curve Number* pada parameter *Loss*, *SCS Unit Hydrograph* pada parameter *Transform*, dan *Lag* pada parameter *routing* pada aplikasi *HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System)*.
3. Dalam penelitian ini digunakan data curah hujan tahun 2013 dan tahun 2015.
4. Stasiun curah hujan yang digunakan adalah 1 Stasiun yaitu Stasiun Meteorologi Cut Nyak Dhien Nagan Raya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Hidrologi

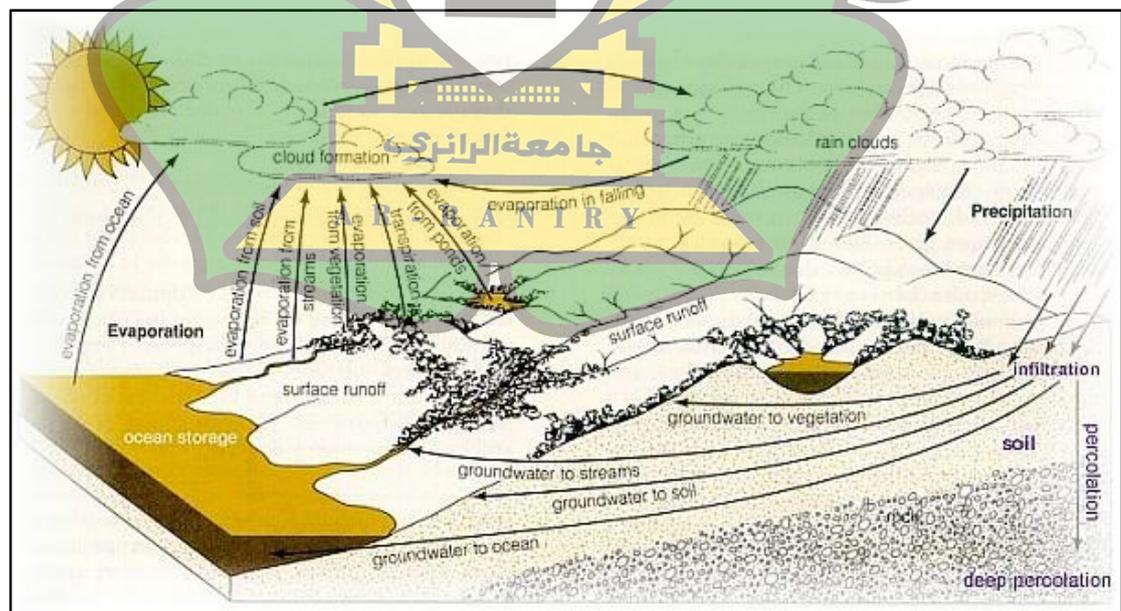
Siklus hidrologi merupakan bagian penting dari alam yang sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia. Siklus ini merupakan suatu proses perpindahan air dari suatu tempat ke tempat lain, yang mana mempengaruhi ketersediaan air pada suatu daerah. Meskipun jumlah air bumi relatif tidak berubah dari tahun ke tahun, tetapi ketersediaan air pada suatu area merupakan bagian dari pendistribusian air pada siklus hidrologi ini, yang mempengaruhi terjadinya siklus hidrologi. Dalam siklus hidrologi matahari terus menerus menguapkan air ke atmosfer, sebagian dari air yang diuapkan itu kembali ke bumi sebagian lagi menjadi hujan dan salju. Sebagian dari hujan ini diuapkan kembali ke atmosfer, ada juga yang mengalir ke danau dan sungai sebelum kembali ke laut (Tiwery dkk. 2022).

Siklus hidrologi merupakan suatu proses kontinyu dimana keadaan air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Hujan yang jatuh sebagian akan tertahan oleh tumbuhan dan sisanya akan sampai ke permukaan tanah. Hujan yang jatuh di permukaan tanah menyebar ke berbagai arah dengan beberapa cara. Sebagian akan tertahan sementara di permukaan bumi sebagai es atau salju, atau genangan air, yang dikenal dengan simpanan depresi, sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah juga akan meresap sampai ke dalam tanah (*infiltrasi*), dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (*surface run off*). Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (*perkolasi*) yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut, siklus ini berlangsung terus menerus (Mopangga, 2020).

Di bawah permukaan tanah, pori-pori tanah berisi air dan udara. Daerah ini dikenal sebagai zona kapiler (*vadose zone*), atau zona aerasi. Air yang tersimpan di zona ini disebut kelengasan tanah (*soil moisture*), atau air kapiler. Pada kondisi tertentu air dapat mengalir secara lateral pada zona kapiler, proses ini disebut *interflow*. Uap air dalam zona kapiler dapat juga kembali ke permukaan tanah

kemudian menguap. Kelebihan kelengasan tanah akan ditarik masuk oleh gravitasi, proses ini disebut drainase gravitasi. Pada kedalaman tertentu, pori-pori tanah atau batuan akan jenuh air. Batas atas zona jenuh air disebut muka air tanah (*water table*). Air yang tersimpan dalam zona jenuh air disebut air tanah. Air tanah ini bergerak sebagai aliran air tanah melalui batuan atau lapisan tanah sampai akhirnya keluar ke permukaan sebagai sumber air (*spring*), atau sebagai rembesan ke danau, waduk, sungai, atau ke laut. Air yang mengalir dalam saluran atau sungai dapat berasal dari aliran permukaan atau dari air tanah yang merembes di dasar sungai.

Kontribusi air tanah pada aliran sungai disebut aliran dasar (*baseflow*), sementara total aliran disebut debit (*run off*). Air yang tersimpan di waduk, danau, dan sungai disebut air permukaan (*surface water*). Dalam kaitannya dengan perencanaan drainase, komponen dalam siklus hidrologi yang terpenting yaitu aliran permukaan, oleh karena komponen inilah yang ditangani secara baik untuk menghindari berbagai bencana, khususnya bencana banjir. Proses siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Sumber: Syarifudin (2017)

Gambar 2.1. Hidrologi Terapan

2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (*drainage area/river basin*) yang disingkat menjadi DAS adalah bagian dari muka bumi yang airnya mengalir ke dalam sungai tertentu. Atau pengertian lain yang dimaksud daerah aliran sungai yaitu wilayah tampungan air hujan yang masuk ke dalam wilayah air sungai. Jadi sebuah sungai beserta anak-anak sungainya membentuk satu daerah aliran (Fuady & Azizah, 2008).

DAS merupakan suatu sistem kompleks yang dibangun atas sistem fisik (*physical systems*), sistem biologis (*biological systems*) dan sistem manusia (*human systems*) yang saling terkait dan berinteraksi satu sama lain. Tiap komponen dalam sistem atau subsistemnya memiliki sifat yang khas dan keberadaannya berhubungan dengan komponen lain membentuk kesatuan sistem ekologis (ekosistem). Dengan demikian jika terdapat gangguan atau ketidakseimbangan pada salah satu komponen maka akan memiliki dampak berantai terhadap komponen lainnya (Susetyaningsih, 2012).

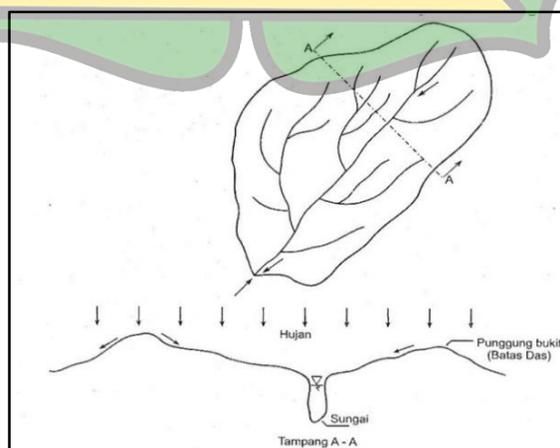
Berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Daerah Aliran Sungai yang (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari 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. Karakteristik DAS merupakan gambaran spesifik mengenai DAS yang dicirikan oleh parameter yang berkaitan dengan keadaan morfometri, topografi, tanah geologi, vegetasi, penggunaan lahan, hidrologi dan manusia (Agustina dkk, 2022).

DAS biasanya dibagi menjadi tiga bagian yaitu daerah hulu, tengah, dan hilir (Permen No 39 tahun 1989). Sebuah DAS yang besar dapat dibagi menjadi Sub DAS-Sub DAS yang lebih kecil. Sub DAS adalah bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama (Utama, 2022) Daerah Aliran Sungai memiliki peran yang sangat penting bagi siklus hidrologi, kemampuannya menjaga dan menjadi tempat untuk mengalirkan air dari hulu ke hilir sebagai sumber kehidupan menjadi jaminan yang akan menyatukan komponen

biotik dan abiotik dalam menjaga keseimbangan lingkungan. Adanya Daerah Aliran Sungai yang terawat dapat meminimalisir kerusakan alam, karena lingkungannya yang terjaga (Atmajayani, 2022).

Kerusakan daerah aliran sungai (DAS) dipercepat oleh peningkatan pemanfaatan sumber daya alam sebagai akibat dari penambahan penduduk dan perkembangan ekonomi, kebijakan yang belum berpihak kepada pelestarian sumber daya alam, serta masih kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam konteks pemanfaatan dan pelestarian sumber daya alam. karena kerusakan daerah aliran sungai (DAS) akan mengakibatkan hilangnya kemampuan untuk menyimpan air, meningkatkan frekuensi banjir tahunan, menurunkan kuantitas dan kualitas air sepanjang tahun serta meningkatkan erosi tanah dan sedimentasi (Hariati dkk., 2022).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Luas DAS diperkirakan dengan mengukur daerah itu pada peta topografi. Luas DAS sangat berpengaruh terhadap debit sungai. Pada umumnya semakin besar DAS semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit sungai (Afrian Mirza, 2016). Gambar DAS dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini. I R Y

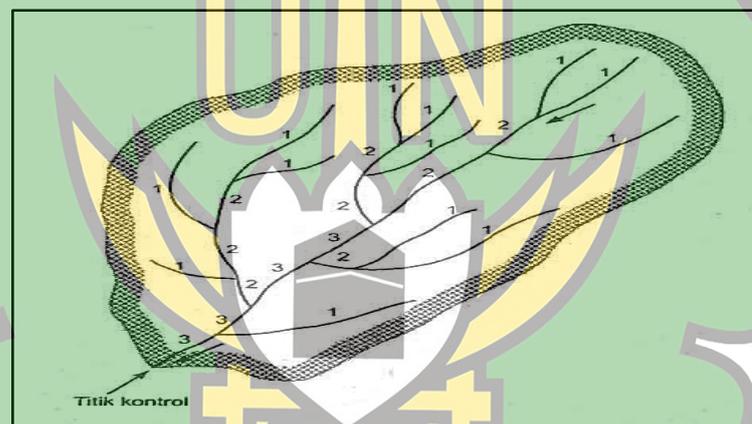


Sumber: Prabowo (2009)

Gambar 2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.2.1. Tingkatan sungai

Jaringan sungai dan anak-anak sungainya mempunyai bentuk seperti percabangan pohon. Parit-parit bergabung membentuk alur yang lebih besar, yang selanjutnya beberapa alur bergabung membentuk anak sungai, dan kemudian beberapa anak sungai tersebut membentuk sungai utama. Jaringan sungai dapat diklasifikasikan secara sistematis menurut tingkatan alur sungai berdasar posisinya dalam jaringan (Triatmodjo, 2008) . Tingkatan sungai ditetapkan berdasar ukuran alur dan posisinya; tingkatan terendah untuk alur terkecil yang merupakan sungai-sungai paling ujung dan tingkat yang lebih tinggi untuk alur yang lebih besar yang berada di bagian hilir dapat di lihat pada Gambar 2.2.



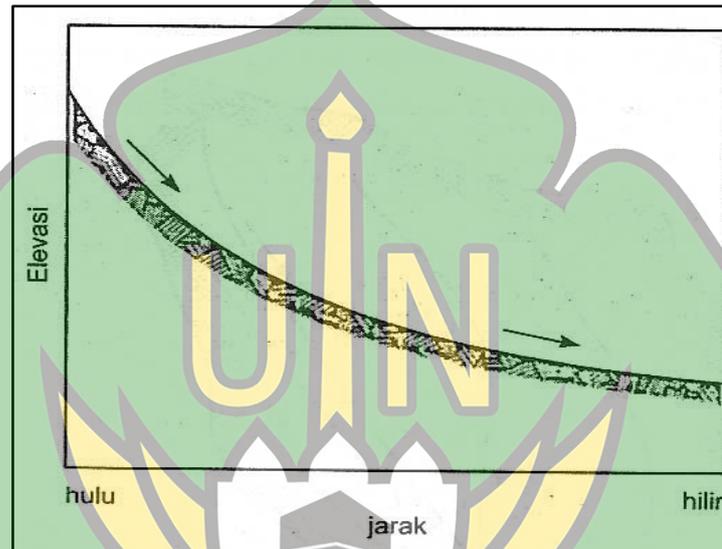
Sumber: Prabowo (2009)

Gambar 2.3. Tingkatan Sungai

2.2.2. Kemiringan Sungai

Kemiringan sungai merupakan Kurva yang menunjukkan hubungan antara elevasi dasar sungai dan jarak yang diukur sepanjang sungai mulai dari ujung hulu sampai muara disebut disebut profil memanjang sungai atau kemiringan sungai. Kemiringan sungai utama dapat untuk menentukan kemiringan DAS. Profil memanjang biasanya mempunyai bentuk cekung ke atas. Kemiringan sungai di daerah hulu lebih tajam bila dibandingkan dengan bagian hilir. Air bergerak ke hilir karena pengaruh gaya gravitasi, sehingga semakin besar kemiringan, semakin besar pula kecepatan aliran, dan sebaliknya waktu aliran menjadi semakin pendek. Selain

itu juga terdapat hubungan langsung antara volume limpasan permukaan dan kemiringan DAS. Kemiringan yang lebih tajam menyebabkan kecepatan limpasan permukaan lebih besar yang mengakibatkan kurang waktu untuk terjadinya infiltrasi, sehingga aliran permukaan terjadi lebih banyak (Hartini, 2017). Gambaran ilustrasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Sumber: Prabowo (2009)

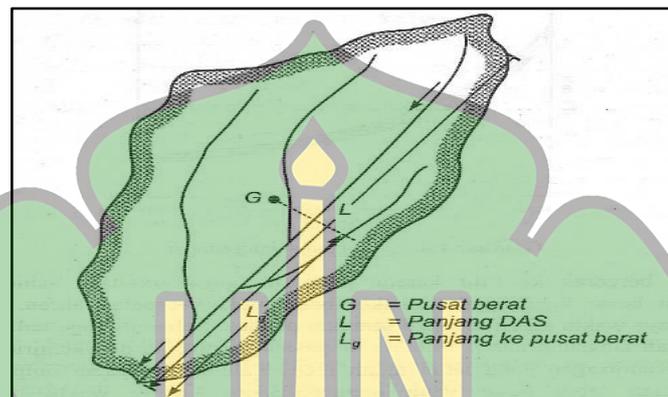
Gambar 2.4. Profil Memanjang Sungai

2.2.3. Panjang sungai

Panjang sungai diukur pada peta berdasarkan data DEM yang di dapat dari DEMNAS. Dalam memperkirakan panjang suatu segmen sungai disarankan untuk mengukurnya beberapa kali dan kemudian dihitung panjang reratanya. Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau atau muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai (Nugraha, 2019).

Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS sangat penting dalam analisis aliran limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS L adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau ke titik terjauh dari batas DAS. Panjang pusat berat L_c adalah panjang sungai yang diukur sepanjang sungai dari

stasiun yang ditinjau sampai titik terdekat dengan titik berat daerah aliran sungai. Pusat Berat DAS adalah pusat berat titik perpotongan dari dua atau lebih garis lurus yang membagi DAS menjadi dua DAS yang kira-kira sama besar (Fitriyanti, 2018). Gambar 2.4 menunjukkan panjang sungai.



Sumber: Prabowo (2009)

Gambar 2.5. Panjang Sungai

Jumlah panjang sungai semua tingkat L_T adalah jumlah dari panjang semua segmen semua tingkat. L_T digunakan untuk mengukur kerapatan sungai D , yaitu jumlah panjang sungai semua tingkat dalam DAS dibagi dengan luas DAS (Hartini, 2017).

2.2.4. Karakteristik DAS

Karakteristik DAS adalah gambaran spesifik terkait DAS yang dicirikan pada parameter yang berkaitan dengan keadaan topografi, morfometri, tanah geologi, penggunaan lahan, vegetasi, hidrologi dan manusia (Agustina & Kastamto, 2022).

Naharuddin dkk, (2018), menyatakan karakteristik DAS dispesifikasikan kepada dua faktor, yaitu faktor lahan (*ground factor*), yang didalamnya termasuk vegetasi, geologi, tanah, geomorfologi, dan topografi. Vegetasi memiliki andil yang sangat besar dalam kelangsungan siklus hidrologi DAS terutama intercepting hujan dan proses transpirasi air yang terserap oleh akarnya. Masuknya air ke dalam tanah pada suatu aliran DAS berguna untuk mengoptimalkan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*), hal ini terjadi di proses infiltrasi. Kedalaman, variasi jenis tanah,

struktur penyusun tanah dan luas bisa mempengaruhi karakteristik jenis infiltrasi dan kelembaban tanah (*soil moisture storage*).

Menurut Verstappen (1985) dalam Maimunah dkk. (2020), mengatakan bahwa salah satu karakteristik yang dimiliki oleh DAS adalah karakteristik morfometri. Morfometri adalah karakteristik kuantitatif dari suatu aspek bentuk lahan, yang antara lain berisi penjelasan tentang kelerengan, bentuk lereng, panjang lereng, ketinggian rasio tinggi, bentuk lembah dan pola aliran. Morfometri DAS juga berperan penting terhadap proses pengelolaan air hujan yang jatuh pada sekitaran wilayah DAS.

Sungai merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS), aliran permukaan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) terjadi dalam beberapa bentuk yaitu: Aliran limpasan pada permukaan tanah, Aliran melalui parit atau selokan, Aliran melalui sungai-sungai kecil, dan Aliran melalui sungai – sungai utama. Aliran limpasan pada permukaan tanah terjadi selama atau setelah hujan dalam bentuk lapisan air yang mengalir pada permukaan tanah. Aliran tersebut masuk dalam parit yang kemudian mengalir ke sungai-sungai kecil dan selanjutnya menjadi aliran pada sungai utama. Karakteristik hidrologis dari daerah tangkapan air dipengaruhi oleh luas, bentuk, relief, panjang sungai, dan pola drainase daerah tangkapan (Darsono, 2007). Dalam karakteristik sungai yang mempengaruhi debit banjir terdapat beberapa komponen sebagai berikut: Tingkatan sungai, Daerah Aliran Sungai (DAS), Panjang sungai, dan Kemiringan sungai.

Menurut Suripin (2004), dalam Verrina dkk. (2013). Faktor - faktor yang mempengaruhi limpasan dibagi dalam 2 kelompok, yakni faktor *meteorology* dan karakteristik daerah tangkapan saluran atau daerah aliran sungai (DAS).

a. Faktor Meteorologi

Faktor - faktor yang termasuk dalam kelompok elemen - elemen meteorologi adalah sebagai berikut:

1. Intensitas Curah Hujan

Pengaruh intensitas curah hujan pada limpasan permukaan tergantung dari kapasitas infiltrasi. Jika intensitas curah hujan melampaui kapasitas infiltrasi, maka

besarnya limpasan akan segera meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas curah hujan. Akan tetapi, besarnya peningkatan limpasan itu tidak sebanding dengan peningkatan curah hujan lebih, yang disebabkan oleh efek penggenangan di permukaan tanah. Intensitas hujan berpengaruh pada debit maupun volume limpasan.

2. Durasi Hujan

Di setiap daerah aliran mempunyai satuan durasi hujan atau lama hujan kritis. Jika lamanya curah hujan itu kurang dari lamanya hujan kritis, maka lamanya limpasan akan sama dan tidak tergantung dari intensitas curah hujan. Jika lamanya curah hujan itu lebih panjang, maka lamanya limpasan permukaan itu juga menjadi lebih panjang.

3. Distribusi Curah Hujan

Jika kondisi - kondisi seperti topografi, tanah dan lain - lain diseluruh daerah pengaliran itu sama dan umpamanya jumlah curah hujan itu sama, maka curah hujan yang distribusinya merata yang mengakibatkan debit puncak yang minimum. Banjir di daerah pengaliran yang besar kadang - kadang terjadi oleh curah hujan lebat yang distribusinya merata, dan sering kali terjadi oleh curah hujan biasa yang mencakup daerah yang luas meskipun intensitasnya kecil. Sebaliknya, di daerah pengaliran yang kecil, debit puncak maksimum dapat terjadi oleh curah hujan lebat dengan daerah hujan yang sempit.

b. Karakteristik DAS

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi luas dan bentuk DAS, topografi, dan tata guna lahan.

1. Luas dan bentuk DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Akan tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas, besarnya akan berkurang dengan bertambah luasnya DAS. Hal ini berkaitan dengan

waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik kontrol (waktu konsentrasi), dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Pengaruh bentuk DAS terhadap aliran permukaan dapat ditunjukkan dengan memperhatikan hidrograf-hidrograf yang terjadi pada dua buah DAS yang bentuknya berbeda namun mempunyai luas yang sama dan menerima hujan dengan intensitas yang sama. Bentuk DAS memanjang dan sempit cenderung menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan DAS yang berbentuk melebar atau melingkar, gambaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber : Panduan HEC HMS, Prabowo (2009)

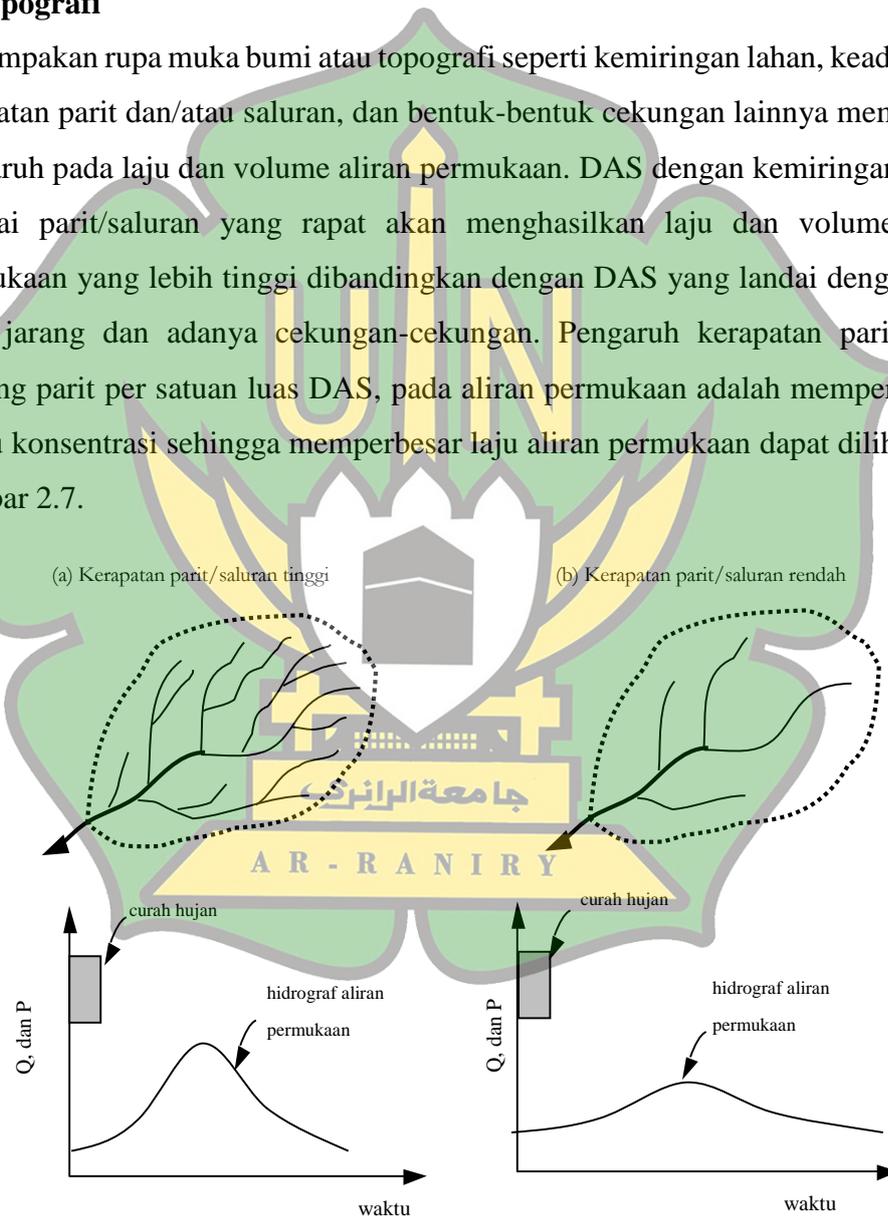
Gambar 2.6. Pengaruh Bentuk DAS pada Aliran Permukaan

Hal ini terjadi karena waktu konsentrasi DAS yang memanjang lebih lama dibandingkan dengan DAS melebar, sehingga terjadinya konsentrasi air di titik kontrol lebih lambat yang berpengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. Faktor bentuk juga dapat berpengaruh pada aliran permukaan apabila hujan yang terjadi tidak serentak di seluruh DAS, tetapi bergerak dari ujung yang satu ke ujung lainnya, misalnya dari hilir ke hulu DAS. Pada DAS memanjang laju aliran akan lebih kecil karena aliran permukaan akibat hujan di hulu belum memberikan

kontribusi pada titik kontrol ketika aliran permukaan dari hujan di hilir telah habis, atau mengecil. Sebaliknya pada DAS melebar, datangnya aliran permukaan dari semua titik di DAS tidak terputus banyak, artinya air dari hulu sudah tiba sebelum aliran dari hilir mengecil/habis.

2. Topografi

Tampakan rupa muka bumi atau topografi seperti kemiringan lahan, keadaan dan kerapatan parit dan/atau saluran, dan bentuk-bentuk cekungan lainnya mempunyai pengaruh pada laju dan volume aliran permukaan. DAS dengan kemiringan curam disertai parit/saluran yang rapat akan menghasilkan laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan DAS yang landai dengan parit yang jarang dan adanya cekungan-cekungan. Pengaruh kerapatan parit, yaitu panjang parit per satuan luas DAS, pada aliran permukaan adalah memperpendek waktu konsentrasi sehingga memperbesar laju aliran permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Sumber : Prabowo (2009)

Gambar 2.7. Pengaruh Kerapatan Parit/Saluran pada Hidrograf Aliran Permukaan

3. Tata guna lahan

Pengaruh tata guna lahan pada aliran permukaan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya aliran permukaan dan besarnya curah hujan. Angka koefisien aliran permukaan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai $C = 0$ menunjukkan bahwa semua air hujan terintersepsi dan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai $C = 1$ menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai aliran permukaan. Pada DAS yang masih baik harga C mendekati nol, semakin rusak suatu DAS, harga C makin mendekati satu.

2.3. Curah Hujan dan Intensitas Hujan

Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan intensitas hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono, 2003).

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi DAS, karena jumlah hujan dialihragamkan menjadi aliran sungai (*run off*) melalui limpasan permukaan, aliran bawah tanah, maupun aliran air tanah. Menurut Haan, dkk. (1982) dalam Setyowati, (2010), hujan dan aliran saling berhubungan dalam hal hubungan antara volume hujan dengan volume aliran, distribusi hujan per waktu mempengaruhi hasil aliran, dan frekuensi kejadian hujan mempengaruhi aliran.

2.4. Limpasan (*Run Off*)

Limpasan permukaan merupakan air hujan yang tidak dapat ditahan oleh tanah, vegetasi atau cekungan dan akhirnya mengalir langsung ke sungai atau laut. Besarnya nilai aliran permukaan sangat menentukan besarnya tingkat kerusakan akibat erosi maupun banjir. Besarnya nilai aliran permukaan dipengaruhi oleh curah hujan, vegetasi (penutup lahan), adanya bangunan penyimpan air dan faktor lainnya (Verrina dkk. 2013)

2.5. HEC-HMS

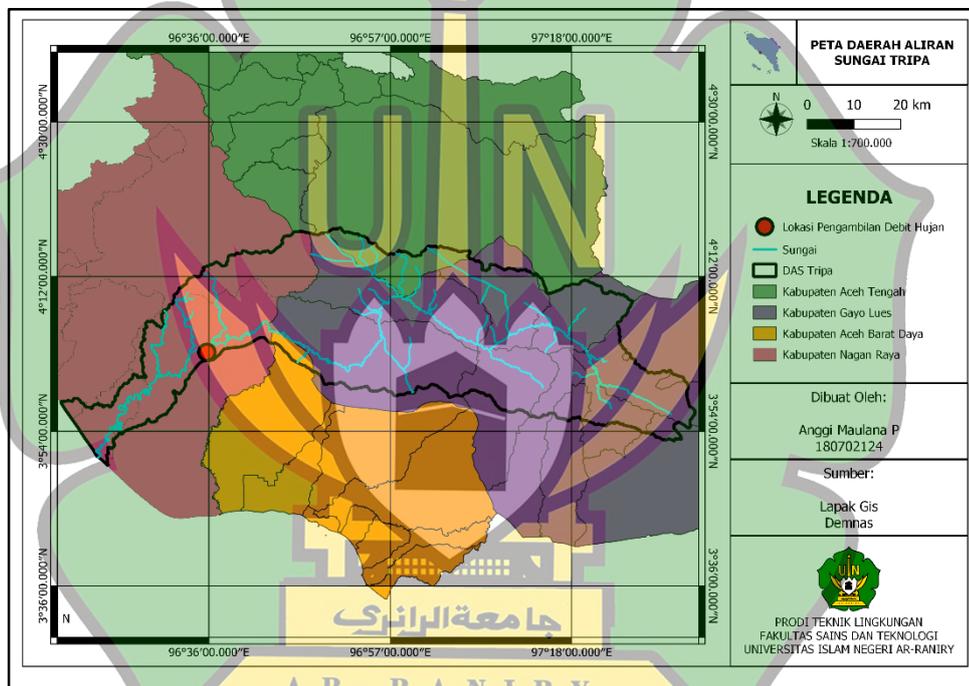
HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center e Hydrologic Modeling System*) merupakan sebuah program yang dikembangkan oleh Korps Insinyur Angkatan Darat AS (Feldman, 2000) yang dapat digunakan untuk banyak simulasi hidrologi. Model HEC-HMS dapat diterapkan untuk menganalisis banjir perkotaan, frekuensi banjir, perencanaan sistem peringatan banjir, kapasitas pelimpah waduk, pemulihan aliran, dll. (U.S. Army Corps of Engineers, 2008).



BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada DAS Tripa yang mencakup sebagian besar daerah Kabupaten Nagan Raya dan Gayo Lues, serta mencakup sedikit bagian kabupaten Aceh Tengah dan juga Aceh Barat Daya.



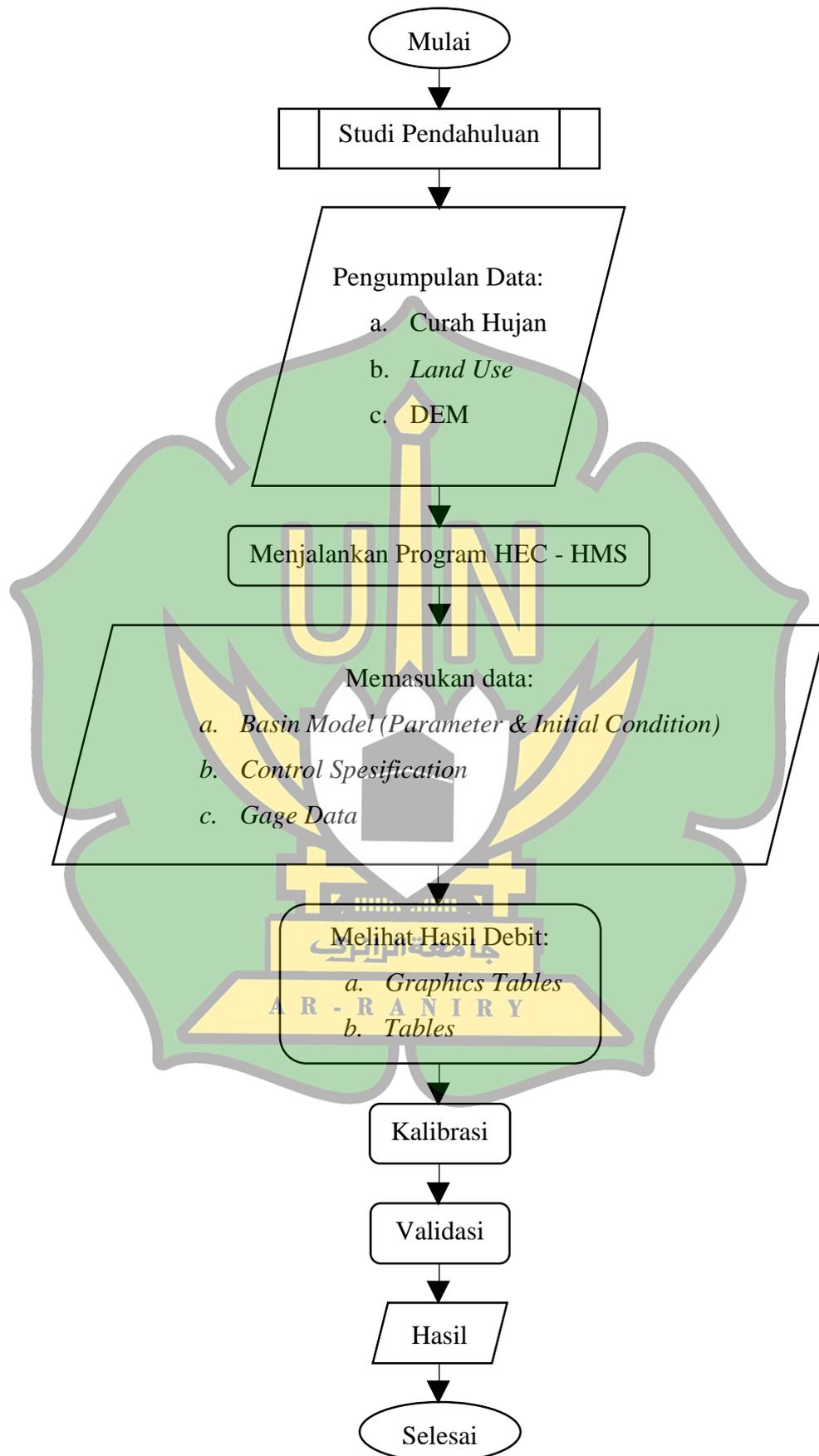
Gambar 3.1. Peta Batas Kabupaten pada DAS Tripa

Metode yang digunakan dalam pengerjaan perhitungan debit sungai DAS Tripa adalah dengan metode deskriptif. Menurut Suryabrata (1983), dalam metode deskriptif merupakan metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal.

3.2. Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan diawali dengan tahapan studi literatur, mencari informasi yang bersumber dari buku, jurnal, dan skripsi terdahulu. Kemudian dilakukan tahapan pengumpulan data dengan jenis data sekunder yang dapat dilihat dalam tabel 3.1. Tahapan analisis data dilakukan sebagai proses pengolahan menggunakan model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center e Hydrologic Modeling System*) dalam mensimulasikan debit banjir pada Krueng Tripa, dan dilakukan kalibrasi dan validasi untuk mendapatkan keakuratan penelitian. Selanjutnya didapatkan hasil penelitian dan selesai. Adapun tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2.





Gambar 3.2. Skema Bagan Alir Analisis Model HEC – HMS

3.3. Data Penelitian

Variasi data yang di perlukan pada penelitian kali ini adalah data sekunder yang di peroleh dari badan instansi terkait. Rincian data yang di perlukan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Pengumpulan Data

No	Jenis Data	Keterangan	Format Data	Sumber
1	Curah Hujan	2013 dan 2015	Xls.	https://dataonline.bmkg.go.id
2	Peta Delenasi	2022	Tif.	DEMNAS dan LapakGis
3	Jenis Tanah dan Tata Guna Lahan	2022	Shp.	https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/Global_Hydrologic_Soil_Group.html
4	Debit sungai Gunung Kong	2013-2017	Xls.	BWS Regional 1 Sumatera Aceh

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang di gunakan dalam penelitian ini adalah analisis dokumen, teknik ini melibatkan pengumpulan data dari dokumen-dokumen yang relevan dengan topik penelitian seperti pengumpulan data curah hujan, debit sungai, tinggi muka air, peta delenasi, dan peta jenis tanah serta tata guna lahan. Data tersebut kemudian di analisis untuk mendapatkan hasil yang dibutuhkan.

3.4.1. Curah hujan

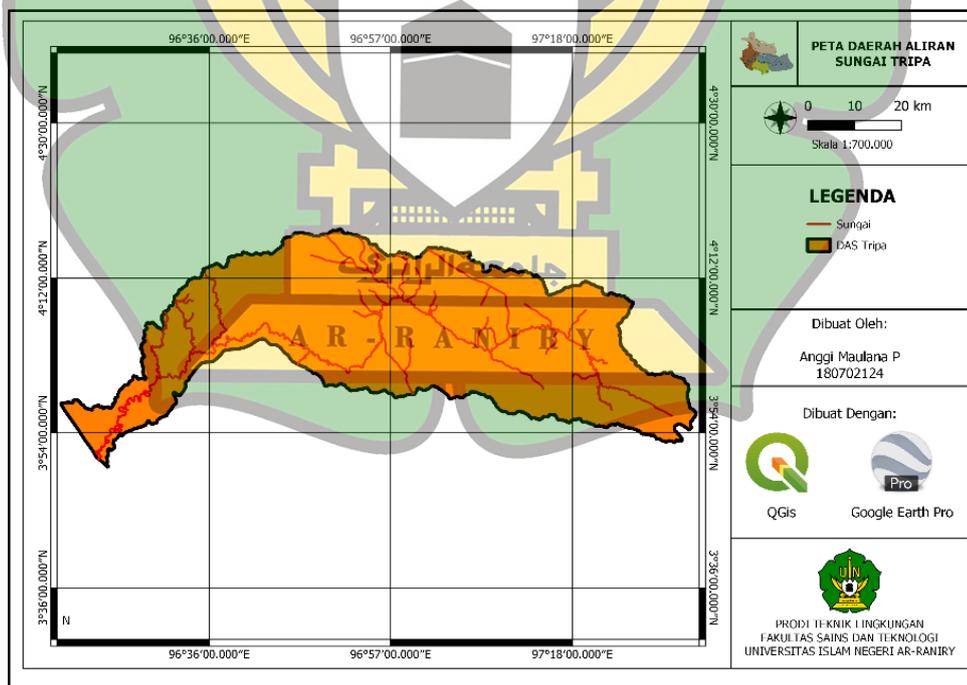
Curah hujan atau disebut dengan presipitasi adalah peristiwa jatuhnya cairan dari atmosfer ke permukaan bumi untuk pemodelan ini data curah hujan yang

digunakan adalah data curah tahunan dalam kurun waktu 2 tahun yang bersumber dari BMKG pada stasiun hujan Meteorologi Cut Nyak Dhien.

3.4.2. Peta Delenasi

Peta delenasi adalah peta yang digunakan untuk menunjukkan batas-batas administratif suatu wilayah. Peta ini biasanya digunakan untuk memvisualisasikan pembagian wilayah. Peta delenasi dapat berupa peta konvensional atau peta digital, dan biasanya mencakup informasi seperti batas-batas wilayah, nama wilayah, dan mungkin juga fitur-fitur geografis penting lainnya. Peta delenasi penting dalam administrasi pemerintahan, perencanaan wilayah, pemetaan, dan analisis geografis.

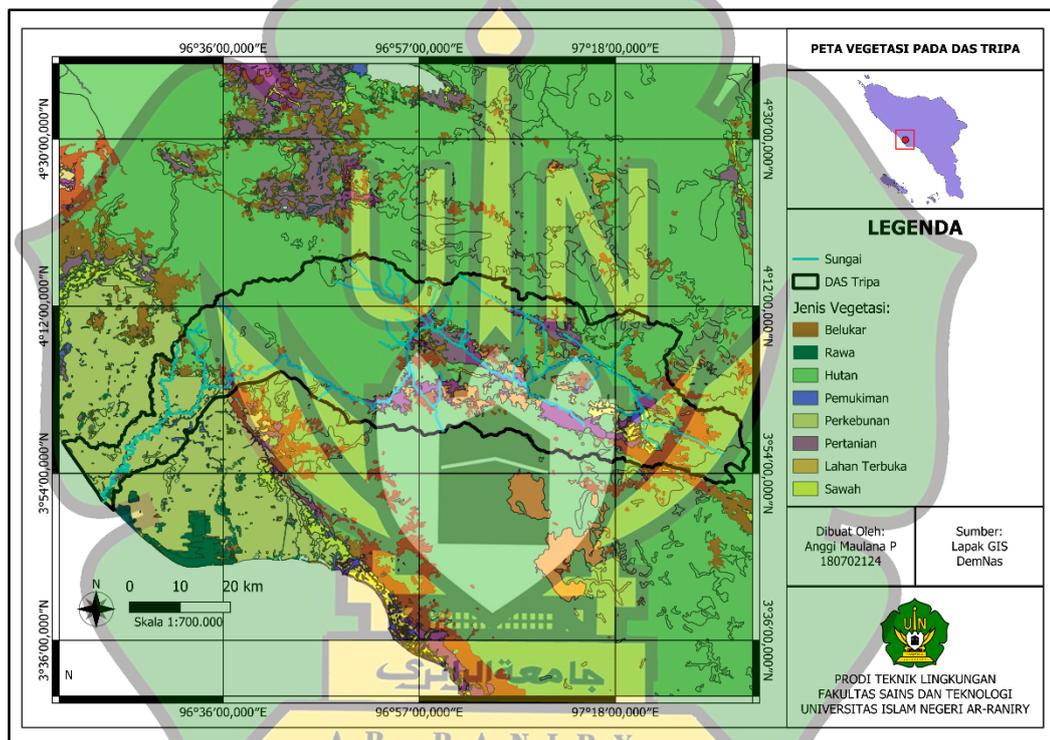
Peta delenasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta batas DAS Tripa skala 1 : 25.000 yang bersumber dari LapakGis. Proses digitasi peta dasar dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis Pro dan QGIS. Hasil proses digitasi peta delenasi berupa file berekstensi .shp, yang pada nantinya akan diperlukan dalam model HEC-HMS.



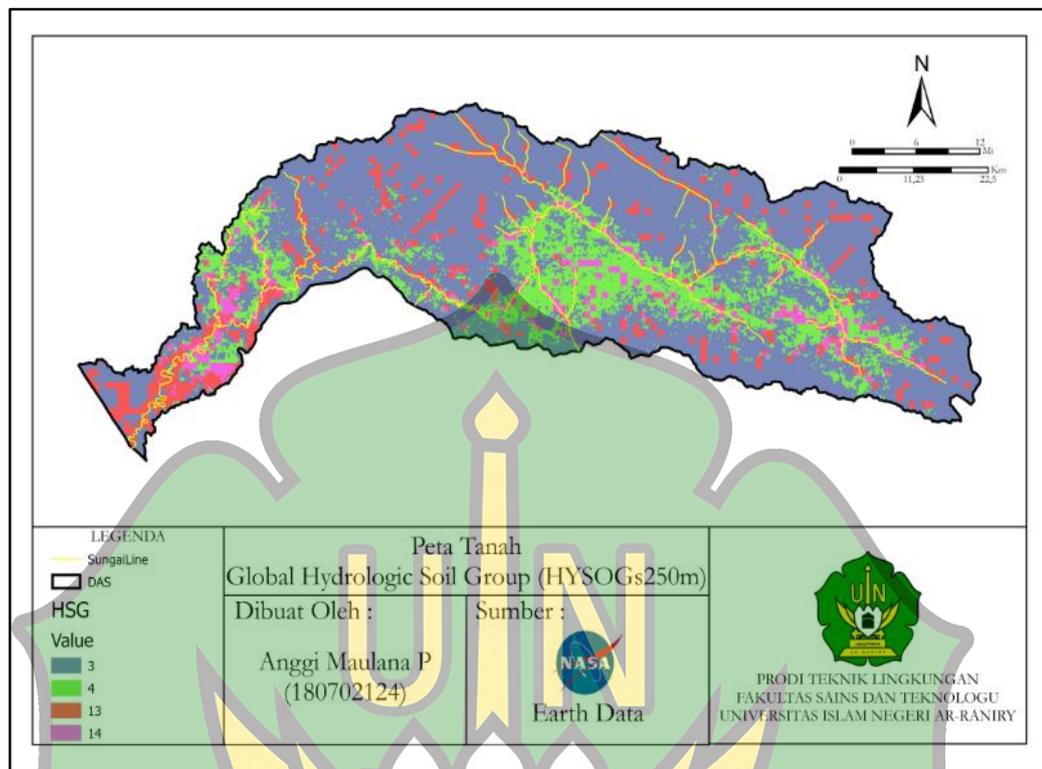
Gambar 3.3. Peta DAS Tripa

3.4.3. Peta jenis tanah dan tata guna lahan

Peta jenis tanah dan tata guna lahan merupakan peta vegetasi secara keseluruhan. Proses ini dibutuhkan guna mencari nilai *Curve Number* (CN) yang merupakan pendekatan empiris untuk mengestimasi aliran permukaan (*run off*), dan juga nilai kedap air (*Impervious*) pada proses pemodelan HEC-HMS (Tinasuci dkk., 2021). Pada tahap ini juga dibutuhkan proses digitasi dengan perangkat lunak ArchGis dan QGis.



Gambar 3.4. Peta Tata Guna Lahan



Gambar 3.5. Peta Jenis Tanah

3.4.4. Data jenis tanah

Data jenis tanah diperlukan untuk menemukan nilai CN, data ini dikeluarkan oleh NASA dalam bentuk tabel dan file .shp yang mana dapat dimasukkan ke dalam Arcgis untuk menganalisis nilai CN pada DAS Tripa. Adapun penjelasan nilai per piksel pada peta tanah *Global Hydrologic Soil Group* (HYSOGs250m) adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Nilai Perpiksel Peta Tanah *Global Hydrologic Soil Group* (HYSOGs250m)

Nilai Pixel	Deskripsi
1	HSG-A: potensi aliran rendah (>90% pasir dan <10% tanah liat)
2	HSG-B: potensi limpasan yang cukup rendah (50-90% pasir dan 10-20% tanah liat)
3	HSG-C: potensi limpasan cukup tinggi (<50% pasir dan 20-40% tanah liat)
4	HSG-D: potensi limpasan yang tinggi (<50% pasir dan >40% tanah liat)

11	HSG-A/D: potensi limpasan tinggi kecuali dikeringkan (>90% pasir dan <10% tanah liat)
12	HSG-B/D: potensi limpasan tinggi kecuali dikeringkan (50-90% pasir dan 10-20% tanah liat)
13	HSG-C/D: potensi limpasan tinggi kecuali dikeringkan (<50% pasir dan 20-40% tanah liat)
14	HSG-D/D: potensi limpasan tinggi kecuali dikeringkan (<50% pasir dan >40% tanah liat)

Sumber: NASA (2020)

Skema klasifikasi digunakan untuk mengembangkan kelompok tanah hidrologi (HSGs).

Tabel 3.3. Kelas Tekstur Tanah

HSG	kelas tekstur tanah	Potensi limpasan	soilGrids250m nilai kelas tekstur soilGrids250m
A	Pasir	Rendah	12
B	Lempung berpasir, pasir lempung	Cukup rendah	9, 11
C	Lempung liat, Lempung liat berdebu, Lempung liat berpasir, Lempung, Lempung berdebu, Lanau	Cukup Tinggi	4, 5, 6, 7, 8, 10
D	Tanah liat, tanah liat berdebu, tanah liat berpasir	Tinggi	1, 2, 3
A/D	Pasir	Tinggi	12
B/D	Lempung berpasir, pasir lempung	Tinggi	9, 11
C/D	Lempung liat, Lempung liat berdebu, Lempung liat berpasir, Lempung, Lempung berdebu, Lanau	Tinggi	4, 5, 6, 7, 8, 10
D/D	Tanah liat, tanah liat berdebu, tanah liat berpasir	Tinggi	1, 2, 3

Sumber: NASA (2020)

3.5. Analisis Data

Analisis data adalah proses mengumpulkan, membersihkan, mengorganisir, menganalisis, dan menginterpretasikan data untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang suatu masalah yang dapat digunakan untuk membuat keputusan atau mengambil tindakan. Adapun analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.5.1. Estimasi Ketersediaan Air

Ketersediaan air dalam ekosistem DAS dipengaruhi oleh faktor hidrometeorologi fisik (curah hujan, temperatur, lereng dan jenis tanah/batuan), faktor biotik (vegetasi dan penutup lahan), dan faktor sosial (penggunaan lahan dan mata pencaharian penduduk).

3.5.2. Menjalankan Program HEC-HMS

Dalam pengerjaan aplikasi HEC-HMS, diperlukan beberapa komponen data utama yang saling terkait untuk menghasilkan simulasi hidrologi yang akurat.

1. Pertama, Basin Model berfungsi sebagai representasi digital dari alur aliran sungai dalam Daerah Aliran Sungai (DAS), yang memudahkan proses *input data* ke dalam program. Komponen ini mencakup elemen-elemen seperti *Subbasin, Junction, Reach, dan Sink*, yang secara kolektif menggambarkan karakteristik fisik DAS.
2. Selanjutnya, *Control Specification* berperan penting dalam menentukan parameter waktu simulasi, termasuk kala ulang hujan yang ingin dianalisis.
3. *Gage Data* merupakan komponen krusial yang berisi data curah hujan dan debit observasi, yang dalam konteks ini mencakup data hujan tahunan selama dua tahun (2015 untuk kalibrasi dan 2013 untuk validasi).
4. *Precipitation Model*, sebagai bagian dari *Meteorologic Model*, digunakan untuk mengintegrasikan data curah hujan dengan karakteristik *subbasin* yang telah didefinisikan sebelumnya.

Setelah semua komponen ini disiapkan dan diintegrasikan, proses menjalankan HEC-HMS dapat dilakukan untuk menghasilkan simulasi dan

mengidentifikasi potensi *error*. Tahap akhir melibatkan kalibrasi dan validasi model dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data observasi, yang merupakan langkah penting untuk memastikan akurasi dan reliabilitas model dalam merepresentasikan kondisi hidrologi DAS yang sebenarnya.

3.5.3. Metode Analisis

a. Pemodelan Hidrologi

Pemodelan hidrologi penelitian ini menggunakan model hidrologi HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydraulic Modeling System) untuk memodelkan debit sungai di DAS Tripa. HEC-HMS adalah perangkat lunak pemodelan hidrologi yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers*, HEC-HMS dirancang untuk menghitung proses hujan aliran suatu DAS, dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode perhitungan *SCS Curve Number*, dalam Wiliya (2022) metode perhitungan *SCS Curve Number* dapat ditunjukkan pada persamaan 1 berikut ini.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Dimana:

P_e : akumulasi hujan efektif pada waktu t

P : akumulasi hujan waktu t

I_a : kehilangan mula-mula (Initial Abstraction)

S : potensi penyimpanan maksimum

Hubungan empiris antara I_a dan S dapat ditunjukkan pada persamaan 2

$$I_a = 0.2 \times S$$

Akumulasi hujan efektif pada saat t ditunjukkan pada persamaan 3:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Hubungan antara nilai penyimpanan maksimum dengan karakteristik DAS berupa nilai CN pada persamaan 4:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254CN$$

Metode analisis yang dilakukan dalam mencari sebuah *lag time* atau jeda laju air pada penelitian ini menggunakan rumus t_c pada persamaan 5 berikut ini:

$$t_c = \frac{0,87 \times L^{2,385}}{1000 \times S}$$

b. Kalibrasi dan Validasi HEC-HMS

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil debit simulasi dari model HEC-HMS dengan debit pengamatan (data lapangan). Tujuan kalibrasi adalah untuk mendapatkan parameter-parameter model yang optimal sehingga hasil simulasi debit menjadi sedekat mungkin dengan debit pengamatan, untuk parameter-parameter yang dikalibrasi dalam model HEC-HMS ini antara lain:

1. *SCS Loss*: Parameter ini terkait dengan kehilangan air melalui proses infiltrasi dan intersepsi. Parameter yang dikalibrasi meliputi *Initial Abstraction* (nilai minimum 0 mm, maksimum 500 mm) dan *Curve Number* (nilai minimum 1, maksimum 100).
2. *SCS UH (Unit Hidrograf)*: Parameter *Lag* (nilai minimum 0.1 menit, maksimum 30000 menit) yang terkait dengan waktu respon DAS.
3. *Base Flow*: Parameter ini terkait dengan aliran dasar (*baseflow*). Parameter yang dikalibrasi meliputi *Initial Baseflow* (nilai minimum 0 m³/s, maksimum

100000 m³/s), *Recession Factor* (nilai minimum 0.000011, maksimum tidak terbatas), dan *Flow-to-Peak Ratio* (nilai minimum 0, maksimum 1).

4. Muskingum *Routing*: Parameter ini terkait dengan routing aliran di sungai. Parameter yang dikalibrasi meliputi K (nilai minimum 1 jam, maksimum 150 jam), X (nilai minimum > 0, maksimum 0.5), dan jumlah langkah perhitungan (*Number of Steps*) dengan nilai minimum > 1 dan maksimum 100.

Tabel 3.4. Parameter model

Model	Parameter	Min	Max
<i>SCS Loss</i>	<i>Initial abstraction</i>	0 mm	500 mm
	<i>Curve number</i>	1	100
<i>SCS UH</i>	<i>Lag</i>	0.1 min	30000 min
<i>Base flow</i>	<i>Initial baseflow</i>	0 m ³ /s	100000 m ³ /s
	<i>Recession factor</i>	0.000011	-
	<i>Flow-to-peak ratio</i>	0	1
<i>Muskingum Routing</i>	K	0.1 hr	150 hr
	X	0	0.5
	<i>Number of steps</i>	1	100

Sumber: validasi nilai debit menggunakan perbandingan koefisien relasi (R^2) (Ramadan dkk., 2020, dan Wiliya, 2022).

Validasi dilakukan dengan membandingkan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan nilai *Nash* antara debit simulasi dan debit pengamatan. Semakin tinggi nilai RMSE dan *Nash* mendekati 1, maka semakin valid model HEC-HMS dalam memprediksi debit.

Nash Sutcliffe yang Dinormalisasi atau *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) adalah ukuran kinerja yang membandingkan variasi dari residu yang dimodelkan dengan variasi aliran yang diamati (*Observed flow*). Versi metrik NSE yang dinormalisasi mengubah skalanya menjadi pada kisaran [0,1] di mana 1 menunjukkan prediksi sempurna dan 0,5 menunjukkan bahwa rata-rata aliran pengamatan (*Observed Flow*) merupakan sama baiknya dengan prediktor rangkaian waktu yang diamati (*Observed Times Series*) dengan waktu yang dimodelkan (*Times Series Model*).

Peak-Weighted RMSE adalah modifikasi dari *Root Mean Square Error* (RMSE) yang mana memberikan bobot lebih pada *error* yang berkaitan dengan aliran observasi yang lebih besar. RMSE menghitung akar kuadrat dari rata-rata residu model kuadrat, dimana residu adalah selisih antara nilai yang disimulasikan dengan yang diamati untuk suatu langkah waktu (USACE, 2022).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Debit DAS Tripa Menggunakan HEC-HMS

DAS Tripa yang memiliki titik outlet pada Pante Suak Dama memiliki Luas DAS kurang lebih $3.112,67 \text{ Km}^2$, dengan bentuk DAS yang cenderung memanjang memiliki factor bentuk (*shape factor*). Hal ini berarti bahwa apabila distribusi hujan dianggap merata di seluruh DAS, maka limpasan air permukaan (*surface run-off*) relative lebih lambat sampai di titik *outlet* (Prabowo, 2009). Hal ini juga dapat dibandingkan dengan sifat karakteristik DAS yang lain, yaitu waktu konsentrasi (t_c).

Pemodelan dalam penelitian ini menggunakan HEC-HMS. Ada beberapa parameter yang digunakan dalam pemodelan ini, Parameter lahan pada *basin model* yang digunakan adalah *loss*, *transform* dan *rooting*. Parameter *Basin Model Loss* menggunakan metode *SCS Curve Number*, data yang dimasukkan ke dalam parameter ini adalah *initial abstraction*, *Curve Number* dan *Impervious*. Parameter *Basin Model Transform* menggunakan metode *SCS Unit Hydrograph*, data yang dimasukkan ke dalam parameter ini adalah *time lag*. Parameter *Basin Model Rooting* menggunakan metode *Kinematic Wave*, data yang dimasukkan ke dalam parameter ini adalah *length*, *Slope* dan *width*.

Karakteristik DAS Tripa yang lain yang dapat dinyatakan secara kuantitatif adalah vegetasi penutup permukaan (*vegetal cover*) dan jenis tanah. Berdasarkan Tabel *Global Hydrologic Soil Group* yang dikeluarkan oleh NASA, vegetasi penutup permukaan yang didominasi hutan dan perkebunan, dan jenis tanah yang didominasi pasir (*sand*) dan lempung (*clay*) dapat dinyatakan dengan *CN Number* seperti pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1. Nilai CN dan *Impervious*

No	Tutupan Lahan	Impervious	Harga CN “Hydrologic Soil Group”			
			A	B	C	D
1	Badan Air	100	100	100	100	100
2	Hutan	5	30	55	70	77
3	Lahan Terbuka	5	74	83	88	90
4	Pemukiman	30	57	72	81	86
5	Perkebunan	5	43	65	76	82
6	Pertanian	5	61	70	77	80
7	Sawah	5	63	75	83	87

(Sumber: Tisnasuci dkk, 2021)

Parameter lainnya yang tidak dapat ditetapkan berdasarkan karakteristik DAS, dinyatakan dengan perkiraan yang masih berada dalam range nilai seperti yang ditetapkan oleh model HEC-HMS.

Simulasi optimasi yang dilakukan untuk mengkalibrasi parameter model dilakukan dengan memberikan input parameter seperti pada Tabel 3.4. Optimasi dilakukan dengan trial beberapa kali untuk mendapatkan parameter model yang optimum. Hal ini disebabkan setiap parameter memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda-beda. Parameter model optimum dapat diketahui dengan membandingkan kurva hidrograf terukur dengan kurva hidrograf simulasi, dengan nilai *Function Value* sekecil-kecilnya. *Function Value* menyatakan tingkat kesalahan (*error*) hidrograf simulasi terhadap hidrograf terukur. Semakin kecil nilai *Function Value* maka tingkat kesalahan yang terjadi juga semakin kecil.

Menurut Moriasi dkk. (2015) untuk analisis hidrologi harian, bulanan, atau tahunan (debit atau aliran), tabel di bawah ini dapat digunakan sebagai kriteria evaluasi untuk menilai hasil *Nash* yang bagus:

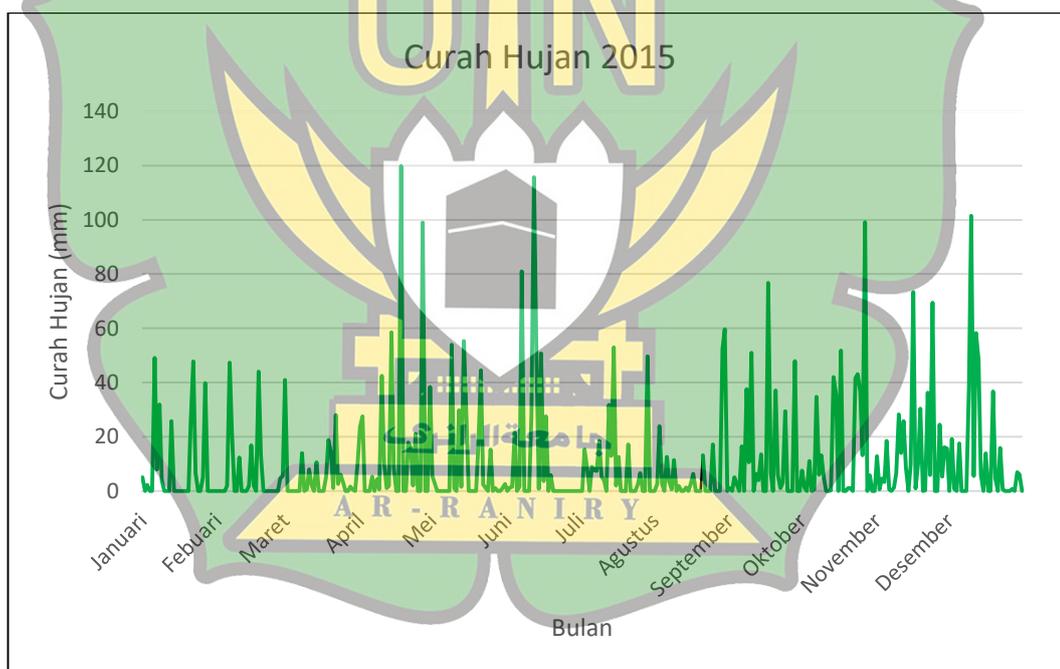
Tabel 4.2. Nilai Nash

Tidak memuaskan	Memuaskan	Baik	Sangat baik
$NSE \leq 0.50$	$0.50 < NSE \leq 0.70$	$0.70 < NSE \leq 0.80$	$NSE > 0.80$

Sumber: Moriasi dkk. (2015)

4.1.1. Data Curah Hujan

Data curah hujan merupakan data yang sangat penting dalam penginputan data model menggunakan HEC-HMS, Kekurangan data curah hujan sangat mempengaruhi hasil simulasi. Pada penelitian ini data curah hujan yang digunakan untuk melakukan kalibrasi adalah data curah hujan harian pada stasiun curah hujan Cut Nyak Dhien dengan jangka waktu 1 tahun, data hujan yang digunakan berupa data hujan tahun 2013 dan 2015, Pemilihan data hujan ini berdasarkan hasil model perbandingan dengan data hujan dan debit terukur di lapangan tahun 2013 dan 2015. Maka didapatkan hasil yang paling baik yaitu tahun 2015 dengan nilai *Nash* awal adalah -1,544. Grafik data curah hujan yang di kumpulkan dari stasiun hujan Cut Nyak Dhien Nagan Raya dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.

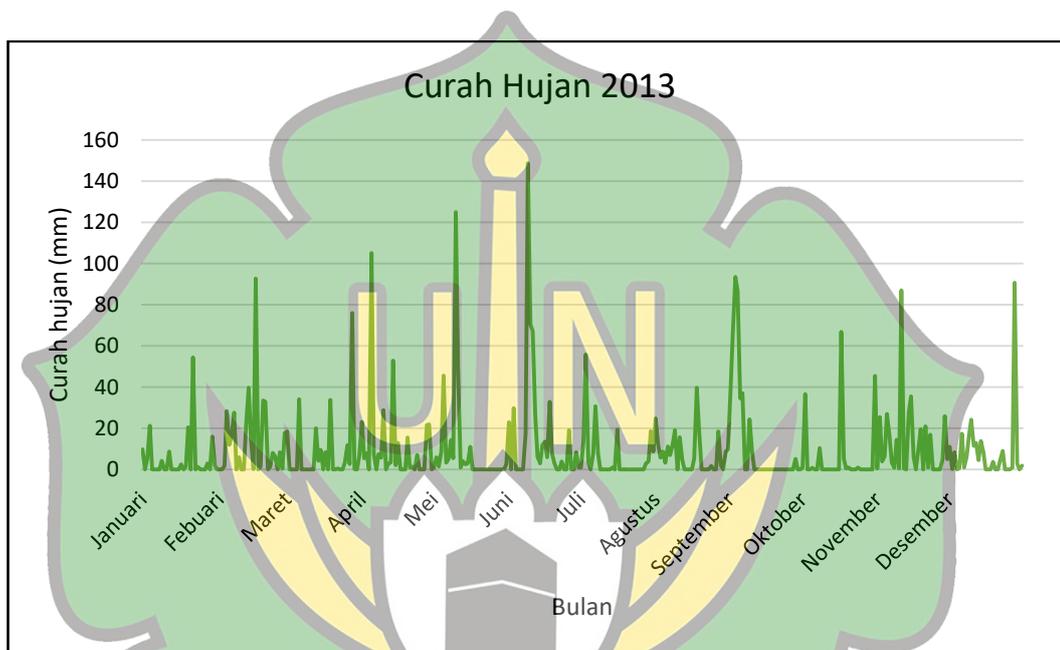


Sumber: BMKG (2015)

Gambar 4.1. Grafik data curah hujan 2015 untuk kalibrasi

Dari grafik, dapat dilihat bahwa terdapat tiga puncak curah hujan tertinggi yang terjadi pada bulan April, Juni, dan Desember. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan April dengan curah hujan sekitar 120 mm, data curah hujan tahun 2015 ini digunakan sebagai input dalam proses kalibrasi model untuk menyesuaikan parameter-parameter sehingga hasil simulasi debit mendekati data debit

pengamatan lapangan. Sedangkan untuk tahap validasi model, digunakan data curah hujan tahun 2013 sebagai masukan untuk mengevaluasi kinerja model dengan menggunakan parameter-parameter terbaik yang diperoleh dari proses kalibrasi sebelumnya. Data curah hujan tahun 2013 tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Sumber: BMKG (2013)

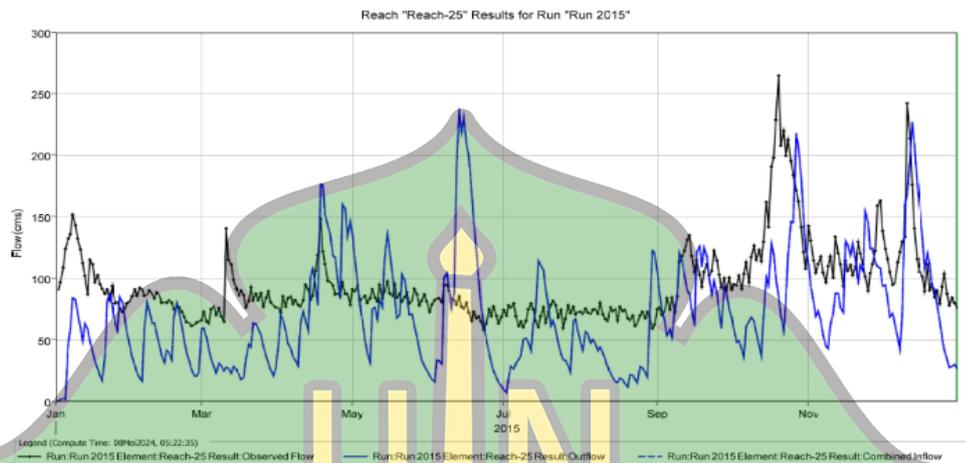
Gambar 4.2. Grafik data curah hujan 2013

Grafik diatas menunjukkan pola curah hujan tahunan pada tahun 2013, terdapat tiga puncak curah hujan tertinggi yang terjadi pada bulan April, Mei, dan Juni, dengan puncak tertinggi pada bulan Juni yang mencapai sekitar 150 mm.

4.1.2. Hasil Simulasi Sebelum Kalibrasi

Pemodelan ini menggunakan input data hujan harian dan debit pada tahun 2015. Hasil dari simulasi model ini diperoleh *peak flow* sebesar $238,4 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada tanggal 13 juni 2015, sedangkan *peak discharge* di lapangan sebesar $264,7 \text{ m}^3/\text{dt}$ terjadi pada tanggal 20 oktober 2015. Nilai *Nash* dari simulasi ini adalah sebesar -1,544 dan nilai *RMSE* 1.6 dengan persentase bias -24,52%. Dalam model ini nilai *base flow* tidak diperhitungkan. Dari hasil model HEC-HMS tersebut perlu dilakukan kalibrasi guna hasil simulasi model mendekati kondisi

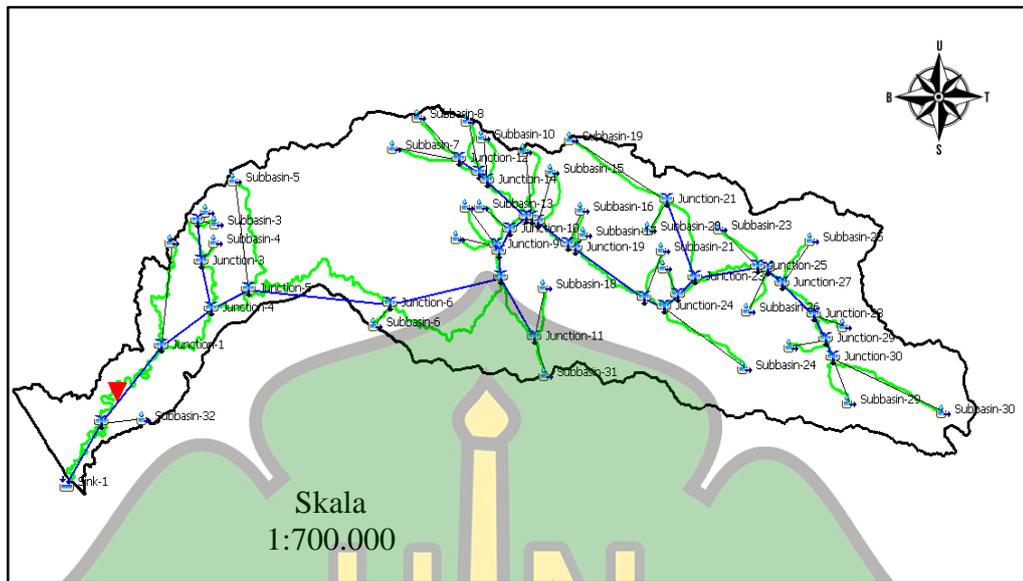
lapangan. Grafik hasil simulasi model HEC-HMS dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3. Grafik hasil simulasi (sebelum kalibrasi)

4.2. Model Kalibrasi

Kalibrasi model bertujuan untuk menjadikan hasil simulasi model mendekati data lapangan (Zakia dkk., 2021). Kalibrasi dilakukan dengan menaikkan dan menurunkan beberapa parameter yang mempengaruhi perubahan nilai *Nash* yang terdapat pada Tabel 3.4 Kalibrasi model ini dilakukan pada titik pos sungai Krueng Tripa tepatnya pada lokasi $4^{\circ} 3' 11.56''$ LU ; $96^{\circ} 35' 44.85''$ BT.



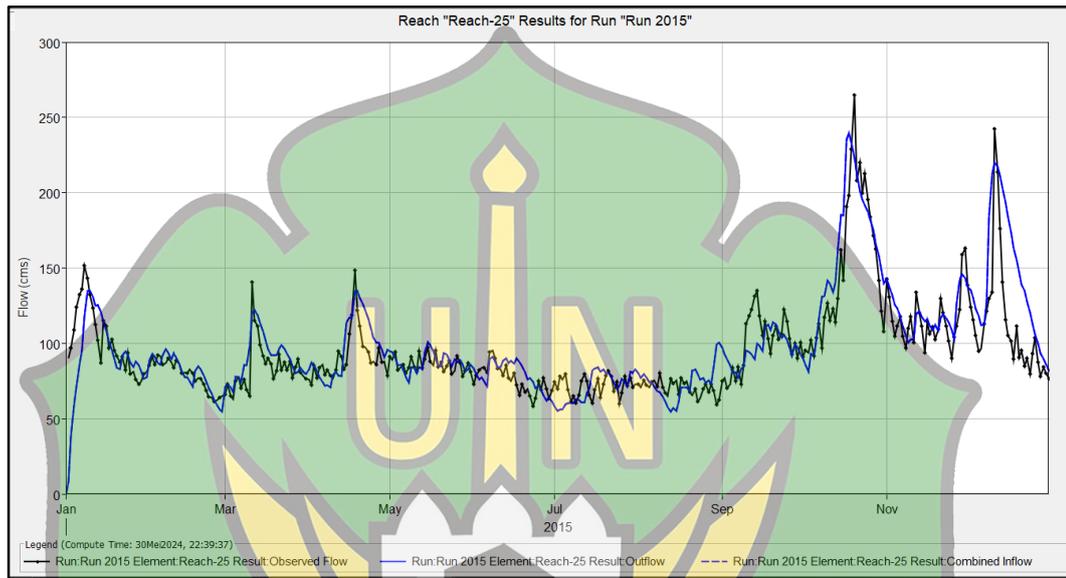
Gambar 4.4. Lokasi kalibrasi model

Berdasarkan hasil model perbandingan dengan data hujan dan debit terukur di lapangan tahun 2015. Maka didapatkan hasil nilai *Nash* awal adalah -1,544, dari hasil kalibrasi model dengan Tabel 3.4, di dapatkan nilai *Nash* sebesar 0.632 dan RMSE sebesar 0,6 dengan persentase bias 4,47%. Nilai *Nash* ini di pengaruhi oleh *Curve Number*, *Time Lag*, *Impervious*, *Initial Abstraction*. Kalibrasi ini dilakukan dengan menaikkan nilai *Curve Number* dan *impervious* dan menaikkan nilai *Time Lag* dan *Initial Abstraction*, perubahan parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3. Nilai Kalibrasi

Parameter Model		Nilai Parameter	
		Kondisi Awal	Kalibrasi
<i>Curve Number</i> (CN)	Min	78	85,8
	Max	86	94,6
<i>Time Lag</i> (TL)	Min	4,86	1458
	Max	262,5	17114
<i>Impervious</i>		5	60
<i>Initial Abstraction (I_a)</i>		5	8,56

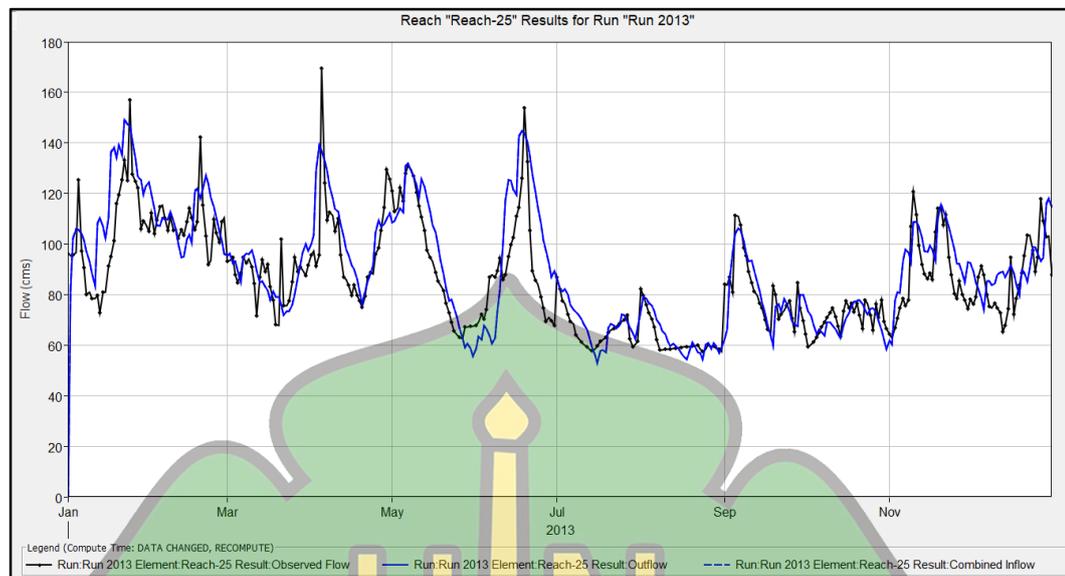
Berdasarkan hasil kalibrasi model HEC-HMS didapatkan nilai *peak flow* sebesar $240,0 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada tanggal 18 Oktober 2015 sedangkan *peak discharge* sebesar $264,7 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang terjadi pada tanggal 20 Oktober 2015. Grafik hasil kalibrasi model HEC-HMS dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5. Grafik hasil kalibrasi tahun 2015

4.3. Model Validasi

Dalam proses validasi parameter-parameter terbaik digunakan untuk mensimulasi debit sungai dengan menggunakan input data prediksi dari stasiun Meteorologi Cut Nyak Dhien (Ikhwalik dkk., 2022), dalam proses validasi ini digunakan data observasi lapangan dengan data hujan pada tahun 2013 dari data hujan tersebut dilakukan validasi dengan menggunakan parameter yang sudah di kalibrasi maka didapatkan hasil validasi berupa grafik yang dapat di lihat pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6. Grafik hasil validasi tahun 2013

Dari hasil validasi model ini didapatkan nilai *Nash* sebesar 0.557 dan RMSE sebesar 0,7 dengan persentase bias 4,44%, *peak flow* pada validasi ini sebesar 149,5 m^3/dt yang terjadi pada tanggal 22 Januari 2013 sedangkan *peak discharge* sebesar 169,6 m^3/dt yang terjadi pada tanggal 5 April 2013.

Dalam grafik tersebut dapat dilihat *peak flow* dan *peak discharge* memiliki puncak di hari yang berbeda hal ini dipengaruhi oleh intensitas hujan yang terjadi terdistribusi dengan durasi yang berbeda dan distribusi ini dapat menjadi penentu dan pembeda besaran dan lamanya debit puncak yang terjadi (Amal & Wiranata, 2023).

Kedua *peak flow* tersebut menunjukkan adanya risiko banjir yang signifikan, model ini dapat membantu dalam peringatan dini banjir, penelitian selanjutnya, dan juga sebagai bahan untuk penanggulangan bencana lebih lanjut, adapun hal-hal yang memungkinkan menjadi penyebab terjadinya perubahan debit aliran yang signifikan dan terjadinya banjir adalah tata guna lahan dan penggunaan lahan (vegetasi) yang mana pada DAS Tripa sendiri hampir setengah dari bagian DAS merupakan area perkebunan kelapa sawit dan sawah, dan juga jenis tanah pada DAS Tripa yang mana sebagian besar merupakan lempung liat yang memiliki potensi limpasan cukup tinggi (<50% pasir dan 20-40% tanah liat).

Berdasarkan hasil analisis data HEC-HMS untuk DAS Tripa, beberapa rekomendasi dapat diusulkan untuk pengelolaan dan mitigasi risiko banjir yang lebih efektif. Pertama, diperlukannya pengembangan sistem peringatan dini banjir yang lebih akurat, dengan mempertimbangkan perbedaan waktu antara puncak aliran dan puncak debit. Informasi ini juga dapat dimanfaatkan untuk merencanakan infrastruktur pengendalian banjir yang lebih tepat sasaran.

Kedua, mengingat hampir setengah dari DAS Tripa merupakan area perkebunan kelapa sawit dan sawah, evaluasi dan pengelolaan tata guna lahan menjadi sangat penting. Studi lanjutan tentang dampak perubahan tata guna lahan terhadap pola aliran dan risiko banjir perlu dilakukan. Selain itu, karakteristik tanah lempung liat di DAS Tripa yang memiliki potensi limpasan tinggi memerlukan perhatian khusus dalam perencanaan strategi konservasi tanah dan air.

Ketiga, data analisis HEC-HMS ini juga dapat menjadi dasar untuk pemodelan skenario perubahan iklim di masa depan, membantu dalam perencanaan tata ruang yang lebih baik, serta menjadi bahan edukasi masyarakat tentang risiko banjir dan pentingnya pengelolaan DAS yang berkelanjutan. Jika terdapat waduk di DAS Tripa, informasi ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan operasinya dalam pengendalian banjir.

Dengan menerapkan rekomendasi-rekomendasi ini, diharapkan pengelolaan DAS Tripa dapat lebih komprehensif dan efektif dalam mengurangi risiko banjir serta meningkatkan keberlanjutan lingkungan di wilayah tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan HEC-HMS, beberapa kesimpulan dapat diambil:

1. Setelah proses kalibrasi dengan menyesuaikan parameter-parameter seperti *Curve Number*, *Time Lag*, *Impervious*, dan *Initial Abstraction*, diperoleh nilai *Nash* sebesar 0,632 dan RMSE 0,6 dengan bias 4,47%. Debit puncak hasil kalibrasi adalah 240,0 m³/dt pada tanggal 18 Oktober 2015, mendekati debit puncak pengamatan lapangan.
2. Proses kalibrasi dan validasi menunjukkan bahwa model HEC-HMS dapat memprediksi debit dengan cukup baik setelah penyesuaian parameter-parameter tertentu. Ini termasuk pemahaman yang lebih baik tentang pola aliran air di wilayah tersebut (pola aliran berdampak pada kecepatan laju aliran dari hulu ke hilir dan laju infiltrasi), dampak perubahan iklim, dan tingkat keakuratan model dalam memprediksi aliran sungai, dalam hal ini proses validasi pada DAS Tripa menunjukkan nilai *Nash* 0,557 dan RMSE 0,7 dengan persentase bias yang kecil sebesar 4,44% yang mana berdasarkan pada tabel nilai *nash* Moriasi dkk, nilai tersebut sudah terbilang memuaskan.
3. Proses validasi model menggunakan data hujan tahun 2013 menghasilkan nilai *Nash* sebesar 0,557 dan RMSE 0,7 dengan bias 4,44%. Debit puncak validasi sebesar 149,5 m³/dt pada tanggal 22 Januari 2013, sedangkan debit puncak pengamatan lapangan sebesar 169,6 m³/dt pada tanggal 5 April 2013.

5.2. Saran

Berdasarkan pengalaman selama proses penelitian ini, beberapa saran diberikan yaitu sebagai berikut:

1. Diperlukan data curah hujan dan debit pengamatan yang lebih panjang untuk meningkatkan akurasi kalibrasi dan validasi model.

2. Perlu dilakukan analisis sensitivitas parameter untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang paling berpengaruh terhadap hasil simulasi debit.
3. Mengingat DAS Tripa memiliki karakteristik memanjang, dapat dipertimbangkan untuk membagi DAS menjadi sub-DAS untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih akurat.
4. Perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap kemampuan model dalam memprediksi debit pada kejadian ekstrem seperti banjir atau kekeringan.
5. Hasil pemodelan dapat diintegrasikan dengan sistem peringatan dini banjir atau dimanfaatkan untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air di DAS Tripa.



DAFTAR PUSTAKA

- Afrian Mirza, 2016. (2016). Prosiding Seminar ACE. *Identifikasi Sedimentasi Lahan Pada DAS Sungai Paku Kabupaten Kampar Riau Berbasis GIS*, 8(15), 17–28.
- Agustina, A., & Kastamto, dan. (2022). Analisis Karakteristik Aliran Sungai Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten Dengan Menggunakan Hec-Ras. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, 03(01), 31–41.
- Amal, N., & Wiranata, H. A. (2023). Pengaruh Distribusi Hujan Terhadap Perhitungan Debit Banjir Pada Daerah Rawa Das Martapura. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(2), 217. <https://doi.org/10.31602/jk.v6i2.12965>
- Atmajayani, R. D. (2022). Analisis Kondisi Lingkungan Fisik dan Sosial Ekonomi Masyarakat di Daerah Aliran Sungai Brantas Akibat Penambangan Pasir (Studi Kasus Kali Brantas Kecamatan Srengat, Kabupaten Blitar). *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(1), 241. <https://doi.org/10.28926/briliant.v7i1.728>
- Azzura, M. B., Amir, A., & Ikhwal, M. F. (2022). Flood Discharge Analysis Using the SCS Hydrograph Method in the Krung Tripa Watershed. *Civilla : Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 7(2), 139. <https://doi.org/10.30736/cvl.v7i2.870>
- Benito, G., Lang, M., Barriendos, M., Llasat, M. C., Francés, F., Ouarda, T., Thorndycraft, V. R., Enzel, Y., Bardossy, A., Coeur, D., & Bobée, B. (2004). Use of systematic, palaeoflood and historical data for the improvement of flood risk estimation. Review of scientific method. *Natural Hazards*, 31(3), 623–643. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000024895.48463.eb>
- Bisht, D. S., Chatterjee, C., Kalakoti, S., Upadhyay, P., Sahoo, M., & Panda, A. (2016). Modeling urban floods and drainage using SWMM and MIKE

- URBAN: a case study. *Natural Hazards*, 84(2), 749–776. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2455-1>
- Black, A. R., & Burns, J. C. (2002). Re-assessing the flood risk in Scotland. *Science of the Total Environment*, 294(1–3), 169–184. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00062-1)
- Dankers, R., & Feyen, L. (2009). Flood hazard in Europe in an ensemble of regional climate scenarios. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(16), 47–62. <https://doi.org/10.1029/2008JD011523>
- Darsono, S. (2007). Sistem Pengelolaan Air Hujan Lokal Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmiah. Universitas Diponegoro. Desember, 13(4)*, 256–263. <http://eprints.undip.ac.id/25109/>
- Fitriyanti, Z. (2018). Analisis Hidrologi Untuk Penentuan Debit Banjir Di Wilayah Das Sungai Karang Mumus. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda, 1(1)*, 1–15.
- Fleming, M. J. (2010). Hydrologic Modeling System HEC-HMS Quick Start Guide. *U.S Army Corps of Engineers, August*, 52.
- Fuady, Z., & Azizah, C. (2008). Tinjauan Daerah Aliran Sungai Sebagai Sistem Ekologi Dan Manajemen Daerah Aliran Sungai. *Lentera, 6*, 1–10.
- Hariati, F., Taqwa, F. M. L., Salman, N., & Sulaeman, N. H. F. (2022). Simulasi Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Laju Erosi Lahan Menggunakan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciseel. *Tameh: Journal of Civil Engineering, 11(1)*, 52–61.
- Hartini, E. (2017). Modul Hidrologi & Hidrolika Terapan. *Universitas Dian Nuswantoro Semarang, 94*. https://repository.dinus.ac.id/docs/ajar/Modul_Hidrologi_Terapan.pdf
- Hu, S., Cheng, X., Zhou, D., & Zhang, H. (2017). GIS-based flood risk assessment in suburban areas: a case study of the Fangshan District, Beijing. *Natural*

Hazards, 87(3), 1525–1543. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2828-0>

Ikhwal, M. F., Rau, M. I., Benazir, Pawattana, C., & Yahya, H. (2022). Evaluation of Flood and Drought Events Using AR5 Climate Change Scenarios in Indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 9(January), 37–46. <https://doi.org/10.22146/jcef.4721>

Li, W., Xu, B., & Wen, J. (2016). Scenario-based community flood risk assessment: a case study of Taining county town, Fujian province, China. *Natural Hazards*, 82(1), 193–208. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2187-2>

Liu, R., Chen, Y., Wu, J., Gao, L., Barrett, D., Xu, T., Li, L., Huang, C., & Yu, J. (2016). Assessing spatial likelihood of flooding hazard using naïve Bayes and GIS: a case study in Bowen Basin, Australia. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30(6), 1575–1590. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1198-y>

Liu, Y., You, M., Zhu, J., Wang, F., & Ran, R. (2019). Integrated risk assessment for agricultural drought and flood disasters based on entropy information diffusion theory in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38(February), 101194. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101194>

Luino, F. (2016). *Floods BT - Encyclopedia of Engineering Geology* (P. T. Bobrowsky & B. Marker (eds.); pp. 1–6). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12127-7_126-1

Lyu, H. M., Sun, W. J., Shen, S. L., & Arulrajah, A. (2018). Flood risk assessment in metro systems of mega-cities using a GIS-based modeling approach. *Science of the Total Environment*, 626, 1012–1025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.138>

Mahmood, M. I., Elagib, N. A., Horn, F., & Saad, S. A. G. (2017). Lessons learned from Khartoum flash flood impacts: An integrated assessment. *Science of the Total Environment*, 601–602, 1031–1045.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.260>

- Maimunah, M., Nurlina, N., I, R., & Tsabita, G. F. I. (2020). Analisis Karakteristik Morfometri DAS Maluka Menggunakan Citra Satelit Shuttle Radar Topography Mission. *Jurnal Geografika (Geografi Lingkungan Lahan Basah)*, 1(1), 12. <https://doi.org/10.20527/jgp.v1i1.2293>
- Mopangga, S. (2020). Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Bolango. *RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 7(2), 162–171. <https://doi.org/10.37971/radial.v7i2.191>
- Naharuddin, Harijanto, H., & Wahid, A. (2018). *Untad Press*.
- Nugraha, A. D. (2019). Analisis Laju Sedimen Melayang Pada Sungai Saddang (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). *Jurnal Kajian Pendidikan Ekonomi Dan Ilmu Ekonomi*, 2(1), 1–19. http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865607390&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2LIMMD9FVXkC&oi=fnd&pg=PR5&q=Principles+of+Digital+Image+Processing+fundamental+techniques&ots=HjrHeuS_
- Prudhomme, C., Wilby, R. L., Crooks, S., Kay, A. L., & Reynard, N. S. (2010). Scenario-neutral approach to climate change impact studies: Application to flood risk. *Journal of Hydrology*, 390(3–4), 198–209. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.06.043>
- Ramadan, A. N. A., Nurmayadi, D., Sadili, A., Solihin, R. R., & Sumardi, Z. (2020). Studi Penentuan Nilai Curve Number DAS Pataruman berdasarkan Satuan Peta Tanah Indonesia. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 258–266.
- Rinaldi, A dan Yulianur, A. (2020). Kajian Debit Banjir Rencana Krueng Tripa Menggunakan Hidrograf Satuan Sintesis. *PROSIDING KoNTekS-13*, 2(1), 447–455.
- Rodda, H. J. E. (2005). The development and application of a flood risk model for

the Czech Republic. *Natural Hazards*, 36(1–2), 207–220.
<https://doi.org/10.1007/s11069-004-4549-4>

Setyowati, D. L. (2010). Hubungan Hujan dan Limpasan Pada Sub DAS Kecil Penggunaan Lahan Hutan, Sawah, Kebun Campuran di DAS Kreo. *Forum Geografi*, 24(1), 39. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v24i1.5014>

Sobriyah. (2012). *Model Hidrologi*. 1–6.

Song, J., Zhang, Q., Wu, W., Singh, V. P., Shen, Z., Wang, G., & Xu, C. Y. (2022). Amplifying Flood Risk Across the Lower Yellow River Basin, China, Under Shared Socioeconomic Pathways. *Frontiers in Earth Science*, 10(May), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/feart.2022.900866>

Stefanidis, S., & Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural Hazards*, 68(2), 569–585. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0639-5>

Susetyaningsih1, S. A. (2012). PENGATURAN PENGGUNAAN LAHAN DI DAERAH HULU DAS CIMANUK SEBAGAI UPAYA OPTIMALISASI PEMANFAATAN SUMBERDAYA AIR. *Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garu*, 10(01), 1–8.

Syarifudin, A. (2017). Hidrologi Terapan. *Penerbit ANDI*, 2013–2015.

Tisnasuci, I. D., Sukmono, A., & Hadi, F. (2021). Analisis pengaruh perubahan tutupan lahan daerah aliran sungai bodri terhadap debit puncak menggunakan metode soil conservation service (Scs). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(1), 105–114.

Tiwery, C. J., Magrib, N. I. D., & Sahetapy, E. P. (2022). Analisis Pemanfaatan Air Hujan dan Perencanaan Sistem Penampungan Air Hujan sebagai Pemenuhan Kebutuhan Air Rumah Tangga (Studi Kasus : Jln. Chr. M. Tiahahu, RT 008 Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah). *Jurnal Manumata*, 8(1), 66–74.
<http://ojs.ukim.ac.id/index.php/manumata/article/view/777>

- USACE. (2022). HEC-HMS Tutorials and Guides. *US Army Corps of Engineers*, 1–1054. <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsguides/>
- Utama, L. (2022). Kawasan Berpotensi Banjir Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji. *Rang Teknik Journal*, 5(2), 110–115.
- Verrina, G., Dinar, A., & Sarino. (2013). Analisa Ronoff Pada Sub Daerah Aliran Sungai Lematang Hulu. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 22–31.
- Wiliya, W. (2022a). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Bengawan Solo Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 193. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.11915>
- Wiliya, W. (2022b). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Bengawan Solo Hulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(2), 193. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.11915>
- William, A., Scharffenberg, Matthew, J., & Fleming. (2010). Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual. *Hydrologic Engineering Centre, Version 4.3*, 640.
- Zakia, Z., Safriani, M., Radianica, N., & Ikhwal, M. F. (2021). Economic Feasibility Study on The Development of Irrigation Channels. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 2(1), 131–138. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v2i1.217>

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Basin Model*

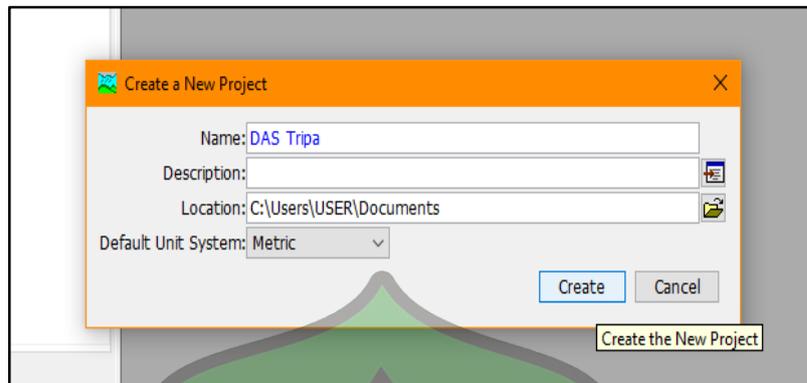
Untuk cara pembuatannya bisa dilihat pada langkah-langkah berikut ini:

1. Setelah membuka aplikasi HEC-HMS, hal pertama yang perlu dilakukan adalah membuat sebuah *file* baru dengan cara menekan sebuah ikon lembar kertas kosong pada sudut kiri atas aplikasi HEC-HMS dengan nama “*Create a New Project*”, Seperti pada gambar berikut



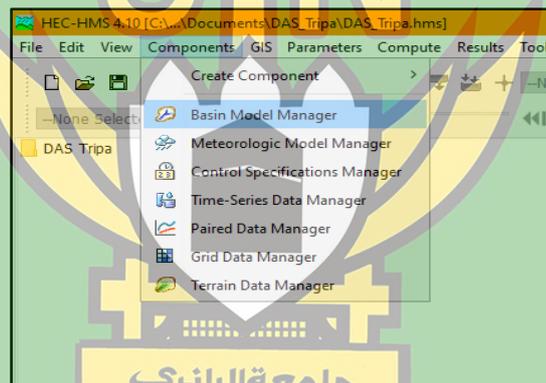
Gambar 1. Membuat *Project* Baru

2. Kemudian pada kolom “*Name*” ketiklah nama *project* yang akan di buat, contohnya (DAS Tripa), pada kolom deskripsi bisa di kosongkan. Setelah itu pada kolom “*File Location*” pilih dimana *file* akan disimpan proses ini akan memudahkan untuk pemindahan *file* HEC-HMS ke *folder* atau *device* lain agar tidak terjadi *error*. Untuk “*Unit System*” pada penelitian ini penulis memakai *Unit System Metric*. Setelah semua sudah dilakukan selanjutnya klik pada tombol “*Create*” untuk membuat *file folder*.



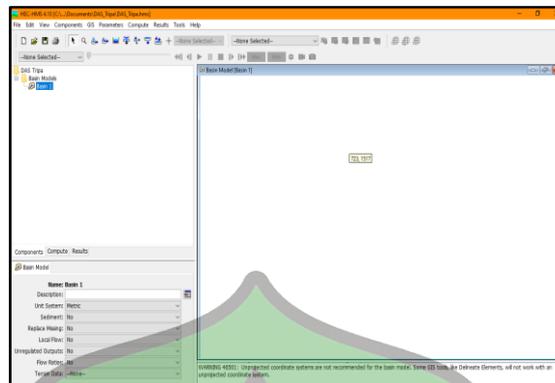
Gambar 2. Mengisi kolom data untuk membuat project baru

- Setelah sebuah file folder dengan nama yang di buat tadi muncul pada layar utama aplikasi HEC-HMS maka langkah selanjutnya adalah memasukan peta DAS Tripa yang berupa *file .shp* dengan cara menekan tombol “*Components*” pada jendela tabel, lalu memilih “*Basin Model Manager*”.



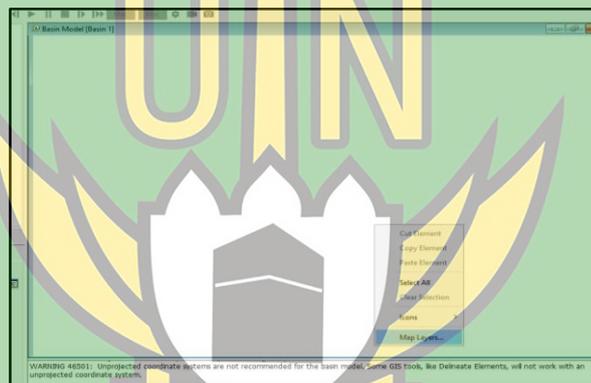
Gambar 3. Membuat Basin Model

- Lalu tekanlah “*New..*” pada jendela “*Create a Basin Model*” dan tulislah nama sesuai keinginan atau bisa dibiarkan *default*, dan setelah itu klik “*Create*” maka akan muncul sebuah *folder* di bawah *folder* “*DAS Tripa*” yang sudah di buat tadi, lalu *close* atau keluar dari jendela “*Create a Basin Model*”, dan klik pada ikon “” di samping *folder* tersebut, lalu akan muncul sebuah ikon “*basin 1*”, lalu klik pada bagian itu maka akan memunculkan sebuah jendela “*Basin Model*”.



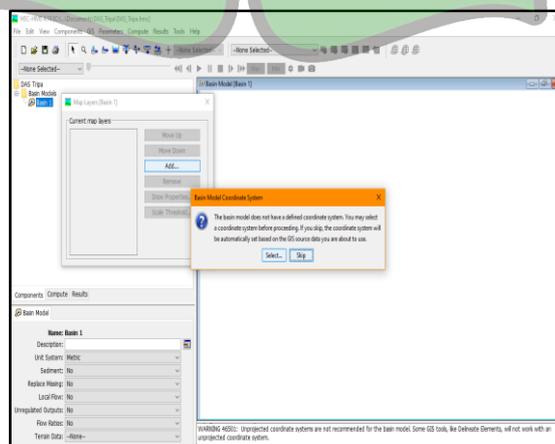
Gambar 4. Memunculkan Folder Basin Model

- Langkah selanjutnya, arahkan kursor ke dalam jendela tersebut lalu klik kanan pada *mouse* dan pilihlah “Map Layers”



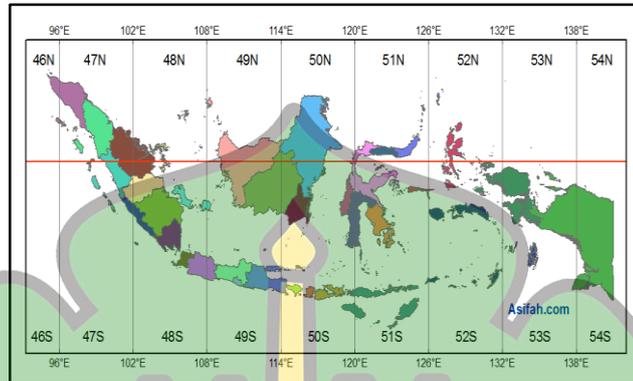
Gambar 5. Memunculkan Jendela Map Layers

- Setelah muncul jendela “map layer” lalu klik “Add...” untuk menambahkan *file* .shp DAS Tripa yang sudah di buat, setelah memilih *file* maka akan menentukan sebuah “Coordinate System” DAS tersebut, pilihlah “select”.



Gambar 6. Menentukan Koordinat Sistem DAS

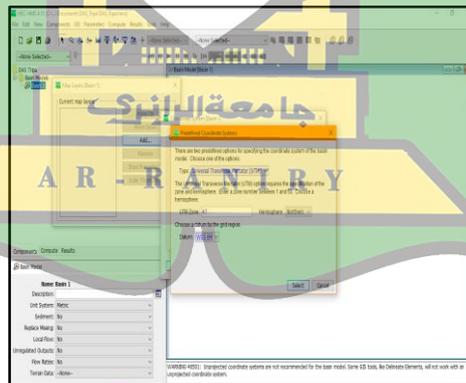
7. Lalu pada jendela selanjutnya pilihlah “*predefined*” dan tentukan *coordinate system*-nya, pada penelitian kali ini penulis menggunakan koordinat sistem UTM karena merupakan daerah penelitian penulis.



Sumber: (Afifah, 2018)

Gambar 7. Koordinat Sistem UTM Indonesia

8. Menurut zona UTM Indonesia, DAS Tripa pada penelitian penulis berada pada 47 N, maka pada aplikasi HEC-HMS penulis membuat UTM Zone 47 dengan Hemisphere *Northern*, untuk *Datum* penulis memakai WGS 84. setelah selesai menentukan *coordinate system*-nya maka klik “*select*”. Lalu tekan “*set*” pada jendela selanjutnya.



Gambar 8. Memasukkan Koordinat Sistem

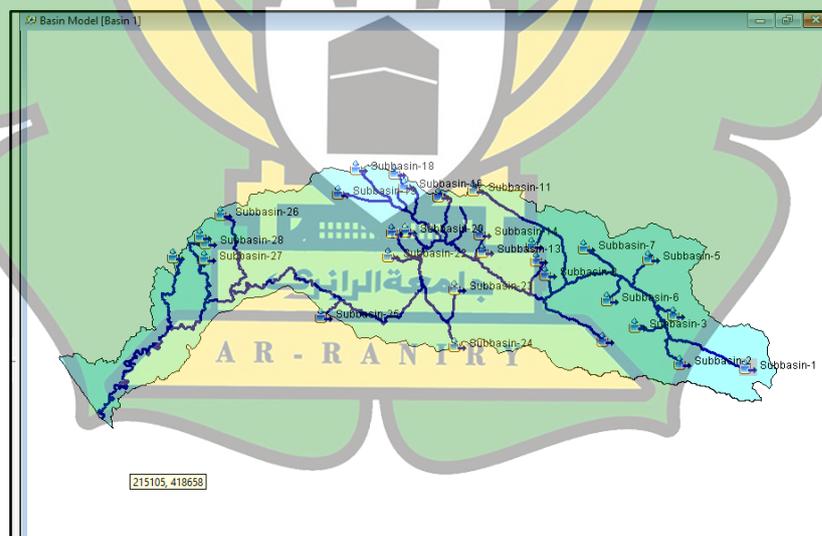
Gambar 11. Memasukkan Data Aliran Sungai (DAS) Tripa

11. Lalu tekan “Apply” > “Ok” bila dirasa sudah sesuai keinginan dan jelas terlihat di layar kerja *Basin Model*, dan keluar dari jendela “Map Layer”.
12. Selanjutnya menentukan letak *subbasin*, *reach*, *Junction*, dan *sink*. Untuk memasukkan *subbasin*, *reach*, *junction*, dan *sink* bisa meng-klik pada *tools*

berikut ini  masing-masing *tools* memiliki fungsinya tersendiri sebagai berikut:

a. *Subbasin* 

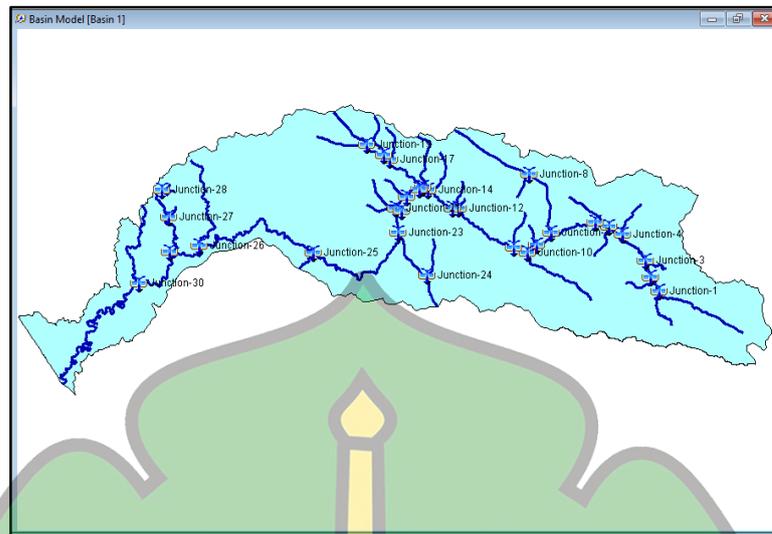
Subbasin merupakan anak sungai atau awal mula masuknya air kedalam sungai biasanya berada pada ujung akar sungai yang dibuat, dan mengalir (*downstream*) ke *junction* dengan ditandai garis hitam, penempatannya pada DAS Tripa bisa dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 12. Memasukkan *Subbasin* ke dalam *Basin Model*

b. *Junction* 

Merupakan pertemuan antara dua anak sungai atau lebih, dan mengalir (*downstream*) ke *junction* selanjutnya atau ke pembuangan (*sink*)/hilir (laut). Untuk men-*connect* kan antara dua *junction* harus menggunakan *Reach*. Penempatannya pada DAS Tripa bisa dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 13. Memasukkan *Junction* ke dalam *Basin Model*

c. *Reach*



Merupakan penghubung antara dua *junction* atau lebih dan bisa di bilang sebagai sungai utama, dan dapat ditandai berupa garis biru dan mengalir ke arah *junction* lainnya atau ke arah hilir (*sink*). Penempatannya bisa dilihat pada gambar berikut ini.

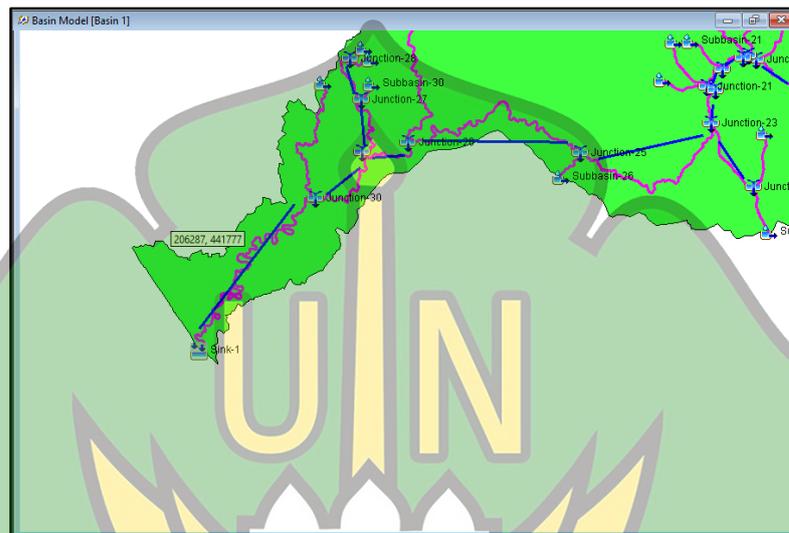


Gambar 14. Memasukkan *Reach* ke dalam *Basin Model*

d. *Sink*

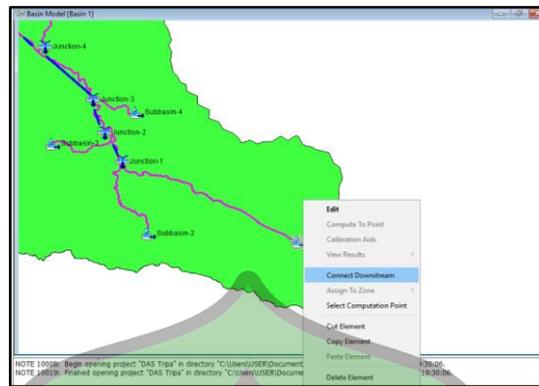


Berupa tempat untuk pembuangan air sungai baik itu ke laut atau pengalihan ke PDAM yang mana akan diolah dan dijadikan kebutuhan air umum. *Sink* berada pada ujung sebuah DAS yaitu pada daerah paling hilir, penempatannya bisa di lihat pada gambar berikut ini.



Gambar 15. Memasukkan *Sink* dalam *Basin Model*

Setelah menentukan letak *subbasin*, *junction*, *reach*, dan *sink*. Langkah selanjutnya adalah menyambungkan setiap *tools* tersebut dengan mengarahkan *downstream*-nya dari hulu ke hilir secara teliti dan berurutan agar tidak terjadi *error*, untuk menentukan *downstream* atau arah alirnya sungai maka dahulukan bagian *subbasin* paling hulu terlebih dahulu dengan cara klik kanan pada ikon *subbasin* tersebut dan pilih *connect downstream*, dan pilih bagian aliran selanjutnya yang berupa ikon *junction*, begitu pula *junction* ke *reach* dan terus begitu sampai pada *sink*.

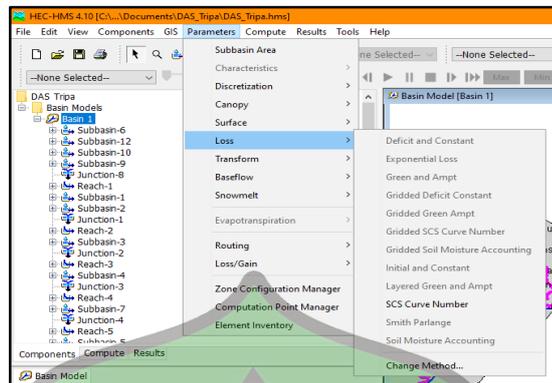


Gambar 16. Menyambungkan *Downstream* dari Hilir



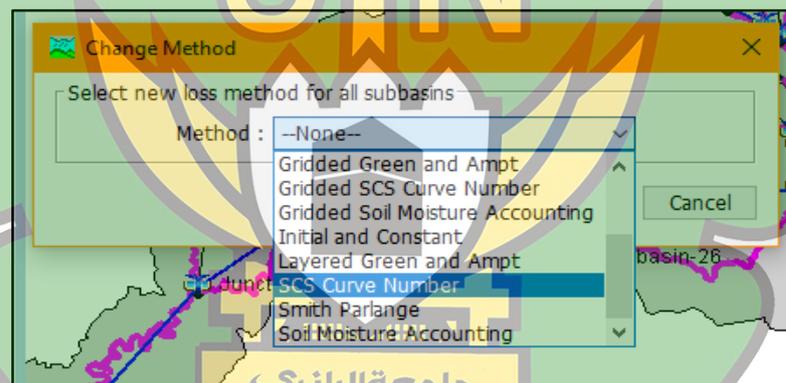
Gambar 17. *Downstream* Terinput Sesuai Urutan Aliran

Selanjutnya men-*set* metode yang akan digunakan, pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *SCS Curve Number* pada parameter *Loss*, *SCS Unit Hydrograph* pada parameter *Transform*, dan *Lag* pada parameter *routing*. Menurut Azzura dkk. (2022) metode ini memiliki nilai yang lebih mendekati sempurna pada DAS Tripa. Untuk men-*set* metode, maka langkah yang dilakukan adalah klik kiri pada list *basin 1* dan selanjutnya klik pada parameter untuk melihat menu dan pilihan yang harus di ubah seperti berikut ini.



Gambar 18. Menentukan Parameter dan Penginputan Nilai

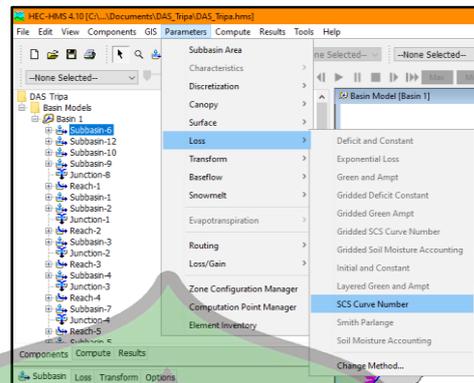
Untuk merubah metode yang akan digunakan maka klik pada “*Change Method...*” lalu “*yes*”, dan ubah metodenya pada list tersebut, begitu pula pada parameter yang lainnya.



Gambar 19. Menentukan Metode

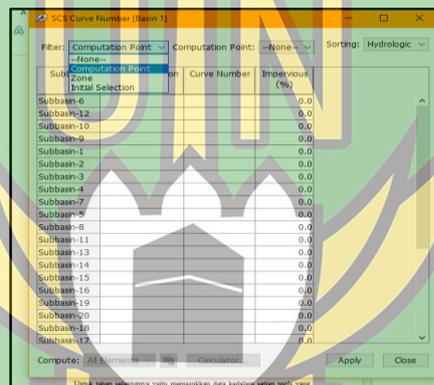
Untuk tahap selanjutnya yaitu memasukkan data kedalam setiap *tools* yang sudah dibuat dengan cara sebagai berikut:

- Untuk memasukkan data *subbasin* maka harus mengklik pada *basin 1* yang ada pada list lalu membuka menu parameter dan masuk kepada *loss* dan menekan pada metodenya.



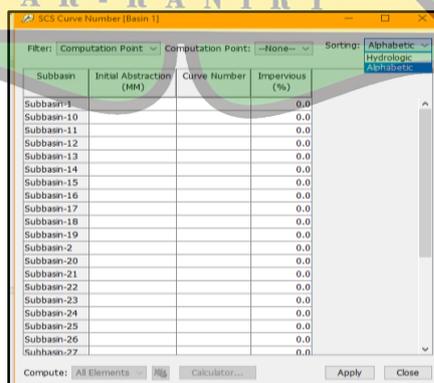
Gambar 20. Memilih Metode dalam Parameter

- Setelah muncul sebuah jendela baru maka klik pada *filter* dan pilih *computation point* untuk menampilkan seluruh *subbasin* yang sudah di buat.



Gambar 21. Mengatur Penginputan Data Tabel

- Dan ubah *sorting* dari *Hydrologic* menjadi *Alphabetic* untuk mengurutkan *file* dan memudahkan pengisian data pada *excel* agar tidak tertukar.



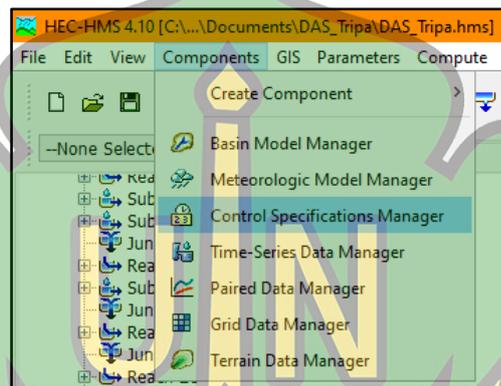
Gambar 22. Menentukan Urutan Tabel Berdasarkan *Alphabet*

- Begitu juga dengan *Subbasin Area*, *SCS Unit Hydrograph*, dan *Lag*. Untuk *lag* data yang dimasukkan berupa data yang sudah di cari.

Lampiran 2. *Control Spesification*

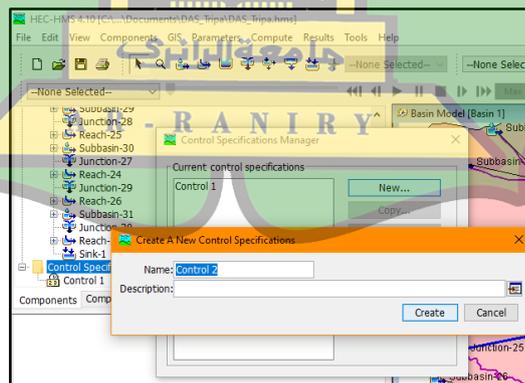
Untuk memasukkan data *control specification* maka dilakukan dengan cara berikut ini:

1. Membuka menu *Component* dan klik pada *Control Specification Manager*.



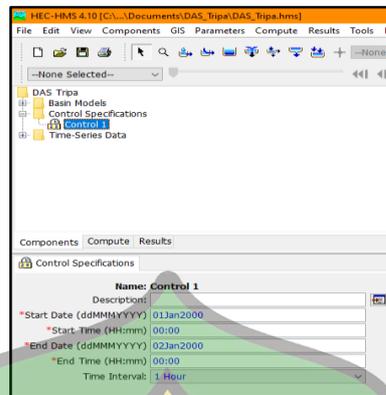
Gambar 23. Membuka *Control Spesification Manager*

2. Berikutnya akan muncul sebuah jendela kerja untuk membuat *Control Specification* baru, klik pada tombol *New* dan isi nama *file* atau biarkan *Default*, lalu klik *Create* dan sebuah *folder* bernama *Control Specification* pun ada pada list dari layar kerja sebelah kiri.



Gambar 24. Membuat *Control Spesification* Baru

3. Bukalah *folder* tersebut dengan menekan tombol “+” dan klik pada *file control 1* untuk mengisi data yang diperlukan. Dalam analisis ini penulis memasukkan data hujan harian dengan waktu kontrol 1 tahun, untuk penulisan data bisa dilihat pada gambar berikut ini.

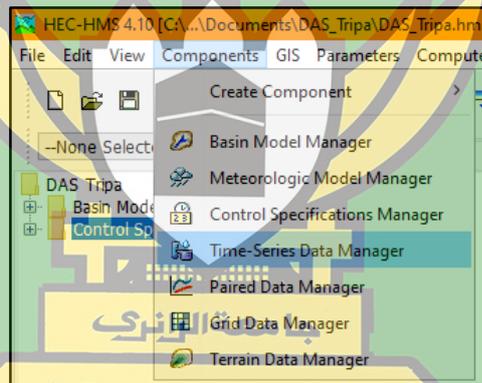


Gambar 25. Menyeting Control Specifications

Lampiran 3. Gage Data

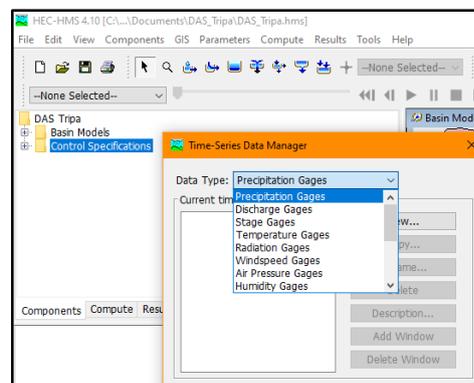
Untuk membuat *file Gage Data* maka dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Klik pada komponen dan pilih pada “*Time-Series Data Manager*”.



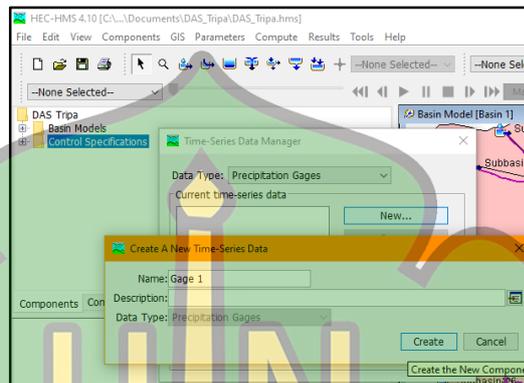
Gambar 26. Membuka Komponen Time-Series Data Manager

2. Lalu sebuah jendela baru akan muncul, pilih lah “*Data Type*”-nya menjadi *Precipitation Gages* dan tekan “*New*”.



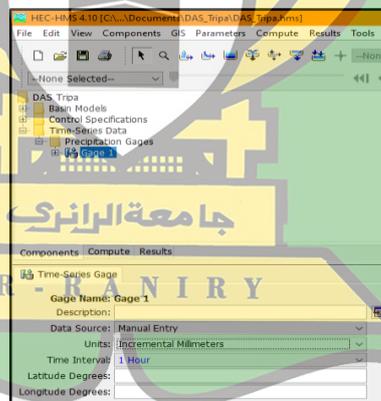
Gambar 27. Mengubah Data Type Times-Series Data Manager

3. Berikutnya akan muncul sebuah jendela baru, maka buatlah nama kala ulang berapa tahun yang diinginkan atau biarkan *Default*, setelah itu klik pada “*Create*”, maka akan ada *folder* baru bertuliskan *Time Series Data*.



Gambar 28. Membuat Kala Ulang

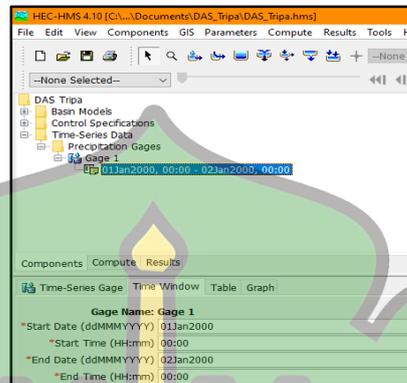
4. Bukalah *folder* tersebut dan *folder* di dalamnya yang bernama *Precipitation Gages* dengan menekan tombol “+”, lalu klik pada file yang ada pada *folder* tersebut.



Gambar 29. Membuka Setting *Time-Series Gage*

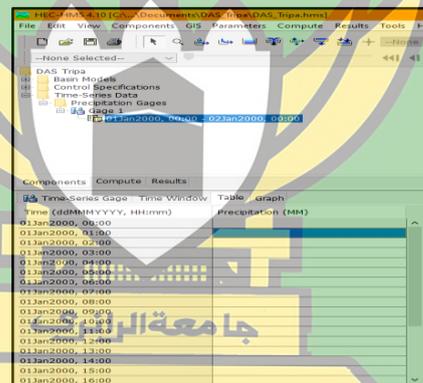
5. Di dalam *file Gage Data*, akan ada beberapa opsi yang perlu ditetapkan, pada penelitian kali ini, penulis memasukkan opsi sebagai berikut:
 - *Data Source* dengan *Manual Entry* atau memasukkan data dengan cara manual
 - *Units* memakai *Incremental Millimeters*
 - dan *Time Interval* yakni 1 hari (Disesuaikan dengan *Times Series Data*).

6. Setelah itu klik pada tanda “+” disamping *file Gage 1* dan akan muncul opsi waktu “*Time Window*” berisi waktu yang sudah ditetapkan sebelumnya pada *Time Series Data*.



Gambar 30. Mengatur Waktu *Time-Series Data*

7. Dan juga opsi “*Table*” untuk memasukkan data hujan harian yang sudah dicari sebelumnya.



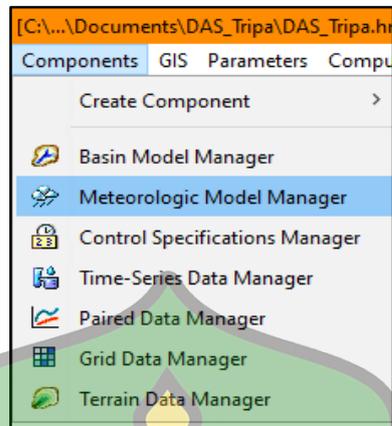
Gambar 31. Mengatur Hujan harian

Pada opsi ini tidak boleh ada bagian yang kosong, bila ada data yang kosong maka kekosongan data harus diisi dengan 0.00, hal ini dilakukan agar tidak terjadi *error* disaat menjalankan program.

Lampiran 4. *Precipitation Model*

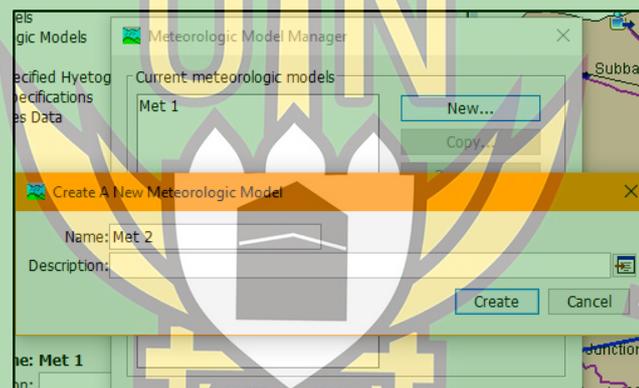
Untuk pembuatannya bisa dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Klik menu “*Components*” lalu klik pada “*Meteorologic Model Manager*”.



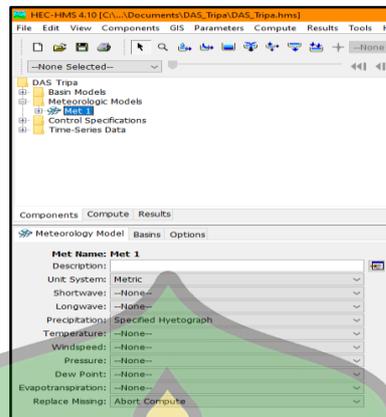
Gambar 32. Membuka *Meteorologic Model Manager*

2. Lalu sebuah jendela baru akan muncul, selanjutnya klik tombol “New” dan isilah nama *file* sesuai keinginan atau biarkan *default*, setelah itu klik “Create”.



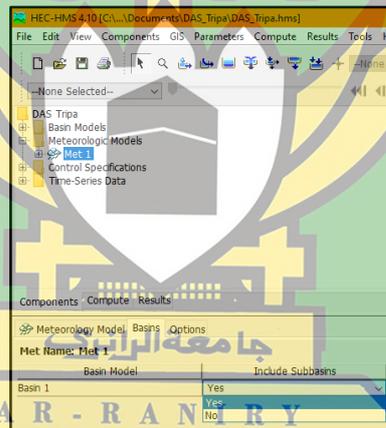
Gambar 33. Membuat *Meteorologic Model* Baru

3. Maka sebuah *file folder* baru akan muncul pada list layar kerja dengan nama *Meteorologic Model*, bukalah *file* tersebut dengan menekan tombol “+” dan klik pada *file* didalamnya, maka akan muncul sebuah menu untuk mengisi opsi *Meteorologic model* nya, pada penelitian kali ini penulis akan membiarkan default.



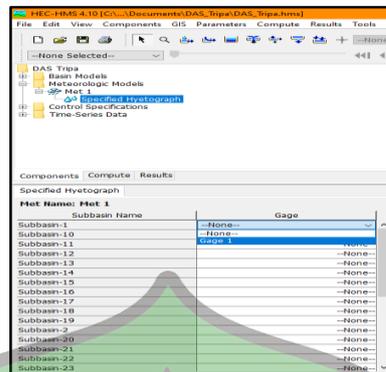
Gambar 34. Mengedit Table *Meteorology Model*

4. Untuk opsi *Basins* di sampingnya penulis mengubah opsi *Include Subbasins* dari “No” menjadi “Yes”. Hal ini digunakan untuk menginput data hujan yang sudah dimasukkan pada *Gage Data* dapat diterapkan pada setiap *subbasins* yang sudah dibuat sebelumnya pada pembuatan *Basin Model*.



Gambar 35. Mengubah Input Hujan pada *Gage Data*

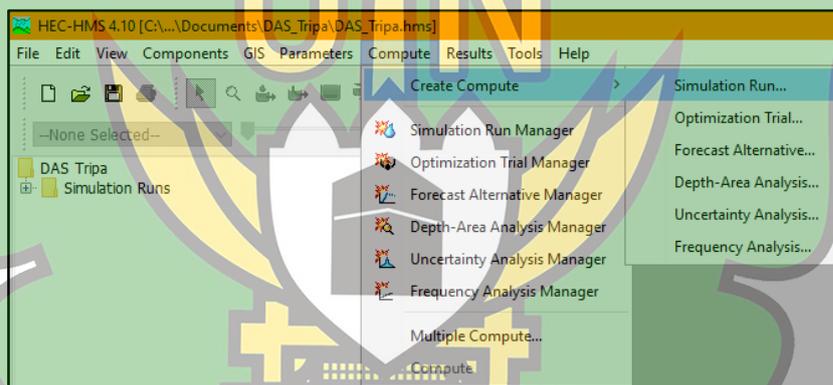
5. Selanjutnya klik tanda “+” pada file Met 1 maka akan muncul sebuah *file* bernama “*Specified Hyetograph*”, berikutnya pada *file* opsi *Specified Hyetograph* dilakukan perubahan *Gage Data* dari None menjadi *Gage 1* untuk setiap *Subbasin* yang ada.



Gambar 36. Membuka Input *Specified Hyetograph*

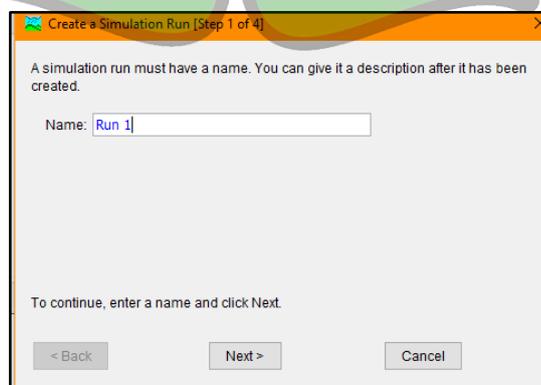
Setelah semua data sudah dibuat dan di masukkan maka langkah selanjutnya adalah menjalankan program HEC-HMS dengan cara sebagai berikut:

- Pada menu *Compute*, klik *Create Compute* dan pilih *Simulation Run*.



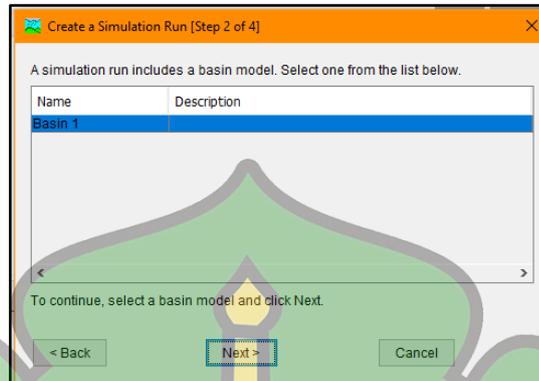
Gambar 37. Membuat Simulasi *Run* Komputasi

- Maka akan muncul jendela baru untuk membuat nama simulasi untuk menjalankan programnya, setelah itu klik "Next".



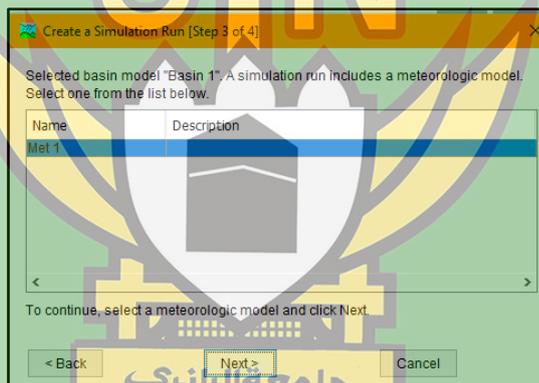
Gambar 38. Membuat Simulasi *Run* Tahap 1

- Pada jendela selanjutnya akan disuruh memilih *basin model* yang sudah dibuat sebelumnya, setelah itu klik “*Next*”.



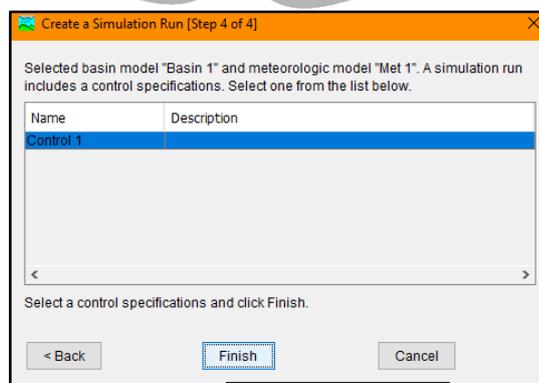
Gambar 39. Membuat Simulasi *Run* Tahap 2

- Selanjutnya akan disuruh memilih *Meteorologic Model* yang sudah dibuat sebelumnya, setelah itu klik “*Next*”.



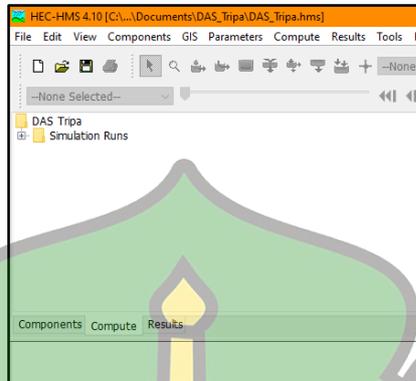
Gambar 40. Membuat Simulasi *Run* Tahap 3

- Selanjutnya disuruh memilih *Control Spesification* yang sudah dibuat sebelumnya dan klik *Finish*.



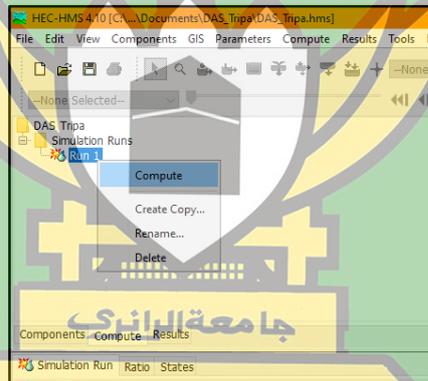
Gambar 41. Membuat Simulasi *Run* Tahap 4

- Selanjutnya klik opsi *Compute* di bawah *list folder file* yang sudah dibuat seperti pada gambar berikut.



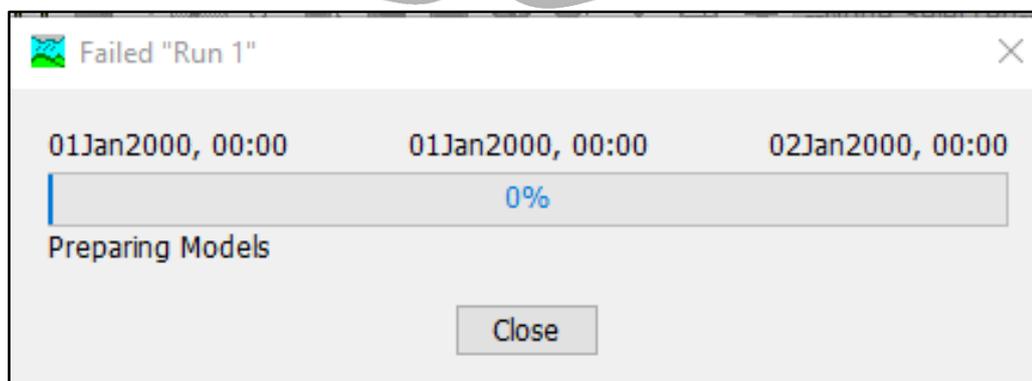
Gambar 42. Membuka *Compute*

- Maka akan muncul 2 *folder* bertuliskan nama *file* sebelumnya dan *Simulation Runs folder*, bukalah *folder simulation Runs* dan klik kanan pada *file* didalamnya dan pilih *Compute*



Gambar 43. Melakukan *Compute*

- Setelah itu program akan berjalan dan tunggu sampai *loading* mencapai 100%



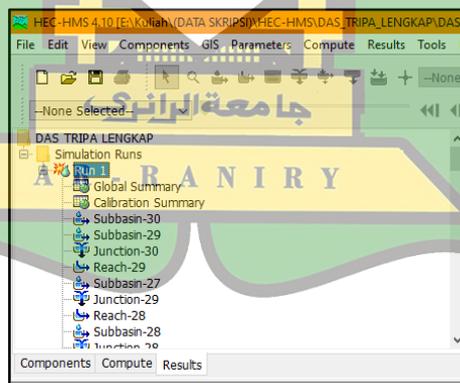
Gambar 44. Program Sedang Berjalan

- Bila *loading* masih berada pada persentase tertentu dan tidak berjalan lagi, maka dilakukan pemeriksaan pada jendela bagian bawah layar kerja untuk melihat *error* yang ada, lalu perbaiki *error* pada bagian yang sudah disebutkan sesuai data yang ada.



Gambar 45. Melihat Jendela *Error*

- Bila sudah tidak ada lagi *error* dan proses *running* berjalan normal dan selesai 100% maka hasil sudah bisa dilihat pada opsi *Result* pada bagian bawah layar kerja, setelah di klik maka akan muncul 2 *folder* bernama *folder* awal dan *folder Simulation Run*, bukalah *folder Simulation Run* dan klik pada *Run 1* untuk melihat hasil.



Gambar 46. Melihat Hasil *Running Cumpuete*

Lampiran 5. Tabel Menghitung Data yang diperlukan pada *Subbasin*

ELEMENT	AREA (km ²)	CN	I (%)	PANJANG		ELEVASI (m)		KEMIRINGAN, S (m/m)	tc (jam)	lag (mnt)	lag (jam)
				m	km	terendah	tertinggi				
Subbasin-1	486.64	82	5	22057.7	22.06	10	122	0.08	1.88	67.74	1.13
Subbasin-10	50.69	86	5	7115.46	7.12	1011.5	2503	0.40	0.43	15.34	0.26
Subbasin-11	54.76	86	5	7402.52	7.4	511.5	1530	0.33	0.47	17.00	0.28
Subbasin-12	33.06	82	5	5747.52	5.75	513	1295	0.40	0.36	13.12	0.22
Subbasin-13	28.94	86	5	5379.11	5.38	575	1495	0.38	0.35	12.60	0.21
Subbasin-14	137.36	86	5	11716.19	11.72	602.5	2483	0.24	0.76	27.41	0.46
Subbasin-15	78.50	86	5	8857.47	8.86	592	2213	0.27	0.59	21.28	0.35
Subbasin-16	33.41	78	5	5778.35	5.78	674	1503.5	0.45	0.35	12.56	0.21
Subbasin-17	8.47	78	5	2908.26	2.91	628.5	888	0.71	0.17	6.21	0.10
Subbasin-18	55.35	78	5	7444.81	7.44	890	1140	0.78	0.34	12.32	0.21
Subbasin-19	247.43	81	5	15732.3	15.73	1237	2130	0.58	0.68	24.57	0.41
Subbasin-2	4.41	82	5	2104.06	2.1	206.8	297	0.70	0.14	4.86	0.08
Subbasin-20	20.16	86	5	4488.26	4.49	1235.5	2406	0.51	0.27	9.81	0.16
Subbasin-21	49.84	86	5	7059.28	7.06	737.5	1779	0.41	0.42	15.09	0.25
Subbasin-22	16.97	86	5	4122.87	4.12	726.8	1565	0.46	0.27	9.54	0.16
Subbasin-23	65.61	78	5	8099.54	8.1	841.5	1219	0.69	0.38	13.79	0.23
Subbasin-24	241.49	78	5	15542.57	15.54	723	1470	0.49	0.72	25.95	0.43
Subbasin-25	66.26	82	5	8135.56	8.14	850.5	1093	0.78	0.37	13.22	0.22
Subbasin-26	41.47	82	5	6440.92	6.44	832.5	1473	0.57	0.35	12.48	0.21
Subbasin-27	42.64	78	5	6534.99	6.53	890.11	978.75	0.91	0.29	10.50	0.18

Subbasin-28	24.40	78	5	4939.36	4.94	882	1023	0.86	0.24	8.65	0.14
Subbasin-29	81.90	78	5	9053.02	9.05	890	979	0.91	0.38	13.51	0.23
Subbasin-3	8.76	82	5	2962.87	2.96	207	747	0.28	0.25	9.03	0.15
Subbasin-30	335.26	78	5	18309.34	18.31	890.21	1463	0.61	0.75	27.12	0.45
Subbasin-31	32.72	86	5	5718.96	5.72	890.12	1824	0.49	0.33	12.06	0.20
Subbasin-32	1.17	86	5	1079	1.08	1	10	0.10	0.17	6.15	0.10
Subbasin-4	15.44	86	5	3927.96	3.93	85.5	262.5	0.33	0.29	10.55	0.18
Subbasin-5	490.18	86	5	22135.06	22.14	50	1111.11	0.05	2.38	85.57	1.43
Subbasin-6	19.27	86	5	4394.69	4.39	310.5	1490	0.21	0.38	13.64	0.23
Subbasin-7	88.55	86	5	9414	9.41	1201.32	2791.35	0.43	0.52	18.56	0.31
Subbasin-8	73.44	86	5	8569.45	8.57	1201	2052	0.59	0.43	15.35	0.26
Subbasin-9	64.00	86	5	7996.29	8	1118	2779.89	0.40	0.47	16.82	0.28

Lampiran 6. Tabel Menghitung Data yang diperlukan pada *Reach*

ELEMENT	km2	PANJANG		ELEVASI		KEMIRINGAN S m/m	tc	lag (min)
		m	km	Terendah	Tertinggi			
Reach-1	181.20	13460.89	13.46	10	22.5	2.25	0.36	12.94
Reach-10	23.02	4798.24	4.80	460	565	1.23	0.21	7.38
Reach-11	10.87	3297.52	3.30	565	580.5	1.03	0.16	5.92
Reach-12	0.97	983.77	0.98	580.22	602	1.04	0.06	2.32
Reach-13	1.36	1165.78	1.17	602.12	590.31	0.98	0.08	2.71
Reach-14	71.53	8457.81	8.46	580.34	1007	1.74	0.28	10.00
Reach-15	2.05	1430.44	1.43	1006.34	1018.5	1.01	0.09	3.13
Reach-16	14.12	3758.19	3.76	1118	1201.5	1.07	0.18	6.44

Reach-17	37.25	6102.92	6.10	590.56	603.5	1.02	0.26	9.53
Reach-18	0.80	893.54	0.89	673.68	627.33	0.93	0.06	2.25
Reach-19	178.44	13358	13.36	628.43	738.04	1.17	0.46	16.52
Reach-2	60.02	7746.96	7.75	12.5	45.5	3.64	0.20	7.02
Reach-20	12.14	3484.57	3.48	737.49	724.59	0.98	0.17	6.29
Reach-21	6.87	2620.29	2.62	723.33	726.78	1.00	0.14	5.00
Reach-22	13.29	3646.02	3.65	726.65	814.98	1.12	0.17	6.19
Reach-23	153.07	12371.99	12.37	814.54	1236.54	1.52	0.39	14.11
Reach-24	136.93	11701.78	11.70	815.32	841.32	1.03	0.44	15.68
Reach-25	2.34	1530.49	1.53	842.56	832.87	0.99	0.09	3.33
Reach-26	8.10	2845.46	2.85	830	855.89	1.03	0.15	5.28
Reach-27	59.59	7719.67	7.72	855.23	882.51	1.03	0.32	11.38
Reach-28	31.08	5574.89	5.57	882.89	890	1.01	0.25	8.94
Reach-29	9.63	3103.76	3.10	890	890.33	1.00	0.16	5.71
Reach-3	96.08	9802.23	9.80	23	73	3.17	0.25	8.88
Reach-30	412.36	20306.53	20.31	1	10	10.00	0.28	10.00
Reach-31	764.86	27656.17	27.66	1	10	10.00	0.35	12.68
Reach-4	62.72	7919.53	7.92	71	203	2.86	0.22	7.84
Reach-5	1130.57	33623.98	33.62	50	310	6.20	0.49	17.72
Reach-6	717.44	26784.99	26.78	310.23	439.9	1.42	0.73	26.25
Reach-7	93.45	9666.77	9.67	440	890	2.02	0.29	10.44
Reach-8	14.28	3778.35	3.78	440	460	1.05	0.18	6.53
Reach-9	1.34	1156.32	1.16	460	510	1.11	0.07	2.57