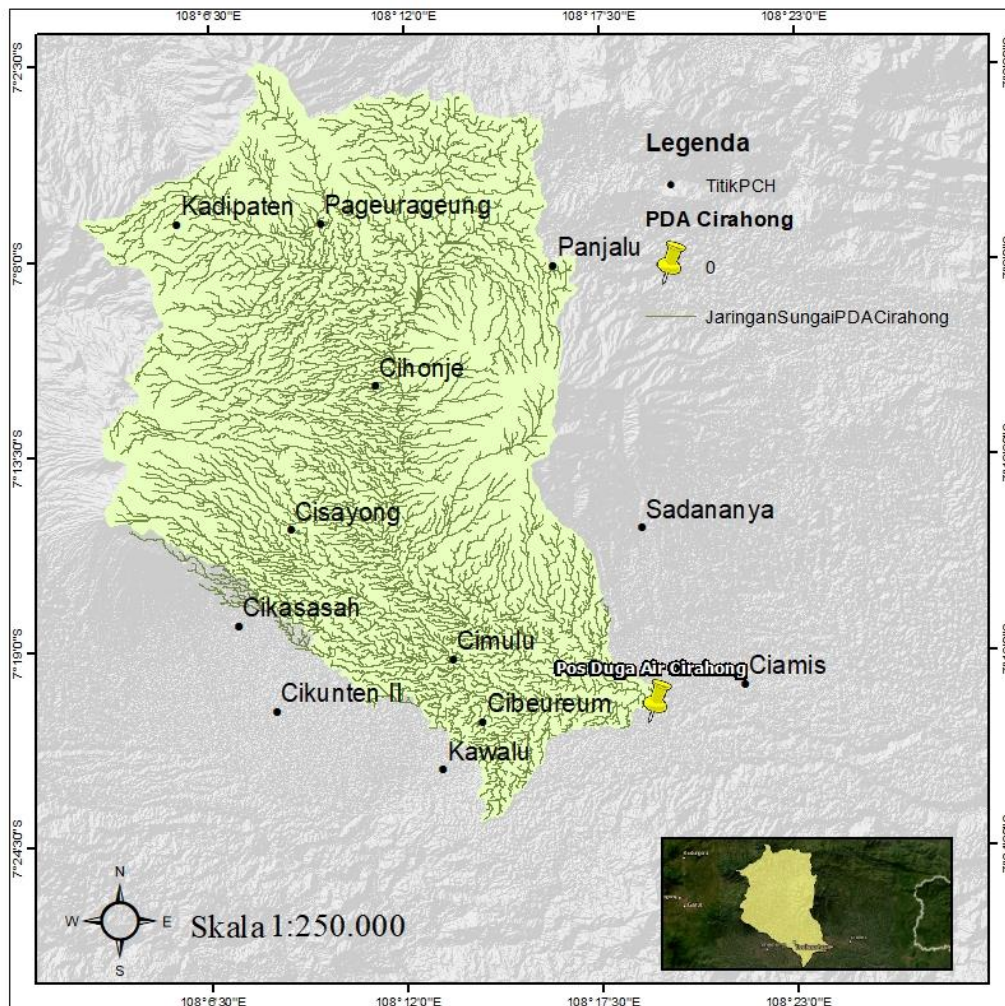


### 3 METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah DAS Citanduy Hulu dengan fokus pada PDA Cirahong, yang dipilih sebagai lokasi observasi karena posisinya sangat strategis di kawasan hulu sungai Citanduy. Lokasi ini dianggap penting lantaran letaknya di bagian hulu dapat berdampak terhadap aliran serta debit sungai yang mengalir ke daerah hilir. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari beberapa pos pengamatan hujan di dalam dan sekitar DAS Citanduy Hulu, termasuk beberapa stasiun pemantau cuaca yang tersebar di area tersebut. Peta lokasi DAS Citanduy Hulu disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 DAS Citanduy Hulu

## 3.2 Teknik Pengumpulan Data

### 3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung di lapangan. Namun pada penelitian ini tidak ada data primer yang akan digunakan. Data yang dibutuhkan pada penelitian hanya berupa data sekunder. Penjelasan lebih lanjut mengenai data data sekunder dibahas pada sub-bab berikutnya.

### 3.2.2 Data Sekunder

Kebutuhan parameter perhitungan yang digunakan pada penelitian ini tidak menggunakan data yang diuji secara langsung di laboratorium, sehingga penelitian ini menggunakan data sekunder untuk kebutuhan analisis. Selain itu, data juga dikumpulkan dari instansi terkait untuk memperoleh data-data pendukung yang dibutuhkan, data digital diolah menggunakan *software* GIS. Rincian data yang diperlukan pada penelitian ini adalah:

1. Data curah hujan observasi harian dari PCH yang tersebar di sekitar DAS yaitu PCH Kadipaten, Panjalu, Cihonje, Pageurageung, Sadananya, Cisayong, Cikasah, Cibereum, Kawalu, Cimulu, Cikunten II, dan Ciamis.
2. Data debit sungai harian pada titik pengamatan PDA Cirahong.
3. Data *Digital Elevation Model* (DEM) pada DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong.
4. Data jenis tanah DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong.
5. Data tutupan lahan DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong.

Pada ditunjukkan daftar kebutuhan data yang dilengkapi dengan sumber dan keterangan.

Tabel 3.1 Jenis Data, Sumber, dan Kegunaannya

No	Jenis Data	Keterangan	Sumber
1	Data DEM	Analisis delinasi DAS dalam pemodelan pada HEC-HMS.	Geospasial Tanah Air Indonesia
2	Data Curah Hujan Observasi	Parameter input simulasi hujan menjadi debit.	Data penelitian sebelumnya
3	Data Debit Sungai Observasi	Data validasi untuk menguji akurasi hasil simulasi debit sungai dari HEC-HMS	BBWS Citanduy
4	Data Jenis Tanah	Peta tanah digunakan untuk inputan dalam pemodelan berdasarkan karakteristik	Peta Tanah <i>Food and Agriculture Organization</i> (FAO)

No	Jenis Data	Keterangan	Sumber
		tanah.	
5	Data Tutupan Lahan	Analisis penggunaan lahan dalam pemodelan debit DAS pada HEC-HMS, juga <i>overlay</i> dengan jenis tanah untuk mendapatkan parameter kehilangan pada HEC-HMS.	Jurnal Dampak Jangka Panjang Perubahan Penggunaan dan Tata Guna Lahan (Irawan & Setiawan, 2025)

### 3.3 Alat Penelitian

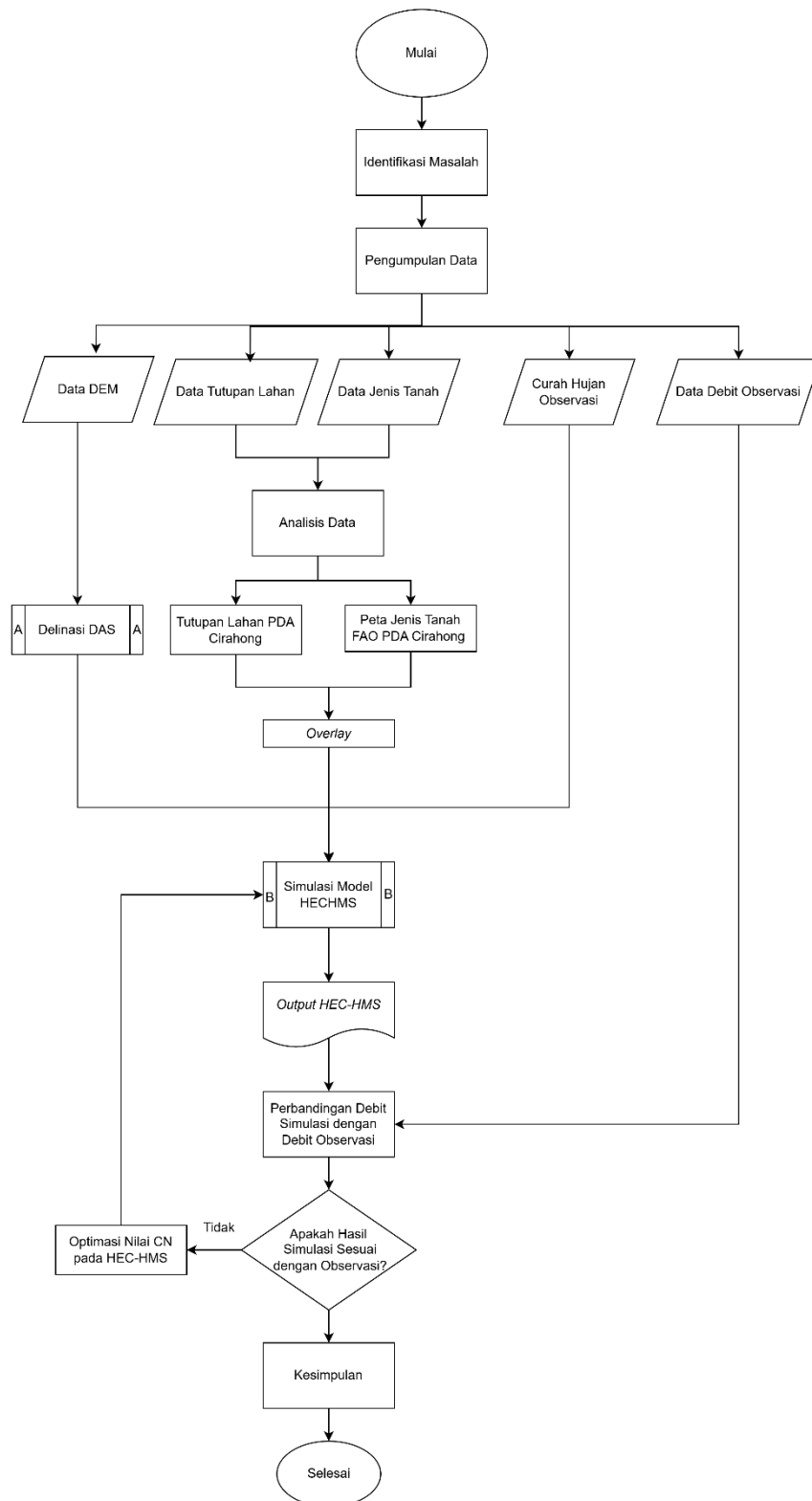
Alat bantu yang digunakan untuk mendapatkan data-data penelitian *software* dan perlengkapan lainnya yang diperlukan antara lain:

1. Seperangkat laptop
2. *Microsoft Office* untuk menulis laporan dan pengolahan data
3. *Software* QGIS untuk mengolah dan menganalisis data spasial
4. *Software* HEC-HMS 4.12 untuk membantu memodelkan debit simulasi

### 3.4 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang harus dikerjakan sebagaimana disajikan pada Gambar 3.2. Proses analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis yang dimulai dengan tahap persiapan dan pengorganisasian data. Tahapan-tahapan ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja model hidrologi dan mensimulasikan hubungan antara curah hujan dan debit aliran pada DAS, mencakup proses pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis untuk mendapat data yang relevan.

Selanjutnya, data yang telah terorganisir akan dianalisis menggunakan metode yang sesuai dengan pendekatan penelitian. Setelah pola atau hubungan antarvariabel teridentifikasi, langkah terakhir adalah melakukan interpretasi dengan mengaitkan temuan tersebut terhadap landasan teori yang telah disusun. Proses ini bertujuan untuk menarik kesimpulan yang mampu menjawab rumusan masalah secara akurat serta memberikan dasar yang kuat bagi pembahasan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

### **3.4.1 Analisis Hidrologi dan Karakteristik DAS**

#### **3.4.1.1 Melengkapi Data Curah Hujan Hilang**

Melengkapi data curah hujan hilang dilakukan untuk menjaga kontinuitas data *input* model hidrologi dan juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan analisis hidrologi. Metode *Inverse Square Distance* adalah salah satu metode untuk melengkapi data curah hujan yang hilang, bekerja dengan prinsip pembobotan berdasarkan jarak antara stasiun yang akan dilengkapi datanya dengan stasiun-stasiun di sekitarnya yang masih memiliki data lengkap. Metode *Inverse Square Distance* dapat dihitung dengan persamaan (2.1).

#### **3.4.1.2 Menentukan Curah Hujan Wilayah**

Penentuan curah hujan wilayah didasarkan pada asumsi bahwa curah hujan yang tercatat pada stasiun hujan dapat merepresentasikan kondisi hujan di wilayah sekitarnya. Dalam penelitian ini, curah hujan wilayah ditentukan melalui penggabungan data curah hujan dari beberapa stasiun hujan yang berada di dalam dan sekitar DAS Citanduy Hulu. Metode *polygon thiesen* digunakan untuk analisis curah hujan wilayah yang dapat dihitung dengan persamaan (2.2).

#### **3.4.1.3 Analisis Karakteristik DAS**

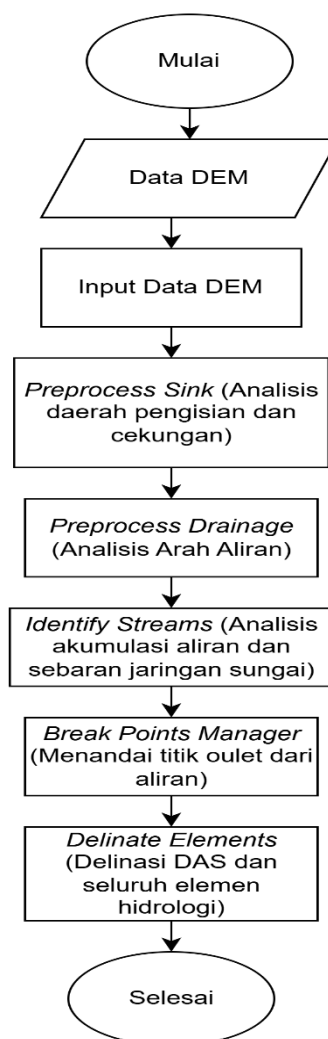
Analisis karakteristik DAS dibutuhkan karena sangat mempengaruhi respon hidrologi terhadap curah hujan seperti infiltrasi, limpasan permukaan, dan kapasitas retensi air. Fokus analisis karakteristik DAS pada penelitian ini adalah pada identifikasi jenis tanah dan sebaran tutupan lahan yang mencakup wilayah DAS Citanduy Hulu. Pada penelitian ini identifikasi jenis tanah dan sebaran tutupan lahan dilakukan dengan pendekatan berbasis GIS, yaitu sistem berbasis komputer yang mampu mengintegrasikan data spasial dan atribut geografis. Pada penelitian ini analisis dilakukan dengan perangkat lunak QGIS.

### **3.4.2 Model Hidrologi HEC-HMS**

#### **3.4.2.1 Delinasi DAS**

Tahap delinasi DAS pada HEC-HMS merupakan tahapan awal yang sangat penting dalam pemodelan hidrologi karena berfungsi untuk menyusun kerangka spasial dan hidrologi dari suatu DAS. Pada tahapan ini, wilayah tangkapan air dibagi menjadi beberapa sub-DAS beserta jaringan sungai yang saling terhubung,

sehingga model dapat memahami bagaimana air hujan yang jatuh di suatu area mengalir melalui sungai hingga mencapai titik *outlet*. Delinasi DAS tidak bertujuan untuk menghitung debit secara langsung, melainkan untuk menentukan batas kontribusi aliran, arah aliran air, serta hubungan antar sub-DAS di dalam sistem hidrologi. Berikut diagram alir pada tahap ini disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses A (Delinasi DAS Pada HEC-HMS)

#### 1. Data *Input* Pemodelan HEC-HMS

##### a. Data DEM

Data DEM dapat diperoleh dari DEMNAS Geospasial Tanah Air Indonesia berdasarkan tinjauan yang sudah ditentukan pada DAS Citanduy Hulu. Data DEM ini dapat disesuaikan dengan proyeksi WGS84 UTM49S dan dipotong berdasarkan pada DAS yang akan

ditinjau pada titik pengamatan PDA Cirahong untuk memfokuskan simulasi.

b. Data Curah Hujan Observasi

Data curah hujan yang digunakan merupakan curah hujan observasi dari 12 titik PCH yang tersedia di dalam dan sekitar DAS Citanduy Hulu. Dimodelkan untuk simulasi debit sungai dalam skala waktu harian dari tahun 2020 sampai 2023.

c. Data Debit Observasi

Data debit observasi pada analisis ini didapatkan dari instansi BBWS Citanduy pada titik pengamatan PDA Cirahong dalam skala waktu harian dari tahun 2020 sampai 2023.

d. Data Penggunaan Lahan

Peta tutupan lahan yang digunakan pada analisis ini berdasarkan pada penelitian sebelumnya. Pada analisis ini mengklasifikasikan penggunaan lahan untuk menentukan nilai *Curve Number* pada setiap subbasin.

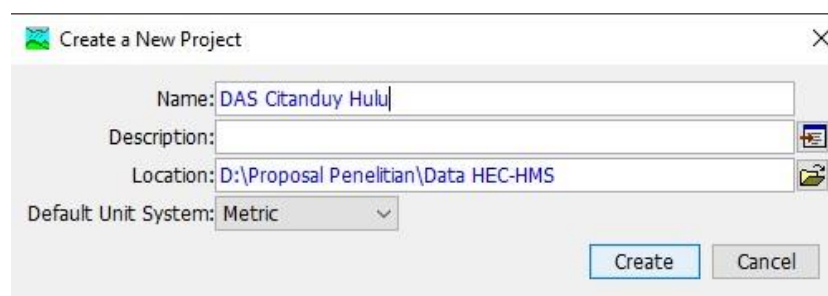
e. Data Tanah

Data tanah pada penelitian ini diklasifikasikan berdasarkan peta jenis tanah dari FAO untuk menentukan tingkat infiltrasi tanah.

2. Proses Delinasi DAS Pada HEC-HMS

a. Membuat *New Project* Pada HEC-HMS

Membuka perangkat lunak HEC-HMS dan membuka menu *file* pada layar untuk utama, kemudian klik *new project*. Dapat dilihat pada Gambar 3.4.

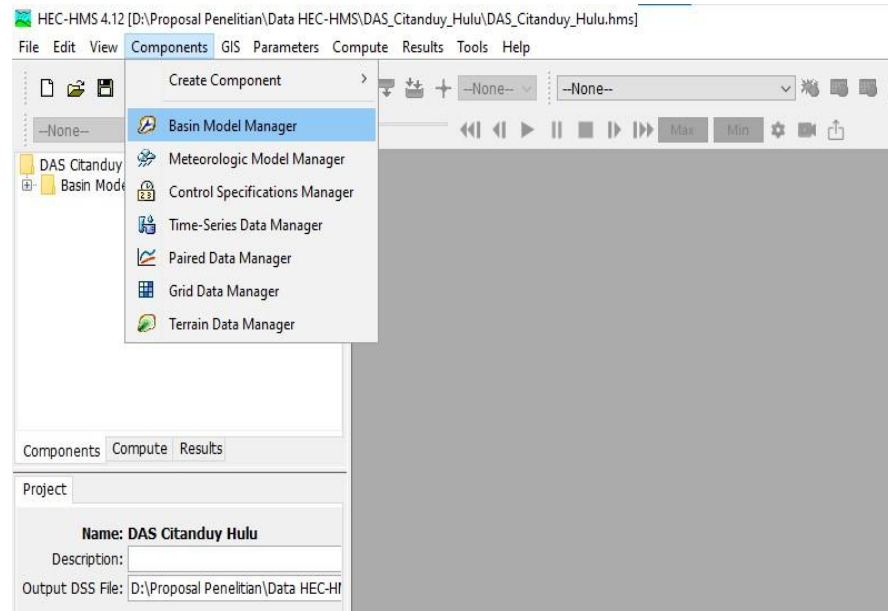


Gambar 3.4 *New Project* HEC-HMS

b. Membuat *Basin Model*

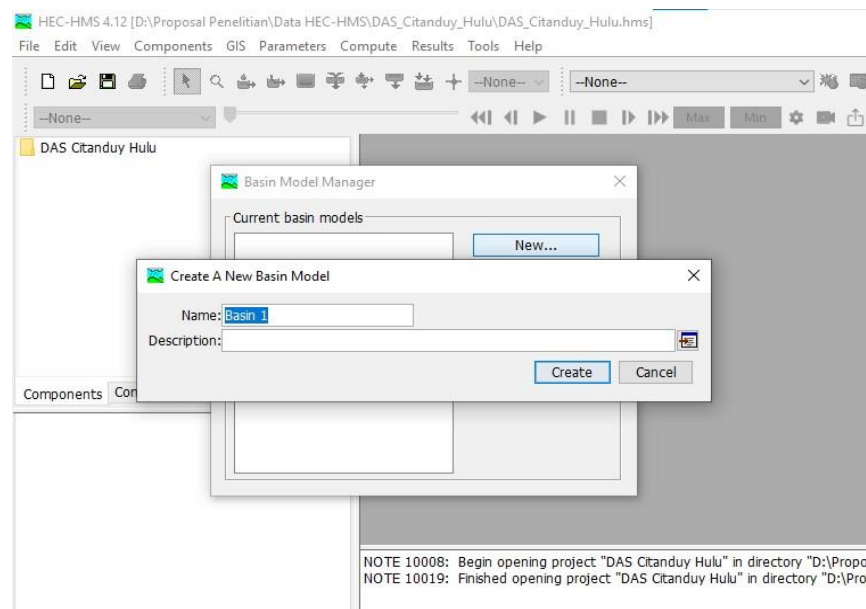
Setelah membuat *new project* yang akan otomatis tersimpan menjadi suatu format file penyimpanan selama kita melakukan pemodelan, langkah

selanjutnya membuat *basin models*. Untuk membuat *basin models* yaitu klik *components* pada bagian menu bar (di bagian atas). Dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Basin Model Manager*

Selanjutnya, klik *new* dan isikan nama basin, kemudian klik *create*. Dapat dilihat pada Gambar 3.6.

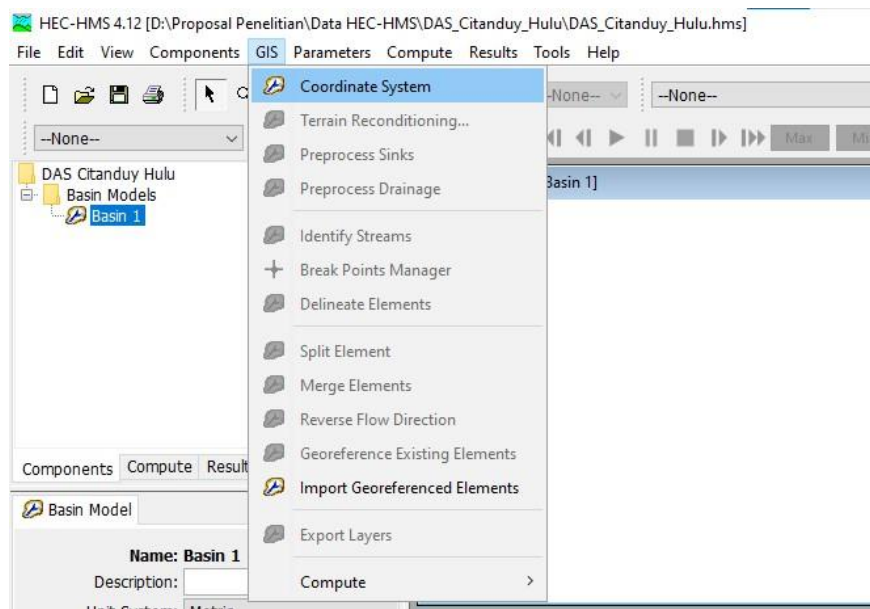


Gambar 3.6 *Create Basin Model*

### c. Input Data DEM (*Digital Elevation Model*)

Tahapan selanjutnya adalah *input* DEM yang telah diperoleh. Salah satu cara untuk mendapatkan data DEM yakni melalui Web DEMNAS. Untuk

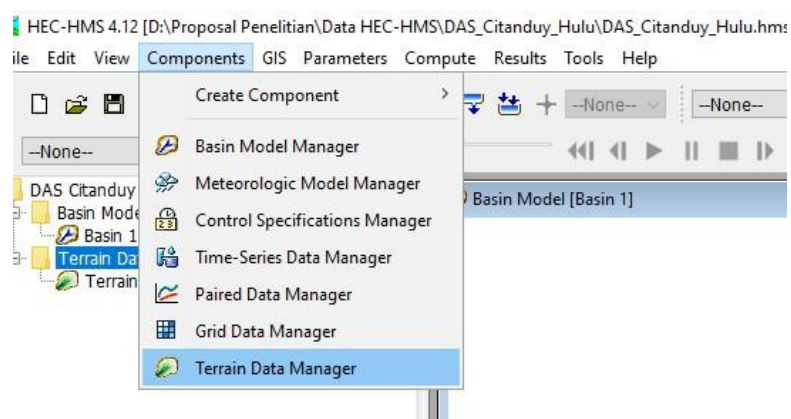
*input* DEM, klik GIS pada menu bar, lalu klik *coordinate system* dengan proyeksi WGS89 UTM94, kemudian klik *browse*, lalu cari *file* DEM yang akan diinputkan. Dapat dilihat pada gambar Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Coordinate System

#### d. Terrain Data Manager

Setelah melakukan *input* data DEM, kemudian buat *Terrain Data Manager*. Untuk membuatnya, klik *components* pada menu bar, kemudian klik *terrain data manager*, lalu klik *new* dan *create*, isikan nama lalu klik *next*. Kemudian *browse* data DEM yang digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 3.8.



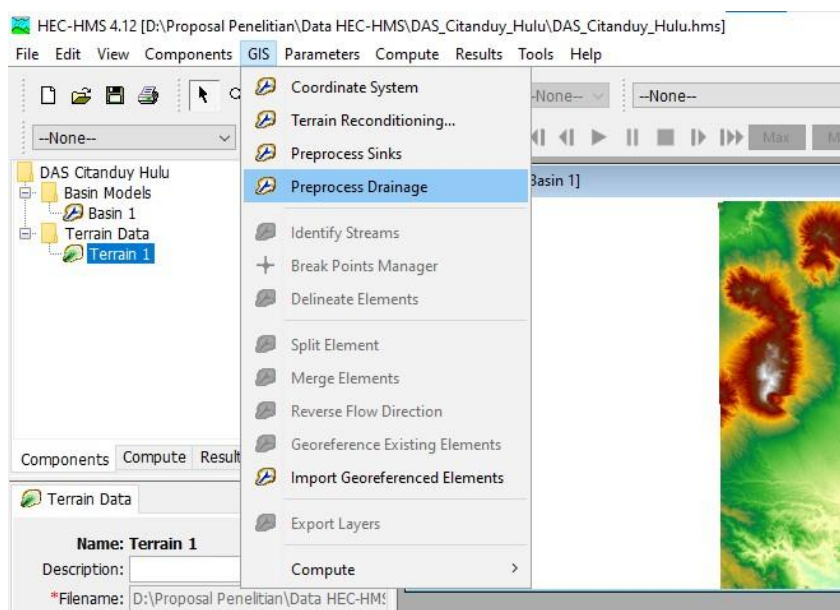
Gambar 3.8 Input Terrain Data

Setelah membuat *terrain data manager*, tahapan selanjutnya adalah menghubungkan data *terrain* yang sudah dibuat dengan *basin model*.

Caranya yaitu klik *basin model* yang telah dibuat kemudian pada menu basin, klik *terrain data*, kemudian pilih *terrain* yang telah dibuat sebelumnya.

e. *Preprocess Sink*

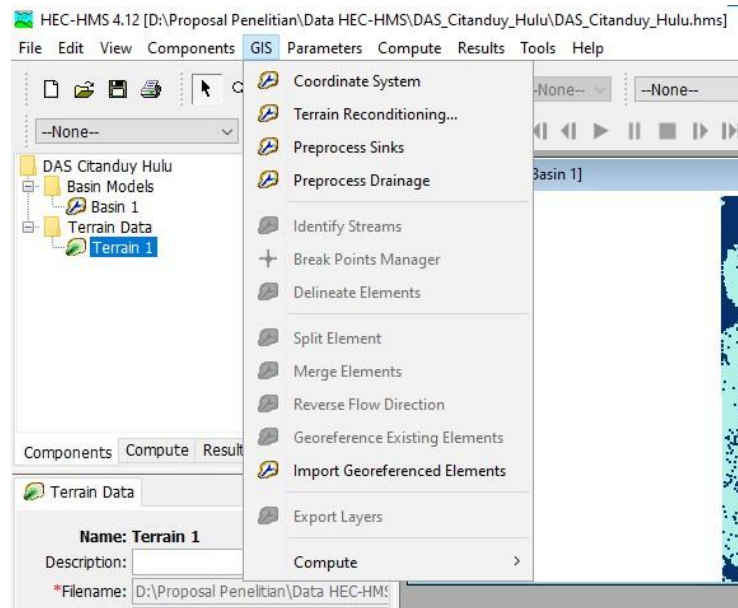
Setelah data DEM berhasil ter-*input*, langkah selanjutnya yakni *preprocess sink* yang merupakan proses untuk menganalisis daerah pengisian dan cekungan. Caranya yakni klik GIS pada menu bar, lalu klik *preprocess sink*. Dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Preprocess Sink*

f. *Preprocess Drainage*

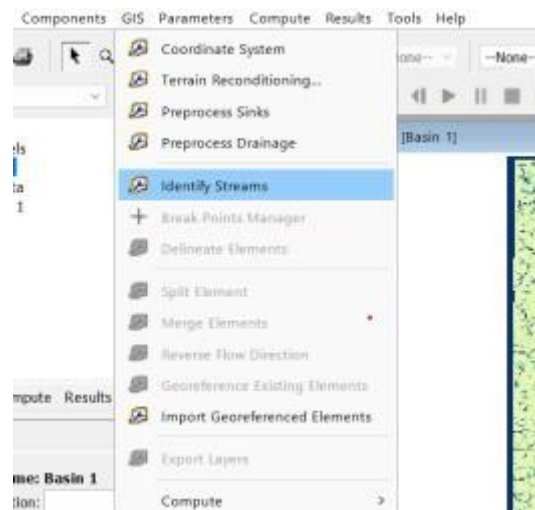
Tahapan selanjutnya yakni *preprocess drainage*, proses ini merupakan perintah untuk melakukan analisis terhadap arah aliran dengan menetapkan ambang batas (*threshold*) luasan tertentu, sistem secara otomatis akan memetakan jaringan sungai dan mengidentifikasi titik-titik pertemuan arus. Langkah ini sangat penting karena akurasi penentuan batas DAS dan panjang alur sungai sangat bergantung pada ketelitian sistem dalam memproses drainase permukaan ini. Caranya yakni klik GIS pada menu bar, lalu klik *preprocess drainage*. Dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Preprocess Drainage*

g. *Identify Stream*

Tahapan berikutnya adalah *identify stream*, merupakan perintah untuk mealukan analisis akumulasi aliran dan jaringan sungai. Caranya yakni klik GIS pada menu bar lalu klik *identify stream*. Dapat dilihat pada Gambar 3.11.

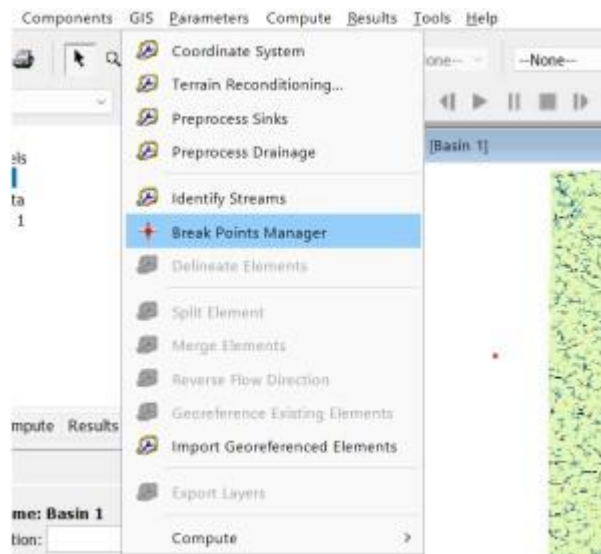


Gambar 3.11 *Identify stream*

h. *Break Points Manager*

Tahapan berikutnya adalah *break points*, merupakan perintah untuk menandai titik *outlet* dari *project* yang sudah dibuat. Caranya dengan mengklik GIS, kemudian klik *break points manager* untuk tandai lokasi yang

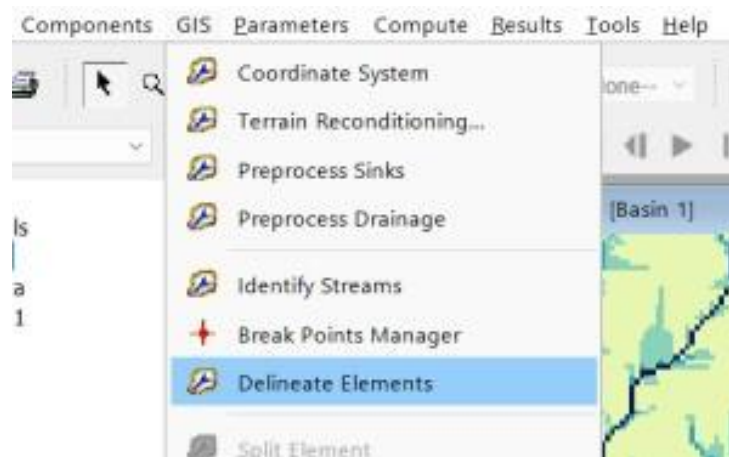
menjadi titik *outlet* dari *project* yang dibuat. Dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Break Points Manager*

i. *Delineate Elements*

Tahapan berikutnya adalah *delineate elements*, merupakan perintah untuk membuat delinasi terhadap elemen-elemen hidrologi yang dibutuhkan dalam *project*. Caranya dengan meng-klik GIS, kemudian *delineate elements*. Dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Delianate Elements*

Setelah dilakukan tahapan delinasi maka proses tersebut akan menghasilkan delinasi elemen hidrologi DAS dengan lengkap.

### 3.4.2.2 Simulasi Model Debit

Tahap simulasi debit merupakan tahap inti dari penelitian, pada tahapan ini *input* data hujan akan di simulasikan menjadi *output* debit. Langkah-langkah simulasi model debit pada HEC-HMS disajikan sebagai berikut.

1. Perhitungan *Loss Method*

Metode yang digunakan pada *loss method* adalah SCS CN, parameter yang menjadi input pada HEC-HMS adalah *Curve Number (CN)*, *%Imprevious*, *Ia*. Untuk parameter nilai CN dan *%Imprevious* didapatkan dengan bantuan perangkat lunak QGIS dengan mengolah peta jenis tanah dan peta sebaran tutupan lahan yang berada di area DAS Citanduy Hulu. Analisis perhitungan untuk mendapat nilai *Ia* disajikan pada persamaan (2.3) dan (2.4).

2. *Input Area*

Pada *input area* ini adalah luasan dari setiap *sub-basin* yang sebelumnya sudah di proses pada delinasi di HEC-HMS.

3. Perhitungan *Transform Method*

Metode yang digunakan pada *transform method* ini adalah SCS *Hydrograf*. Parameter yang menjadi *input* adalah *Lag Time* yang bisa dihitung dengan persamaan (2.5), (2.6) dan (2.7).

4. Perhitungan *Routing Method*

Metode yang digunakan pada *routing method* ini adalah metode *Lag*. Parameter yang menjadi input adalah *Lag* itu sendiri, yang dapat dihitung dengan persamaan (2.8) dan (2.9).

5. *Input Data Curah Hujan*

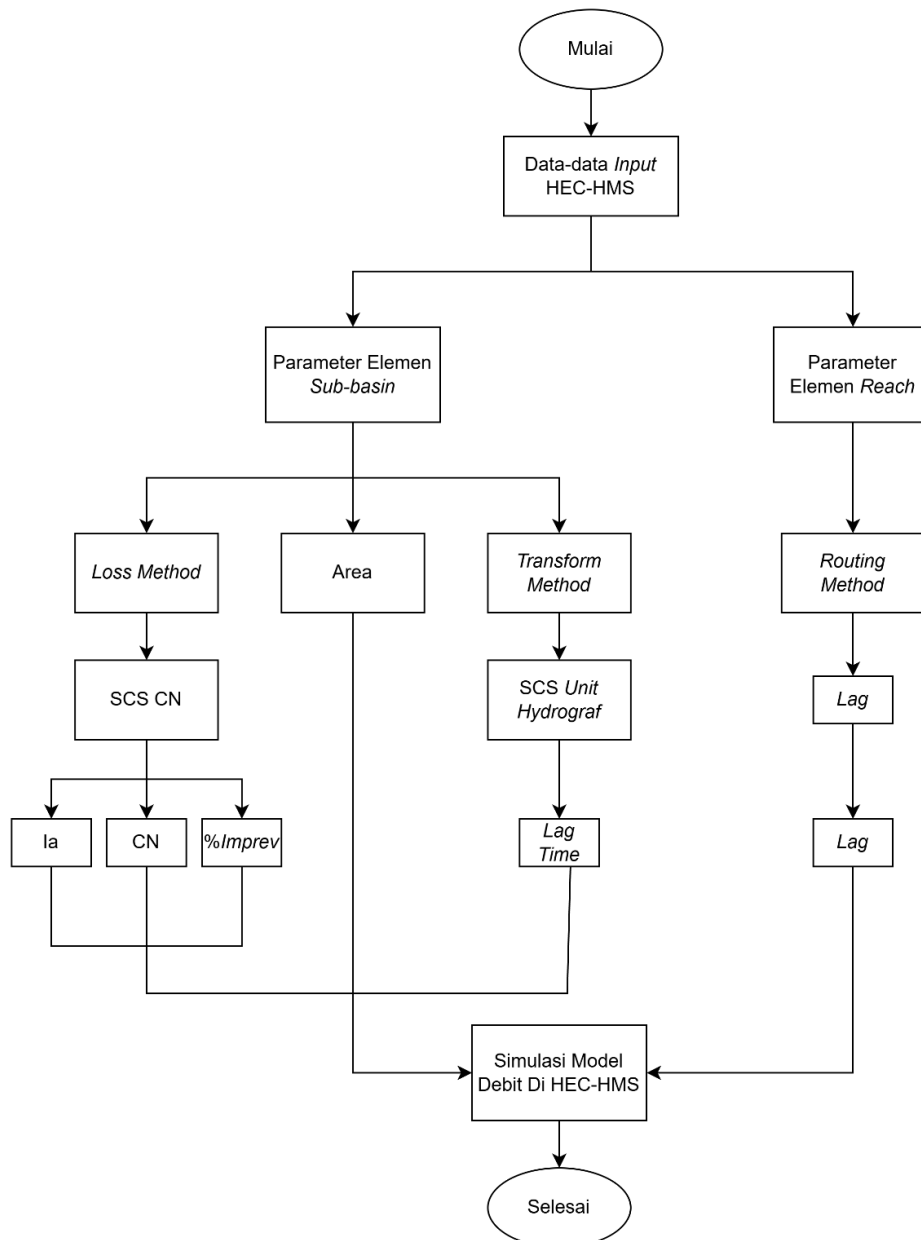
*Input data curah hujan real time* untuk simulasi dengan data hujan yang digunakan tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023.

6. *Input Debit Observasi*

*Input debit observasi real time* mengikuti data hujan observasi yang digunakan yaitu tahun 2020, 2021, 2022 dan 2023. Debit observasi berfungsi sebagai data pembanding, setelah model simulasi dijalankan maka hasilnya akan terlihat perbedaan antara debit simulasi dan debit observasi.

## 7. Running Model

Setelah semua tahapan *input* parameter dilakukan, proses selanjutnya yaitu *running model*. Hasil yang akan didapatkan setelah *running model* adalah model simulasi debit harian, waktu debit puncak, debit puncak dan volume. Langkah-langkah untuk melakukan *running model* dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Diagram Alir Proses B (Simulasi Model Debit)

### 3.4.2.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk menguji keandalan model simulasi terhadap model observasi. Validasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil dimulasi debit dengan debit observasi menggunakan beberapa parameter statistik, yaitu *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan %Bias. Kriteria optimasi model tergantung pada validasi, apabila model hasil simulasi sudah sesuai dengan kriteria yang ditentukan maka tidak perlu dilakukan optimasi. Apabila model simulasi tidak sesuai dengan kriteria yang ditentukan maka akan dilakukan optimasi model.

### 3.5 Optimasi Model

Optimasi dilakukan sebagai salah satu tahapan penting dalam proses pemodelan hidrologi, yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi hasil simulasi model agar mendekati data hasil observasi. Optimasi model hidrologi dalam penelitian ini dilakukan melalui penyesuaian nilai *Curve Number* (CN), yang merupakan parameter utama dalam metode SCS CN untuk merepresentasikan karakteristik limpasan permukaan suatu DAS. Optimasi model pada HEC-HMS dapat dilakukan dengan fitur *optimization trial manager*. Langkah-langkah dalam melakukan optimasi model pada HEC-HMS adalah sebagai berikut.

#### 1. Membuat *Optimization Trial*

Melakukan optimasi model setelah dilakukannya simulasi debit dengan mengklik *compute* pada menu bar, lalu pilih *optimization trial manager*, kemudian buat nama optimasi dan hubungkan pada DAS *project* untuk selanjutnya memasukkan waktu simulasi pada data meteorologi.

#### 2. Pengaturan Metode Optimasi

Pada metode optimasi terdapat tiga metode yaitu *simplex*, *univariat*, dan *differential evolution* (DE). Pada penelitian ini digunakan metode DE yaitu metode untuk mencari solusi optimal pada optimasi model hidrologi secara otomatis. Metode DE bekerja dengan mengoptimalkan parameter-parameter model secara simultan untuk meminimalkan selisih antara hasil simulasi dan data observasi. Metode ini dipilih karena mampu untuk mencari solusi optimal yang efisien pada masalah optimasi parameter hidrologi yang kompleks dalam

HEC-HMS, juga mudah untuk mengatur reproduksibilitas hasilnya. Pengaturan pada metode DE diantaranya *max iterations*, *tolerance*, *min iterations*, *population size*, dan *seed value*.

### 3. Menentukan Objektivitas Optimasi

Pada objektif optimasi terdapat dua pilihan untuk *minimization* yaitu memperkecil nilai fungsi objektif, meminimalkan kesalahan (*error*) agar model mendekati data hasil observasi dan *maximization* yaitu memaksimalkan nilai fungsi objektif yang berupa ukuran kecocokan, di mana nilai yang lebih akan besar menunjukkan kecocokan antara model dan data observasi. Kedua pilihan tersebut bertujuan untuk membuat model simulasi mendekati data observasi.

### 4. Menentukan Parameter Optimasi

Memilih parameter yang akan dilakukan optimasi, dengan meng-klik kanan dari nama optimasi lalu *add* parameter. Pada penelitian nilai yang akan dioptimasi adalah *Curve Number (CN)*.

### 5. *Running Optimasi*

Langkah terakhir adalah menjalankan optimasi dengan meng-klik *compute* pada menu bar untuk menjalankan *running optimasi*.

Tujuan dari optimasi ini adalah tercapainya presisi matematis dalam meminimalkan deviasi antara debit simulasi dan debit observasi. Proses optimasi mampu menemukan nilai terbaik untuk parameter sensitif seperti *Curve Number (CN)*. Oleh karena itu, optimasi menjadi jembatan untuk menyelaraskan parameter *input* yang bersifat statis dengan perilaku dinamika air di lapangan, guna menghasilkan model yang memiliki tingkat kepercayaan (*confidence level*) yang tinggi.

Hasilnya, model tidak hanya sekadar menghasilkan grafik, tetapi memberikan estimasi volume banjir dan waktu puncak yang dapat dipertanggungjawabkan untuk analisis risiko bencana. Parameter yang telah teroptimasi biasanya menunjukkan perubahan nilai yang lebih tajam dalam merespon intensitas hujan, di mana kurva hasil simulasi akan mengalami pergeseran dan penyesuaian bentuk agar menyerupai data aktual. Model debit hasil optimasi kemudian akan kembali di validasi dengan tiga parameter statistik NSE, RMSE dan %Bias.