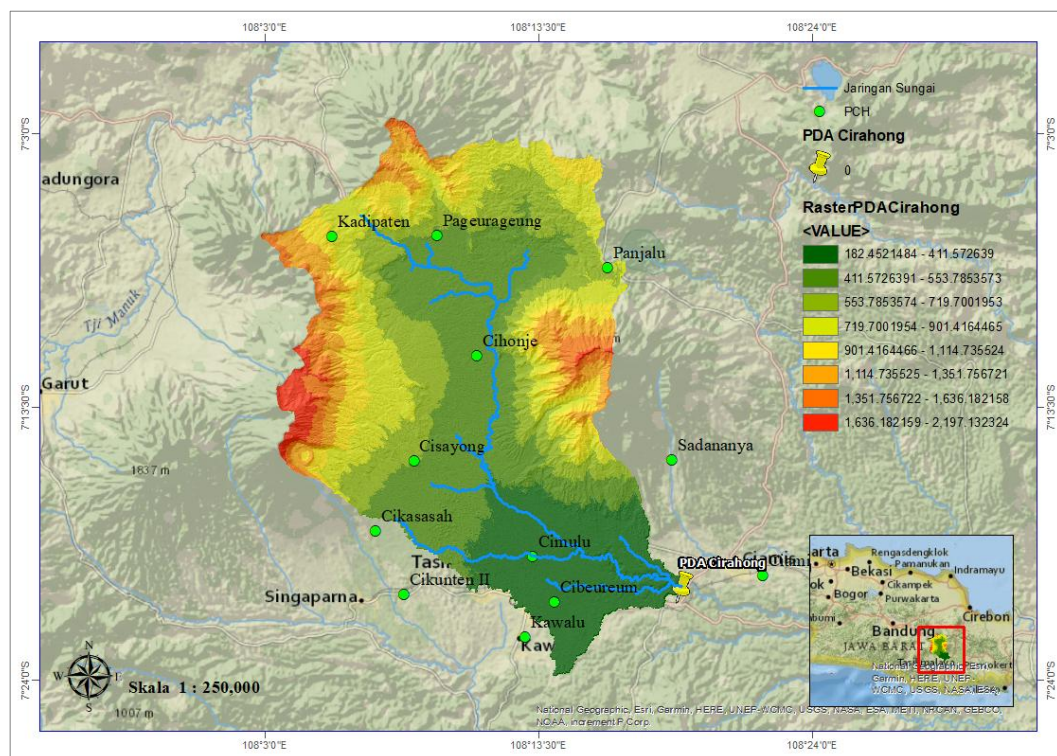


3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Citanduy hulu dengan PDA Cirahong sebagai salah satu titik pengamatan penting yang terletak di bagian hulu sungai aliran Sungai Citanduy. Titik pengamatan ini dipilih karena letaknya yang strategis di bagian hulu yang mempengaruhi aliran dan debit sungai di daerah hilirnya. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari pos pengamatan hujan yang berada di dalam dan sekitar wilayah DAS Citanduy Hulu yang mencakup sejumlah stasiun pengamatan cuaca yang tersebar di area tersebut.

Berdasarkan administrasi wilayah DAS Citanduy Hulu meliputi wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Ciamis, Majalengka, Garut, dan Kota Tasikmalaya. Secara geografis, DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong terletak pada $7^{\circ} 2' - 7^{\circ} 20' \text{ LS}$ dan $108^{\circ} 7' - 108^{\circ} 19' \text{ BT}$. DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong memiliki luas wilayah sekitar 66.681,88 ha, DAS ini mencakup berbagai tipe penggunaan lahan. Adapun gambar lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi PDA Cirahong dapat dilihat pada Gambar 3.2 yang terletak pada koordinat $7^{\circ}20'24.83''$ LS dan $108^{\circ}19'1.26''$ BT. Lokasi ini berada di wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat terletak di sekitar Sungai Citanduy yang berperan penting dalam sistem hidrologi kawasan ini. Selain itu, infrastruktur seperti Jembatan Cirahong yang menjadi penghubung antara Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Ciamis juga berada di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 3.2 Lokasi PDA Cirahong

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap ini merupakan tahapan pengumpulan data-data yang berhubungan dengan penelitian. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui pengamatan atau pengukuran di lapangan. Namun, pada penelitian ini tidak ada data primer yang akan digunakan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini hanya berupa data sekunder. Penjelasan lebih lanjut mengenai jenis data sekunder yang akan digunakan akan dijelaskan pada sub-bab berikutnya.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk referensi dan literatur yang berkaitan dengan topik penelitian seperti buku dan jurnal ilmiah. Selain itu, data juga dikumpulkan dari instansi terkait untuk memperoleh data-data pendukung yang diperlukan, serta data digital yang dihasilkan melalui estimasi penginderaan jauh menggunakan satelit dan pengolahan pada *software* GIS. Adapun data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Data curah hujan satelit dan observasi harian dari PCH yang tersebar di sekitar DAS yaitu PCH Kadipaten, Pageurageung, Panjalu, Cihonje, Cikasasah, Sadananya, Cimulu, Cibeureum, Kawalu, Cikunten II, dan Ciamis.
2. Data debit sungai harian di titik pengamatan PDA Cirahong.
3. Data klimatologi mencakup kelembapan udara (*relative humidity*), suhu udara maksimum dan minimum (*temperature*), kecepatan angin (*wind speed*), dan radiasi matahari (*solar radiation*) dalam skala waktu harian.
4. Data *Digital Elevation Model* (DEM) pada DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong.
5. Data tutupan lahan di DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong.
6. Data jenis tanah di DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong.

Berikut ditunjukkan pada Tabel 3.1 daftar kebutuhan data yang dilengkapi dengan sumber dan keterangan.

Tabel 3.1 Kebutuhan Data Sekunder

No.	Data	Sumber	Keterangan
1	Data curah hujan observasi	BBWS Citanduy dan data penelitian sebelumnya	Data ini digunakan untuk membandingkan akurasi data curah hujan satelit dan observasi, serta untuk analisis pengaruh perbedaan sumber data curah hujan observasi dan satelit terhadap hasil pemodelan debit sungai menggunakan model SWAT.
2	Data curah hujan satelit	Produk satelit GPM dan NASA POWER	
3	Data debit sungai	BBWS Citanduy	Sebagai data validasi untuk menguji akurasi hasil simulasi

No.	Data	Sumber	Keterangan
			debit sungai dari model SWAT.
4	Data klimatologi	Produk satelit NASA POWER	Data klimatologi digunakan sebagai inputan dalam pemodelan debit sungai pada model SWAT.
5	Data DEM	DEMNAS	Analisis delineasi DAS dalam pemodelan debit sungai menggunakan SWAT.
6	Data tutupan lahan	Peta prediksi tutupan lahan 2024	Analisis penggunaan lahan dalam pemodelan debit sungai dengan SWAT.
7	Data jenis tanah	Peta tanah <i>Food and Agriculture Organization</i> (FAO)	Peta tanah ini digunakan sebagai inputan dalam pemodelan berdasarkan karakteristik infiltrasi tanah.

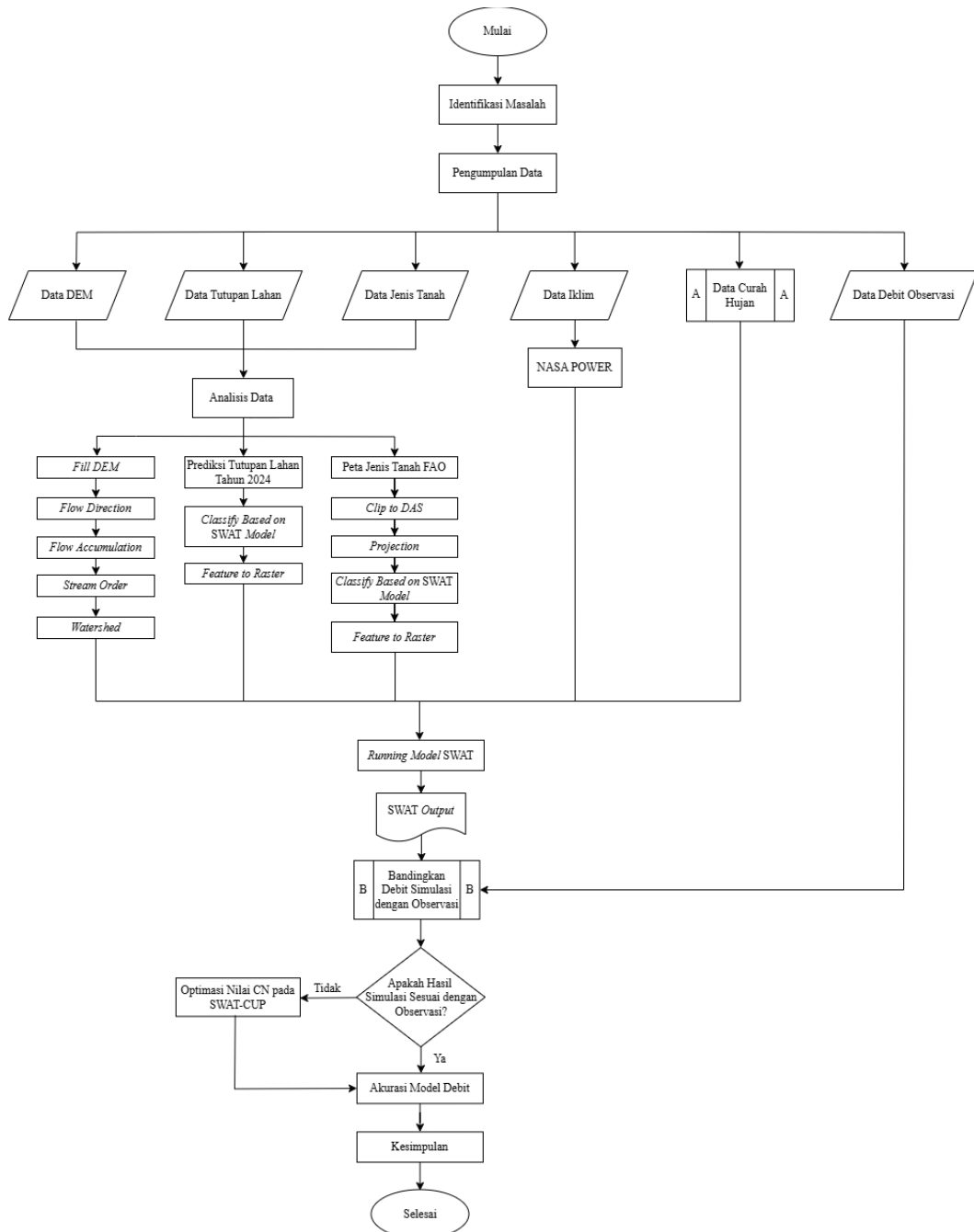
3.3 Alat Penelitian

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

1. Seperangkat laptop.
2. Microsoft Office untuk penulisan laporan dan pengolahan data.
3. *Software* QGIS 3.40 untuk mengolah dan menganalisis data spasial.
4. *Software* SWAT 2012 2.0 digunakan untuk memodelkan debit sungai.
5. *Software* SWAT-CUP untuk membantu mengoptimasi parameter model debit simulasi.

3.4 Analisis Data

Analisis data yang diperlukan untuk memenuhi penelitian ini memiliki beberapa tahap yang harus dikerjakan sebagaimana disajikan pada Gambar 3.3. Tahapan ini mencakup proses pengumpulan data, pengolahan, analisis, serta interpretasi hasil untuk mendapatkan informasi yang relevan dengan tujuan penelitian.

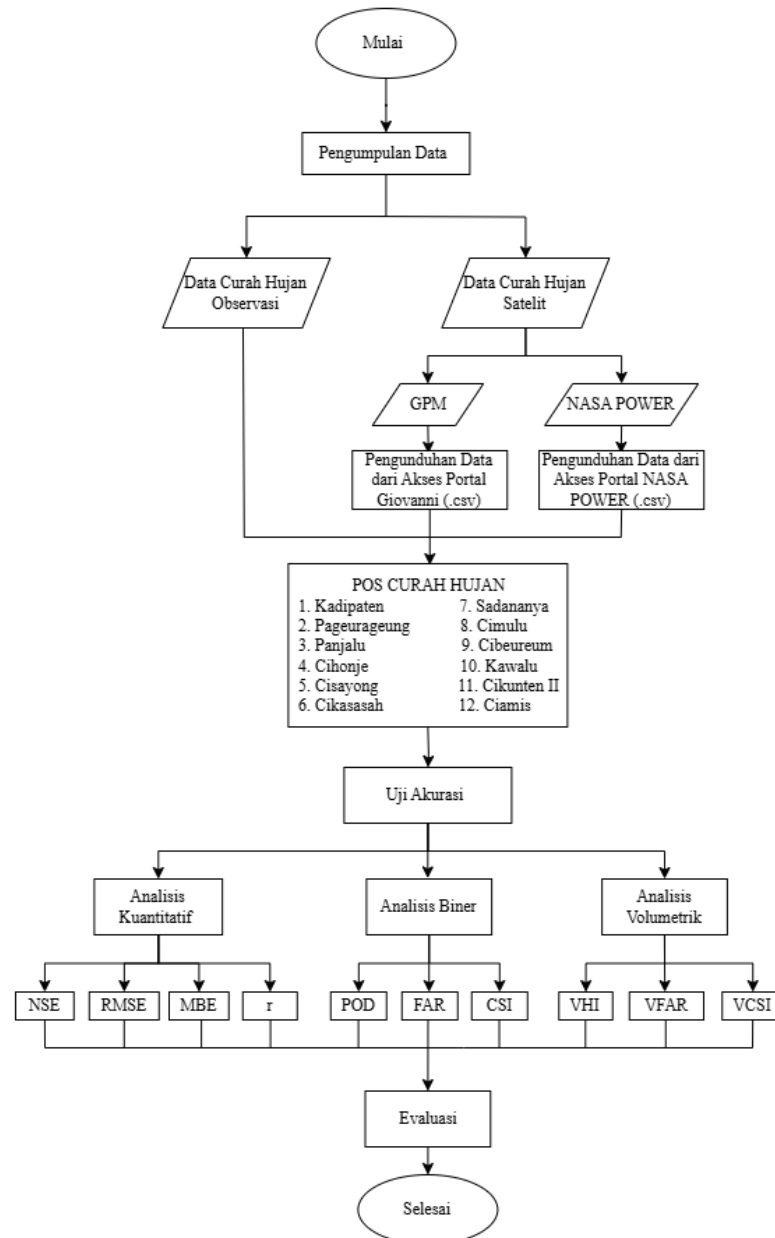


Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Analisis Perbandingan Akurasi Data Curah Hujan

Analisis data curah hujan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi data curah hujan satelit terhadap data curah hujan observasi harian berdasarkan PCH yang tersedia di dalam dan sekitar DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong. Data curah hujan observasi diperoleh dari BBWS Citanduy. Data curah hujan satelit GPM dapat diperoleh melalui <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

dan NASA POWER dapat diperoleh melalui <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Evaluasi ini penting untuk menilai sejauh mana data satelit dapat digunakan sebagai alternatif data observasi dalam penelitian hidrologi. Selain itu, data curah hujan satelit dan observasi digunakan sebagai inputan dalam simulasi model debit pada SWAT. Proses analisis data curah hujan melibatkan beberapa tahapan penelitian yang disajikan dalam *flowchart* Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses A (Analisis Data Curah Hujan)

3.4.2 Analisis Debit Simulasi

Analisis debit sungai dalam penelitian dilakukan dengan simulasi debit menggunakan perangkat lunak QSWAT. Simulasi ini dilakukan untuk memodelkan debit aliran sungai pada DAS berdasarkan data yang diinputkan. Tahapan analisis debit sungai mencakup beberapa proses sebagai berikut:

1. Persiapan Data Input SWAT

a. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan yaitu data curah hujan satelit GPM dapat dan NASA POWER, serta data curah hujan observasi. Ketiganya dimodelkan untuk simulasi debit sungai dalam skala waktu harian dari tahun 2020 sampai 2023 dengan 12 PCH yang tersedia di dalam dan sekitar DAS Citanduy Hulu.

b. Data Debit Observasi

Data debit observasi diperoleh dari instansi BBWS Citanduy pada PDA Cirahong dalam skala waktu harian dari tahun 2020 sampai 2023.

c. Data DEM

Data DEM diperoleh dari data DEMNAS Geospasial Tanah Air Indonesia berdasarkan tinjauan pada DAS Citanduy Hulu yang dapat diakses melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/unduh/demnas>. Data DEM dapat disesuaikan dengan proyeksi WGS84 UTM49S dan dipotong berdasarkan batas DAS yang ditinjau pada PDA Cirahong untuk memfokuskan pada simulasi.

d. Data Penggunaan lahan

Peta tutupan lahan yang digunakan untuk analisis yaitu berdasarkan data penelitian sebelumnya. Klasifikasi tutupan lahan harus disesuaikan berdasarkan kode SWAT yang ada pada database.

e. Data Tanah

Data tanah untuk DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong diklasifikasikan berdasarkan peta jenis tanah dari FAO dan berdasarkan database kode SWAT.

f. Data Klimatologi

Data klimatologi bersumber dari citra satelit NASA POWER dalam skala waktu harian dari 2020-2023.

2. Pengaturan dan Pengolah Model SWAT

a. Membuat *Project*

Untuk menyimpan *project* SWAT simpan dalam hardisk C (tempat program) dan buat folder baru, jika membuat *project* baru akan otomatis *database* ditambahkan ke folder. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 untuk tampilannya.

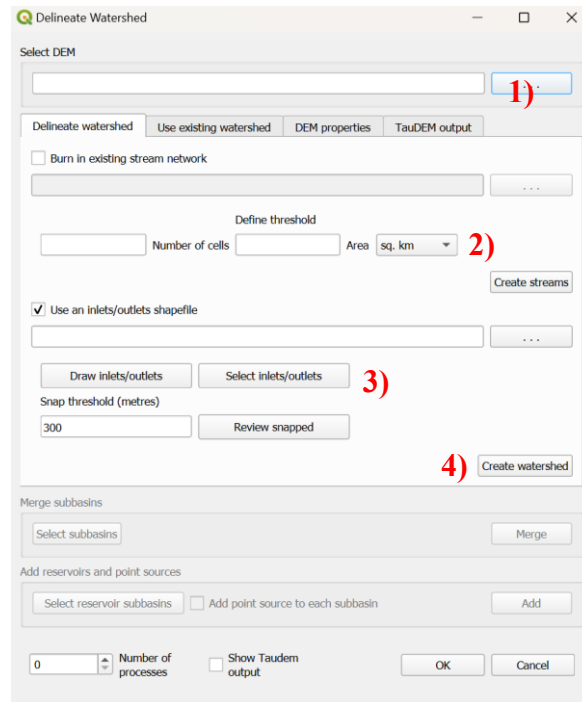


Gambar 3.5 *New Project* SWAT

b. *Delineate Watershed*

Delineate Watershed adalah proses menentukan batas-batas wilayah tangkapan air (*watershed*) dan membagi menjadi sub-DAS berdasarkan kondisi topografi. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi area yang mengalirkan air hujan ke satu titik keluaran (*outlet*), seperti sungai atau danau. Disajikan dalam Gambar 3.6 untuk proses *delineate watershed*.

- 1) Input data DEM berdasarkan DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong dengan proyeksi WGS84 UTM49S.
- 2) Proses selanjutnya mendefinikan jaringan sungai berdasarkan data DEM dan inputkan *threshold* yang diinginkan untuk membentuk sub-DAS.
- 3) Berdasarkan jaringan sungai yang terbentuk, kemudian buat *outlet* untuk mendelineasi sub-DAS.
- 4) Setelahnya mengakhiri dengan menampilkan hasil.



Gambar 3.6 *Delineate Watershed* SWAT

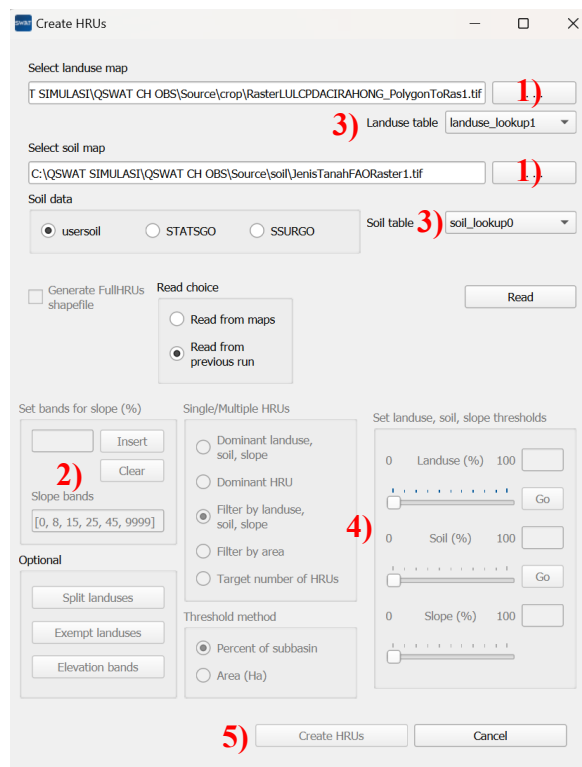
c. *Create HRU*

Create HRU adalah proses dalam pemodelan hidrologi menggunakan SWAT dimana DAS dibagi menjadi unit-unit terkecil yang memiliki karakteristik hidrologi beragam. HRU terbentuk berdasarkan kombinasi penggunaan lahan (*land use*), jenis tanah (*soil type*), dan kemiringan lereng (*slope*) di dalam suatu sub-DAS. Setiap HRU merepresentasikan area yang memiliki respon hidrologi yang sama terhadap faktor-faktor seperti curah hujan, evaporasi, infiltrasi, dan aliran permukaan. *Create HRU* dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan berdasarkan langkah-langkah berikut:

- 1) Input data tutupan lahan dan data tanah dengan format raster sesuai sistem proyeksi WGS84 UTM49S.
- 2) Klasifikasikan *slope* berdasarkan 5 kriteria kemiringan lahan.
- 3) Setelahnya bisa di proses dari ketiga parameter tersebut untuk *overlay* terhadap DAS, namun sebelumnya masukkan tabel sebagai *lookup table* dari klasifikasi tutupan lahan dan jenis tanah dengan isi hanya ID dan KODE SWAT sehingga sesuai berdasarkan klasifikasi yang telah dibuat.
- 4) Penentuan *threshold* untuk menentukan ambang batas (%) untuk mengecualikan kelas penggunaan lahan atau jenis tanah dengan luas

yang sangat kecil dalam suatu sub-DAS. Namun untuk *threshold* dalam penelitian diisi 0 (%).

- 5) Maka setelah semua diproses HRU dapat dibentuk berdasarkan sub-DAS.
- 6) Sebelum melanjutkan proses selanjutnya dapat dilihat *report* dari HRU pada tampilan awal.



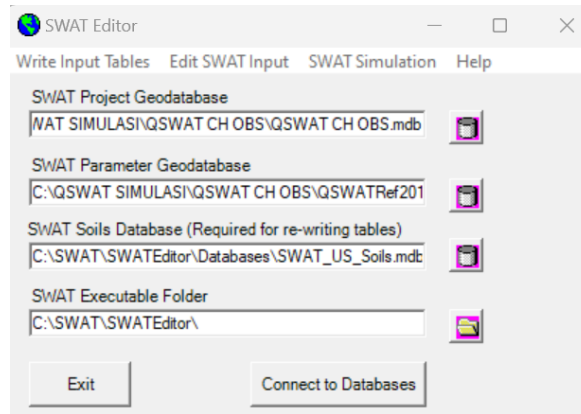
Gambar 3.7 Create HRU SWAT

d. Input Data Klimatologi

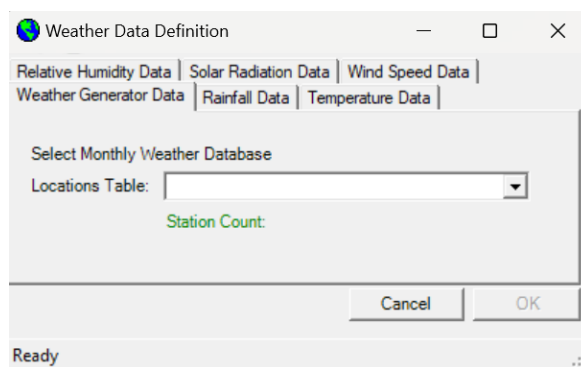
Data klimatologi dalam SWAT digunakan untuk mensimulasikan proses hidrologi di DAS, memprediksi dampak perubahan iklim, dan mengevaluasi kinerja DAS. Input data klimatologi harus sesuai berdasarkan langkah berikut:

- 1) Terlebih dahulu hubungkan *database* untuk memproses langkah selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 3.8.
- 2) Untuk menginputkan di SWAT data klimatologi dibuat file txt terpisah berdasarkan masing-masing parameter dan PCH sesuai parameter pada Gambar 3.9.

- 3) Buat file yang berisikan identitas file sesuai dengan nama file yang nantinya diinputkan hanya identitas file saja dengan otomatis akan memanggil data tersebut dalam folder.
- 4) Sesuaikan database pada Microsoft Access.



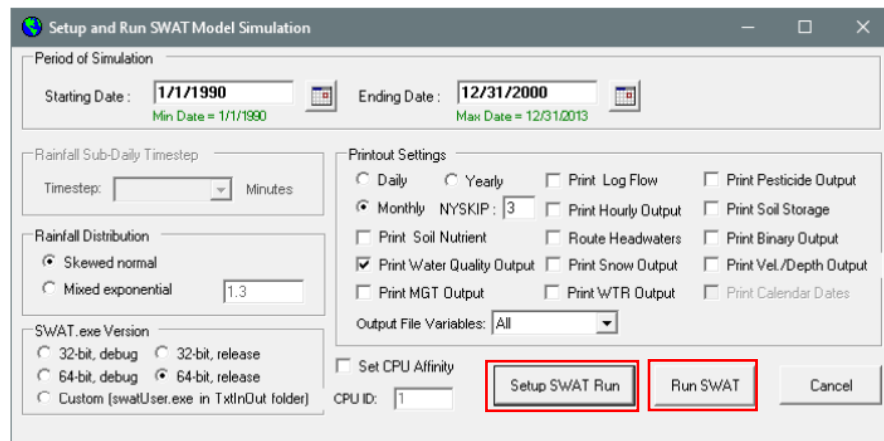
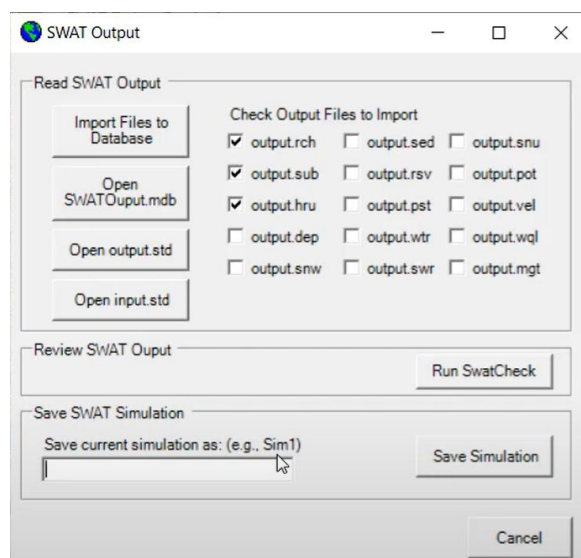
Gambar 3.8 *Connect to Database SWAT*



Gambar 3.9 *Weather Data Definition SWAT*

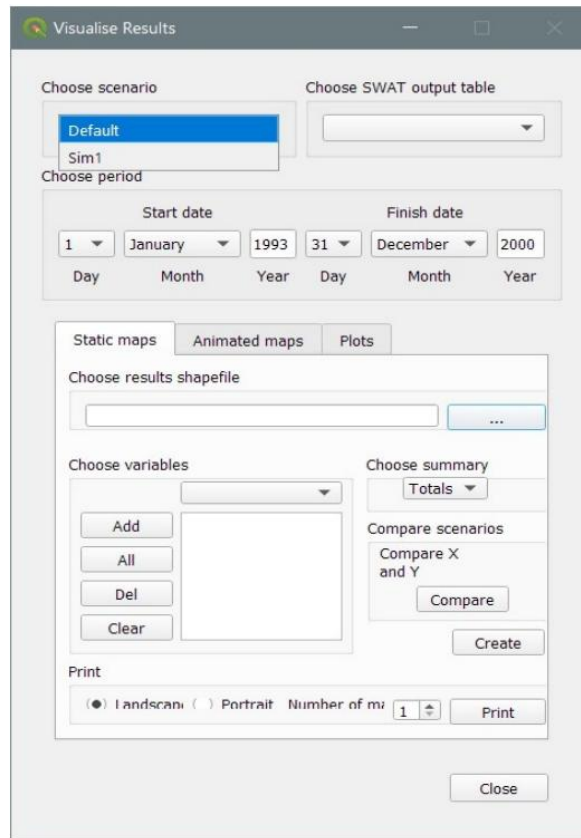
e. Pengaturan dan *Run SWAT Model Simulation*

- 1) Sebelum mensimulasikan model dapat dipilih inputan untuk tersimpan dalam *database* memastikan *completed* dapat dilihat pada Gambar 3.10.
- 2) Kemudian atur periode waktu simulasi berdasarkan rentang waktu data klimatologi dan *output* periode waktu dapat dilihat pada Gambar 3.11.
- 3) SWAT *output* dapat dipilih berdasarkan data yang diinginkan dengan mengimpor file ke *database* dapat dilihat pada Gambar 3.12.
- 4) Hasil simulasi dapat dilihat pada folder yang telah dibuat SWAT terdapat pada file *scenario* dan pada *database output* Microsoft Access yang selanjutnya dapat diolah pada Microsoft Excel.

Gambar 3.10 *Write SWAT Database Tables*Gambar 3.11 *Setup and Run Simulation*Gambar 3.12 *SWAT Output*

f. Visualisasi SWAT

Visualisasi SWAT dapat menampilkan berdasarkan animasi pada DAS dapat disajikan dalam bentuk grafik dan dalam bentuk skenario hasil dan dapat dilihat pada Gambar 3.13. Visualisasi harus disesuaikan berdasarkan periode waktu simulasi.



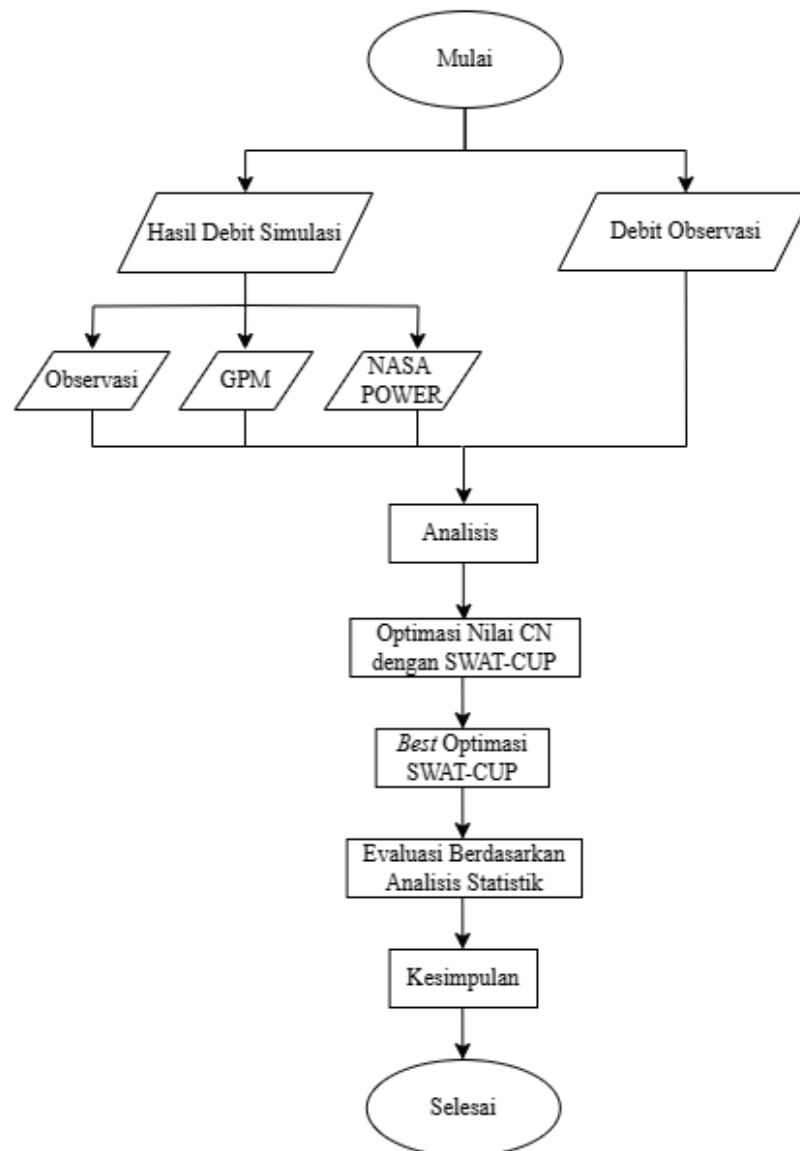
Gambar 3.13 *Visualise Results*

3.4.3 Analisis Perbandingan Debit Simulasi dengan Observasi

Analisis ini bertujuan untuk membandingkan hasil debit simulasi dengan debit observasi pada DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong dengan skala waktu harian. Debit simulasi didapat berdasarkan hasil pemodelan pada SWAT dengan hasil dari curah hujan satelit GPM dan NASA POWER serta pada curah hujan observasi yang dibandingkan terhadap data debit tercatat. Analisis hasil simulasi dilakukan untuk melihat apakah data simulasi mendekati atau berbeda jauh dari data observasi untuk keakuratan model.

Data hasil simulasi dapat dioptimasi untuk menyesuaikan parameter model agar hasil simulasi lebih mendekati atau sesuai dengan data observasi di lapangan.

Proses optimasi ini dilakukan dengan menyesuaikan nilai CN yang merupakan parameter penting dalam estimasi limpasan permukaan pada model SWAT. Penyesuaian nilai CN bertujuan untuk memperbaiki representasi karakteristik hidrologi DAS, terutama dalam menggambarkan hubungan antara curah hujan, infiltrasi, dan aliran permukaan. Hasil optimasi perlu dilakukan analisis statistik untuk kesesuaian terhadap debit observasi. Diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan dalam proses pemodelan dan optimasi parameter dapat dilihat pada Gambar 3.14.

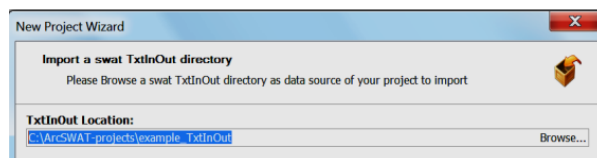


Gambar 3.14 Diagram Alir Proses B (Analisis Perbandingan Debit Simulasi dengan Debit Observasi)

Optimasi parameter nilai CN dilakukan menggunakan SWAT-CUP SUFI2. Proses optimasi ini dilakukan melalui iterasi sebanyak mungkin untuk mendapatkan hasil simulasi yang paling mendekati data observasi, dengan mempertimbangkan rentang nilai parameter minimal dan maksimal yang telah ditentukan. Langkah-langkah dalam optimasi parameter menggunakan SWAT-CUP SUFI-2 adalah sebagai berikut:

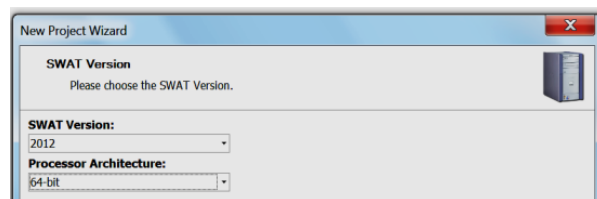
1. Buat *Project* Baru

Untuk *project* baru, cari direktori SWAT “*TxtInOut*”. File apa pun dengan “*TxtInOut*” dalam string nama dapat diterima. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 3.15.



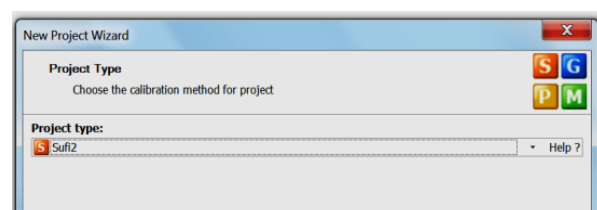
Gambar 3.15 *New Project* SWAT-CUP

2. Pilih SWAT dan versi prosesor dengan sesuai (Gambar 3.16).



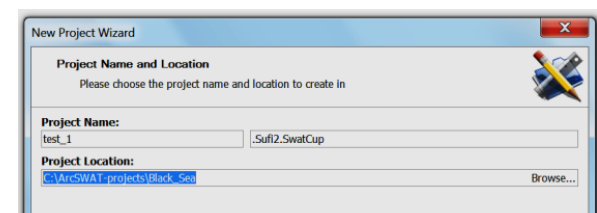
Gambar 3.16 Pemilihan SWAT *Version*

3. Pilih Program SUFI2 (Gambar 3.17).



Gambar 3.17 Pemilihan Program SWAT-CUP

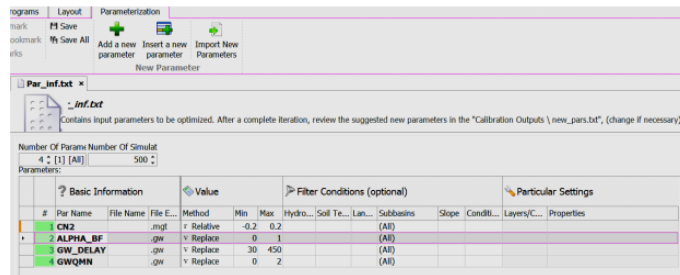
4. Berikan nama pada *project* (Gambar 3.18).



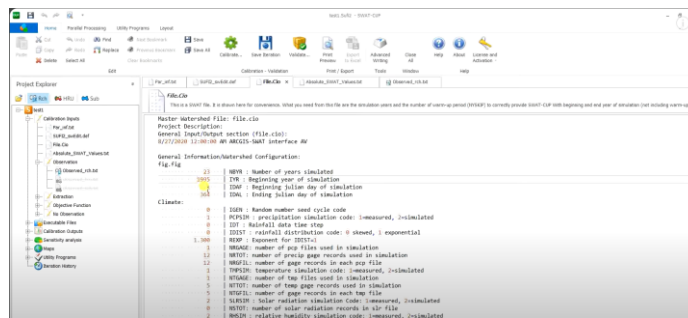
Gambar 3.18 *Project Name* SWAT-CUP

5. Input Parameter

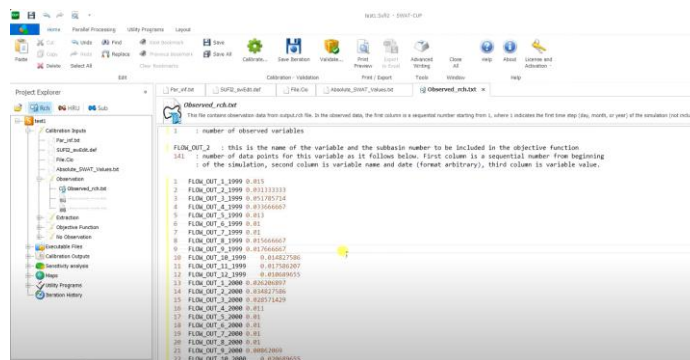
Berkas ini berisi jumlah parameter yang akan dioptimalkan (Gambar 3.19) dan jumlah simulasi yang akan dilakukan dalam berdasarkan banyaknya iterasi (Gambar 3.20) serta dapat menginputkan *output* debit simulasi dan data debit observasi (Gambar 3.21).



Gambar 3.19 Input Data Parameter Kalibrasi



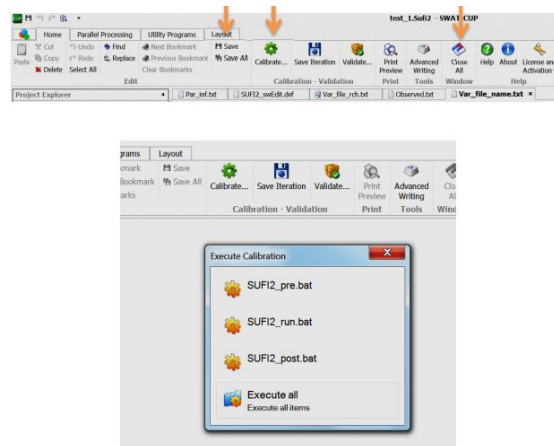
Gambar 3.20 Input Rentang Waktu Simulasi dan Iterasi



Gambar 3.21 Input Data Debit

6. Running Model Optimasi

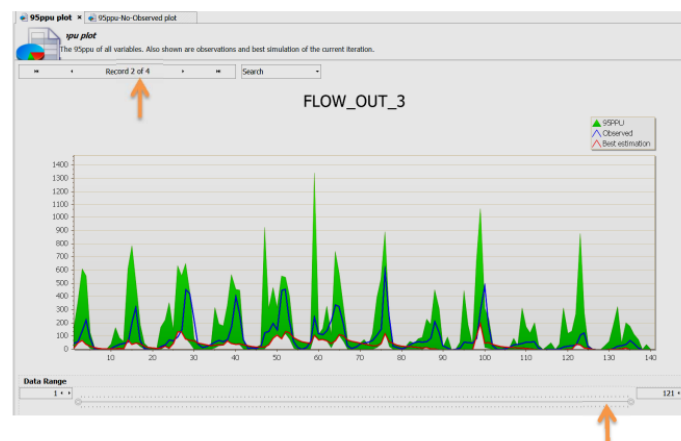
Sebelum melakukan optimasi pastikan parameter sesuai dengan rentang waktu simulasi dan iterasi yang diinginkan. Optimasi dapat dilakukan berdasarkan *tools* yang ada pada SWAT-CUP dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 *Running Model Optimasi SWAT-CUP*

7. Output

Output hasil optimasi disajikan dalam grafik dan ringkasan hasil dan dapat dilihat pada (Gambar 3.23).



Gambar 3.23 *Output SWAT-CUP*

8. Setelah itu dilakukan analisis hasil berdasarkan evaluasi analisis statistik.

Sesuai dengan tahapan penelitian pada Gambar 3.14 perbandingan debit simulasi dengan debit observasi dapat dilakukan evaluasi analisis statistik terhadap kesesuaian antara hasil simulasi dan data observasi yang dilakukan setelah optimasi nilai CN menggunakan SWAT-CUP. Setelah memperoleh *best* optimasi dari SWAT-CUP, hasil simulasi yang telah dikalibrasi dievaluasi lebih lanjut untuk memastikan bahwa model mampu merepresentasikan pola debit dengan tingkat ketelitian yang memadai. Kesimpulan akhir dari perbandingan ini diambil berdasarkan indikator statistik yang digunakan, sehingga dapat menentukan sejauh mana model dapat digunakan untuk memprediksi debit sungai secara akurat.