

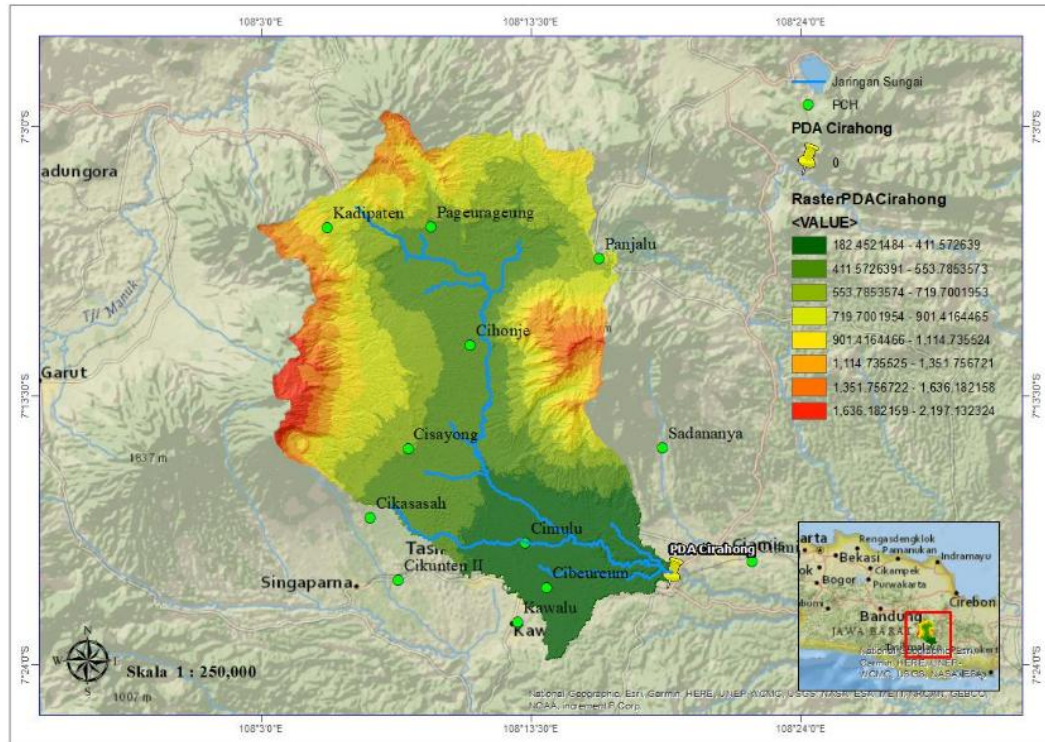
3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Citanduy Hulu, yang secara administratif mencakup sebagian wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Kota Tasikmalaya, Kabupaten Ciamis, Kabupaten Garut, dan Kabupaten Majalengka. Secara geografis, terletak pada $7^{\circ}2' - 7^{\circ}20'$ LS dan $108^{\circ}7' - 108^{\circ}19'$ BT. Wilayah hulu ini merupakan zona tangkapan air (*catchment area*) utama bagi sistem hidrologi Sungai Citanduy, yang membentang dari lereng Gunung Galunggung dan Gunung Cakrabuana hingga titik kontrol (*outlet*) yang ditentukan dalam penelitian ini.

Pemilihan DAS Citanduy Hulu sebagai lokasi penelitian didasarkan pada karakteristik topografinya yang didominasi oleh perbukitan curam dan dataran tinggi, menjadikannya wilayah yang sangat sensitif terhadap fluktuasi elemen iklim. Sebagai penyokong utama ketersediaan air bagi wilayah hilir, kondisi hidrologi di bagian hulu memegang peranan krusial dalam menjaga stabilitas debit sungai. Mengingat kompleksitas tata guna lahan dan adanya fenomena perubahan iklim global, analisis mengenai tren klimatologi dan neraca air di wilayah ini menjadi sangat strategis untuk memetakan keberlanjutan sumber daya air di masa depan. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

DAS Citanduy Hulu memiliki karakteristik hidrologi yang dipengaruhi oleh kondisi topografi pegunungan dengan kemiringan lereng yang bervariasi, penggunaan lahan yang didominasi oleh kawasan pertanian, perkebunan, dan hutan, serta pola curah hujan yang dipengaruhi oleh sistem monsun. Kondisi tersebut menyebabkan DAS Citanduy Hulu memiliki peranan penting sebagai daerah tangkapan air yang memasok aliran ke bagian tengah dan hilir DAS Citanduy, sehingga perubahan kondisi iklim maupun penggunaan lahan berpotensi memengaruhi ketersediaan air dan respon hidrologi di wilayah tersebut. Selain sebagai daerah tangkapan air utama, DAS Citanduy Hulu dipilih karena memiliki ketersediaan data hidrologi dan klimatologi yang memadai untuk analisis perubahan iklim. Data curah hujan, temperatur udara, serta debit sungai.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi PDA Cirahong yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat, dan terletak di sekitar aliran Sungai Citanduy yang memiliki peranan strategis dalam sistem hidrologi kawasan tersebut. Di sekitar lokasi penelitian juga terdapat Jembatan Cirahong, yang berfungsi sebagai penghubung utama antara Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Ciamis.



Gambar 3.2 Lokasi PDA Cirahong

Penelitian ini menggunakan data curah hujan dari 12 Pos Curah Hujan (PCH) yang tersebar di wilayah DAS Citanduy Hulu. Setiap PCH memiliki koordinat geografis yang digunakan sebagai dasar dalam proses ekstraksi data curah hujan ERA5-Land. Informasi mengenai lokasi dan koordinat masing-masing PCH disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Lokasi dan Koordinat Pos Curah Hujan (PCH) pada DAS Citanduy Hulu

No.	PCH	Latitde	Longitude	Elevation
1	ciamis	-7,3327	108,3688	405
2	cibereum	-7,3499	108,2353	405
3	cihonje	-7,1922	108,1856	666
4	cikasasah	-7,3044	108,1211	405
5	cisayong	-7,2596	108,1457	405
6	kadipaten	-7,1161	108,0931	666
7	pageurageung	-7,1158	108,1603	666
8	panjalu	-7,1362	108,2693	666
9	sadananya	-7,2594	108,3106	405
10	cimulu	-7,3208	108,2215	405
11	cikunten	-7,3448	108,1388	405
12	kawalu	-7,3723	108,2166	405

3.2 Teknik Pengumpulan Data

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

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung dari objek penelitian oleh peneliti sendiri melalui observasi, pengukuran lapangan, atau survei secara langsung di lokasi. Namun, pada penelitian ini secara spesifik tidak ada data primer yang dibutuhkan.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder memiliki peranan yang sangat penting karena menjadi sumber utama dalam pemodelan hidrologi serta analisis statistik tren perubahan iklim.

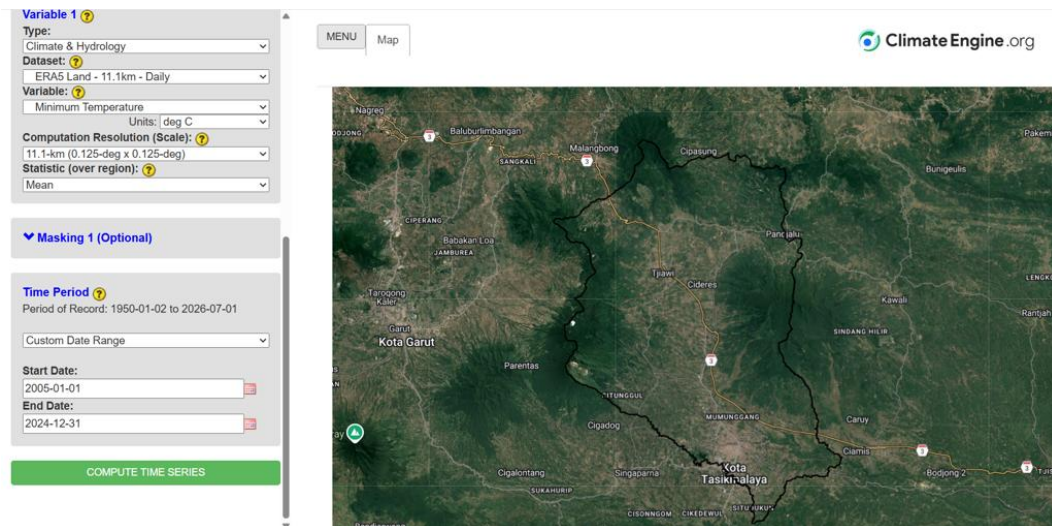
Mengingat wilayah kajian penelitian ini berada di DAS Citanduy Hulu, data sekunder yang digunakan umumnya diperoleh dari instansi pemerintah terkait maupun dari penyedia data satelit global yang menyediakan informasi hidrometeorologi secara kontinu dan terstandar. Adapun data sekunder dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kebutuhan Data Sekunder

No.	Data	Sumber	Keterangan
1	Data curah hujan satelit	Produk satelit ERA5	20 tahun terakhir dari stasiun hujan di sekitar DAS Citanduy Hulu untuk analisis tren dan Uji Penmann-Monteith.
2	Data curah hujan obsevasi	BBWS Citanduy	Membandingkan seberapa akurat data satelit dengan observasi.
3	Data debit sungai	BBWS Citanduy	Sebagai data validasi untuk menguji akurasi hasil simulasi debit Sungai dari model SWAT.
4	Data klimatologi	Produk sateli ERA5	Data digunakan sebagai analisis tren perubahan iklim dan inputan awal dalam pemodelan SWAT.
5	Data DEM	DEMNAS	Digunakan untuk analisis topografi, menentukan batas DAS Citanduy Hulu, arah aliran (<i>flow direction</i>), dan akumulasi aliran (<i>flow accumulation</i>).
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.

Data klimatologi diperoleh dari dataset ERA5-Land melalui platform Climate Engine dengan memanfaatkan koordinat centroid sebagai titik representatif wilayah penelitian. Penentuan koordinat centroid dilakukan pada poligon DAS PDA Cirahong sehingga data iklim yang diekstraksi dapat merepresentasikan kondisi wilayah kajian. Sebagai contoh, koordinat centroid DAS PDA Cirahong berada pada 7°12'02" LS dan 108°11'01" BT. Koordinat tersebut digunakan sebagai

masukan (*input*) pada Climate Engine untuk mengunduh data klimatologi harian periode 2005–2024 yang meliputi curah hujan, suhu udara maksimum, suhu udara minimum, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Data yang telah diperoleh selanjutnya diolah dan disusun sebagai data masukan (*input*) dalam model SWAT.



Gambar 3.3 Tampilan Pengambilan Data Klimatologi ERA5-Land pada Platform Climate Engine

3.3 Alat Penelitian

Untuk menjalankan penelitian analisis ketersediaan air di DAS Citanduy Hulu, alat penelitian dibagi menjadi dua kategori utama:

1. perangkat keras (*hardware*), peralatan fisik yang mendukung proses pengerjaan penelitian.
 - a. Seperangkat laptop, dengan spesifikasi yang mumpuni untuk menjalankan QGIS dan SWAT.
 - b. *Smartphone*, digunakan untuk validasi lokasi dengan cara dokumentasi menggunakan aplikasi timestamp.
2. perangkat lunak (*software*) sebagai instrumen analisis inti.
 - a. QGIS 4.0.2, digunakan untuk mengolah data spasial, melakukan delineasi batas DAS, serta menganalisis parameter penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng dalam format raster dan vektor.
 - b. QSWAT 4.2.1.1, digunakan sebagai mesin pemodelan hidrologi utama untuk mensimulasikan siklus air, neraca air, dan memprediksi ketersediaan air jangka panjang berdasarkan input klimatologi.

- c. SWAT-CUP 2012, sebagai perangkat lunak pembantu yang digunakan untuk melakukan kalibrasi otomatis, analisis sensitivitas parameter fisis, serta analisis ketidakpastian terhadap hasil keluaran simulasi model SWAT.
- d. Microsoft Office, digunakan untuk penyusunan laporan (Word), pengolahan tabel data hidroklimatologi dasar (Excel), presentasi hasil penelitian (PowerPoint), dan pengecekan data hasil SWAT (Access).
- e. XLSTAT 2025, perangkat lunak statistik yang digunakan untuk melakukan Uji Mann-Kendall dan Sen's Slope guna menganalisis tren perubahan iklim secara akurat.

3.4 Analisis Data

Analisis data merupakan tahapan penting dalam penelitian yang bertujuan untuk mengolah, menyajikan, dan menginterpretasikan data sehingga dapat diperoleh informasi yang bermakna sesuai dengan tujuan penelitian. Pada tahap ini, data mentah yang telah dikumpulkan disusun secara sistematis agar pola, kecenderungan, dan hubungan antarvariabel dapat terlihat dengan jelas. Salah satu cara utama dalam analisis data adalah melalui penyajian data dalam bentuk diagram. Diagram digunakan untuk memvisualisasikan data sehingga lebih mudah dipahami dan dianalisis.

3.4.1 Analisis Karakteristik FisiK DAS (Klasifikasi HRU)

Tahapan ini bertujuan untuk membangun struktur dasar model melalui klasifikasi karakteristik biofisik wilayah. Proses ini dilakukan secara sistematis melalui integrasi data spasial di dalam interface SWAT untuk menghasilkan unit-unit analisis yang disebut *Hydrologic Response Units* (HRU).

1. Delineasi DAS dan Analisis Morfometri.

Delineasi DAS merupakan proses penentuan batas wilayah tangkapan air berdasarkan topografi, sedangkan analisis morfometri bertujuan untuk mengukur karakteristik geometrik DAS yang memengaruhi respons hidrologinya.

a. Pre-Processing DEM (*Fill Sinks*)

Langkah awal dalam analisis adalah melakukan *processing* data Digital Elevation Model (DEM) melalui proses *fill*, yaitu menghilangkan cekungan semu (*sinks*) pada permukaan DEM.

b. *Flow Direction*

Menentukan arah ke mana air akan mengalir dari satu sel ke sel tetangganya (berdasarkan kemiringan lereng yang paling curam).

c. *Flow Accumulation*

Menghitung jumlah sel di area hulu yang berkontribusi mengalirkan air ke sel tertentu. Semakin besar nilai akumulasinya, maka sel tersebut diidentifikasi sebagai jalur sungai.

d. *Stream Definition dan Headwater Cutoff*

Menetapkan berapa luas area (dalam hektar atau) yang dianggap cukup untuk memulai sebuah aliran sungai. Semakin kecil angka *threshold* yang dimasukkan, maka jaringan anak sungai yang terbentuk akan semakin rapat dan detail.

e. Penetapan Titik Outlet

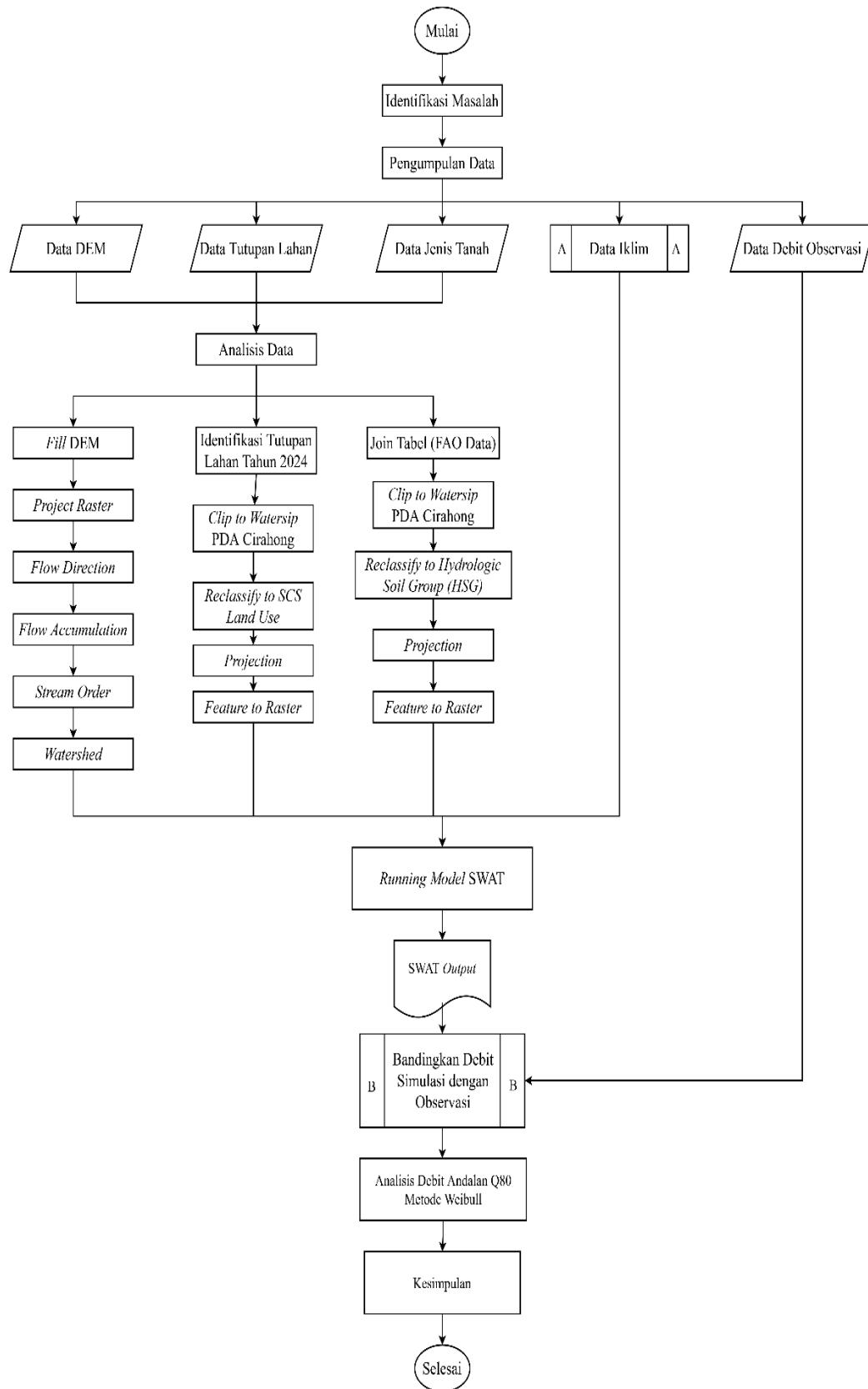
Peneliti secara manual menempatkan titik outlet pada koordinat yang sesuai dengan lokasi Pos Duga Air (PDA) Cirahong.

f. Sub-basin *Generation*

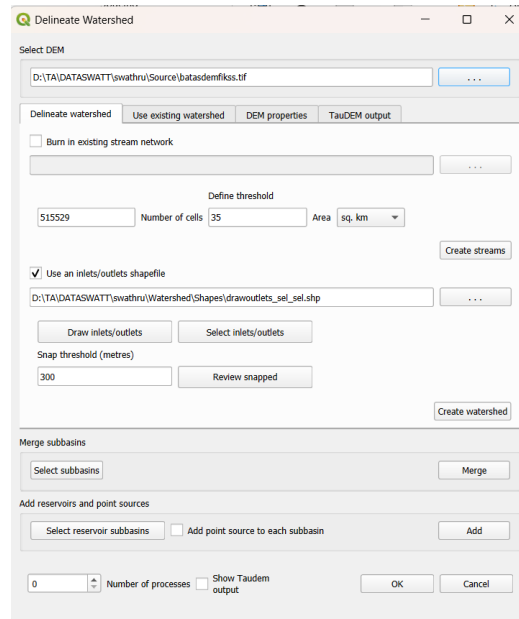
SWAT secara otomatis akan membagi DAS Citanduy Hulu menjadi beberapa Sub-DAS (*Sub-basins*) berdasarkan percabangan sungai yang ada.

g. Analisis Morfometri DAS

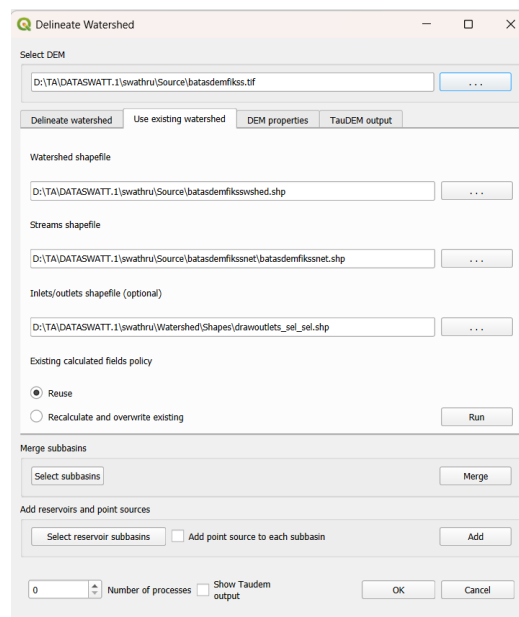
Setelah delineasi batas DAS dan Sub-DAS selesai, tahap selanjutnya adalah analisis morfometri untuk mengekstraksi karakteristik geometrik yang berpengaruh terhadap dinamika aliran sungai. Parameter yang dianalisis meliputi luas dan keliling DAS Citanduy Hulu sebagai representasi kapasitas daerah tangkapan air. panjang sungai utama yang menggambarkan lintasan aliran dari hulu terjauh hingga outlet, serta kerapatan drainase yang menunjukkan tingkat respons DAS terhadap curah hujan dalam membentuk debit aliran. Selain itu, kemiringan rata-rata DAS turut dianalisis karena berperan penting dalam menentukan kecepatan aliran permukaan, di mana kondisi lereng yang lebih curam menyebabkan air lebih cepat mencapai jaringan sungai.



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.5 Tampilan Delineate Watershed pada SWAT



Gambar 3.6 Tampilan Use Existing Watershed pada SWAT

2. Klasifikasi Parameter Lahan

Proses ini dilakukan melalui tahapan *reclassification* untuk menyelaraskan data lapangan dengan database standar yang dimiliki oleh model SWAT.

a. Klasifikasi Tata Guna Lahan (*Land Use/Cover*)

Tata guna lahan berpengaruh terhadap kemampuan wilayah dalam menahan air melalui proses intersepsi vegetasi serta besarnya evapotranspirasi yang

terjadi. Pada tahap *mapping* dan *reclass*, peta penutupan lahan dikonversi ke dalam kode standar SWAT, seperti FRST untuk hutan, AGRL untuk pertanian, dan RICE untuk sawah. Setiap kelas lahan tersebut kemudian diparameterisasi dengan karakteristik spesifik, termasuk indeks luas daun (*Leaf Area Index*), kekasaran permukaan (Manning's n), dan koefisien limpasan, sehingga model SWAT mampu mensimulasikan kecepatan dan pola aliran air permukaan di DAS Citanduy Hulu secara lebih realistis,

b. *Klasifikasi Karakteristik Tanah (Soil)*

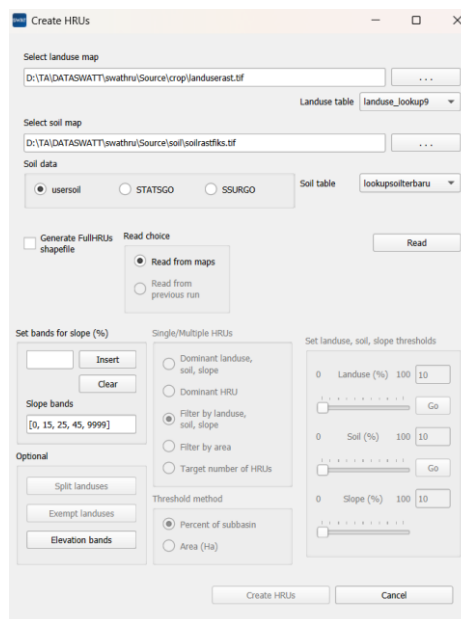
Tanah berperan sebagai media penyimpanan air bawah tanah yang sangat menentukan keberlangsungan aliran dasar (*baseflow*), khususnya pada musim kemarau. Dalam pemodelan, data sifat fisik tanah dimasukkan ke dalam *User Soil Database* dengan parameter utama meliputi tekstur tanah yang memengaruhi laju infiltrasi, kedalaman solum yang menentukan kemampuan akar tanaman menyerap air, konduktivitas hidrolis jenuh (*hydraulic conductivity/Ksat*) yang mengontrol pergerakan air di dalam tanah, serta *available water capacity* yang menunjukkan kemampuan tanah menyimpan air sebagai cadangan saat tidak terjadi hujan. Selanjutnya, peta jenis tanah diintegrasikan melalui proses *spatial join* dengan basis data tersebut sehingga setiap satuan lahan memiliki karakteristik hidrologi yang lengkap untuk analisis ketersediaan air.

c. *Klasifikasi Kemiringan Lereng (Slope)*

Lereng menentukan energi potensial air untuk mengalir. Semakin curam lereng, semakin kecil waktu bagi air untuk meresap ke dalam tanah. Data kemiringan (*slope*) yang dihitung dari *Digital Elevation Model* (DEM) kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas kemiringan sesuai standar hidrologi yang umum digunakan dalam model empiris seperti *Universal Soil Loss Equation* (USLE/RUSLE), klasifikasi ini penting karena kemiringan lereng merupakan parameter kunci dalam menentukan kontribusi topografi terhadap dinamika aliran permukaan dan potensi erosi, sebagaimana diterapkan dalam analisis risiko erosi berbasis GIS dan model USLE,

d. *Integrasi Overlay (Penyatuan Parameter)*

Setelah seluruh parameter tersebut diklasifikasikan, model SWAT melakukan proses *overlay* untuk mengintegrasikan data spasial. Pada tahap ini, peta DAS dibagi menjadi satuan-satuan area yang lebih kecil, di mana setiap satuan memiliki kombinasi karakteristik unik, seperti jenis penggunaan lahan, sifat tanah, dan kelas kemiringan lereng tertentu. Hasil integrasi ini membentuk basis data spasial yang komprehensif dan digunakan sebagai dasar dalam pembentukan HRU pada tahap analisis berikutnya,



Gambar 3.7 Tampilan Proses HRU pada SWAT

3. Pembuatan HRU

Pembentukan HRU merupakan proses diskritisasi spasial di mana sub-DAS dibagi lagi menjadi unit-unit kecil yang memiliki karakteristik hidrologi serupa. SWAT tidak menghitung aliran air berdasarkan piksel peta, melainkan berdasarkan akumulasi dari HRU ini.

a. Proses Overlay Data

Setelah klasifikasi penggunaan lahan, tanah, dan lereng selesai, sistem akan melakukan proses Overlay. SWAT akan mengidentifikasi setiap area yang memiliki kombinasi unik dari ketiga parameter tersebut.

b. Penentuan Ambang Batas (*Definition of HRU Thresholds*)

c. Generalisasi Unit Hidrologi

Setelah *threshold* diterapkan, SWAT akan menghitung ulang total area. Unit-unit lahan yang tersisa kini resmi menjadi HRU. HRU bersifat *non-spatial* di dalam setiap sub-DAS. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses komputasi ribuan data harian selama 20 tahun.

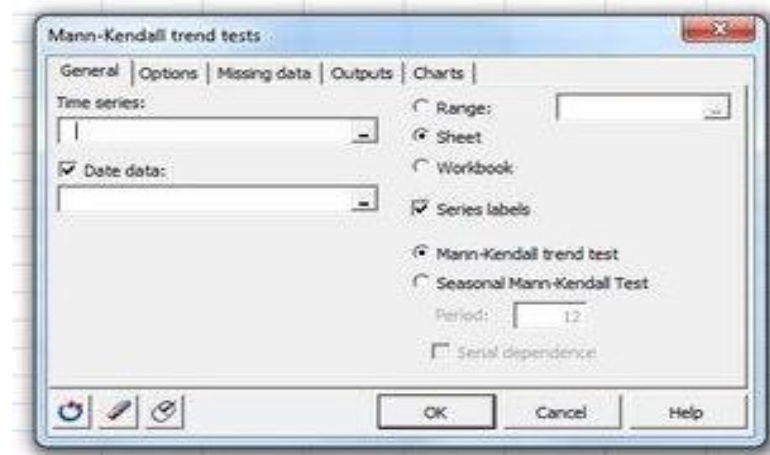
d. *Output*

Tahap ini menghasilkan basis data neraca air berupa kumpulan HRU yang telah siap menerima masukan data klimatologi. Setiap HRU memiliki parameter hidrologi spesifik, seperti CN yang mengontrol limpasan permukaan serta *Available Water Capacity* (AWC) yang merepresentasikan kemampuan tanah menyimpan air.

3.4.2 Analisis Tren Perubahan Iklim

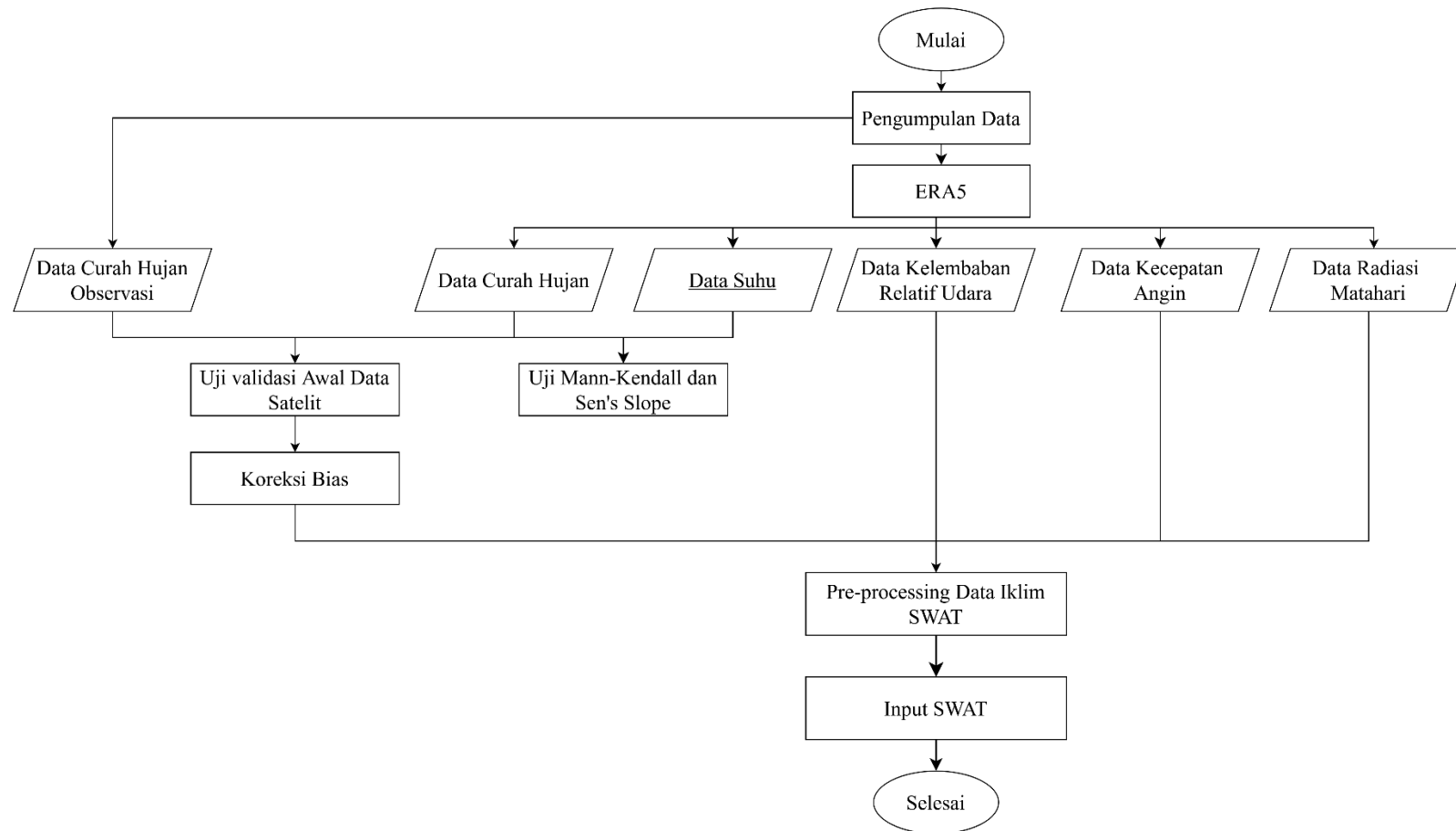
Tahap analisis tren perubahan iklim dilakukan untuk mengidentifikasi dan memahami dinamika fenomena perubahan iklim yang terjadi di wilayah DAS Citanduy Hulu. Analisis ini memanfaatkan data sekunder periode 2005–2024 guna mengungkap pola perubahan parameter iklim utama, seperti curah hujan dan suhu udara, serta kecenderungan fluktuasinya dari waktu ke waktu. Melalui pendekatan ini, diperoleh gambaran komprehensif mengenai arah dan intensitas perubahan iklim yang berpotensi memengaruhi sistem hidrologi DAS, sehingga dapat menjadi dasar ilmiah dalam evaluasi ketersediaan air dan perumusan strategi pengelolaan sumber daya air yang adaptif dan berkelanjutan. Alur analisis dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.5. Tahapan analisis sebagai berikut:

1. Uji Mann–Kendall digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan tren kenaikan atau penurunan yang signifikan secara statistik pada data curah hujan dan suhu udara yang bersumber dari ERA5-Land, Analisis ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak XLSTAT 2025, sehingga hasil pengujian tren yang diperoleh bersifat objektif dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.



Gambar 3.8 Uji Mann-Kendall Trend Test

2. Sen's Slope Estimator digunakan untuk menghitung besarnya laju perubahan atau kemiringan tren data per satuan waktu. Perhitungan estimasi kemiringan tren ini dilakukan menggunakan perangkat lunak XLSTAT 2025, sehingga mampu memberikan nilai laju perubahan yang robust dan representatif terhadap variasi data.



Gambar 3.9 Diagram Alir Proses A (Analisis Data Iklim)

3.4.3 Analisis Validasi Debit Pemodelan Hidrologi

Proses evaluasi kinerja model hidrologi SWAT dalam mensimulasikan debit sungai di outlet DAS Citanduy Hulu dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu kalibrasi/validasi otomatis menggunakan perangkat lunak SWAT-CUP (algoritma SUFI2) dan analisis komparatif serta verifikasi data berbasis lembar kerja (spreadsheet) Microsoft Excel. Tahapan ini bertujuan untuk mengukur tingkat kepatuhan matematis model terhadap kondisi riil di lapangan serta mengidentifikasi potensi bias sistematis pada data masukan.

1. Kalibrasi dan Validasi Model SWAT Menggunakan SWAT-CUP (SUFI-2)

Evaluasi performa parameter hidrologi dilakukan menggunakan perangkat lunak SWAT-CUP dengan algoritma Sequential Uncertainty Fitting Version 2 (SUFI-2). Tahapan ini diawali dengan identifikasi parameter-parameter hidrologi yang dianggap sensitif terhadap pembentukan aliran sungai berdasarkan karakteristik DAS, seperti *Curve Number* (CN_2), *Soil Evaporation Compensation Factor* (ESCO), dan *Threshold Depth of Water in the Shallow Aquifer Required for Return Flow to Occur* (GWQMN). Setelah parameter sensitif ditentukan, proses kalibrasi dilakukan melalui simulasi berulang (*iterative simulation*) dengan rentang nilai parameter yang dibatasi oleh nilai minimum dan maksimum tertentu. Kombinasi parameter pada setiap iterasi dibangkitkan menggunakan metode Latin Hypercube Sampling untuk memperoleh himpunan parameter yang mampu menghasilkan kesesuaian terbaik antara debit simulasi dan debit observasi di Pos Duga Air (PDA) Cirahong. Selanjutnya, kinerja model dievaluasi berdasarkan beberapa indikator statistik yang dihasilkan secara otomatis oleh SWAT-CUP, meliputi p-factor yang menunjukkan persentase data observasi yang tercakup dalam pita ketidakpastian 95PPU (*95% Prediction Uncertainty*), r-factor yang merepresentasikan lebar pita ketidakpastian tersebut, serta parameter statistik *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), Koefisien Determinasi (R^2), dan Percent Bias (PBIAS). Hasil evaluasi ini digunakan untuk menilai tingkat akurasi, keandalan, dan ketidakpastian model dalam merepresentasikan kondisi hidrologi DAS Citanduy Hulu.

2. Analisis validasi menggunakan NSE, PBIAS, dan R^2

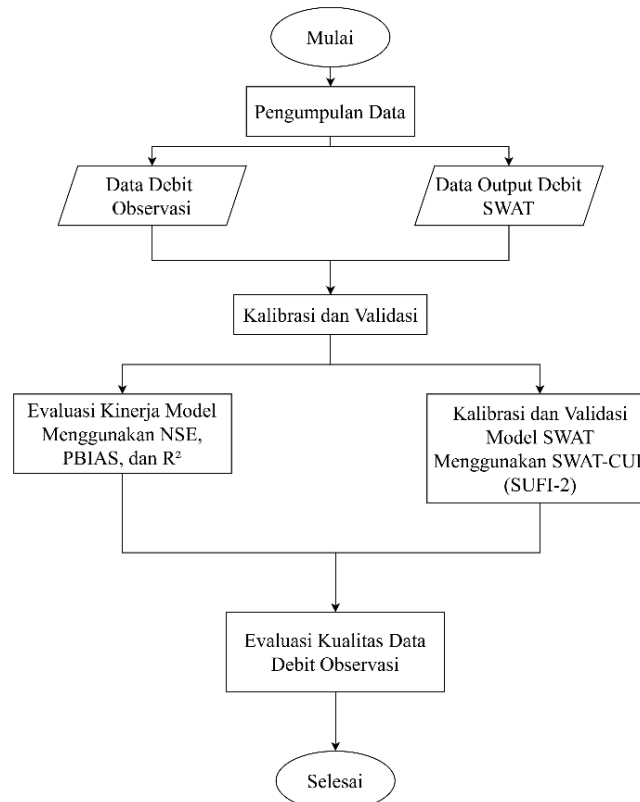
Hasil optimasi otomatis pada SWAT-CUP menemui kondisi di mana nilai indikator performa berada di bawah ambang batas minimum (kategori unsatisfactory akibat input data error), maka tahapan analisis dialihkan secara semi-manual menggunakan Microsoft Excel. Penggunaan Excel ditujukan untuk melakukan penelusuran galat (*error tracing*) secara runtut harian maupun bulanan melalui tahapan sebagai berikut:

- a. Penyusunan Data Runtun Waktu (*Time Series*): Data hasil ekstraksi debit simulasi dari keluaran teks SWAT (output.rch) disandingkan secara paralel dengan data debit sekunder observasi lapangan dari BBWS Citanduy dalam kolom-kolom penanggalan yang sinkron.
- b. Kalkulasi Parameter Statistik Manual: Melakukan verifikasi nilai indeks performa hidrologi secara mandiri menggunakan formulasi fungsional Excel untuk memastikan tidak terjadinya kesalahan pembacaan sistem oleh SWAT-CUP. Parameter statistik yang digunakan meliputi Koefisien Determinasi (R^2), NSE, dan PBIAS, Nilai Koefisien Determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur tingkat kekuatan hubungan linier antara debit hasil simulasi dan debit observasi. Sementara itu, NSE digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam merepresentasikan variasi data debit observasi dengan membandingkan besarnya galat simulasi terhadap variabilitas data lapangan. Selain itu, PBIAS digunakan untuk mengidentifikasi kecenderungan model dalam mengestimasi volume debit, apakah menghasilkan nilai yang lebih rendah (*underestimate*) atau lebih tinggi (*overestimate*) dibandingkan data observasi. Kombinasi ketiga parameter statistik tersebut memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tingkat akurasi, ketelitian, dan reliabilitas model dalam mensimulasikan respons hidrologi DAS.

3. Evaluasi Kualitas Data Debit Observasi

Evaluasi kualitas data debit observasi dilakukan melalui analisis perbandingan antara debit observasi dan debit simulasi hasil model SWAT. Nilai kinerja model dianalisis menggunakan parameter NSE, PBIAS, dan R^2 .

Apabila diperoleh nilai statistik yang belum memenuhi kriteria, dilakukan pemeriksaan lebih lanjut terhadap data debit observasi untuk mengidentifikasi adanya data yang menyimpang, nilai ekstrem, maupun ketidaksesuaian pola debit. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa data debit observasi yang digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi model telah merepresentasikan kondisi hidrologi DAS secara memadai.



Gambar 3.10 Diagram Alir Proses B (Perbandingan Debit Simulasi dengan Debit Observasi)

3.4.4 Analisis Kondisi Ketersediaan Air

Rangkaian data debit hasil simulasi yang telah tervalidasi kemudian dianalisis menggunakan pendekatan statistik frekuensi untuk menghitung besaran debit andalan. Pada penelitian ini, tingkat keandalan yang ditetapkan adalah (probabilitas terpenuhi sebesar 80%), yang secara umum digunakan untuk perencanaan alokasi air irigasi pertanian atau kebutuhan air baku di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS). Prosedur perhitungan debit andalan menggunakan Metode Weibull dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

- a. Data debit runtun waktu (*time series*) diurutkan dari nilai terbesar hingga nilai terkecil.
- b. Setiap data yang telah diurutkan diberi nomor peringkat (m), di mana peringkat diberikan untuk nilai debit terbesar.
- c. Nilai probabilitas kejadian dihitung menggunakan persamaan dasar Weibull
- d. Nilai debit andalan ditentukan dengan mencari nilai debit yang bertepatan atau paling mendekati angka probabilitas 80% pada rangkaian distribusi frekuensi tersebut.

Hasil dari perhitungan debit andalan Q80 tersebut kemudian diinterpretasikan untuk menganalisis kondisi riil ketersediaan air pada wilayah studi. Melalui hasil nilai debit andalan ini, dapat ditarik kesimpulan ilmiah mengenai karakteristik hidrologi DAS, potensi fluktuasi air (apakah wilayah tersebut cenderung mengalami surplus atau defisit air pada periode waktu tertentu), serta bagaimana kapabilitas model hidrologi dalam memprediksi ketersediaan air dalam menghadapi dinamika perubahan lingkungan. Rangkaian analisis ini dinyatakan selesai setelah kesimpulan utama berhasil dirumuskan untuk menjawab tujuan penelitian.