

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung dari lapangan atau melalui observasi langsung oleh peneliti, dan belum pernah dipublikasikan atau digunakan oleh pihak lain. Namun dalam penelitian ini tidak ada data primer yang akan digunakan hanya menggunakan 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 dalam penelitian ini didapatkan dari beberapa sumber atau 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 *software* GIS. Berikut ditunjukkan pada Tabel 3. 1 daftar kebutuhan data yang dilengkapi dengan sumber dan keterangan

Tabel 3. 1 Data Sekunder

No.	Data Sekunder	Sumber Data	Keterangan
1	Data curah hujan harian Periode Tahun 2000-2024	Data <i>Reanalysis</i> ERA5	Data historis untuk kalibrasi dan validasi model SDSM dan SWAT
2	Data suhu harian Periode Tahun 2000-2024	Data <i>Reanalysis</i> ERA5	Input variable klimatologi untuk SWAT
3.	Data Observasi	BBWS Citanduy dan data penelitian sebelumnya	Data ini digunakan untuk membandingkan akurasi dengan data curah hujan satelit
3	Data GCM CMIP6 (CanESM5) skenario SSP 2 - 4,5; SSP 5 - 8,5	<i>Canadian Climate Data and Scenarios</i>	Pemodelan iklim masa depan untuk proyeksi curah hujan dan suhu melalui SDSM
4	Data DEM	DEMNAS	Analisis delineasi DAS dalam pemodelan debit sungai menggunakan SWAT.
5	Data Penggunaan Lahan	Peta Prediksi Tutupan Lahan 2024	Menentukan HRU (<i>Hydrologic Response Unit</i>) di SWAT

No.	Data Sekunder	Sumber Data	Keterangan
6	Data Jenis Tanah	Peta tanah <i>Food and Agriculture Organization</i> (FAO)	Parameter fisik tanah (<i>bulk density</i> , tekstur, OC, <i>hydraulic conductivity</i>) untuk SWAT

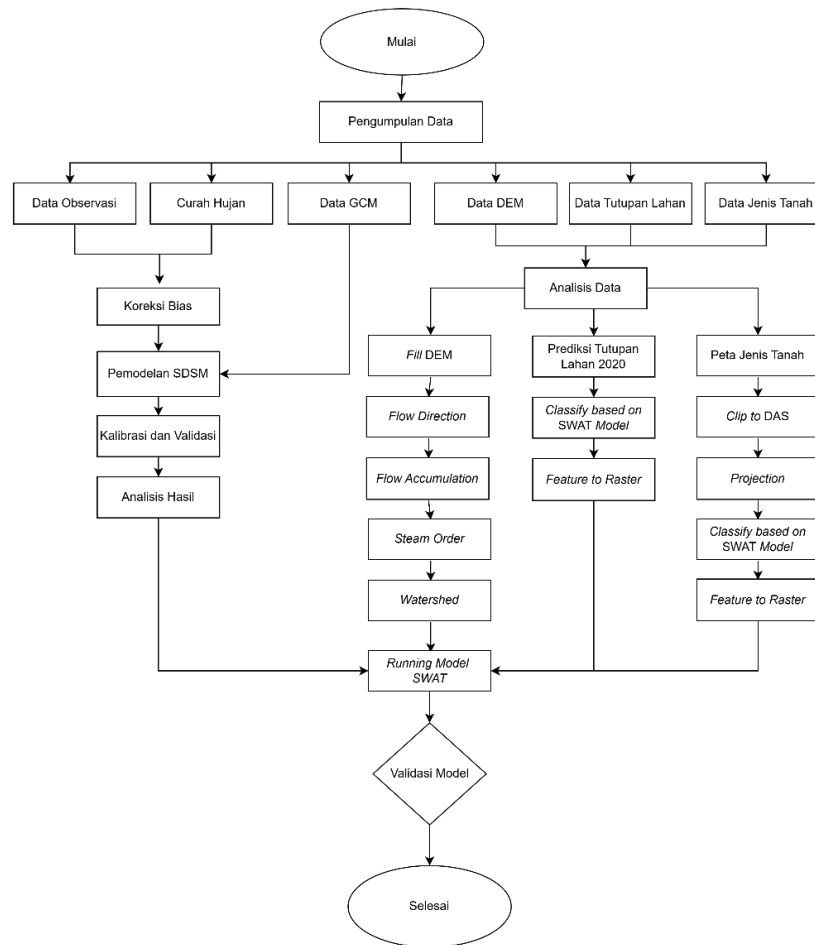
3.3 Alat Penelitian

Alat untuk menunjang penelitian dalam mengolah data penelitian adalah sebagai berikut:

1. Seperangkat laptop.
2. Microsoft Office untuk membuat laporan penelitian dan pengolahan data.
3. Koneksi internet untuk mengunduh data iklim, data GCM, dan informasi spasial lainnya dari portal daring.
4. *Software* QGIS 3.40.11 untuk mengolah dan menganalisis data secara spasial.
5. *Software* SDSM 4.2. untuk analisis *statistical downscaling* terhadap GCM untuk memproyeksikan iklim hingga tahun 2050.
6. *Software* QSWAT untuk memodelkan hidrologi akibat perubahan iklim.

3.4 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis pemodelan untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim terhadap karakteristik hidrologi di DAS Citanduy. Berdasarkan rumusan masalah, maka tahapan dari jenis penelitian ini terbagi dalam beberapa langkah.

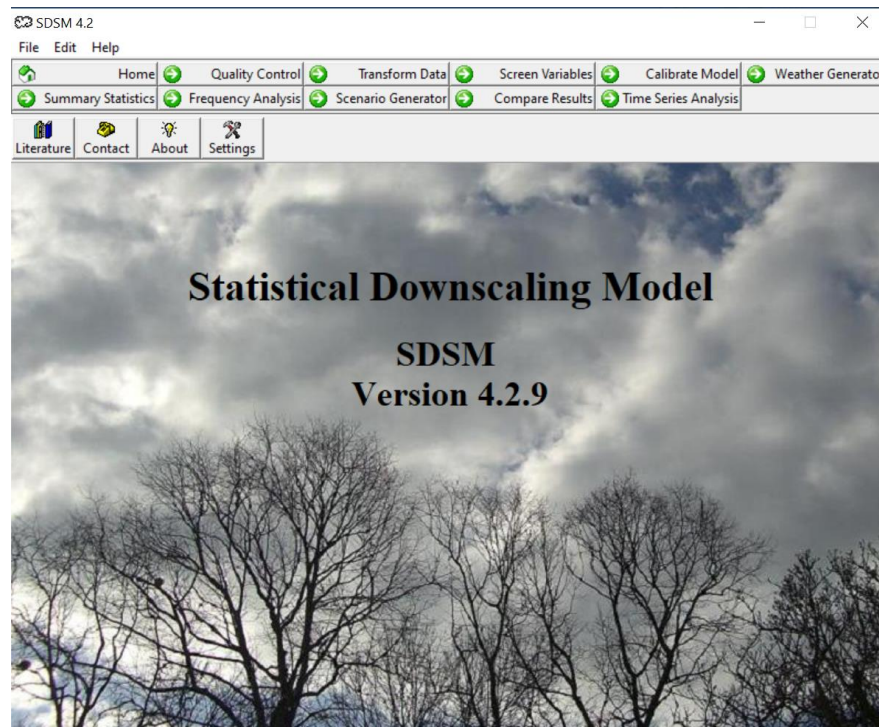


Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Analisis *Downscaling* dengan SDSM

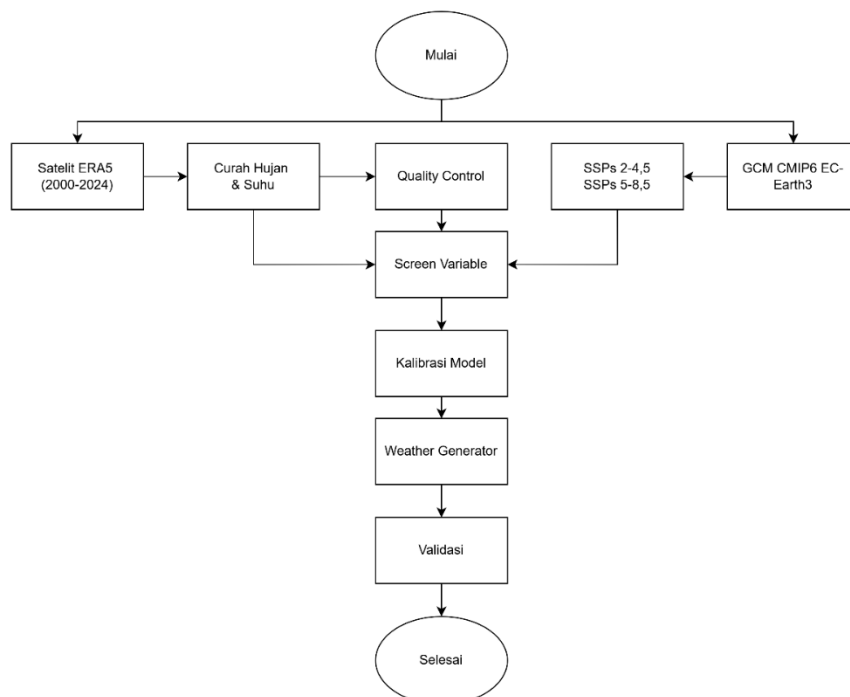
Downscaling data iklim global ke tingkat lokal pada penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SDSM. SDSM digunakan untuk membangun hubungan kuantitatif antara variabel berskala besar yang dihasilkan oleh GCM berupa prediktor, dengan variabel iklim permukaan berskala lokal seperti curah hujan dan suhu yang diperoleh dari data observasi stasiun meteorologi.

Dalam penelitian ini, variabel prediktor yang digunakan adalah curah hujan dan suhu. Konsep *downscaling* pada dasarnya merupakan proses mengonversi informasi iklim dari skala global ke skala regional atau lokal. Data iklim skala global tidak dapat langsung digunakan untuk pemodelan hidrologi karena resolusinya rendah dan tidak mampu merepresentasikan variasi spasial iklim pada tingkat lokal. Oleh karena itu, dilakukan penurunan skala agar diperoleh data iklim resolusi tinggi yang sesuai dengan karakteristik wilayah penelitian.



Gambar 3. 3 Tampilan Layar SDSM 4.2.9

Adapun tahapan langkah-langkah dalam memodelkan SDSM adalah sebagai berikut:



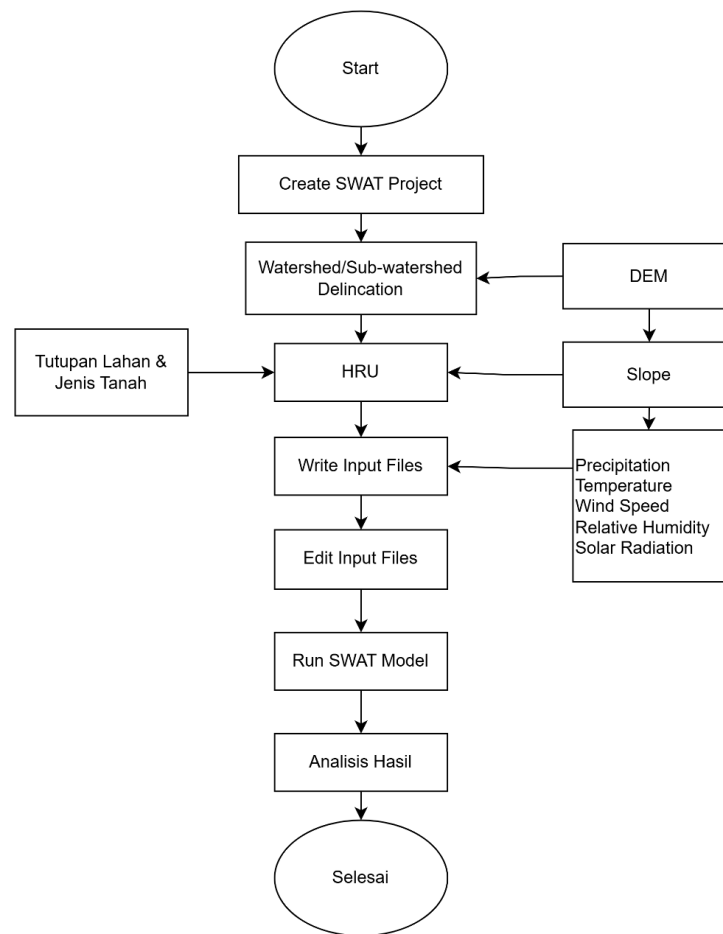
Gambar 3. 4 Diagram Alir Proses *Statistical Downscaling*

Tabel 3. 2 Parameter Atmosfer CMIP6 – CanESM5

No	variabel id	<i>Variabel Predictor</i>
1	Mslp	<i>Mean sea level pressure</i>
2	p1_f	<i>1000 hPa Winda speed</i>
3	p1_u	<i>1000 hPa Zonal wind component</i>
4	p1_v	<i>1000 hPa Meridional wind component</i>
5	p1_z	<i>1000 hPa Relative vorticity of true wind</i>
6	p1th	<i>1000 hPa wind direction</i>
7	p1zh	<i>10000 hPa Divergence of true wind</i>
8	p5_f	<i>500 hPa wind speed</i>
9	p5_u	<i>500 hPa zonal wind component</i>
10	p5_v	<i>500 hPa Meridional wind component</i>
11	p5_z	<i>500 hPa Relative vorticity of true wind</i>
12	p5th	<i>500 hPa wind direction</i>
13	p5zh	<i>500 hPa Divergence of true wind</i>
14	p8_f	<i>850 hPa wind speed</i>
15	p8_u	<i>850 hPa zonal wind component</i>
16	p8_v	<i>850 hPa meridional wind component</i>
17	p8_z	<i>850 hPa Relative vorticity of true wind</i>
18	p8th	<i>850 hPa wind direction</i>
19	p8zh	<i>850 hPa Divergence of true wind</i>
20	p500	<i>500 hPa geopotential</i>
21	p850	<i>850 hPa Geopotential</i>
22	Prcp	<i>Total Precipitation</i>
23	s500	<i>500 hPa Specific humidity</i>
24	s850	<i>850 hPa Specific humidity</i>
25	Shum	<i>1000 hPa Specific humidity</i>
26	Temp	<i>Air temperature at 2 m</i>

3.4.2 Analisis Dampak Perubahan Iklim Terhadap Hidrologi dengan SWAT

Analisis dampak perubahan iklim terhadap respon hidrologi DAS dilakukan dengan menggunakan model SWAT yang diintegrasikan pada platform QSWAT dalam perangkat lunak QGIS. Adapun langkah-langkah untuk memodelkan analisis SWAT sebagai berikut.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Proses Analisis SWAT

1. Pesiapan Data Spasial

a. Data Curah Hujan Dan Suhu

Data curah hujan dan suhu hasil *downscaling* yang kemudian dikonversi menjadi input iklim utama dalam pemodelan SWAT.

b. Data DEM

Data DEM digunakan dalam penelitian ini bersumber dari DEMNAS yang disesuaikan ke proyeksi WGS84 UTM zona 49S.

c. Data Tanah

Data tanah untuk DAS Citanduy Hulu PDA Cirahong diperoleh klasifikasi peta jenis tanah dari FAOSOIL.

d. Data Penggunaan Lahan

Peta tutupan lahan yang digunakan untuk analisis bersumber dari KLHK yang disesuaikan dengan kode SWAT.

2. Pengolahan Pemodelan SWAT

a. Membuat *Project*

Langkah awal dalam pemodelan adalah membuat basis data proyek yang akan mengintegrasikan seluruh data spasial dan numerik.

b. *Delineate Watershed*

Tahap ini bertujuan untuk menentukan batas DAS Citanduy secara otomatis berdasarkan topografi dengan tujuan mengidentifikasi aliran.

c. Create HRU

HRU menunjukan area yang memiliki respon hidrologi yang sama terhadap faktor-faktor seperti curah hujan, evaporasi, infiltrasi, dan aliran permukaan.

d. Input Data Klimatologi

Tahap ini memasukkan variabel atmosfer yang menggerakkan siklus hidrologi dalam model untuk memprediksi dampak perubahan iklim, dan mengevaluasi kinerja DAS

e. Visualisasi SWAT

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

3.5 Jadwal Penelitian

Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian

[illegible]