

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tipe Penelitian**

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian ini berusaha menjelaskan kondisi daerah penelitian secara deskriptif. Penentuan teknik konservasi penggunaan lahan digunakan model yang secara kuantitatif.

#### **3.2 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini terdiri dari ruang lingkup substansi dan spasial. Ruang lingkup substansial merupakan batasan atas pokok/ inti dari topik penelitian. Sedangkan ruang lingkup spasial merupakan batasan wilayah/lokasi yang menjadi objek penelitian.

##### **3.2.1. Ruang Lingkup Spasial**

Secara spasial, ruang lingkup penelitian ini mencakup DAS Garang yang terbagi menjadi 3 sub DAS yaitu Sub DAS Kreo, Sub DAS Kripik dan Sub DAS Garang. Secara administrasi masuk Kota Semarang, Kabupaten Semarang dan sebagian kecil Kabupaten Kendal. DAS Garang secara geografis terletak pada koordinat  $110^{\circ} 17' 30'' - 110^{\circ} 21' 10''$ BT dan  $07^{\circ} 4' 00'' - 06^{\circ} 50' 00''$ LS.

##### **3.2.2. Ruang Lingkup Subtansi**

Ruang lingkup substansial dalam penelitian ini adalah mengkaji karakteristik hidrologi DAS antara lain total debit aliran, debit maksimum, debit minimum dan koefisien regim aliran serta koefisien aliran tahunan. Selain itu melakukan perbaikan DAS melalui teknik-teknik konservasi tanah dan air.

### 3.3 Jenis Data dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder yang diperoleh dari observasi lapangan maupun hasil studi literatur. Data primer dapat diperoleh melalui observasi lapangan dan pengamatan langsung di wilayah DAS Garang untuk mengetahui kondisi langsung DAS Garang. Sedangkan data sekunder berasal dari kajian literatur pendukung yang terkait daerah penelitian. Kebutuhan data primer dan sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini dipetakan sesuai dengan Tabel 12 sebagai berikut.

Tabel 12 : Jenis, Sumber dan Metode Pengambilan Data Dalam Penelitian

No	Kebutuhan Data	Jenis Data	Sumber Data	Metode Pengambilan
1	2	3	4	5
1	Data iklim (temperatur maksimum dan minimum harian, curah hujan harian)	Sekunder	Instansi terkait (BMKG, PSDA, BPTP Jawa Tengah)	Studi literatur/ kajian dokumen
2.	Data Hidrologi (debit sungai harian)	Sekunder	Intansi terkait PSDA, Badan Lingkungan Hidup Prov. Jawa Tengah	Studi literatur/ kajian dokumen
3.	Peta Tanah	Sekunder	BPTP Jawa Tengah/ Puslitanak Bogor	Studi literatur/ kajian dokumen
4.	Data Karakteristik Tanah (kedalam solum tanah, data ketebalan horizon tanah, kapasitas air tersedia, bobot isi, C-Organik, tekstur tanah, albedo tanah)	Primer	Sampel tanah	Purpusive random sampling
5.	Peta Penggunaan Lahan	Sekunder	Dit Planologi KemenLHK atau BPKH XI Yogyakarta	Studi literatur/ kajian dokumen

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data berdasarkan jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode observasi dan pengambilan sampel untuk dilakukan pengujian laboratorium. Sedangkan pengambilan data sekunder dapat dilakukan dengan metode :

- a. Kajian dokumen/studi pustaka atau literatur dengan pengambilan data secara manual, *online* atau kombinasi manual-*online* pada *database* sebuah instansi/lembaga terkait.
- b. Pengolahan data tabular dan data spasial menggunakan aplikasi komputer seperti MS. Word, MS. Excell, MS. Access, Arc View GIS, dan Arc SWAT.

### 3.5 Penentuan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode *purposive random sampling*, yaitu seluruh jenis tanah yang ada di dalam peta diambil tanahnya untuk mengetahui karakteristik setiap jenis tanahnya. Terdapat 5 (lima) jenis tanah yang terdapat di DAS Garang. Pengambilannya di setiap jenis tanah tersebut dan lokasi pengambilannya secara random dimana penggunaan lahan atau kelerengan tidak ditentukan sebelumnya.

### 3.6 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap dimulai dari pengumpulan peta dan data sampai dengan penentuan skenario penggunaan lahan terbaik untuk pengelolaan DAS Garang. Adapun tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan Data dan Peta

Pengumpulan peta dan data dilakukan untuk mendukung kegiatan pelaksanaan penelitian. Peta yang dikumpulkan terutama yang mendukung operasional model SWAT. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder baik berasal dari penelitian sebelumnya maupun dari instansi-instansi terkait. Peta dan data yang perlu dikumpulkan meliputi:

- 1) Peta dan Data Tanah

Peta tanah yang digunakan adalah peta tanah skala kecil 1 : 100.000 dari BPTP Jawa Tengah atau Puslitanak Bogor.

2) Peta Penggunaan Lahan

Peta penggunaan lahan tahun 2000, 2009 dan 2013 yang merupakan hasil interpretasi citra landsat diperoleh dari Direktorat Jenderal Planologi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.

3) *Digital Evaluation Model* (DEM)

Analisis peta *digital elevation model* (DEM) yang diperoleh dari peta RBI Skala 1 : 25.000 tahun 2000 dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang digunakan untuk membuat DEM.

4) Data Iklim

Data iklim yang merupakan data masukan (*input*) model SWAT yaitu data curah hujan, data temperatur maksimum dan minimum. Data tersebut dapat diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Semarang dan Balai Penelitian Teknologi Pertanian (BPTP) Provinsi Jawa Tengah.

5) Data Hidrologi

Data hidrologi berupa debit sungai harian tahun 2008, 2009 dan tahun 2010 yang diperoleh dari PSDA Jragung Seluna atau Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Semarang Jawa Tengah.

b. Pembentukan konseptual model

1) Pengolahan Data Input Spasial

Data *input* spasial model SWAT berupa data DEM untuk delineasi batas DAS dengan metode *watershed delineator* (delineasi DAS). Model SWAT secara otomatis mendelineasi batas DAS.

2) Pembuatan HRU (*Hydrologic Response Unit*)

Data *input* dalam proses pembuatan HRU adalah peta penggunaan lahan, peta tanah dan peta kelerengan.

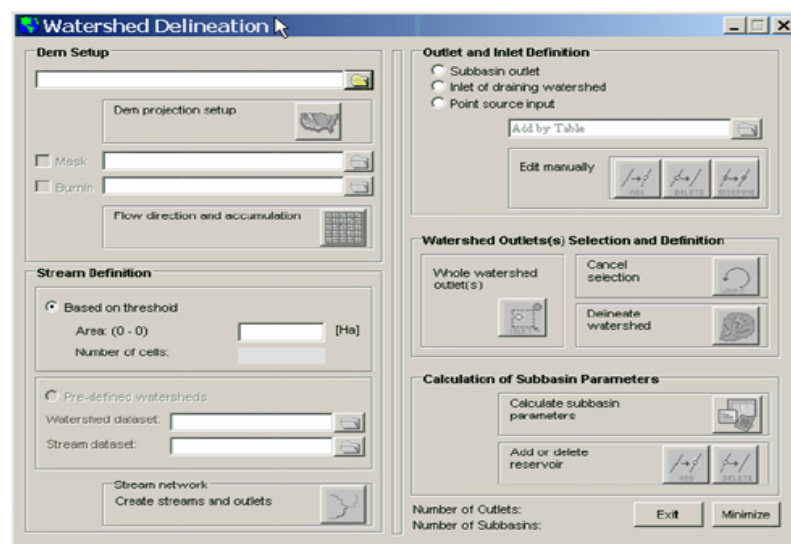
3) Basis Data Iklim

Pembuatan basis data iklim dilakukan untuk membuat data generator iklim (*weather generator data*) terdiri atas 14 parameter *input* yang harus dihitung terlebih dahulu berdasarkan data iklim. 14 parameter sesuai dengan penjelasan pada sub bab sebelumnya. Data hujan yang

digunakan merupakan data hujan harian. Data temperatur maksimum dan minimum yang digunakan juga data harian. Data curah hujan dan data temperature yang digunakan berasal dari 3 stasiun hujan yaitu stasiun mijen, stasiun unggaran dan stasiun gunungpati.

4) Pembatasan daerah penelitian/Delineasi daerah model

Tujuan delineasi DAS untuk menghasilkan data model DAS, Sub DAS dan jaringan sungai. Delineasi ini dilakukan secara otomatis berbasis peta DEM 30 M melalui analisis *Watersheed Deliniator*. Metode yang digunakan dalam proses delineasi DAS adalah metode *threshold*. Besaran *threshold* menentukan pembentukan dan jumlah jaringan sungai utama dan anak sungai. Berdasarkan jaringan sungai yang terbentuk akan menentukan jumlah sub DAS yang terbentuk dalam DAS. Semakin kecil besaran *threshold* yang digunakan, maka semakin banyak sub DAS yang terbentuk.



Gambar 4 : Tampilan *Watersheed Delineation*

Tahapan yang dilakukan pada proses delineasi DAS terdiri atas: *input* data DEM (*add DEM grid*), penentuan jaringan sungai (*stream definition*), penentuan outlet (*outlet and Inlet definition*), seleksi dan penentuan outlet DAS (*watersheed outlet selection and definition*), dan perhitungan parameter sub DAS (*calculate subbasin parameter*).

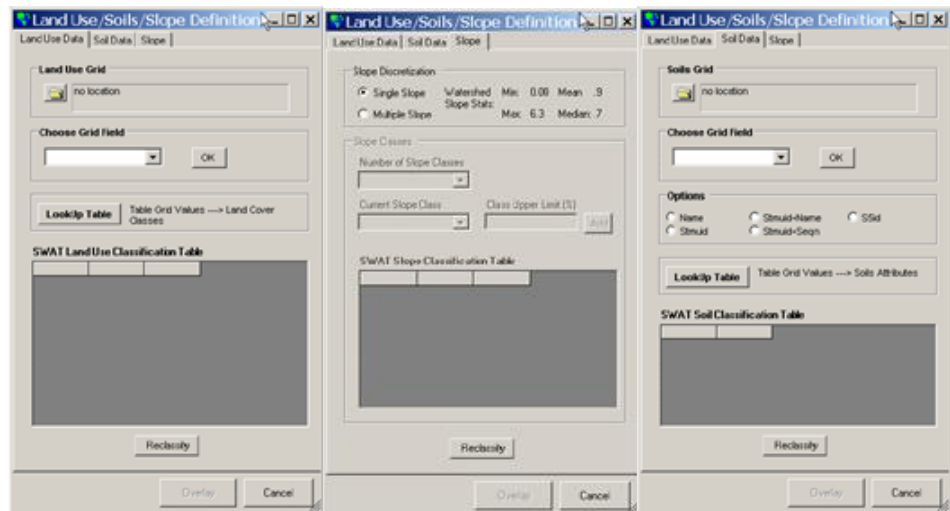
Tampilan *Watershed Delineation* disajikan sebagaimana pada Gambar 4

5) Analisa HRU (*Hydrologic Response Unit*)

*Hydrologic response unit* (HRU) merupakan unit analisis hidrologi yang dibentuk berdasarkan karakteristik tanah, penggunaan lahan, dan kelas lereng yang spesifik. Analisis HRU dilakukan dengan mendefinisikan data masukan melalui *overlay* peta penggunaan lahan, peta tanah, dan kelas lereng (*Landuse/Soil/Slope definition*). Selain proses *overlay* dilakukan penentuan luasan minimal polygon yang akan digabungkan dengan polygon terdekat melalui definisi HRU. Metode yang digunakan dalam definisi HRU (*HRU Definition*) yaitu *threshold by percentage*. Besaran *threshold* menunjukkan besaran luas minimal polygon yang akan digabungkan dengan polygon lainnya oleh model. Dalam penelitian ini digunakan *threshold* 10% untuk tanah, 10% untuk penggunaan lahan dan 5% untuk kelas kelerengan. Proses analisis HRU disajikan sebagaimana pada Gambar 5.

Beberapa prosedur kunci dalam membuat peta HRU adalah sebagai berikut:

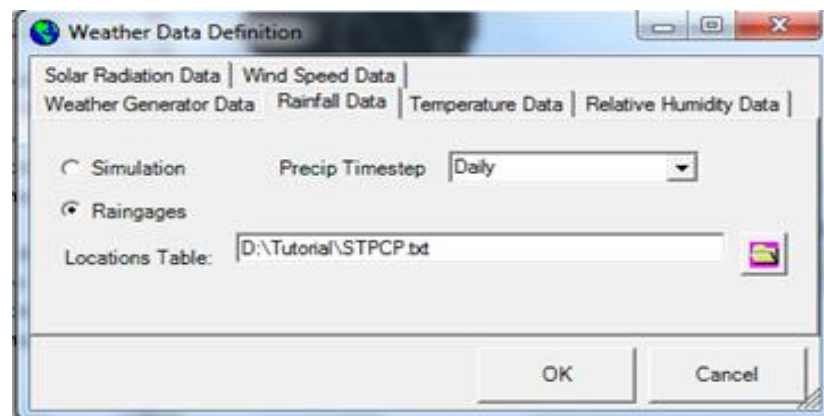
- a) Mendefinisikan dataset tutupan lahan dan mengklasifikasikan berdasarkan atribut tutupan lahan yang digunakan dalam SWAT
- b) Mendefinisikan dataset jenis tanah dan mengklasifikasikan berdasarkan atribut tanah yang digunakan dalam SWAT
- c) Mengklasifikasikan kelas lereng
- d) Overlay dataset tutupan lahan, jenis tanah dan kelas lereng



Gambar 5 : Tampilan Masukan HRU berupa Penggunaan Lahan, Tanah dan Kemiringan Lereng

6) . Pembuatan basis data iklim

Pembuatan basis data iklim dilakukan dengan memasukan data iklim pada menu *database*. Basis data iklim dihasilkan berdasarkan perhitungan data iklim dari Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di Semarang. Perhitungan dilakukan untuk memenuhi 14 parameter basis data iklim yang diperlukan oleh model dalam format file text (\*.txt) dan file dBase (\*.dbf).



Gambar 6 : Tampilan *Weather Data Definition*

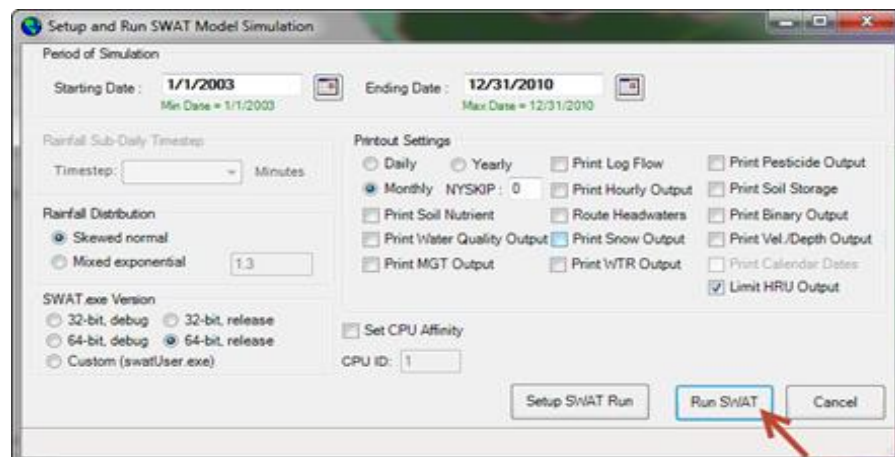
Basis data iklim model SWAT dioperasikan melalui sub menu *weather data definition*. Pada tahap ini dilakukan masukan data iklim (*weather generator Data*), curah hujan (*rainfall data*), temperatur (*temperatur data*), kelembaban (*relative humidity Data*), radiasi matahari (*solar radiation data*), dan kecepatan angin (*wind speed data*), disajikan pada Gambar 6.

c. Menjalankan Program SWAT (*Running SWAT*)

Langkah-langkah untuk menjalankan program SWAT antara lain :

1) Simulasi SWAT

Simulasi SWAT dilakukan setelah seluruh data masukan terisi lengkap. Pada mode *Run SWAT dapat* dipilih disesuaikan rentang waktu yang akan disimulasikan. Kemudian dilanjutkan dengan *setup* SWAT dan *run* SWAT. Penyimpanan data *output* hasil simulasi dilakukan dengan memilih *read SWAT output*, sesuai dengan Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7 : Tampilan *Setup and Run SWAT Model Simulation*

2) Kalibrasi dan Validasi

Data debit hasil observasi DAS Garang (data debit berasal dari PSDA Jragung Seluna), dan data debit hasil model (prediksi) dikalibrasi dengan langka-langka sebagai berikut :



- a. Menyandingkan data debit hasil model dengan data hasil observasi untuk melihat pola kemiripannya.
- b. Menghitung nilai keakuratan model memprediksi debit dengan fungsi objektif. Salah satu fungsi objektif yang dapat digunakan adalah metode Nash-sutcliffe (Nash, 1970). Adapun persamaan sebagai berikut :

$$NSE = \frac{\sum_{t=1}^n (O_t - \hat{O})^2 - \sum (P_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^n (O_t - \hat{O})^2} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana O merupakan debit observasi/pengukuran (berasal dari Dinas PSDA Semarang) yang terukur (m<sup>3</sup>/detik), P adalah debit hasil simulasi (m<sup>3</sup>/detik). Menurut Moriasi et al., (2007) dan El Sadek, A., (2014), Efisiensi model *Nash-Sutcliffe* dikelompokkan menjadi 4 kelas sebagai berikut :

- 1) Sangat Baik, jika  $0,75 \leq NSE$
- 2) Baik, jika  $0,65 \leq NSE \leq 0,75$
- 3) Memuaskan, jika  $0,50 \leq NSE \leq 0,65$
- 4) Kurang memuaskan, jika  $NSE \leq 0,36$

- c. Selain itu untuk melihat keakuratan pola hasil keluaran model dengan hasil obsevasi dilapangan digunakan koefisien determinasi (*R Square*) atau persamaan linier (Ullrich, et al, 2009) :

$$R^2 = \frac{\left[ \sum_{t=1}^n (O_t - \hat{O}) - (P_t - \hat{P})^2 \right]}{\left[ \sum_{t=1}^n (O_t - \hat{O})^2 \right] \left[ \sum_{t=1}^n (P_t - \hat{P})^2 \right]} \dots\dots\dots(10)$$

Hasil perhitungan  $R^2$  menunjukkan evaluasi kelayakan model tersebut, apabila  $R^2$  mendekati 1 maka terdapat pola hubungan yang erat antara hasil prediksi model dengan hasil observasi lapangan.

- d. Untuk mengetahui apakah model *bias underestimate* (nilai positif) atau bias *overestimate* (nilai negative) diperlukan juga uji PBIAS (Gupta et Al., 1999). Persamaan PBIAS adalah sebagai berikut :

$$PBIAS = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (O_1 - P_1) * 100}{\sum_{i=1}^n O_1} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana O mengacu pada data yang diamati (Observasi) dan P nilai data Prediksi. PBIAS merupakan nilai absolut dari kemampuan model untuk mensimulasikan data, dimana nilai 0 (nol) menunjukkan prediksi model akurat. Menurut kriteria ini (Moriassi et al., 2007; Manoj K.S., 2011) nilai PBIAS sangat baik jika nilai PBIAS  $\leq \pm 10$ , Baik;  $\pm 10 \leq PBIAS \leq 15$ , sangat memuaskan;  $\pm 15 \leq PBIAS \leq 25$  Memuaskan, dan tidak memuaskan jika nilai PBIAS  $\geq \pm 25$ .

- e. Jika belum terdapat kemiripan maka proses kalibrasi dilakukan berdasarkan pola debit yang dihasilkan model.
- f. Melalui pola tersebut dapat dijustifikasi parameter yang mempengaruhi model.

Beberapa parameter model yang mempengaruhi besaran *output* debit untuk mendapatkan nilai R dan NSE serta PBIAS yang terbaik. Kalibrasi menggunakan SWAT-CUP dengan teknik ketidakpastian atau algoritma optimasi *Sequential Uncertainty Fitting Ver.2* (SUFI2). Hasilnya menunjukkan nilai terbaik dari nilai minimum dan nilai maksimum yang telah ditentukan. Mengacu pada beberapa penelitian SWAT sebelumnya yang dilakukan oleh Mulyana (2012) di sub DAS Cisadane Hulu, Yustika (2013) di sub DAS Ciliwung Hulu, Latifah (2013) di Hulu DAS Jeneberang dan Gunadi (2014) di Sub DAS Lengkong, dapat ditetapkan sebanyak 28 parameter *input* model (Tabel 13) yang perlu dikalibrasi.

Tabel 13 : Parameter *Input* Model Untuk Kalibrasi

No	Parameter	Definisi	unit
1	2	3	4
1	CN2	<i>Moisture condition II curve number</i>	-
2	ALPHA_BF	<i>Baseflow alpha factor</i>	hari
3	GW_DELAY	<i>Graudwater delay</i>	hari

No	Parameter	Definisi	unit
1	2	3	4
4	GWQMN	<i>Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow to occur</i>	mm
5	GW_REHAP	<i>Groundwater "rehap" coefficient</i>	-
6	ESCO	<i>Soil evaporation compensation factor</i>	-
7	CH_N2	<i>Mannin's "n" value for the main channel</i>	-
8	CH_K2	<i>Effective hydraulic conductivity in main channel alluvium</i>	mm/jam
9	ALPHA_BNK	<i>Baseflow alpha factor for bank storage</i>	-
10	SOL_AWC	<i>Available water capacity of the soil layer</i>	mm/jam
11	SOL_K	<i>Saturated hydraulic conductivity</i>	mm/jam
12	SOL_BD	<i>Moist bulk density</i>	
13	RCHRG_DP	<i>Deep aquifer percolation fraction</i>	
14	SURLAG	<i>Surface runoff lag time</i>	hari
15	USLE_P	<i>USLE support practice faktor</i>	-
16	REVAPMN	<i>Threshold depth of water in the shallow aquifer for "revap" to occur</i>	mm
17	GWHT	<i>Initial groundwater height</i>	m
18	SHALLST	<i>Initial depth of water in the shallow aquifer</i>	mm
19	DEEPST	<i>Initial depth of water in the deep aquifer</i>	mm
20	GW_SPYLD	<i>Specific yield of the shallow aquifer</i>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
21	SOL_ZMX	<i>Maximum rooting depth of soil profile</i>	mm
22	SOL_CRK	<i>Crack volume potential of soil</i>	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
23	SLSUBBSN	<i>Average slope length</i>	mm
24	HRU_SLP	<i>Average slope steepness</i>	m/m
25	OV_N	<i>Manning's "n" value for overland flow</i>	-
26	LAT_TTIME	<i>Lateral flow travel time</i>	hari
27	LAT_SED	<i>Sediment concentration in lateral flow and groundwater flow</i>	mg/l
28	SLSOIL	<i>Slope length for lateral subsurface flow</i>	m

Metode kalibrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode otomatis dan metode manual. Metode otomatis dengan cara menjalankan program SWATCUP dan dilanjutkan metode manual dengan merubah nilai parameter secara coba-coba (*trial and error*) sehingga menghasilkan kombinasi yang optimal.

Validasi bertujuan untuk membuktikan konsistensi hasil suatu proses sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data debit yang sudah dikalibrasi dengan data debit pengukuran pada periode yang lain. Nilai parameter yang digunakan dalam proses validasi sama dengan nilai parameter pada proses kalibrasi. Analisis statistik yang digunakan pada proses validasi sama dengan proses kalibrasi.

### 3.7 Analisis Model

#### 3.7.1 Analisis Karakteristik Hidrologi menggunakan SWAT

Analisis karakteristik hidrologi meliputi total curah hujan (PRECIP) total air sungai (WYLD), aliran permukaan (SUR\_Q), aliran lateral (LAT\_Q) dan aliran dasar (GW\_Q). Total air sungai adalah total air yang mengalir dari setiap HRU dan masuk ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu (Arnold et al, 2011). Aliran permukaan (SUR\_Q) merupakan air limpasan yang mengalir diatas permukaan tanah dari setiap HRU. Aliran lateral (LAT\_Q) merupakan air yang mengalir pada profil tanah dengan arah lateral dan masuk ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu. Aliran dasar (GW\_Q) adalah aliran akuifer dangkal dan masuk ke saluran utama dalam jangka waktu tertentu.

Selain karakteristik tersebut diatas, juga dihitung debit maksimum, debit minimum dan koefisien regim aliran serta nilai *c* atau koefisien aliran tahunan (*run off*). Hal ini untuk mengetahui fluktuasi debit yang berada di titik *outlet*. Nilai *c* atau koefisien aliran dan koefisien regim aliran merupakan salah satu indicator untuk mengetahui kondisi suatu DAS.

#### 3.7.2 Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aspek Hidrologi

Proses Analisis penggunaan lahan pada periode tahun 2000 menghasilkan karakteristik hidrologi pada periode penggunaan lahan tahun 2000. Demikian juga karakteristik hidrologi tahun 2013 pada penggunaan lahan tahun 2013 akan menghasilkan karakteristik hidrologi tertentu juga. Masukan curah hujan yang sama, nantinya akan menghasilkan data karakteristik berbeda antara tahun 2000 dan tahun 2013. Namun jika membandingkan pengaruh perubahan penggunaan lahannya maka imputnya harus sama terutama hujan, yang membedakan adalah penggunaan lahannya yaitu penggunaan lahan tahun 2000 dan penggunaan lahan tahun 2013.

Data keluaran model SWAT berupa informasi tentang karakteristik

hidrologi dari periode penggunaan lahan tahun 2000 dan 2013. Data keluaran model SWAT berupa informasi tentang karakteristik hidrologi dari masing-masing periode penggunaan lahan meliputi total air sungai (WYLD), aliran permukaan (SUR\_Q), aliran lateral (LAT\_Q), dan aliran dasar (GW\_Q). Selain itu juga dapat dianalisis fluktuasi debit DAS Garang berupa KRA dan koefisien aliran tahunan (nilai c). KRA merupakan perbandingan debit maksimum dibandingkan dengan debit minimum.

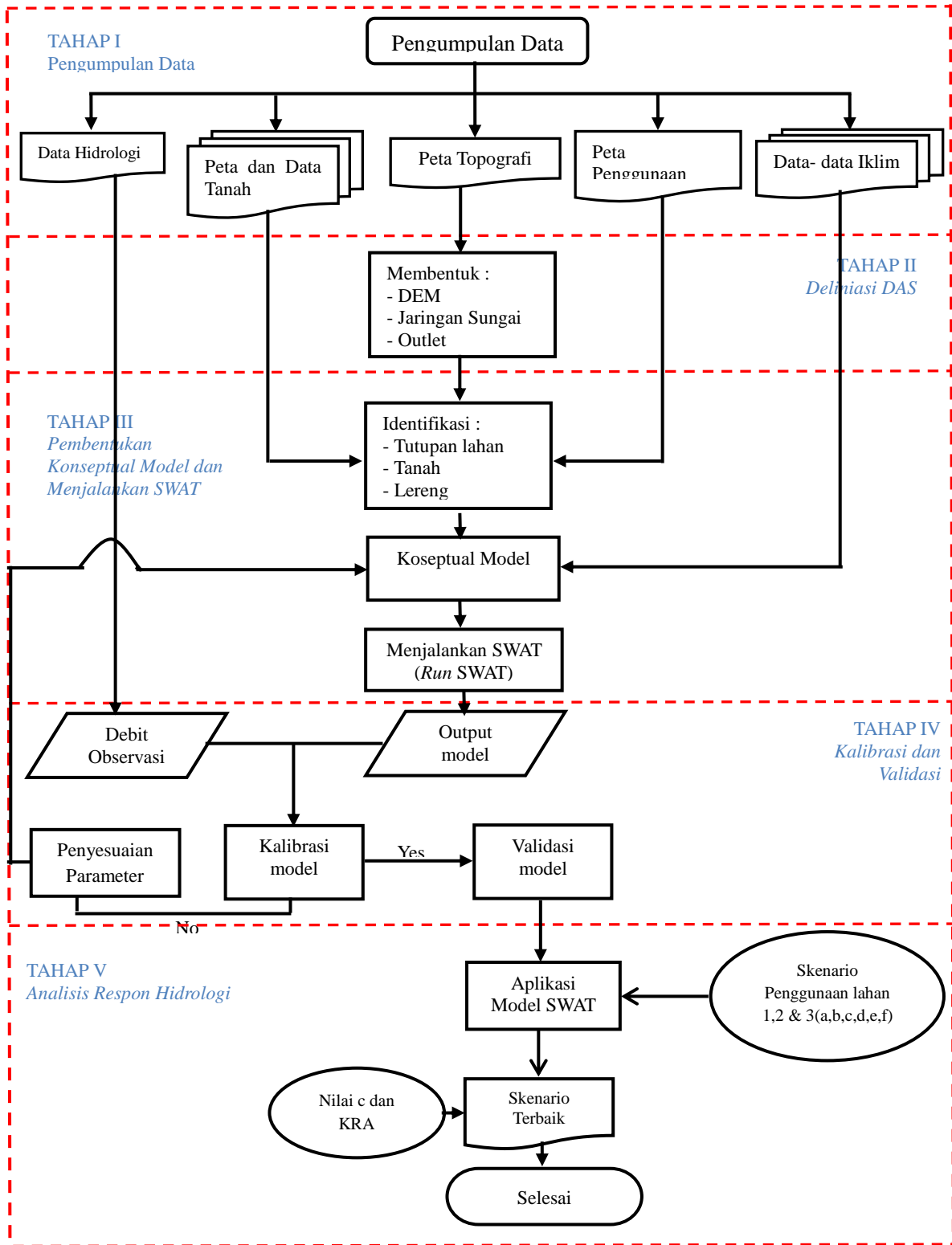
### **3.7.3 Analisis Skenario Perencanaan Penggunaan Lahan**

Penyusunan skenario perencanaan penggunaan lahan dilakukan sebagai bahan rekomendasi perencanaan penggunaan lahan terbaik di DAS Garang. Skenario perencanaan penggunaan lahan yang disusun sebagai berikut:

- 1) Penggunaan lahan sesuai dengan kondisi eksisting tahun 2013 (skenario 1)
- 2) Penggunaan lahan sesuai dengan Fungsi Kawasan (skenario 2)
- 3) Penerapan agroteknologi pada lahan pertanian diluar kawasan hutan (skenario 3)

Penerapan agroteknologi pada lahan pertanian diluar kawasan hutan antara lain a) Penanaman dalam baris lurus b) Penanaman dalam baris sesuai kontur c) Penanaman dalam baris sesuai dengan kontur dan teras d) Pergiliran tanaman baris lurus e) Pergiliran tanaman sesuai kontur dan f) Pergiliran tanaman baris lurus dengan kontur dan teras

Analisis karakteristik hidrologi masing-masing skenario dengan membandingkan nilai koefisien limpasan (c) dan Koefisien Regime Aliran. Nilai c atau koefisien aliran tahunan yang kecil menunjukkan bahwa DAS dalam kondisi baik. Demikian juga dengan nilai KRA yaitu perbandingan atau rasio antara debit maksimum dan debit minimum kecil maka kondisi DAS juga relative baik. Tahapan penelitian lebih rinci dapat disajikan sebagaimana pada Gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8 : Diagram Alir Tahapan Penelitian