

BAB 3

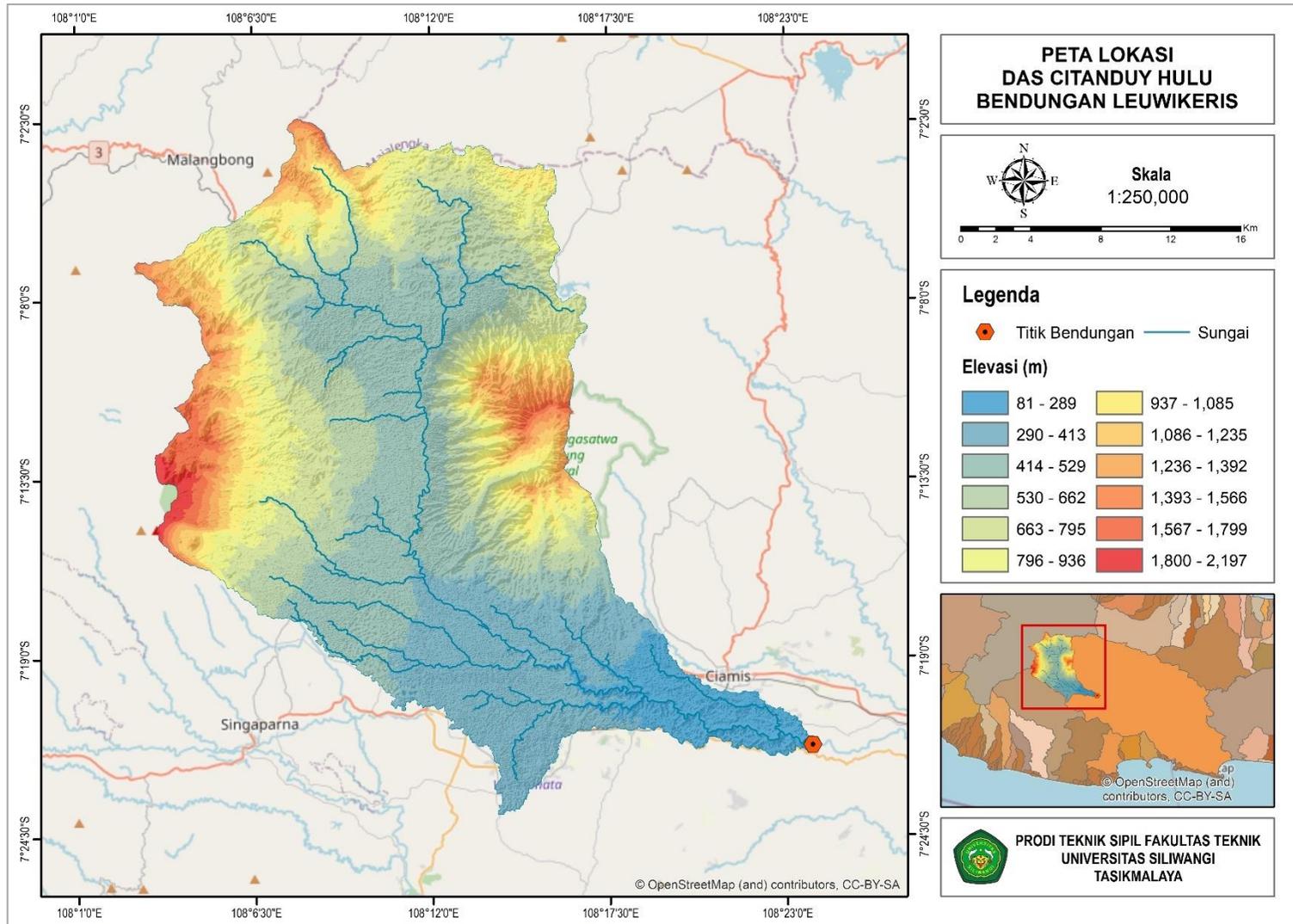
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

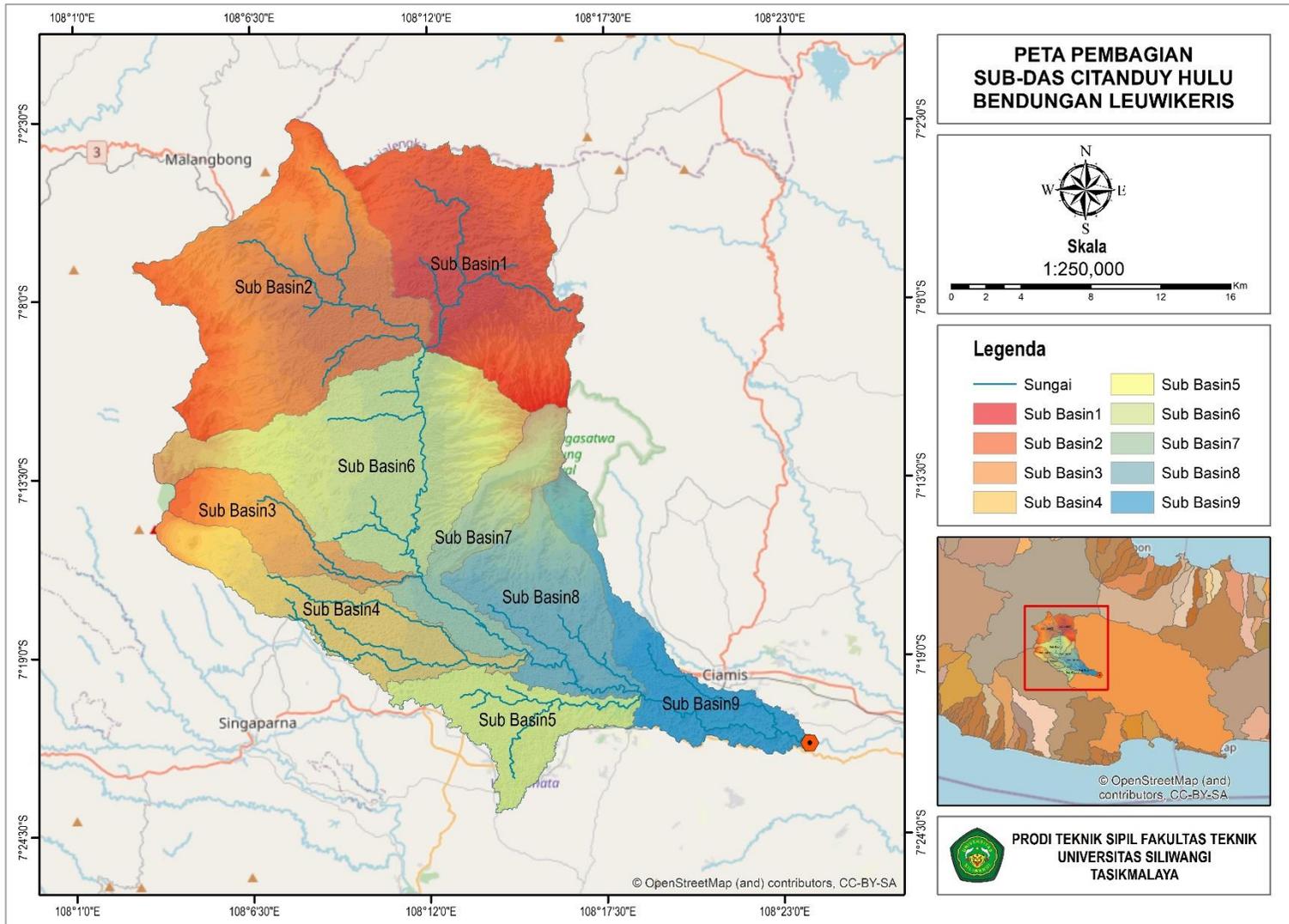
Penelitian dilaksanakan di Bendungan Leuwikeris yang berada dalam Sub-DAS Citanduy Hulu. Bendungan ini terletak di Sungai Citanduy, \pm 10 km hilir Jembatan Cirahong, secara geografis terletak pada koordinat geografis $117^{\circ} 50' 00''$ BT dan $10^{\circ} 45' 00''$ LS. Sedangkan secara administratif berada di wilayah Kab. Ciamis dan Kab. Tasikmalaya, tepatnya di Ds. Cihalarang, Kec. Cijeungjing, Kab. Ciamis dan Ds. Ancol, Kec. Cineam, Kab. Tasikmalaya dengan batas lokasinya:

- Batas Wilayah 01 (Batas Sebelah Utara)
Desa Handapherang (Kec. Cijuenjing, Kab. Ciamis): Kelurahan Cigembor, Kelurahan Benteng, Kelurahan Linggasari (Kec. Ciamis dan Kab. Ciamis).
- Batas Wilayah 02 (Batas Sebelah Timur)
Desa Beber (Kec. Cimaragas, Kab. Ciamis).
- Batas Wilayah 03 (Batas Selatan)
Desa Ancol (Kec. Cineam, Kab. Tasikmalaya), Desa Pasirbatang, Desa Cilangkap (Kec. Manonjaya, Kab. Tasikmalaya).
- Batas Wilayah 04 (Batas Sebelah Barat)
Desa Cilangkap (Kec. Cineam, Kab. Tasikmalaya)

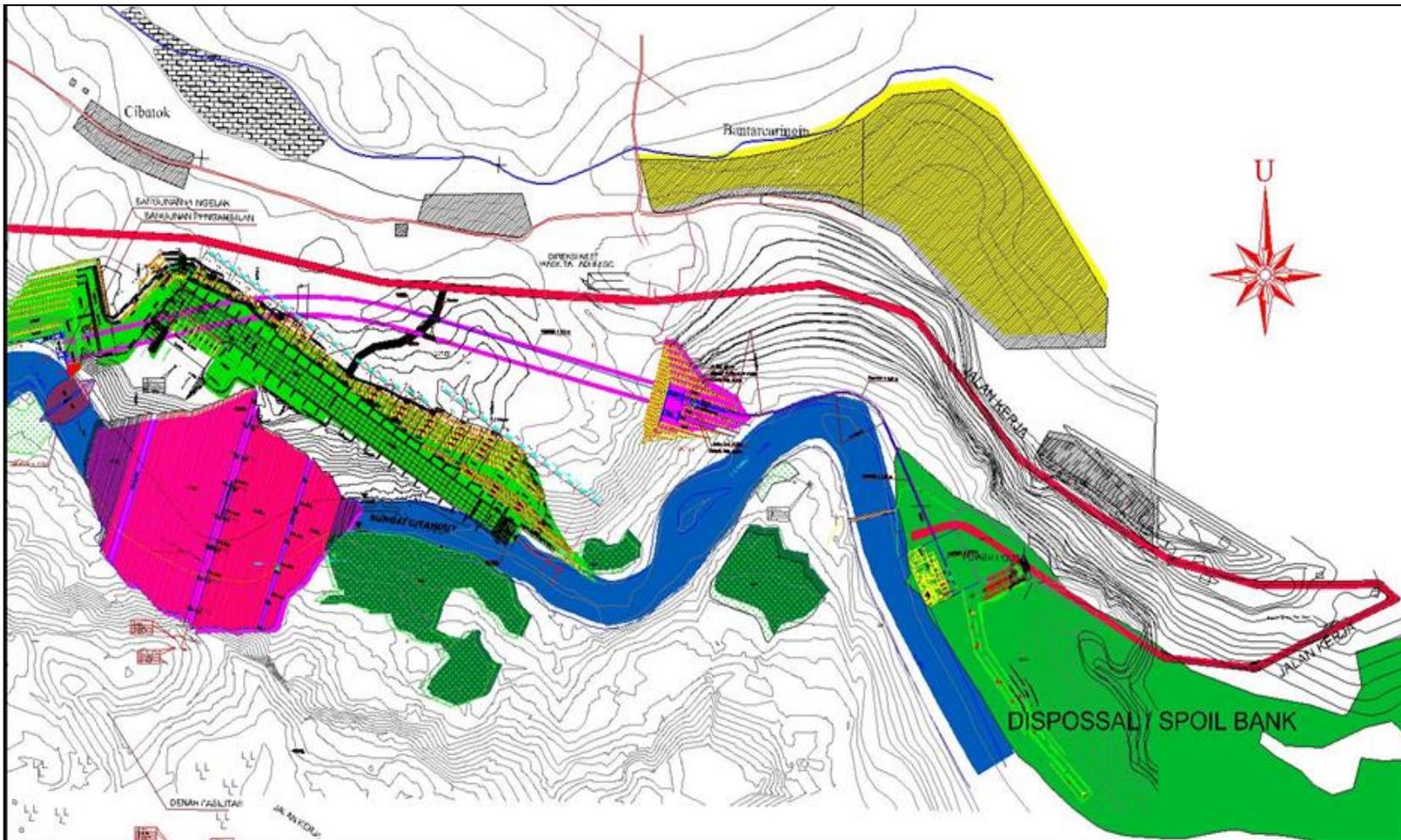
DAS Citanduy Hulu pada penelitian ini sendiri dibagi kembali menjadi sembilan Sub-DAS yang masing-masing diberi nama Sub Basin 1 sampai 9. Peta lokasi penelitian dan pembagian Sub-DAS dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian (BBWS Citanduy)



Gambar 3.2 Peta Sub-Sub-DAS Citanduy Hulu



Gambar 3.3 Denah *Landscape* Bendungan Leuwikeris (BBWS Citanduy)

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 tentang data sekunder yang akan digunakan akan dibahas pada sub-bab berikutnya.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari acuan dan literatur yang berhubungan dengan materi, jurnal atau karya tulis ilmiah yang berkaitan dengan penelitian atau dengan mendatangi instansi terkait untuk memperoleh data – data pendukung yang diperlukan serta data – data digital yang didapat dari hasil pengolahan data pada *software* SIG. Adapun data sekunder yang di perlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Curah Hujan (CH) dari PCH sekitar DAS seperti Bojongsambir, Cimulu, Cisolok, Gn Satria, Kawalu, Lanud, Taraju, Cigede, Tejakalapa, Cikunten II, Singaparna, Ciamis, Rancah, Pataruman, Malangbong, Kadipaten, Panjalu, Panawangan II, Kawali, Kaso, Danasari, Gn Putri, Langensari, Sidamulih, Padaherang, Janggala, Padaringan, Cibariwal, Cibeureum, Cihonje, Cisayong, Pagerageung, Sadananya dan Cineam.
2. Data *Digital Elevation Model* (DEM),
3. Data tutupan lahan DAS Citanduy Hulu,
4. Data topografi, geologi dan jenis tanah pada DAS Citanduy Hulu,
5. Data teknik bendungan berupa gambar perencanaan 2D ataupun 3D.

Berikut tabel daftar kebutuhan data yang dilengkapi dengan sumber & keterangan.

Tabel 3.1 Daftar Kebutuhan Data Sekunder

No	Data	Sumber	Keterangan
1	Data Curah Hujan	BBWS Citanduy, Jurnal Irawan et al., (2020).	Analisis Hidrologi
2	DEM	DEMNAS	Analisis Morfometri DAS berupa Luas DAS, <i>Streamflow</i> , Jaringan Sungai dll.
3	Tutupan Lahan DAS	Analisis Citra Satelit, Tugas Akhir Yusuf, C. M. (2021).	Analisis Perubahan Tutupan Lahan untuk <i>Input Data</i> pada Persamaan Fungsi Koefisien <i>Runoff (C)</i> .
4	Data Topografi, Geologi dan Jenis Tanah	Badan Informasi Geospasial (BIG), Jurnal Sadili et al., (2021) dan Hidayat et al., (2021).	Analisis Volume Tampungan Waduk dan Parameter HSS (Nilai C dan <i>Curve Number-CN</i>)
5	Data Teknik Bendungan	BBWS Citanduy	Analisis Kapasitas <i>Spillway</i> Berdasarkan <i>Reservoir Flood Routing</i>

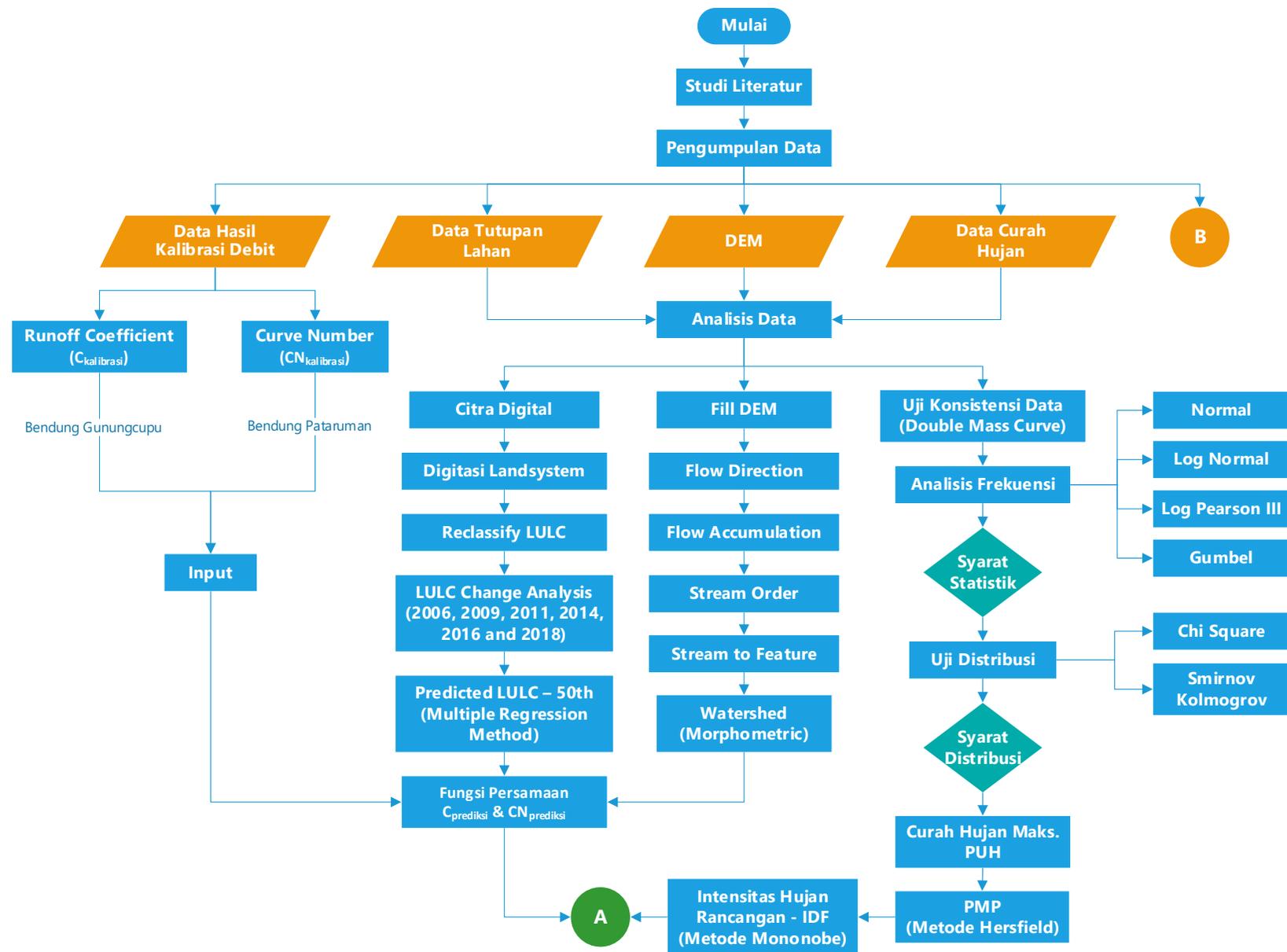
3.3 Alat Penelitian

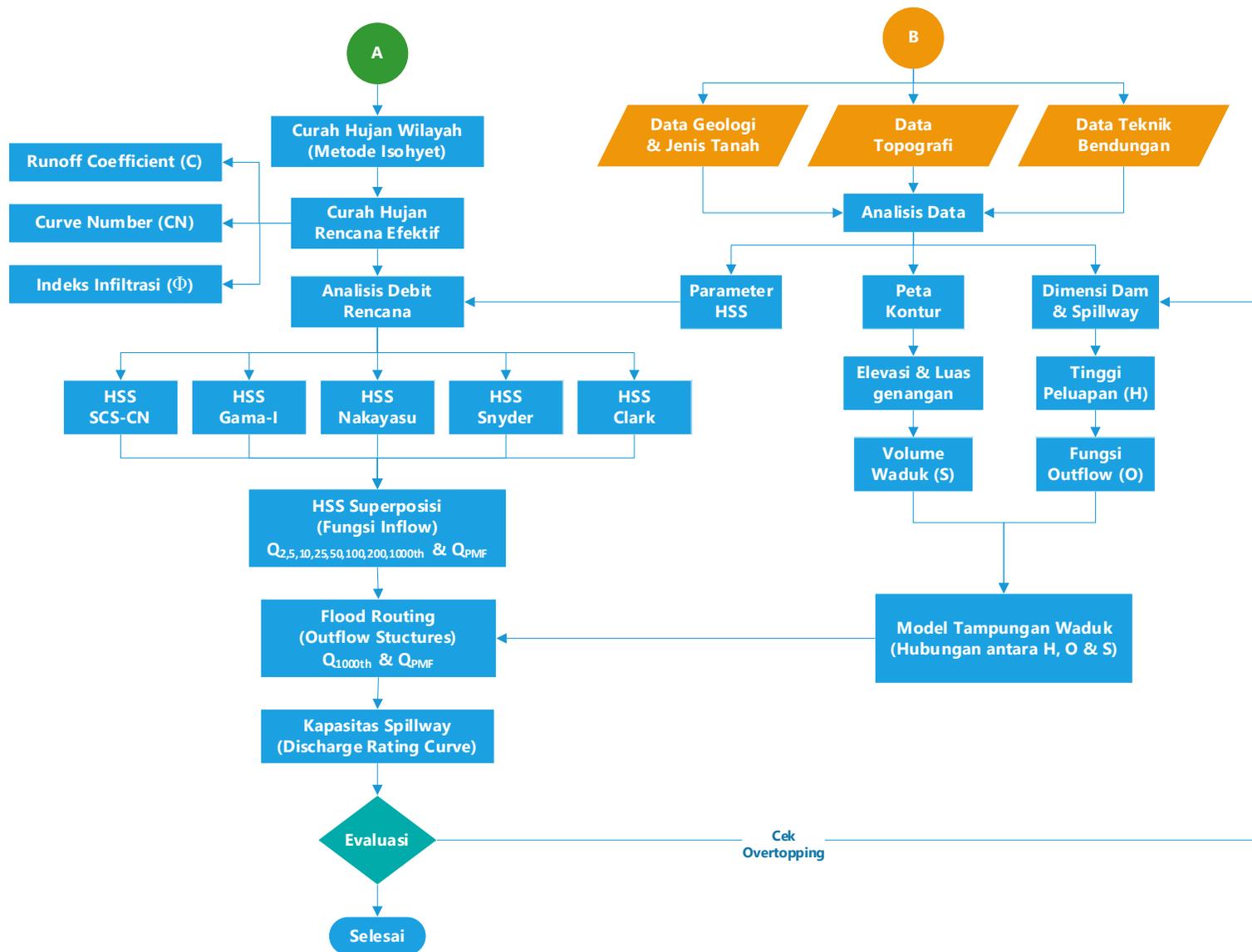
Peralatan yang digunakan berupa *software* & perlengkapan lainnya berupa:

1. Laptop dengan spesifikasi i7-3740QM CPU @ 2.70GHz dan RAM 16 GB,
2. *Ms. Office*, *Mendeley* dan *Mathtype* untuk penulisan laporan dan pengolahan data curah hujan,
3. *Software Google Earth* untuk digitasi tutupan lahan pada citra satelit,
4. *Software ArcGIS* untuk identifikasi DAS & perubahan tutupan lahannya,
5. *Software Hec-HMS* untuk membantu analisis hidrologi & *flood routing*,
6. *Software AutoCAD* untuk mengolah kembali data teknik bendungan.

3.4 Analisis Data

Tahap analisis data secara keseluruhan digambarkan dalam diagram alir penelitian seperti tampak pada *flowchart* di bawah ini.





Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi bertujuan menghitung curah hujan rencana pada periode ulang hujan tertentu. Periode ulang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun, 200 tahun dan 1000 tahun. Analisis hidrologi dimulai dengan melakukan perhitungan curah hujan wilayah dengan menggunakan metode *Isohyet* (Pers.4) berdasarkan Pos Curah Hujan (PCH) yang tersebar di sekitar DAS Citanduy Hulu. Pada tahap awal, terlebih dahulu dilakukan uji konsistensi atau penggahan data curah hujan yang akan digunakan pada penelitian ini. Salah satu metode yang digunakan untuk uji kepanggaan data hujan adalah metode kurva massa ganda (*double mass curve*).

Besaran curah hujan rencana akan diperoleh berdasarkan hasil analisis frekuensi dengan menggunakan metode *Normal* (Pers.6), *Log Normal* (Pers.9), *Gumbel* (Pers.12) dan *Log Pearson III* (Pers.16). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan uji distribusi stasistik sehingga bisa didapatkan metode analisis yang telah memenuhi persyaratan sesuai dengan kriteria. Selain itu, dilakukan juga uji sebaran distribusi dengan menggunakan metode *Chi Square* (Pers.22) dan *Smirnov Kolmogrov* (Pers.26). Semua hasil analisis harus memenuhi syarat uji distribusi. Tahap akhir, berdasarkan curah hujan rencana yang telah terpilih dari hasil uji statistik dan telah memenuhi syarat uji distribusi maka besarnya intensitas curah hujan bisa didapatkan dengan menggunakan metode *Mononobe* (Pers.28). Intensitas hujan tersebut dapat dinyatakan dengan lengkung *Intensity Duration Frequency* (IDF). Selain curah hujan rencana periode ulang diatas, nilai curah hujan terbesar PMP (*probable maximum Precipitation*) juga kemudian diperhitungkan dengan menggunakan metode *hershfield* (Pers.27).

3.4.2 Analisis Morfometri DAS dan Perubahan Penggunaan Lahannya

Analisis deliniasi batas DAS dilakukan baik dengan menggunakan *Software ArcGIS* atau pun *tools GIS* yang terdapat pada *Software HEC-HMS*. Input dari data *Digital Elevation Model (DEM)* ke *Software ArcGIS*, dengan mengikuti langkah-langkah sesuai dengan diagram alir yang telah tersaji pada Gambar 3.3 maka akan didapatkan karakteristik morfometri fisik DAS meliputi bentuk DAS Citanduy Hulu, luas DAS dari hasil deliniasi, kemiringan lereng, *streamflow*, panjang sungai utama ataupun semua ordo dan parameter lainnya yang diperlukan sebagai data input untuk menghitung debit rencana.

Perubahan tutupan lahan juga dianalisis dengan GIS berdasarkan data *shapefile* hasil digitasi citra satelit pada *Software Google Earth*. Perubahan tutupan lahan diproyeksikan pada 50 tahun mendatang sesuai dengan umur rencana bendungan, tujuannya yaitu untuk mendapatkan nilai koefisien aliran permukaannya (Pers.31). Adapun tahapan analisisnya yaitu sebagai berikut.

1. *Reclassify Land Use & Land Cover (LULC)*,
2. *LULC Change Analysis (2006, 2009, 2011, 2014, 2016 dan 2018)*,
3. 2006 – 2018 *Predicted LULC* yang dihitung menggunakan bantuan *Ms. Excel* dengan metode regresi berganda atau *Multiple Regression (Pers.32)*

Data-data dari hasil analisis morfometri DAS beserta tutupan lahannya tersebut kemudian dapat didistribusikan untuk menentukan nilai C_{PREDIKSI} (Pers.82) dengan pemberian skor menggunakan nilai C DAS Citanduy Hulu PDA Gunung Cupu pada Tabel 2.6 hasil kalibrasi pada penelitian Yusuf, (2021). Selain itu, nilai $C_{\text{N PREDIKSI}}$ dapat dihitung dengan mengalikan luas prediksi tutupan lahannya dengan skor HSG berdasarkan Tabel 2.11 hasil penelitian Adidarma & Tim, (2017).

3.4.3 Analisis Debit Banjir dengan Hidrograf Satuan Sintetik

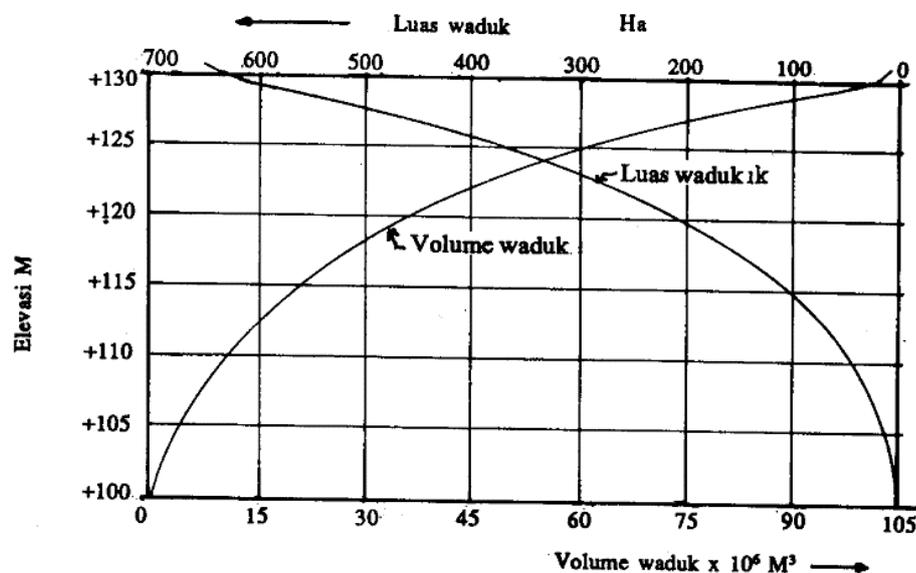
Analisis debit banjir rencana dilakukan dengan menggunakan analisis model hidrograf satuan sintetik berupa metode Nakayasu (Pers.35) dan Gama-I (Pers.55), serta Snyder (Pers.51), SCS-CN (Pers.67) dan Clark yang tersedia secara *default* di HEC HMS. Setiap variabel hidrologi pada persamaan HSS harus diketahui terlebih dahulu seperti nilai koefisien aliran permukaan (Pers.81) yang dipengaruhi perubahan penggunaan lahannya, karakteristik morfometri DAS berdasarkan hasil pengolahan dari data DEM serta intensitas curah hujan (Pers.28) yang dipengaruhi oleh waktu konsentrasinya (Pers.30). Parameter HSS tersebut juga ditentukan berdasarkan hasil analisis data geologi dan jenis tanah pada DAS Citanduy Hulu.

Prinsip penting dalam penggunaan hidrograf satuan adalah repons limpasan langsung dipermukaan (*direct runoff*) terhadap hujan efektif (hasil kali koefisien aliran runoff dengan curah hujan rencananya) bersifat linear, sehingga dapat dilakukan superposisi hidrograf. Proses dalam mengubah superposisi hidrograf satuan menjadi hidrograf banjir dalam kasus ini akan digunakan distribusi hujan total, *infiltrasi* dan hujan efektif selama 6 jam.

Prosedur perhitungan diatas perlu dituangkan dalam bentuk program komputer menggunakan bantuan *Ms. Excell*, agar dapat digunakan untuk menghitung hidrograf banjir dengan input hujan dalam bentuk *time series* yang panjang. Sub-DAS pada penelitian ini sendiri dibagi menjadi sembilan, dimana pada setiap masing-masing sub-DAS tersebut debit rencana diperhitungkan dengan menggunakan metode HSS yang berbeda-beda. Sehingga pada *outlet* DAS akan diperoleh HSS superposisinya yang merupakan akumulasi dari berbagai metode. Model HSS superposisi kemudian dipilih untuk disimulasikan pada *flood routing*.

3.4.4 Analisis Model Tampungan Waduk pada Bendungan

Model tampungan waduk dianalisis berdasarkan hubungan antara elevasi, luas dan volume waduk. Data-data tersebut diketahui berdasarkan data teknik perencanaan Bendungan. Namun jika data tidak dapat diperoleh secara langsung maka perlu dilakukan analisis data agar tetap dapat dibuatkan model tampungan waduknya. Data yang perlu dipersiapkan pertama adalah data topografi berupa peta kontur DAS Citanduy Hulu dengan interval 1 m yang diperoleh dengan menggunakan bantuan *Software* ArcGIS berdasarkan pengolahan data DEM. Elevasi dan luas genangan dari waduk dapat diketahui berdasarkan data tersebut, sehingga volume tampungan waduk bisa dianalisis dengan menggunakan persamaan pendekatan (Pers.80). Selain itu, data dimensi serta elevasi (tinggi peluapan) bangunan *spillway* yang dapat diperoleh berdasarkan data teknik perencanaan awal waduk. Tahap akhir, setelah semua parameter diketahui seperti elevasi, luas dan volume waduk maka hubungan antara parameter tersebut dapat digambarkan menjadi model tampungan waduk.



Gambar 3.5 Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume Waduk

Sumber: (Soediby, 2003)

Hasil pengolahan data di atas akan menjadi *input reservoir* dalam program HEC-HMS. Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini, metode *Elevation-Storage* yang tersedia di *Paired Data Manager* menjadi opsi pertama yang digunakan pada penelitian. Sedangkan metode untuk simulasi *routing* yang paling sesuai untuk simulasi pada Bendungan adalah *Outflow Structures Method*. Adapun komponen lain yang ada pada Bendungan Leuwikeris seperti *Outlet*, *Spillway*, *Dam Top* dan bangunan pelengkap lainnya dapat kita *setting* jumlahnya pada aplikasi ini sesuai dengan data teknik perencanaan.

The screenshot shows the 'Reservoir Options' dialog box in HEC-HMS. The 'Basin Name' is 'Prj Alt 1' and the 'Element Name' is 'Salmon Falls Dam'. The 'Method' is set to 'Outflow Structures' and the 'Storage Method' is 'Elevation-Storage'. The 'Elev-Stor Function' is 'Salmon Falls Store'. The 'Initial Elevation (M)' is 29.3. The 'Main Tailwater' is 'Fixed Stage' with a '*Stage (M)' of 1.2. The 'Auxiliary' is '--None--'. The 'Time Step Method' is 'Automatic'. The 'Outlets' are set to 3, 'Spillways' to 1, 'Dam Tops' to 1, and 'Pumps' to 0. The 'Dam Break', 'Dam Seepage', 'Release', and 'Evaporation' options are all set to 'No'.

Parameter	Value
Basin Name	Prj Alt 1
Element Name	Salmon Falls Dam
Description	
Downstream	Lower Salmon
Method	Outflow Structures
Storage Method	Elevation-Storage
*Elev-Stor Function	Salmon Falls Store
Initial Condition	Elevation
*Initial Elevation (M)	29.3
Main Tailwater	Fixed Stage
*Stage (M)	1.2
Auxiliary	--None--
Time Step Method	Automatic
Outlets	3
Spillways	1
Dam Tops	1
Pumps	0
Dam Break	No
Dam Seepage	No
Release	No
Evaporation	No

Gambar 3.6 Edit *Reservoir* Menggunakan *Outflow Structures Routing*

Sumber: (Scharffenberg, 2013)

3.4.5 Analisis Kapasitas *Spillway* berdasarkan *Reservoir Flood Routing*

Sesuai dengan sub-pembahasan sebelumnya *flood routing* dapat disimulasikan pada *Software* HEC-HMS dengan memilih *Outflow Structures Routing Method*. Simulasi tersebut pada dasarnya menggunakan persamaan kontinuitas metode *Level Pool Routing* (LPR) (Pers.73) dan perhitungan *Outflow* pada penelitian ini menggunakan persamaan debit untuk puncak *Spillway* tipe *Ogee* (Pers.74) disesuaikan dengan data teknik perencanaannya. Berikut ini tampilan pada jendela HEC-HMS untuk menginput data *Spillway*.

Basin Name: Prj Alt 1	
Element Name: Salmon Falls Dam	
Method:	Ogee Spillway
Direction:	Main
Abutments:	2
Abutment Type:	Concrete
*Approach Depth (M)	4.88
*Approach Loss (M)	0.04
*Crest Elevation (M)	14.2
*Crest Length (M)	24.0
*Apron Elevation (M)	3.2
*Apron Length (M)	24.0
*Design Head (M)	1.75
Gates:	0

Gambar 3.7 Edit *Spillway* dengan memilih *Ogee Method*

Sumber: (Scharffenberg, 2013)

Jika pada perencanaan terdapat *Spillway* berpintu maka pada menu “*gates*” pada gambar di atas dapat ditambahkan jumlahnya sesuai dengan data teknik. Sehingga akan muncul jendela baru seperti gambar dibawah untuk mengisi data tersebut. Jenis pintu *Spillway* juga bervariasi, pada penelitian ini jenis pintu pengambilan yang direncanakan adalah tipe pintu sorong tegak. Sehingga metode yang dipilih untuk mensimulasikannya adalah *Sluice Gate Method*.

Parameter	Value
Basin Name	Prj Alt 1
Element Name	Salmon Falls Dam
Spillway Name	Spillway 1
Method	Sluice Gate
Number Identical	1
*Width (M)	10.0
*Gate Coefficient	0.62
*Orifice Coefficient	0.80
Control Method	Fixed Opening
*Opening (M)	1.55

Gambar 3.8 Edit *Sluice Gate* pada *Spillway*

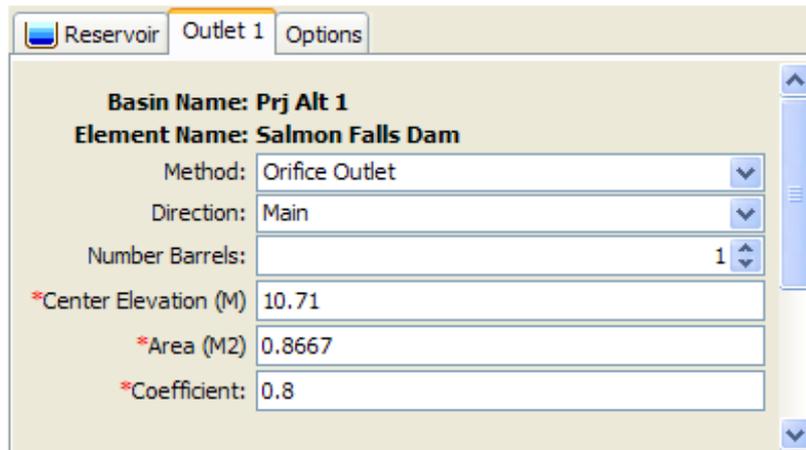
Sumber: (Scharffenberg, 2013)

Lebar pintu air harus ditentukan sebagai lebar total gerbang masing-masing pintu. *Gate coefficient* menggambarkan kehilangan energi saat air melewati bagian bawah pintu, nilai tipikalnya adalah 0.5 – 0.7 (Scharffenberg, 2013) tergantung geometri dan konfigurasi pintunya. Sedangkan *Orifice coefficient* nilai tipikalnya adalah 0.8 (Scharffenberg, 2013), ini juga menggambarkan kehilangan energi saat air melewati bawah pintu dan *tailwater* yang terendam. Selain data teknik *Spillway*, dalam mensimulaikan *Reservoir Flood Routing* juga perlu menginputkan data *Main Dam*. Pada penelitian ini, *Dam Top* dan satu *Outlet*-nya yang berfungsi sebagai pintu pengambilan untuk PLTA yang akan menjadi input data pada HEC-HMS.

Parameter	Value
Basin Name	Prj Alt 1
Element Name	Salmon Falls Dam
Method	Level Overflow
Direction	Main
*Elevation (M)	30.0
*Length (M)	28.00
*Coefficient (M ^{0.5} /S)	1.48

Gambar 3.9 Edit *Dam Top* dengan *Level Overflow Method*

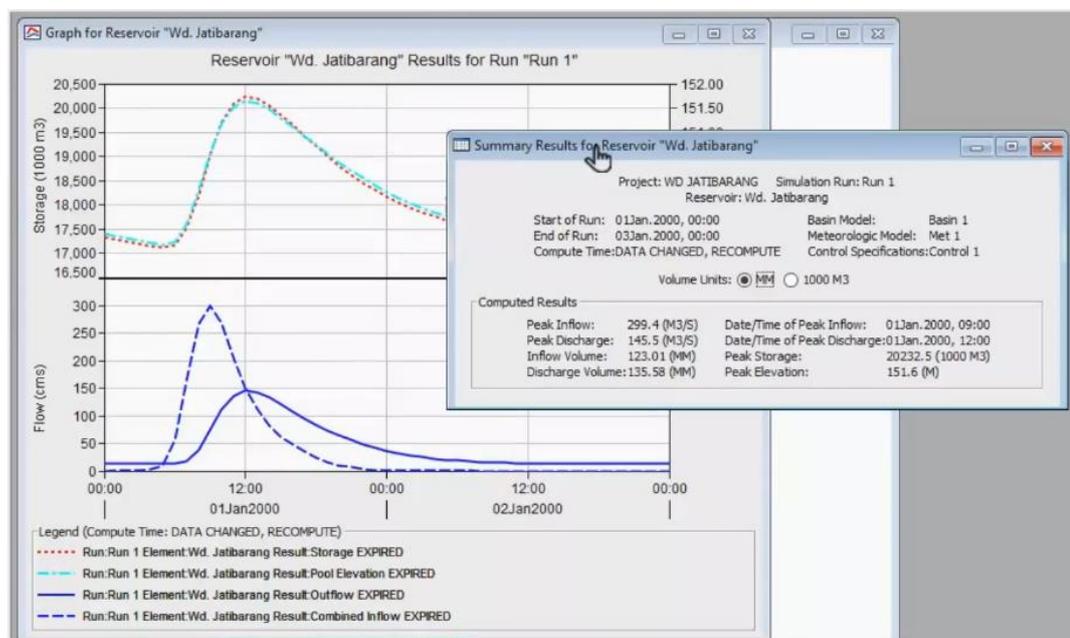
Sumber: (Scharffenberg, 2013)



Gambar 3.10 Edit *Outlet* dengan *Orifice Method*

Sumber: (Scharffenberg, 2013)

Setiap pemilihan metode yang digunakan pada HEC-HMS disesuaikan dengan data teknik perencanaan yang tersedia. Sehingga kapasitas *Spillway* berdasarkan data-data tersebut dapat disimulasikan dalam proses *routing*. Sehingga hasil dari simulasi tersebut dapat menunjukkan besaran Inflow & Outflow dalam bentuk *discharge rating curve* dan tabel. Berikut ini contoh tampilan dari hasil simulasi *routing* pada suatu waduk.



Gambar 3.11 Tampilan Hasil *Routing* pada Waduk

3.5 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian pada penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

NO	PHASE	MONTH																																			
		Apr				May				Jun				Jul				Aug				Sep				Oct				Nov				Dec			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	PREPARATION																																				
	Submission of proposals																																				
	ACC & Proposal revision (Chapter I, II & III)																																				
	Proposal seminar																																				
2	IMPLEMENTATION																																				
	Data Collection																																				
	Data collection from previous research																																				
	Precipitation data collection																																				
	Data collection of LULCC patterns																																				
	Data collection of DEM																																				
	Dam technical data collection																																				
	Data Analysis																																				
	Hydrological analysis																																				
	Analysis of watershed & LULCC patterns																																				
	Synthetic unit hydrograph analysis																																				
	Flood routing analysis																																				
	Analysis of reservoir storage & spillway capacity																																				
3	COMPLETION																																				
	Preparation and revision of chapters IV and V																																				
	Final assignment seminar																																				
	Thesis defence																																				
	Thesis collection																																				