

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR  
BERDASARKAN PEMODELAN NUMERIK ALIRAN  
DANGKAL  
TESIS**



**Oleh:**

**Cleon Christopher  
8102001015**

**Pembimbing 1:  
Dr.-Ing. Bobby Minola Ginting**

**Pembimbing 2:  
Doddi Yudianto, Ph. D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT No. 11737/SK/BAN-PT/AK-ISK/M/X/2021)  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2022**

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR  
BERDASARKAN PEMODELAN NUMERIK ALIRAN  
DANGKAL**

**TESIS**



**Oleh:**

**Cleon Christopher  
8102001015**

**Pembimbing 1:**

**Dr.-Ing. Bobby Minola Ginting**

**Pembimbing 2:**

**Doddi Yudianto, Ph. D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT No. 11737/SK/BAN-PT/AK-ISK/M/X/2021)  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2022**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Cleon Christopher

NPM : 8102001015

Program Studi : Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa tesis dengan judul:

INVESTIGASI KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR BERDASARKAN PEMODELAN  
NUMERIK ALIRAN DANGKAL

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 16 Februari 2022



Cleon Christopher/8102001015

**INVESTIGASI KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR  
BERDASARKAN PEMODELAN NUMERIK ALIRAN DANGKAL**

**Cleon Cristopher (NPM: 8102001015)  
Pembimbing I: Dr.-Ing. Bobby Minola Ginting  
Pembimbing II: Doddi Yudianto, Ph.D.  
Magister Teknik Sipil  
Bandung  
16 Februari 2022**

**ABSTRAK**

Pentingnya penggunaan hidrograf satuan sintesis (HSS) di Indonesia untuk prediksi hidrograf banjir disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah data hidrologi yang kurang memadai di Indonesia baik secara kuantitas maupun kualitas. Pada dasarnya, hidrograf satuan merupakan suatu nilai yang dapat digunakan untuk menghitung besaran debit banjir. Namun, dalam banyak studi dinyatakan bahwa HSS (termasuk yang umum digunakan di Indonesia) cenderung tidak konsisten dalam memberikan nilai hidrograf banjir. Salah satu penyebabnya adalah karena HSS dibuat berdasarkan persamaan empiris. Oleh sebab itu, perlu dicari alternatif lain yang dapat digunakan untuk memprediksi hidrograf banjir. Terkait hal ini, salah satu alternatif yang mungkin dilakukan adalah penggunaan model hidrodinamik yang berbasis persamaan aliran dangkal atau *shallow water equations* (SWE). Model hidrodinamik yang digunakan dalam tesis ini adalah HEC-RAS 5.0.7, dimana penulis akan menunjukkan bahwa perhitungan hidrograf banjir dengan menggunakan model aliran dangkal dapat menjadi alternatif yang lebih baik dibandingkan dengan perhitungan menggunakan HSS.

Kata Kunci: Hidrograf Banjir, Hidrograf Satuan Sintetik, Metode Numerik Aliran Dangkal.

**INVESTIGATION OF FLOOD HYDROGRAPH CHARACTERISTIC  
BASED ON NUMERICAL MODELLING OF SHALLOW WATER  
EQUATIONS**

**Cleon Cristopher (NPM: 8102001015)  
Advisor I: Dr.-Ing. Bobby Minola Ginting  
Advisor II: Doddi Yudianto, Ph.D.  
Magister of Civil Engineering  
Bandung  
16 February 2022**

**ABSTRACT**

Using the synthetic unit hydrograph (SUH) for flood hydrograph prediction is very common in Indonesia due to several reasons, one of which is the insufficient hydrological data in terms of quality and quantity. Basically, unit hydrograph is a value that can be used to compute the flood discharge. However, it was stated in several studies that the SUHs (including the ones commonly used in Indonesia) tend to be not consistent in predicting the flood hydrograph value. One of the reasons is because the SUHs are derived based on the empirical formulas. Therefore, it is important to find the other alternatives that can be used to estimate the flood hydrograph. To this regard, one possible way is to use a hydrodynamic model based on the shallow water equations (SWE). The hydrodynamic model used in this study is HEC-RAS 5.0.7, by which the author will show that the flood hydrograph computation using the shallow water model may become a better alternative than using the SUHs.

**Keywords:** Flood Hydrograph, Synthetic Unit Hydrograph, Shallow Water Equation Model.

## **PRAKATA**

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih, kebaikan, dan rancangan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *INVESTIGASI KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR BERDASARKAN PEMODELAN NUMERIK ALIRAN DANGKAL*. Tesis ini merupakan salah satu syarat kelulusan di Program Studi S-2 (Sarjana) di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Dalam proses penyusunan Tesis ini, banyak masalah dan tantangan yang dilewati oleh penulis. Melalui proses yang telah dialami penulis tentunya penulis menambah kemampuan serta pengalaman. Berkat kritik, saran, bantuan, bimbingan, doa, dan dorongan dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan meskipun di dalam kondisi yang sulit yaitu Pandemi *Covid-19*. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua dan saudara kandung saya, serta seluruh keluarga besar bapak Yohanes atas doa, restu, dan bimbingannya selama penulis menempuh pendidikan formal.
2. Bapak Dr.-Ing. Bobby Minola Ginting, selaku dosen pembimbing yang terus meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran selama proses bimbingan berlangsung dan memberikan bimbingan, saran, dan semangat yang membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Doddi Yudianto Ph.D., selaku pembimbing kedua yang terus mendampingi penulis langkah demi langkah di dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Albert Wicaksono Ph.D. dan Ibu Dr. Wanny K. Adidarma, selaku dosen penguji untuk segala kritikan masukan, dan sarannya.
5. Seluruh dosen dan staff pengajar Pusat Studi Teknik Sumber Daya Air Universitas Katolik Parahyangan yang membantu untuk segala kritikan masukan, dan sarannya pada seminar judul dan seminar isi.

6. Kelompok kecil *The Raben Group* (Ko Anton, Daniel.B, Danishwara.A, Lawrence.A, Kelvin.G, Albert.RT, dan Michael.C) selaku sahabat yang sangat berjasa di dalam memberi bantuan, bimbingan, dan tukar pikiran selama proses perkuliahan sehingga penulis dapat memulai dan menyelesaikan skripsi ini.
7. Kelompok kecil *Antek-Antek Alex* (Alex.K, Emeraldi.H, Michael.S, Aldo.S, Liliani, Cindy.T, Michele.JG) selaku sahabat lama yang membantu dalam pemberian dorongan sejak dari awal perkuliahan sampai kepada proses penulisan tesis ini.
8. Teman-teman Magister Teknik Sipil SDA Angkatan 2020 terutama Farrell W, Pak Riksa, Bu Brigitha, Bu Dini, Bu April, dan Pak Indra, selaku teman belajar dan teman seperjuangan di Program Magister Studi Teknik Sipil, Sumber Daya Air, UNPAR.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun untuk dapat mengurangi dan mencegah segala kekurangan di masa depan. Semoga tesis ini dapat berguna bagi pembaca. Terima Kasih.

Pontianak, 16 Februari 2022



Cleon Christopher

8102001015

## DAFTAR ISI

INVESTIGASI KARAKTERISTIK HIDROGRAF BANJIR BERDASARKAN PEMODELAN NUMERIK ALIRAN DANGKAL .....	1
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	3
ABSTRAK.....	4
ABSTRACT .....	5
PRAKATA .....	6
DAFTAR ISI .....	8
DAFTAR GAMBAR.....	10
DAFTAR TABEL .....	11
BAB 1 PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang .....	12
1.2 Inti Permasalahan.....	15
1.3 Tujuan Penulisan.....	15
1.4 Pembatasan Masalah .....	15
1.5 Metode Penelitian .....	17
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	20
2.1 Hidrograf Banjir.....	20
2.2 Hidrograf Satuan.....	21
2.3 HSS Snyder.....	21
2.4 HSS SCS .....	23
2.5 HSS Nakayasu .....	26
2.6 HSS GAMA I.....	28
2.7 HSS ITB.....	31
2.8 Model Numerik Aliran Dangkal .....	34
2.9 Metode Infiltrasi Indeks $\phi$ .....	35



2.10	Kekasaran Manning n.....	36
2.11	RMSE & Eror Relatif .....	37
2.12	<i>Relative error</i> (RE).....	37
BAB 3 ANALISIS STUDI .....		38
3.1	Studi Kasus 1D Eksperimental (Gottardi et al., 2008).....	38
3.2	Studi Kasus 1D Eksperimental (Kirstetter et al., 2016) .....	39
3.2.1	Kemiringan dasar 0,02 m/m.....	40
3.2.2	Kemiringan dasar 0,05 m/m.....	41
3.3	Studi Kasus Waduk Delingan .....	42
3.3.1	11 Maret 2018 .....	44
3.3.2	1 Oktober 2020 .....	46
3.4	Studi Kasus Waduk Ketro .....	49
BAB 4 INVESTIGASI HIDROGRAF BANJIR .....		53
4.1	Investigasi Hidrograf Banjir Kasus 1D .....	53
4.2	Investigasi Hidrograf Banjir Waduk Delingan & Ketro .....	54
BAB 5 KESIMPULAN & SARAN.....		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
LAMPIRAN 1 Zona 49S UTM DAS Delingan.....		59
LAMPIRAN 2 Zona 49S UTM DAS Ketro .....		60
DAFTAR PUSTAKA .....		61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Tesis .....	17
Gambar 2.1 Komponen Hidrograf Banjir.....	20
Gambar 2.2 HSS Snyder non-dimensional.....	23
Gambar 2.3 HSS SCS non-dimensional .....	25
Gambar 2.4 HSS Nakayasu non-dimensional .....	27
Gambar 2.5 Sketsa RUA .....	29
Gambar 2.6 Sketsa WF.....	29
Gambar 2.7 Sketsa HSS GAMA I.....	31
Gambar 2.8 HSS non-dimensional ITB-1 dan ITB-2.....	33
Gambar 2.9 Penentuan indeks $\phi$ .....	36
Gambar 3.1 Perbandingan Hidrograf Banjir Studi Kasus (Gottardi et al., 2008)..	38
Gambar 3.2 Hidrograf Banjir Kasus $S_o = 0,02$ .....	40
Gambar 3.3 Hidrograf Banjir Studi $S_o = 0,05$ .....	41
Gambar 3.4 Kontur DEM DTA Waduk Delingan.....	43
Gambar 3.5 Model Lahan DAS Delingan & Nilai Koefisien Kekasaran Manning .....	43
Gambar 3.6 Data Kurva Elevasi Volume Area Waduk Delingan .....	44
Gambar 3.7 Data Hujan DAS Delingan 11 Maret 2018.....	45
Gambar 3.8 Hasil Perhitungan Waduk Delingan 11 Maret 2018.....	45
Gambar 3.9 Data Hujan DAS Delingan 1 Oktober 2020 .....	47
Gambar 3.10 Hasil Perhitungan Waduk Delingan 1 Oktober 2020 .....	47
Gambar 3.14 Kontur DEM DTA Waduk Ketjo .....	50
Gambar 3.15 Model Lahan DAS Ketjo & Nilai Koefisien Kekasaran Manning..	50

Gambar 3.16 Data Kurva Elevasi Volume Area Waduk Ketro .....	50
Gambar 3.17 Data Hujan DAS Ketro 26 Januari 2018.....	51
Gambar 3.18 Hasil Perhitungan Waduk Ketro 26 Januari 2018.....	51
Gambar 4.1 Kedalaman Air Simulasi Waduk Delingan 11 Maret 2018 .....	55
Gambar 4.2 Kedalaman Air Simulasi Waduk Delingan 1 Oktober 2020.....	55
Gambar 4. 3 Kedalaman Air Simulasi Waduk Ketro 26 Januari 2018.....	56

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Koordinat HSS SCS non-dimensional.....	25
Tabel 2.2 Koordinat HSS ITB-1 dan ITB-2 tak berdimensi.....	33
Tabel 2.3 Koefisien Manning dari (Yudianto et al., 2021).....	36
Tabel 3.1 Nilai RMSE Kasus (Gottardi & Venutelli, 2008).....	38
Tabel 3.2 Error Relatif Debit Puncak & Waktu Puncak Kasus (Gottardi & Venutelli, 2008) .....	39
Tabel 3.3 Nilai RMSE Kasus $S_o = 0,02$ .....	40
Tabel 3.4 Error Relatif Debit Puncak & Waktu Puncak Kasus $S_o = 0,02$ .....	40
Tabel 3.5 Nilai RMSE Kasus $S_o = 0,05$ .....	42
Tabel 3.6 Error Relatif Debit Puncak & Waktu Puncak Kasus $S_o = 0,05$ .....	42
Tabel 3.7 Perbedaan Relatif TMA Waduk Delingan 11 Maret 2018 .....	45
Tabel 3.8 Error Relatif TMA Waduk Delingan 1 Oktober 2020.....	48
Tabel 3.9 Perbedaan Relatif TMA Waduk Delingan 26 Januari 2018 .....	51
Tabel 4.1 Volume Tinggi Limpasan (mm) .....	54

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Banjir dapat menyebabkan kerugian dalam berbagai bidang serta mengancam banyak jiwa penduduk (Barati et al., 2012). Oleh sebab itu, upaya pengendalian banjir harus dilakukan. Terkait hal tersebut, salah satu data yang diperlukan dalam analisis pengendalian banjir adalah hidrograf banjir. Namun, berbagai fakta ditemukan bahwa pencatatan data hidrologi (data curah hujan dan data debit terukur) di Indonesia belum memadai baik dari segi kuantitas maupun kualitas, sehingga analisis dengan menggunakan hidrograf satuan sintesis (HSS) menjadi suatu keharusan untuk memprediksi hidrograf banjir. Pada dasarnya, HSS merupakan hidrograf satuan yang diturunkan berdasarkan persamaan empiris dari karakteristik daerah tangkapan air (DTA) beserta data hujan-limpasan atau debit (Bhunya et al., 2011) yang berfungsi untuk memprediksi besar hidrograf banjir pada wilayah dengan data hidrologi yang memadai.

Penelitian terkait perkembangan dan pengembangan HSS sudah dilakukan dengan jumlah yang banyak, lihat (Bhunya et al., 2011; Jeong & Mun, 2001; Kristianto et al., 2019; Labdul & Alitu, 2021; Limantara, 2012; Limantara et al., 2014; Natakusumah et al., 2011; Pradipta & Nurhady, 2019; Safarina et al., 2011; Snyder, 1938). Terkait hal ini, dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) “Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana” dikemukakan bahwa terdapat tiga metode HSS yang menjadi standar perhitungan analisis hidrologi di Indonesia, yaitu HSS Snyder, Gajah Mada (GAMA) I dan *Soil Conservation Service* (SCS). Metode HSS lainnya yang umum digunakan di Indonesia seperti HSS Limantara, ITB dan

Nakayasu masih memerlukan validasi dan kalibrasi lebih lanjut (Standar Nasional Indonesia, 2016). Semua metode yang disebutkan sebelumnya sudah banyak dikaji kembali pada DTA dengan karakteristik yang bervariasi. Namun, penulis beranggapan bahwa banyaknya formula HSS yang telah dikembangkan dapat menimbulkan kebingungan di kalangan insinyur/pengguna dalam memilih metode yang tepat. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, formula-formula HSS bersifat empiris dengan hasil yang cenderung tidak konsisten (hasil dapat berbeda cukup jauh antara beberapa metode HSS). Dalam hal ini, formula empiris yang dimaksud menyebabkan munculnya beberapa koefisien parameter yang perlu ditentukan sendiri oleh pengguna. Pada umumnya, nilai koefisien ini bukan merupakan nilai inisial melainkan nilai yang harus diiterasi lalu dikalibrasi sesuai dengan karakteristik DTA yang diteliti. Studi pada tahun 2011 menyatakan bahwa metode-metode HSS tradisional seperti SCS, Snyder dan Model Taylor & Schwarz memberikan hasil yang tidak memuaskan, proses pengerjaan yang berat serta sulit untuk diaplikasikan (Bhunya et al., 2011). Terkait hal ini, penulis merasa setuju bahwa proses pengerjaan akan menjadi berat khususnya pada Metode HSS GAMA-1 yang membutuhkan banyak parameter dibandingkan dengan metode HSS lainnya. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif lain (di samping HSS) yang dapat digunakan untuk memprediksi hidrograf banjir.

Dalam hal ini, penulis menemukan bahwa pendekatan alternatif yang dapat digunakan dalam memodelkan proses hujan-limpasan adalah dengan menggunakan model hidrodinamik yang berbasiskan persamaan aliran dangkal atau *shallow water equations* (SWE). Model SWE dapat mensimulasikan proses jatuhnya hujan hingga menjadi aliran permukaan berdasarkan proses fisik aliran. Proses fisik tersebut

diformulasikan secara matematis ke dalam persamaan kontinuitas dan persamaan kekekalan momentum aliran. Proses fisik yang terdapat pada persamaan-persamaan yang digunakan, seperti infiltrasi, perbedaan kekasaran lahan/saluran, perbedaan kecepatan, perbedaan kedalaman, serta hujan yang jatuh di atas lahan dan debit sungai, dapat dicari solusinya dengan menerapkan metode numerik.

Beberapa model numerik SWE yang dapat digunakan untuk mensimulasikan proses hujan-limpasan adalah HEC-RAS (Brunner, 2016; Costabile et al., 2013, 2020a; Hall, 2015), FullSWOF2D (Wittmann et al., 2017), NUFSAW2D (Ginting et al., 2018, 2019). Studi terbaru pada tahun 2020 juga menyatakan bahwa model HEC-RAS dapat diandalkan untuk proses perhitungan hujan-limpasan (Costabile et al., 2020b). Pendekatan ini juga menarik perhatian para pemodel dan ilmuwan karena secara signifikan mengurangi kebutuhan pemodelan secara hidrologi untuk proses hujan-limpasan khususnya pada skala DTA nyata (Hall, 2015).

Faktor-faktor yang dikemukakan penulis sebelumnya menjadi dasar penulisan tesis ini. Maka dari itu, penulis akan melakukan investigasi yang komprehensif mengenai karakteristik hasil hidrograf banjir model numerik aliran dangkal 2D pada kasus yang terpilih. Investigasi yang akan dilakukan pada penelitian ini meliputi perbandingan HSS yang umumnya digunakan di Indonesia dengan model numerik SWE. Tujuan dilakukannya hal ini adalah untuk membuktikan kehandalan model numerik SWE untuk simulasi hujan-limpasan. Studi banding akan dilakukan pada kasus-kasus yang telah dipublikasikan pada jurnal-jurnal terdahulu. Kasus yang dikaji mencakup beberapa DTA berskala kecil yang memiliki data curah hujan dan data pencatatan debit atau hasil debit secara analitis. Dalam studi ini disajikan perbandingan hasil perhitungan hidrograf banjir antara metode HSS Snyder, SCS,

GAMA-I, ITB dan Nakayasu dengan hasil perhitungan model numerik SWE dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.7.

## **1.2 Inti Permasalahan**

Pentingnya penggunaan HSS di Indonesia menjadi inti permasalahan pada penelitian ini. Hal tersebut disebabkan oleh pencatatan data hidrologi (data curah hujan dan data debit terukur) yang belum memadai baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Bahasan kedua yang akan ditinjau adalah formula HSS yang dikembangkan bersifat empiris (koefisien parameter yang perlu ditentukan sendiri oleh pengguna) dan cenderung tidak konvergen (hasil dapat berbeda cukup jauh antara beberapa metode HSS). Oleh sebab itu, akan dilakukan investigasi yang komprehensif mengenai karakteristik hasil hidrograf banjir model SWE pada kasus yang terpilih dengan tujuan untuk membuktikan kehandalan model numerik tersebut untuk simulasi hujan-limpasan.

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari studi ini adalah untuk membuktikan kehandalan model numerik SWE 2D dalam mensimulasikan proses hujan-limpasan untuk perhitungan hidrograf banjir.

## **1.4 Pembatasan Masalah**

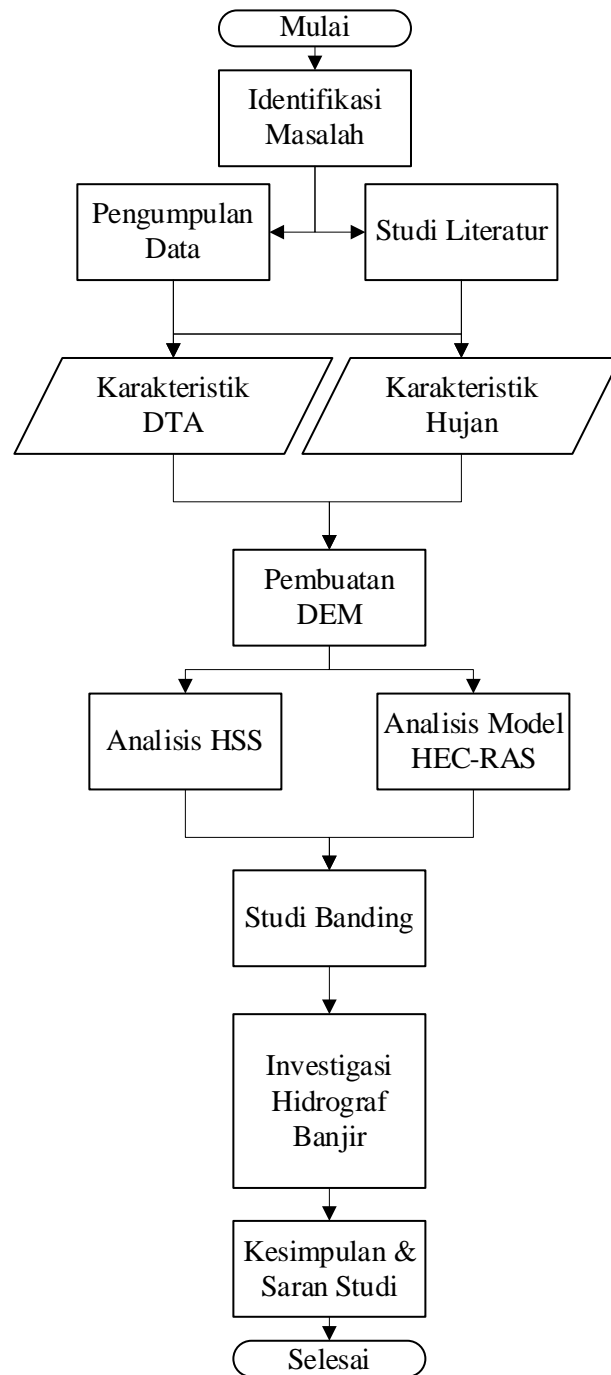
Permasalahan akan dibatasi dengan beberapa hal berikut:

1. Studi hanya dilakukan dengan membandingkan nilai debit puncak, waktu puncak dan bentuk hidrograf.
2. Model SWE 2D yang digunakan adalah HEC-RAS 5.0.7.
3. Metode infiltrasi yang digunakan adalah metode infiltrasi indeks  $\phi$ .

4. Hujan efektif pada model SWE tidak mempertimbangkan *depression storage*.
5. Kasus yang digunakan pada studi ini adalah DTA eksperimental (skala laboratorium) dan DTA kasus nyata (skala kecil) yang tersedia datanya.



## 1.5 Metode Penelitian



**Gambar 1.1** Diagram Alir Tesis

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang sudah ditemukan dan dinyatakan pada latar belakang penelitian ini. Tahapan selanjutnya adalah studi literatur serta pengumpulan data yang dapat dilakukan secara bersamaan. Studi literatur yang dilakukan adalah rekapitulasi studi-studi terdahulu yang menggunakan lima metode HSS yang digunakan pada studi ini. Data yang dikumpulkan oleh penulis adalah kasus-kasus hujan limpasan 1D yang tersedia pada jurnal-jurnal yang sudah pernah dipublikasikan. Data dikumpulkan dengan mencari jurnal kasus eksperimental 1D untuk proses hujan-limpasan. Data hasil eksperimental yang ditemukan digunakan sebagai pembanding untuk hasil perhitungan hidrograf banjir HSS dan model numerik SWE. Aspek yang akan dibandingkan adalah aspek bentuk hidrograf, debit puncak dan waktu puncak banjir. Data yang terkumpul akan digunakan sebagai masukan parameter untuk perhitungan HSS. Selain data yang dikumpulkan dari studi-studi terdahulu, terdapat pula data lapangan yang sudah dikumpulkan. Data tersebut mencakup elevasi muka air waduk yang akan digunakan untuk verifikasi model HEC-RAS dan HSS yang digunakan.

Tahapan selanjutnya adalah tahapan analisis, dimana penulis akan melakukan perhitungan HSS untuk semua kasus yang sudah terkumpul. Setelah perhitungan HSS sudah selesai dilakukan, penulis membuat peta *Digital Elevation Model* (DEM) untuk semua kasus yang dikaji. DEM yang sudah dibuat kemudian akan digunakan pada pemodelan hujan-limpasan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.7. Setelah analisis HSS dan model HEC-RAS selesai dilakukan, penulis akan membandingkan dan merekapitulasi hasil penelitian yang kemudian akan

digunakan pada tahapan investigasi. Hasil dari investigasi akan direkapitulasi pada bagian kesimpulan dan saran.