



**PEMODELAN HUJAN ALIRAN BERDASARKAN DATA
CURAH HUJAN SATELIT CHIRPS PADA DAS TANGGUL
MENGUNAKAN *SOFTWARE* HEC-HMS**

SKRIPSI

Oleh:

DEVI AMELIA
201910301157

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, BUDAYA, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JEMBER
2024**



**PEMODELAN HUJAN ALIRAN BERDASARKAN DATA
CURAH HUJAN SATELIT CHIRPS PADA DAS
TANGGUL MENGGUNAKAN *SOFTWARE* HEC-HMS**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar
Sarjana pada program studi S1 Teknik Sipil*

SKRIPSI

Oleh:

**DEVI AMELIA
201910301157**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, BUDAYA, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JEMBER
2024**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpahan anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan terselesaikannya skripsi ini saya ingin mengucapkan terimakasih dan mempersembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat dan ridho-Nya yang selalu memberikan saya yang terbaik dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Kedua orang tua dan kakak saya yang senantiasa mendoakan untuk segala kebaikan dan kelancaran dalam setiap langkah saya, serta telah memberikan kasih sayang dan semangat.
3. Dosen pembimbing saya, Bapak Prof. Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T., dan Ibu Ir. Wiwik Y. Widiarti, S.T., M.T. yang telah meluangkan waktu, usaha, dan perhatian, serta bimbingan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Sahabat yang saya sayangi Kontrakan G31, Sahabat Onlen, dan Ciwi-ciwi Rempong yang telah mendengarkan keluh kesah dan memberikan support kepada saya.
5. Teman-teman seperjuangan skripsi peminatan hidro yang sudah memberikan tambahan ilmu kepada saya dan berjuang bersama hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Teman-teman Anantara yang senantiasa memberikan support penuh.
7. Semua pihak yang turut berperan serta dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

MOTTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(Terjemahan QS. Ghafir: 44)

“Life is getting better after Ikhlas”

(Anonim)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(Terjemahan QS. Ar Rum: 60)

“Jangan pernah lelah untuk mengingat bahwa Allah tidak akan membawa kamu
hingga sejauh ini hanya untuk gagal”

(Anonim)

“Dianggap baik dalam pandangan semua orang itu mustahil. Kerjakan saja
kebaikan, Allah akan selalu membuka jalan bagimu.”

(Ustadzah Halimah Alaydrus)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Amelia

NIM : 201910301157

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pemodelan Hujan Aliran Berdasarkan Data Curah Hujan Satelit CHIRPS pada DAS Tanggul Menggunakan *Software* HEC-HMS” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2023

Yang menyatakan,

Devi Amelia

NIM 201910301157

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Pemodelan Hujan Aliran Berdasarkan Data Curah Hujan Satelit CHIRPS Pada DAS Tanggul Menggunakan Software HEC-HMS* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Senin
Tanggal : 15 Januari 2024
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama
Nama : Prof. Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T. (.....)
NIP : 197108041998031002
2. Pembimbing Anggota
Nama : Ir. Wiwik Y. Widiarti, S.T., M.T. (.....)
NIP : 197006131998022001

Penguji

1. Penguji Utama
Nama : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M (.....)
NIP : 196612151995032001
2. Penguji Anggota 1
Nama : Retno Utami A. Wiyono, S.T., M.Eng, Ph. (.....)
NIP : 198702062022032003

ABSTRACT

Modeling rainfall into river flow in river basins (DAS) is a key aspect in planning and managing water resources. This research aims to compare the results of modeling rainfall flow using HEC-HMS between observational rainfall data and CHIRPS satellite rainfall data in the Tanggul watershed. Data collection and processing methods involve correlation, correction and modeling using HEC-HMS with daily rainfall input. The results show that the peak discharge resulting from modeling with observed rainfall data is higher than that from CHIRPS satellite rainfall data. Nash-Scutliffe and R values² shows that modeling with observational rainfall data has a better level of accuracy than modeling with CHIRPS satellite rainfall data with NSE values of 0.575 and R² of 0.5885 for observed rainfall, the NSE value is 0.449 and R² of 0.5437 for CHIRPS satellite rainfall. Based on the results of the NSE and R values², although CHIRPS satellite rainfall data can be used in modeling, observational rainfall data is still more accurate for producing reliable modeling in managing river flow discharge.

Keywords: Rainfall, Modelling, HEC-HMS

RINGKASAN

Pemodelan Hujan Aliran Berdasarkan Data Curah Hujan Satelit CHIRPS Pada DAS Tanggul Menggunakan Software HEC-HMS: Devi Amelia: 2024: 49
Halaman: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pemodelan curah hujan menjadi aliran merupakan upaya untuk mengatasi ketersediaan debit aliran sungai dengan menggunakan data curah hujan yang dimiliki stasiun hujan dalam suatu daerah aliran sungai (DAS) dalam perencanaan dan pengelolaan sumber daya air. Namun, dalam melakukan suatu pemodelan membutuhkan data curah hujan observasi yang terkadang kurang akurat dikarenakan alat yang rusak ataupun kelalaian petugas. Salah satu cara untuk mengatasinya yaitu dengan menggunakan data curah hujan satelit, seperti satelit CHIRPS dengan resolusi spasial sebesar $0.05^\circ \times 0.05^\circ$. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah (1) Memperoleh besaran debit puncak yang diperoleh dari *software* HEC-HMS pada DAS Tanggul. (2) Membandingkan hasil pemodelan debit hujan aliran menggunakan HEC-HMS antara data hujan satelit CHIRPS dan data hujan observasi.

Penelitian ini terdiri dari pengumpulan data, pengolahan data, korelasi data hujan, koreksi data hujan, dan pemodelan hujan HEC-HMS. Polygon Thiessen merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung curah hujan rerata wilayah data observasi dan data satelit CHIRPS. Data curah hujan observasi dan data curah hujan satelit CHIRPS pada tanggal 1 Januari 2011 hingga 31 Desember 2022 dilakukan korelasi tahunan menggunakan bantuan *software* Ms. Excel. Data yang telah diolah dilanjutkan dengan pemodelan hujan aliran HEC-HMS dengan *input* curah hujan harian untuk kalibrasi dan validasi. Pemodelan pada penelitian ini untuk *runoff volume* menggunakan *Green and Ampt*, *direct runoff* menggunakan *Clark Unit Hydrograph*, dan untuk *Baseflow* menggunakan *Constant Monthly*. Program HEC-HMS dilengkapi kemampuan kalibrasi dan validasi yang memiliki manfaat untuk menguji tingkat keandalan suatu model.

Debit puncak yang dihasilkan dari pemodelan hujan aliran menggunakan *software* HEC-HMS dengan data *input* curah hujan observasi yaitu sebesar 114.5 m³/s. Sementara itu debit puncak yang dihasilkan dengan pemodelan yang menggunakan data *input* curah hujan satelit CHIRPS yaitu sebesar 88.2 m³/s. Pemodelan debit banjir pada DAS Tanggul dengan menggunakan data curah hujan observasi, data curah hujan satelit CHIRPS dan data debit observasi pada tanggal 1 Januari 2020 hingga 31 Desember 2020, memberikan nilai Nash-Scutliffe setelah dilakukan kalibrasi dan optimasi, nilai Nash-Scutliffe untuk pemodelan curah hujan observasi sebesar 0.575 dan untuk pemodelan curah hujan satelit CHIRPS sebesar 0.449. Hasil dari kedua pemodelan menunjukkan tingkat akurasi pemodelan yang menggunakan data curah hujan observasi lebih baik dibandingkan dengan pemodelan yang menggunakan data curah hujan satelit CHIRPS.



PRAKATA

Segala puja dan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala limpahan anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pemodelan Hujan Aliran Berdasarkan Data Curah Hujan Satelit CHIRPS Pada DAS Tanggul Menggunakan *Software* HEC-HMS”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu menyelesaikan pendidikan strata 1 (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusun tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Kepala Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Ir. Jajok Widodo Soetjipto, S.T., MT., IPM., selaku Dosen Pembimbing Akademik selama menjadi mahasiswa.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Gusfan Halik, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu Ir. Wiwik Y. Widiarti, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Entin Hidayah M. UM, selaku Dosen Penguji Utama, dan Ibu Retno Utami Agung Wiyono, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan pembelajaran untuk perbaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen Teknik Sipil Universitas Jember yang telah memberikan semua ilmu dan pembelajaran selama ini.
7. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
8. Semua pihak yang turut berperan serta dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
ABSTRACT.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Curah Hujan Rerata Wilayah.....	4
2.1.1 Curah Hujan Rerata Wilayah	4
2.1.2 Polygon Thiessen	4
2.2 Data Hujan Satelit CHIRPS.....	5
2.3 HEC-HMS.....	5
2.3.1 Komponen Model HEC-HMS	6
2.3.2. Metode <i>Green and Ampt</i>	7
2.3.3. Metode SCS-CN	8
2.3.4. Metode <i>Clark UH</i>	9
2.3.5. Metode <i>SCS UH</i>	9

2.3.7	Metode <i>Routing</i>	10
2.4	Uji Keandalan Model.....	10
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	13
3.1	Lokasi Penelitian	13
3.2	Data Penelitian.....	13
3.3	Flowchart Penelitian	14
3.4	Prosedur Penelitian	16
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1.	Uji Konsistensi Data Curah Hujan.....	17
4.2.	Uji Korelasi dan Koreksi Data Curah Hujan.....	18
4.3.	Curah Hujan Rerata Menggunakan Polygon Thiessen.....	19
4.4	Data Tata Guna Lahan	20
4.5	Data Jenis Tanah.....	21
4.6	Data Pembagian Subdas	21
4.7	Pemodelan Hujan Aliran dengan HEC-HMS	22
4.7.1	Parameter yang Digunakan	22
4.7.2	Hasil Pemodelan HEC-HMS	29
4.7.3	Hasil Kalibrasi Pemodelan HEC-HMS.....	32
4.7.4	Hasil Validasi Pemodelan HEC-HMS	36
BAB 5.	PENUTUP	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran.....	43
	DAFTAR PUSTAKA	45
	LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Metode Perhitungan dan Model pada HEC-HMS	6
Tabel 2. 2 Kriteria NSE	11
Tabel 2. 3 Kriteria R^2	12
Tabel 3. 1 Data Penelitian	14
Tabel 4. 1 Hasil Uji Konsisten 6 Stasiun Hujan	17
Tabel 4. 2 Hasil Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda.....	17
Tabel 4. 3 Koefisien Korelasi dan Persamaan Regresi 6 Stasiun Hujan.....	18
Tabel 4. 4 Koefisien Thiessen Tiap Stasiun Hujan.....	19
Tabel 4. 5 Luas Area Tata Guna Lahan DAS Tanggul.....	20
Tabel 4. 6 Jenis Tanah pada DAS Tanggul.....	21
Tabel 4. 7 Luas Area Tiap Subdas	22
Tabel 4. 8 Parameter dan Metode Green and Ampt yang Digunakan	23
Tabel 4. 9 Parameter dan Metode SCS CN yang Digunakan	23
Tabel 4. 10 Nilai Parameter Initial Devicit Tiap Subdas	24
Tabel 4. 11 Nilai Parameter Suction Tiap Subdas	24
Tabel 4. 12 Nilai Parameter Conductivity Tiap Subdas	25
Tabel 4. 13 Nilai Parameter Impervious Tiap Subdas	25
Tabel 4. 14 Perhitungan Impervious pada Subdas 1	25
Tabel 4. 15 Nilai Parameter Initial Abstraction Tiap Subdas	26
Tabel 4. 16 Parameter Curve Number Tiap Subdas	26
Tabel 4. 17 Perhitungan CN pada Subdas 1	27
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Nilai T_c Tiap Subdas	28
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Nilai R Tiap Subdas	28
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Nilai Time Lag Tiap Subdas	28
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Debit Baseflow	29
Tabel 4. 22 Hasil Kalibrasi Pemodelan Menggunakan HEC-HMS.....	32
Tabel 4. 23 Hasil Validasi Pemodelan HEC-HMS	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Polygon Thiessen	5
Gambar 3. 1 Peta Deliniasi DAS Tanggul	13
Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian.....	15
Gambar 4. 1 Peta Tata Guna Lahan DAS Tanggul.....	20
Gambar 4. 2 Peta Jenis Tanah DAS Tanggul.....	21
Gambar 4. 3 Peta Pembagian Subdas DAS Tanggul	22
Gambar 4. 4 Hasil Grafik Running Pemodelan Curah Hujan Observasi.....	30
Gambar 4. 5 Hasil Grafik Running Pemodelan Curah Hujan Satelit CHIRPS	30
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Running Curah Hujan Observasi	31
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Running Curah Hujan Satelit CHIRPS	32
Gambar 4. 8 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan Observasi	33
Gambar 4. 9 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan Satelit CHIRPS\	33
Gambar 4. 10 Grafik Scatter Kalibrasi Model Observasi	34
Gambar 4. 11 Grafik Scatter Kalibrasi Model Satelit CHIRPS.....	34
Gambar 4. 12 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan Observasi	35
Gambar 4. 13 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan CHIRPS	35
Gambar 4. 14 Grafik Scatter Model Observasi.....	36
Gambar 4. 15 Grafik Scatter Model Satelit CHIRPS	36
Gambar 4. 16 Hasil Running Validasi Pemodelan Curah Hujan Observasi	37
Gambar 4. 17 Hasil Running Validasi Pemodelan Curah Hujan Satelit CHIRPS	38
Gambar 4. 18 Grafik Scatter Validasi Model Observasi	38
Gambar 4. 19 Grafik Scatter Validasi Model CHIRPS	39
Gambar 4. 20 Hasil Running Validasi Pemodelan Observasi	39
Gambar 4. 21 Hasil Running Validasi Pemodelan CHIRPS	40
Gambar 4. 22 Grafik Scatter Validasi Model Observasi	40
Gambar 4. 23 Grafik Scatter Model Satelit CHIRPS	41

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan dan pengelolaan sumber daya air yang efektif di wilayah sungai memerlukan berbagai informasi, seperti data debit aliran sungai. Namun, di beberapa daerah aliran sungai, ketersediaan data debit aliran sungai yang dapat digunakan untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air masih terbatas. (Timilsina et al., 2023). Pemodelan curah hujan menjadi aliran merupakan upaya untuk mengatasi ketersediaan debit aliran sungai dengan menggunakan data curah hujan yang dimiliki stasiun hujan dalam suatu daerah aliran sungai (DAS). (Amiruddin, 2022).

Pemodelan hujan aliran ini membutuhkan berbagai macam data, salah satunya yaitu data curah hujan. Data curah hujan pada umumnya di Indonesia didapatkan secara manual dengan menggunakan alat penakar hujan yang terdapat pada stasiun – stasiun yang ada. Namun, data yang diperoleh secara manual juga tidak dapat dipastikan merupakan data yang akurat karena salah satu faktor terbesar dari hal tersebut yaitu adanya kelalaian petugas dalam mencatat ataupun alat penakar hujan yang rusak. Data observasi yang tidak akurat dapat diatasi dengan menggunakan data curah hujan yang diperoleh dari citra satelit. (Wahyuni et al., 2021). Salah satu contoh dari data satelit adalah Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS). Berdasarkan penelitian sebelumnya perbandingan akurasi data satelit CHIRPS dengan data satelit NOAA yang dilaksanakan di DAS Tanggul dilaksanakan oleh (Novianto, 2023), CHIRPS memiliki hasil yang lebih baik dan lebih akurat daripada data satelit yang lain untuk penelitian di DAS Tanggul. Maka dari itu, digunakan data curah hujan satelit CHIRPS pada penelitian ini.

Penelitian ini menggunakan pemodelan banjir dengan model yang sering digunakan dalam yaitu *Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modelling System (HEC-HMS)*. *HEC-HMS* dibuat oleh US Army Corps of Engineers (USACE) yang memiliki empat fitur utama yaitu menyediakan model analitik untuk perhitungan limpasan, komponen sistem hidrologi disajikan secara grafis, sistem yang dapat menyimpan dan mengelola data deret waktu yang panjang,

serta menyediakan sarana untuk menyajikan dan melaporkan dalam bentuk *output* model. *HEC-HMS* juga dapat digunakan untuk mempelajari deskripsi fisik DAS, deskripsi meteorologi, dan simulasi hidrologi. (Suprayogi et al., 2021)

Penelitian sebelumnya terkait pemodelan menggunakan *HEC-HMS* untuk pemodelan hujan aliran yang dilaksanakan di DAS Kali Madiun telah dilakukan oleh (Fadhilla & Lasminto, 2021). Hasil penelitian disimpulkan bahwa *HEC-HMS* adalah pemodelan yang efektif untuk pemodelan hujan aliran karena model yang dihasilkan dengan tepat memprediksi debit puncak dengan hasil NSE sebesar 0,605. Sehingga pemodelan hujan aliran dengan *HEC-HMS* dapat dikatakan cukup handal dalam memodelkan kondisi lapangan. Penelitian yang dilakukan oleh (Aliye et al., 2020) menyatakan bahwa hasil pemodelan debit di Ethiopia menggunakan *HEC-HMS* lebih dapat memodelkan kondisi observasi dibandingkan dengan menggunakan SWAT (NSE *HEC-HMS* sebesar 0.75 dan NSE SWAT sebesar 0.69).

Penelitian terkait pemodelan hujan aliran pada suatu DAS juga telah dilakukan oleh (Delani & Dasanto, 2015) pada DAS Cisadane Hulu dengan membandingkan tiga metode perhitungan *volume runoff* yaitu *Initial Constant Rate*, *Green and Ampt*, dan *SCS CN*. Penelitian tersebut menyatakan hasil metode *Green and Ampt* lebih optimum dalam memodelkan keadaan observasi dibandingkan metode lainnya dengan NSE sebesar 0.764 dan RMSE sebesar 5.93%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dalam penelitian dilakukan pemodelan hujan aliran dengan menggunakan model *HEC-HMS* pada DAS Tanggul, Jember. Pemodelan ini diharapkan memberikan alternatif dalam upaya memperkirakan debit, sehingga dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besaran debit puncak (*peak discharge*) yang didapat berdasarkan hasil analisis hidrologi pada *software* HEC-HMS?
2. Bagaimana perbandingan pemodelan hujan aliran menggunakan HEC-HMS antara data hujan satelit CHIRPS dan data hujan observasi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh besaran debit puncak (*peak discharge*) yang diperoleh menggunakan *software* HEC-HMS pada DAS Tanggul
2. Membandingkan hasil pemodelan hujan aliran menggunakan HEC-HMS antara data hujan satelit CHIRPS dan data hujan observasi.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data hujan yang digunakan adalah data hujan satelit CHIRPS dan data hujan observasi dengan periode waktu 12 tahun (2011-2022)
2. Pemodelan menggunakan *software* HEC-HMS dengan metode *Green and Ampt*, *SCS CN*, *Clark Unit Hydrograph*, *SCS Unit Hydrograph*, *Constant Monthly*, dan *Muskingum Cunge*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan prakiraan debit yang terjadi pada DAS Tanggul sebagai alternatif model, sehingga dapat dimanfaatkan oleh instansi terkait untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Curah Hujan Rerata Wilayah

2.1.1 Curah Hujan Rerata Wilayah

Curah hujan rata-rata wilayah adalah jumlah rata-rata curah hujan di stasiun-stasiun yang ada pada periode yang sama. Curah hujan rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode seperti metode Polygon Thiessen, metode aljabar, dan metode isohyet.

2.1.2 Polygon Thiessen

Metode poligon Thiessen menghasilkan poligon yang memotong tegak lurus titik tengah garis yang menghubungkan dua stasiun pengukur hujan. Poligon ini mencakup semua stasiun hujan (Ningsih, 2017). Luas setiap poligon Thiessen yang dibuat kemudian dihitung, yang berfungsi sebagai faktor bobot dalam menghitung curah hujan rerata. Metode ini digunakan karena pengaruh curah hujan stasiun merupakan salah satu faktor yang menyebabkan curah hujan stasiun menjadi curah hujan rata-rata wilayah.

$$d = \frac{A1.d1+A2.d2+A3.d3+\dots+An.dn}{A} = \frac{\sum A1.d1}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

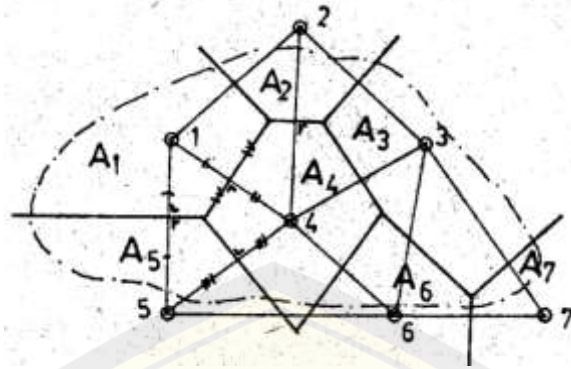
Keterangan :

A = Luas area (km^2)

d = Curah hujan rerata wilayah

d1, d2, d3, ...dn = Curah hujan di stasiun hujan 1, 2, 3, ...n

A1, A2, A3, ...An = Luas daerah stasiun hujan 1, 2, 3, ...n



Gambar 2. 1 Polygon Thiessen

2.2 Data Hujan Satelit CHIRPS

CHIRPS adalah curah hujan daratan kombinasi dari klimatologi global yang memiliki resolusi spasial $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ derajat busur, atau setara dengan 5 km. Data ini dapat diunduh secara langsung pada website resmi yaitu *Climate Hazart Center UC Santa Barbara* (<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>). Data yang diperoleh dapat digunakan setelah dilakukan kalibrasi dan validasi data. Data curah hujan observasi dan data satelit harus diuji keandalan untuk memvalidasi kecocokan kedua data tersebut (Misnawati et al., 2018).

2.3 HEC-HMS

HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modelling System*) adalah model yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources* dengan tujuan memperkirakan keluaran atau perhitungan debit banjir dari suatu sistem DAS. Model HEC-HMS mengadopsi teori hidrograf satuan klasik untuk digunakan dalam pemodelan, termasuk hidrograf satuan Snyder, Clark dan Soil Service Conservation (SCS), atau dapat diperluas dengan hidrograf satuan lainnya. Selain itu, curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah wilayah sungai yang disimulasikan pada HEC-HMS menghasilkan hidrograf satuan yang dapat digunakan langsung dengan *software* lain yang berguna untuk ketersediaan air, drainase, pengurangan

dampak banjir, dan sistem operasi hidrologi. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000)

2.3.1 Komponen Model HEC-HMS

HEC-HMS dalam pemodelannya memiliki lima metode perhitungan dengan beberapa metode yang dimiliki pada setiap metodenya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Metode Perhitungan dan Model pada HEC-HMS

Perhitungan	Model
<i>Precipitation</i>	<i>User hyetograph</i> <i>User gage weighting</i> <i>Frewuency storm</i> <i>Standart project storm</i>
<i>Volume runoff</i>	<i>Initial an Constant rate</i> <i>SCS curve number (CN)</i> <i>Gridded SCS CN</i> <i>Green and Ampt</i> <i>Deficit and constant</i> <i>Soil moisture accounting (SMA)</i> <i>Gridded SMA</i>
<i>Direct runoff</i>	<i>User-spesified unit hydrograph</i> <i>Clark's UH</i> <i>Synder UH</i> <i>SCS UH</i> <i>Modclark</i>
<i>Baseflow</i>	<i>Kinematic wave</i> <i>Constant monthly</i> <i>Exponential recession</i> <i>Linier reservoir</i>
<i>Channel flow</i>	<i>Kinematic wave</i> <i>Lag</i> <i>Modified Puls</i> <i>Muskingum</i> <i>Muskingum-Cunge Standard</i>

(Sumber: Technical Reference Manual HEC-HMS 2000)

Penelitian ini untuk perhitungan model presipitasi menggunakan metode *user hyetograph*, metode ini memasukkan data curah hujan untuk setiap sub-DAS (besaran hujan pada periode waktu tertentu), masing-masing memiliki satu *hyetograph* (Munajad & Suprayogi, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Delani & Dasanto, 2015) yang memberikan hasil bahwa metode *Green and ampt* dapat lebih akurat merepresentasikan keadaan observasi dibandingkan dengan metode *initial & constant* dan metode *SCS CN*, dalam penelitian ini menggunakan metode *Green and Ampt* dan metode *SCS CN*.

2.3.2. Metode *Green and Ampt*

Perhitungan model *volume runoff* menggunakan model dengan metode *green and ampt*, metode *green and ampt* ini memperkirakan besar curah hujan yang terinfiltrasi dengan basis data klasifikasi tanah (Delani & Dasanto, 2015). Perhitungan untuk model menggunakan persamaan sebagai berikut. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000).

$$f_t = K \left[\frac{1 + (\phi - \theta_i) S_f}{F_t} \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- f_t = Kehilangan hujan selama periode tertentu
- K = Konduktivitas hidrolis
- $(\phi - \theta_i)$ = Defisit kelembaban volume
- S_f = Kepala hisap depan pembasahan
- F_t = Kehilangan kumulatif dalam periode tertentu

Metode ini memerlukan parameter *input* berupa *saturated content*, *conductivity*, *initial devicit*, *suction*, dan *impervious*. Keterkaitan antara parameter dengan kehilangan hujan awal dengan kemampuan

maksimum penyimpanan dapat dilihat pada persamaan berikut. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000)

$$Initial\ Devcit = (1 - saturated\ content\%) \times porosity \dots \dots \dots (2.2)$$

2.3.3. Metode SCS-CN

Metode SCS-CN (*SCS Curve Number*) merupakan metode yang memperkirakan kelebihan curah hujan berdasarkan akumulasi curah hujan, tutupan lahan, penggunaan lahan, dan kelembaban.(Fadhilla & Lasminto, 2021). Perhitungan untuk model menggunakan persamaan sebagai berikut. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000).

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

P = Kedalaman nilai hujan total pada waktu tertentu

I_a = Inisial Abstraksi

S = Kemampuan penyimpanan maksimum (mm)

Pe = Total hujan pada waktu tertentu

Metode ini membutuhkan parameter *input* berupa *initial abstraction, impervious, time lag, dan curve number*. Keterkaitan antara parameter dengan kehilangan hujan awal dengan kemampuan maksimum penyimpanan dapat dilihat pada persamaan berikut. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000)

$$I_a = 0.2 \times S \dots \dots \dots (2.4)$$

$$S = \frac{1000 - 10\ CN}{CN} (English\ unit) \dots \dots \dots (2.5)$$

$$S = \frac{25400 - 254\ CN}{CN} (SI) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$CN_{composite} = \frac{\sum Ai CNi}{\sum Ai} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- S = Nilai retensi maksimum
- Ia = Kehilangan mula-mula (*initial abstraction*)
- CN = *curve number*
- Ai = Luas area

2.3.4. Metode Clark UH

Sedangkan untuk perhitungan model *direct runoff* menggunakan model Clark *Unit Hydrograph*, pada model ini diperlukan penentuan nilai parameter *Time of Concentration* dan *Storage of Coefficient* dapat dilihat pada persamaan 2.8 dan 2.9 (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000)

$$T_c = 2,2 \times \left(\frac{L \times L_c}{\sqrt{S_{10-85}}} \right)^{0,3} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$R = \frac{0.65}{0.35} \times T_c \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

- Tc = waktu konsentrasi
- R = *storage coefficient*
- L = panjang sungai
- Lc = panjang sungai sentroidal
- S = kemiringan sungai

2.3.5. Metode SCS UH

Metode SCS UH merupakan metode hidrograf yang sering digunakan untuk menghitung nilai limpasan. Parameter yang digunakan pada metode ini yaitu *Lag Time*. (Mohammed & Al-manmi, 2023) .

Persamaan untuk menghitung parameter dapat dilihat pada persamaan berikut. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000).

$$T_{lag} = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900y^{0.5}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

t_{lag} = Waktu tenggang (jam)

L = Panjang sungai utama (ft)

S = Maksimum retensi (inchi)

y = Kemiringan rata-rata DAS (%)

2.3.6. Metode *Baseflow Monthly*

Perhitungan model untuk metode *baseflow* menggunakan model *constant monthly*. Metode ini digunakan karena merupakan metode yang cukup sederhana dengan aliran yang konstan di setiap bulannya. (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000)

2.3.7 Metode *Routing*

Metode *routing* dalam HEC-HMS memiliki beberapa metode, antara lain, yaitu *Muskingum Cunge*, *Lag*, *Muskingum*, *Kinematic Wave*, dan *Lag and K*. Metode ini berguna untuk penelusuran banjir (Ulfah et al., 2020). Pada penelitian ini menggunakan metode *Muskingum Cunge*.

2.4 Uji Keandalan Model

Keandalan model dapat diketahui dan dihitung setelah kalibrasi dan validasi pemodelan dilakukan. Penelitian ini pada tahapan kalibrasi menggunakan data curah hujan selama 6 tahun (2011-2016) dan pada tahapan validasi menggunakan data curah hujan selama 6 tahun (2017-2022). Hal ini dilakukan agar dapat memperoleh nilai pemodelan yang baik dan akurat

dikarenakan pada beberapa penelitian menggunakan data dalam periode waktu yang sama antara tahap kalibrasi dan validasi. (Affandy & Anwar, 2011)

Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui parameter awal (*initial condition*) yang digunakan untuk pemodelan telah sesuai dengan hidrograf observasi. Apabila tidak sesuai, maka dilakukan perubahan parameter hingga mendapatkan hasil yang sesuai untuk dilanjutkan ke tahapan validasi.

Validasi dilakukan untuk menguji parameter yang telah ditentukan telah sesuai dengan tahapan kalibrasi. Output dari kalibrasi yaitu berupa nilai RMSE (*Root Mean Square Errors*) dan NSE, kategori NSE untuk pemodelan seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kriteria NSE

Nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)	Interpretasi
$0.75 < NSE \leq 1$	Baik
$0.36 < NSE \leq 0.75$	Memuaskan
$NSE \leq 0.75$	Tidak Memuaskan

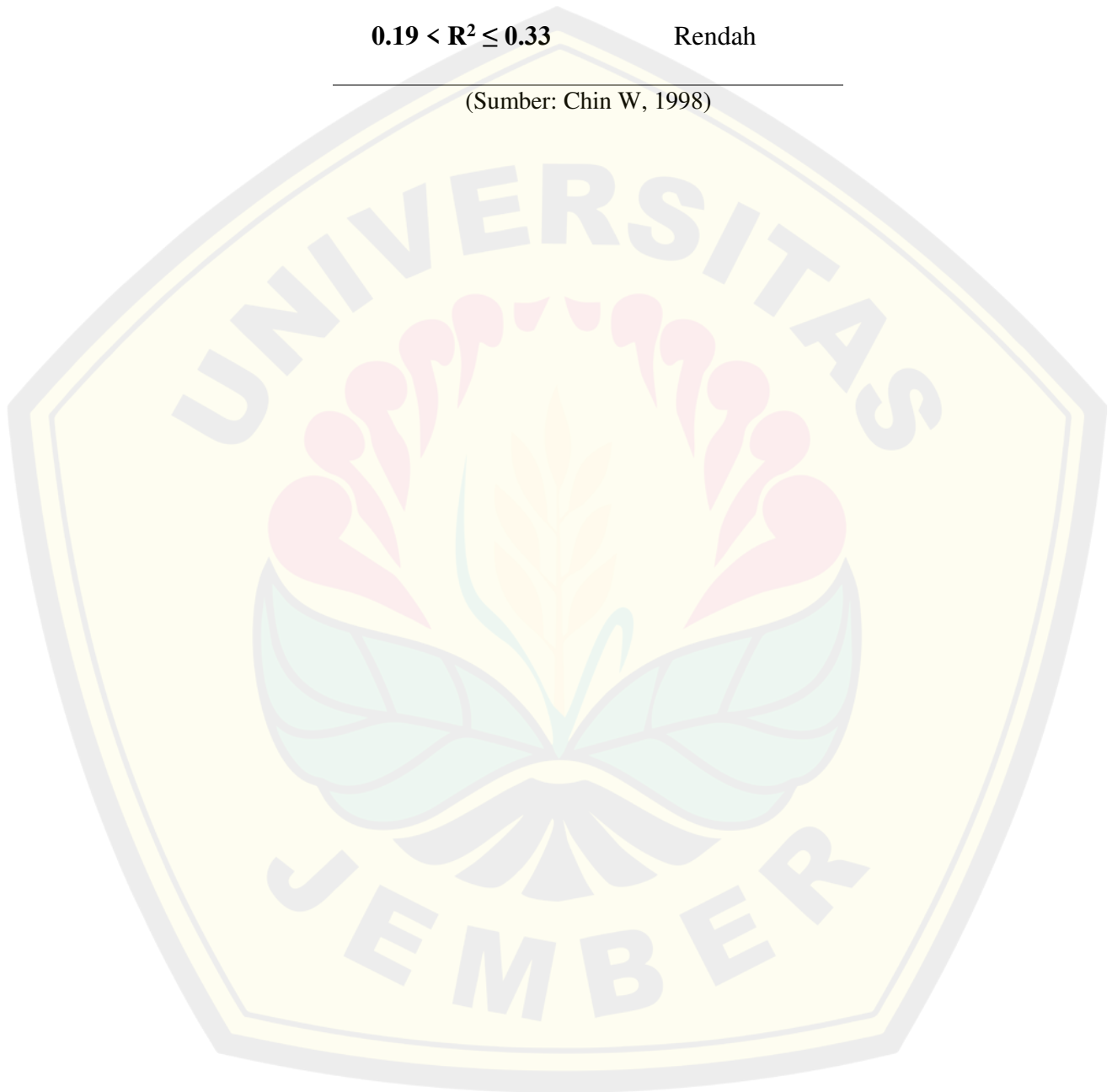
(Sumber: Motovilov et al., 1999)

Selain itu, grafik *scatter* yang menunjukkan koefisien determinasi atau R^2 dapat digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam menjelaskan perubahan variabel terikat. (Putro & Kamal, 2013). Nilai R^2 berada dalam kategori tinggi atau kuat, jika lebih besar dari 0.67; kategori sedang, jika lebih besar dari 0.33; dan termasuk dalam kategori rendah, jika lebih besar dari 0.19 dan kurang dari 0.33. (Chin W, 1998)

Tabel 2. 3 Kriteria R²

Nilai R ²	Interpretasi
$0.67 < R^2$	Kuat
$0.33 < R^2$	Sedang
$0.19 < R^2 \leq 0.33$	Rendah

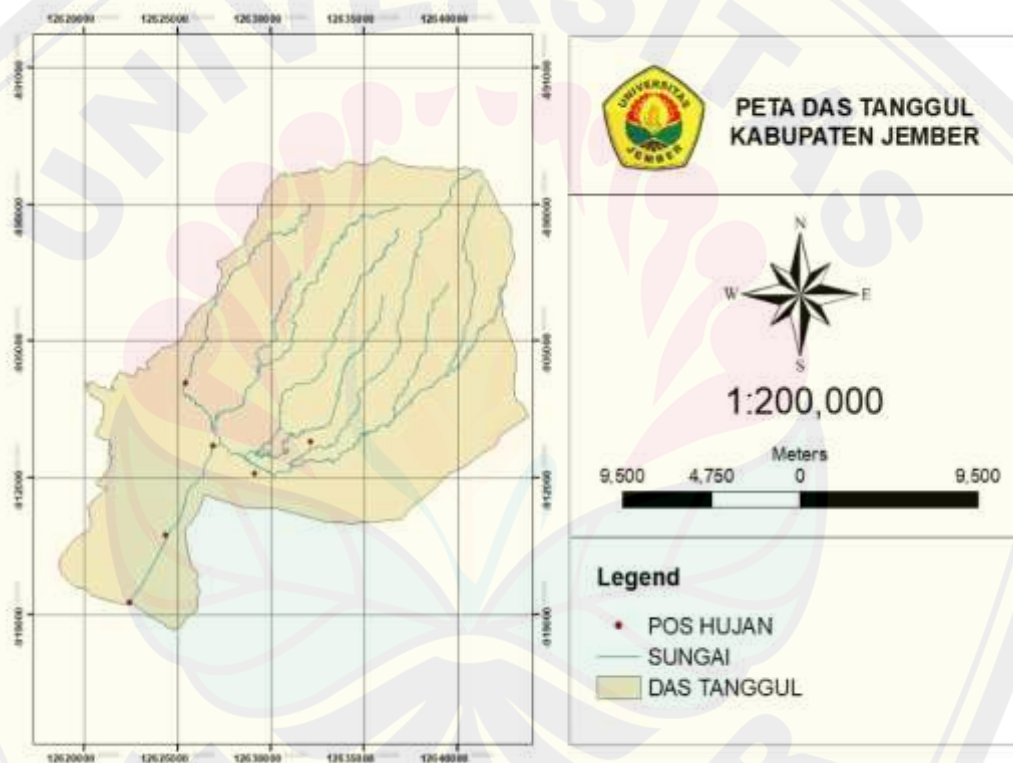
(Sumber: Chin W, 1998)



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di daerah aliran sungai (DAS) Tanggul, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur yang secara geografis terletak pada $8^{\circ} 05' 55''$ LS - $130^{\circ} 30' 00''$ BT. Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas PU Bina Marga dan SDA Kabupaten Jember, DAS Tanggul memiliki stasiun hujan sebanyak 6 stasiun yaitu stasiun hujan Darungan, Pondok Joyo, Pondok Waluh, Tanggul, Wringin Agung, dan stasiun hujan Watu Urip.



Gambar 3. 1 Peta Deliniasi DAS Tanggul

3.2 Data Penelitian

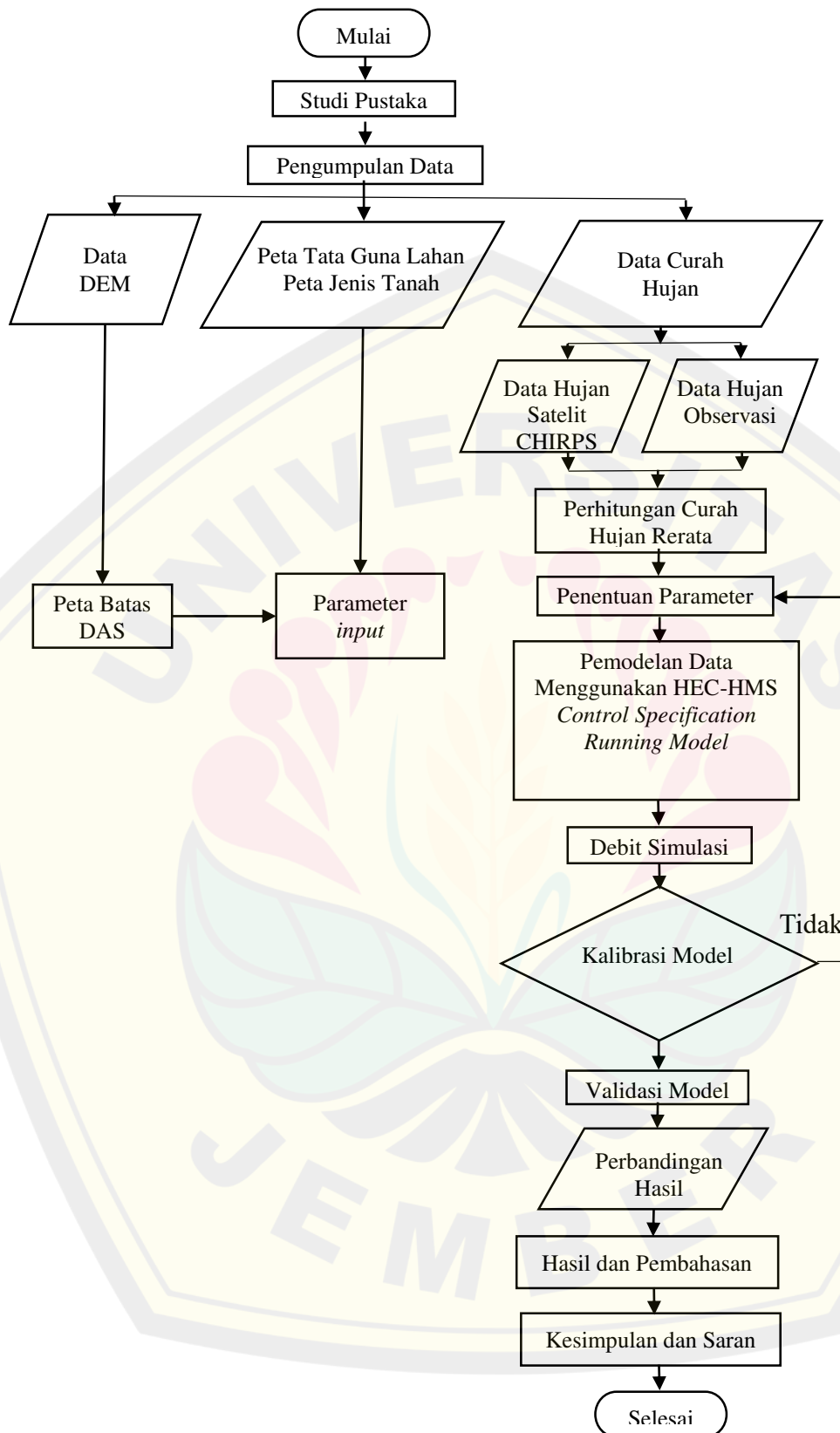
Data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Data Penelitian

No.	Data	Periode	Sumber	Kegunaan
1	Data Curah Hujan Harian Observasi di DAS Tanggul	12 Tahun (2011-2022)	PU Binamarga dan SDA Kabupaten Jember	Sebagai variabel penelitian
2	Data Curah Hujan Harian Satelit CHIRPS di DAS Tanggul	12 Tahun (2011-2022)	Website https://data.chc.ucsb.edu/products/CHIRPS-2.0/	Sebagai variabel penelitian
3	Data Debit Harian di DAS Tanggul	4 Tahun (2019-2022)	PU Binamarga dan SDA Kabupaten Jember	Sebagai kalibrasi pemodelan
3	Peta Jenis Tanah		Website https://data.apps.fao.org/map/catalog/srv/eng/catalog.search#/home	Sebagai penentu parameter penelitian
4	Peta Tata Guna Lahan		Website https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/download/perwilayah ah	Sebagai penentu parameter penelitian

3.3 Flowchart Penelitian

Pemodelan hujan aliran pada DAS Tanggul menggunakan data curah hujan observasi dan data curah hujan satelit CHIRPS dimodelkan menggunakan *software* HEC-HMS. Penelitian ini menggunakan flowchart penelitian yang terdapat pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

- a) Survei Pendahuluan
Survei pendahuluan dilakukan untuk mengetahui informasi mengenai penelitian ini, survei menggunakan literatur yang diperoleh dari jurnal ataupun *website*, serta melakukan identifikasi masalah
- b) Pengumpulan Data
Data penelitian berupa data CHIRPS, data jenis tanah, dan data detail mengenai DAS Tanggul yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
- c) Pengolahan Data Hujan
Melakukan uji konsistensi, uji korelasi, dan menghitung curah hujan rerata wilayah menggunakan Polygon Thiessen dengan *Microsoft Excel*.
- d) Pemodelan Hujan Aliran dengan *HEC-HMS*
Pemodelan dilakukan dengan menggunakan pemodelan hujan metode *hyetograph*, pemodelan volume aliran, pemodelan aliran langsung, dan pemodelan *baseflow*.
 - a. Pemograman Model Debit Banjir dengan *HEC-HMS*
 - 1) Pembuatan Basin Model
 - 2) Pembuatan Meteorologic Model
 - 3) Pembuatan Control Spesification
 - 4) Program dijalankan dengan Run Manager
 - e) Kalibrasi dan Validasi Model Hasil dari Pengujian
 - f) Analisis Perbandingan Model Pengujian
Model yang menggunakan data curah hujan satelit CHIRPS dibandingkan dengan model yang menggunakan data curah hujan observasi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Tahapan uji konsistensi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui data tetap konsisten atau terdapat perubahan data akibat faktor alam ataupun faktor pengukuran. Tahapan ini menggunakan uji konsistensi RAPS dengan data curah hujan dinyatakan konsisten ketika $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ yang dihasilkan lebih kecil dari syarat yang sudah ditentukan. Selain uji RAPS, uji konsistensi juga dilakukan dengan kurva massa ganda dengan syarat R^2 mendekati 1. Hasil Uji Konsistensi Data Curah Hujan Observasi DAS Tanggul tercantum pada tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 4. 1 Hasil Uji Konsisten 6 Stasiun Hujan

No.	Stasiun Hujan	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	Keterangan
1	Darungan	0.54	1.00	Konsisten
2	Pondok Joyo	0.43	0.85	Konsisten
3	Pondok Waluh	0.75	1.04	Konsisten
4	Tanggul	0.31	1.05	Konsisten
5	Wringin Agung	0.16	0.61	Konsisten
6	Watu Urip	0.35	0.59	Konsisten

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4. 2 Hasil Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda

No.	Stasiun Hujan	R^2	Keterangan
1	Darungan	0.9904	Konsisten
2	Pondok Joyo	0.9858	Konsisten

3	Pondok Waluh	0.9009	Konsisten
4	Tanggul	0.9737	Konsisten
5	Wringin Agung	0.9904	Konsisten
6	Watu Urip	0.9858	Konsisten

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4.1 dan tabel 4.2 menunjukkan hasil data curah hujan observasi pada DAS Tanggul konsisten, sehingga data curah hujan observasi dapat di gunakan untuk koreksi data curah hujan satelit CHIRPS.

4.2. Uji Korelasi dan Koreksi Data Curah Hujan

Uji Korelasi bertujuan untuk mengetahui hubungan antara data curah hujan observasi yang digunakan dengan data curah hujan satelit CHIRPS, uji korelasi dilakukan dengan data curah hujan maksimum tahunan. Regresi dilakukan guna mengoreksi data curah hujan satelit CHIRPS, sehingga persamaan regresi yang dihasilkan dengan koefisien korelasi terbesar dapat digunakan untuk koreksi data curah hujan satelit. Analisis Korelasi dan Regresi pada DAS Tanggul tercantum pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Koefisien Korelasi dan Persamaan Regresi 6 Stasiun Hujan

No.	Stasiun Hujan	Koefisien Korelasi (R)	Persamaan
1	Darungan	0.3109	$y = 48.318857 + 0.1429374x$
2	Pondok Joyo	0.3004	$y = 43.2074 - 0.10125x$
3	Pondok Waluh	0.1351	$y = 47.398506 - 0.0385799x$
4	Tanggul	-0.3827	$y = 52.8757 - 0.0133x$

5	Wringin	0.2265	$y = 44.451995 + 0.1356641x$
	Agung		
6	Watu Urip	0.4138	$y = 39.3376 + 0.3208x$

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil koefisien korelasi antara data curah hujan observasi dan data curah hujan satelit CHIRPS yang relatif kecil, sehingga hubungan antara kedua data tersebut adalah sedang.

4.3. Curah Hujan Rerata Menggunakan Polygon Thiessen

Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data curah hujan harian observasi pada tahun 2011-2022. Polygon Thiessen digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah yang hanya memiliki sedikit stasiun hujan dengan area DAS yang luas, sehingga stasiun hujan terdekat yang ada digunakan untuk mewakili daerah. Hasil perhitungan koefisien thiessen dapat dilihat pada tabel 4.4.

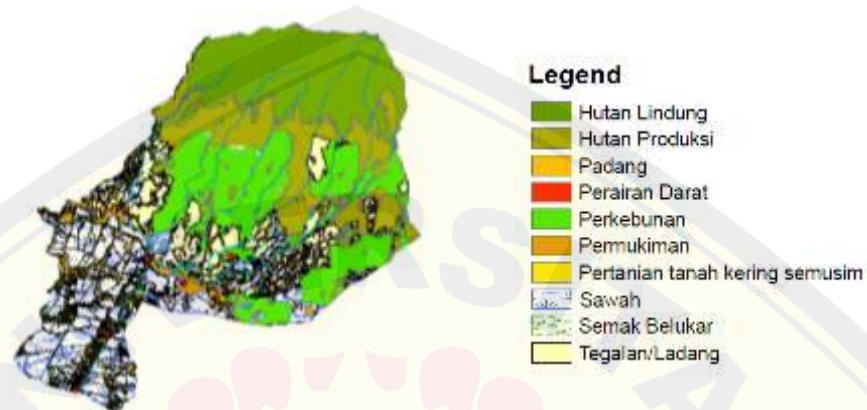
Tabel 4. 4 Koefisien Thiessen Tiap Stasiun Hujan

No.	Stasiun Hujan	Koefisien Thiessen	Luas (km ²)
1	Darungan	0.05651	12.8311
2	Pondok Joyo	0.0574	184.5938
3	Pondok Waluh	0.0497	18.7633
4	Tanggul	0.0393	25.7006
5	Wringin Agung	0.0787	16.2271
6	Watu Urip	0.2099	68.5556

(Sumber: Hasil Perhitungan ArcGis, 2023)

4.4 Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan yang bersumber dari RBI digunakan untuk memperhitungkan salah satu parameter yaitu *impervious*. Berdasarkan data peta tutupan lahan pada gambar 4.1 pada DAS Tanggul diperoleh 10 (sepuluh) kategori dengan luasan seperti pada tabel 4.5



Gambar 4. 1 Peta Tata Guna Lahan DAS Tanggul

Tabel 4. 5 Luas Area Tata Guna Lahan DAS Tanggul

No	Keterangan	Luas (km ²)	Presentase (%)
1	Hutan Lindung	62.030128	18.989
2	Hutan Produksi	46.870772	14.348
3	Padang	0.008585	0.003
4	Perairan Darat	0.81861	0.251
5	Perkebunan	74.900999	22.929
6	Pemukiman	27.307258	8.359
7	Pertanian tanah kering semusim	0.938538	0.287
8	Sawah	64.210642	19.656
9	Semak Belukar	1.646569	0.504
10	Tegalan/Ladang	47.939458	14.675
	Total	328.57119	

(Sumber: Hasil Perhitungan ArcGis, 2023)

4.5 Data Jenis Tanah

Data jenis tanah diperlukan untuk memperhitungkan salah satu parameter yang akan digunakan dalam pemodelan HEC-HMS. Berdasarkan data jenis tanah yang berasal dari Harmonized Soil Base World dari FAO, pada DAS Tanggul ini diliputi sepenuhnya oleh jenis tanah loam atau geluh dengan luasan 328,57119 km². Berdasarkan *Hydrology Soil Group* yang ditunjukkan pada lampiran, tanah loam termasuk dalam kategori B. Hasil klasifikasi tanah tercantum pada tabel 4.6 dan gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Peta Jenis Tanah DAS Tanggul

Tabel 4. 6 Jenis Tanah pada DAS Tanggul

Jenis Tanah	Tipe Tanah	Luas (km ²)
Loam	B	328.57119

(Sumber: Hasil Analisis ArcGis, 2023)

4.6 Data Pembagian Subdas

Dalam penelitian ini DAS Tanggul dibagi menjadi beberapa subdas yang terbagi menjadi 4 subdas yang terdapat pada gambar 4.3, guna untuk dilakukan pemodelan dengan luasan seperti pada tabel 4.7



Gambar 4. 3 Peta Pembagian Subdas DAS Tanggul

Tabel 4. 7 Luas Area Tiap Subdas

Subdas	Luas (km ²)
Subdas 1	89.99866
Subdas 2	42.40872
Subdas 3	76.97189
Subdas 4	119.2065

(Sumber: Hasil Analisis ArcGis, 2023)

4.7 Pemodelan Hujan Aliran dengan HEC-HMS

Setelah dilakukan analisis data spasial seperti analisis data tata guna lahan dan data jenis tanah dilakukan pemodelan hidrologi dengan *software* HEC-HMS yang menghasilkan debit simulasi.

4.7.1 Parameter yang Digunakan

Perhitungan parameter yang akan digunakan pada pemodelan HEC-HMS sebelum dilakukan *running* model untuk memperoleh debit simulasi ini mengacu pada perhitungan manual dengan rumus yang tercantum dalam *HEC-HMS Technical Reference Manual*. Perhitungan parameter disesuaikan dengan parameter yang dibutuhkan pada setiap model yang akan digunakan untuk pemodelan. Pada tabel 4.7 dan 4.8 dapat dilihat metode perhitungan dan parameter yang akan digunakan pada pemodelan HEC-HMS.

Tabel 4. 8 Parameter dan Metode *Green and Ampt* yang Digunakan

Parameter	Metode	Model
<i>Initial Devicit Suction (mm)</i>	<i>Green and Ampt</i>	<i>Runoff Volume</i>
<i>Conductivity (mm/HR)</i>		
<i>Impervious (%)</i>		
<i>Time of Concentration (HR)</i>	<i>Clark Unit Hydrograph</i>	<i>Direct Runoff</i>
<i>Storage Coefficient (HR)</i>		
Aliran Dasar per Bulan (m ³ /s)	<i>Constant Monthly</i>	<i>Baseflow</i>

(Sumber: Technical Reference Manual HEC-HMS)

Tabel 4. 9 Parameter dan Metode SCS CN yang Digunakan

Parameter	Metode	Model
<i>Initial Abstraction (mm)</i>	<i>SCS CN</i>	<i>Runoff Volume</i>
<i>Curve Number</i>		
<i>Impervious (%)</i>		
<i>Time Lag (HR)</i>	<i>SCS Unit Hydrograph</i>	<i>Direct Runoff</i>
Aliran Dasar per Bulan (m ³ /s)	<i>Constant Monthly</i>	<i>Baseflow</i>

(Sumber: Technical Reference Manual HEC-HMS)

Hasil perhitungan dan contoh perhitungan manual parameter yang akan digunakan dalam pemodelan HEC-HMS sebagai berikut:

a) *Loss Method*

Perhitungan parameter yang berguna untuk menghitung volume limpasan (*runoff volume*) berada pada tahapan *Loss Method*. Penelitian ini menggunakan metode *Green and Ampt* yang memerlukan beberapa parameter yaitu *Initial Devicit*, *Suction*, *Conductivity* dan *Impervious*.

1) *Initial Devicit*

Pada perhitungan *inicial devicit* membutuhkan jenis tanah dan angka porositas dalam perhitungannya. *Initial Devisit* berguna untuk mengetahui kondisi awal tanah sebelum pemodelan yang dapat memengaruhi laju infiltrasi hujan. Hasil rekapitulasi perhitungan *inicial devicit* terdapat pada tabel 4.10. Nilai *inicial devicit* diperoleh dari perhitungan dengan persamaan 2.2

Tabel 4. 10 Nilai Parameter Initial Devicit Tiap Subdas

Subdas	Jenis Tanah	Luasan (km ²)	Initial Devicit
Subdas 1	Loam	89.99986	0.192
Subdas 2	Loam	42.40872	0.192
Subdas 3	Loam	76.97189	0.192
Subdas 4	Loam	119.2065	0.192

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

2) *Suction*

Perhitungan *Suction* sama seperti *initial devicit* yang juga membutuhkan jenis tanah yang akan digunakan pada saat pemodelan. *Suction* berperan untuk mengetahui kemampuan tanah untuk menahan air, yang kemudian dapat memengaruhi laju infiltrasi. Hasil rekapitulasi *suction* setiap subdas dapat dilihat pada tabel 4.11. Nilai *suction* diperoleh pada tabel parameter yang bersumber dari (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000) yang terdapat pada lampiran.

Tabel 4. 11 Nilai Parameter Suction Tiap Subdas

Subdas	Jenis Tanah	Luasan (km ²)	Suction (mm/hr)
Subdas 1	Loam	89.99986	104.14
Subdas 2	Loam	42.40872	104.14
Subdas 3	Loam	76.97189	104.14
Subdas 4	Loam	119.2065	104.14

(Sumber: Hasil Perhitungan dengan HEC-HMS Tutorials and Guides, 2023)

3) *Conductivity*

Nilai *conductivity* dapat diketahui dari jenis tanah yang akan digunakan pada saat pemodelan. Ketika tanah sepenuhnya jenuh, *conductivity* berperan sebagai penentu laju masuknya air permukaan yang akan masuk ke dalam tanah. Hasil rekapitulasi nilai *conductivity* dapat dilihat pada tabel 4.12. Nilai *conductivity* diperoleh pada tabel parameter yang bersumber dari (US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, 2000) yang terdapat pada lampiran.

Tabel 4. 12 Nilai Parameter Conductivity Tiap Subdas

Subdas	Jenis Tanah	Luasan (km ²)	Conductivity (mm/hr)
Subdas 1	Loam	89.99986	5.08
Subdas 2	Loam	42.40872	5.08
Subdas 3	Loam	76.97189	5.08
Subdas 4	Loam	119.2065	5.08

(Sumber: Hasil Perhitungan dengan HEC-HMS Tutorials and Guides, 2023)

4) *Impervious*

Nilai *impervious* dapat ditentukan dari tata guna lahan dengan mengetahui presentase area yang tidak dapat menyerap air dari setiap subdas dan *impervious* mempengaruhi aliran air yang meresap ke tanah. Nilai *impervious* dapat dilihat pada tabel 4.13 dan salah satu contoh perhitungan nilai *impervious* yang dikalikan dengan bobot hingga menghasilkan nilai *impervious* pada subdas 1 dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 13 Nilai Parameter Impervious Tiap Subdas

Subdas	Luasan (km ²)	Impervious (%)
Subdas 1	89.99986	6.87
Subdas 2	42.40872	7.15
Subdas 3	76.97189	4.68
Subdas 4	119.2065	7.40

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Tabel 4. 14 Perhitungan Impervious pada Subdas 1

No.	Keterangan	Luas (km ²)	Impervious
1	Hutan Lindung	33.90	2%
2	Hutan Produksi	16.82	4%
3	Padang	0.00	5%
4	Perairan Darat	0.03	3%
5	Perkebunan	18.62	6%
6	Pemukiman	27.31	22%
7	Pertanian tanah kering semusim	0.94	3%
8	Sawah	64.21	4%
9	Semak Belukar	1.65	6%

10	Tegalan/Ladang	47.94	7%
	Total	211.40	6.87%

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Penelitian ini juga menggunakan metode *SCS Curve Number* yang memerlukan beberapa parameter yaitu *Initial Abstraction*, *Curve Number*, dan *Impervious*

1) *Initial Abstraction*

Nilai *Initial Abstraction* bergantung pada tingkat kelembaban tanah sebelum analisis curah hujan dilakukan sebagai kondisi awal tanah dan pengaruhnya terhadap limpasan permukaan. Nilai *Initial Abstraction* dapat dilihat pada tabel 4.15 yang diperhitungkan menggunakan persamaan 2.4

Tabel 4. 15 Nilai Parameter Initial Abstraction Tiap Subdas

Subdas	Initial Abstraction
Subdas 1	0.8667
Subdas 2	0.87056
Subdas 3	1.18481
Subdas 4	0.77943

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

2) *Curve Number*

Penentuan nilai CN dipengaruhi oleh jenis tanah dan tutupan lahan. CN merupakan angka yang mencerminkan kemampuan suatu wilayah dalam menyimpan air dan digunakan dalam menghitung limpasan permukaan. Perhitungan *Curve Number* ditentukan dengan tabel CN yang ditunjukkan pada Lampiran. Nilai *Curve Number* dapat dilihat pada tabel 4.16 dan salah satu contoh perhitungan nilai CN yang dikalikan dengan bobot hingga menghasilkan CN composit dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4. 16 Parameter Curve Number Tiap Subdas

Subdas	Tipe Tanah	Curve Number
--------	------------	--------------

Subdas 1	B	69
Subdas 2	B	69
Subdas 3	B	63
Subdas 4	B	72

(Sumber: Hasil Analisis Perhitungan, 2023)

Tabel 4. 17 Perhitungan CN pada Subdas 1

No.	Keterangan	Luas (km²)	CN (B)
1	Hutan Lindung	33.90	55
2	Hutan Produksi	16.82	55
3	Padang	0.00	61
4	Perairan Darat	0.03	69
5	Perkebunan	18.62	71
6	Pemukiman	27.31	75
7	Pertanian tanah kering semusim	0.94	71
8	Sawah	64.21	71
9	Semak Belukar	1.65	48
10	Tegalan/Ladang	47.94	81
	Total	211.40	69.76664

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

b) *Transform Method*

Transform Method dan *Loss Method* memiliki kesamaan yaitu perhitungan yang bertujuan untuk memperoleh nilai volume limpasan (*direct runoff*). *Transform Method* merupakan salah satu pilihan untuk menghitung hidrograf aliran pada *software* HEC-HMS. Metode *Clark Unit Hydrograph* adalah salah satu jenis dari *Transform Method* yang digunakan dalam penelitian ini. *Clark Unit Hydrograph* membutuhkan parameter seperti *Time of Concentration (Tc)* dan *Storage Coefficient (R)*.

1. *Time of Concentration (Tc)*

Pada perhitungan *Time of Concentration* memerlukan panjang sungai utama dalam setiap subdas dan kemiringan dasar saluran sungai. Rekapitulasi Nilai *Tc* tiap subdas dapat dilihat pada Tabel 4.18 yang diperhitungkan menggunakan persamaan 2.8

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Nilai Tc Tiap Subdas

Subdas	Tc
Subdas 1	5
Subdas 2	5
Subdas 3	5
Subdas 4	7

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

2. Storage Coefficient (R)

Perhitungan *Storage Coefficient* memiliki kesamaan dengan perhitungan *Time of Concentration* yaitu membutuhkan panjang sungai utama dalam setiap subdas dan kemiringan dasar saluran. Rekapitulasi Nilai Tc tiap subdas dapat dilihat pada Tabel 4.19 yang diperhitungkan menggunakan persamaan 2.9.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Nilai R Tiap Subdas

Subdas	R
Subdas 1	0.2980
Subdas 2	0.3017
Subdas 3	0.2522
Subdas 4	9.0476

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Penelitian ini juga menggunakan metode *SCS Curve Number* yang memerlukan beberapa parameter yaitu *Time Lag*

1. Time Lag

Nilai *Time Lag* diperoleh dari perhitungan dengan persamaan 2.10 yang membutuhkan kemiringan lereng dan juga panjang sungai.

Hasil rekapitulasi nilai *time lag* dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Nilai Time Lag Tiap Subdas

Subdas	Time Lag (min)
Subdas 1	64.253
Subdas 2	32.651
Subdas 3	39.3391
Subdas 4	197.23

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

c) *Baseflow Method*

Baseflow Method yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *constant monthly*. Metode *constant monthly* merupakan metode yang memberikan asumsi bahwa debit *baseflow* yang ditentukan secara bulanan relatif konstan. Hasil rekapitulasi debit *baseflow* setiap subdas dapat dilihat pada tabel 4.21

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Debit Baseflow

Bulan	Subdas 1	Subdas 2	Subdas 3	Subdas 4
Jan	1.8969	0.8938	1.6223	3.6180
Feb	3.5331	1.6649	3.0217	3.6180
Mar	7.9277	3.7356	6.7802	8.9426
Apr	3.9760	1.8736	3.4005	8.8001
May	1.1278	0.5314	0.9645	4.6171
Jun	0.8258	0.3891	0.7063	2.4120
Jul	0.9910	0.4670	0.8475	3.6180
Aug	0.9910	0.4670	0.8475	3.6180
Sep	0.6606	0.3113	0.5650	1.2060
Oct	0.6606	0.3113	0.5650	1.2060
Nov	1.2929	0.6092	1.1058	5.8231
Dec	0.9910	0.4670	0.8475	3.6180

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

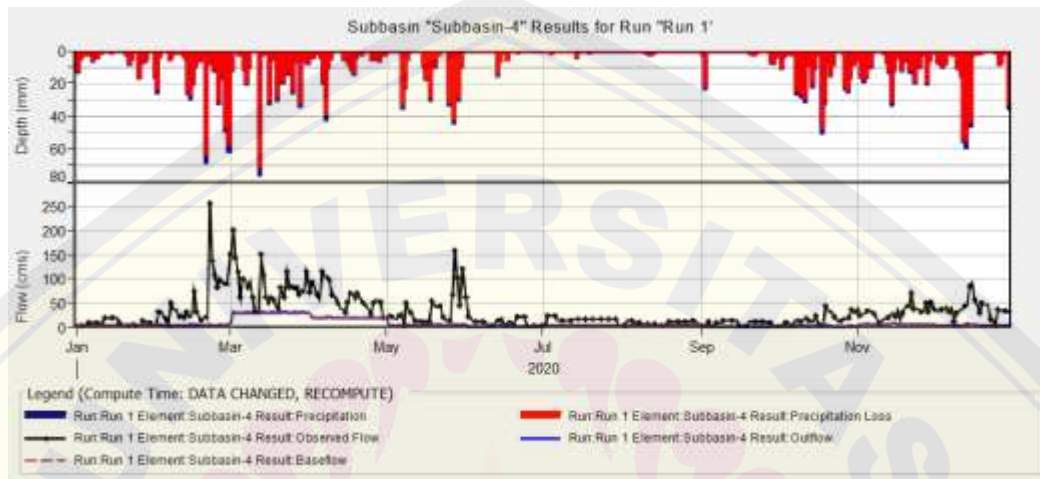
4.7.2 Hasil Pemodelan HEC-HMS

Pemodelan dapat dilanjutkan setelah perhitungan parameter yang akan digunakan telah selesai dihitung. Pemodelan ini memerlukan data curah hujan harian observasi, data curah hujan harian satelit CHIRPS, dan debit harian observasi. Rentang waktu yang digunakan untuk pemodelan dimulai pada tanggal 1 Januari 2020 hingga 31 Desember 2020, sedangkan rentang waktu yang digunakan untuk validasi dimulai pada tanggal 1 Januari 2021 hingga 31 Desember 2021.

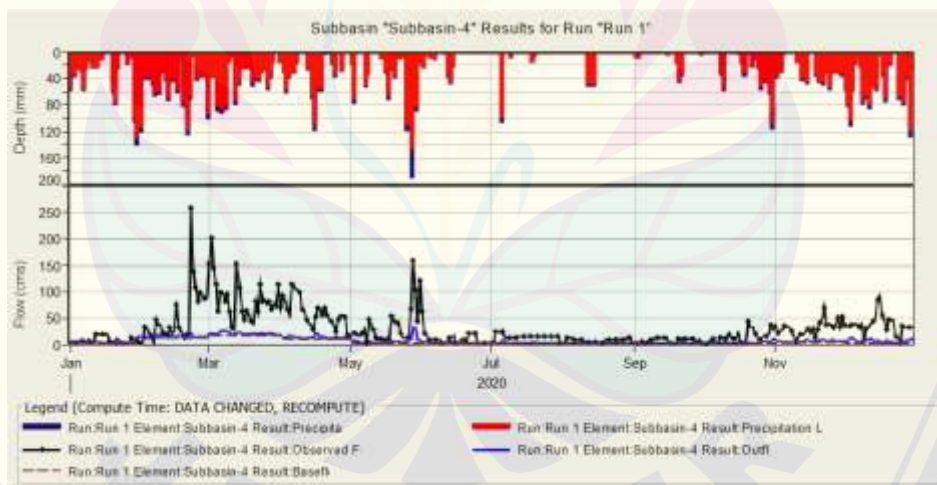
a. Metode *Green and Ampt* dan *Clark UH*

Hasil pemodelan curah hujan setelah dilakukan *running* dapat dilihat melalui menu “*results*” dengan beberapa menu yaitu “*global summary*”,

“*calibration summary*”. Dalam setiap pemodelan subdas terdapat menu “*graph*”, “*summary table*”, dan “*time series table*”. Pada menu “*graph*” memberikan grafik yang merupakan hasil keluaran pemodelan (*outflow*) terhadap debit harian observasi. Grafik *outflow* hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5



Gambar 4. 4 Hasil Grafik Running Pemodelan Curah Hujan Observasi



Gambar 4. 5 Hasil Grafik Running Pemodelan Curah Hujan Satelit CHIRPS

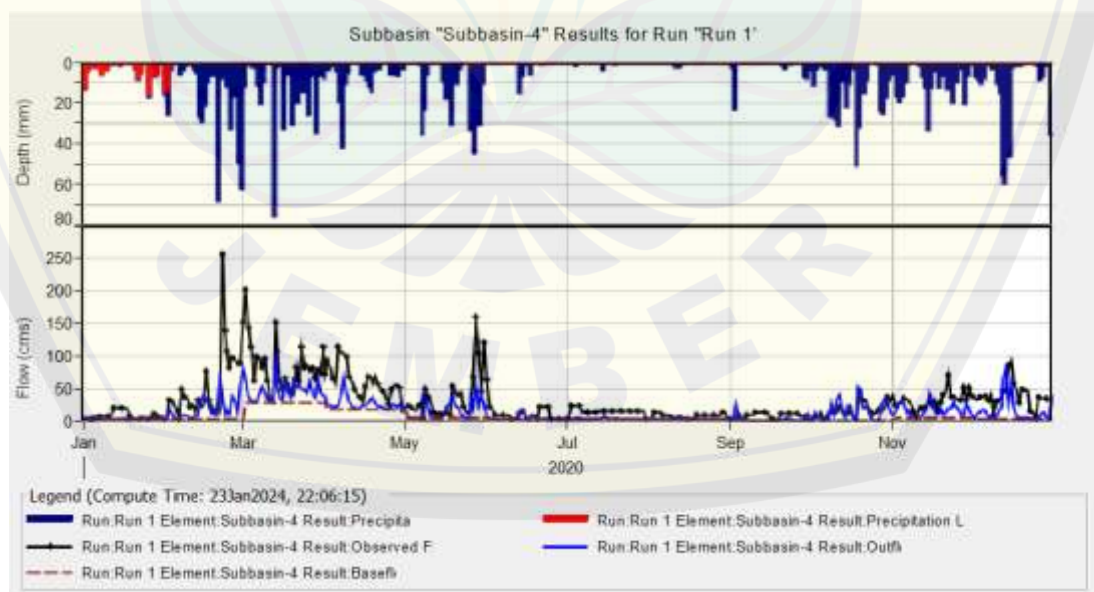
Berdasarkan grafik hasil *outflow* pemodelan pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 dapat terlihat bahwa grafik tersebut memberikan artian tingkat kemiripan dengan data observasi dapat dikatakan cukup dengan data *input* curah hujan harian observasi. Namun, pada grafik dengan data *input* curah hujan satelit CHIRPS memiliki tingkat kemiripan yang masih kurang,

sehingga perlu dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

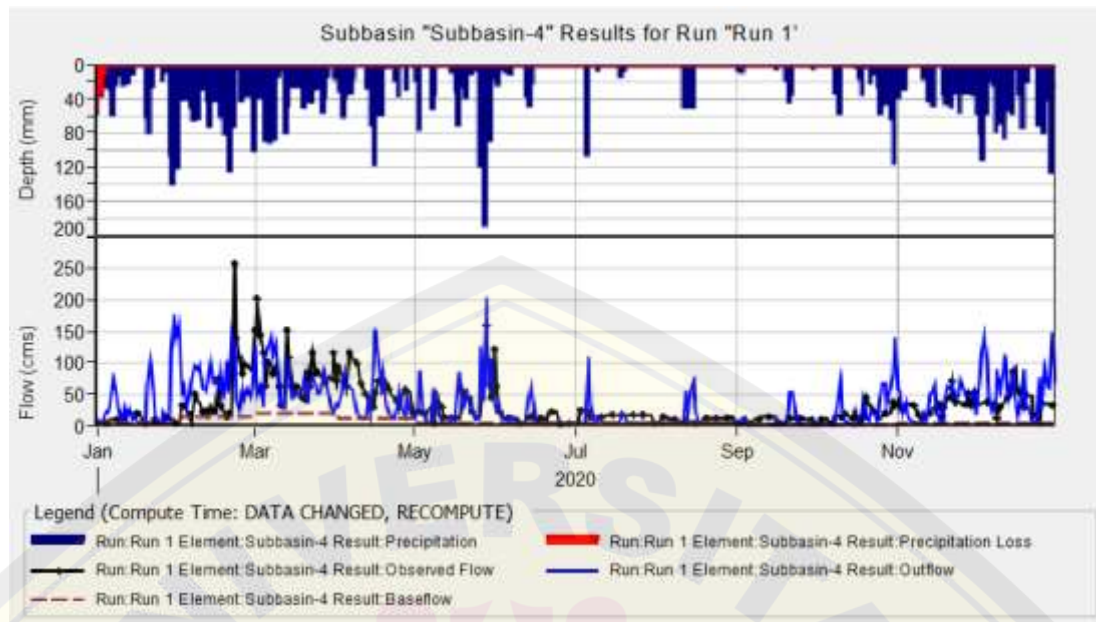
Pemodelan menggunakan metode *Green and Ampt* dan *Clark UH* memberikan hasil dengan data *input* curah hujan observasi pada tanggal 14 Maret 2020 dengan debit puncak sebesar 63.7 m³/s. Lalu, hasil pemodelan untuk data *input* curah hujan satelit CHIRPS memberikan hasil debit puncak pada tanggal 29 Mei 2020 sebesar 109.1 m³/s. Sedangkan, debit puncak observasi terjadi pada tanggal 22 Februari 2020 sebesar 257.3 m³/s.

b. Metode *SCS CN* dan *SCS UH*

Berdasarkan gambar grafik 4.6 dan 4.7, pemodelan menggunakan metode *SCS CN* dan *SCS UH* memberikan hasil dengan data *input* curah hujan observasi pada tanggal 13 Maret 2020 dengan debit puncak sebesar 342.1 m³/s. Lalu, hasil pemodelan untuk data *input* curah hujan satelit CHIRPS memberikan hasil debit puncak pada tanggal 28 Mei 2020 dengan debit puncak sebesar 563.9 m³/s. Sedangkan, debit puncak observasi terjadi pada tanggal 22 Februari 2020 sebesar 257.3 m³/s.



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Running Curah Hujan Observasi



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Running Curah Hujan Satelit CHIRPS

4.7.3 Hasil Kalibrasi Pemodelan HEC-HMS

Kalibrasi hasil pemodelan dengan cara optimasi bertujuan untuk memperoleh hasil pemodelan yang lebih sesuai dengan nilai observasi. Kalibrasi pada penelitian ini menggunakan beberapa parameter pada metode *green and ampt* yaitu *Time of Concentration (Tc)*, *Storage Coefficient (R)*, dan *Conductivity*. Sedangkan untuk metode *SCS CN* dan *SCS UH* menggunakan parameter *Time Lag*. Rekapitulasi hasil kalibrasi pemodelan dapat dilihat pada tabel 4.20.

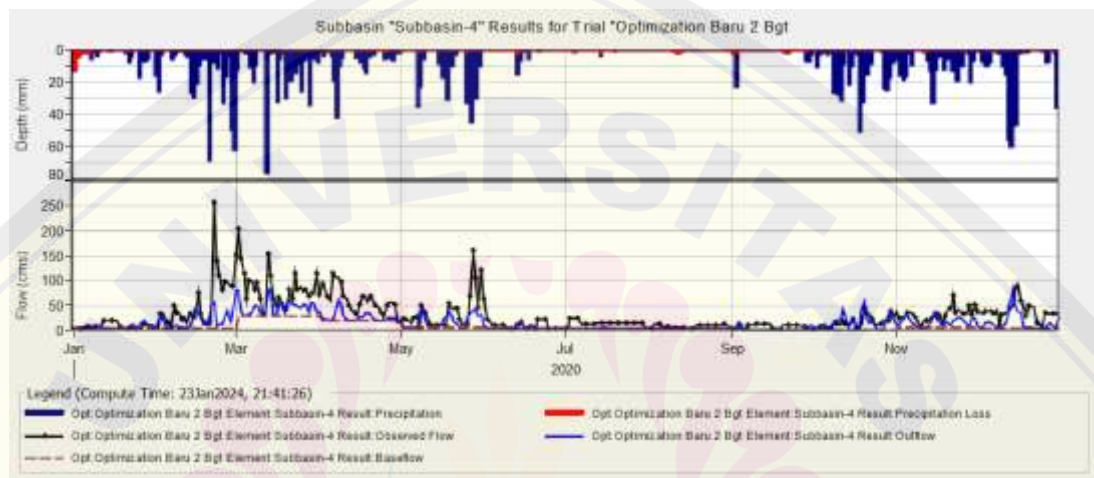
Tabel 4. 22 Hasil Kalibrasi Pemodelan Menggunakan HEC-HMS

Parameter	NSE		R^2		Peak Discharge (m ³ /s)	
	Observasi	CHIRPS	Observasi	CHIRPS	Observasi	CHIRPS
<i>Green and Ampt</i>	0.575	0.449	0.5885	0.5437	114.5	88.2

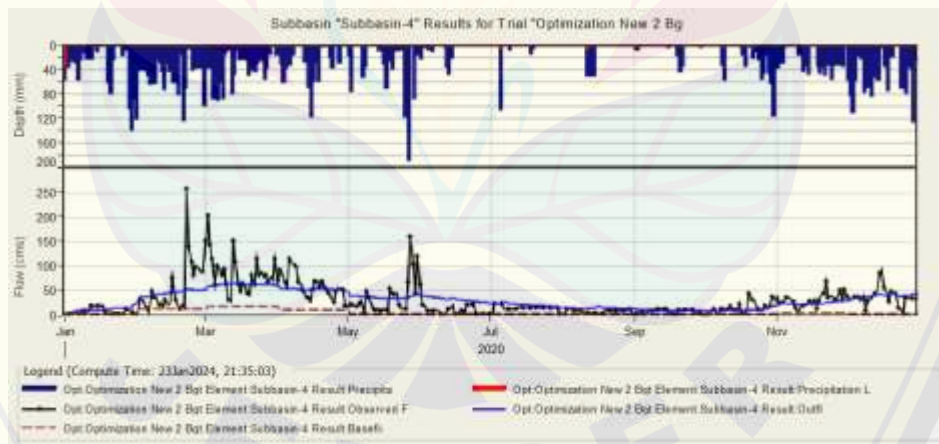
<i>SCS CN</i>	0.530	0.497	0.6131	0.41	153.9	77.8
---------------	-------	-------	--------	------	-------	------

Berdasarkan tabel 2.2, hasil NSE pada kalibrasi pemodelan kedua metode memiliki tingkat keandalan dalam kategori memuaskan dan berdasarkan tabel 2.3, hasil R^2 pada kalibrasi pemodelan kedua metode dapat dikategorikan sedang.

a. Metode *Green and Ampt* dan *Clark UH*



Gambar 4. 8 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan Observasi

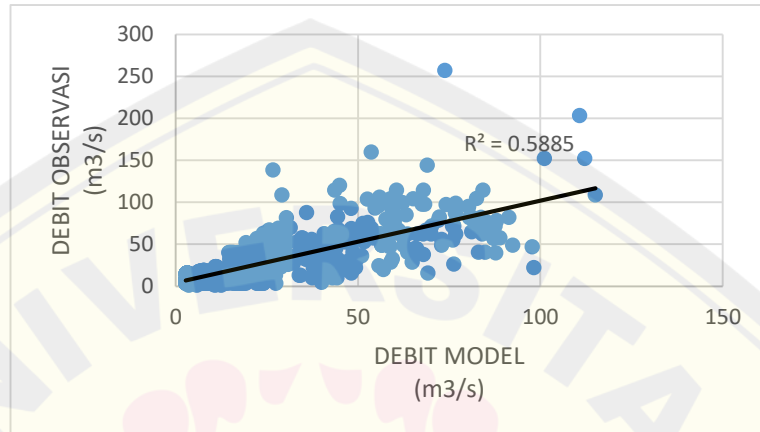


Gambar 4. 9 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan Satelit CHIRPS\

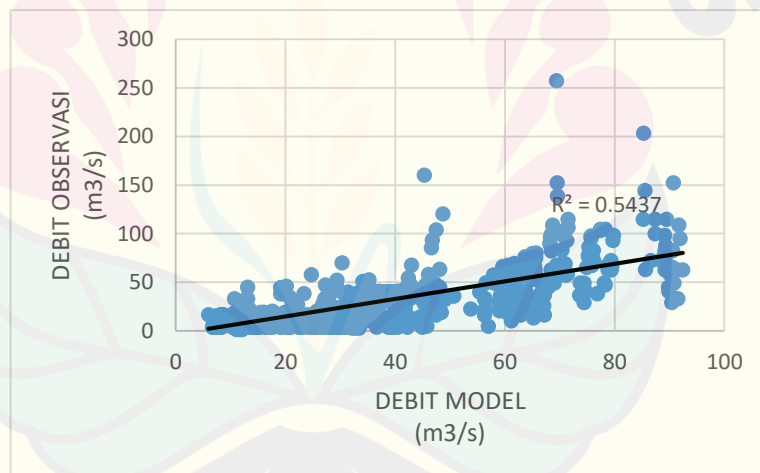
Dari hasil kalibrasi yang telah dilakukan dapat terlihat nilai *Nash-Scutliffe* yang dihasilkan pada pemodelan data curah hujan observasi sebesar 0,575 dan pemodelan data curah hujan satelit CHIRPS sebesar 0,449. Kategori pemodelan dapat diterima atau memenuhi adalah $0,36 <$

NSE < 0,75, dengan begitu kedua pemodelan tersebut dapat dikategorikan sebagai dapat diterima.

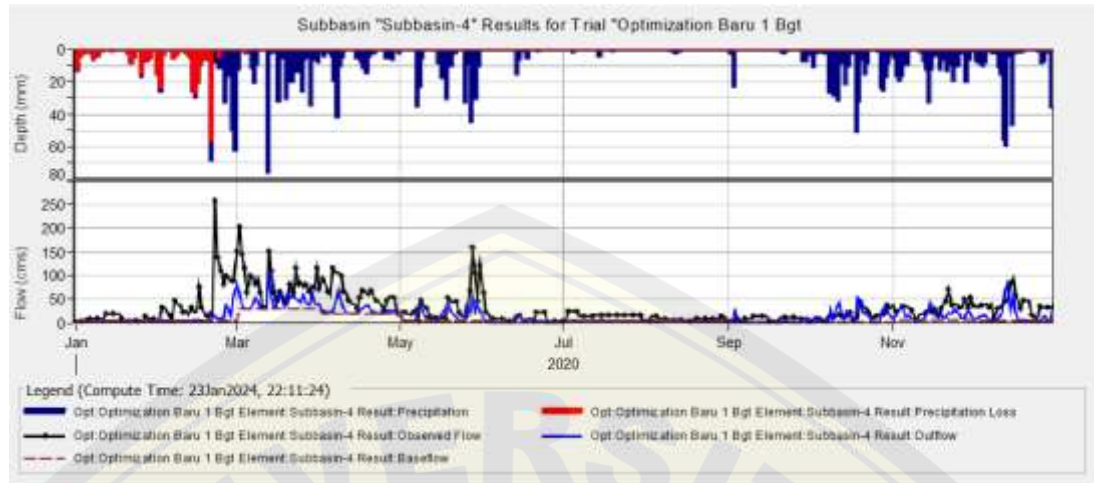
Grafik Scatter hasil kalibrasi pemodelan model satelit CHIRPS dan model observasi dapat dilihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11



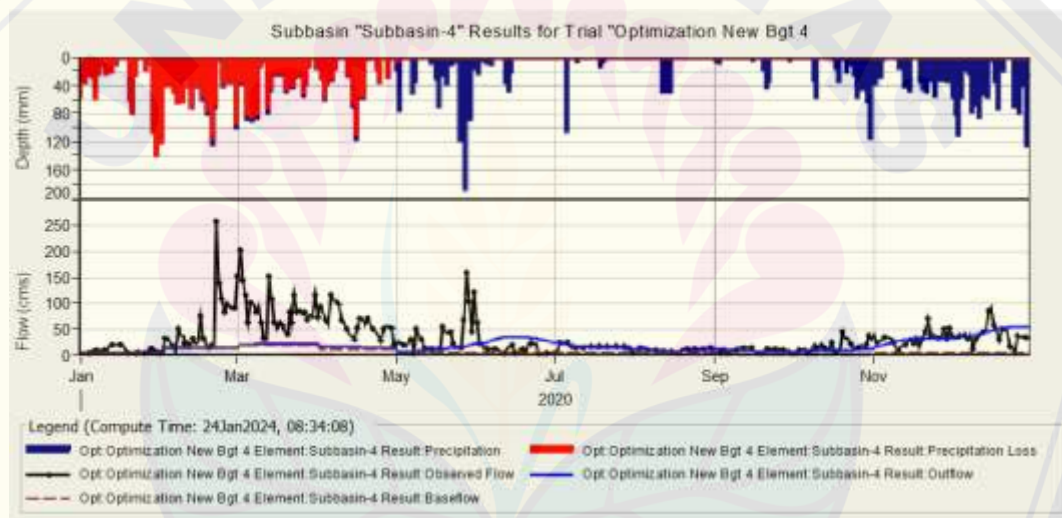
Gambar 4. 10 Grafik Scatter Kalibrasi Model Observasi



Gambar 4. 11 Grafik Scatter Kalibrasi Model Satelit CHIRPS

b. Metode *SCS CN* dan *SCS UH*

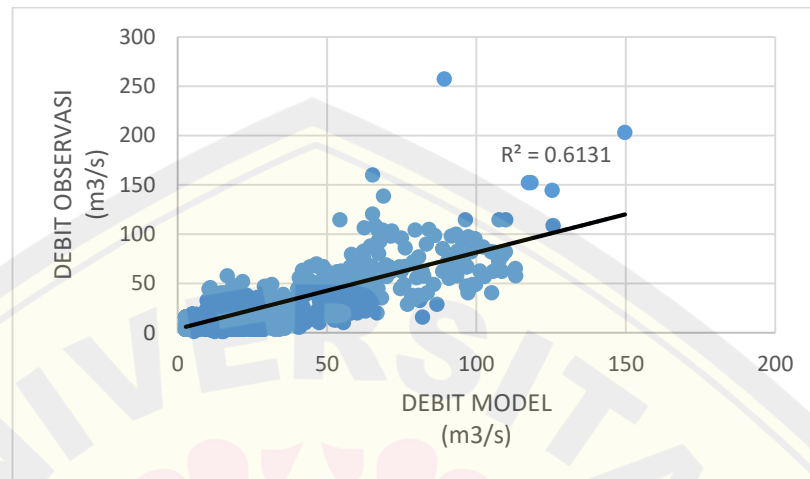
Gambar 4. 12 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan Observasi



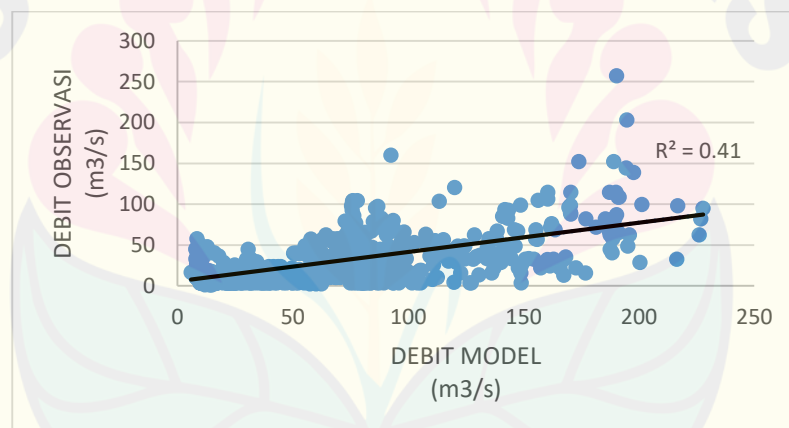
Gambar 4. 13 Hasil Running Kalibrasi Pemodelan Curah Hujan CHIRPS

Dari hasil kalibrasi pada gambar 4.12 dan 4.13 yang telah dilakukan dapat terlihat nilai Nash-Scutliffe yang dihasilkan pada pemodelan data curah hujan observasi sebesar 0,530 dan pemodelan data curah hujan satelit CHIRPS sebesar 0,497. Kategori pemodelan dapat diterima atau memenuhi adalah $0,36 < NSE < 0,75$, dengan begitu kedua pemodelan tersebut dapat dikategorikan sebagai dapat diterima.

Grafik Scatter untuk hasil kalibrasi model observasi dan model satelit CHIRPS untuk metode SCS CN dapat dilihat pada gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4. 14 Grafik Scatter Model Observasi



Gambar 4. 15 Grafik Scatter Model Satelit CHIRPS

4.7.4 Hasil Validasi Pemodelan HEC-HMS

Validasi pada pemodelan HEC-HMS memiliki tujuan guna mengetahui parameter yang digunakan dan telah dikoreksi dari hasil percobaan telah mencukupi nilai untuk DAS yang ditinjau. Validasi dilakukan dengan mengganti *input* data curah hujan dan debit dengan rentang waktu yang berbeda.

Pada pemodelan penelitian ini menggunakan data curah hujan dan data debit yang dimulai pada tanggal 1 Januari 2021 hingga 31 Desember

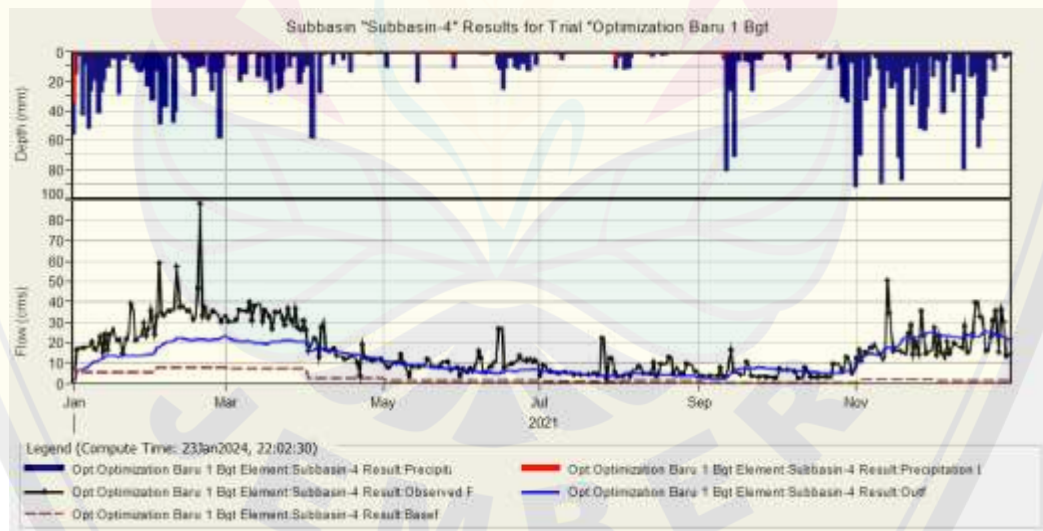
2021 dengan parameter yang sama dengan pemodelan saat kalibrasi. Rekapitulasi hasil validasi pemodelan dapat dilihat pada tabel 4.23

Tabel 4. 23 Hasil Validasi Pemodelan HEC-HMS

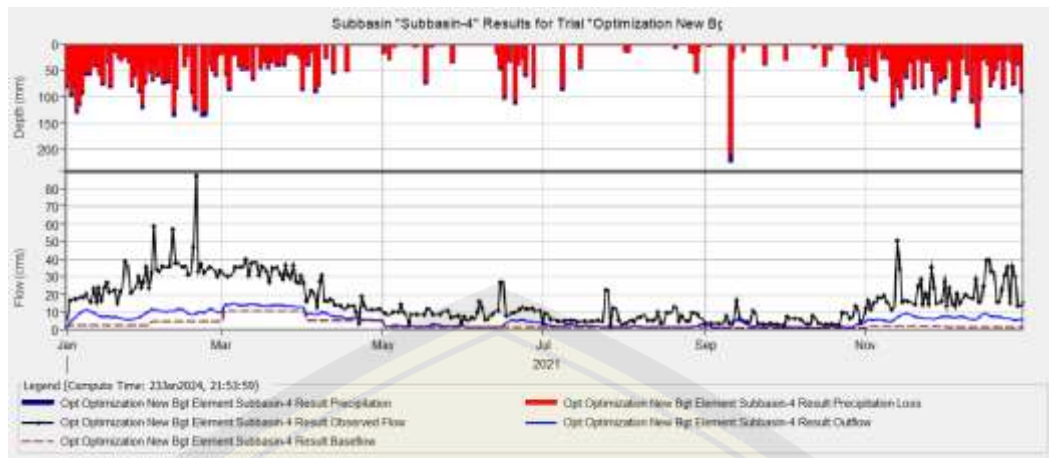
Parameter	NSE		R ²		Peak Discharge (m ³ /s)	
	Observasi	CHIRPS	Observasi	CHIRPS	Observasi	CHIRPS
<i>Green and Ampt</i>	0.564	0.511	0.5361	0.4813	41.3	40.00
<i>SCS CN</i>	0.511	0.316	0.323	0.464	35.3	123.4

Berdasarkan tabel 2.2, hasil NSE pada validasi pemodelan kedua metode memiliki tingkat keandalan dalam kategori memuaskan dan berdasarkan tabel 2.3, hasil R² pada kalibrasi pemodelan kedua metode dapat dikategorikan sedang.

a. *Green and Ampt* dan *Clark UH*



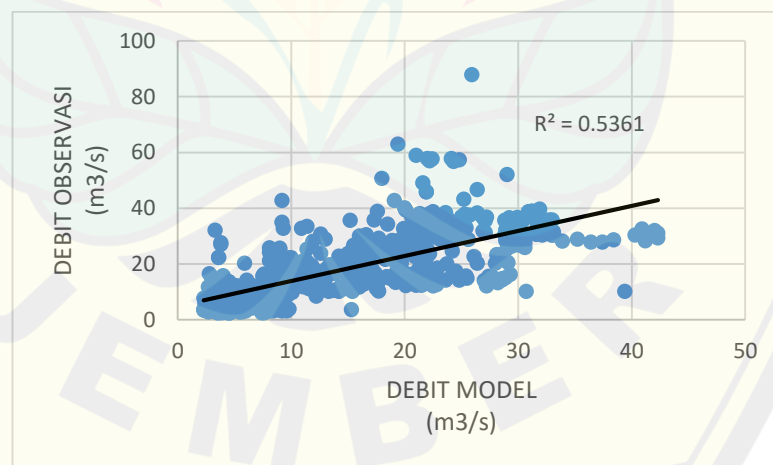
Gambar 4. 16 Hasil Running Validasi Pemodelan Curah Hujan Observasi



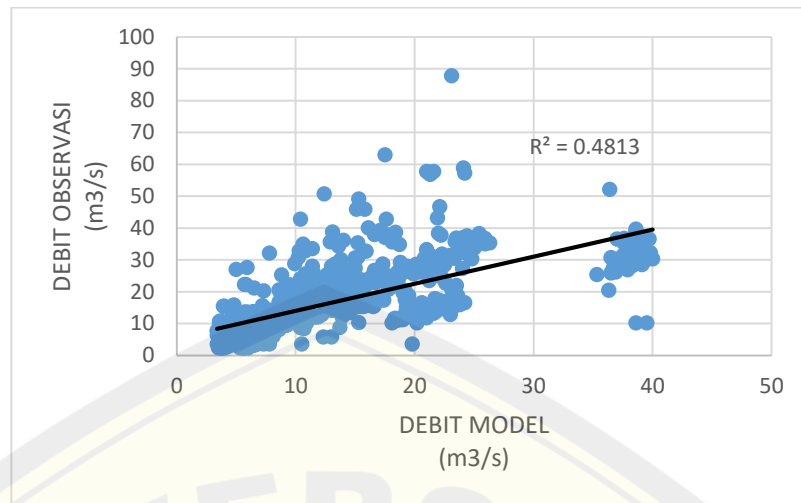
Gambar 4. 17 Hasil Running Validasi Pemodelan Curah Hujan Satelit CHIRPS

Berdasarkan hasil validasi pada gambar 4.16 dan 4.17 dihasilkan debit puncak pemodelan dengan data *input* curah hujan observasi sebesar 41.3 m³/s pada tanggal 3 Maret 2021 dan hasil untuk debit puncak pemodelan dengan data *input* curah hujan satelit CHIRPS sebesar 40.0 m³/s pada tanggal 5 Maret 2021. Sementara itu, debit puncak observasi sebesar 87.8 m³/s pada tanggal 19 Februari 2021.

Grafik Scatter hasil validasi pemodelan model satelit CHIRPS dan model observasi dapat dilihat pada gambar 4.18 dan gambar 4.19

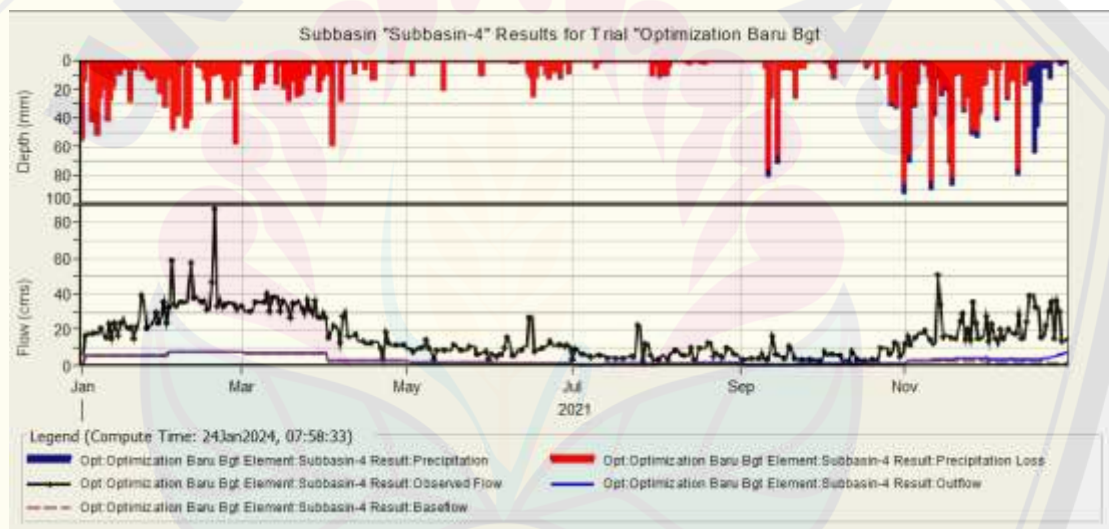


Gambar 4. 18 Grafik Scatter Validasi Model Observasi

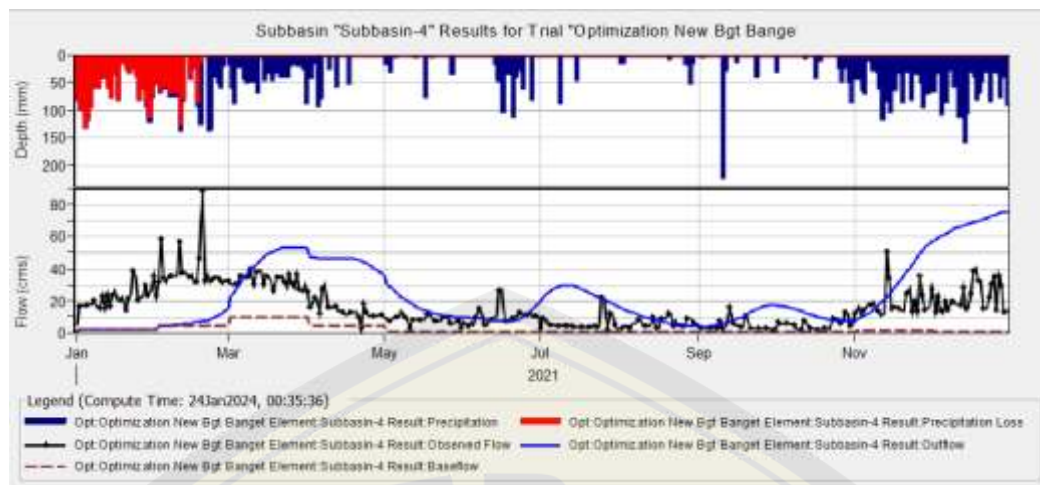


Gambar 4. 19 Grafik Scatter Validasi Model CHIRPS

b. Metode *SCS CN* dan *SCS UH*



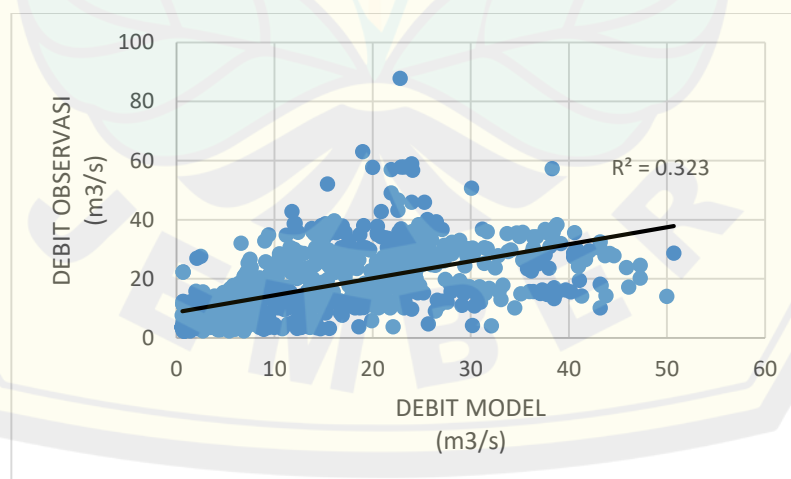
Gambar 4. 20 Hasil Running Validasi Pemodelan Observasi



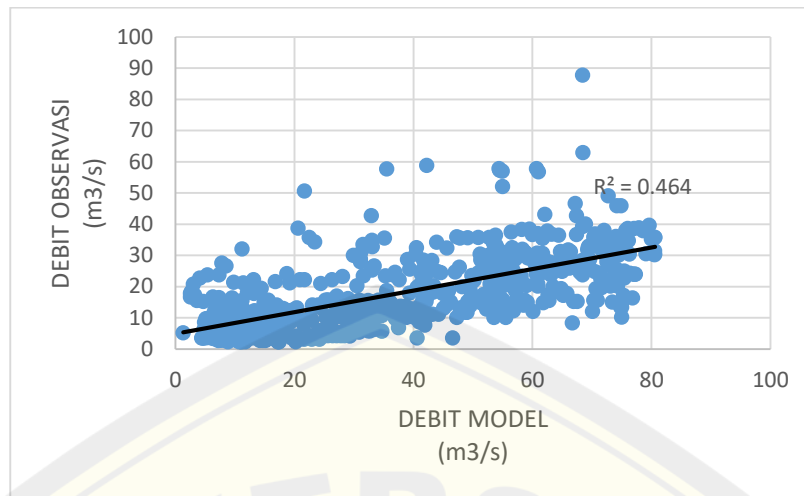
Gambar 4. 21 Hasil Running Validasi Pemodelan CHIRPS

Berdasarkan hasil validasi pada gambar 4.20 dan 4.21 dihasilkan debit puncak pemodelan dengan data *input* curah hujan observasi sebesar 35.3 m³/s pada tanggal 1 April 2021 dan hasil untuk debit puncak pemodelan dengan data *input* curah hujan satelit CHIRPS sebesar 75.3 m³/s pada tanggal 31 Desember 2021. Sementara itu, debit puncak observasi sebesar 87.8 m³/s pada tanggal 19 Februari 2021.

Grafik Scatter untuk hasil kalibrasi model observasi dan model satelit CHIRPS untuk metode SCS CN dapat dilihat pada gambar 4.22 dan 4.23.



Gambar 4. 22 Grafik Scatter Validasi Model Observasi



Gambar 4. 23 Grafik Scatter Model Satelit CHIRPS

Dari hasil analisis NSE dan R^2 pada kalibrasi dan validasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa metode *Green and Ampt* untuk *volume runoff* dan *Clark UH* untuk *direct runoff* lebih baik dalam merepresentasikan keadaan observasi di DAS Tanggul pada tahun 2020-2021 dibandingkan dengan metode *SCS CN* dan *SCS UH*. Hal ini ditandai dengan nilai *Nash-Sutcliffe* dan R^2 yang dihasilkan oleh pemodelan yang menggunakan metode *Green and Ampt* dan *Clark UH*.

Penelitian dengan metode serupa dengan penelitian ini menggunakan metode *Green and Ampt* sebagai perhitungan *volume runoff* dan *Clark UH* sebagai *direct runoff* terjadi pada Peru dengan luas DAS sekitar 247.38 km² yang dilakukan oleh (Jara et al., 2023) dengan tata guna lahan yang didominasi oleh lahan vegetasi dan karakteristik hidrologi tanah yang tergolong tipe B.

Penelitian ini memberikan hasil metode *Green and Ampt* dan *Clark UH* lebih cocok pada DAS Tanggul dibandingkan dengan metode *SCS CN* dan *SCS UH*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Viji et al., 2015) di DAS Kundahpallam, India dengan karakteristik DAS yang memiliki lahan vegetasi yang lebat dan jenis tanah hidrologi yang tergolong dalam tipe B seperti DAS Tanggul, menyatakan bahwa hasil metode *Green and Ampt* sebagai perhitungan *volume runoff* lebih baik dibandingkan

metode SCS CN, dengan hasil R^2 secara berturut-turut sebesar 0,97 dan 0,958. Selain itu, penelitian yang membandingkan metode *Green and Ampt* dan SCS CN sebagai perhitungan *volume runoff* dilakukan di Ethiopia oleh (Belay et al., 2022) yang memberikan hasil model pada metode *Green and Ampt* lebih sesuai dengan observasi ($NSE = 0.627$, $R^2 = 0.6618$) dibandingkan dengan metode SCS CN ($NSE = 0.586$, $R^2 = 0.60938$).

Selain itu, penelitian ini juga memberikan hasil metode *Clark Unit Hydrograph* lebih cocok untuk DAS Tanggul sebagai metode perhitungan *direct runoff* dibandingkan dengan menggunakan SCS *Unit Hydrograph*, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Allali et al., 2022) dengan karakteristik DAS seluas 270 km² dan tata guna lahan yang didominasi oleh lahan pertanian, memberikan hasil metode *Clark* ($NSE = 0.83$ dan $R^2 = 0.9$) lebih cocok digunakan untuk merepresentasikan keadaan observasi dibandingkan dengan metode SCS.

Penelitian ini memberikan hasil tingkat akurasi pemodelan dengan kedua metode menggunakan data curah hujan observasi lebih akurat dibandingkan dengan pemodelan dengan data curah hujan satelit CHIRPS. Hasil penelitian tersebut didukung penelitian sebelumnya yang dilakukan di Ethiopia oleh (Hussein & Baylar, 2023) dengan hasil penelitian berupa pemodelan dengan data curah hujan observasi dengan NSE sebesar 0.65 dan R^2 sebesar 0.68 lebih akurat dibandingkan dengan pemodelan yang menggunakan data curah hujan satelit CHIRPS dengan NSE sebesar 0.61 dan R^2 sebesar 0.64.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pemodelan hujan aliran dengan data curah hujan satelit CHIRPS dan data curah hujan observasi pada DAS Tanggul dengan HEC-HMS dapat diambil kesimpulan pemodelan dengan menggunakan metode *Green and Ampt* dan *Clark UH* lebih baik dalam merepresentasikan keadaan lapangan pada DAS Tanggul dibandingkan dengan pemodelan yang menggunakan metode *SCS CN* dan *SCS UH*, dengan hasil pemodelan hujan aliran dengan metode *Green and Ampt* untuk menghitung *volume runoff* dan metode *Clark UH* untuk menghitung *direct runoff* sebagai berikut:

1. Debit puncak yang dihasilkan dari hasil kalibrasi pemodelan hujan aliran menggunakan *software* HEC-HMS dengan data *input* curah hujan observasi yaitu sebesar 114.5 m³/s. Sementara itu debit puncak yang dihasilkan dengan pemodelan yang menggunakan data *input* curah hujan satelit CHIRPS yaitu sebesar 88.2 m³/s.
2. Pemodelan hujan aliran pada DAS Tanggul dengan menggunakan data curah hujan observasi, data curah hujan satelit CHIRPS dan data debit observasi memberikan hasil nilai Nash-Scutliffe untuk kalibrasi pemodelan curah hujan observasi sebesar 0.575 dan R² sebesar 0.5361. Sementara itu, pemodelan curah hujan satelit CHIRPS memberikan hasil nilai Nash-Scutliffe sebesar 0.449 dan R² sebesar 0.537. Maka dari itu, hasil pemodelan dengan data curah hujan observasi memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan pemodelan curah hujan satelit CHIRPS.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pemodelan menggunakan data satelit yang lain (NOAA, PERSIANN, dan GPM) pada DAS Tanggul dapat ditambahkan sebagai pembanding.

2. Pemodelan menggunakan metode HEC-HMS yang lain (*Initial & Constant Rate, Deficit and Constant, and Soil Moisture Accounting*) dapat dipertimbangkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, N. A., & Anwar, N. (2011). Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Sampean Baru. *Seminar Nasional VII Teknik Sipil ITS Surabaya*, 8(2), 51–60. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i2.11915>
- Aliye, M. A., Aga, A. O., Tadesse, T., & Yohannes, P. (2020). Evaluating the Performance of HEC-HMS and SWAT Hydrological Models in Simulating the Rainfall-Runoff Process for Data Scarce Region of Ethiopian Rift Valley Lake Basin. *Open Journal of Modern Hydrology*, 10(04), 105–122. <https://doi.org/10.4236/ojmh.2020.104007>
- Allali, H., Elmeddahi, Y., Moudjeber, D. E., Mahmoudi, H., & Goosen, M. F. A. (2022). Utilizing hydrograph transform methods and a hydrologic modeling system in rainfall-runoff simulation of a semi-arid watershed in Algeria in north-west Africa. *Desalination and Water Treatment*, 255(June), 220–228. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28344>
- Amiruddin, A. (2022). Pemodelan Hujan-Aliran Das Di Kota Tarakan Menggunakan Model Hec-Hms. *Jurnal Sipil Sains*, 12(2), 33–40. <https://doi.org/10.33387/sipilsains.v12i2.3859>
- Belay, Y. Y., Gouday, Y. A., & Alemnew, H. N. (2022). Comparison of HEC-HMS hydrologic model for estimation of runoff computation techniques as a design input: case of Middle Awash multi-purpose dam, Ethiopia. *Applied Water Science*, 12(10), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01764-7>
- Chin W, M. G. (1998). The Partial Least Squares Approach to Structural Formula Modeling. *Advances in Hospitality and Leisure*, 8 (2) (January 1998), 5.
- Delani, O. M., & Dasanto, B. D. (2015). Perbandingan hidrograf banjir menggunakan beberapa metode perhitungan curah hujan efektif (studi kasus: Das Cisadane Hulu). *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 187–198. <https://doi.org/10.32679/jsda.v12i2.65>
- Fadhilla, I. N., & Lasminto, U. (2021). Pemodelan Hujan-Debit DAS Kali Madiun Menggunakan Model HEC-HMS. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 361. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i3.9517>
- Hussein, A. A., & Baylar, A. (2023). Hydrological Model Evaluation of Ground, GPM IMERG, and CHIRPS precipitation data for Shabelle Basin in Ethiopia. *Journal of Electronics, Computer Networking and Applied Mathematics*, 31, 41–60. <https://doi.org/10.55529/jecnam.31.41.60>
- Jara, F., Mejía, A., Colonia, P., Mejía, T., & Revelo, G. (2023). Evaluation of hydrological models in SWAT and HEC-HMS with potential application to the particular characteristics of the sub-basin of the Quillcay River-Peru. *Migration Letters*, 20, 534–547. <https://doi.org/10.59670/ml.v20iS8.4629>

- Misnawati, Boer, R., June, T., & Faqih, A. (2018). Perbandingan Metodologi Koreksi Bias Data Curah Hujan CHIRPS. *Limnotek*, 25(1), 18–29.
- Mohammed, F. O., & Al-manmi, D. A. M. (2023). *Iraqi Bulletin of Geology and Mining (Ibgm) \ Iraq Geological Survey (Geosurv-Iraq) and Snyder Unit Hydrograph Models for Determining Peak Flood Discharge in the Upper Part of Lesser Zab*. 19(1).
- Motovilov, Y. G., Gottschalk, L., Engeland, K., & Rodhe, A. (1999). Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 98–99, 257–277. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00102-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00102-1)
- Munajad, R., & Suprayogi, S. (2013). Kajian Hujan-Aliran Menggunakan Model HEC-HMS di Sub Daerah Aliran Sungai Wuryantoro Wonogiri, Jawa Tengah. *NBER Working Papers*, 89. <http://www.nber.org/papers/w16019>
- Ningsih, D. H. U. (2017). Metode Thiessen Polygon untuk Ramalan Sebaran Curah Hujan Periode Tertentu. *Stikubank University*, 17(2), 154–163.
- Novianto, D. B. (2023). Perbandingan Akurasi Curah Hujan Berbasis Data Satelit CHIRPS dan NOAA di DAS Tanggul.
- Putro, R. Y. A., & Kamal, M. (2013). *Analisis Pengaruh Brand Reputation, Brand Competence, dan Brand Liking Terhadap Trust In Brand Pada Konsumen Windows Phone Nokia di Surabaya*. 10(2), 178–185. <https://doi.org/10.14710/jsmo.v10i2.5916>
- Suprayogi, S., Rifai, & Latifah, R. (2021). HEC-HMS Model for Urban Flood Analysis in Belik River, Yogyakarta, Indonesia. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 38(1), 15–20. <https://doi.org/10.29037/ajstd.643>
- Timilsina, I. P., Mishra, B. K., Baral, S., KC, P., & Kumar, P. (2023). Rainfall-runoff simulations in ungauged Fusre River basin, Nepal using HEC-HMS model. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(12), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12517-023-11769-4>
- Ulfah, M., Kusumastuti, D. I., & Winarno, D. J. (2020). Analisis Metode Routing terhadap Hidrograf Banjir Sungai Way Sekampung di Way Kunyir Menggunakan HEC-HMS. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(4), 251–262. <https://doi.org/10.24002/jts.v15i4.3799>
- US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center. (2000). Hydrologic Modeling System Technical Reference Manual. *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*, March, 148.
- Viji, R., Prasanna, P. R., & Ilangovan, R. (2015). Modified SCS-CN and Green-Ampt Methods in Surface Runoff Modelling for the Kundahpallam Watershed, Nilgiris, Western Ghats, India. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 677–684. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.087>

Wahyuni, S., Sisingsih, D., & Dewi, I. A. G. (2021). Validation of Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS) Data in Wonorejo Reservoir, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/930/1/012042>



LAMPIRAN

