

**PEMODELAN HUJAN-DEBIT ALIRAN MENGGUNAKAN PROGRAM
HEC-HMS 4.5 DI SUBDAS BENDUNG ARGOGUROH – BENDUNGAN
MARGATIGA**

(Skripsi)

Oleh

MUHAMAD ANGGA WICAKSONO

NPM 1515011051



JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2022

ABSTRAK

PEMODELAN HUJAN-DEBIT MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-HMS DI SUBDAS BENDUNG ARGOGUROH – BENDUNGAN MARGATIGA

Oleh

MUHAMAD ANGGA WICAKSONO

Pemodelan hujan – debit bertujuan untuk perencanaan bidang teknik sipil, dengan kalibrasi hujan – debit menggunakan software HEC-HMS, bertujuan untuk memprediksi besaran debit aliran rendah. Pemodelan hujan - debit pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui debit aliran minimum, kemudian mengkalibrasikan dengan program HEC-HMS 4.5 dan mengetahui besaran debit priode kala ulang hasil program HEC-HMS 4.5. Metode yang digunakan kalibrasi debit minimum dengan program HEC-HMS 4.5 adalah metode kesalahan relatif. Pada penelitian ini untuk mengetahui besaran debit minimum pada penelitian ini data yang diperlukan adalah data hujan minimum, peta subdas argoguroh – margatiga, dan peta tutupan lahan argoguroh – margatiga. Berdasarkan penelitian ini di peroleh model HEC-HMS 4.5 pada tahun 2014 ialah $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$, tahun 2015 ialah $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, tahun 2018 ialah $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$ dan tahun 2019 ialah $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Berdasarkan hasil perhitungan kalibrasi hujan dan debit metode kesalahan relatif yaitu rata – rata kesalahan relatif adalah 59,65 %. Maka dapat di simpulkan bahwa kesalahan dalam pemodelan memiliki kesalahan kategori sedang, Selanjutnya hasil debit priode kala ulang dua tahun yaitu $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ kala ulang lima tahun yaitu $20,1 \text{ m}^3/\text{s}$, kala ulang 10 tahun yaitu $51,8 \text{ m}^3/\text{s}$, kala ulang 25 tahun yaitu $88,9 \text{ m}^3/\text{s}$, kala ulang 50 tahun yaitu $174,5 \text{ m}^3/\text{s}$, kala ulang 100 tahun yaitu $249,8 \text{ m}^3/\text{s}$, kala ulang 200 tahun yaitu $780,2 \text{ m}^3/\text{s}$, dan kala ulang 1000 tahun yaitu $927,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kata kunci: , Pemodelan Hujan – Debit minimum, Bendungan Argoguroh – Margatiga.

ABSTRACT

RAIN-DEBIT MODELING USING HEC-HMS PROGRAM IN ARGOGUROH DAM SUBDAS – MARGATIGA DAM

By

MUHAMAD ANGGA WICAKSONO

Rainfall- Runoff modeling is intended for planning in the field of civil engineering, with rain-discharge calibration using HEC-HMS software, aiming to predict the amount of low-flow discharge. Rainfall - discharge modeling in this research is to determine the minimum flow rate. then calibrate with the HEC-HMS 4.5 program and find out the amount of the return period discharge from the HEC-HMS 4.5 program. The method used to calibrate the minimum discharge with the HEC-HMS 4.5 program is the relative error method. In this study, to determine the minimum discharge amount in this study, the data needed are minimum rainfall data, argoguroh – margatiga sub-basin maps, and argoguroh – margatiga land cover maps. Based on this research, the HEC-HMS 4.5 model in 2014 was 14.4 m³/s, in 2015 it was 5.0 m³/s, in 2018 it was 3.7 m³/s and in 2019 it was 4.1 m³/s. . Based on the calculation results of rain calibration and discharge relative error method, the average relative error is 59, 65%. So it can be concluded that the error in the modeling has a moderate category error. Furthermore, the discharge results for the two-year return period are 1.7 m³/s for the five-year return period, which is 20.1 m³/s, and the 10-year return period is 51.8 m³/s. s, the 25-year return period is 88.9 m³/s, the 50-year return period is 174.5 m³/s, the 100-year return period is 249.8 m³/s, the 200-year return period is 780.2 m³/s, and the 1000 year return period is 927, 1 m³/s.

Keywords: *Rainfall- Runoff – Minimum discharge, Argoguroh weir – Margatiga dam.*

**PEMODELAN HUJAN-DEBIT ALIRAN MENGGUNAKAN PROGRAM
HEC-HMS 4.5 DI SUBDAS BENDUNG ARGOGUROH – BENDUNGAN
MARGATIGA**

Oleh

MUHAMAD ANGGA WICAKSONO

NPM 1515011051

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2022

Judul Skripsi : **PEMODELAN HUJAN-DEBIT
MENGUNAKAN PROGRAM HEC-HMS
4.5 DI SUBDAS BENDUNG ARGOGUROH -
BENDUNGAN MARGATIGA**

Nama Mahasiswa : **Muhamad Angga Wicaksono**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515011051

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Dr. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 19700129 199512 1 001

Riki Chandra Wijaya, S.Pd., M.T.
NIP.19880227 201903 1 010

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.**

Sekretaris

: **Riki Chandra Wijaya, S.Pd., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Dyah Indriana K., S.T., M.Sc.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **07 Maret 2022**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul PEMODELAN HUJAN - DEBIT MENGGUNAKAN HEC-HMS 4.5 Di SUBDAS BENDUNG ARGOGUROH – BENDUNGANV MARGATIGA adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 April 2022

Pembuat Pernyataan,



Muhamad Angga Wicaksono
NPM. 1515011051

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan Jakarta pada tanggal 21 Desember 1995, sebagai anak kedua dari Bapak H.Farokh dan Ibu Listrisia. Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Baitul Hikmah Depok diselesaikan pada tahun 2002, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Bina Insan Kamil Depok pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2012 di SMP Muhamadiyah Kota Depok, Beji Timur, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 15 Kota Bandar Lampung pada tahun 2015. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur Mandiri. Penulis telah melakukan Kerja Praktik (KP) pada Proyek Pembangunan Hotel Mercure Bandar Lampung selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Air Naningan, Kabupaten Tanggamus selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2019. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota departemen Hubungan Luar tahun 2016-2017.

Persembahan

Puji syukur hamba panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan kepada hamba dalam menyelesaikan tugas akhir.

Untuk kedua orang tuaku, Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, dan cinta kasih tanpa mengharapkan balas budi dariku, yang selalu menyertakan namaku dalam setiap doa dalam sujudnya dan mendukungku dalam segala hal serta mendidik ku untuk menjadi pribadi yang baik.

Untuk Adikku tersayang Rananda Djulianti Melinda yang tak pernah lelah memberikan semangat dan dorongan utukku.

Untuk sahabat terbaikku yaitu Zihan Ramdan Hilmi Dan Kakak Tingkat 2013 Roy Permata yusuf yang telah membantuku dalam menyelesaikan tugas akhir.

Untuk rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2015. Terima kasih untuk semua yang telah kalian berikan..

Untuk semua guru dan dosen yang dengan tulus mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup tak ternilai yang telah diberikan.

MOTTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmu-lah engkau berharap.

(QS. Al-Insyirah, 6-8)

Berjalanlah dalam bayangan kegelapan, atau kau akan menangis di hari tua. Tidak ada yang peduli denganmu. Percayalah di balik bebayang pasti ada cahaya.

(Penulis)

Kesopanan adalah pengaman yang baik bagi keburukan lainnya

(Cherterfield)

Do you have ambition have not limit?

(Peaky Blinders)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul PEMODELAN HUJAN-DEBIT ALIRAN MENGGUNAKAN PROGRAM HEC-HMS 4.5 DI SUBDAS ARGOGUROH – MARGATIGA . Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesaikannya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Eng.Ir.Helmy Fitriawan,S.T.M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Ir.Laksmi Irianti,M.T., selaku Ketua Jurusan S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Karami, S.T.,M.Sc,PhD., selaku ketua program studi S1 Jurusan Teknik Sipil, Teknik Universitas Lampung
4. Bapak Dr. Endro P. Wahono, S.T., M.Sc.,. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan semangat, kritik, saran, serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Riki Chandra Wijaya, S.Pd., M.T.selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan semangat, kritik, saran, serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.

6. Ibu Dr. Dyah Indriana Kusumastuti, S.T.,M.Sc., selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Keluargaku tercinta terutama kedua orang tuaku, Bapak Farokh dan Ibu listrisia, adikku Rananda dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa.
9. Sahabat sekaligus teman seperjuangan Teknik Sipil 2015, terima kasih atas bantuan, kerja sama, saran, dan kritik selama berjalannya perkuliahan sejauh ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Janari 2022

Penulis

Muhamad Angga Wicaksono

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR.....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Analisis	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	8
2.2. Siklus Hidrologi.....	11
2.3. Hidrograf	11
2.3.1. Komponen Hidrograf	12
2.3.2. Pemisahan Hidrograf.....	13
2.4. Hubungan Antara Hujan Dan Aliran	15
2.5. HEC-HMS.....	16
2.5.1. Hujan(<i>Precipitation</i>)	19
2.5.2. Volume Aliran(<i>Volume runoff</i>).....	20
2.5.3. Aliran Langsung(<i>Direct runoff</i>)	21
2.5.4. Model Aliran Dasar(<i>baseflow</i>).....	22
2.5.5. Penelusuran Aliran(<i>Routing</i>)	24
2.6. Analisis Frekuensi.....	31
2.6.1. Menghitung Data Hujan Hilang	32
2.7. ARC-GIS.....	34
2.8. Debit	35
2.9. Kalibrasi Model Hidrologi	36
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	38
3.1. Lokasi Penelitian	38
3.2. Waktu Penelitian.....	39
3.3. Pengumpulan Data	39
3.4. Alat yang Digunakan	40
3.5. Prosedur Pengolahan Data.....	40
3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	46

3.7. Time schedule Penelitian	52
Bab 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1. Data Hujan.....	53
4.2. Hujan Rancangan	54
4.2.1. Curah Hujan Wilayah DAS.....	53
4.2.2. Curah Hujan Maksimum	57
4.2.3. Pemilihan Jenis Sebaran.....	58
4.2.4. Perhitungan Hujan Rencana	60
4.3. Analisis Data Spasial.....	67
4.3.1. Pembentukan SubDAS dan Aliran Sungai.....	67
4.3.2. Pembentukan Peta Tutupan Lahan	69
4.4. Input Data HEC-HMS 4.5.....	68
4.4.1. Data <i>Bassin Model</i>	71
4.4.2. Data <i>Meteorologic Model</i>	75
4.4.3. Data Deret Berkala	76
4.5. Proses Kalibrasi.....	80
4.6. Pemodelan Hujan – Debit HEC-HMS 4.5	80
4.6.1. Tanpa Menggunakan Komponen <i>Baseflow</i>	81
4.7. Kalibrasi Data Observasi vs Data Hasil HEC-HMS 4.5	83
4.7.1. Penyiapan Data Debit	83
4.7.2. Input Data Debit dan Subbasin model.....	84
4.7.3. <i>Running</i> Kalibrasi.....	85
Daftar Pustaka.....	91
Lampiran	92

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu.....	8
2. Komponen komputasi dan model dalam <i>HEC – HMS</i>	17
3. Metode simulasi yang digunakan untuk simulasi SubDAS Argoguroh dan Margatiga	19
4. Nilai CN untuk Lahan Bervegetasi dan Lahan Pertanian	32
5. Nilai CN untuk Lahan Bervegetasi selain Lahan Pertanian.....	33
6. Nilai CN untuk Area Pemukiman	35
7. <i>Time schedule</i> penelitian	52
8. Data Curah Hujan Maksimum	54
9. Curah hujan maksimum stasiun R 106 Argoguroh , R Pekalongan R 124 Margatiga.....	57
10. Distribusi Frekuensi Curah Hujan Metode <i>Log Pearson III</i>	59
11. Distribusi <i>Log Perason III</i> untuk Hujan Rancangan.....	67
12. Perhitungan Nilai k untuk Tiap Kala Ulang.....	67
13. Hasil Periode Kala Ulang Dan Hujan Rancangan.....	68
14. Distibusi Frekuensi Curah Hujan Metode <i>Gumbel-Tipe I</i>	62
15. Perhitungan curah hujan rencana priode T ulang tahun.....	65
16. Tabel Pedoman Pemilihan Sebaran.....	66
17. Parameter distribusi curah hujan	66
18. Luas Tutupan Lahan pada DAS Argoguroh - Margatiga.....	70
19. Luas SubDas Argoguroh – Margatiga.....	71
20. Nilai CN dan Luasan Tata Guna Lahan SubDAS 1	72
21. Nilai CN Seluruh SubDAS	73
22. Hasil Perhitungan <i>Time Lag</i> untuk Tiap SubDAS	74
23. Debit Hasil Keluaran HEC-HMS 4.5, waktu simulasi: 01 May- 30 Juny 2014	78

24. Debit Hasil Keluaran HEC-HMS 4.5, waktu simulasi: 02 Agustus – 16 September 2015..... 79

25. Debit Hasil Keluaran HEC-HMS 4.5, waktu simulasi: 30 September – 30 October 2018..... 79

26. Debit Hasil Keluaran HEC-HMS 4.5, waktu simulasi: 01 Juli -01 Agustus 2019 80

27. Data debit terukur 81

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Analysis	3
2. Siklus hidrologi (Amuzigi, 2018).....	11
3. Komponen hidrograf (Triatmodjo, 2008).....	13
4. Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon <i>Thiessen</i>	23
5. Pengukuran Hujan Metode Isohiet (Triatmodjo, 2008)	24
6. Subdas Argoguroh - Margatiga (sumber: pengolah citra).....	42
7. Tampilan persiapan menggambar objek parameter.....	45
8. Tampilan pembuatan <i>meteorologic</i> model	46
9. Tampilan pembuatan <i>control specification</i>	46
10. Tampilan pembuatan <i>time-series</i> data debit	47
11. Bagan Alur Penelitian.....	50
12. Bagan alur analisis HEC HMS 4.5	51
13. Peta curah hujan Thiessen (sumber: Analisa ARGIS 10.4).....	53
14. Grafik data curah hujan maksimum.....	58
15. Pembentukan SubDas dan Aliran Sungai	67
16. Peta tutupan lahan DAS Argoguroh – Margatiga.....	69
17. Penggambaran object DAS <i>software</i> HEC-HMS 4.5	71
18. Data <i>Meteorologic Models</i> DAS Argogutoh – Margatiga.....	75
19. Tampilan <i>Input Data Hujan</i>	76
20. Tampilan <i>Input Data Debit</i>	76
21. Input data debit pada <i>Junction-10,Reach-10,Subbasin13,dan Slink</i>	82
22. Hasil debit keluaran HEC-HMS 4.5 Pada elmen <i>Juction-11</i>	83
23. Grafik debit terukur dan debit hasil HEC-HMS4.5	84
24. Hasil debit keluaran HEC-HMS 4.5 Pada elmen <i>Juction-11</i>	84
25. Grafik debit terukur dan debit hasil HEC-HMS 4.5	85
26. Hasil Debit Keluaran HEC-HMS 4.5 Pada elmen <i>Juction-11</i>	86
27. Grafik debit terukur dan debit hasil HEC-HMS 4.5	87

28.	Hasil Debit Keluaran HEC-HMS 4.5 Pada elmen <i>Juction-11</i>	87
29.	Grafik debit terukur dan debit hasil HEC-HMS 4.5	88

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan hidrologi selalu berkaitan dengan karakteristik DAS. Dalam sistem DAS, akan dijumpai beragam komponen antara lain, vegetasi, jenis tanah, aliran air dan hujan yang paling berinteraksi secara dinamis. Curah hujan dan karakteristik daerah aliran sungai tersebut sangat mempengaruhi kondisi aliran sungai.

Alih ragam hujan ke aliran adalah proses pemodelan yang bertujuan untuk merubah data hujan ke debit. Data debit dalam suatu DAS sangat diperlukan untuk mengetahui debit yang ada dalam suatu sungai tersebut yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan. Pemodelan hujan - debit berfungsi untuk perencanaan teknik sipil, contoh: perencanaan drainase air, perencanaan pelimpah bendungan, dan operasi sistem air seperti waduk dan sungai. Debit aliran merupakan total keseluruhan air hujan yang langsung jatuh dibadan air sungai, aliran antara dan aliran dasar. Salah satu bentuk kuantitas debit aliran dapat diketahui dengan menggunakan metode hidrograf (Afandi dan anwar, 2008). Hidrograf adalah kurva yang memberikan hubungan antara parameter aliran dan waktu.

Parameter tersebut berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran (Hafrian, 2010) . Metode hidrograf banyak di gunakan dalam analisis untuk memprediksi kejadian-kejadian yang terjadi pada aliran sungai pada waktu yang akan datang. Manfaat hidrograf adalah pertimbangan terjadinya banjir pada bendungan Argoguroh-Margatiga.

Bendung Argoguroh berlokasi di Natar Kabupaten Lampung Selatan, sedangkan Bendung Margatiga berlokasi di Sukaraja tiga kabupaten Lampung Timur. Kedua Bendung tersebut saling berkesinambungan terutama pada aliran dari Bendung Argoguroh – Bendung Margatiga yang memiliki jarak $\pm 54,6$ kilometer. Seiring dengan usia operasional pada aliran bendungan Argoguroh-Margatiga kinerja saluran-saluran mengalami penurunan akibat terjadinya kerusakan pada saluran primer dan sedimentasi. Akibat dari hal itu volume tampungannya mengalami penurunan yang menyebabkan terjadinya kekurangan pemenuhan kebutuhan air pada saat musim kemarau. Oleh sebab itu di perlukannya uji pemodelan hujan-debit menggunakan program HEC-HMS 4.5.

HEC-HMS (*Hydrologic modelling system*) adalah *tool* untuk mengubah data (curah) hujan yang turun di DAS menjadi debit aliran (*runoff*) yang keluar dari DAS tersebut. Software ini di kembangkan oleh *Hydrologic Engginer Center (HEC) US Army Corps of Engineering* ini merupakan pengembangan program HEC-1. Dalam HEC-HMS terdapat fasilitas kalibrasi kemampuan simulasi model distribusi, model kontinyu dan

kemampuan membaca data peta pengolah tata surya. Kelebihan menggunakan HEC-HMS untuk pemodelan Hidrologi yaitu *Graphic user interface* yang relatif intuitif, mudah untuk di pelajari dan hemat biaya, dimana daerah yang di kaji peneliti merupakan DAS yang luas. HEC-HMS 4.5 memiliki beberapa komponen penting dalam pemodelan hujan-debit (Atmospher, 2016), adapun komponen HEC-HMS 4.5 sebagai berikut:.

1. Basin model – berisi elemen-elemen yang terdapat pada suatu DAS seperti sub-DAS, titik control DAS, penggal/ruas sungai, waduk.
2. *Meteorologic* model – berisi data hujan dan penguapan.
3. *Control Specifications* –berisi waktu mulai dan berakhirnya hitungan atau simulasi.

Selain dari komponen di atas terdapat komponen lain yaitu:

1. *Time series data*–berisi masukan data seperti runtun waktu data hujan,debit.
2. *Paired data* – berisi pasangan data seperti hidrograf satuan.

Dalam penelitian penulis menggunakan program model HEC-HMS 4.5 disanding perangkat lunak pengolah citra. Pada teknik penggunaan program HEC-HMS 4.5, dikarenakan pada program tersebut terdapat komponen yaitu: Model DAS, Model Meteorologi, *Control specification*, dan data masukan yang memudahkan peneliti dalam pemodelan alih ragam hujan-debit pada subdas Argoguroh-Margatiga, dan kalibrasi model dari data model curah hujan dan data observasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat di rumuskan beberapa pertanyaan:

1. Bagaimana cara pemodelan hujan- debit menggunakan model aliran dasar (*baseflow*) menggunakan HEC-HMS 4.5 ?
2. Bagaimana cara kalibrasi debit observasi dengan debit model keluaran (*existing*) yang di peroleh dari *software* HEC-HMS 4.5 ?
3. Apa hasil yang di peroleh dari pemodelan hujan – debit periode kala ulang ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dalam pemecahannya dibuat tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk memprediksi debit aliran rendah (*baseflow*) pada Sub-DAS Argoguroh-Margatiga .
2. Untuk menghitung tingkat validitas data terhadap data keluaran (*existing*) HEC-HMS 4.5.
3. Untuk analisis hasil yang di peroleh dari pemodelan hujan – debit.

1.4 Batasan Masalah

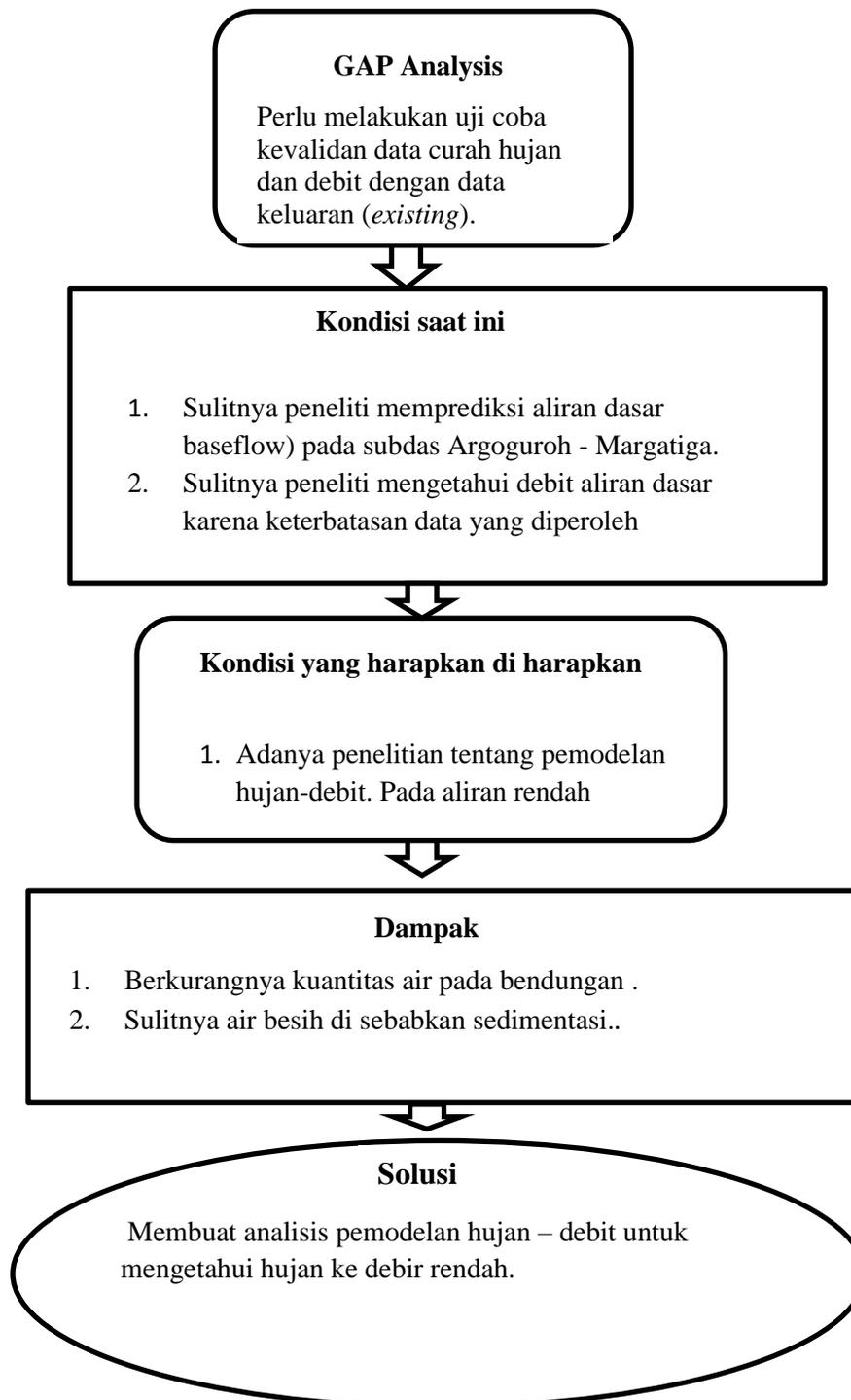
Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang di buat karena mengingat waktu batasan studi, batasan tersebut antara lain:

1. Analisis hanya di lakukan di subdas Bendung Argoguroh – Bendungan Margatiga.
2. Analisis hanya mengkalibrasi antara data debit aliran rendah (*baseflow*) dengan debit (*existing*) HEC-HMS 4.5.
3. Analisis debit priode kala ulang menggunakan program HEC-HMS 4.5..

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan tentang program HEC-HMS 4.5 yang di gunakan dalam penelitian. Serta mengetahui metode yang lebih baik pemodelan hujan-debit aliran dari program HEC-HMS 4.5, memprediksi tingkat kevalidan data curah hujan minimum, debit minimum dengan data (*existing*) metode *baseflow* (aliran dasar) dan mengetahui debit priode kala ulang hasil program HEC-HMS 4.5.

1.6 GAP Analysis



Gambar 1. Diagram Analysis.
Sumber : Hasil analisa, 2020.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu model transformasi hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS. Model ini merupakan model hidrologi numerik yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre (HEC)* dari *US Army Corps Of Engineers*. Struktur pembangun model HEC-HMS terdiri dari enam komponen, antara lain model hujan, model volume limpasan, model limpasan langsung, model aliran dasar, model penelusuran aliran dan model *water-control measure* yang meliputi *diversions* dan *storage facilities*. (Situnggang *et al.* 2018).

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini menggunakan program HEC-HMS 4.5 untuk menghasilkan keluaran model. Penelitian terdahulu juga sudah melakukan pemodelan menggunakan program HEC- HMS 4.5. Pada studi kasus yang berbeda, sehingga di jadikan bahan untuk pada penelitian ini.

Tabel 1. Beberapa Penelitian Relevan Terhadap Penelitian ini

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
Agus Pramadi	2012	Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Pekalen Porbolingo	Dari input data hujan harian, hasil model HEC-HMS menunjukkan bahwa debit puncak terjadi pada tanggal 26 maret 2007 sebesar 39,2 m ³ /dt sedangkan debit observasi yaitu pada tanggal 3 febuari 2007 sebesar 21,83 m ³ /dt dengan nilai kalibrasi dan validasi model metode Nash berturut-turut 0,32 dan 0,2 dan memiliki keakuratan rendah
Harfian Hari Karyadi	2010	Analisis Model Hujan-Aliran Pada Subdas kelapa Sawit Menggunakan Program HEC-HMS.	Besarnya debit puncak yang di dihasilkan oleh program HEC-HMS Metode Nash dan Sutcliffe di sub DAS kelapa sawit memiliki tingkat keandalan yang tinggi dengan hasil kalibrasi sebesar 82% dan hasil validasi rata-rata sebesar 78%
Febriyanto Andreyan	2018	Estimasi Debit Puncak DAS Welang Di Kabupaten Pasuruan.	Dengan menggunakan input data hujan jam-jaman, tingkat akurasi Model HEC-HMS dari tahap kalibrasi sebesar 0,873 sedangkan tahap validasi sebesar 0,826, 0,742 dan 0,656 sehingga

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
			dapat di nyatakan bahwa tingkat kecuratan model baik
Kuswantoro Marko dan Faris Zulkarnain	2018	Pemodelan Debit Banjir Sehubungan Dengan Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Di Daerah Aliran Ci Leungsi Hulu Menggunakan HEC-HMS	Hasil estimasi debit banjir di tahun mendatang seiring dengan perubahan penggunaan lahan tahun 2020,2025 dan 2030 mengalami peningkatan dari tahun 2020 ke 2025 sebesar 28,4% dan di tahun 2025 sebesar 26,8%
Nur Azizah Affandy dan Nadjadji Anwar	2008	Pemodelan Hujan-Debit menggunakan Model HEC-HMS di Subdas di Das Sampean baru	Berdasarkan input data tahun 2003-2007, Pemodelan HEC-HMS menghasilkan keluaran (output) debit puncak sebesar 101,4 m ³ /dt akibat hujan di tanggal 28 febuari 2003 sedangkan debit puncak hasil lapangan sebesar 242,78 m ³ /dt di tanggal 27 febuari 2003. Untuk hasil kalibrasi metode rmse menghasilkan nilai terkecil di tahun 2005 sebesar 3,7 sedangkan metode nash menghasilkan nilai terkecil di tahun 2006 sebesar -0,2
Gufrion Elmart Sitanggang , Imam Suprayogi dan Trimaijon	2018	Pemodelan Hujan-Debit Pada Sub Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu HEC-HMS (Studi Kasus	Hasil dari pemodelan HEC-HMS pada tahun 2002 didapat Qp sebesar 1627,3 m ³ /dt, hasil ini dikalibrasi dengan metode HSS Nakayasu dan

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
		pada kanal)	<p>didapat Q_p sebesar $1669,32 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang diakibatkan oleh hujan sebesar 150 mm. Sedangkan untuk tahun 2012 pemodelan HEC-HMS didapat Q_p sebesar $1231,7 \text{ m}^3/\text{dt}$ hasil ini dikalibrasi dengan metode HSS Nakayasu dan didapat Q_p sebesar $1193,55 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang diakibatkan oleh hujan sebesar 107,5 mm. Hasil dari keduanya menunjukkan nilai yang hampir mendekati. Namun demikian keduanya mempunyai waktu puncak (t_p) yang berbeda, pemodelan HEC-HMS t_p terjadi pada jam ke-11 sedangkan metode HSS Nakayasu t_p terjadi pada jam ke-4. Ini disebabkan oleh pembagian catchment area pada pemodelan HEC-HMS.</p>
Riki Chandra Wijaya Dan Umboro Lasminto	2016	Pemodelan Sungai Bengawan Solo Untuk Memprediksi Area Ganda Banjir	<p>Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kondisi banjir di Sungai Bengawan Solo mengalami genangan banjir sangat</p>

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
			<p>bagus. Berdasarkan hasil yang telah terjadi</p> <p>peningkatan luas genangan banjir dari pada peningkatan periode waktu kembali. Daerah genangan di Bengawan</p> <p>DAS Solo harus diminimalisir karena rusak banjir berbahaya bagi masyarakat.</p>

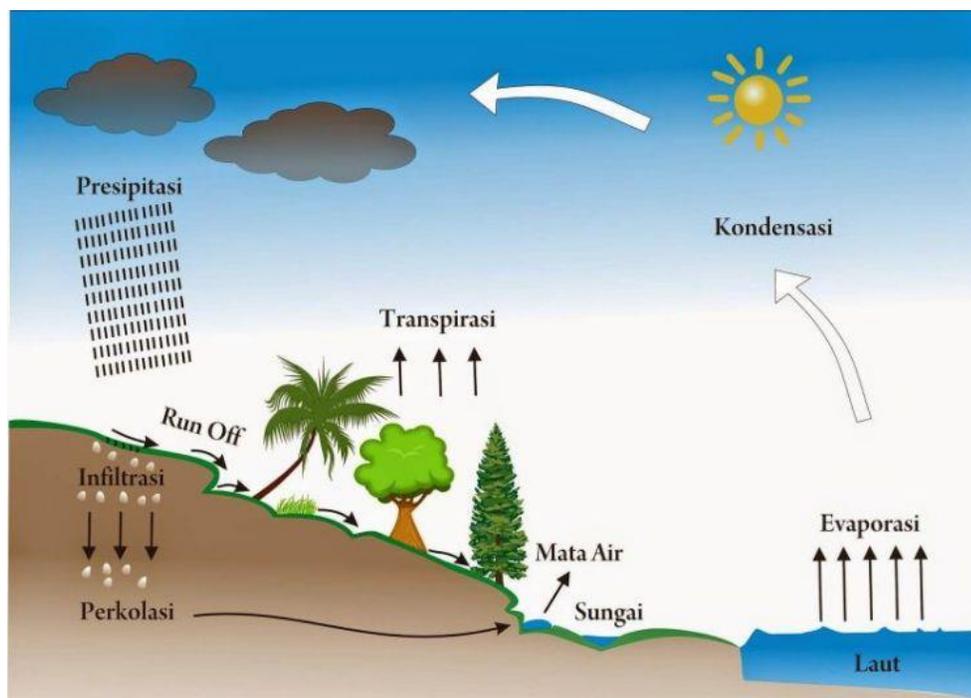
Sumber : Hasil analisa, 2020.

2.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung terus-menerus tiada hentinya-hentinya. Sebagai akibat terjadi sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas ini maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah dan lain-lain dan prosesnya disebut penguapan (*evaporation*). Penguapan juga terjadi pada semua tanaman yang di sebut transpirasi (*transpiration*) (Soedibyo, 2003)

Air hujan yang jatuh ke bumi akan diserap tanah (*infiltrasi*) dan sisanya yang tidak terinfiltrasi akan mengisi permukaan tanah, kemudian

mengalir ke daerah-daerah yang rendah, masuk ke sungai-sungai dan akhirnya sampai ke laut. Tidak semua air yang mengalir akan sampai ke laut. Selama perjalanan air ke laut, sebagian akan menguap dan kembali ke udara, sebagian air yang masuk ke dalam tanah keluar melalui sungai (*interflow*) serta sebagian besar akan tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar ke permukaan tanah melalui daerah yang lebih rendah (*groundwater run off*) sedikit demi sedikit dalam jangka waktu yang lama (Sosrodarsono dan Takeda, 2006). Prosesnya seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Siklus hidrologi
Sumber : Triadmojo, 2008

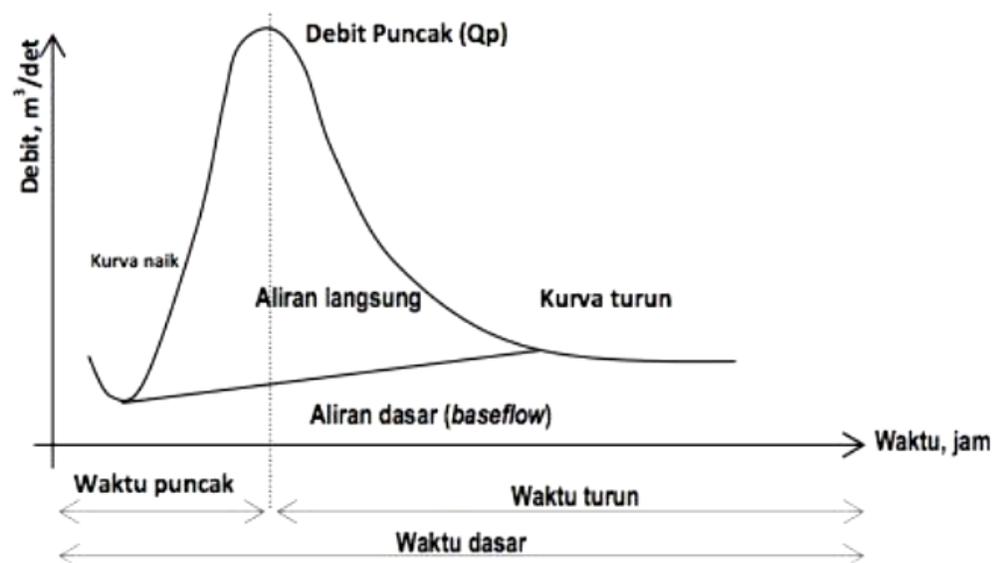
2.3 Hidrograf

Hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dengan waktu (Triadmodjo, 2008). Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran atau debit aliran, sehingga terdapat dua macam hidrograf yaitu hidrograf muka air dan hidrograf debit. Hidrograf muka air dapat ditransformasikan menjadi hidrograf debit menggunakan *rating curve*. Hidrograf memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi (karakteristik) yang ada di DAS secara bersama-sama, sehingga apabila karakteristik DAS berubah maka akan menyebabkan perubahan bentuk hidrograf (Sosrodarsono *et al*, 1983). Hidrograf juga menunjukkan tanggapan menyeluruh DAS terhadap masukan tertentu. Sesuai dengan sifat dan perilaku DAS yang bersangkutan, hidrograf aliran selalu berubah sesuai dengan besaran dan waktu terjadinya masukan (Harto, 1993).

3.3.1 Komponen hidrograf

Hidrograf mempunyai tiga komponen pembentuk yaitu 1) aliran permukaan, 2) aliran antara, dan 3) aliran air tanah. Waktu nol (*zero time*) menunjukkan awal hidrograf. Puncak hidrograf adalah bagian dari hidrograf yang menggambarkan debit maksimum. Waktu capai puncak (*time to peak*) adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai waktu terjadinya debit puncak. Sisi naik (*rising limb*) adalah antara waktu nol dan waktu capai puncak. Sisi turun (*recession limb*) adalah yang menurun antara waktu capai puncak dan

waktu dasar. Waktu dasar (*time base*) adalah diukur dari waktu nol sampai waktu dimana sisi turun berakhir. Hujan dengan tebal, intensitas, dan lama hujan tertentu akan berpengaruh pada sisi naik. Puncak hidrograf menunjukkan adanya debit maksimum untuk suatu kejadian hujan sedangkan sisi resesi menunjukkan adanya aliran dasar (*baseflow*) yang mengalir ke sungai setelah hujan berhenti. Waktu capai titik infleksi yaitu titik belok atau adanya suatu patahan bentuk lengkung hidrograf aliran bergantung pada karakteristik hujan. Semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin tinggi pula puncak hidrografnya. Komponen hidrograf dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Komponen hidrograf
Sumber : Triatmodjo, 2008.

2.3.2 Pemisahan Hidrograf

Karakter kontribusi air tanah pada aliran banjir sangat berbeda dari limpasan permukaan, maka kontribusi air tanah harus dianalisis secara terpisah, dan oleh karenanya salah satu syarat utama dalam analisis hidrograf ialah memisahkan kedua hal tersebut (Wilson, 1990). Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk memisahkan kedua tipe aliran tersebut (Triatmodjo, 2008). Dapat di lihat pada Gambar 3.

1. Cara paling sederhana adalah dengan menarik garis lurus dari titik di mana aliran langsung mulai terjadi (titik A) sampai akhir dari limpasan langsung (titik B). Apabila titik B tidak di ketahui, maka tarik garis horizontal dari titik A.
2. Cara kedua adalah membuat garis yang merupakan perpanjangan / kelanjutan dari aliran dasar sampai titik C yang berada di bawah puncak hidrograf. Dari titik C kemudian ditarik garis lurus menuju titik D yang berada pada sisi turun yang berjarak N hari sesudah puncak. Nilai N dihitung dengan rumus berikut :

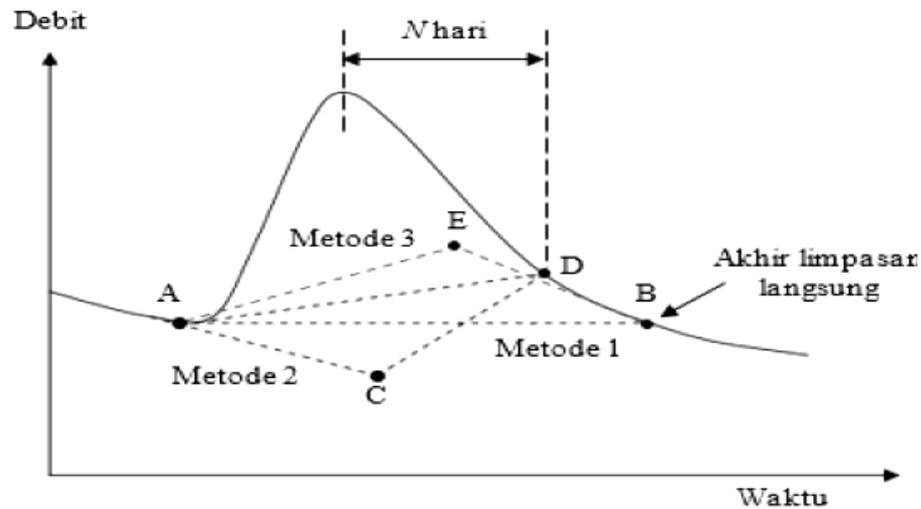
$$N = 0,8A^{0.2} \dots\dots\dots ..(1)$$

Dengan:

N : waktu (hari)

A : luas DAS (km²)

3. Cara ketiga adalah dengan menarik kurva resesi ke belakang yang berawal dari titik akhir aliran langsung (B) sampai titik E di bawah titik balik. Hubungan titik A dengan garis lurus atau kurva sembarang.



Gambar 4. Pemisah aliran dasar
Sumber : Triatmodjo, 2008.

2.4 Hubungan antara Hujan dengan Aliran

Pengalihragaman hujan aliran merupakan suatu proses transformasi air hujan menjadi aliran yang sebenarnya, air hujan mengalir dari hulu ke hilir sampai titik kontrol sebagai aliran permukaan yang akhirnya menjadi limpasan (Sriharto, 2000). Proses pengalihragaman hujan menjadi aliran di dalamnya ada beberapa sifat hujan yang penting untuk diperhatikan, antara lain adalah intensitas hujan (I), lama waktu hujan (t), kedalaman hujan (d), frekuensi (f), dan luas daerah pengaruh hujan (A) (Soemarto, 1987).

Komponen hujan dengan sifat -sifatnya ini dapat dianalisis berupa hujan titik maupun hujan rata-rata yang meliputi luas daerah tangkapan (*catchment*) yang kecil sampai yang besar. Suatu proses transformasi untuk mengetahui perubahan air hujan menjadi aliran dibutuhkan suatu aturan (ketetapan) yang mencerminkan karakter DAS dalam memproses pengalihragaman hujan aliran, yaitu dapat diartikan sebagai sebuah model. Salah satu model dalam pengalihragaman hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS 4.5. Proses kinerja program HEC-HMS 4.5 dalam pengalihragaman hujan menjadi aliran terdiri dari beberapa model dan setiap model yang di pilih mempunyai input yang berbeda-beda. Model yang terdapat dalam HEC-HMS 4.5 dapat digunakan untuk menghitung *volume runoff*, *direct runoff*, *baseflow*, dan *routing*. Perhitungan dan penyelesaian masing-masing model komponen berupa variabel tetap, parameter, kondisi batas, dan kondisi awal. (Eko Hartini,2017).

2.5 HEC – HMS

HEC-HMS merupakan singkatan dari *Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modelling System*. HEC-HMS merupakan sebuah software yang di kembangkan oleh *Hydrologic Engineering Center milik US Army Corps of Engineers*. Sebelum menjalankan proses pengolahan dalam program HEC-HMS ini, di perlukan bantuan program-program lain untuk melakukan pengolahan data spasial sebelum dimasukkan dan dimanfaatkan didalam HEC-

HMS. Contoh: pengolah citra . Hal ini karena program HEC-HMS tersebut tidak dapat melakukan pengolahan data spasial berupa peta-peta digital yang nantinya akan digunakan dalam proses analisa dan perhitungan. HEC-HMS hanya dapat menggunakan input peta digital yang telah diolah sebelumnya oleh program tambahan tersebut, kemudian diimpor kedalam program HEC-HMS. Program HEC-HMS didalamnya terdapat fasilitas kalibrasi maupun simulasi model distribusi, model menerus dan kemampuan membaca data pengolah citra. Selain itu, program HEC-HMS digunakan untuk simulasi perhitungan limpasan permukaan serta penelusuran banjir pada suatu daerah aliran sungai, baik itu dalam kondisi eksisting maupun dalam keadaan terkontrol atau terencana, perhitungan aliran dasar (*baseflow*), evaluasi bangunan pengendali air serta presipitasi air hujan. Program HEC-HMS, didalamnya terdapat beberapa model yang terpisah dimana masing–masing model yang dipilih mempunyai input yang berbeda-beda.. Seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Komponen komputasi dan model dalam *HEC – HMS*.

No	Model	Metode
1	<i>Precipitation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>User hyetograph</i> • <i>User gage weighting</i> • <i>Inverse-distance</i> • <i>gage weights</i> • <i>Gridded precipitation</i> • <i>Frequency storm</i> • <i>Standard project storm</i>
2	<i>Volume runoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Initial and constant-rate</i> • <i>SCS curve number</i> • <i>Gridded SCS curve number</i> • <i>Green and Ampt</i> • <i>Deficit and constant rate</i> • <i>Soil moisture accounting</i> • <i>Gridded SMA</i>

No	Model	Metode
3	<i>Direct runoff</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>User-specified unit hydrograph (UH)</i> • <i>Clark's UH</i> • <i>Snyder's UH</i> • <i>SCS UH</i> • <i>Modclark</i> • <i>Kinematic wave</i>
4	<i>Baseflow</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Constant monthly</i> • <i>Exponential Recession</i> • <i>Bounded Recession</i>
5	<i>Routing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kinematic wave</i> • <i>Lag</i> • <i>Modified Puls</i> • <i>Muskingum</i> • <i>Muskingum-Cunge Standard Section</i> • <i>Muskingum-Cunge 8- point section</i>

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS, 2000.*

Tabel 3. Metode simulasi yang digunakan untuk simulasi SubDAS Argoguroh dan Margatiga.

No	Model	Metode
1	<i>Precipitation (Hujan)</i>	<i>User hyetograf</i>
2	<i>Volume runoff (volume aliran)</i>	<i>SCS curve number</i>
3	<i>Base flow (aliran rendah)</i>	<i>Constan monthly</i>
4	<i>direct runoff (Aliran langsung)</i>	<i>Clark unit hydrograf</i>
5	<i>routing (Penelusuran aliran)</i>	<i>Muskingum</i>

Sumber : *Technical Reference Manual HEC-HMS, 2000.*

Sesuai dengan metode simulasi pada SubDAS Argoguroh-Margatiga yang terdapat dalam HEC-HMS 4.5 dan pertimbangan parameter-parameter yang dibutuhkan berdasarkan ketersediaan data, perhitungan model hidrologi dan metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.5.1. Hujan (*Precipitation*)

Model hujan yang digunakan untuk masukan (input) berupa hujan yang terjadi dalam pemodelan menerus (*continuous model*) pada penelitian ini

menggunakan metode *user hyetograf*. Metode ini dapat memasukan besaran hujan yang terjadi pada sub-das di luar program, dimana masukan hujan untuk setiap subdas di peroleh dari distribusi hujan

Data curah hujan di peroleh dari balai besar wilayah sungai mesuji sekampung. Stasiun penakar hujan memberikan kedalaman hujan di titik dimana stasiun berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik Apabila terdapat beberapa stasiun pengukuran, hujan yang terjadi belum tentu sama setiap stasiun. Dalam analisis hidrologi diperlukan hujan rerata pada suatu daerah, pada penelitian ini digunakan metode aritmatik dan polygon *Thiessen*.

1. Metode Rerata Aritmatik (Aljabar)

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Metode rerata aljabar..memberikan hasil yang baik apabila:

- a. Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- b. Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

Hujan rerata pada seluruh DAS dijabarkan dalam bentuk berikut :

$$\bar{p} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

\bar{p} : Hujan rerata Kawasan (mm)

$P_1, P_2, P_3, \dots P_n$: Hujan stasiun 1,2,3, ...n (mm)

n : Jumlah stasiun

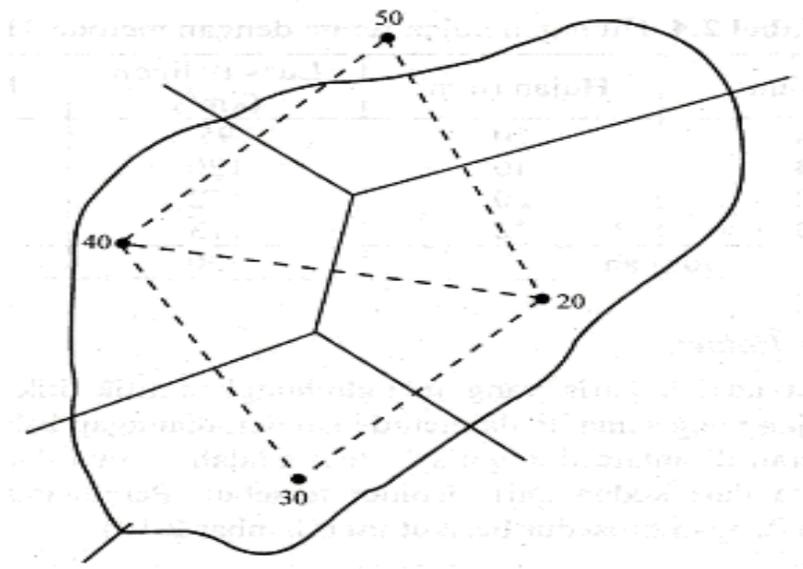
2. Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang ada disekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan yang ditinjau tidak merata. Hitungan hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Pembentukan polygon *thiessen* adalah sebagai berikut :

- a. Stasiun-stasiun hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.
- b. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- c. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti di tunjukkan dengan garis penuh pada Gambar 4.
- d. Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang terbentuk oleh poligon. Untuk

stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.

- e. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Jumlah dari hitungan pada butir e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik mempunyai bentuk berikut ini.



Gambar 4. Pengukuran Tinggi Curah Hujan Metode Poligon *Thiessen*.
Sumber : Triatmodjo, 2008

Perhitungan poligon *Thiessen* adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

P = Hujan rerata kawasan (Km²)

P_1, P_2, \dots, P_n = Hujan pada stasiun 1,2,3,..n (Km^2)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah stasiun 1,2,3..n (Km^2)

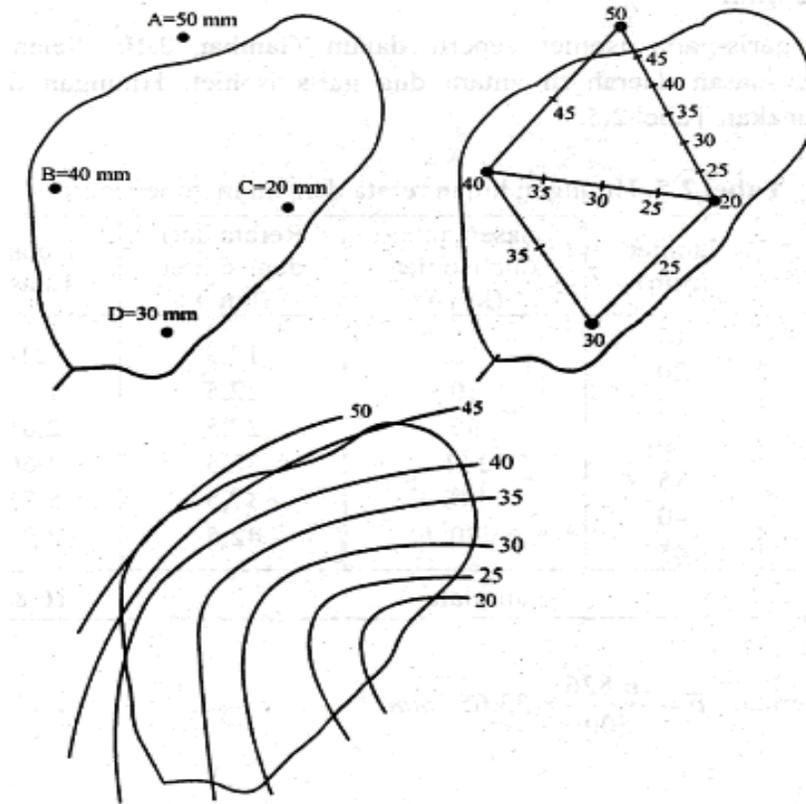
Metode Poligon *Thiessen* ini banyak di gunakan untuk menghitung rerata kawasan. Poligon *Thiessen* adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan, seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi Poligon *Thiessen* yang baru.

3. Metode Isohiet

Isohiet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohiet, di anggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis Isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Pembuatan garis Isohiet dilakukan dengan prosedur berikut ini (Gambar 5):

- a. Lokasi stasiun hujan dan kedalaman hujan mengambarkan pada peta daerah yang ditinjau.
- b. Dari nilai kedalaman hujan di stasiun yang berdampingan dibuat interpolasi dengan pertambahan nilai yang ditetapkan.
- c. Dibuat kurva yang menghubungkan titik-titik interpolasi yang mempunyai kedalaman hujan yang sama. Ketelitian tergantung pada pembuatan garis Isohiet dan intervalnya.

- d. Diukur luas daerah antara dua isohiet yang berurutan dan kemudian dikalikan dengan nilai rerata dari nilai kedua garis isohiet.
- e. Jumlah dari hitungan pada butir d untuk seluruh garis Isohiet dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan kedalaman hujan rerata daerah tersebut.



Gambar 5. Pengukuran Hujan Metode Isohiet
 Sumber : Triatmodjo, 2008

Secara matematis hujan rerata tersebut dapat ditulis :

$$P = \frac{A \frac{l_1+l_2}{2} + A \frac{l_2+l_3}{2} + \dots + A \frac{l_n+l_{(n+1)}}{2}}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan:

P = hujan rerata Kawasan (mm)

I_1, I_2, \dots, I_n = garis isohiet ke 1,2,3,...n, n+1 (mm)

A_1, A_2, \dots, A_3 = luas daerah yang dibatasi oleh garis isohiet ke 1 dan 2, dan 3,..., n dan n+1 (mm)

2.5.2. Volume Aliran (*volume runoff*)

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi ataupun jenis kehilangan volume lainnya. Sedangkan jatuhnya air hujan pada lapisan yang kedap air juga merupakan limpasan (Affandy dan anwar, 2011). Didalam penelitian ini, metode perhitungan limpasan (*volume runoff*) yang digunakan adalah (SCS) *curve number*.

Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN)

Metode ini memperkirakan kelebihan curah hujan sebagai fungsi dari curah hujan kumulatif, penutup tanah, penggunaan lahan, menggunakan persamaan berikut:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a)^2 + S} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

P_e = Kedalaman hujan efektif (mm)

P = Kedalaman hujan (mm)

I_a = Kehilangan mula-mula (*initial loss*)

S = Kemampuan potensial maksimum air oleh tanah, Sebagian besar adalah karena infiltrasi

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari Karakteristik DAS yang mewakili oleh nilai CN(*curve number*) adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{1000-10CN}{CN} \text{ (English Unit)(6)}$$

$$S = \frac{25400-254CN}{CN} \text{ (International System of Unit)(7)}$$

Nilai dari CN (*curve number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi)

2.5.3. Aliran Langsung (*direct runoff*)

Program ini juga mensimulasi proses limpasan langsung dari kelebihan hujan pada DAS. Proses ini mengacu pada “transformasi” curah hujan berlebih menjadi limpasan. Dalam penelitian ini, digunakan metode hidrograf satuan SCS unit hidrograf. SCS menyatakan bahwa puncak unit hidrograf dan waktu puncak unit hidrograf terkait oleh:

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \text{(8)}$$

Dimana :

U_p = Unit hidrograf (m^3)

A = Luas daerah aliran air (m^2)

C = konversi konstanta (2.08 in di SI)

Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait kepada jangka waktu unit dari kelebihan hujan, seperti :

$$T_p = \frac{\Delta_t}{2} + t_{lag} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana :

T_p = waktu puncak (hari)

Δ_t = jangka waktu kelebihan hujan (hari)

T_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari unit hidrograf. (hari)

Perlu dicatat bahwa untuk Δ_t , yang kurang dari 29% dari t_{lag} harus digunakan (USACE,1998). Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menemukan waktu dari puncak unit hidrograf dan untuk menemukan puncak unit hidrograf.

2.5.4. Model Aliran Dasar (*baseflow*)

Aliran dasar (*baseflow*) adalah aliran sungai yang terjadi selama tidak terjadi hujan (Brotowiryatmo, 1993). Aliran dasar tersebut berada di bawah permukaan air tanah dan bergerak ke elevasi yang lebih rendah dan akhirnya menuju sungai (Triatmodjo, 2008). *Baseflow* teramati sebagai debit di sungai

saat musim kemarau, yang relatif tidak ada hujan jatuh namun masih terdapat debit air. Aliran ini berasal dari air hujan yang terinfiltrasi dan masuk ke dalam tanah menjadi cadangan air tanah, selanjutnya pada lokasi tertentu mengalir bergabung dengan debit sungai (Indarto, 2010). Aliran dasar sangat penting artinya dalam pengelolaan sumber daya air. Pada saat musim kemarau dimana ketersediaan air di sungai sangat terbatas karena minimnya input dari air hujan, maka aliran dasar menjadi sumber utama untuk suplai air bagi banyak kepentingan, misalnya: irigasi, industri, rumah tangga, lingkungan, dan *rafting*. Sebaliknya, pada saat musim hujan, perkiraan besarnya aliran dasar menjadi penting supaya kita dapat memprediksi besarnya bagian debit yang merupakan kontribusi dari aliran cepat atau *surface run-off* yang berpotensi menghasilkan banjir.

Elemen *subbasin* secara konseptual mewakili infiltrasi, limpasan permukaan, dan proses di bawah permukaan air tanah. Perhitungan di bawah permukaan air tanah dilakukan dengan metode aliran dasar yang terkandung dalam subbasin. Total metode aliran dasar yang disediakan oleh *software* HEC-HMS adalah enam metode. Metode *baseflow* dipilih pada editor *component* untuk elemen subbasin. Jika yang dipilih metode *none*, subbasin tidak akan menghitung aliran dasar dan arus keluar hanya akan mencakup limpasan langsung dari metode *transform*. Ketika subbasin baru dibuat, secara otomatis diatur untuk menggunakan metode aliran dasar yang ditentukan dalam pengaturan program. Untuk mengubah metode aliran dasar digunakan editor

component pada elemen subbasin (HEC-HMS *Technical Reference Manual, 2000*). Pada penelitian ini menggunakan metode *constant monthly*.

2.5.5. Penelusuran Aliran (*Routing*)

Penelusuran aliran (*routing*) adalah analisis secara matematik yang digunakan untuk melacak aliran melalui sistem hidrologis. Cara penelusuran aliran yang digunakan pada penelitian ini yang juga diakomodasi oleh HEC-HMS adalah metode *muskingum* yang dikembangkan oleh Mc Charty. Metode ini mendasarkan pada persamaan sebagai fungsi masukan dan keluaran.

Parameter yang diperlukan adalah *travel time* dan faktor pembobot. *Travel time* (k) adalah waktu tempuh aliran dari titik inlet sampai outlet, ditentukan melalui hubungan antara kecepatan aliran dengan panjang sungai. Faktor pembobot (x) dalam metode muskingum berkisar antara 0 sampai 0,5 dengan rata-rata 0,2 untuk aliran alami.

Sebelum menjalankan proses pengolahan dalam program HEC-HMS ini, diperlukan bantuan program-program lain untuk melakukan pengolahan data spasial sebelum dimasukkan dan dimanfaatkan didalam HEC-HMS. Diantaranya program *Global Mapper* dan *GIS*. Hal ini karena program HEC-HMS tersebut tidak dapat melakukan pengolahan data spasial berupa peta-peta digital yang nantinya akan digunakan didalam proses analisa dan perhitungan. HEC-HMS hanya dapat menggunakan input peta digital yang telah diolah sebelumnya oleh program tambahan tersebut, kemudian diimpor kedalam

program HEC-HMS. Program HEC-HMS di dalamnya terdapat tiga komponen utama, yaitu sebagai berikut:

- a. *Basin model*, yaitu elemen-elemen yang terdapat pada suatu subDAS serta parameter-parameter dalam limpasan.
- b. *Meteorologic model*, yaitu berisi data sebaran stasiun hujan dan data evapotranspirasi.
- c. *Control specifications*, yaitu merupakan interval waktu simulasi untuk memulai atau mengakhiri dalam kalkulasi data.

Parameter tersebut diisi dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut.

1. Persamaan untuk parameter retensi (S) sebagai berikut (*Technical Reference Manual HEC-HMS, 2000*) :

$$S = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{1000-10CN}{CN} & \text{(English unit)} \\ \frac{25400-254CN}{CN} & \text{(SI)} \end{array} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

dengan:

S : Parameter retensi

CN : *Curve number*

2. Persamaan untuk *curve number* (CN) sebagai berikut (*Technical Reference Manual HEC-HMS, 2000*):

$$CN = \frac{CN_1 A_1 + CN_{1+1} A_{1+1} + \dots + CN_n A_n}{\sum_{i=1}^N A_i} \dots\dots\dots(11)$$

dengan:

CN : *Curve number*

A : Luas area (km^2)

3. Persamaan untuk *time lag* (T_{lag}) sebagai berikut (*Technical Reference Manual HEC-HMS, 2000*):

$$T_C = \frac{100L^{0,8} \left[\frac{1000}{CN} - 9 \right]^{0,7}}{1000S^{0,5}} \dots\dots\dots(12)$$

$$T_{lag} = 0,6T_C \dots\dots\dots(13)$$

dengan:

T_C : Waktu konsentrasi (hari)

L : Panjang sungai (km^2)

CN : *Curve number*

S : Parameter retensi

T_{lag} : Perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari unit hidrograf (hari)

Tabel.4 Nilai CN untuk Lahan Bervegetasi dan Lahan Pertanian.

<i>Cover description</i>			<i>Curve number for hydrologic soil group</i>			
<i>Cover type</i>	<i>Treatment</i>	<i>Hydrologic Condition</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Fallow</i>	<i>Bare soil</i>	-	77	86	91	94
	<i>Crop residue cover (CR)</i>	<i>Poor</i>	76	85	90	93
		<i>Good</i>	74	83	88	90
<i>Row Crops</i>	<i>Straight row (SR)</i>	<i>Poor</i>	72	81	88	91
		<i>Good</i>	67	79	85	89
	<i>SR + CR</i>	<i>Poor</i>	71	80	87	90
		<i>Good</i>	64	75	82	85
	<i>Contoured (C)</i>	<i>Poor</i>	70	79	84	88
		<i>Good</i>	65	75	82	86
	<i>C + CR</i>	<i>Poor</i>	69	78	83	87
		<i>Good</i>	64	74	81	85
	<i>Contoured & terraced (C & T)</i>	<i>Poor</i>	66	74	80	82
		<i>Good</i>	62	71	78	81
	<i>C & T + CR</i>	<i>Poor</i>	65	73	79	81
		<i>Good</i>	61	70	77	80
<i>Small Grain</i>	<i>Straight row (SR)</i>	<i>Poor</i>	65	76	84	88
		<i>Good</i>	63	75	83	87
	<i>SR + CR</i>	<i>Poor</i>	64	75	83	86
		<i>Good</i>	60	72	80	84
	<i>Contoured (C)</i>	<i>Poor</i>	63	74	82	85
		<i>Good</i>	61	73	81	84
	<i>C + CR</i>	<i>Poor</i>	62	73	81	84
		<i>Good</i>	60	72	80	83
	<i>Contoured & terraced (C & T)</i>	<i>Poor</i>	61	72	79	82
		<i>Good</i>	59	70	78	81
	<i>C & T + CR</i>	<i>Poor</i>	60	71	78	81
		<i>Good</i>	58	69	77	80
<i>Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow</i>	<i>Straight row (SR)</i>	<i>Poor</i>	66	77	85	89
		<i>Good</i>	58	72	81	85
	<i>Contoured (C)</i>	<i>Poor</i>	64	75	83	85
		<i>Good</i>	55	69	78	83
	<i>Contoured & terraced (C & T)</i>	<i>Poor</i>	63	73	80	83
		<i>Good</i>	51	67	76	80

Sumber: *Technical Reference Manual HEC-HMS*, 2000.

Tabel.5 Nilai CN untuk Lahan Bervegetasi selain Lahan Pertanian.

<i>Cover description</i>		<i>Curve number for hydrologic soil group</i>			
<i>Cover type and hydrologic condition</i>	<i>Hydrologic Condition</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Pasture, grassland, or range - continuous forage for grazing</i>	<i>Poor</i>	68	79	86	89
	<i>Fair</i>	49	69	79	84
	<i>Good</i>	39	61	74	80
<i>Meadow - continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay</i>	-	30	58	71	78
<i>Brush - brush-weed mixture with brush the major element.</i>	<i>Poor</i>	48	67	77	83
	<i>Fair</i>	35	56	70	77
	<i>Good</i>	30	48	65	73
<i>Woods - Grass combination (orchard or tree farm).</i>	<i>Poor</i>	57	73	82	86
	<i>Fair</i>	43	65	76	82
	<i>Good</i>	32	58	72	79
<i>Woods</i>	<i>Poor</i>	45	66	77	83
	<i>Fair</i>	36	60	73	79
	<i>Good</i>	30	55	70	77
<i>Farmsteads - buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.</i>	-	59	74	82	86

Sumber: *Technical Reference Manual HEC-HMS*, 2000.

Tabel.6 Nilai CN untuk Area Pemukiman

<i>Cover description</i>	<i>Average percent impervious area</i>	<i>Curve number for hydrologic soil group</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Cover type and hydrologic condition</i>					
<i>Fully developed urban areas</i>					
<i>Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.):</i>					
<i>Poor condition (grass cover < 50%)</i>		68	79	86	89
<i>Fair condition (grass cover 50% to 75%)</i>		49	69	79	84
<i>Good condition (grass cover > 75%)</i>		39	61	74	80
<i>Impervious areas :</i>					
<i>Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)</i>		98	98	98	98
<i>Streets and roads:</i>					
<i>Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)</i>		98	98	98	98
<i>Paved; open ditches (including right-of-way)</i>		83	89	92	93
<i>Gravel (including right-of-way)</i>		76	85	89	91
<i>Dirt (including right-of-way)</i>		72	82	87	89
<i>Western desert urban areas:</i>					
<i>Natural desert landscaping (pervious areas only)</i>		63	77	85	88
<i>Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)</i>		96	96	96	96
<i>Urban districts:</i>					
<i>Commercial and business</i>	85	89	92	94	95
<i>Industrial</i>	72	81	88	91	93
<i>Residential districts by average lot size</i>					
<i>1/8 acre or less (town houses)</i>	65	77	85	90	92
<i>1/4 acre</i>	38	61	75	83	87
<i>1/3 acre</i>	30	57	72	81	86
<i>1/2 acre</i>	25	54	70	80	85
<i>1 acre</i>	20	51	68	79	84
<i>2 acre</i>	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
<i>Newly graded areas (previous areas only, no vegetation)</i>		77	86	91	94
<i>Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c</i>					

Sumber: *Technical Reference Manual HEC-HMS, 2000.*

2.5 Analisis Frekuensi

Analisis Frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata – rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali.

Data yang diperlukan untuk menunjang teori kemungkinan ini adalah minimum 10 besaran hujan atau debit dengan harga tertinggi dalam setahun jelasnya diperlukan data minimum 10 tahun.

Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit. Analisis ini sering dianggap sebagai cara analisis yang paling baik, karena dilakukan terhadap data yang terukur langsung yang tidak melewati pengalihragaman terlebih dahulu. Lebih lanjut, cara ini dapat dilakukan oleh siapapun, walaupun yang bersangkutan tidak sepenuhnya memahami prinsip – prinsip hidrologi. Dalam kaitan yang terakhir ini, kerugiannya adalah apabila terjadi kelainan dalam analisis yang bersangkutan tidak akan dapat mengetahui dengan tepat.

Analisis frekuensi ini didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran debit banjir di masa yang akan datang. Berdasarkan hal tersebut maka berarti bahwa sifat statistik data yang akan datang diandaikan masih sama dengan sifat statistik data yang telah tersedia. Secara fisik dapat diartikan bahwa sifat klimatologis dan sifat hidrologi DAS diharapkan masih tetap sama. Hal terakhir ini yang tidak akan dapat diketahui sebelumnya, lebih – lebih yang berkaitan dengan tingkat aktivitas manusia (*human activities*) (Sri Harto, 1993). Untuk melakukan analisis frekuensi curah hujan peneliti menggunakan metode *log person III* dikarenakan banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya untuk analisis data maksimum (debit banjir) dan data minimum (debit minimum).

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam periode ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Analisis frekuensi merupakan perkiraan (*forecasting*) dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untukantisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran kemungkinan teori probability distribution dan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Log Pearson tipe III.

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

2.5.1 Metode Gumbel Tipe I

Metode Gumbel Tipe I pada umumnya digunakan untuk menghitung curah hujan rencana maksimum. Pada penelitian ini di hitung dengan metode gumbel 1 rencana curah hujan menggunakan data minimum. Perhitungan parameter tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan harian rata – rata maksimum 15 tahun terakhir. Untuk menghitung distribusi metode gumbel tipe I di gunakan rumus sebagai berikut.:

a. Nilai Rata – Rata

$$R_R = \frac{R_{total}}{X_{total}} \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

- R_R = nilai rata – rata curah hujan,(mm)
 R_{total} = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke – i, (mm)
 X_{total} = jumlah data curah hujan.

b. Standar Deviasi

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata – rata, maka nilai standar deviasi (Sd) akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata – rata, maka Sd akan kecil. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^2}{n-1}} \dots \dots \dots (14)$$

dimana :

- S_x = Standar Deviasi (mm)
 X_i = Curah Hujan Rata-Rata (mm)
 X_r = rata-rata Curah Hujan Minimum (mm)
 n = Jumlah Data

c. Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata – rata dari suatu sebaran.

$$C_v = \frac{S_x}{R_r} \dots \dots \dots (15)$$

dimana :

- Cv = koefisien variasi curah hujan,
 S_x = standar deviasi curah hujan,(mm)
 R_r = nilai rata – rata curah hujan. (mm)

d. Koefisien Kemencengan

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness / Cs*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi.

Besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - X_r)^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots(16)$$

dimana :

- Cs = koefisien kemencengan curah hujan,
 S_d = standar deviasi dari sampel curah hujan, (mm)
 N = nilai rata – rata dari data sampel curah hujan, (mm)
 X_i = curah hujan ke – i, (mm)
 n = jumlah data curah hujan,

Kurva distribusi yang bentuknya simetris maka $C_s = 0,00$, kurva distribusi yang bentuknya menceng ke kanan maka C_s lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng ke kiri maka C_s kurang dari nol.

e. Koefisien Kurtosis

Koefisien kurtosis adalah suatu nilai yang menunjukkan keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots(17)$$

dimana :

- C_k = koefisien kurtosis,
 $\sum_{i=1}^n$ = momen ke – 4 terhadap nilai rata – rata,
 Sd = standar deviasi. (mm)

f. Faktor Frekuensi

Setelah menghitung C_s (*coefficient of skewness*) maka prosedur berikutnya adalah menghitung curah hujan rencana untuk menghitung curah hujan rencana maka di cari nilai Y_n dan S_n . Berikut tabel 7 untuk menentukan nilai Y_n dan S_n .

Tabel 7. *Reduced mean* (Y_n) untuk Metode Sebaran Gumbel

N	0	1wija	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518

N	0	1wija	2	3	4	5	6	7	8	9
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

g. Pemilihan Jenis Sebaran

Dalam analisis frekuensi data hidrologi baik data hujan maupun data debit sungai terbukti bahwa sangat jarang dijumpai seri data yang sesuai dengan sebaran normal. Sebaliknya, sebagian besar data hidrologi sesuai dengan jenis sebaran yang lainnya.

Masing – masing sebaran memiliki sifat – sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing – masing sebaran tersebut. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Dengan demikian pengambilan salah satu sebaran secara sembarang untuk analisis tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan.

Analisis frekuensi atas data hidrologi menuntut syarat tertentu untuk data yang bersangkutan, yaitu harus seragam (*homogeneous*), independent, dan mewakili (*representative*) (Haan,1977). Data yang seragam berarti bahwa data tersebut harus berasal dari populasi yang

sama. Dalam arti lain, stasiun pengumpul data yang bersangkutan, baik stasiun hujan maupun stasiun hidrometri harus tidak pindah, DAS tidak berubah menjadi DAS perkotaan (*urban catchment*), maupun tidak ada gangguan – gangguan lain yang menyebabkan data yang terkumpul menjadi lain sifatnya. Batasan ‘*independence*’ di sini berarti bahwa besaran data ekstrim tidak terjadi lebih dari sekali. Syarat lain adalah bahwa data harus mewakili untuk perkiraan kejadian yang akan datang, misalnya tidak akan terjadi perubahan akibat ulah tangan manusia secara besar – besaran, tidak dibangun konstruksi yang mengganggu pengukuran, seperti bangunan sadap, perubahan tata guna tanah. Pengujian statistik dapat dilakukan untuk masing – masing syarat tersebut (Sri Harto,1993). Tabel 8 memperlihatkan kriteria dalam menentukan jenis sebaran yang dipakai.

Tabel 8. Syarat Jenis Sebaran

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	$(\bar{x} \pm S) \approx 68,27\%$ $(\bar{x} \pm 2S) \approx 95,44\%$ $C_s = 0$ $C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15 C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbell	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber : CD. Soemarto, 1999.

3.5.7 Distribusi LogPerson Tipe III

Distribusi log person III digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk sebaran *Log Pearson* tipe III merupakan hasil transformasi dari sebaran *pearson* tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai logaritmik. Dapat di hitung sebagai berikut: (Soemarto C.D.,1995)

h. Menghitung rata – rata sebagai berikut:

$$(\log \bar{R}) = \frac{\sum \log R}{n} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

$\log \bar{R}$ = Rata –Rata Logaritmik

$\sum \log R$ = Nilai Curah Hujan (mm)

N = Jumlah Data

i. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan persamaan:

$$(\text{Sd log R}) = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } R_i - \log \bar{R})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(19)$$

Dimana:

Sd log R = Standar Deviasi (mm)

N = Jumlah Data

- j. Menghitung koefisien *skewness* (Cs) dengan rumus

$$\text{Koefisien Skewness Data (Cs)} = \frac{n \cdot \sum (\log R - \log \bar{R})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (\text{Sd } \log R)^3} \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

Cs = Koefisien kemencengan (*skewness*)

- k. .Menghitung logaritma hujan rencana dengan priode ulang T tahun dengan dengan rumus

$$R_T = 10^Y \dots\dots\dots(21)$$

$$Y = \text{Log} \bar{R} + k \cdot \text{Sd } \text{Log} R \dots\dots\dots(22)$$

Dimana :

R_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang t (mm)

$\text{Log } \bar{R}$ = Curah hujan minimum rata-rata

$\text{Sd } \log R$ = Standar deviasi (mm)

2.7 ARC-GIS

ARC-GIS merupakan suatu perangkat lunak (*software*) yang berkerja sebagai sistem informasi geografis (SIG) dan pemetaan yang di kembangkan oleh ESRI. ARC-GIS memiliki berbagai kemampuan dalam melakukan visualisasi, meng-*explore*, menjawab *query* baik untuk data spasial maupun non-spasial, menganalisis data secara geografis, dan yang lainnya. Adapun secara umum kelebihan daro software ARC-GIS ialah sebagai berikut:

1. Pertukaran data, membaca dan menuliskan data dari dan ke dalam format perangkat lunak SIG lainnya.
2. Melakukan analisis Statistik dan operasi-operasi matematis
3. Menampilkan informasi spasial dengan atribu-atributnya yang dapat (disimpan) dalam basis data atribut.
4. Melakukan fungsi-fungsi dasar SIG seperti analisis sederhana spasial
5. Membuat peta tematik.
6. Meng-*customize* aplikasi menggunakan bahasa skrip atau bahasa pemrograman sederhana.
7. Melakukan fungsi-fungsi SIG khusus lainnya dengan menggunakan *extension* yang ditunjukkan untuk mendukung penggunaan perangkat lunak.

Kemampuan-kemampuan tersebut di atas dapat digunakan seperlunya, berdasarkan kebutuhan yang ada, adapun dalam penelitian ini hanya menggunakan kemampuan ARC-GIS dalam membuat peta tematik, serta menampilkan informasi spasial dengan atribu-atributnya, Indarto, (2010).

2.8 Kalibrasi Model Hidrologi

Kalibrasi model hidrologi dalam penelitian ini ialah dengan menggunakan metode kesalahan relatif. Metode kesalahan relatif adalah metode perhitungan dengan membandingkan selisih debit model dan rata-rata debit pengamatan. Dalam metode ini hasil model yang di gunakan dikatakan

baik. Jika semakin mendekati angka nol (0). Persamaan yang di gunakan dalam metode kesalahan relatif ialah:

$$K_{\text{model}} = \frac{Q_{\text{sim}} - Q_{\text{obs}}}{Q_{\text{sim}}} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana:

$$Q_{\text{sim}} = \text{Debit Hasil Pemodelan } m^3/s$$

$$Q_{\text{obs}} = \text{Debit Hasil Pengamatan } m^3/s$$

Kemudian rumus uji korelasinya adalah :

$$r^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} \dots\dots\dots(24)$$

Atau dengan hubungan secara regresi persamaan di atas dapat menjadi:

$$r^2 = \frac{(a(\sum y) + b(\sum xy) - n(\bar{y})^2)}{\sum(y)^2 - n(\bar{y})^2} \dots\dots\dots(25)$$

Sedangkan untuk menentukan koefisien korelasi dapat digunakan persamaan:

$$r^2 = \pm \sqrt{r^2} \dots\dots\dots(26)$$

Keterangan:

\hat{Y} = Nilai variabel independen

\bar{Y} = Nilai *mean* dari variabel y

Y = Data hujan (mm)

r = Nilai Korelasi

a = $\bar{y} - b$

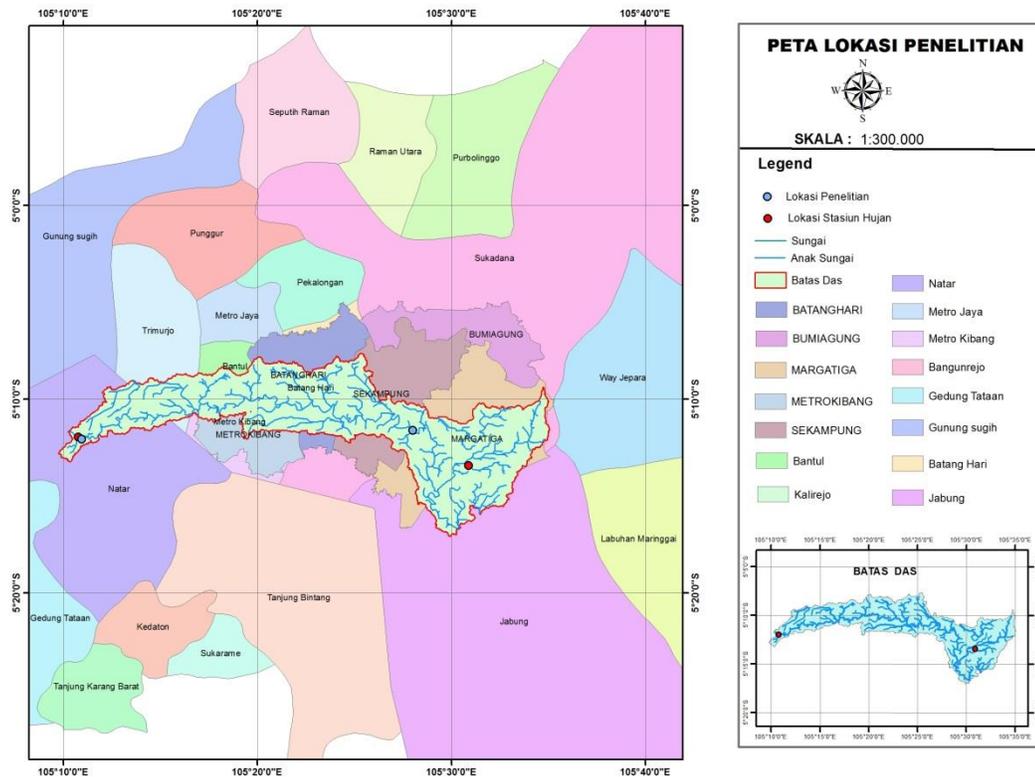
n = jumlah titik (pasangan pengamatan x,y) (Wijaya dan Iasminto, 2016).

BAB III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian proses pelaksanaan studi ini pada prinsipnya terbagi dalam tiga bagian yaitu pengumpulan data, pengolahan data/perhitungan dan keluaran berupa hasil analisa. Data yang diperlukan dalam skripsi ini adalah data sekunder. Adapun data yang dibutuhkan adalah berupa data tinggi hujan harian yang secara administrasi terletak di bendungan Argoguroh – Margatiga.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Bendung Argoguroh dan Bendungan Margatiga. Bendung Argoguroh terletak di Natar Kabupaten Lampung Selatan, dan Bendungan Margatiga terletak di Sukaraja tiga Kabupaten atau kota Lampung Timur . Jarak aliran daerah sungai dari Bendung Argoguroh dan Bendungan Margatiga adalah 54,6 kilometer (sumber *google earth*). Secara geografis Bendung Argoguroh terletak $105^{\circ}10'45,95''$ BT dan $05^{\circ}11'56,13''$ LS dan Bendungan Margatiga terletak $105^{\circ}29'23,41''$ BT dan $05^{\circ}12'27,54''$ LS. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar lima.



Gambar 6. Subdas Argoguroh - Margatiga
Sumber: Pengolah citra,2020.

3.3. Waktu penelitian

Waktu penelitian di laksanakan pada bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Maret 2021.

3.4. Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Yaitu:

- Peta DAS (daerah aliran sungai) dari data DEM (sumber: <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>, dan *google earth*) dengan menggunakan program pengolah citra.

- b) Data hujan di stasiun Argoguroh dan stasiun Sukaraja tiga selama sepuluh tahun tahun dari 1 januari 2000 – 1 januari 2010 yang diperoleh dari balai besar wilayah sungai mesuji sekampung.
- c) Data debit di stasiun Argoguroh dan stasiun Sukaraja tiga selama empat tahun yaitu dari tahun 2014,2015,2018,2019 yang di peroleh dari balai besar wilayah sungai mesuji sekampung.
- d) Peta tutupan lahan (sumber: www.lapakgis.com). Dengan bantuan arcgis 10.4.

3.5. Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan antara lain: satu unit laptop yang dilengkapi dengan perangkat HEC-HMS 4.5 dengan prangkat lunak pengolah citra, *microsof exel*, dan *flashdisk*.

3.6. Prosedur Pengolahan data/Perhitungan Penelitian

Penelitian di laksanakan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penggambaran dengan menggunakan HEC-GeoHMS merupakan salah satu ekstensi pada *view* pengolah citra yang di gunakan untuk menyusun dan mendefinisikan parameter DAS dan selanjutnya model DAS ini dapat di *import* pada HEC-HMS dengan format *geofile*.
2. Pengumpulan data hujan dan debit dari balai besar wilayah sungai mesuji sekampung.

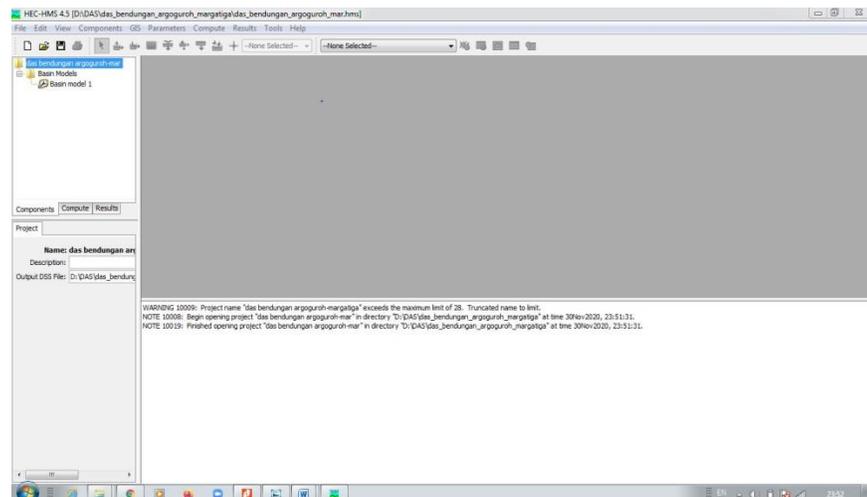
3. Menganalisa data hujan dan debit, jika terdapat data hujan yang hilang maka dapat dihitung dengan metode konvensional/ rata-rata aljabar, rumus metode rata-rata aljabar. Sebagaimana pada persamaan (1)
4. Pemodelan hujan-debit menggunakan program HEC-HMS4.5

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan hujan-debit dengan HEC-HMS 4.5 adalah sebagai berikut:

- a. Menyusun parameter dan *initian condition*.

Komponen yang dipilih dalam objek ini berupa *bassin model* dan *meteorologic model*.

1. *Bassin model*

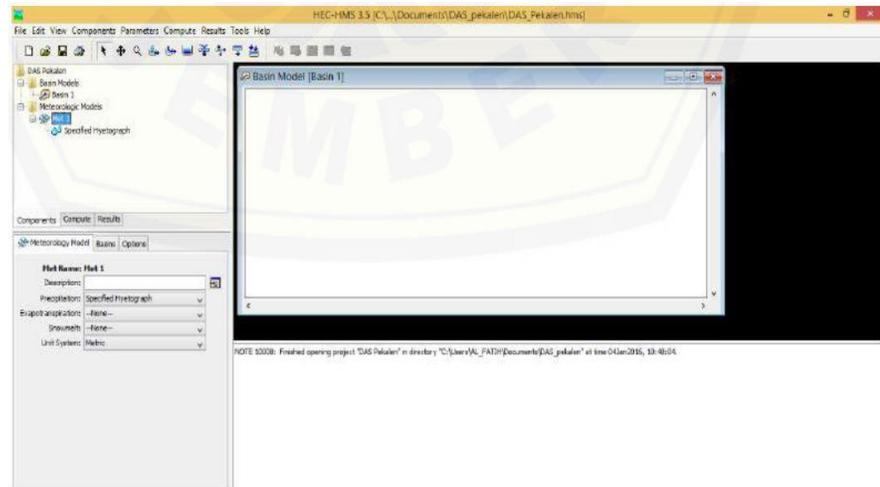


Gambar 7. Tampilan persiapan menggambar objek parameter.

Setelah selesai dengan penggambaran objek, selanjutnya diisi parameter awalan yaitu *loss method* dengan menggunakan *SCS curve number*, *transfrom mehod* menggunakan *SCS unit hydrograph* dan *base flow method* menggunakan *Constant monthly*.

2. Meteorologic model

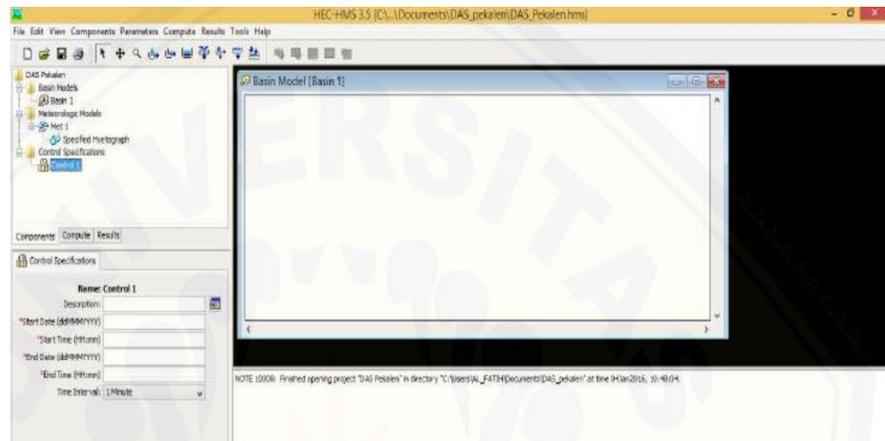
Meteorologi model berisi data sebaran stasiun hujan dan data evapotranspirasi. Meteorologi model dibuat dengan memilih menu *component* untuk memasukan data hujan.



Gambar 8. Tampilan pembuatan *meteorologic* model.

3. Control specification

Control specification yang digunakan sebagai contoh dalam proses running model (simulasi maupun kalibrasi model). Pada contoh spesifikasi model ini, diisikan tanggal memulai serta mengakhiri serta interval waktu yang dibutuhkan. *Control specification* dengan memilih menu *component*. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Tampilan pembuatan *control specification*.

4. *Time-series data*

Time-series data manager ada beberapa tipe data yang dapat dibuat.

Data tersebut antara lain data hujan, data debit, data elevasi muka air, dan data temperature. Pada menu *component* pilih *time series data manager*, selanjutnya pilih tipe data yang akan digunakan.



Gambar 10. Tampilan pembuatan *time-series* data debit.

5. *Running model*

Tombol yang ditekan pada me-running model adalah: *Compute* → *create simulation run* → *next* → *next* → *next* → *finish*. Untuk melihat hasil *running* maka dapat diklik sebagai berikut: *compute* → *select run* → *run1*. Sehingga dapat dilihat hasilnya baik berupa tabel ataupun grafik.

5. Kalibrasi parameter model HEC-HMS 4.5 dengan cara memperkirakan parameter awal berdasarkan karakteristik DAS. Optimasi dilakukan dengan membandingkan debit hasil simulasi dengan debit observasi. Dan membandingkan hasil dari data model curah hujan dan data observasi dengan menggunakan metode kesalahan relatif dan uji korelasi. Berikut adalah rumus metode kesalahan relatif dan uji korelasi. Sebagaimana yang dapat dilihat pada bab dua persamaan nomor 23.

6. Selanjutnya apabila proses kalibrasi telah di lakukan maka model diaplikasikan untuk menghitung hidrograf untuk beberapa kala ulang. Tahap ini di lakukan memberi input presifitasi berdasarkan hasil hitungan *hytograf* untuk masing-masing hujan rancangan.

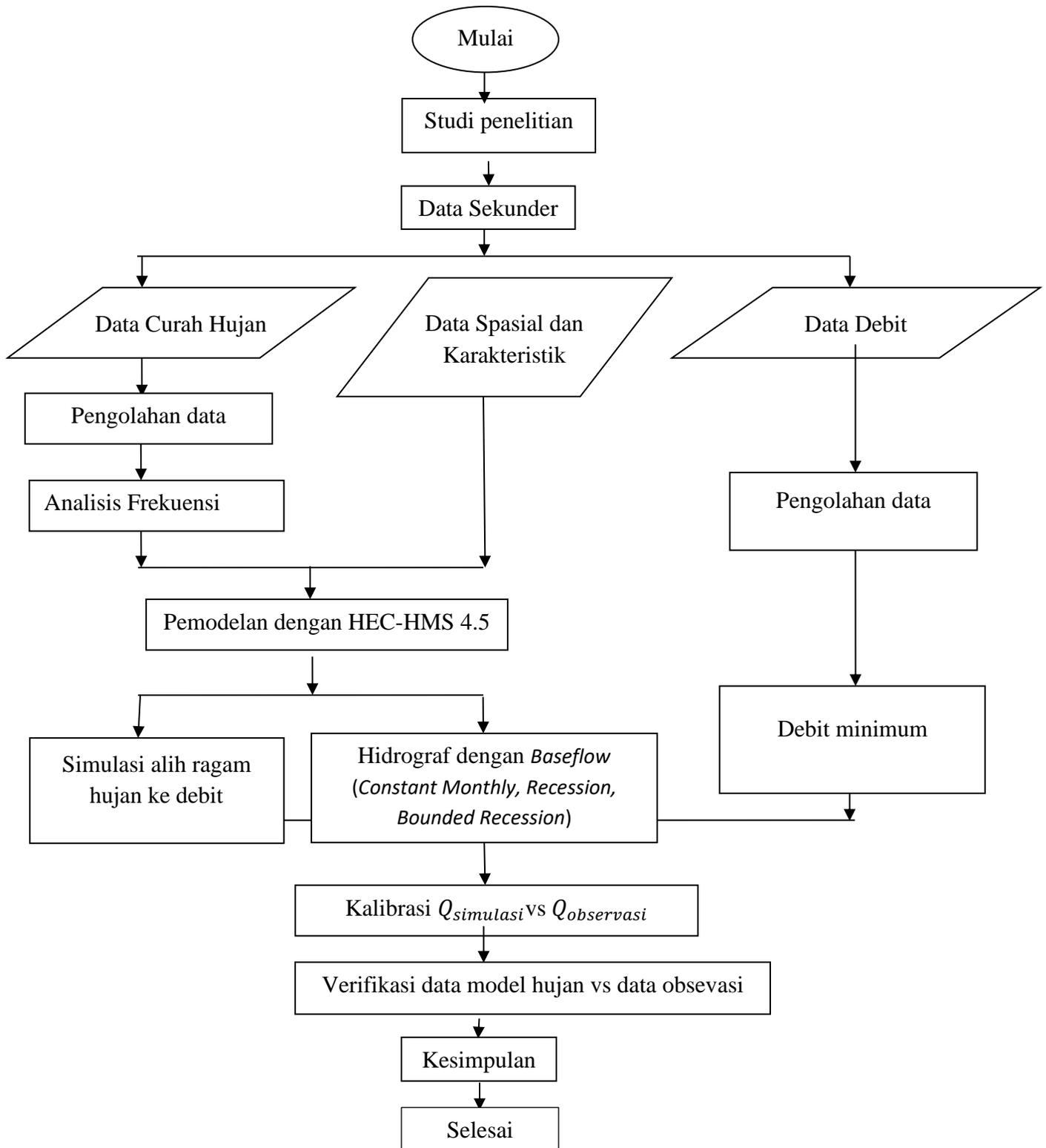
7. Analisis terhadap kurva kalibrasi antara data ukur dengan data model.

3.7 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

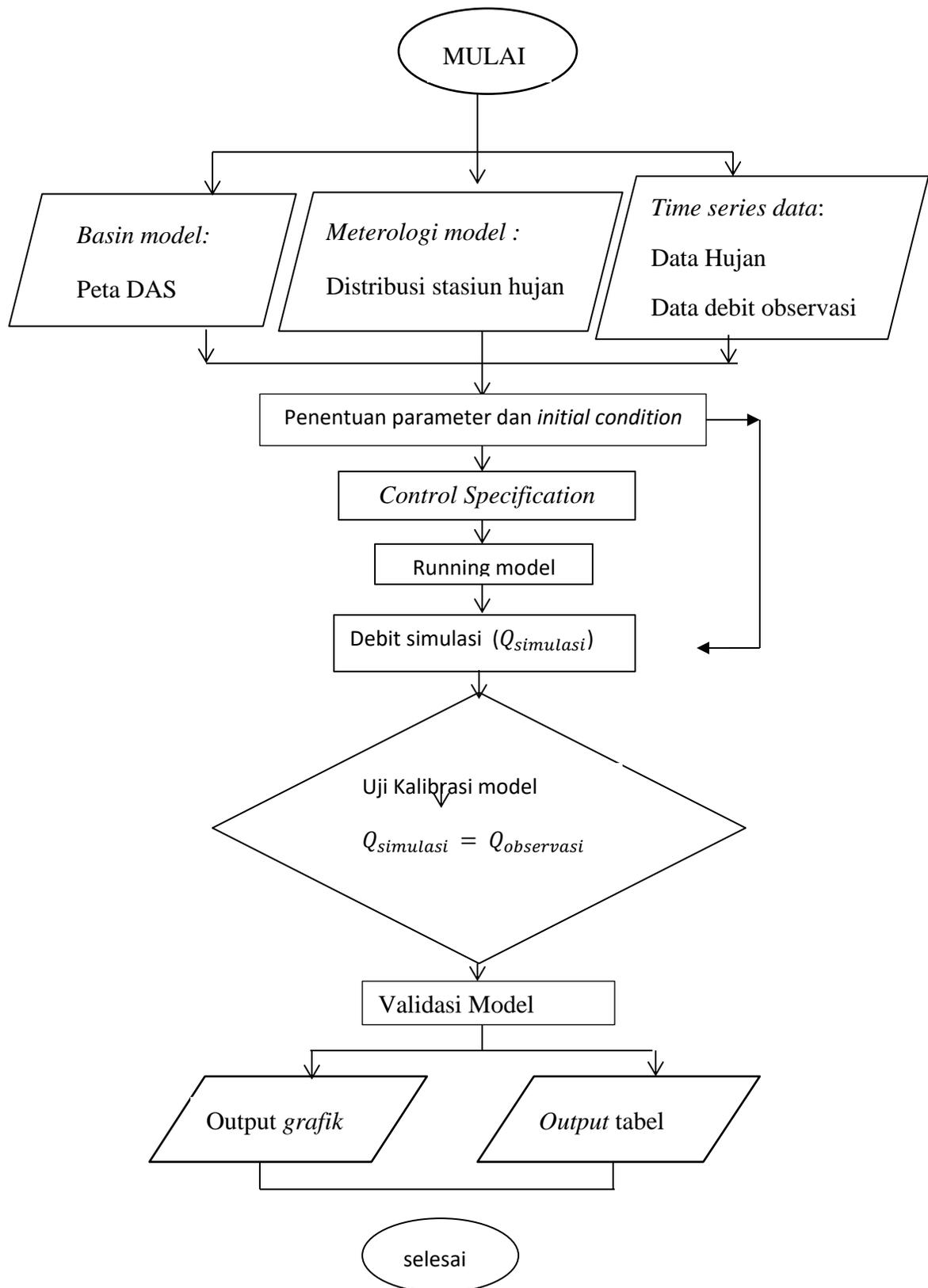
Langkah pengerjaan dilakukan dengan membagi kegiatan ke dalam tahapan-tahapan berikut :

1. Pengumpulan data hujan dan debit.
2. Analisis data hujan dan debit.
3. *Generate* DAS dengan perangkat lunak peta surya..
4. Memeriksa data hujan menggunakan metode aritmatik.
5. Perhitungan menggunakan *software* HEC-HMS 4.5.
6. Pemodelan dengan HEC – HMS 4.5 menggunakan tanpa *baseflow*.
7. Melakukan proses kalibrasi debit observasi dengan debit model.
8. Melakukan validasi debit observasi dan debit model.
9. Pembuatan laporan akhir.

Berdasarkan prosedur pengumpulan data dan pelaksanaan penelitian pada penelitian ini, maka diperlukan adanya skema alur penelitian agar memudahkan penulis dalam proses penelitian. Skema alur penelitian dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 11. Bagan Alur Penelitian.
Sumber : Hasil analisa, 2020.



Gambar 12. Bagan alur analisis HEC HMS 4.5.
Sumber : Hasil analisa 2020.

BAB V . KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: ,

1. Pemodelan hujan – debit dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak HEC-HMS 4.5. Model hidrologi dari DAS Argoguroh di bentuk 13 subdas dengan total luas Berdasarkan debit hasil perhitungan model HEC-HMS 4.5 di peroleh debit keluaran pada tahun 2014 ialah 14,4 m³/s, tahun 2015 ialah 5,0 m³/s ,tahun 2018 ialah 3,7 m³/s, dan tahun 2019 ialah 7,0 m³/s .
2. Hasil kalibrasi debit terukur dengan debit hasil HEC-HMS 4.5 menggunakan metode kalibrasi secara manual di karenakan keterbatasan data pada penelitian ini dengan kesalahan relatif. Dari hasil perhitungan yang dapat pada tahun 2014 ialah 0,5999 dengan kategori sedang, tahun 2015 ialah 0,9747 dengan kategori tinggi, tahun 2018 ialah 0,9732 dengan kategori tinggi, dan tahun 2019 ialah 0,9853 dengan kategori tinggi.

3. Hasil debit hasil perhitungan model menggunakan HECHMS 4.5 menggunakan hujan rencana kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 1000 tahun menggunakan metode *Log person* III pada kala ulang dua tahun ialah 1,7 m³/s, pada kala ulang lima tahun ialah 20,1 m³/s, pada kala ulang 10 tahun ialah 51,8 m³/s, pada kala ulang 25 tahun ialah 88,9 m³/s, pada kala ulang 50 tahun ialah 174,5 m³/s, pada kala ulang 100 tahun ialah 249,8 m³/s. pada kala ulang 200 tahun ialah 780,2 m³/s, pada kala ulang 1000 tahun ialah 927,1 m³/s

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu diadakan kelengkapan data debit pada stasiun R 106 Argoguroh – R 124 Margatiga.
2. Perlu diadakan analisis lebih lanjut terhadap kehilangan data hujan.
3. Perlu adanya penelitian secara langsung untuk mendapatkan angka debitnya agar lebih valid ketika kalibrasi menggunakan model HEC-HMS 4.5.

Daftar Pustaka

- C.D. Soemarto, 1987, "Hidrologi Teknik", Surabaya :Usaha Nasional.
- Admojo,Bambang T, 2008. " Hidrologi Terapan" .Yogyakarta: Beta Offset.
- Brotowiryatmo, S.H. 1993. "Analisis Hidrologi".Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Eko, Hartini. 2017. "Hidrologi &Hidraulika Terapan" Universitas Dian Nuswantoro,Semarang, Modul.
<https://www.coursehero.com/file/45845672/Modul-Hidrologi-Hidrolika-Terapanpdf/>
- Gufrion Elmart Situnggang, Imam Suprayogi & Trimaijon, (2018), Pemodelan Hujan -Debit Pada Sub Daerah Aliran Sungai Menggunakan Program Bantu HEC-HMS (Studi Kasus Pada Kanal Duri), 1-14, Universitas Kampus Bina Widya, Pekan Baru.
- Indarto, (2010). "Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi". Jember: Penerbit Bumi Aksara
- Nur Azizah Affandy, Nadjadji Anwar, (2011). Pemodelan Hujan - Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Sampean Baru. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Permadani, Agus, 2016. Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model HEC-HMS Di DAS Pakalen Kabupaten Porbolinggo. 1-72, Universitas Jember. Porbolinggo
- Putri, Restika. 2018. Analisis Perbandingan metode *baseflow* menggunakan *software* HEC-HMS. Universitas Lampung, Lampung
- Soediby, 2003. Teknik Bendungan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono , Takeda. (2006). Siklus Hidrologi, 1-10.
- USACE, (2000). "HEC-HMS *Technical Refrence Manual*". Hidrologic Engineering Centre US Army Corps Of Engineer. Davis, CA.

USACE, (2000). " *HEC-HMS User's Manual*". Hidrologic Engineering Centre
US Army Corps Of Engineer. Davis,CA.

BR, Sri Harto. (1993). Analisis Hidrologi. PT. Gramedia Pustaka Utama.Jakarta.

Wijaya, Riki C; Lasminto,U, 2016. Pemodelan Sungai Bengawan Solo Untuk
Memprediksi Area Ganda Banjir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya, VOL. 11, NO. 24, DECEMBER 2016.

.

.