

LAPORAN PENELITIAN



PEMODELAN BANJIR WADUK JATIBARANG KOTA SEMARANG

Tim Penelitian:

Ketua:

Ratih Pujiastuti, ST., MT.

NIDN. 0623068302

Anggota:

Abdullah, ST., MT

NIDN. 0629096901

Anindya Syahma Nabilda

NIM. 18210013

Aldila Winda Merytsa

NIM. 18210034

UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI

(UNDARIS)

UNGARAN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Pemodelan Banjir Waduk Jatibarang Kota Semarang
Pelaksana :
Ketua:
a. Nama Lengkap : Ratih Pujiastuti, ST., MT.
b. NIDN : 0623068302
c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Fakultas : Teknik, UNDARIS
f. Nomor HP : 085743401773
Anggota 1:
a. Nama Lengkap : Abdullah, ST., MT.
b. NIDN : 0019046101
c. Jabatan Fungsional : Lektor
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Fakultas : Teknik, UNDARIS
Anggota 2:
a. Nama Lengkap : Anindya Syahma Nabilda
b. NIM : 18210013
Anggota 3:
a. Nama Lengkap : Aldila Winda Merytsa
b. NIM : 18210034
Lama Penelitian : Februari 2021 – Desember 2021
Biaya Penelitian : Rp. 8.000.000,-
Sumber Dana : Mandiri

Ungaran, Desember 2021

Ketua Tim Penelitian



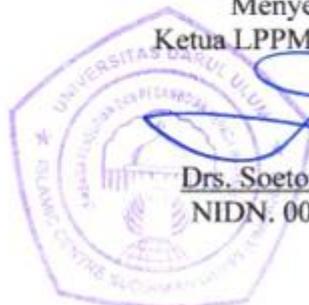
Ratih Pujiastuti, ST., MT
NIDN. 0623068302

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik
UNDARIS



Drs. Mulyoto, MPd.
NIDN. 0609115901

Menyetujui,
Ketua LPPM UNDARIS



Drs. Soetomo, M.Pd
NIDN. 001096002

ABSTRAK

Waduk memiliki kemampuan untuk mereduksi debit banjir melalui tampungan banjirnya. Penting untuk diketahui nilai besara debit yang masuk dan keluar dari sebuah waduk guna mitigasi banjir di daerah hilirnya. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk memodelkan banjir pada Waduk Jatibarang yang akan dilakukan dengan bantuan perangkat HEC-HMS.

Pada penelitian ini diperlukan data topografi, data pencatatan curah hujan dan data penggunaan lahan dan jenis tanah. Adapun analisa yang dilakukan antara lain delinasi daerah aliran sungai (DAS), analisa higrologi yang meliputi curah hujan DAS, debit banjir rencana menggunakan HEC-HMS.

Dari hasil analisa diketahui bahwa luas DAS mencapai 53 km². Hujan rencana kala ulang PMF sebesar 754.74 mm. Dari pemodelan HEC-HMS diperoleh nilai debit banjir kala ulang PMF adalah 3.692 m³/dtk

Kata Kunci: *Waduk Jatibarang, Debit Banjir, HEC-HMS*

ABSTRACT

A reservoir has the ability to reduce flood discharge through its flood storage. It is important to know the values of the inflow and outflow discharge of a reservoir for flood mitigation in the downstream area. Therefore, a study is conducted to model flooding in the Jatibarang Reservoir with the help of HEC-HMS software.

This study requires topographic data, rainfall data, land use data, and soil type data. The analysis conducted includes the delineation of the watershed (DAS), hydrological analysis which includes rainfall in the watershed, and flood discharge planning using HEC-HMS.

From the analysis, it is known that the watershed area is 53 km². The planned rainfall with a return period of PMF is 754.74 mm. From the HEC-HMS modeling, the flood discharge with a PMF return period is obtained as 3.692 m³/second.

Keywords: *Jatibarang Reservoir, Flood Discharge, HEC-HMS*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Penelitian ini dengan judul "Pemodelan Banjir Waduk Jatibarang Kota Semarang".

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran debit banjir pada Waduk Jatibarang.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan ini, yaitu kepada:

1. Rektor UNDARIS Ungaran
2. Ketua LPPM UNDARIS
3. Dekan Fakultas Teknik UNDARIS
4. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran dan tersusunnya laporan ini.

Kami menyadari laporan ini masih banyak kekurangan. Untuk itu masukan berupa kritik dan saran kami harapkan guna perbaikan di masa yang akan datang.

Ungaran, Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	2
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	1
a. Maksud.....	1
b. Tujuan.....	1
1.3 Lokasi Penelitian.....	1
BAB II STUDI PUSTAKA	3
2.1 Pengertian Banjir	3
2.2 Analisis Hidrologi.....	3
2.3.1 Daerah aliran sungai (DAS).....	4
2.3.2 Curah Hujan Area.....	4
2.3.3 Analisis Frekuensi	8
2.3 Model HEC-HMS untuk Analisa Debit Banjir.....	11
2.3.4 Basin Model (Model Daerah Tangkapan Air).....	12
2.3.5 Sub Basin Loss Rate Method (Proses Kehilangan Air).....	13
2.3.6 Sub Basin Transform (Transformasi Hidrograf Satuan Limpasan).....	16
2.3.7 Reach (Penghubung Antar Simpul).....	17
2.3.8 Meteorologic Model (Model Data Curah Hujan)	17
2.3.9 Run Configuration (Konfigurasi Eksekusi Data)	17
2.3.10 Kalibrasi Model	18
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Pengumpulan Data.....	19

3.2	Metode Analisis	19
BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN		21
4.1	Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)	21
4.2	Analisis Curah Hujan.....	21
4.3	Model HEC-HMS untuk Analisa Debit Banjir	24
4.3.1	Kalibrasi Model	26
4.3.2	Output Model.....	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		30
5.1	Kesimpulan	30
5.2	Saran	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1. Peta Lokasi Bendungan Jatibarang.....	2
Gambar 2-1. Poligon <i>Thiessen</i> (Soemarto, 1999)	6
Gambar 2-2. Metode Isohyet (Soemarto, 1999).....	7
Gambar 2-3. Basin Model Pada Lokasi Studi	13
Gambar 2-4. Bagan Alir Model Penentuan Nilai CN.....	14
Gambar 2-5. Peta Nilai CN dengan Landuse Tahun 2009	16
Gambar 2-6. Bagan Alir HEC-HMS	17
Gambar 3-1. Bagan alir penelitian	20
Gambar 4-1. Peta DAS dan Lokasi Stasiun Hujan.....	23
Gambar 4-2. Peta Polygon Thiessen	24
Gambar 4-3. Basin Model Pada Lokasi Studi	25
Gambar 4-4. Peta Nilai CN dengan Landuse Tahun 2009	26
Gambar 4-5. Peta Lokasi Pos Duga Air yang Digunakan Untuk Kalibrasi	27
Gambar 4-6. Hasil Kalibrasi Hec-HMS di Sta Panjangan	27
Gambar 4-7. Hasil Verifikasi Hec-HMS di Sta Panjangan	28
Gambar 4-8. Hydrograph Banjir Hasil Model HEC-HMS di Simongan	28

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1.Harga CN untuk Berbagai Tipikal Penggunaan Lahan.....	14
Tabel 4-1.Hujan Harian di DAS Garang	22
Tabel 4-2.Hujan rata2 di DAS Garang	24
Tabel 4-3.Debit Banjir pada Berbagai Kala Ulang Hasil Analisis Hec-HMS Dibandingkan dengan Studi-studi Terdahulu	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan Waduk Jatibarang di Kota Semarang utamanya digunakan untuk pengendalian banjir serta menunjang pemenuhan kebutuhan RKI. Waduk Jatibarang dibangun mulai tahun 2008 dan selesai tahun 2014. Waduk ini mulai beroperasi pada tahun 2015. Kapasitas tampungan total adalah 20,4 juta m³, sedangkan kapasitas *dead storage* 6,8 juta m³.

Fungsi utama Waduk Jatibarang adalah pengendalian banjir untuk Kota Semarang. Waduk memiliki kemampuan untuk mereduksi debit banjir melalui tampungan banjirnya. Penting untuk diketahui nilai besara debit yang masuk dan keluar dari sebuah waduk guna mitigasi banjir di daerah hilirnya. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk memodelkan banjir pada Waduk Jatibarang yang akan dilakukan dengan bantuan perangkat HEC-HMS.

1.2 Maksud dan Tujuan

a. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah memodelkan debit banjir untuk Waduk Jatibarang

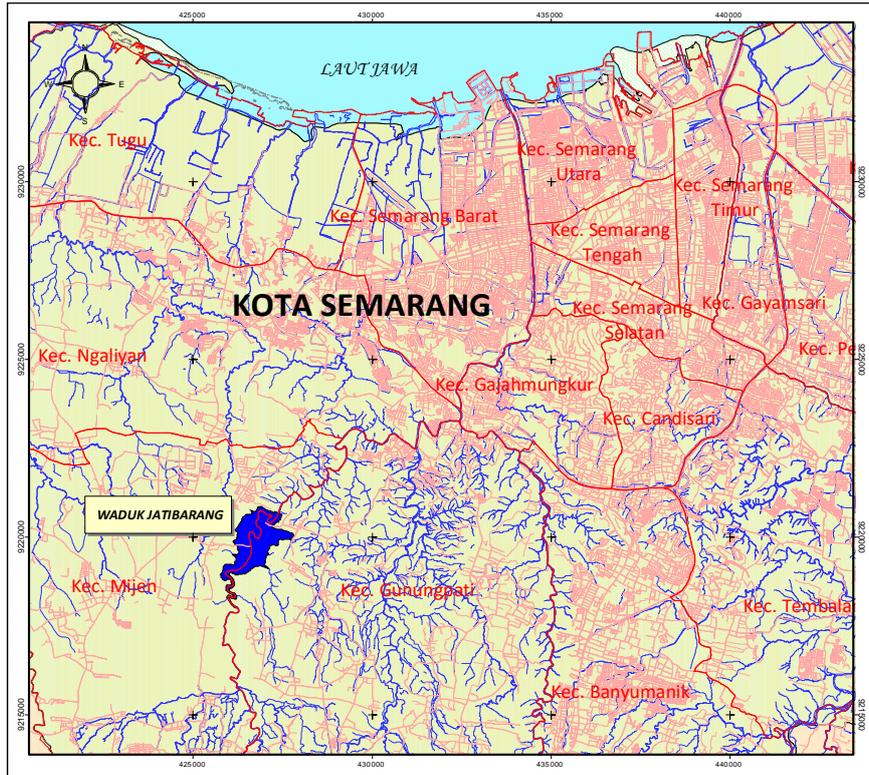
b. Tujuan

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung Curah Hujan
- b. Menghitung Debit Banjir

1.3 Lokasi Penelitian

Lokasi Pekerjaan adalah kecamatan Gunung Pati (kelurahan Kandri dan kelurahan Jatirejo); kecamatan Mijen (kelurahan Kedungpane dan kelurahan Jatibarang), kota Semarang, provinsi Jawa Tengah dan dengan home base dari konsultan pelaksana pekerjaan adalah di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah dengan daerah studi kasus di Waduk Jatibarang dan wilayah hilirnya.



Gambar 1-1. Peta Lokasi Bendungan Jatibarang

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Pengertian Banjir

Banjir terjadi ketika curah hujan dan limpasan melebihi kapasitas alur sungai untuk mengangkut debit aliran yang meningkat. (Arsyad, 2006) menjelaskan bahwa banjir yang menggenangi kawasan perkotaan atau pedesaan maupun pertanian pada musim hujan terjadi sebagai akibat tidak tertampungnya aliran permukaan yaitu air yang mengalir di permukaan tanah oleh sungai dan saluran air lainnya. Di Indonesia, pada kota-kota besarnya hampir semuanya berada di dataran banjir, antara lain seperti Jakarta, Semarang, Surabaya, Bandung.

Banjir terjadi akibat tingginya curah hujan yang turun, sedangkan drainase internal tidak mampu mengalirkan air dengan baik. Karena itu perlu untuk dilakukan manajemen air dengan baik dan terintegrasi mulai dari kawasan hulu sampai hilir. Di Kabupaten Semarang, sungai dan kanal digunakan sebagai media tampungan air (*long storage*), saluran pembawa (*conveyor drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Namun seiring dengan pertumbuhan penduduk dan semakin luasnya permukiman, lahan rawa, sungai dan kanal yang berfungsi sebagai kawasan tampungan air semakin berkurang dan menyusut.

2.2 Analisis Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi, seperti besarnya curah hujan, temperature, penguapan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah terhadap waktu. Data hidrologi dianalisis untuk membuat keputusan dan menarik kesimpulan mengenai fenomena hidrologi berdasarkan Sebagian data hidrologi yang dikumpulkan (Soewarno, 1995).

Langkah-langkah analisis hidrologi sebagai berikut:

- a. Menentukan luas daerah aliran sungai (DAS)
- b. Menentukan hujan kawasan

- c. Menentukan distribusi probabilitas untuk analisis frekuensi
- d. Menentukan curah hujan rencana periode ulang T tahun
- e. Menghitung debit banjir rencana untuk periode ulang T tahun

2.3.1 Daerah aliran sungai (DAS)

Daerah aliran sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Dalam skala luasan kecil DAS disebut *Cathment Area* adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau batas-batas pemisah topografi yang berfungsi menerima, menyimpan dan mengalirkan curah hujan yang jatuh di atasnya ke alur-alur sungai dan terus mengalir ke anak sungai dan ke sungai utama dan akhirnya bermuara ke danau/waduk atau ke laut.

2.3.2 Curah Hujan Area

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan/ penelitian pembuatan embung. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun debit merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) pada waktu yang sama (Sosrodarsono dan Takeda, 1993).

Curah hujan wilayah ini dapat diperhitungkan dengan beberapa cara, antara lain :

1. Metode Rata-Rata Aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan yang didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar hujan di dalam areal tersebut. Jadi cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di areal tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal (Soemarto,

1999).

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

di mana :

\bar{d} = tinggi curah hujan rata-rata (mm)

d_1, d_2, d_n = tinggi curah hujan pada pos penakar 1, 2, ..., n (mm)

n = banyaknya pos penakar

2. Metode Poligon Thiessen

Cara ini berdasar rata-rata timbang (*weighted average*). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien *Thiessen*. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien *Thiessen* tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien *Thiessen* dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini dan diilustrasikan pada Gambar 2.1 (Soemarto, 1999).

$$C = \frac{A_i}{A_{total}}$$

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

di mana :

C = Koefisien *Thiessen*

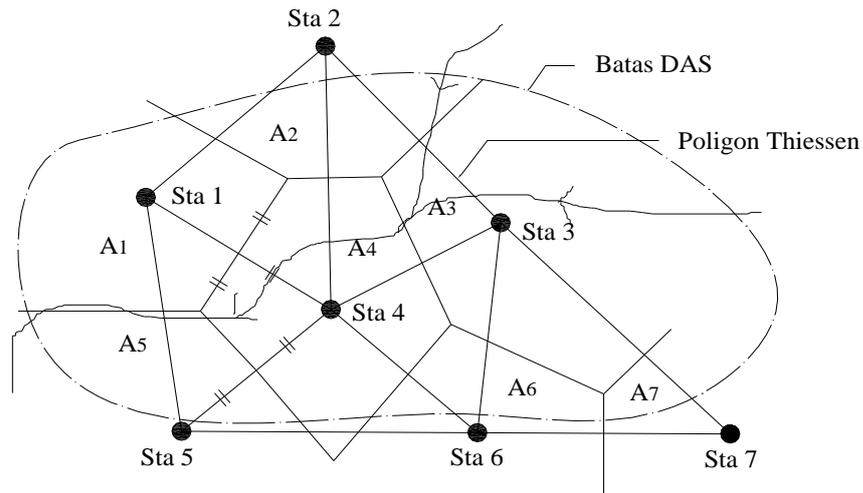
A_i = Luas pengaruh dari stasiun pengamatan i (km²)

A = Luas total dari DAS (km²)

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan pada setiap titik stasiun hujan (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan



Gambar 2-1. Poligon *Thiessen* (Soemarto, 1999)

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada metode ini adalah sebagai berikut :

- Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah stasiun;
- Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan;
- Topografi daerah tidak diperhitungkan dan stasiun hujan tidak tersebar merata.

3. Metode Rata-Rata Isohyet

Dengan cara ini, kita dapat menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama (*isohyet*). Kemudian luas bagian diantara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan nilai rata-rata dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur, kemudian dikalikan dengan masing-masing *isohyets*. Hasilnya dipindahkan dan dibagi dengan total daerah, maka akan didapat curah hujan areal yang dicari, seperti ditulis pada persamaan di bawah ini (Soemarto, 1999).

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

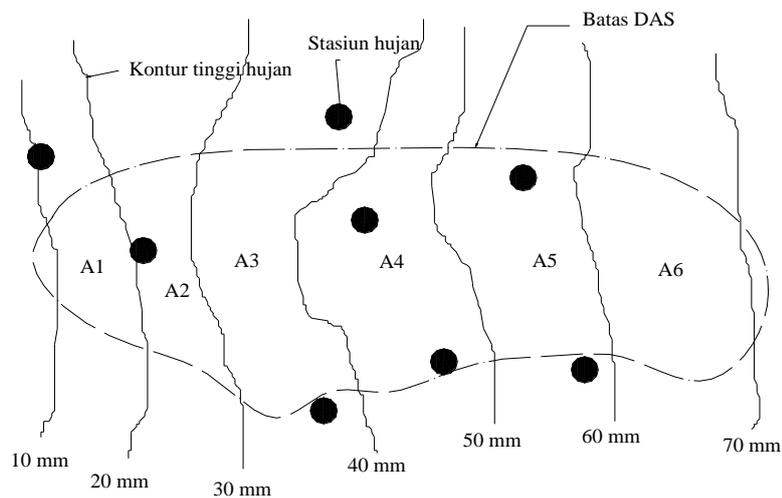
dimana :

\bar{R} = Curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di garis *Isohyet* (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian yang dibatasi oleh *Isohyet-Isohyet* (km²)

Metode *Isohyet* adalah cara yang paling teliti untuk mendapatkan hujan areal rata-rata, tetapi memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat yang memungkinkan untuk membuat *isohyet*. Pada saat menggambar garis-garis *isohyet*, sebaiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (hujan *orografik*). Untuk lebih jelasnya mengenai metode ini dapat diilustrasikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2-2. Metode Isohyet (Soemarto, 1999)

Dalam analisis curah hujan diperlukan data lengkap dalam arti kualitas dan panjang periode data. Data curah hujan umumnya ada yang hilang dikarenakan sesuatu hal atau dianggap kurang panjang jangka waktu pencatatannya. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data lengkap dan diusahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus yaitu (Soemarto, 1999).

$$R_x = \frac{1}{n} \left(\frac{\bar{R}_x}{R_A} R_A + \frac{\bar{R}_x}{R_B} R_B + \dots + \frac{\bar{R}_x}{R_N} R_N \right)$$

dimana :

R_x = Curah hujan di stasiun x yang akan dilengkapi (mm)

\bar{R}_x = Curah hujan rata-rata di stasiun x (mm)

R_A, R_B, \dots, R_N = Curah hujan di sta A, sta B, sampai sta N (mm)

$\bar{R}_A, \bar{R}_B, \dots, \bar{R}_N$ = Curah hujan rata-rata sta A, sta B, sampai sta N (mm)

n = Jumlah stasiun yang menjadi acuan

2.3.3 Analisis Frekuensi

Penentuan jenis metode akan digunakan untuk analisis frekuensi dilakukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut :

- Metode Gumbel Tipe I
- Metode Log Pearson Tipe III
- Metode Log Normal
- Metode Normal

1. Metode Gumbel Tipe I

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan Metode Gumbel Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Hubungan antara periode ulang T dengan Y_T dapat dihitung dengan rumus (Soemarto, 1999) :

$$Y_T = -\ln \left[-\ln \frac{T-1}{T} \right]$$

dimana :

X_T = Nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun (mm)

\bar{X} = Nilai rata-rata hujan (mm)

S = Deviasi standar (simpangan baku)

Y_T = Nilai reduksi variat (*reduced variate*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun, seperti dituliskan pada Tabel 2.3

Y_n = Nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1

S_n = Deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n)

2. Metode Log Pearson Tipe III

Metode Log Pearson III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan

merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + K.S$$

di mana :

Y = Nilai logaritmik dari X atau log X

X = Curah hujan (mm)

\bar{Y} = Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai Y

S = Deviasi standar nilai Y

K = Karakteristik distribusi peluang Log-Pearson Tipe III, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$.
2. Menghitung harga rata-ratanya dengan rumus berikut :

$$\overline{\log(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n}$$

dimana :

$\overline{\log(X)}$ = Harga rata-rata logaritmik

n = Jumlah data

X_i = Nilai curah hujan tiap-tiap tahun (R_{24} maks) (mm)

3. Menghitung harga deviasi standarnya (Sd) dengan rumus berikut :

$$Sd \log x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^2}{n-1}}$$

dimana :

Sd = Deviasi standar

4. Menghitung koefisien *skewness* (Cs) dengan rumus :

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^3}{(n-1)(n-2)Sd^3}$$

dimana :

C_s = Koefisien *skewness*

5. Menghitung logaritma hujan rencana dengan periode ulang T tahun dengan rumus :

$$\text{Log}(X_T) = \overline{\log(X)} + K \cdot S_d$$

dimana :

X_T = Curah hujan rencana periode ulang T tahun (mm)

K = Harga yang diperoleh berdasarkan nilai C_s yang didapat
(Tabel 2.4)

6. Menghitung koefisien kurtosis (C_k) dengan rumus :

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(X_i) - \overline{\log(X)}\}^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4}$$

dimana :

C_k = Koefisien kurtosis

7. Menghitung koefisien variasi (C_v) dengan rumus :

$$C_v = \frac{S_d}{\overline{\log(X)}}$$

dimana :

C_v = Koefisien variasi

S_d = Deviasi standar

3. Metode Log Normal

Metode log normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$X_T = \bar{X} + K_t \cdot S$$

dimana :

X_T = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang T tahun.

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

S = Standar Deviasi data hujan maksimum tahunan

K_t = *Standard Variable* untuk periode ulang T tahun yang besarnya diberikan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5

4. Metode Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga disttibusi Gauss.

$$X_T = \bar{X} + Kt.Sd$$

dimana :

X_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun.

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm)

Sd = Standar Deviasi data hujan maksimum

Kt = Standard Variable untuk periode ulang 1 tahun

2.3 Model HEC-HMS untuk Analisa Debit Banjir

Pada studi ini, debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan model matematik dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS. Digunakan perangkat lunak HEC-HMS karena merupakan perangkat lunak “Public Domain” pengoperasiannya menggunakan sistem yang dapat digunakan sejalan dengan “Windows Environment”. Oleh karena itu penyiapan data, eksekusi model, dan melihat hasilnya dapat dalam berbagai bentuk (dalam bentuk tabel dan grafik satuan waktu) yang dapat dilakukan langsung dalam model ini. Peta background dan data daerah tangkapan air dapat dengan mudah dimasukkan kedalam model dengan teknologi Geographic Information System (GIS) dan Computer Aided Design (CAD).

HEC-HMS adalah software yang dikembangkan oleh U.S Army Corps of Engineering. Software ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (run off) dari sebuah wilayah sungai. HEC-HMS di desain untuk bisa diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi suplai air daerah pengaliran sungai, hidrologi banjir, dan limpasan air di

daerah kota kecil ataupun kawasan tangkapan air alami. Hidrograf satuan yang dihasilkan dapat digunakan langsung ataupun digabungkan dengan software lain yang digunakan dalam ketersediaan air, drainase perkotaan, ramalan dampak urbanisasi, desain pelimpah, pengurangan kerusakan banjir, regulasi penanganan banjir, dan sistem operasi hidrologi (U.S Army Corps of Engineering, 2001).

Model HEC-HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian

untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS (Daerah Aliran Sungai). Model HEC–HMS mengemas berbagai macam metode yang digunakan dalam analisa hidrologi. Dalam pengoperasiannya menggunakan basis sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan. Di dalam model HEC–HMS mengangkat teori klasik hidrograf satuan untuk digunakan dalam permodelannya, antara lain hidrograf satuan sintetik Synder, Clark, SCS, ataupun kita dapat mengembangkan hidrograf satuan lain dengan menggunakan fasilitas user define hydrograph (U.S Army Corps of Engineering, 2001). Sedangkan untuk menyelesaikan analisis hidrologi ini, digunakan hidrograf satuan sintetik dari SCS (soil conservation service) dengan menganalisa beberapa parameternya, maka hidrograf ini dapat disesuaikan dengan kondisi di Pulau Jawa.

Konsep dasar perhitungan dari model HEC–HMS adalah data hujan sebagai input air untuk satu atau beberapa sub daerah tangkapan air (sub basin) yang sedang dianalisa. Jenis datanya berupa intensitas, volume, atau komulatif volume hujan. Setiap sub basin dianggap sebagai suatu tandon yang non linier dimana inflownya adalah data hujan. Aliran permukaan, infiltrasi, dan penguapan adalah komponen yang keluar dari sub basin.

Langkah – langkah dalam perhitungan debit banjir rencana dengan HEC-HMS :

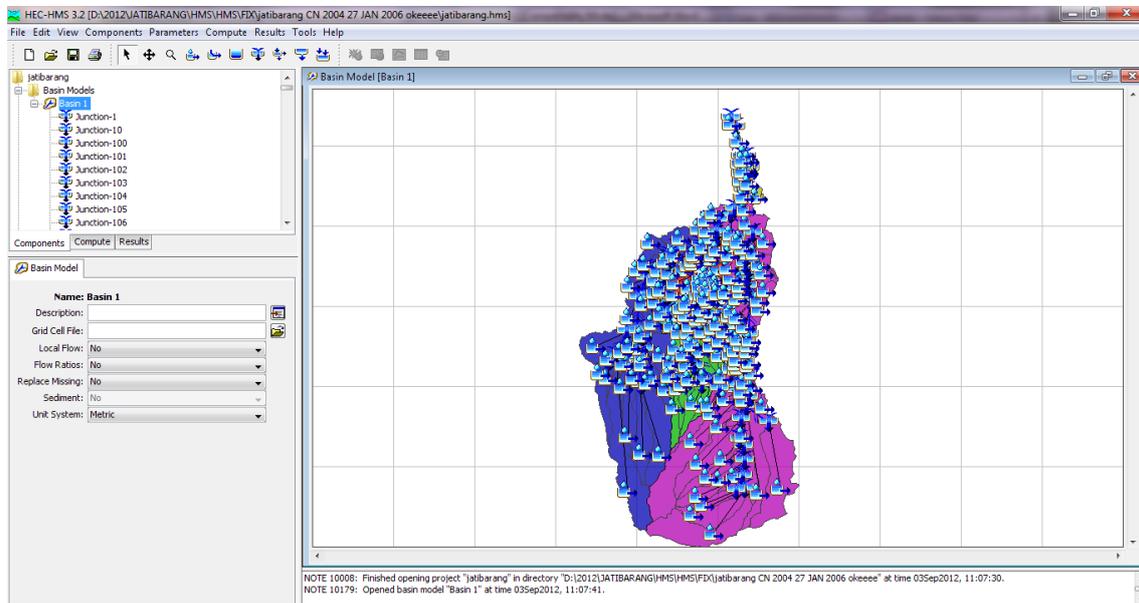
1. Membuat *basin model* , untuk menggambarkan DAS dan elemen-elemennya.
2. Membuat meteorologic model sebagai input data bagi basin model.
3. Membuat control spesification yang digunakan sebagai control terhadap data pada meteorologic model.
4. Menjalankan program dengan run manager untuk mendapatkan hasil simulasi.

2.3.4 Basin Model (Model Daerah Tangkapan Air)

Pada basin model tersusun atas gambaran fisik daerah tangkapan air dan sungai. Elemen-elemen hidrologi berhubungan dengan jaringan yang mensimulasikan proses limpasan permukaan (run off). Permodelan hidrograf satuan memiliki kelemahan pada luas area yang besar, maka perlu dilakukan pemisahan area basin menjadi beberapa sub basin berdasarkan percabangan sungai, dan perlu diperhatikan batas-batas luas daerah

yang berpengaruh pada DAS tersebut.

Pada basin model ini dibutuhkan peta background yang dapat diimport dari CAD (Computer Aided Design) maupun GIS (Geografic Information System). Elemen-elemen yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan adalah subbasin, reach, dan junction.

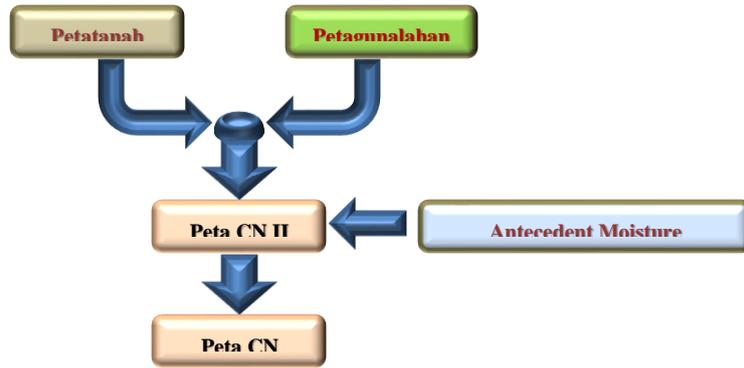


Gambar 2-3. Basin Model Pada Lokasi Studi

2.3.5 Sub Basin Loss Rate Method (Proses Kehilangan Air)

Loss rate method adalah pemodelan untuk menghitung kehilangan air yang terjadi karena proses intersepsi dan pengurangan tampungan. Metode yang digunakan pemodelan ini adalah SCS Curve Number. Metode ini terdiri dari parameter Curve Number dan Impervious, yang menggambarkan keadaan fisik DAS seperti tanah, dan tataguna lahan. Faktor-faktor utama yang digunakan untuk menentukan harga CN adalah jenis tanah, jenis penutupan lahan, pengusahaan, kondisi hidrologi, dan “Antecedent Runoff Condition” (ARC). Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah apakah hubungan langsung antara lahan kedap dengan sistim drainasi atau aliran tersebar dan tak terhubung dengan sistem drainase. Nilai CN berkisar dari 100 (untuk badan air) dan nilai CN sekitar 30 untuk tanah yang lolos air.

Curve Number- Estimation Model (CN-EM)



Gambar 2-4. Bagan Alir Model Penentuan Nilai CN

Besarnya CN tipe II untuk berbagai daerah aliran sungai dievaluasi berdasarkan beberapa hal berikut;

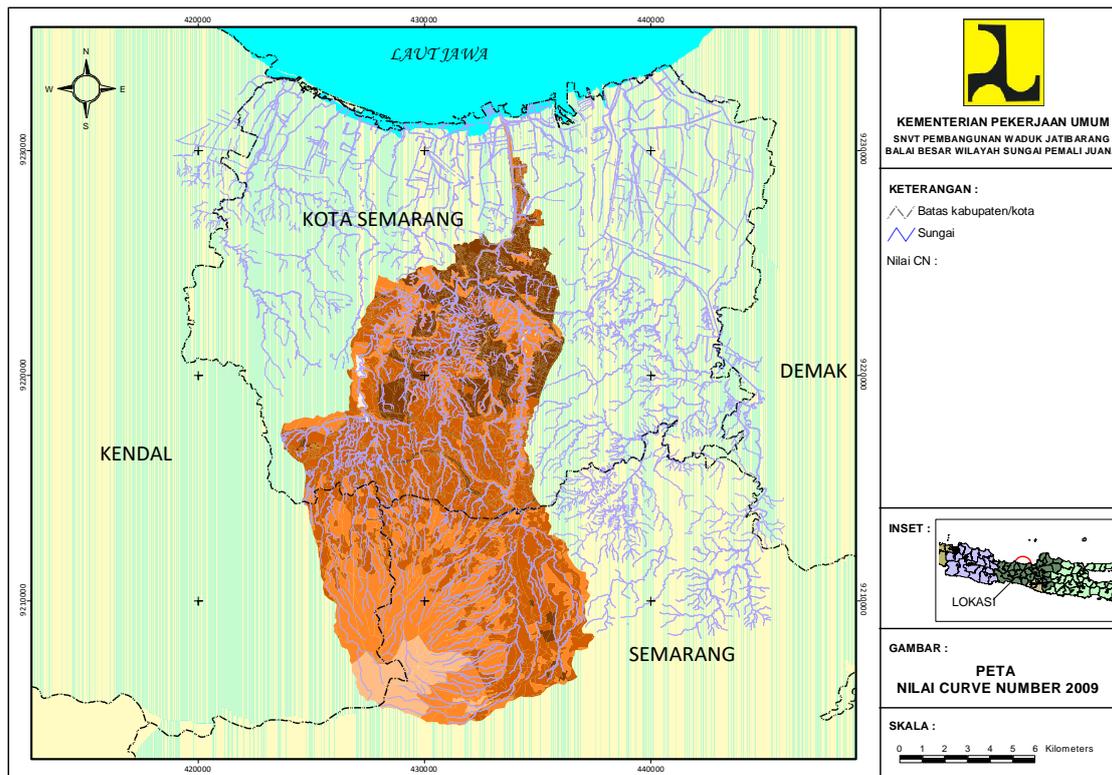
1. Jenis tanah (SCS soil types classified into Soil Hydrologic groups on the basis of their measured or estimated infiltration behavior);
2. Vegetasi yang menutupi lahan dan penggunaannya;
3. Antecedent soil-moisture content (AMC) tergantung dari hujan 5 hari sebelumnya, CNI digunakan bila hujan sebelumnya kurang dari 1,4 inch dan CNII di gunakan bila total hujan sebelumnya 2,1 inch.

Dalam sebuah sub DAS umumnya jenis tanah dan tutupan lahan sangat heterogen serta garis batas keduanya tidak akan sama, sehingga diperlukan Curve Number rata-rata yang dihitung dari setiap grid.

Tabel 2-1. Harga CN untuk Berbagai Tipikal Penggunaan Lahan

DESKRIPSI	RATA-RATA % IMPERVIOU S	Harga CN “Hidrologi Soil Goup”				Tipikal Penggunaan Lahan
		A	B	C	D	
Pemukiman sangat padat	65	77	85	90	92	Multi-family, Apartments, Condos, Trailer Parks
Pemukiman agak padat	30	57	72	81	86	Single-Family, Lot Size ¼ to 1 acre
Pemukiman jarang	13	48	66	78	83	Single-Family, Lot Size 1 acre and Greater
Komersial	85	89	92	94	95	Strip Commercial, Shopping Ctrs, Convenience Stores

DESKRIPSI	RATA-RATA % IMPERVIUOUS	Harga CN “Hidrologi Soil Goup”				Tipikal Penggunaan Lahan
		A	B	C	D	
Industri	72	81	88	91	93	Light Industrial, Schools, Prisons, Treatment Plants
Transisi / Perubahan	5	76	85	89	91	Gravel Parking, Quarries, Land Under Development
Pertanian	5	67	77	83	87	Cultivated Land, Row crops, Broadcast Legumes
Tanah terbuka	5	39	61	74	80	Parks, Golf Courses, Greenways, Grazed Pasture
Perdu/Ladang	5	30	58	71	78	Hay Fields, Tall Grass, Ungrazed Pasture
Hutan lebat	5	30	55	70	77	Forest Litter and Brush adequately cover soil
Hutan	5	43	65	76	82	Light Woods, Woods-Grass combination, Tree Farms
Kedap air	95	98	98	98	98	Paved Parking, Shopping Malls, Major Roadways
Air	100	100	100	100	100	Water Bodies, Lakes, Ponds, Wetlands



Gambar 2-5. Peta Nilai CN dengan Landuse Tahun 2009

2.3.6 Sub Basin Transform (Transformasi Hidrograf Satuan Limpasan)

Air hujan yang tidak terinfiltrasi atau jatuh secara langsung ke permukaan tanah akan menjadi limpasan. Ketika limpasan terjadi pada cekungan suatu DAS, akan mengalir sesuai dengan gradien kemiringan tanah menjadi aliran permukaan (*direct runoff*). *Transform method* (metode transformasi) digunakan untuk menghitung aliran langsung dari limpasan air hujan. Dalam laporan digunakan *SCS Unit Hydrograph*.

Pada pemodelan ini parameter yang dibutuhkan adalah Lag, yaitu tenggang waktu (time lag) antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Parameter ini didasarkan pada data dari beberapa daerah tangkapan air pertanian. Parameter tersebut dibutuhkan untuk menghitung puncak dan waktu hidrograf, secara otomatis model HEC-HMS akan membentuk ordinat-ordinat untuk puncak hidrograf dan fungsi waktu.

Lag (T_p) dapat dicari dengan rumus :

$$T_p = 0,6 \times t_c$$

$$t_c = \left(\frac{0,87 \cdot L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0,385}$$

Dimana :

- L = Panjang lintasan maksimum
- S = Kemiringan rata-rata
- tc = Waktu konsentrasi

2.3.7 Reach (Penghubung Antar Simpul)

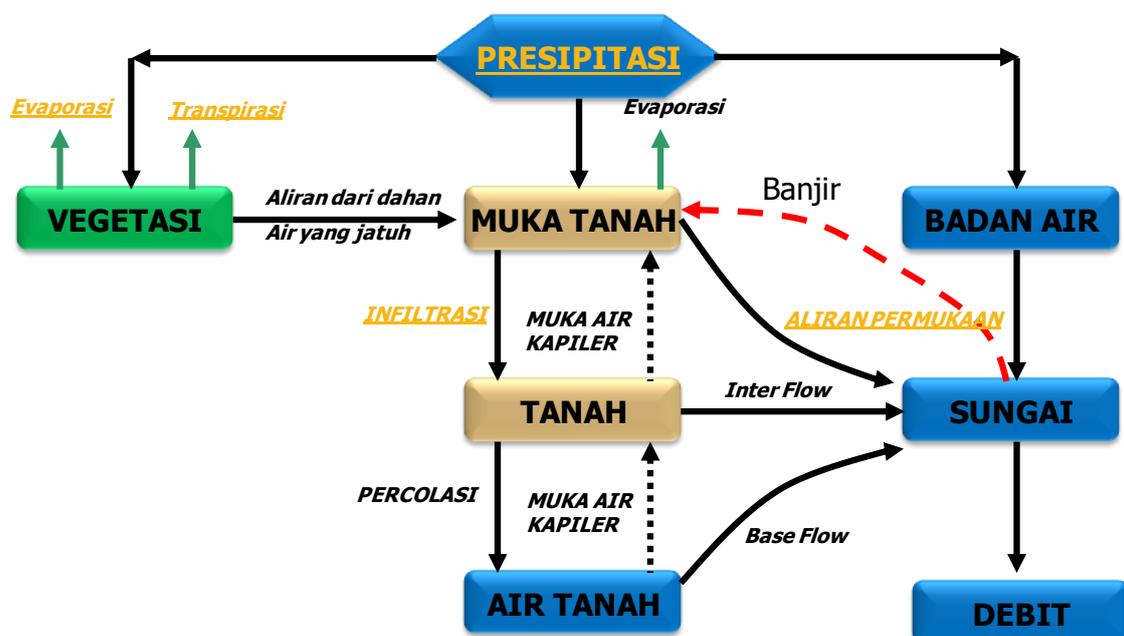
Reach merupakan pemodelan yang menggambarkan metode penelusuran banjir (*flood routing*).

2.3.8 Meteorologic Model (Model Data Curah Hujan)

Meteorologic Model merupakan data curah hujan (*presipitation*) efektif dapat berupa 5 menit atau jam-jaman. Perlu diperhatikan bahwa curah hujan kawasan diperoleh dari hujan rerata metode Thiessen dengan memperhatikan pengaruh stasiun curah hujan pada kawasan tersebut. Bila 1 kawasan mendapat pengaruh dua dari tiga stasiun hujan yang digunakan, maka hujan rerata kawasan tersebut dihitung dari hujan rencana dua stasiun hujan tersebut.

2.3.9 Run Configuration (Konfigurasi Eksekusi Data)

Setelah semua variabel masukan di atas dimasukkan, untuk mengeksekusi pemodelan agar dapat berjalan, maka basin model dan meteorologic model harus disatukan. Pemodelan dengan menggunakan HEC-HMS dapat dilakukan kalibrasi dengan menggunakan data observasi sehingga dapat disimulasikan debit banjir yang mendekati sebenarnya.

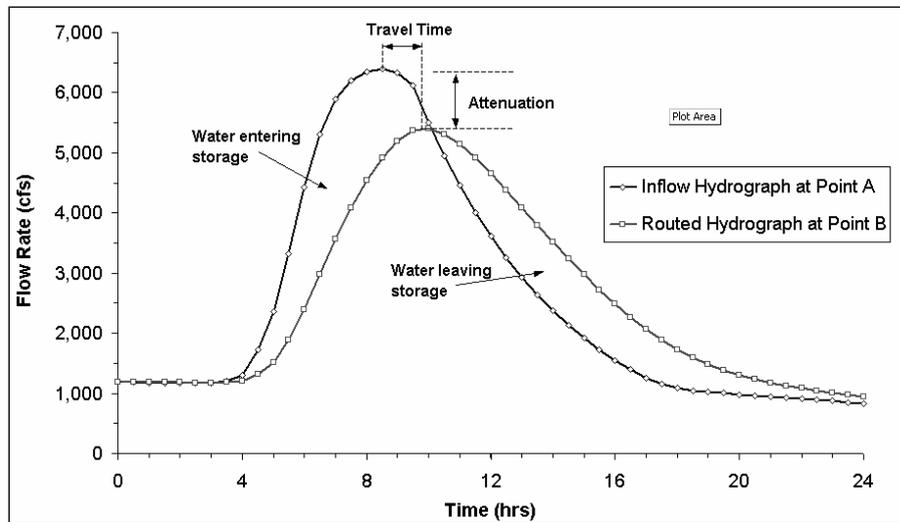


Gambar 2-6. Bagan Alir HEC-HMS

2.3.10 Kalibrasi Model

Proses kalibrasi dari suatu model debit banjir adalah suatu proses sistematik dalam penyesuaian parameter model sehingga hidrograf hasil keluaran model dapat mendekati hidrograf banjir hasil pengukuran (Cunderlik, dan Simonovic, 2004). Proses kalibrasi dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis, dimana pengalaman pemodel dan pengetahuan kondisi fisik dari DAS akan sangat berpengaruh pada proses kalibrasi.

Proses verifikasi dari suatu model debit banjir adalah suatu proses pengetesan parameter dari model yang merupakan hasil kalibrasi. Parameter dari model hasil kalibrasi tidak boleh dirubah pada proses verifikasi ini, dan hidrograf hasil model dibandingkan dengan hidrograf hasil pengamatan (Cunderlik, dan Simonovic, 2004). Perbandingan grafik, 'scatter' diagram, diagram skater dan teknik statistik merupakan beberapa teknik yang sering digunakan.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

Setiap perencanaan akan membutuhkan data-data pendukung baik data primer maupun data sekunder (Soedibyo, 1993). Dalam penelitian ini data yang dikumpulkan adalah :

1. Peta Topografi

Data ini digunakan untuk menentukan elevasi dan tata letak lokasi dimana kolam retensi didirikan. Untuk keperluan ini diperlukan peta topografi dengan skala 1 :

25.000 dengan kontur per 12,5 m. Peta ini didapat dari Indonesia Geospatial Portal, yang dapat diakses pada <https://tanahair.indonesia.go.id>.

2. Data Curah Hujan

Data ini berupa data curah hujan sepanjang 10 Tahun

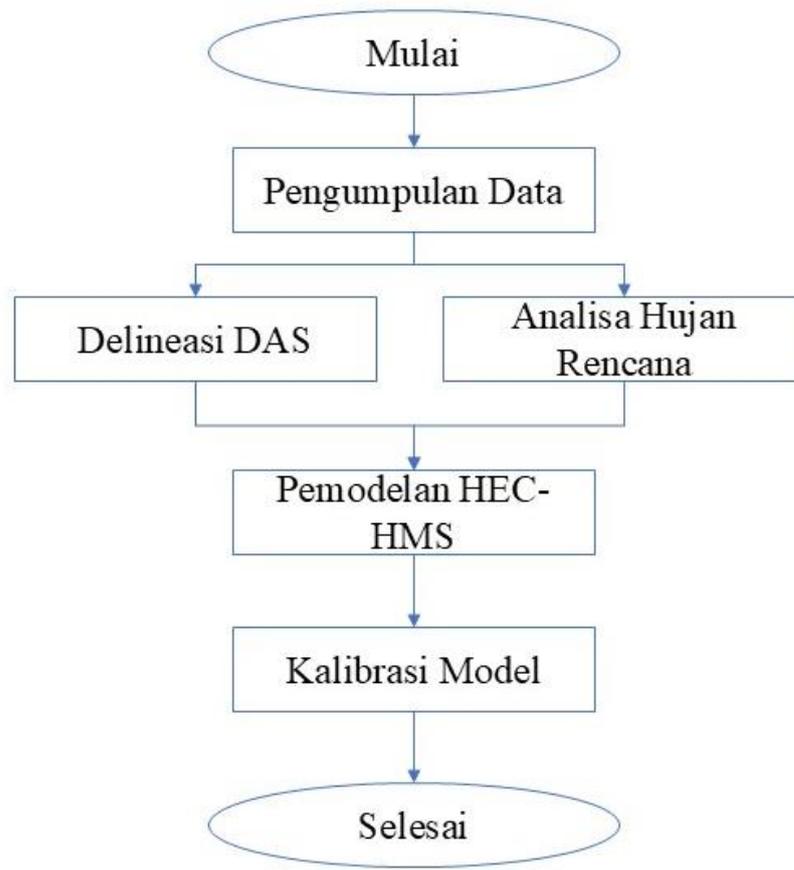
Data curahhujan digunakan untuk :

- Perhitungan Hujan Rancangan,
- Perhitungan Debit Banjir Rencana.

3. Data Jenis Tanah

3.2 Metode Analisis

1. Analisa curah hujan rencana
2. Debit banjir rencana



Gambar 3-1. Bagan alir penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Dari lokasi Waduk Jatibarang dapat ditentukan batas daerah aliran sungai dengan melihat titik hulu sungai dan menarik garis imajiner yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kontur tertinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau (Soemarto, 1999).

Penempatan Daerah Aliran Sungai (DAS) dilakukan berdasarkan pada peta rupa bumi skala 1 : 25.000 yang dikeluarkan oleh BIG (Badan Informasi Geospasial). Perhitungan luasan DAS ini diukur dengan menggunakan program Autocad. DAS Waduk Jatibarang ditampilkan pada **Gambar 4-1**.

4.2 Analisis Curah Hujan

Data curah hujan dan debit merupakan data yang paling fundamental dalam perencanaan/penelitian debit banjir sungai. Ketetapan dalam memilih lokasi dan peralatan baik curah hujan maupun stasiun duga muka air merupakan faktor yang menentukan kualitas data yang diperoleh. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan yang diperhitungkan dalam perhitungan debit banjir rencana. Data curah hujan yang dipakai untuk perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai pada waktu yang sama.

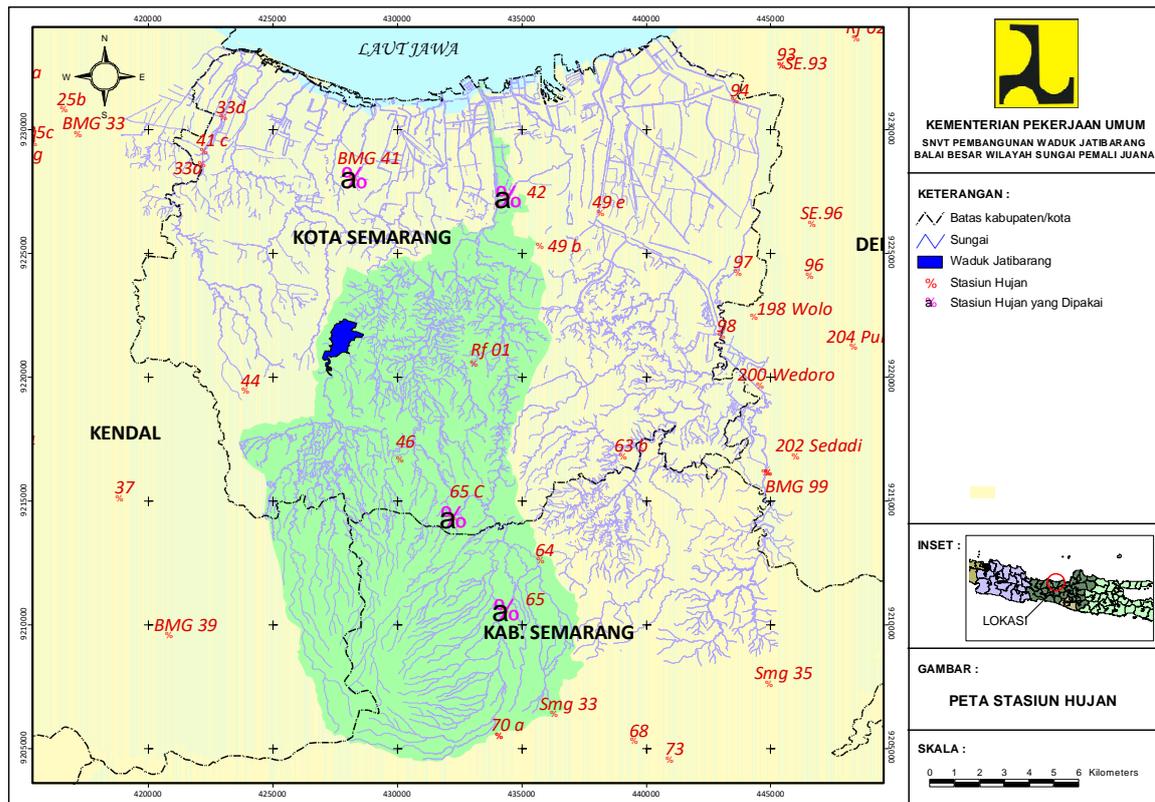
Sebelum melakukan analisa terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data hujan yang ada di wilayah studi. Setelah itu dilakukan penyaringan data dengan cara memilih data hujan dengan tahun yang panjang, dan melakukan kontrol dengan cara pengeplotan apakah data terlalu besar (misal salah ketik). Rekap hasil pengumpulan data hujan dapat dilihat ada **Tabel 4-1**, sedangkan lokasinya dapat dilihat pada **Gambar 4-1**.

Tabel 4-1.Hujan Harian di DAS Garang

STASIUN HUJAN	TAHUN															
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Sta. 44	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	x	v	v	v	v
Sta. 42	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x
Sta. 42a	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x	x	x	x	x	x
Sta. 46	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Sta. 65c	v	v	Jan-Feb	x	Nop-Des	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Sta. 65	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	x
Sta. 75b	x	x	x	v	v	v	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sta. 68	v	v	v	v	v	x	x	x	v	v	v	x	x	x	x	x
Sta. 98	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Sta. 33	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Sta. 64	v	v	v	v	v	x	x	v	x	x	x	x	x	x	x	x
Sta. 94	v	v	v	x	v	v	v	v	v	v	v	v	x	x	x	x
Sta. 97	v	v	v	v	v	v	Jan-Feb	Jan-Mei	Jan-Feb	v	Jan-Mei	x	x	x	x	x
Sta. 41	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Sta. 41c	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

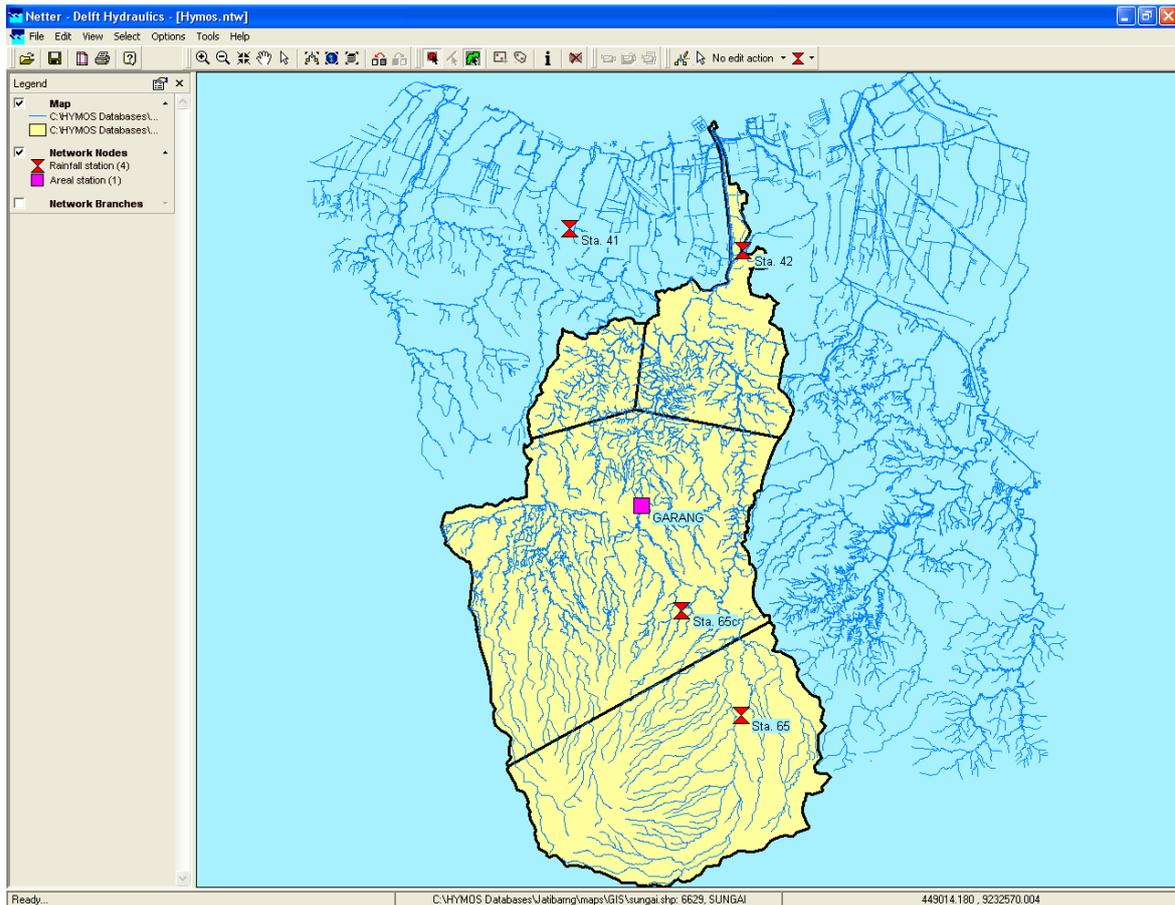


: stasiun hujan yang dipakai dalam analisa



Gambar 4-1. Peta DAS dan Lokasi Stasiun Hujan

Setelah dilakukan pemilihan stasiun, kemudian dilakukan analisa hujan rata-rata kawasan. Metode yang sering digunakan pada analisis ini adalah metode poligon Thiessen. Metode ini lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya dan metode ini dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau koefisien Thiessen. Besarnya koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah di bawah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung antar stasiun. Poligon Thiessen berdasarkan stasiun hujan terpilih di DAS Garang dapat dilihat pada **Gambar 4-2**.



Gambar 4-2. Peta Polygon Thiessen

Tabel 4-2. Hujan rata2 di DAS Garang

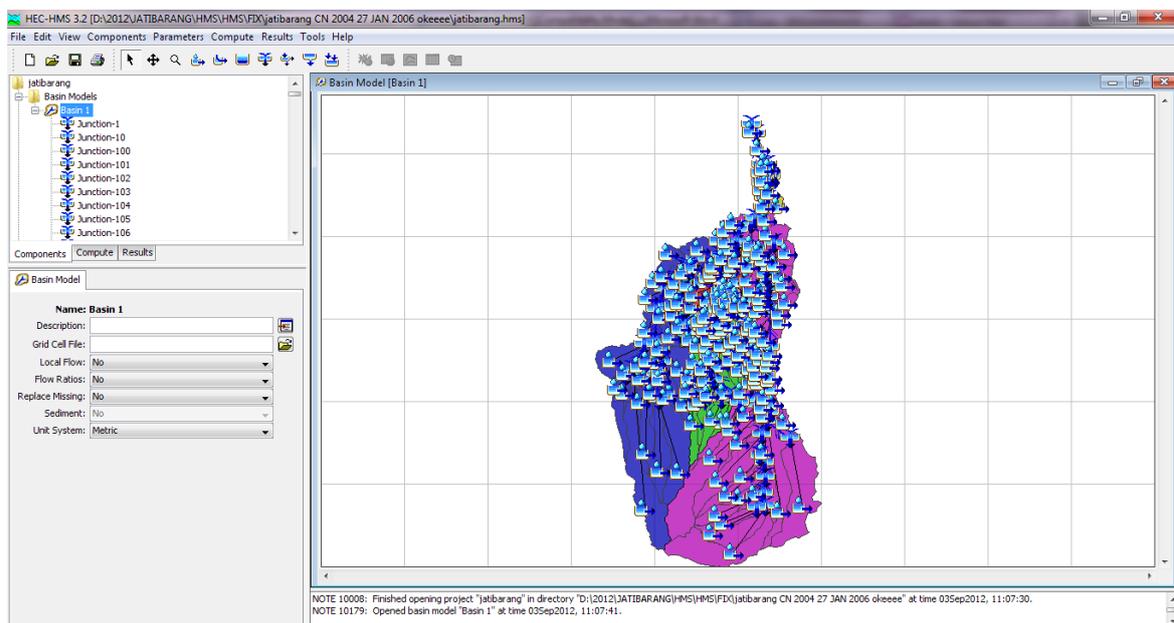
T (Tahun)	Xt (mm)
2	95.28
5	131.33
10	150.43
25	164.83
50	182.56
100	193.65
1000	268.39
PMF	754.74

4.3 Model HEC-HMS untuk Analisa Debit Banjir

Pada studi ini, debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan model matematik dengan bantuan perangkat lunak HEC-HMS. Digunakan perangkat lunak HEC-HMS karena merupakan perangkat lunak “Public Domain” pengoperasiannya menggunakan sistem yang dapat digunakan sejalan dengan “Windows Environment”.

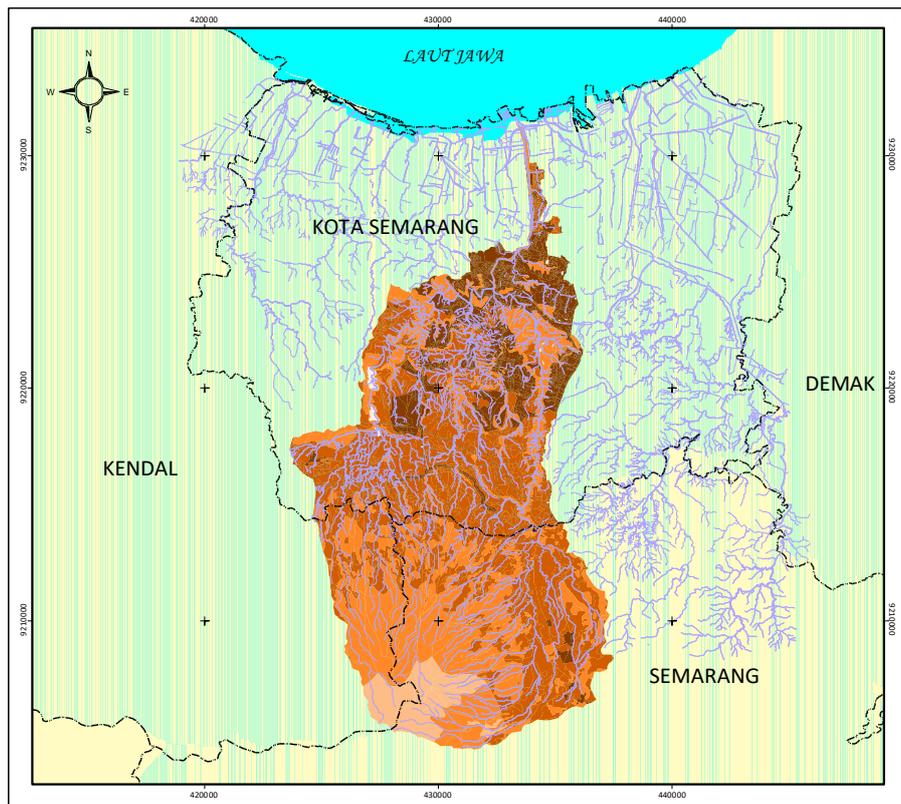
Oleh karena itu penyiapan data, eksekusi model, dan melihat hasilnya dapat dalam berbagai bentuk (dalam bentuk tabel dan grafik satuan waktu) yang dapat dilakukan langsung dalam model ini. Peta background dan data daerah tangkapan air dapat dengan mudah dimasukkan kedalam model dengan teknologi Geographic Information System (GIS) dan Computer Aided Design (CAD).

HEC–HMS adalah software yang dikembangkan oleh U.S Army Corps of Engineering. Software ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (run off) dari sebuah wilayah sungai. HEC–HMS di desain untuk bisa diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi suplai air daerah pengaliran sungai, hidrologi banjir, dan limpasan air di daerah kota kecil ataupun kawasan tangkapan air alami. Hidrograf satuan yang dihasilkan dapat digunakan langsung ataupun digabungkan dengan software lain yang digunakan dalam ketersediaan air, drainase perkotaan, ramalan dampak urbanisasi, desain pelimpah, pengurangan kerusakan banjir, regulasi penanganan banjir, dan sistem operasi hidrologi (U.S Army Corps of Engineering, 2001).



Gambar 4-3. Basin Model Pada Lokasi Studi

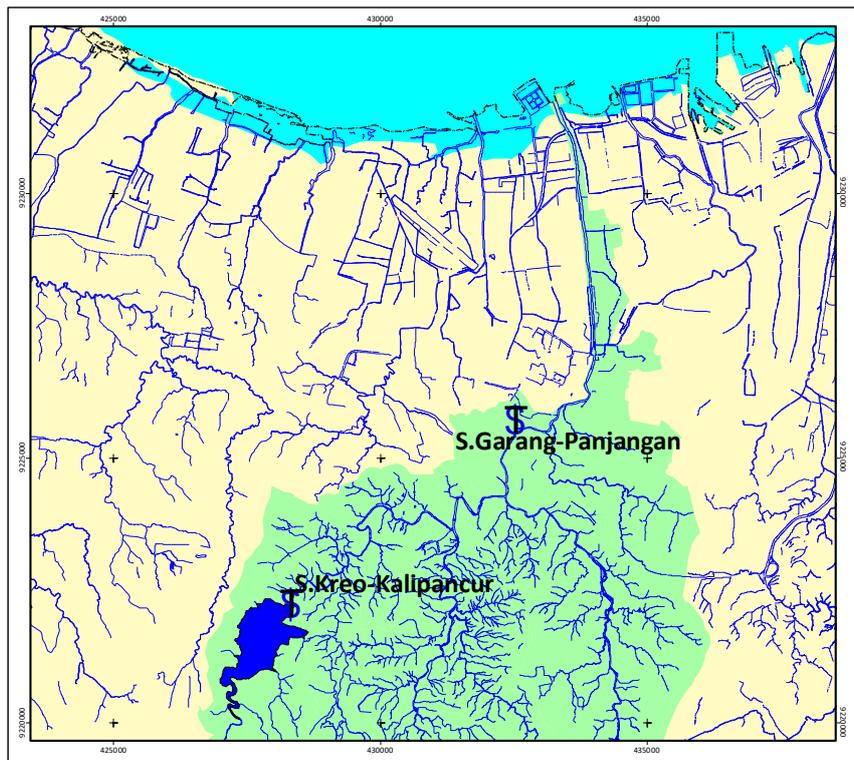
Dari hasil analisa dengan menggunakan Arc View GIS, didapatkan peta nilai CN untuk kondisi eksisting (tata guna lahan tahun 2009) adalah sebagai berikut dalam Gambar 4-4.



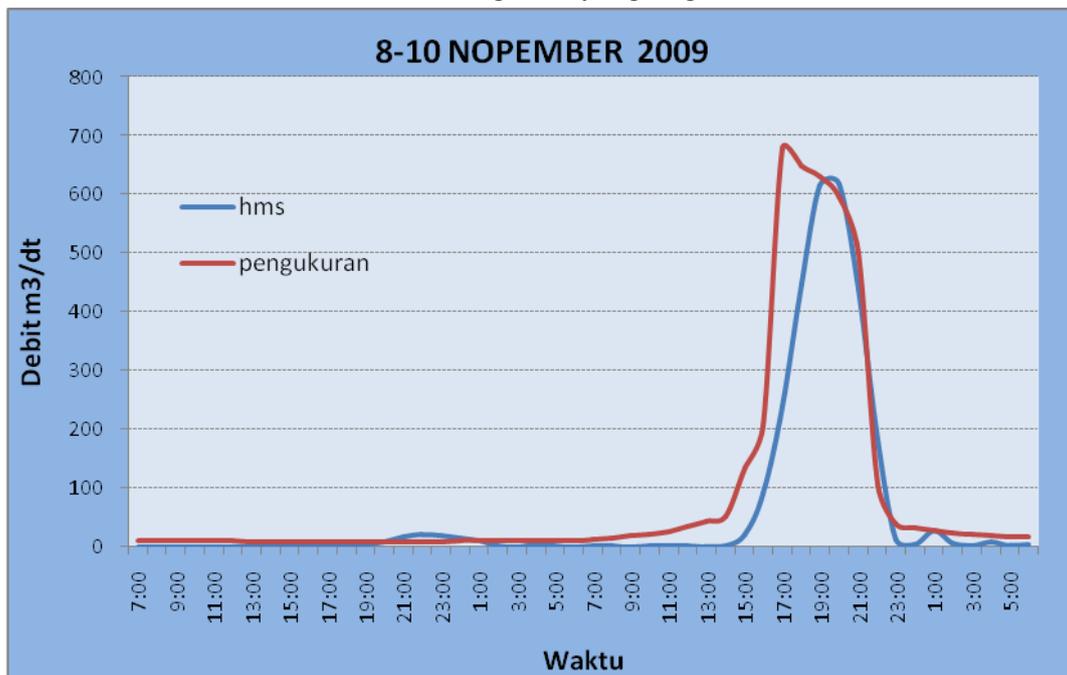
Gambar 4-4. Peta Nilai CN dengan Landuse Tahun 2009

4.3.1 Kalibrasi Model

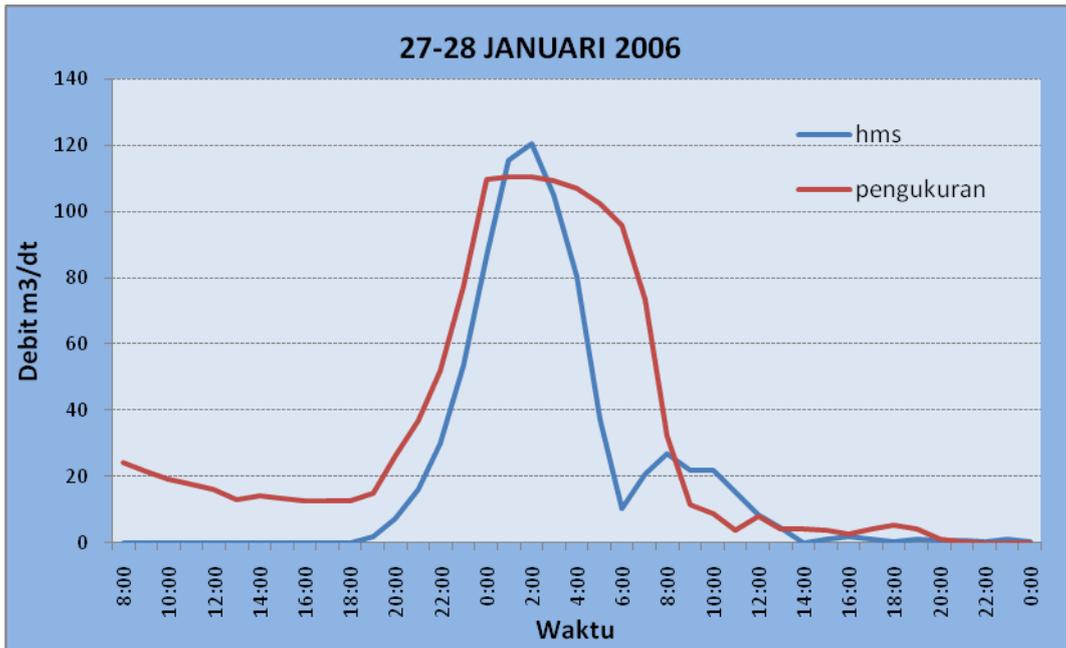
Sebelum analisa, terlebih dulu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan parameter yang mewakili daerah studi. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan debit hasil pengukuran dengan debit hasil analisa HEC-HMS. Kegiatan Kalibrasi dan Verifikasi model merupakan bagian dari pekerjaan penyusunan Model. Kalibrasi model dilakukan pada stasiun AWLR Panjang. Kalibrasi dilakukan pada tahun 2009, sedangkan untuk verifikasi dilakukan dengan menggunakan data tahun 2006. Hasil kalibrasi dan verifikasi model dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4-5. Peta Lokasi Pos Duga Air yang Digunakan Untuk Kalibrasi



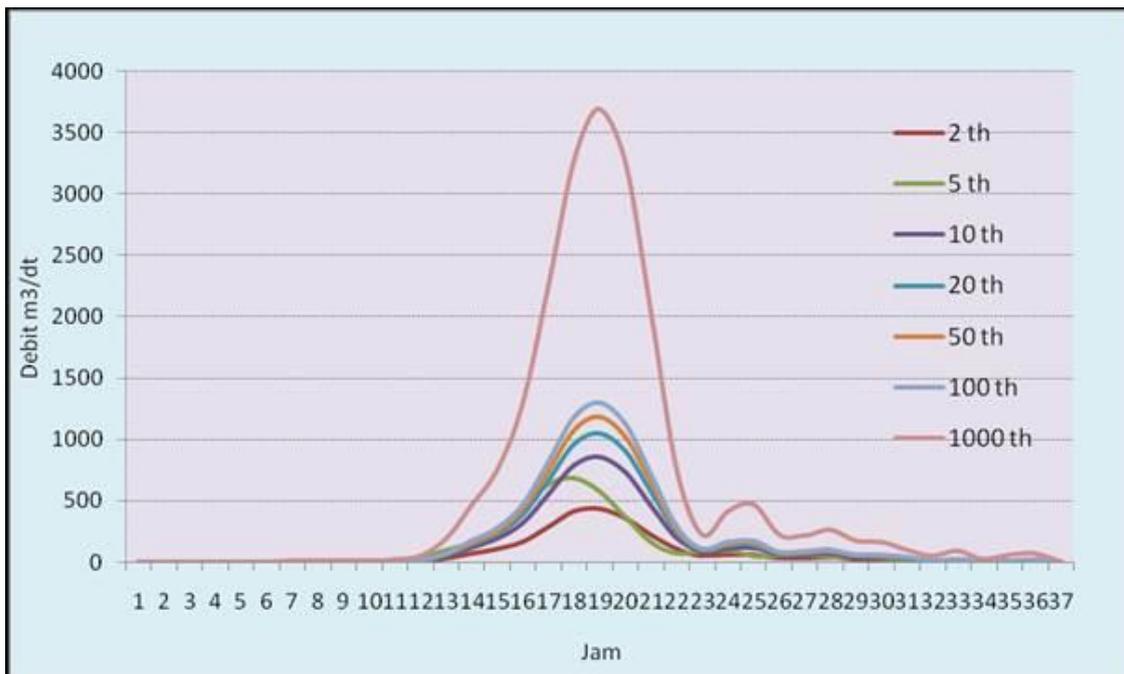
Gambar 4-6. Hasil Kalibrasi Hec-HMS di Sta Panjang



Gambar 4-7. Hasil Verifikasi Hec-HMS di Sta Panjangan

4.3.2 Output Model

Setelah dilakukan kalibrasi, dilakukan running model dengan berbagai kala ulang menggunakan input hujan rencana yang telah dianalisis sebelumnya. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut.



Gambar 4-8. Hydrgraph Banjir Hasil Model HEC-HMS di Simongan

Tabel 4-3. Debit Banjir pada Berbagai Kala Ulang Hasil Analisis Hec-HMS
Dibandingkan dengan Studi-studi Terdahulu

Return Period (Year)	Simongan			Waduk		
	Penelitian	JICA	CTI	Penelitian	JICA	CTI
2	437	330	350	135	130	119
5	689	512	530	221	181	161
10	859	633	658	282	214	192
20	1050	748	787	350	247	225
50	1181	898	962	396	288	272
100	1304	1010	1101	440	319	311
1000	3692	-	-	1280	-	-
PMF	40492	-	-	3692	-	-

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa luas DAS Waduk Jatibarang adalah 53 km².
2. Berdasarkan analisa hidrologi didapat debit banjir kala ulang PMF adalah 3.692 m³/dtk

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian maka penulis bermaksud memberikan saran terkait penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pengukuran debit pada sungai yang masuk ke Waduk Jatibarang untuk kalibrasi lebih lanjut.

KEPADA MASYARAKAT

Jl. TentaraPelajar No. 13 Telp (024) 6923180, Fax. (024) 76911689 UngaranTimur 50514

Website : undaris.ac.id email : info@undaris.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor: 005a/AII/II/2021

Ketua LPPM Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS)
Ungaran, dengan ini memberikan tugas kepada:

No	Nama	NIDN / NIM	Jabatan Fungsional	Pangkat / Golongan
1.	Ratih Pujiastuti, ST., MT. (Ketua)	0623068302	Asisten Ahli	Penata Muda Tk. I/IIIb
2.	Abdullah, ST., MT	0629096901	Lektor	Penata I/IIIc
3.	Anindya Syahma Nabilda	18210013	-	-

Instansi : Undaris Ungaran
 Tugas : Melakukan Penelitian Tentang Mengetahui Besaran Debit Banjir Pada Waduk Jatibarang Dengan Judul "Pemodelan Banjir Waduk Jatibarang Kota Semarang".
 Hari / Tanggal : Senin, 8 Febuari 2021
 Pukul : 10.00 WIB – Selesai
 Tempat : Kota Semarang

Demikian untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan menyampaikan laporan setelah selesai melaksanakan tugas.

Ungaran, 1 Febuari 2021

a.n. Ketua
Sekretaris,

Yogi Ageng Sri Legowo, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0624069201

Mengetahui
 Telah melaksanakan tugas sebagaimana mestinya

