

## ANALISIS DEBIT BANJIR DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) SAMPEAN BONDOWOSO JAWA TIMUR

Anggara Prasetio<sup>1</sup>, Eri Prawati<sup>2</sup>, Agus Surandono<sup>3</sup>  
Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro<sup>1,2,3</sup>

E-mail : [anggaraprasatio11@gmail.com](mailto:anggaraprasatio11@gmail.com)<sup>1</sup>, [eriprawati@gmail.com](mailto:eriprawati@gmail.com)<sup>2</sup>,  
[surandonoagus@gmail.com](mailto:surandonoagus@gmail.com)<sup>3</sup>,

### ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi di mana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. Air pada DAS merupakan aliran air yang mengalami siklus hidrologi secara alamiah, sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu siklus air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut. Proses terjadinya siklus hidrologi dibedakan menjadi 3 (tiga) yaitu siklus pendek, siklus sedang dan siklus panjang. Debit banjir rancangan merupakan debit banjir terbesar tahunan dengan suatu kemungkinan terjadi kala ulang tertentu, atau debit dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu. Dalam menghitung Analisis Debit banjir rancangan pada penelitian DAS Sampean Kabupaten Bondowoso Jawa Timur yang memiliki luas daerah sebesar 1254,48 km<sup>2</sup> dengan panjang sungai 35,12 km dilakukan perhitungan hidrograf banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

Hasil perhitungan debit banjir rancangan menggunakan HSS Nakayasu di dapat nilai sebesar kala ulang 2 tahun adalah 7759,08 m<sup>3</sup>/detik, untuk kala ulang 5 tahun adalah 9773,87 m<sup>3</sup>/detik, untuk kala ulang 10 tahun adalah 11534,87 m<sup>3</sup>/detik, untuk kala ulang 25 tahun adalah 14273,82 m<sup>3</sup>/detik, untuk kala ulang 50 tahun adalah 16652,00 m<sup>3</sup>/detik, untuk kala ulang 100 tahun adalah 19572,58 m<sup>3</sup>/detik, untuk kala ulang 200 tahun adalah 22875,96 m<sup>3</sup>/detik, dan untuk kala ulang 1000 tahun adalah 32903,04 m<sup>3</sup>/detik.

**Kata Kunci :** Debit Banjir, Daerah Aliran Sungai (DAS)

### PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai Sampean yang terletak di Kabupaten Bondowoso Provinsi Jawa Timur memiliki fungsi strategis dalam bidang pertanian, namun saat ini mengalami penurunan kualitas dikarenakan pemanfaatan lahan yang berlebihan sehingga lahan mengalami kerusakan atau lahan kritis. Adanya lahan kritis tersebut cenderung meningkatkan erosi, yang berakibat pada meningkatnya sedimentasi sungai, menurunkan daya tampung sungai, melampaui kapasitas sarana prasarana irigasi yang ada, sehingga timbul kawasan-kawasan rawan luapan air atau kawasan rawan banjir. Daerah rawan

banjir mencakup wilayah Kabupaten Bondowoso, khususnya kawasan-kawasan yang berada di sepanjang aliran Sungai Sampean. Dampak seringnya terjadi banjir adalah meningkatnya kerusakan jaringan irigasi, kerusakan instalasi air bersih dan lain-lain. ([https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten\\_Bondowoso](https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Bondowoso))

### TINJAUAN PUSTAKA

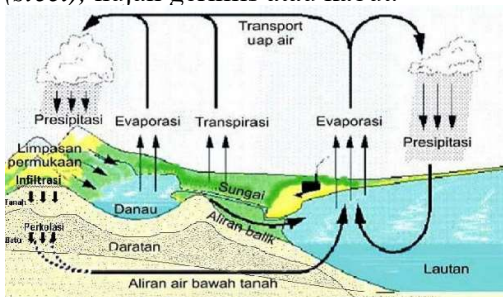
#### Hidrologi

Hidrologi adalah Cabang ilmu geografi yang mempelajari seputar pergerakan, distribusi, dan kualitas air

yang ada di bumi. Ilmu hidrologi dikenal sejak zaman 1608 M.

### Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air laut oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara terus menerus. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan es dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut.



Gambar 1. Siklus Hidrologi

### Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai disingkat DAS ialah suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi di mana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. Guna dari DAS adalah menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atasnya melalui sungai. Air Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah air yang mengalir pada suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi di mana air tersebut berasal dari air hujan yang jatuh dan terkumpul dalam sistem tersebut. Air pada DAS merupakan aliran air yang mengalami siklus hidrologi secara alamiah. Selama berlangsungnya daur hidrologi, yaitu perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut yang tidak pernah berhenti tersebut, air tersebut akan tertahan (sementara) di sungai, danau/waduk, dan dalam tanah sehingga akan dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup. Air hujan yang dapat

mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk (terserap) ke dalam tanah (infiltrasi), sedangkan air yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Apabila tingkat kelembaban air tanah telah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (*horizontal*) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (*subsurface flow*) yang kemudian akan mengalir ke sungai. Batas wilayah DAS diukur dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi di antara wilayah aliran sungai yang satu dengan yang lain.

### Analisis Data Hujan

#### Konsistensi Data Hujan

Uji konsistensi data dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya penyimpangan data hujan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipakai atau tidak. Bila dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka untuk mendapatkan harga curah hujan areal adalah dengan mengambil harga rata-ratanya. Pengujian bisa dilakukan menggunakan kurva massa ganda (*double massa curve*) untuk data hujan tahunan dari suatu Daerah Aliran Sungai, yang diuji pos hujan "Y" maka data kumulatif dari pos "Y" itu dapat dibandingkan secara grafis dengan data hujan acuan "X". Data hujan acuan "X" merupakan nilai rata-rata dari pos hujan A,B,C dan D atau lebih yang lokasinya di sekeliling pos hujan "Y", curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (*point*

rainfall). Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm. (Sosrodarsono.S, 1993)

**Metode Aritmatik**

Metode ini dapat dipakai pada daerah datar dengan jumlah stasiun hujan relatif banyak, dengan anggapan bahwa di DAS tersebut sifat hujannya adalah merata (uniform) Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

dengan:

- p = curah hujan rata-rata,
- p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, ..., p<sub>n</sub> = curah hujan pada setiap stasiun,
- n = banyaknya stasiun curah hujan.

Metode ini sangat sederhana dan mudah diterapkan, akan tetapi kurang memberikan hasil yang teliti mengingat tinggi curah hujan yang sesungguhnya tidak mungkin benar-benar merata pada seluruh DAS. Utamanya di wilayah tropis termasuk Indonesia, sifat distribusi hujan mmenurut ruang sangat bervariasi, sehingga untuk suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang relatif besar, metode Aritmatik tidak cocok untuk digunakan.

**Metode Poligon Thiessen**

Curah hujan rata-rata didapatkan dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian setiap stasiun penakar hujan akan terletak pada suatu wilayah poligin tertutup luas tertentu. Cara ini dipandang lebih baik dari cara rerata aljabar (Arimatik), Yaitu dengan memasukkan faktor luas areal yang diwakili oleh setiap stasiun hujan.

Jumlah perkalian antara tiap-tiap luas poligon dengan besar curah hujan di stasiun dalam poligon tersebut dibagi dengan luas daerah seluruh DAS akan menghasilkan nilai curah hujan rata-rata

DAS. Prosedur hitungan dari metode ini berikut:

$$p = \frac{A_1 \cdot p_1 + A_2 \cdot p_2 + \dots + A_n \cdot p_n}{A_{total}}$$

Dengan:

- p = curah hujan rata-rata,
- p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, ..., p<sub>n</sub> = curah hujan pada setiap stasiun,
- A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = luas yang dibatasi tiap poligon atau luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n.

**Curah Hujan Rancangan Analisis Frekuensi**

Analisis Frekuensi adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Periode ulang (return period) diartikan sebagai waktu hipotetik dimana debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Analisis frekuensi memerlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran kemungkinan teori *probability distribution* dan yang biasa digunakan adalah sebaran Normal, sebaran Log Normal, sebaran Gumbel tipe I dan sebaran Log Pearson tipe III.

**Pemilihan Jenis Sebaran Sebaran Gumbel Tipe I**

Umumnya digunakan untuk analisis data maksimum, misal untuk analisis frekuensi banjir. Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode sebaran Gumbel Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (CD.Soemarto, 1999) :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (y_T - y_n)$$

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

Dimana :

- X<sub>T</sub> = nilai hujan rencana dengan data ukur T tahun.
- X = nilai rata-rata hujan
- S = standar deviasi (simpangan baku)

YT = nilai reduksi variat (*reduced variate*) dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang T tahun.

Yn = nilai rata-rata dari reduksi variat (*reduce mean*) nilainya tergantung dari jumlah data (n).

Sn = deviasi standar dari reduksi variat (*reduced standart deviation*) nilainya tergantung dari jumlah data (n).

### Distribusi Log-Pearson III

Sebaran Log-Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson Type III adalah : rata-rata, penyimpangan baku (standart deviasi), koefisien kepencengan. Prosedur perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menghitung harga standar deviasinya dengan rumus berikut :

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

Dimana : Sd = standar deviasi.

2. Menghitung koefisien skewness (Cs) dengan rumus :

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

Dimana : Cs = koefisien *skewness*

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

$$\log(X_T) = \overline{\log X} + K.Sd$$

Dimana :

XT = curah hujan rencana periode ulang T tahun

K = harga yang diperoleh berdasarkan nilai Cs.

4. Menghitung koefisien kurtosis (Ck) dengan rumus :

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n \{\log(Xi) - \overline{\log(X)}\}^4}{(n - 1)(n - 2)(n - 3)Sd^4}$$

Dimana : Ck = koefisien kurtosis

5. Menghitung koefisien variasi (Cv) dengan rumus :

$$Cv = \frac{Sd}{\overline{\log(X)}}$$

Dimana : Cv = koefisien variasi

Sd = standar deviasi

### Sebaran Log Normal

Sebaran log normal merupakan hasil transformasi dari sebaran normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. Sebaran log Pearson III akan menjadi sebaran log normal apabila nilai koefisien kemencengan CS = 0,00.

### Uji Kesesuaian Sebaran

Ada dua jenis uji kecocokan (*Goodness of fit test*) yaitu uji kecocokan *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorof*.

1. Uji *chi square*

Uji Chi-Square dilakukan untu menguji simpangan secara vertikal, yang di tentukan dengan rumusan sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(EF - Of)}{Ef}$$

Dimana :

X<sup>2</sup> = Harga chi-square hasil perhitungan.

Ef = Frekuensi yang diharap kan sesuai dengan pembagian kelasnya.

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama.

Untuk derajat nyata tertentu yang diambil adalah 5 % derajat kebebasan ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DK = K - (P+1)$$

$$k = 1 + 3,22 \log n$$

Dimana :

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter sebaran-kai kuadrat

k = Jumlah kelas distribusi

n = Banyaknya data

Sebaran distribusi frekuensi Log Pearson Type III dapat diterima :

- a. Apabila  $\Delta maks < \Delta cr$ , pada uji Smirnov – Kolomogrov.
- b. Apabila  $X^2 < X^2 cr$ , pada uji Chi-Square.

## 2. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Uji *Smirnov-Kolmogorov* adalah salah satu alternatif untuk menguji kesesuaian distribusi. Caranya mengurutkan curah hujan dari kecil ke besar. Selanjutnya perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan perbedaan peluang empiris dengan peluang teoritis sampai dengan pengamatan dan dicari perbedaan terbesar ( $\Delta$  maks). Dalam bentuk persamaan dapat ditulis :

$$\Delta_{maks} = |(T) - P(E)|$$

Dimana :

$\Delta_{maks}$  = Selisih antara peluang teoritis dengan peluang empiris

$\Delta_{cr}$  = Simpangan kritis (dari tabel)

$P(T)$  = Peluang teoritis

$P(E)$  = Peluang empiris

a. Menghitung  $P_e(x)$  dengan rumus dari *Weibull*

$$= (100.m)/(n+1) \%$$

Dimana :

$P_e$  = Probabilitas empiris (%)

$m$  = Nomor urut data dari seri yang telah diurutkan diurutkan dari besar ke kecil atau sebaliknya

$n$  = Banyaknya data.

b. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari persamaan distribusinya ( $P_t$ ). Dari kedua nilai peluang tersebut ditentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

c. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov Kolmogorov Test*) tentukan harga  $\Delta_{cr}$ . Kemudian dibandingkan antara  $\Delta_{maks}$  dan  $\Delta_{cr}$ . Apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$  maka pemilihan metode frekwensi tersebut dapat diterapkan untuk data yang ada.

### Analisis Debit Banjir Rancangan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Berikut rumus dari Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu adalah:

$$Q_p = \frac{CA \cdot R_0}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})}$$

Dengan:

$Q_p$  = lebit puncak banjir ( $m^3/det$ )

$CA$  = luas daerah tangkapan ( $km^2$ )

$R_0$  = hujan satuan (mm)

$T_p$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak.

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus sebagai berikut:

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = a \cdot t_g$$

$$t_r = 0,75 t_g$$

$t_g$  adalah *time lag* yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).  $t_g$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

Sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km;

$$t_g = 0,4 + 0,058 L$$

Sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km;

$$t_g = 0,21 L^{0,7}$$

Dengan:

$t_r$  = satuan waktu hujan (jam)

$\alpha$  = parameter hidrograf

Pada waktu naik:  $0 \leq t \leq T_p$

$$Q_t = Q_p \left( \frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Pada kurva turun (*decreasing limbi*)

Selang nilai:  $T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\left[ \frac{t-T_p}{T_{0,3}} \right]}$$

Selang nilai:

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\left[ \frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right]}$$

Selang nilai ,

$$t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$$

$$Q_t = Q_p \cdot 0,3^{\left[ \frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2 \cdot T_{0,3}} \right]}$$

Dimana :

$Q_t$  = debit pada saat  $t$  jam ( $m^3/det$ )

### Analisis Debit Banjir Proses HEC-HMS Menghitung Hujan Rerata Menggunakan HEC-HMS

Respon sebuah DAS dipengaruhi oleh hujan dan penguapan yang terjadi pada DAS. Hujan dapat diamati berdasarkan kejadian curah hujan dimasa lalu, bisa berdasarkan kemungkinan frekuensi kejadian curah hujan, atau bisa

dengan kejadian hujan yang mewakili batas atas dari hujan yang mungkin terjadi di lokasi. Data kejadian hujan sangat berguna untuk kalibrasi dan verifikasi parameter-parameter dari model, untuk peramalan *real-time*, dan untuk mengevaluasi performa dari usulan desain dan peraturan-peraturan. Pengukuran hujan dapat dilakukan secara manual maupun otomatis.

### Metode Perhitungan Volume Limpasan dengan HEC-HMS

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi ataupun jenis kehilangan volume lainnya. Jatuhnya air hujan pada lapisan permukaan bumi yang kedap air juga merupakan limpasan. (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:38) Didalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat kita gunakan, yaitu:

1. *The initial and constant-rate loss model*,
2. *The deficit and constant-rate loss model*,
3. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded)*, dan
4. *The Green and Ampt loss model*.

Karena keterbatasan ketersediaan data lapangan yang dibutuhkan didalam penggunaan metode-metode perhitungan tersebut diatas, maka penulis memilih metode *SCS curve number (CN)* yang dianggap paling mudah di aplikasikan dalam perhitungan.

### Limpasan SCS Curve Number (CN)

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service (SCS) curve number (CN)* beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. (HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:40): 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).

### Hidrograf Satuan SCS

Model SCS Unit Hidrograf adalah suatu Unit Hidrograf yang berdimensi, yang dicapai puncak tunggal Unit Hidrograf. SCS menyatakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh daerah aliran air (A) dan konversi konstanta (C).

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

$$T_p = (\Delta t/2) + t_{lag}$$

Dimana :

$\Delta t$  = jangka waktu kelebihan hujan

$T_{lag}$  = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf.

Perlu dicatat bahwa untuk  $\Delta t$ , yang kurang dari 29% dari  $T_{lag}$  harus digunakan. Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menemukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan untuk menemukan puncak Unit Hidrograf. (USACE,1998)

### Metode Perhitungan Baseflow

HEC-HMS menyediakan tiga macam metode didalam penentuan baseflow yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Ketiga metode tersebut adalah :

1. Metode konstan bulanan
2. Metode penurunan eksponensial (*exponential recession model*)
3. Metode volume tampungan linear (*linear-reservoir volume accounting model*)

### Kriteria Kalibrasi Model

Dalam proses kalibrasi ini, kita diharapkan dapat menentukan nilai parameter-parameter dari karakteristik DAS daerah studi kita seperti nilai CN (*Curve Number*), resapan awal (*Initial*

*abstraction*), luasan daerah kedap air (*imperviousness*) atau nilai *baseflow* sehingga akhirnya mendapatkan hasil yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan. Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai dari debit banjir pada outlet dari DAS daerah studi kita. Nilai debit banjir yang biasanya kita dapatkan dari pencatatan AWLR (*Automatic Water Level recorder*) atau alat pencatat debit otomatis ini akan kita cek dengan nilai debit banjir yang dihasilkan oleh perhitungan HEC-HMS. Sebaran dari kedua nilai inilah yang perlu diperhatikan. Semakin kecil sebarannya, maka semakin baik kualitas pemodelan yang telah kita lakukan. (*HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:75*)

### Kriteria Penampilan Model

Kriteria Kalibrasi model adalah salah satu cara mengkaji model untuk mengetahui parameter-parameter yang dipakai model dapat diterapkan pada kondisi lapangan atau kondisi rencana. Hasil pengukuran AWLR debit sungai Blambangan digunakan sebagai data (*measurement data*) yang akan dibandingkan dengan hasil simulasi. (*HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000:75*). Adapun metode untuk menentukan kriteria penampilan atau kalibrasi model terhadap hasil pengamatan dilapangan sebagai berikut.

1. *Root Mean Square Errors (RMSE)*  
RMSE bertujuan untuk mempresentasikan rata-rata kuadrat simpangan (selisih) antara nilai keluaran model terhadap nilai pengukuran atau target. Nilai *Root Mean Square Errors (RMSE)* mensyaratkan mendekati satu.
2. *Nash*  
Metode kalibrasi dengan menggunakan Nash ini adalah dengan membandingkan kuadrat selisih debit hasil simulasi dan debit hasil pengamatan dengan kuadrat selisih debit pengamatan dan rata-rata debit

pengamatan. Metode Nash mensyaratkan pemodelan dikatakan valid jika nilainya mendekati 0 (nol).

## METODE PENELITIAN

### Gambaran Umum

Kabupaten Bondowoso yang dikenal dengan sebutan daerah tapal kuda adalah salah satu kabupaten dalam Provinsi Jawa Timur yang terletak di sebelah timur Pulau Jawa. Kabupaten Bondowoso memiliki luas wilayah 1560,1 km<sup>2</sup>, yang memiliki suhu udara yang cukup sejuk karena berada di antara pegunungan Kendeng Utara dengan puncaknya Gunung Raung, Gunung Ijen dan sebagainya di sebelah timur serta kaki pegunungan Hyang dengan puncak Gunung Argopuro, Gunung Krincing dan Gunung Kilap di sebelah barat. Sedangkan di sebelah utara terdapat Gunung Alas Sereh, Gunung Biser dan Gunung Bendusa. Dengan batas wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kabupaten Situbondo  
Sebelah Timur : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Banyuwangi  
Sebelah Selatan : Kabupaten Jember  
Sebelah Barat : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Probolinggo

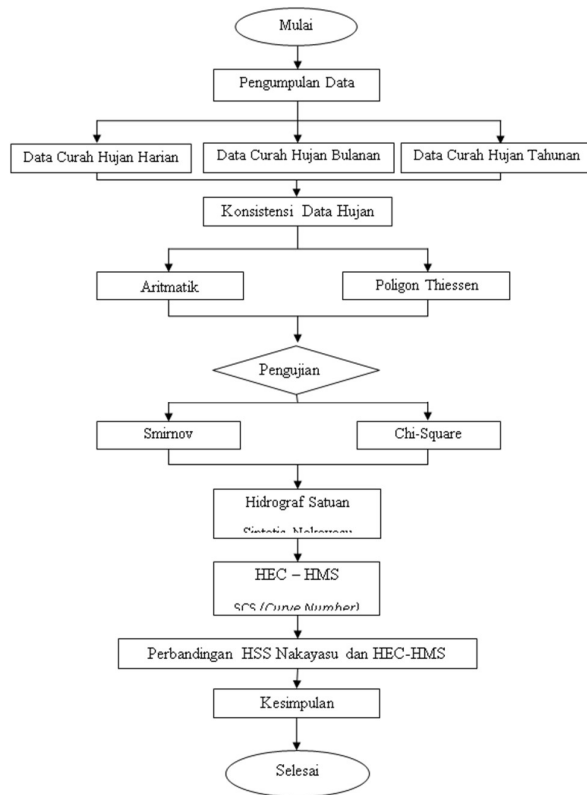
### Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Daerah Jawa Timur (Lokasi Penelitian)

### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alur penelitian di bawah ini:



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

### Tahapan Persiapan Data Curah Hujan

Data yang digunakan dalam penelitian pada Daerah Aliran Sungai Sampean, Kabupaten/kota Bondowoso, Provinsi Jawa Timur sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan Harian selama 10 tahun, dari tahun 2008 hingga tahun 2017. Data curah hujan tersebut akan digunakan dalam analisa hidrologi.

### Data Stasiun Hujan

1. Peta DAS Sampean, Kabupaten Bondowoso, Provinsi Jawa Timur.
2. Peta Letak Stasiun Hujan di DAS Sampean, Kabupaten Bondowoso, Provinsi Jawa Timur.

### Langkah-Langkah Pengerjaan

Dalam Penelitian ini di bagi menjadi beberapa tahap:

1. Penyiapan peta DAS Kedunglarangan menggunakan software ArcGIS
2. Pengumpulan dan penyiapan data hujan (Data hujan : curah hujan harian

maksimum, bulanan maksimum dan curah hujan tahunan).

3. Uji konsistensi data hujan
4. Menghitung hujan harian rata-rata maksimum di DAS tersebut dengan 2 metode yaitu metode Aritmatik dan Poligon Thiessen.
5. Kemudian membandingkan hasil perhitungan dengan 2 metode yaitu metode Aritmatik dan metode Poligon Thiessen
6. Menghitung curah hujan rancangan dengan Distribusi Frekuensi Log Pearson Tipe III.
7. Analisa Distribusi Frekuensi Log Pearson Tipe III, kemudian menguji kesesuaian distribusi dengan uji Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Square.
8. Menghitung debit banjir rancangan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.
9. Melakukan pengolahan data menggunakan aplikasi HEC – HMS metode *SCS Curve Number*.
10. Kesimpulan.
11. Selesai.

## HASIL PENELITIAN

### Gambaran Umum

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data curah hujan yang berasal dari 34 stasiun hujan di DAS Sampean.

Tabel. 1 Daftar Stasiun Hujan Pada DAS Sampean.

NO	STASIUN HUJAN	DESA	KECAMATAN	KABUPATEN	ELEVASI (dpl)
1	Ancar	Ancar	Curah damai	Bondowoso	298 m
2	Blimbing	Petung	Pakem	Bondowoso	533 m
3	Blucong	Pandak	Klabang	Bondowoso	124 m
4	Cermee	Cermee	Cermee	Bondowoso	103 m
5	Clangap	Clangap	Clangap	Bondowoso	382 m
6	Glendengan	Botolinggo	Botolinggo	Bondowoso	135 m
7	Grujangan Lor	Grujangan Lor	Grujangan	Bondowoso	296m
8	Jeru	Kali Tapen	Tapen	Bondowoso	211 m
9	Kejayan	Kejayan	Pujer	Bondowoso	346 m
10	Kesemek	Tenggarang	Tenggarang	Bondowoso	350 m
11	Klabang	Klabang	Klabang	Bondowoso	265 m
12	Kolpoh	Sempol	Prajekan	Bondowoso	94 m
13	Maesan	Penanggungan	Maesan	Bondowoso	370 m
14	Mas Kuning Wetan	Mas Kuning Selatan	Pujer	Bondowoso	452 m
15	Pakistan	Pakistan	Tlogosari	Bondowoso	487 m
16	Pandan	Grujangan	Grujangan	Bondowoso	117 m
17	Panang Pahit	Pecalongan	Sukosari	Bondowoso	478 m
18	Prajekan	Prajekan	Prajekan	Bondowoso	112 m
19	Pringduri	Besuk	Klabang	Bondowoso	135 m
20	Sentral	Badean	Bondowoso	Bondowoso	272 m
21	Ramban Wetan	Ramban wetan	Cermee	Bondowoso	131 m
22	Sekolembu	Sekolembu	Curahdamai	Bondowoso	315 m

23	Sukokerto	Pujer	Pujer	Bondowoso	326 m
24	Suling Wetan	Suling wetan	Cermee	Bondowoso	120 m
25	Sumber Dombong	Pakem	Pakem	Bondowoso	502 m
26	Sumber Gading	Sumber Gading	Sumberwringin	Bondowoso	659m
27	Ta'al/Tapen	Ta'al	Tapen	Bondowoso	215 m
28	Tamanan	Tamanan	Tamanan	Bondowoso	340 m
29	Telep	Telep	Telep	Bondowoso	103 m
30	Tlogosari	Sulek	Tlogosari	Bondowoso	546 m
31	Wono Sroyo	Tumpang	Wonosari	Bondowoso	304 m
32	Wonosari I	Wonosari	Wonosari	Bondowoso	230 m
33	Wonosari II	Wonosari	Grujagan	Bondowoso	421 m
34	Wringin	Jatisari	Wringin	Bondowoso	444 m

Sumber: Google map testing salah – lokasi pos hujan

## Hasil Penelitian

### Uji Konsistensi Data

Tabel. 2 Uji Konsistensi Stasiun Tlogo Terhadap Stasiun Sekitar.

Tahun	CH stasiun Tlogo		CH stasiun sekitar	
	CH Bulnan	kumulatif	rerata	kumulatif
2008	83 mm	83 mm	81,27 mm	81,27 mm
2009	98 mm	181 mm	166,79 mm	248,06 mm
2010	84 mm	265 mm	78,48 mm	326,55 mm
2011	95 mm	360 mm	90,27 mm	416,82 mm
2012	132 mm	492 mm	80,18 mm	497 mm
2013	125 mm	617 mm	86,24 mm	583,24 mm
2014	117 mm	734 mm	128,67 mm	711,91 mm
2015	77 mm	811 mm	74,21 mm	786,12 mm
2016	68 mm	879 mm	94,21 mm	880,33 mm
2017	82 mm	961 mm	84,30 mm	964,64 mm

Sumber: Hasil Perhitungan

### Metode Aritmatik

Tabel. 3 Hasil rekapitulasi curah hujan rata-rata aritmatik.

No	Tahun	Tinggi hujan	Tahun Terurut	Tinggi hujan Terurut
1	2008	81,32 mm	2015	74,29 mm
2	2009	164,76 mm	2010	78,65 mm
3	2010	78,65 mm	2008	81,32 mm
4	2011	90,41 mm	2012	81,71 mm
5	2012	81,71 mm	2017	84,24 mm
6	2013	87,38 mm	2013	87,38 mm
7	2014	128,32 mm	2011	90,41 mm
8	2015	74,29 mm	2012	93,44 mm
9	2016	93,44 mm	2014	128,32 mm
10	2017	84,24 mm	2009	164,76 mm

Sumber: Hasil Perhitungan

### Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III

Tabel. 4 Perhitungan Distribusi Frekuensi Log Pearson Type III

NO	TAHUN	Xi (mm)	P (%)	Log Xi	(Log Q - Log Qrerata)	(Log Xi - Log Xj)	(Log Xi - Log Xj)
1	2015	74,29	9,091	18,710	-0,0998	0,0100	-0,0010
2	2010	78,65	18,182	18,957	-0,0751	0,0056	-0,0004
3	2008	81,32	27,273	19,102	-0,0606	0,0037	-0,0002
4	2012	81,71	36,364	19,123	-0,0585	0,0034	-0,0002
5	2017	84,24	45,455	19,255	-0,0453	0,0021	-0,0001
6	2013	87,38	54,545	19,414	-0,0294	0,0009	0,0000
7	2011	90,41	63,636	19,562	-0,0146	0,0002	0,0000
8	2012	93,44	72,727	19,705	-0,0003	0,0000	0,0000
9	2014	128,32	81,818	21,083	0,1375	0,0189	0,0026
10	2009	164,76	90,909	22,169	0,2461	0,0605	0,0149
JUMLAH		9,645,294,118		197,080	0,000000	0,105294	0,015536
RATA RATA		9,645,294,118		19,708			
STANDAR DEVIASI				0,108			
CS				1,71			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel. 5 Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson Type III

No	Tr (Tahun)	R rata-rata (log)	Std Deviasi (log)	Kemencengan (Cs)	Peluang (%)	Curah Hujan Rancangan	
						K	Log mm
1	2	1,97	0,108	1,71	50	-0,269	1,942 87,444
2	5	1,97	0,108	1,71	20	0,658	2,042 110,150
3	10	1,97	0,108	1,71	10	1,323	2,114 129,993
4	25	1,97	0,108	1,71	4	2,179	2,206 160,864
5	50	1,97	0,108	1,71	2	2,816	2,275 188,520
6	100	1,97	0,108	1,71	1	3,446	2,344 220,581
7	200	1,97	0,108	1,71	0,5	4,073	2,411 257,809
8	1000	1,97	0,108	1,71	0,1	5,532	2,569 370,813

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel. 6 Perhitungan Kemencengan (CS) Dengan Interpolasi

P	Cs		
	1,6	1,8	1,71
50	-0,254	-0,282	-0,269
20	0,675	0,643	0,658
10	1,329	1,318	1,323
4	2,163	2,193	2,179
2	2,780	2,848	2,816
1	3,388	3,499	3,446
0,5	3,990	4,147	4,073
0,1	5,390	5,660	5,532

Sumber: Hasil Perhitungan

### Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel.7 Uji Kesuaian Distribusi Smirnov Kolmogorov

No	Xi (mm)	Log Xi	Pe	K	Pr	Pt	D (Pt-Pe)
1	74,294	1,871	1,135	-0,9250	0,712	0,993	-0,142
2	78,647	1,896	1,127	-0,6944	0,638	0,994	-0,134
3	81,324	1,910	1,123	-0,5601	0,594	0,994	-0,129
4	81,706	1,912	1,122	-0,5412	0,588	0,994	-0,128
5	84,235	1,925	1,119	-0,4188	0,549	0,995	-0,124
6	87,382	1,941	1,114	-0,2716	0,501	0,995	-0,119
7	90,412	1,956	1,111	-0,1347	0,457	0,995	-0,115
8	93,441	1,971	1,107	-0,0024	0,414	0,996	-0,111
9	128,324	2,108	1,078	12,713	0,002	1,000	-0,078
10	164,765	2,217	1,061	22,750	-0,323	1,003	-0,057
Jumlah		19,708					
Rata-Rata		1,971					
Std Dev		0,108					
Cs		1,71					
						Δ	Max = -0,06
						n =	10

Sumber: Hasil Perhitungan

## Uji Chi Square

Tabel.8 Uji Simpangan Vertikal -2 (Chi Square)

No	Batas Kelas	Jumlah Data		Fe - Ft	$(Fe - Ft)^2 / Ft$
		Frekuensi Pengamatan Kelas (Fe)	Frekuensi Teoritis		
1	0 - 64,46	0	2,5	-2,50	2,50
2	64,46- 78,166	1	2,5	-1,50	0,90
3	78,166 - 89,205	5	2,5	2,50	2,50
4	89,205 - ~	4	2,5	1,50	0,90
JUMLAH		10	10		6,80

Sumber: Hasil Perhitungan

## Debit Banjir Rancangan

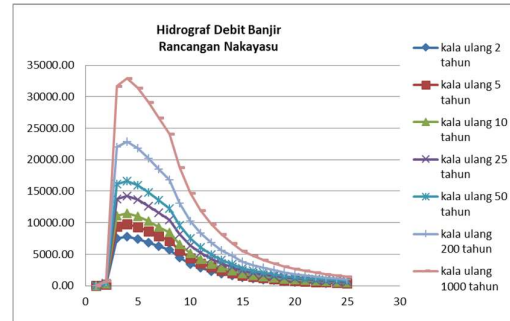
Untuk hujan jam-jaman dengan kala ulang 2 tahun maka didapat hasil perhitungan : Rasio x Curah Hujan Rancangan x Koefisien Rata-Rata  
 $0,550 \times 87,444 \times 1,71 = 82,057 \text{ mm}$

## Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Tabel.9 Ordinart Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.

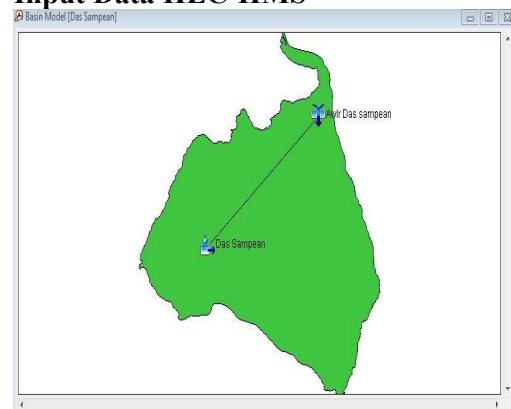
t (jam)	Qt (m3/det)	Ket
0	0,000	Qa
1	2,350	
2	90,417	
3	70,627	
4	55,168	
5	43,093	Qt1
6	33,661	
7	26,293	
8	20,538	
9	16,043	
10	13,975	Qt2
11	11,853	
12	10,054	
13	8,527	
14	6,664	
15	5,890	
16	5,206	Qt3
17	4,601	
18	4,066	
19	3,594	
20	3,176	
21	2,807	
22	2,481	
23	2,193	
24	1,938	

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4. Hidrograf banjir rancangan metode nakayasu kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun 25 tahun 50 tahun 100 tahun 200 tahun 1000 tahun.

## Input Data HEC-HMS



Gambar 5. Tampilan basin model das sampean program HEC-HMS

## Kalibrasi menggunakan HEC-HMS

Data hujan dari 34 Stasiun Hujan yang terdapat di DAS Sampean diambil data hujan harian terbesar yaitu pada Stasiun Ancar yang memiliki luas daerah sebesar 34,24 km<sup>2</sup> dengan Hujan Harian sebesar 108 mm.

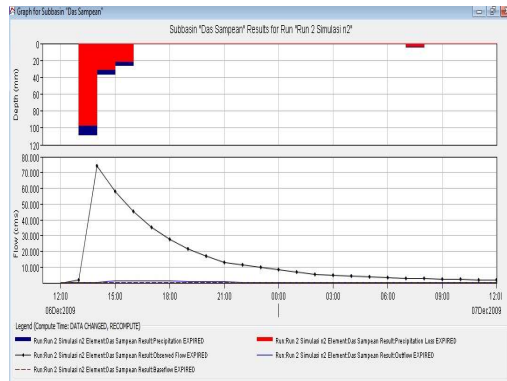
Hydrologic Element	Drainage Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (M <sup>3</sup> /S)	Time of Peak	Volume (1000 M <sup>3</sup> )
Das Sampean	34,24	1479,2	06Dec2009, 17:00	37155,9
Awir Das sampean	34,24	1479,2	06Dec2009, 17:00	37155,9

Gambar 6. Hasil perhitungan kalibrasi HEC-HMS

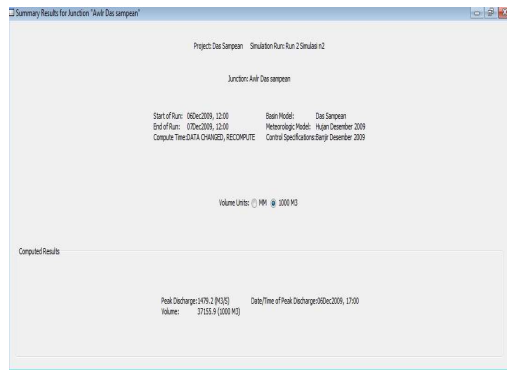
## Simulasi HEC-HMS SCS (Curve Number)



Gambar 7. Hasil perhitungan simulasi HEC-HMS



Gambar 8. Grafik simulasi HEC-HMS



Gambar 9. Hasil Simulasi waktu debit puncak HEC-HMS

Dari hasil perhitungan menggunakan aplikasi Hec-Hms di hasilkan : debit puncak sebesar 37155,9 m<sup>3</sup>/detik, pada tanggal 06 desember 2009 pada jam puncak yaitu pukul 17:00. Dari gambar diatas di dapat hasil dari nash-sutcliffe -0,532 yang artinya mendekati 0 (nol)

sehingga data tersebut dapat dikatakan valid.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah diuraikan sebelumnya, maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari perhitungan debit banjir dengan menggunakan analisis frekuensi Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu didapat nilai debit banjir sebesar :

Tabel. 10 Nilai Debit Banjir

NO	Kala Ulang	Debit Banjir (mm/det)
1	2 Tahun	7759,08 m <sup>3</sup> /detik
2	5 Tahun	9773,87 m <sup>3</sup> /detik
3	10 Tahun	11534,87 m <sup>3</sup> /detik
4	25 Tahun	14273,82 m <sup>3</sup> /detik
5	50 Tahun	16652,00 m <sup>3</sup> /detik
6	100 Tahun	19572,58 m <sup>3</sup> /detik
7	200 Tahun	22875,96 m <sup>3</sup> /detik
8	1000 Tahun	32903,04 m <sup>3</sup> /detik

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Dari hasil simulasi pemodelan dengan aplikasi HEC-HMS, didapat debit banjir rancangan sebesar 37155,9 m<sup>3</sup>/detik. Dengan uji keandalan model menggunakan program HEC-HMS memberikan hasil Nash-Sutcliffe sebesar -0,532. Hasil Nash-Sutcliffe dijadikan sebagai kontrol dalam pengujian menggunakan aplikasi HEC-HMS, karna dapat dikatakan valid jika hasil nash-sutcliffe hampir mendekati 0. Hasil Nash-Sutcliffe Perhitungan di dapat -0,532 oleh karna itu hasil pengujian dinilai valid karna mendekati 0 (nol).

## DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, N.A. 2011. *Pemodelan Hujan-Debit Menggunakan Model Hec-Hms Di Das Sampean Baru*. (Skripsi). ITS: Surabaya.
- Anonim. 2017. *Pedoman Penulisan Proposal & Skripsi*. Fakultas Teknik : Universitas Muhammadiyah Metro.
- Harto, S. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.  
[https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten\\_Bondowoso](https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Bondowoso).
- Indarto. 2010. *Hidrologi (Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi)*. Bumi Aksara : Jakarta.
- Indarto. 2016. *Hidrologi (Metode Analisis dan Tool Untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai)*. Bumi Aksara : Jakarta.
- Jayadi, R. 2000. *Hidrologi I Pengenalan Hidrologi Teknik Sipil*. UGM:Yogyakarta.
- Jayadi, R. 2015. *Petunjuk Cara Pemakaian Paket Model HEC-HMS*. UGM: Yogyakarta.
- Kamiana, I.M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta.
- Montarich, L, L. 2010. *Hidrologi Praktis*. Lubuk Agung:Bandung.
- Ponce, V.M. 1989. *Engineering hydrology: Principles and Practices*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey pp. 531.
- Prawati,Eri. *Buku Hidrologi*. Fakultas Teknik : Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung.
- Putra, E.H. 2011. *ArcView GIS (Pengukuran dan Pemetaan Areal Kerja Skala Besar)*. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*. Fakultas Teknik : Universitas Brawijaya. Malang.
- Sosrodarsono, S. dan Kensaku Takeda. 2003. *Hidrologi : Untuk Pengairan*. Paradnya Paramita : Jakarta.
- Sujono, J. 2008. *Petunjuk Singkat Aplikasi HEC-HMS Versi 3.2*. Fakultas Teknik : Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Andi : Yogyakarta.
- Triatmojo, B. 1996. *Hidrologi 1*. Fakultas Teknik : Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Fakultas Teknik : Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- USACE. 1998. *Hydrologic Engineering Center*.
- USACE. 2000. *Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference*.
- USACE. 2000. *HEC-HMS Technical Reference Manual*.
- Wilson, E.M. 1996. *Hidrologi Teknik*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.