

# **PREDIKSI DEBIT ANDALAN PADA DAS CISADANE HULU DENGAN MODEL MOCK**

## ***DEBIT PREDICTION IN THE UPSTREAM CISADANE WATERSHED BY THE MOCK MODEL***

Jihad

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunadarma  
jihadbaraba@gmail.com

### **Abstrak**

*Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane hulu yang terletak di kabupaten Bogor yang sumber airnya berasal dari Gunung Pangrango. Salah satu peranan utama sungai adalah sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan industri dan lain-lain. Ketersediaan air disungai relatif konstan, tetapi tidak merata sepanjang tahun. Pendugaan ketersediaan air atau debit andalan pada suatu daerah aliran sungai dapat disimulasikan dengan data hujan dan iklim menjadi data debit. Pemodelan Mock adalah salah satu cara mendapatkan debit andalan pada suatu DAS. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pemodelan debit andalan, faktor penyebab yang berpengaruh pada pemodelan, serta memprediksi besar debit andalan pada DAS Cisadane hulu pada periode 2011-2014. Hasil perhitungan mendapatkan dari simulasi data curah hujan, kecepatan angin, kelembapan relatif, suhu udara, dan nilai evapotranspirasi bulanan sejak tahun 1999 hingga 2014. Dengan melakukan kalibrasi untuk tahun 1999 hingga 2010 guna mendapatkan nilai  $i$  dan  $k$ , menggunakan Ms. Excel 2010 dan fasilitas solver, asumsi lahan yang digunakan 20% maka didapatkan nilai  $i$  sebesar 0,77 dan nilai  $k$  sebesar 0,54 dengan nilai MAPE sebesar 29,71. Besar nilai  $i$  dan  $k$  yang setelah dioptimasi digunakan dalam memprediksi debit andalan untuk tahun 2011 hingga 2014 dengan nilai MAPE 32,05.*

**Kata kunci:** *Cisadane Hulu, debit andalan, DAS, pemodelan Mock.*

### **Abstract**

*Cisadane river flow area is located in Bogor Regency, where the water source comes from Mount Pangrango. The river has a very important role for human life. One of its main roles is as a water source that can be used to meet irrigation needs, drinking water supply, industrial needs and others. The availability of water in the river is relatively constant, but it is not evenly distributed throughout the year. Estimation of the availability of water or mainstay discharge in a river flow can be simulated with rain and climate into discharge data. Mock modeling is one way to get a reliable discharge in a river flow area. The purpose of this research is to know the mainstay discharge modeling, the causal factors that influence the modeling, and predict the mainstay discharge in the upstream Cisadane river flow in the 2011-2014 period. The calculation results obtained from the simulation of rainfall data, wind speed, relative humidity, air temperature, and monthly evapotranspiration values from 1999 to 2014. By performing calibrations for 1999 to 2010 in order to obtain the values of  $i$  and  $k$ , using Ms. Excel 2010 and solver facilities, assuming the land used is 20%, the value of  $i$  is 0.77 and the value of  $k$  is 0.54 with a MAPE value of 29.71. The value of  $i$  and  $k$  which after being optimized is used in predicting the mainstay discharge for the years 2011 to 2014 with a MAPE value of 32.05.*

**Keywords:** *mainstay discharge, Mock modelin, Upper Cisadane Watershed,*



## PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane hulu yang terletak dikabupaten Bogor yang sumber air berasal dari Gunung Pangrango. Daerah Gunung Pangrango termasuk daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi hal ini disebabkan daerah ini merupakan daerah flora-fauna yang memiliki tingginya keanekaragaman hewan dan tumbuhan. Curah hujan rata-rata setiap tahunnya 3000 mm – 4200 mm. (Valentino, N. dan Nugraha, A, 2012)

Pengelolaan air yang lemah, derajat kelangkaan air meningkat, bertambahnya tekanan terhadap kuantitas air akibat cepatnya pertambahan penduduk yang disertai pola hidup dengan penggunaan air yang relatif banyak, membuat Indonesia termasuk sebagai salah satu negara yang diproyeksikan akan mengalami krisis air pada tahun 2025 (Habibi, 2010).

Pendugaan ketersediaan air pada suatu daerah aliran sungai biasanya ditentukan berdasarkan pencatatan data debit pada suatu pos duga air secara berkesinambungan dan panjang, di Indonesia pada umumnya data yang berkisambungan dan panjang adalah data hujan. Melihat kondisi tersebut maka dibutuhkan suatu model hujan-debit yang dapat menstimulasikan data hujan dan iklim menjadi data debit. (Novianti, R., 2000)

Transformasi data hujan menjadi debit adalah menghitung debit keluaran berdasarkan data masukan hujan. Beberapa metode perhitungan transformasi data hujan menjadi debit yang telah dikenal dan berkembang di Indonesia antara lain adalah pemodelan Mock, NRECA, *Tank Model*, dan *Rainrun*. Pemodelan Mock dikembangkan oleh DR. F.J.Mock pada tahun 1973 dalam memperkirakan debit aliran dengan memperhitungkan data curah hujan, data klimatologi, dan luas tangkapan daerah pengaliran sungai. (Kesuma, 2013)

Peneliti akan melakukan penelitian mengenai prediksi debit andalan pada DAS Cisadane hulu untuk tahun 2011 hingga 2014 menggunakan model Mock. Untuk mendapatkan

besar debit diperlukannya data evapotranspirasi bulanan, metode evapotranspirasi bulanan yang dipilih yaitu metode Penman modifikasi, dan melakukan kalibrasi pada pemodelan Mock dengan mengoptimasi parameter  $i$  dan  $k$  yang akan digunakan dalam perhitungan prediksi debit andalan.

## METODE PENELITIAN

Untuk mengetahui besarnya debit minimum sungai (debit andalan) yang ada pada DAS Cisadane hulu, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksploratif. Pengumpulan data dalam kajian ini berupa data sekunder. Data sekunder didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Cisadane Ciliwung (BBWSCC) meliputi peta topografi, data curah hujan harian, dan debit harian. Sedangkan untuk data klimatologi didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

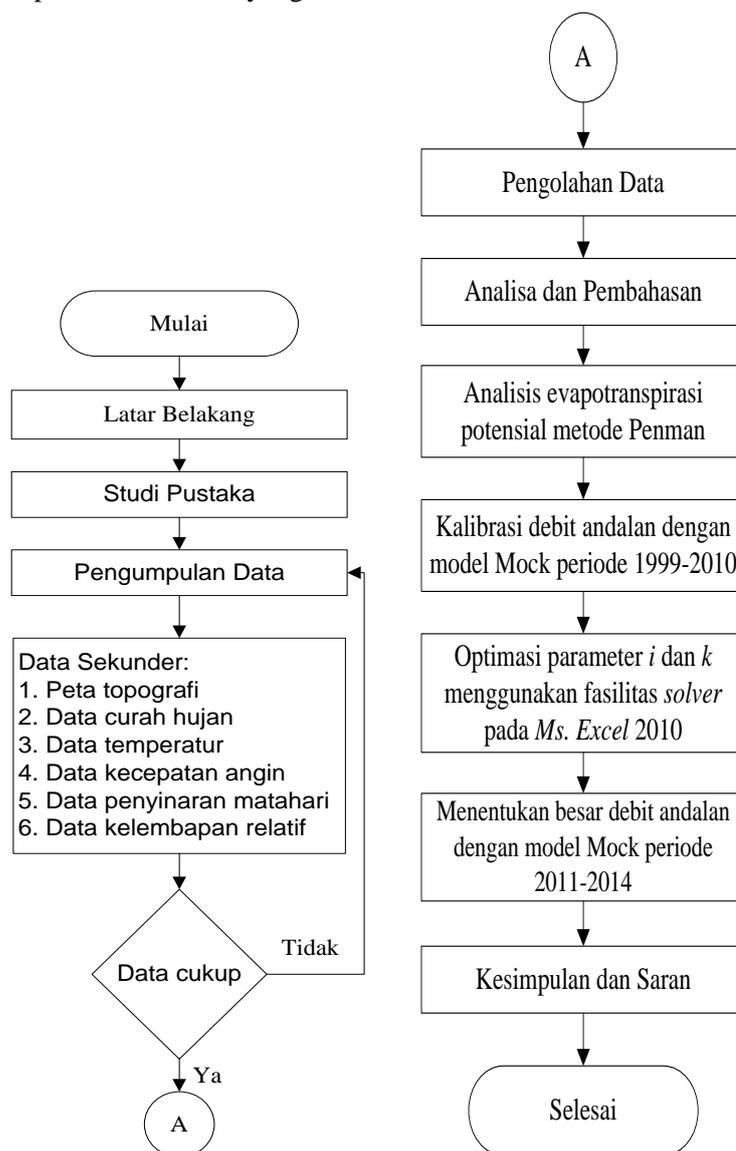
Pola pikir tahapan pelaksanaan kajian meliputi: 1) Pengumpulan data terdiri dari data selama 16 tahun berupa curah hujan harian, kecepatan angin, kelembapan relatif, suhu, penyinaran matahari, peta topografi DAS pengamatan dan debit harian, 2) Melakukan pengolahan dan pemilihan data curah hujan dan data klimatologi, 3) Pemilihan metode curah hujan dari hasil pengolahan dan pemilihan data curah hujan, 4) Dari data curah hujan dan klimatologi dilakukan perhitungan debit andalan menggunakan pemodelan Mock dan perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman modifikasi, 5) Melakukan kalibrasi pemodelan dan menghitung nilai prediksi debit andalan periode tahun 2011 hingga 2014 .

Metode analisis yang digunakan dalam kajian ini antara lain: 1) Perhitungan hujan kawasan (*Areal Rainfall*): Kajian ini menggunakan metode hujan titik dalam perhitungan hujan kawasan pada kajian ini, 2) Pemodelan menentukan debit: Dengan menggunakan metode Penman modifikasi dalam menganalisis evapotranspirasi potensial, dilanjutkan perhitungan

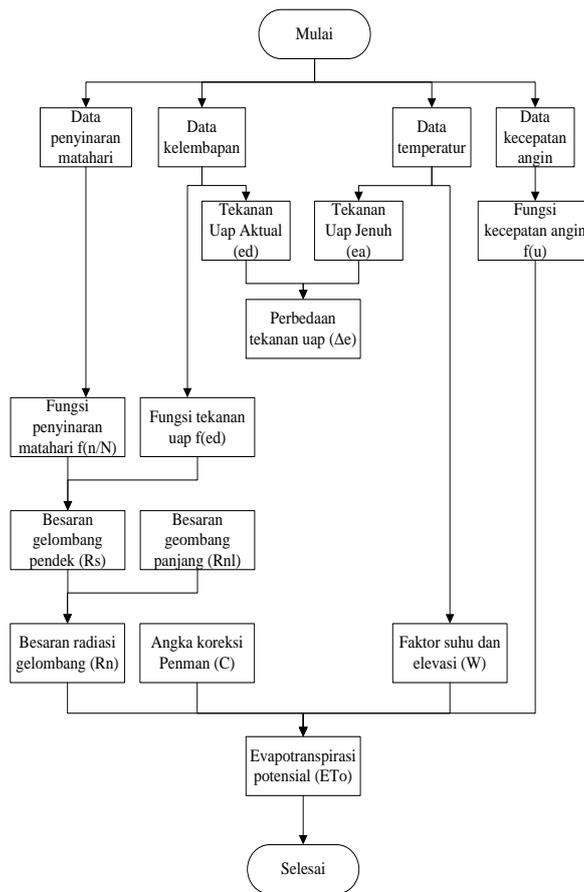
debit menggunakan metode Mock, 3) Kalibrasi pemodelan: Melakukan kalibrasi pemodelan pada periode 1999 – 2010 guna untuk mengetahui penyesuaian parameter model. Kalibrasi dilakukan dengan mengetahui nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Setelah dilakukan kalibrasi pemodelan didapatkan parameter  $i$  dan  $k$  yang

optimal, parameter hasil optimasi dari kalibrasi pemodelan yang selanjutnya digunakan dalam memprediksi besaran debit andalan DAS Cisadane hulu periode 2011 – 2014.

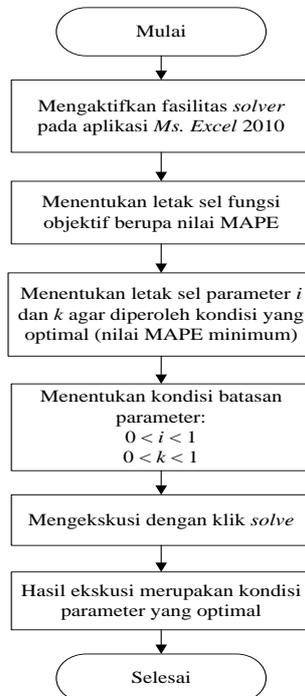
Proses kegiatan penelitian digambarkan Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

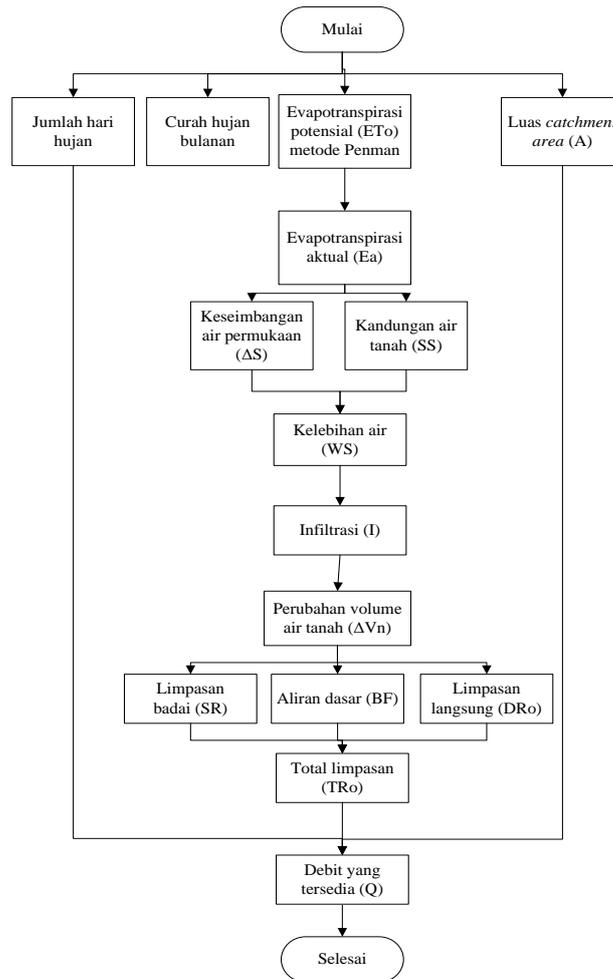


**Gambar 2. Diagram Alir Analisis Evapotranspirasi Potensial Penman Modifikasi**



**Gambar 3. Diagram Alir Optimasi Parameter  $i$  dan  $k$**





**Gambar 4. Diagram Alir Analisis Pemodelan Debit F.J. Mock**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai disebut dengan debit air sungai. Debit atau aliran sungai adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan meter kubik per detik ( $m^3/det$ ) atau ( $L/dt$ ). Pegerakan air di dalam alur sungai disebut dengan aliran. Pengukurannya dilakukan setiap hari dan pada jam-jam tertentu. (Ridhwan, 2012)

Memperkirakan besarnya debit yang tersedia di sungai atau disebut juga debit andalan dapat dihitung berdasarkan data curah hujan yang jatuh disepanjang daerah pengaliran atau dengan pengamatan permukaan air sungai yang menggunakan alat ukur yang dipasang pada tempat yang memungkinkan pengamatan pada seluruh

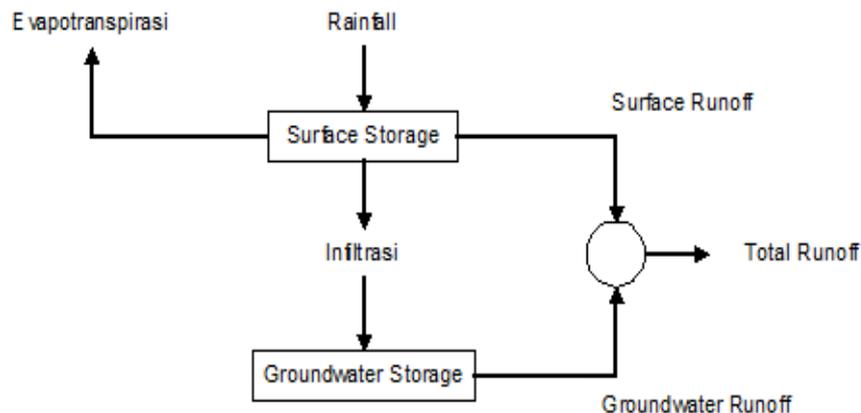
keadaan permukaan air. Jika tidak terdapat alat ukur, maka debit dapat dihitung berdasarkan curah hujan dan jumlah hari hujan yang jatuh pada daerah tangkapan sungai. Untuk menghitung debit sungai diperlukan data curah hujan selama 10 tahun terakhir atau lebih.

Dengan menyesuaikan data-data yang tersedia, penentuan besarnya debit andalan suatu DAS dapat dihitung dengan beberapa metode. Metode yang digunakan dalam perhitungan debit andalan suatu DAS yaitu antara lain dengan menggunakan pemodelan metode “*Meteorological Water Balance*” dari F.J Mock.

Dengan menggunakan data-data meteorologi berupa data curah hujan bulanan, debit andalan suatu DAS dapat dihitung dengan metode F.J Mock. Dalam makalah

“Lang Capability Appraisal Indonesia water Availability appraisal, UNDP / FAO, bogor 1973”, F.J Mock memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air, untuk menghitung aliran sungai dari data curah hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran untuk menaksir tersedianya air di sungai. Cara ini dikenal

dengan nama perhitungan debit andalan cara Mock yang menjelaskan hubungan *rainfall-runoff* (hujan-debit), khusus untuk sungai-sungai di Indonesia, cara ini dianjurkan dipakai untuk menaksir debit suatu DAS. Secara garis besar model *rainfall-runoff* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5 Model *Rainfall-Runoff* Metode Mock**

Kriteria perhitungan dan asumsi pada model Mock diurutkan sebagai berikut :1) **Data Meteorologi:** a) Data curah hujan bulan (R) untuk setiap tahun. Dan data jumlah hari hujan dalam 1 bulan (N) untuk setiap tahun, b) Data klimatologi berupa data kecepatan angin, kelembapan udara, temperatur dan penyinaran matahari. Data klimatologi berguna untuk mengetahui evapotranspirasi potensial (ET<sub>o</sub>) yang dapat dianalisis menggunakan metode “Penman modifikasi”, 2) **Evapotranspirasi Aktual (E<sub>a</sub>)** Evapotranspirasi Aktual (E<sub>a</sub>) dihitung dari evapotranspirasi potensial dengan pertimbangan kondisi vegetasi dan permukaan tanah di DAS serta frekuensi curah hujan. Perhitungan evapotranspirasi aktual diperoleh dengan menggunakan persamaan: Hubungan antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$E_a = ET_o - E \quad (1)$$

$$E = ET_o \times \left( \frac{m}{20} \right) \times (18 - n) \quad (2)$$

Dimana:

- E<sub>a</sub> = Evapotranspirasi aktual (mm/ hari)
- ET<sub>o</sub> = Evapotranspirasi potensial (mm/ hari)
- E = Selisih antara evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual
- n = Jumlah hari hujan dalam sebulan
- m = Presentase lahan yang tidak tertutup tanaman/vegetasi (lahan terbuka)

Ketentuan:

- m = 0% untuk DAS/ lahan dengan hutan lebat
- m = 10% - 40% untuk DAS/lahan yang tererosi
- m = 30% - 50% untuk DAS/ lahan yang diolah seperti (misal sawah dan ladang)

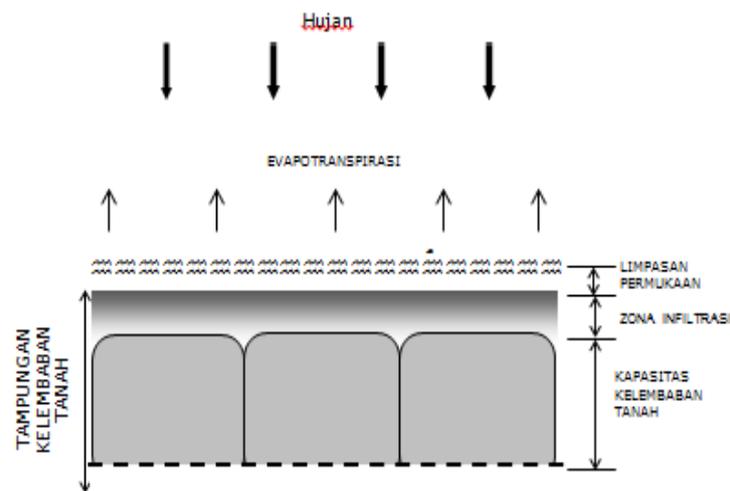
## 1. Keseimbangan air di permukaan air tanah ( $\Delta S$ )

Jumlah air yang masuk ke dalam permukaan tanah dan kondisi tanah itu akan berpengaruh terhadap keseimbangan air tanah.

Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane pada tahun 2012 didalam laporan akhir studi *water balance* sungai Cisadane menjelaskan bahwa dalam model Mock, *water surplus* merupakan bagian yang penting untuk memprediksi debit sungai. Alasannya adalah karena *water surplus* ini

berpengaruh langsung pada infiltrasi atau perkolasi dan *total run off* yang merupakan komponen debit. Air hujan (presipitasi) yang telah mengalami evapotranspirasi dan mengisi tampungan tanah (*soil storage*, disingkat SS) adalah yang didefinisikan sebagai Water Surplus.

Persamaan *water surplus* (disingkat WS) dapat dilihat pada persamaan 6, Dengan memperhatikan Gambar 6 berikut ini, maka *water surplus* merupakan air limpasan permukaan ditambah dengan air yang mengalami infiltrasi.



Gambar 6 Penyebab Terjadinya Water Surplus

Adapun analisis keseimbangan air tanah meliputi air hujan yang mencapai permukaan tanah, persamaannya sebagai berikut:

$$\Delta S = R - Ea \quad (3)$$

$$SR = PF \times R \quad (4)$$

$$SS = \Delta S - SR \quad (5)$$

$$WS = \Delta S - SS \quad (6)$$

Dimana:

$\Delta S$  = Keseimbangan air dipermukaan tanah

R = Besar hujan bulanan (mm/bln)

Ea = Evapotranspirasi aktual (mm)

SR = Limpasan badai (mm/bulan)

PF = Faktor limpasan badai = 5%

SS = Kandungan air tanah (mm/bulan)

WS = Kelebihan air (mm/bulan)

## 2. Analisis limpasan dan penyimpanan air tanah (*Run Off & Ground Water Storage*)

### 1. Infiltrasi (I)

Berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran, suatu infiltrasi dapat ditaksir. Lahan yang poros misalnya pasir halus mempunyai infiltrasi lebih tinggi dibanding tanah lempung berat. Koefisien infiltrasi akan kecil jika pada lahan yang terjal air tidak sampai infiltrasi ke dalam tanah. Batasan koefisien infiltrasi adalah antara 0 – 1,0. Perhitungan debit andalan DAS Cisadane Hulu dengan metode Mock, besarnya nilai i didapat dengan cara coba-coba atau menggunakan fasilitas *solver* pada *Ms. Excel 2010* untuk

mengoptimasi, sehingga dapat dihasilkan aliran seperti yang diharapkan.

$$I = ixWS \quad (7)$$

Dimana:

I = Infiltrasi

I = Koefisien infiltrasi (antara 0 –1)

WS = Kelebihan air

## 2. Faktor resesi aliran tanah (k)

Perbandingan antara aliran air tanah pada bulan ke-n dengan aliran tanah pada awal bulan tersebut disebut juga dengan faktor resesi (*catchment Area Resesion faktor*). Faktor resesi aliran tanah dipengaruhi oleh sifat geologi lapisan bawah. Harga k yang tinggi akan memberikan resesi yang lambat dimana batasan antara 0 – 1,0.

Perhitungan debit andalan dengan metode Mock, besarnya nilai k didapat dengan cara coba-coba atau menggunakan fasilitas *solver* pada *Ms. Excel 2010* untuk mengoptimasi, sehingga dapat dihasilkan aliran seperti yang diharapkan.

## 3. Penyimpanan Air Tanah (*Ground Water Storage*)

Penentuan penyimpanan awal (*initial storage*) yang besarnya bergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu harus dilakukan pada permulaan simulasi/perhitungan harus. Sebagai contoh dalam daerah pengaliran tidak tembus air dan mungkin tidak ada air di sungai pada musim kemarau, maka penyimpanan awal tanah menjadi nol.

$$V_n = k.(V_{n-1}) + \frac{1}{2} x(1+k).I_n \quad (8)$$

Sedangkan untuk mengetahui perubahan volume aliran air tanah menggunakan persamaan:

$$\Delta V_n = V_n - V_{n-1} \quad (9)$$

Perubahan volume air tanah ( $\Delta V_n$ ) selama 1 tahun adalah nol.

$$\sum_{i=bulanke-1}^{bulanke-12} \Delta V_n = 0 \quad (10)$$

Dimana :

$V_n$  = volume air tanah bulan ke-n

$V_{n-1}$  = Volume air tanah pada bulan ke- n- 1

k = Faktor resesi aliran air tanah

$I_n$  = Infiltrasi bulan ke- n

$\Delta V_n$  = Perubahan volume air tanah periode n

## 4. Limpasan (*Run Off*)

Air hujan atau presipitasi akan menempuh tiga jalur menuju ke sungai. Satu bagian akan mengalir sebagai limpasan permukaan, bagian kedua masuk kedalam tanah lalu mengalir ke kiri dan kanannya membentuk aliran antara. Bagian ketiga akan berperkolasi jauh kedalam tanah hingga mencapai lapisan air tanah. Aliran permukaan tanah serta aliran antara sering digabungkan sebagai limpasan langsung (*direct runoff*).

Perjalanan air hujan sampai terbentuk debit dapat dimodelkan dengan Gambar 7.

Adapun persamaan dari limpasan adalah sebagai berikut:

$$BF = I - \Delta V_n \quad (11)$$

$$Dro = WS - I \quad (12)$$

$$Tro = SR + BF + Dro \quad (13)$$

Dimana :

BF = Base Flow atau Aliran dasar (mm3/bln)

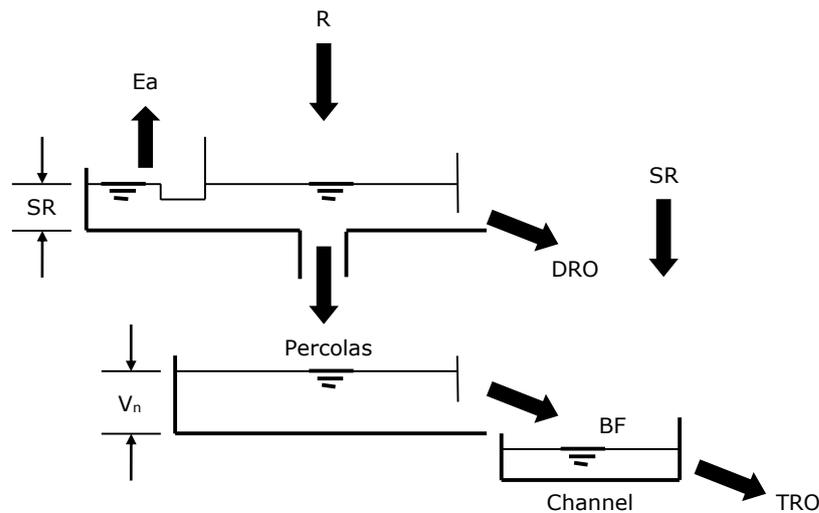
I = Infiltrasi (mm/bulan)

$\Delta V_n$  = Perubahan volume air tanah periode n (mm3)

Dro = Limpasan Langsung (mm3/bulan)

WS = Kelebihan air

SR = Limpasan badai



Gambar 7 Perjalanan Air Hujan Sampai Terbentuk Debit

5. Banyaknya air yang tersedia dari sumbernya

$$Q_n = \frac{TroxAx10^{-3}}{24x3600x(n)} \quad (14)$$

Dimana :

$Q_n$  = Banyaknya air yang tersedia dari sumbernya periode n (m<sup>3</sup>/det)

A = Luas daerah tangkapan (Catchment Area) m<sup>2</sup>

n = Jumlah hari dalam 1 bulan

### Analisis Evapotranspirasi Metode Penman Modifikasi

Data klimatologi terukur yang diperlukan dalam menganalisis evapotranspirasi metode Penman modifikasi antara lain; letak lintang (LL) dari stasiun klimatologi, kelembapan relatif (RH), temperatur (T), penyinaran matahari (n/N), dan kecepatan angin (u).

Persamaan Evapotranspirasi sebagai berikut:

$$ET_o = CxET_o' \quad (15)$$

$$ET_o' = [WxR_n] + [(1 - W)xf(u)x(ea - ed)] \quad (16)$$

Dimana:

$ET_o$  = Evapotranspirasi potensial, sering pula dinyatakan sebagai evapotranspirasi tanaman acuan

C = Faktor koreksi Penman

$ET_o'$  = Besarnya evapotranspirasi potensial sebelum dikoreksi, sering pula dinyatakan sebagai evaporasi muka air bebas dan menggunakan notasi  $E_o$

W = Faktor penimbang untuk suhu dan elevasi daerah

$$R_n = (R_{ns} - R_{nl}) \quad (17)$$

$R_{ns}$  = Radiasi gelombang pendek (1- $\alpha$ ) $R_s$ , dengan  $\alpha = 0,25$

$$R_s = \text{Radiasi gelombang pendek (mm/hari)} \\ = (0,25 + 0,54 \frac{n}{N})R_a \quad (18)$$

$R_a$  = Radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (mm/ hari)

n = Rata-rata lama cahaya matahari sebenarnya dalam satu bulan (jam)

N = Lama cahaya matahari maksimum yang mungkin dalam satu bulan (jam)

n/N = Kecerahan matahari (%)

$R_n$  = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/bulan)

$$Rnl = \text{Gelombang panjang} = f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n) \quad (19)$$

$f(t)$  = Fungsi suhu

$$f(ed) = \text{Fungsi tekanan uap} = 0,34 - 0,044\sqrt{ed} \quad (20)$$

$$f(n/N) = \text{Fungsi kecerahan} = 0,1 + 0,9 n/N \quad (21)$$

$f(u)$  = Fungsi kecepatan angin (m/ det)

$$f(u) = 0,27 (1 + 0,864 u) \quad (22)$$

ea-ed = Defisit tekanan uap yaitu selisih antara tekanan uap jenuh (ea) pada T rata-rata dalam (m bar) dan tekanan uap sebenarnya (ed) dalam (m bar) (23)

$$ed = ea \times RH/100 \quad (24)$$

## Kalibrasi

Kalibrasi didefinisikan sebagai proses penyesuaian parameter model yang berpengaruh terhadap kejadian aliran (Kesuma, R. P., dkk, 2013). Proses melakukan kalibrasi parameter DAS diperlukannya verifikasi model. Verifikasi model adalah evaluasi statistik yang digunakan menilai performa model, dalam penelitian ini penilaian performa model tersebut dengan menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dirumuskan sebagai berikut (Gustian, M. dkk, 2014)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left( \frac{|Q_{obs(t)} - Q_{cal(t)}|}{Q_{obs(t)}} \right) \times 100 \quad (25)$$

n : jumlah periode

$Q_{obs(t)}$  : nilai debit terukur pada periode t

$Q_{cal(t)}$  : nilai debit pemodelan pada periode t

Setelah dilakukannya kalibrasi parameter DAS maka langkah selanjutnya adalah menghitung besar prediksi debit andalan DAS dengan parameter i dan k yang digunakan dalam kondisi optimal yaitu ketika proses

kalibrasi menghasilkan nilai MAPE yang minimum, setelah itu memastikan bahwa parameter hasil kalibrasi dapat mewakili karakteristik DAS sebenarnya dengan membuat hubungan grafik hasil kalibrasi yang menggambarkan kesamaan pola grafik antara debit terukur dan debit pemodelan.

## Optimasi

Aktivitas untuk mendapatkan hasil yang terbaik atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai) dari pilihan yang tersedia disebut dengan Optimasi. Nilai yang didapat dengan melalui suatu solusi jawaban yang paling baik dari semua solusi yang ada (Zerda, 2009).

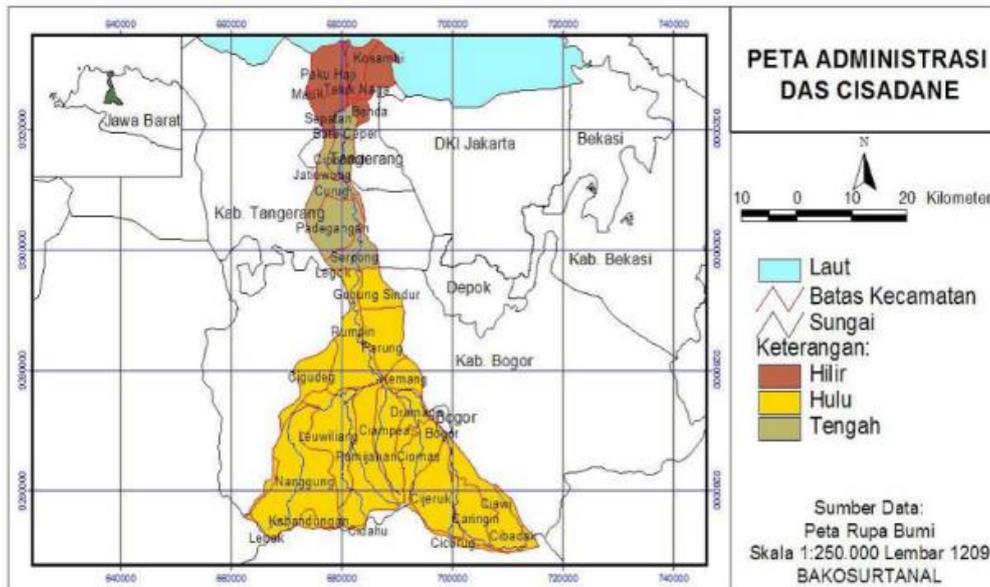
Melakukan optimasi pada suatu pemodelan diperlukannya dua macam fungsi antara lain; fungsi tujuan (*objective function*) yang menggambarkan kondisi untuk mengoptimasi target baik kondisi minimum ataupun maksimum, dan fungsi kendala (*constraint function*) yaitu bentuk pemodelan matematika yang membatasi kapasitas yang tersedia.

Bentuk persoalan optimasi dapat dibantu dengan program komputer diantaranya; *LINDO*, *QM*, *POM for Windows*, dan *Solver Excel*. Penelitian ini mengoptimasi pemodelan mock menggunakan bantuan fasilitas *solver* yang tersedia pada *Ms. Excel 2010*.

## Perhitungan Debit Andalan dengan Model Mock pada DAS Cisadane Hulu

Perhitungan debit andalan dengan model Mock pada DAS Cisadane Hulu dapat dilakukan dengan menganalisis data curah hujan dan data klimatologi, dimana data-data tersebut akan dilakukan evaluasi agar pemilihan data tepat dan sesuai, sehingga menghasilkan hasil akhir yang optimal. Berikut merupakan data-data yang digunakan dalam perhitungan, yaitu:

Luas tangkapan Das Cisadane Hulu meliputi Kota dan Kabupaten Bogor sebesar 1117,35 km<sup>2</sup>. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8.



**Gambar 8 Daerah Aliran Sungai Cisadane Bagian Hulu.**

### Optimasi Parameter $i$ dan $k$

Proses optimasi merupakan cara pengkalibrasian suatu pemodelan dengan menggunakan model matematika dengan menentukan fungsi kendala. Fungsi kendala tersebut adalah nilai parameter yang berada pada *range* tertentu. Besarnya nilai yang berada pada *range* tersebut disesuaikan dengan karakteristik hidrologi dari masing-masing parameter, dalam hal ini parameter tersebut adalah parameter  $i$  dan  $k$  yang digunakan dalam perhitungan pemodelan Mock. Parameter telah ditentukan batasannya oleh FJ.Mock yaitu; untuk parameter  $i$  berkisar antara 0 sampai 1, sedangkan parameter  $k$  berkisar antara 0 sampai 1.

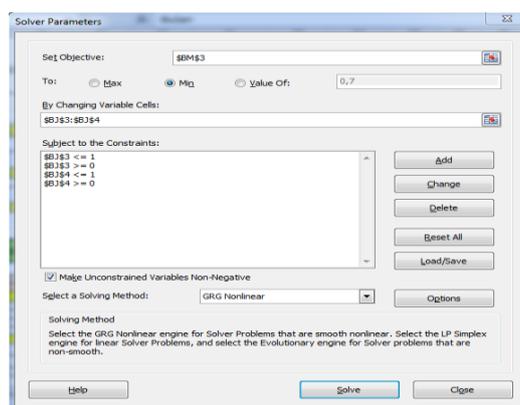
Dari Gambar 9 menginformasikan batasan fungsi kendala pada *subject to the Constraints* dan fungsi tujuan pada *set objective*, dalam hal ini letak *cell* parameter  $i$  yang diinput berada pada BJ3 dan parameter  $k$  yang diinput berada pada BJ4, sedangkan besaran nilai MAPE yang diinput berada pada BM4. Setelah dilakukan input batasan kendala dan fungsi tujuan maka dipilih tombol *solve* guna melakukan iterasi. Hasil akhir menunjukkan kondisi minimum nilai MAPE

terjadi pada saat nilai parameter  $i$  sebesar 0,77 dan parameter  $k$  sebesar 0,54 dengan nilai MAPE sebesar 29,71%.

### Analisis Debit

Analisis debit yang tersedia pada sub DAS Cisadane Hulu menggunakan metode simulasi F.J. Mock, dengan data yang digunakan: 1) Data curah hujan bulanan dari sta. Dermaga Bogor pada periode 1999-2014, 2) Data evapotranspirasi potensial (ET<sub>o</sub>) menggunakan metode Penman modifikasi, 3) Data jumlah hari hujan bulanan pada periode 1999-2014 stasiun hujan.

Proses perhitungan analisis debit dilakukan berdasarkan persamaan-persamaan kriteria perhitungan asumsi model Mock diatas. Perhitungan dilakukan untuk semua bulan dengan bantuan *Ms. Excel 2010* pada tahun tinjauan 1999 hingga 2010 sebagai kalibrasi dalam mengoptimalkan besar debit yang mendekati kondisi lapangan, yang selanjutnya hasil perhitungan ini digunakan dalam prediksi debit yang tersedia pada tahun 2011 hingga 2014. Adapun hasil akhir rekap tiap periodenya dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 9 Parameter Optimasi

Tabel 1. Rekap Debit Bulanan Tiap Periode nya

No	Tahun	Debit (m3/det)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1	1999	144,185	63,310	40,216	78,804	92,306	87,481	81,832	71,796	53,168	83,665	106,109	86,303
2	2000	96,519	51,482	30,996	41,489	87,152	78,210	77,582	58,466	73,323	50,282	85,137	53,062
3	2001	66,441	54,971	43,679	60,516	65,109	74,358	77,403	48,953	68,148	53,963	50,202	28,856
4	2002	172,107	123,701	111,248	144,041	101,042	97,950	84,532	51,799	29,065	28,093	58,214	68,918
5	2003	123,377	84,409	105,704	94,592	102,754	76,302	39,400	22,884	28,696	82,185	84,056	90,016
6	2004	160,129	67,109	84,139	141,348	126,459	88,444	57,514	36,539	55,743	47,588	69,554	87,561
7	2005	151,136	134,789	165,181	134,679	125,876	175,978	114,071	66,034	59,640	63,338	84,942	66,798
8	2006	151,650	116,929	66,213	38,850	45,411	34,617	17,037	12,832	5,486	5,747	30,709	52,589
9	2007	158,167	80,143	67,879	100,440	75,563	69,288	42,278	36,047	22,568	18,728	61,058	93,055
10	2008	99,998	57,781	124,328	149,676	108,301	74,678	45,258	34,591	45,273	49,256	93,356	67,260
11	2009	115,398	60,646	49,977	52,359	105,914	106,510	62,835	33,127	21,469	48,632	75,101	61,227
12	2010	81,265	73,735	86,611	54,775	58,575	68,111	60,184	91,303	136,120	126,941	98,192	57,524

### Analisis Evapotranspirasi Potensial (ET<sub>p</sub>)

Perhitungan debit andalan dengan model Mock membutuhkan data evapotranspirasi potensial, terdapat beberapa metode perhitungan evapotranspirasi yang berkembang saat ini di antaranya metode Thornthwaite, metode Blaney & Criddle, metode Radiasi, dan metode Penman modifikasi. Pemilihan metode pada penelitian ini yang dipilih metode Penman modifikasi dikarenakan kelengkapan data yang tersedia.

Proses perhitungan analisis evapotranspirasi potensial dilakukan berdasarkan persamaan evapotranspirasi diatas. Perhitungan dilakukan untuk semua bulan dengan bantuan

*Ms. Excel 2010* pada tahun tinjauan 1999 hingga 2010 sebagai kalibrasi dalam mengoptimalkan besar debit yang mendekati kondisi lapangan, yang selanjutnya hasil perhitungan ini digunakan dalam prediksi debit yang tersedia pada tahun 2011 hingga 2014. Hasil akhir rekap tiap perodenya dapat dilihat pada Tabel 2.

Debit andalan untuk tahun 2011 hingga 2014 dilakukan perhitungan menggunakan pemodelan Mock dengan dipilihnya tutupan lahan sebesar 20% , nilai faktor infiltrasi  $i$  sebesar 0,77 dan nilai faktor resesi  $k$  sebesar 0,54 sesuai hasil optimasi dari kalibrasi tahun 1999 hingga 2010

**Tabel 2. Rekap Evapotranspirasi Bulanan Tiap periodenya**

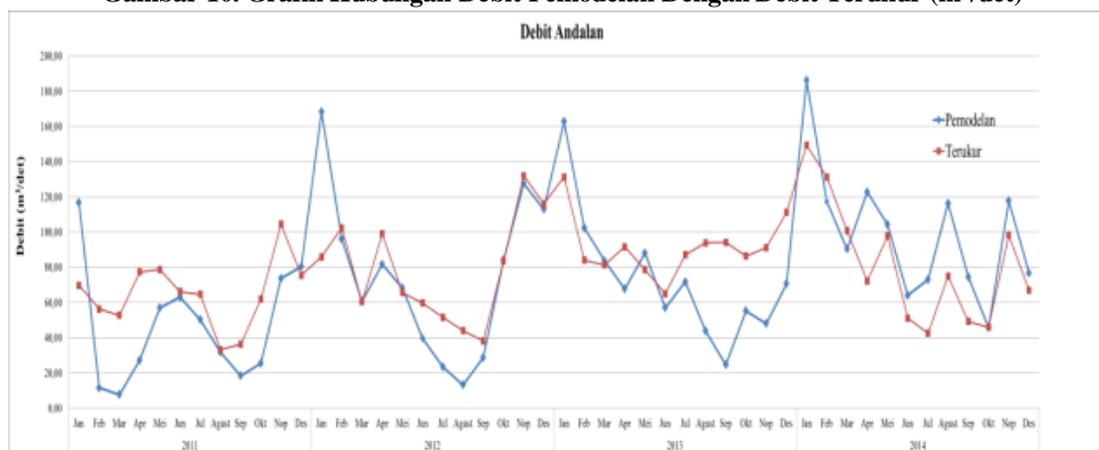
No	Tahun	Eto (mm/bulan)											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
1	1999	84,005	74,602	77,637	73,668	66,029	62,282	69,176	76,840	89,455	85,503	82,853	83,105
2	2000	77,122	141,738	151,379	125,349	116,916	107,456	132,347	146,621	156,792	172,754	137,305	173,839
3	2001	181,847	179,381	188,012	161,026	160,901	144,793	172,783	220,278	204,368	195,278	184,686	242,631
4	2002	126,009	134,212	147,019	135,860	145,035	131,327	150,557	198,642	226,312	236,047	174,474	159,055
5	2003	180,667	127,678	136,649	144,145	195,245	145,721	188,945	197,882	181,246	168,025	150,425	139,585
6	2004	130,605	127,392	153,893	130,980	125,914	131,859	147,843	193,784	182,825	199,018	158,121	154,603
7	2005	128,398	126,789	144,271	133,980	133,969	113,997	157,535	161,039	188,360	178,005	155,430	149,120
8	2006	151,600	123,784	188,545	179,546	176,747	174,869	219,206	246,310	300,586	307,278	185,666	161,074
9	2007	180,814	124,441	144,734	121,652	125,785	116,814	159,750	172,116	217,706	193,431	164,341	136,544
10	2008	154,231	126,407	134,766	132,904	144,444	131,267	171,562	161,099	187,236	176,956	149,409	145,548
11	2009	124,719	129,997	160,807	134,825	124,458	127,792	171,035	183,260	208,140	179,662	163,628	160,937
12	2010	132,663	134,992	145,706	193,505	152,980	124,685	151,432	145,872	144,852	154,214	151,884	172,246

Hasil ini dilakukan verifikasi dengan menghitung nilai MAPE antara debit pemodelan dengan debit amatan pada periode 2011 hingga 2014 yang menghasilkan nilai MAPE sebesar 32,05.

**Tabel 3. Debit Andalan Tahun 2011 –2014 (m<sup>3</sup>/det)**

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
2011	116,71	11,45	7,64	27,16	56,91	62,99	50,25	31,82	18,38	25,46	73,64	80,33
2012	168,19	96,07	60,64	81,64	68,07	39,68	23,45	13,13	28,69	84,07	127,59	112,96
2013	162,72	102,28	83,69	67,65	88,12	56,88	71,66	43,88	24,61	55,14	48,00	70,61
2014	186,08	117,37	90,22	122,76	104,19	63,96	72,93	116,28	74,39	45,74	117,66	76,70

**Gambar 10. Grafik Hubungan Debit Pemodelan Dengan Debit Terukur (m<sup>3</sup>/det)**



**SIMPULAN**

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah: 1) Kalibrasi pemodelan mock pada DAS Cisadane hulu periode 1999–

2010 dilakukan dengan mengoptimasi parameter *i* dan *k* menggunakan fasilitas solver pada Ms. Excel 2010 didapatkan nilai *i* sebesar 0,77 dan nilai *k* sebesar 0,54 dengan

asumsi tutupan lahan 20% didapat nilai MAPE antara debit pemodelan Mock dengan debit amatan sebesar 29,71, 2) Besar debit andalan DAS Cisadane hulu periode 2011 – 2014 tertera pada Tabel 4.14 dengan nilai MAPE antara debit pemodelan Mock dengan debit amatan sebesar 32,05.

Analisis pemodelan Mock merupakan satu di antara metode yang dapat digunakan dalam menghitung/memprediksi besaran debit aliran sungai. Namun diperlukan kelengkapan data periode yang panjang dan lengkap untuk semua data yang diperlukan pada pemodelan Mock, terutama pada data curah hujan dan pencatatan data yang tepat dan lengkap oleh instansi penyedia data, agar menghasilkan besaran debit yang mendekati kondisi aktual.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (2012). *Studi Water Balance Sungai Cisadane*. Laporan akhir. BBWSCC. Jakarta.
- Habibi (2010). *Kelayakan Debit Andalan pada Sungai Poboya untuk Suplai Air Bersih Kecamatan Palu Timur*. Skripsi.
- Kesuma, R. P., dkk. (2013). Aplikasi Metode Mock, Nreca, Tank Model dan Rainrun Di Bendung Trani, Wonotoro, Sundangan dan Walikan. *MATRIKS TEKNIK SIPIL*. Vol. 1. No. 4. Hal 472 – 479.
- Novianti, R. (2000). *Mempelajari Ketersediaan Air pada Das Cisangkuy Dengan Menggunakan Model Nreca*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ridhwan, M. (2012). *Pemodelan Wilayah Banjir di Kota Jambi*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok.
- Valentino, N. dan Nugraha, A. (2012). *Analisis Vegetasi Hutan Alam Di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango*. Praktek Lapang MK Ekologi Hutan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zerda. E. R. (2009). *Analisis dan Penerapan Algoritma Particle Swarm Optimaization (PSO) pada Optimasi Penjadwalan Sumber Daya Proyek*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Telkom. Bandung.