

Volume 13, Nomor 2, Desember 2014

ISSN : 1693-9816

JURNAL

REKAYASA

TEKNIK MESIN - TEKNIK ELEKTRO - TEKNIK SIPIL



**Diterbitkan Oleh :
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

Jurnal Rekayasa	Vol. 13	No. 2	Halaman 541 - 637	Jember Desember 2014	ISSN 1693-9816
----------------------------	----------------	--------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------

ISSN : 1693-9816

JURNAL REKAYASA

Merupakan jurnal ilmiah yang memuat artikel ilmiah hasil penelitian atau kajian konseptual/analisis kritis dalam bidang ilmu-ilmu rekayasa

DEWAN REDAKSI

Pimpinan Redaksi:	Anik Ratnaningsih
Sekretaris Redaksi:	Triwahju Hardianto
Penyunting Ahli:	Teguh Heryanto (ITS) Indra Surya (ITS) Azmi Saleh (UNEJ) Soeharto (ITS) Achmad Wicaksono (UNIBRAW) H. Soebagio (ITS)
Anggota Redaksi:	Nasrul Iminafik Sri Sukmawati Widya Cahyadi
Pelaksana Tata Usaha:	Samsul Arifin Emi Yulia Rosita

Alamat Redaksi:

**FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS JEMBER
Jl. Kalimantan No. 37, Jember, Jawa Timur**

Web: <http://jurnalrekayasa.blogspot.com>

E-mail : rekayasa_unej@ymail.com

Telp./Fax. : 0331-484 977

**Rekening Bank : Ibu Sri Sukmawati No. 0129 570 883
BNI Kantor Cabang Jember**

JURNAL REKAYASA

KATA PENGANTAR

Jurnal Rekayasa yang diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember merupakan jurnal yang memuat artikel ilmiah hasil penelitian atau kajian konseptual/analisis kritis di bidang ilmu-ilmu rekayasa yang dilakukan oleh para dosen, peneliti dan pakar bidang ilmu rekayasa. Penerbitan artikel ilmiah secara berkala diharapkan dapat meningkatkan penyebaran informasi hasil penelitian maupun pemikiran yang dapat menambah kualitas ilmu rekayasa di Indonesia pada khususnya dan di dunia internasional pada umumnya.

Berbagai bidang kajian dalam disiplin ilmu rekayasa menjadi tema inti dan ciri jurnal ilmiah ini, sehingga dalam edisi Desember 2014 inipun berisi berbagai topik, tetapi masih dalam bidang ilmu rekayasa.

Sejak penerbitan edisi ke-4, Jurnal Rekayasa mengalami perubahan format ukuran kertas dari semula berukuran B5 menjadi ukuran A4 untuk menyesuaikan dengan ketentuan Jurnal Ilmiah yang berlaku di Indonesia.

Akhirnya redaksi berharap semoga kehadiran Jurnal Rekayasa dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi peningkatan kualitas penelitian di bidang ilmu-ilmu rekayasa di Indonesia .

Jember, Desember 2014

Redaksi

JURNAL REKAYASA

DAFTAR ISI

1. Evaluasi Distribusi Kecepatan Aliran di Belokan Sungai Jelarai dan Perubahan Morfologi yang Terjadi 541- 555
Dian Sisinggih, Sri Wahyuni
2. Analisis Gas Terlarut (*DGA*) Pada Minyak Jagung dan Minyak Kelapa Sebagai Minyak Trafo Alternatif 556- 566
Guido Dias Kalandro, T. Haryono, Suharyanto
3. Penentuan Parameter Tremblay Battery Model Untuk Pemodelan Karakteristik Discharge Battery Gel Lead Acid SGL100 567- 576
Andi Setiawan
4. Pengaruh Motivasi dan Disiplin Pekerja Terhadap Produktivitas Pembangunan Ruko di Jember 577- 585
Anik Ratnaningsih
5. Perancangan Sistem Pengaturan Mesin Sangrai (*Roaster*) Berdasarkan Warna Biji Kopi Berbasis *Image Processing* 586 - 593
Sumardi, Satryo Budi Utomo, Rizki Kurniawan, Kurniawan Hidayat
6. Aplikasi Kontroler *Fuzzy Pid Sliding Mode* Pada Motor DC *Brushed* 594 - 601
Mohamad Agung Prawira Negara
7. Perancangan *Prototype* Sistem Kendali Peralatan Listrik Jarak Jauh Menggunakan *Frequency Shift Keying* 602 - 610
Mohammad Alfian Rizqon Fithor, Ike Fibriani, Satryo Budi Utomo
8. Perbandingan Metode MOCK dan NRECA untuk Pengalihragaman Hujan Ke Aliran 602 - 624
Sri Wahyuni
9. Perancangan Alat Digital Pengukur Kadar Hemoglobin dalam Darah 625 - 628
Widjonarko, Sumardi, Saiful. A
10. Evaluasi Pemindahan Alur Sungai Ketan dan Studi Kasus: Perumahan Jember New City 629 - 637
Entin Hidayah, Wiwik Yunarni Widiarti, Anik Ratnaningsih

PERBANDINGAN METODE MOCK DAN NRECA UNTUK PENGALIHHRAGAMAN HUJAN KE ALIRAN

Sri Wahyuni¹

ABSTRACT: *The transformation rainfall into runoff with MOCK Method and NRECA have been applied in Sub Catchment Area of Reservoir Pacal Sengaten. Being compared to NRECA, MOCK Method gave better performance with the calibration values of 0.11, -0.01 and 0.76 for RMSE, ME and R² respectively. While the averaged values of the validation of models were 0,13; 0,05 and 0,6 for RMSE, ME and R² respectively. The resulted optimal value of calibration parameter (catchment characteristic) of model were landuse (m) about 20% within the range of 20%–50%, infiltration coefficient (i) 0,55 within the range 0–1, factor of recession of groundwater (k) was 0,99 of the range 0–1.*

Keywords: *Mock, NRECA, transformation, rainfall, runoff.*

PENDAHULUAN

Pengalihragaman hujan ke aliran adalah suatu proses pemodelan yang merubah data hujan menjadi aliran (debit/limpasan). Data debit dalam suatu DAS (daerah aliran sungai) diperlukan guna untuk mengetahui seberapa besar debit yang tersedia dalam suatu sungai tersebut yang dapat digunakan untuk memenuhi hajat hidup baik untuk manusia, hewan maupun tumbuhan. Dalam suatu DAS hampir dipastikan terdapat stasiun penakar curah hujan, akan tetapi hal tersebut tidak untuk stasiun pencatat debit, sehingga diperlukan suatu pemodelan yang merubah dari data hujan ke data debit. Dua metode yang sering digunakan antara lain Metode Mock dan NRECA.

Metode Mock dikenalkan oleh Dr. F.J. Mock dengan memperhitungkan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai. Adapun Metode NRECA (*Non Record Catchment Area*) yaitu model yang merepresentasikan proses fisik dari *surface runoff* dan *sub surface runoff*. Model ini menggambarkan bahwa hujan yang jatuh pada suatu daerah baik pada tanah maupun tumbuhan sebagaimana akan mengalami penguapan, sebagian menjadi *surface runoff* dan sebagian lainnya akan mengalami infiltrasi dan perkolasi.

Beberapa peneliti terdahulu yang telah menggunakan NRECA dan MOCK yaitu antara lain Gede dan Surya (2011), Lily M.L (2012), serta Raras dkk (2013). Para peneliti tersebut berhasil menerapkan kedua metode diatas ke DAS yang distudi. Hal tersebut dibuktikan dengan perbandingan antara nilai simulasi yang mendekati observasi. Pada penelitian ini perbandingan *performance* kedua metode tersebut akan diterapkan pada Sub DAS Pacal Sengaten Bojonegoro. Pemilihan lokasi studi didasarkan bahwa pada DAS ini terdapat stasiun pencatat debit dimana hal ini sangat diperlukan untuk mengkalibrasi hasil simulasi. Dengan berhasilnya simulasi ini, maka diharapkan parameter-parameter yang merupakan hasil akhir dari kedua metode tersebut dapat digunakan/diterapkan untuk DAS-DAS yang lainnya disekitar DAS Pacal yang mempunyai karakteristik yang sama dengan DAS ini. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan *performance* metode Mock dan NRECA yang diterapkan ke lokasi penelitian.

TINJAUAN PUSTAKA

Metode Mock

Perhitungan debit pada Metoda Mock mengacu pada prinsip kesetimbangan air (*water balance*), dimana sirkulasi dan distribusi air bervariasi, sedangkan volume air total yang ada di bumi tetap. Pada metode Mock volume air yang masuk keluar dan yang disimpan dalam tanah diperhitungkan.

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Email : sriwahyuni.teknik@unej.ac.id

Volume air yang masuk adalah hujan sedangkan volume air yang keluar berupa infiltrasi dan evapotranspirasi. Untuk volume air tanah berupa *soil storage* atau tampungan air tanah. Selanjutnya dari komponen tersebut terkumpul menjadi limpasan permukaan dan aliran dasar yang menjadi limpasan total. Setelah itu debit dihitung berdasarkan limpasan total dikalikan dengan perluasan daerah tangkapan air. Parameter input yang diperlukan adalah :

1. Data hujan : menggunakan metode Thiessen untuk menghitung hujan rata-rata daerah
2. Evapotranspirasi (Et) : menggunakan metode Penman Modifikasi
3. Kesetimbangan air dipakai untuk menjelaskan mengenai masuk dan keluarnya aliran air dalam suatu sistem pada periode tertentu dalam siklus hidrologi. Secara umum persamaan kesetimbangan air (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:220):

$$\Delta S = P - Et$$

dimana:

ΔS = air hujan yang mencapai permukaan tanah

P = curah hujan (presipitasi)

Et = evapotranspirasi aktual

4. *Water surplus* (WS) mempengaruhi nilai infiltrasi dan limpasan total yang merupakan komponen dari debit, (Nugroho, 2011:232) :

$$WS = P - Et$$

Dalam perhitungan water surplus, perlu diketahui nilai Kapasitas Kelembapan Tanah (SMC). *Soil Moisture Capacity* adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (*surface soil*) per m² (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:219). Besar nilai SMC tergantung dari kondisi porositas lahan, semakin besar porositas lahan maka semakin besar nilai SMC yang ada. Nilai SMC yakni berkisar 50-200 (mm).

Water surplus (WS) mempengaruhi nilai infiltrasi dan limpasan total yang merupakan

5. Limpasan Total

Terdapat dua komponen yang mempengaruhi besarnya limpasan total (*total run off*, R), komponen tersebut adalah aliran dasar (*base flow*, BF), dan limpasan langsung (*direct run off*, disingkat DR). Besarnya nilai aliran dasar tergantung dari besarnya infiltrasi yang terjadi serta nilai perubahan pada simpanan air tanah (*groundwater storage*), (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:221) :

$$BF = i - \Delta V_n$$

dengan:

BF = aliran dasar (*base flow*)

i = infiltrasi

ΔV_n = perubahan simpanan air tanah (*groundwater storage*)

Menurut Mock besarnya infiltrasi (Nugroho, 2011:233) :

$$i = WS \times if$$

dimana:

i = infiltrasi

WS = kelebihan air

if = koefisien infiltrasi

Volume air tanah (*groundwater storage*), (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:221):

$$V_n = \{0,5 \times (1 + K) \times i\} + \{K \times V_{(n-1)}\}$$

dimana:

V_n = volume air tanah periode ke-n

K = faktor resesi aliran bulanan

i = infiltrasi

$V_{(n-1)}$ = volume air tanah periode ke (n-1)

Nilai konstanta resesi aliran bulanan merupakan proporsi dari air tanah bulan lalu yang masih ada bulan sekarang (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:221). Nilai K cenderung lebih besar pada bulan basah. Pada perhitungan metode Mock ini perlu dilakukan kalibrasi terhadap parameter tataguna lahan (m), nilai koefisien infiltrasi (i) dan faktor resesi aliran bulanan (k) yang sangat dipengaruhi oleh topografi dan jenis tanah (Febrianti, 2004:2). Batasan nilai tataguna lahan tergantung dari fungsi lahan

pada DAS, sedangkan untuk koefisien infiltrasi (i) adalah 0-1, dan untuk besarnya nilai faktor resesi aliran bulanan (k) didapat dengan cara coba-coba sehingga dapat dihasilkan aliran seperti yang diharapkan (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:221).

Untuk limpasan langsung atau *direct run off* (DR) berasal dari kelebihan air yang mengalami infiltrasi (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:222):

$$DR = WS - i$$

Dengan demikian didapatlah nilai *total run off* (R) dari kedua parameter diatas, (Standar Perencanaan Irigasi KP-01:222):

$$R = BF + DR$$

Dimana jika R dikalikan dengan *catchment area* (luas daerah tangkapan air) dalam km² dengan suatu angka konversi tertentu akan menghasilkan besaran debit (Q) dalam m³/det,

$$Q = \text{catchment area} \times R$$

Model NRECA

Model NRECA (USA) adalah model dengan parameter relatif sedikit dan mudah dalam pelaksanaannya serta model memberikan hasil yang cukup handal. Langkah-langkah perhitungan pendugaan debit dengan metode NRECA (Raras, dkk, 2013) :

$$Q = DF + GWF$$

$$DF = EM - GWS$$

$$GWF = P2 \times GWS$$

$$GWS = P1 \times EM$$

$$S = WB - EM$$

$$EM = EMR \times WB$$

$$WB = Rb - AET$$

$$AET = AET/PET \times PET$$

$$Wi = Wo / N$$

$$N = 100 + 0.20 Ra$$

dengan :

$$Q = \text{Debit aliran rerata, m}^3/\text{dt,}$$

$$DF = \text{Aliran langsung (direct flow),}$$

$$GWF = \text{Aliran air tanah (ground water flow),}$$

$$EM = \text{Kelebihan kelengasan (excess moist),}$$

$$GWS = \text{Tampungan air tanah (ground water storage),}$$

$$P1 = \text{Parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan,}$$

$$P2 = \text{Parameter yang menggambarkan karakteristik tanah bagian dalam,}$$

$$WB = \text{Keseimbangan air (water balance),}$$

$$EMR = \text{Rasio kelebihan kelengasan (excess moist ratio),}$$

$$Rb = \text{Curah hujan bulanan, mm,}$$

$$AET = \text{Evapotranspirasi aktual, mm,}$$

$$PET = \text{Evapotranspirasi potensial (Eto), mm,}$$

$$Wi = \text{Tampungan kelengasan tanah,}$$

$$Wo = \text{Tampungan kelengasan awal,}$$

$$N = \text{Nominal,}$$

$$Ra = \text{Curah hujan tahunan, mm.}$$

Kalibrasi dan Validasi Data

Kalibrasi (*calibration* atau *calage*) terhadap satu model adalah proses pemilihan kombinasi parameter. Dengan kata lain, proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respons hidrologi DAS yang teramati dan tersimulasi (Bloschl and Grayson, dalam Indarto, 2010: 160). Koherensi (ketepatan antara yang terukur dan terhitung) dapat diamati secara kualitatif, misalnya

dengan membandingkan hidrograf debit terukur dan terhitung. Pada umumnya koherensi ini dinilai secara kuantitatif (Refsgaard, dalam Indarto, 2010:160).

Validasi (*validation*) adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Pada umumnya, validasi dilakukan dengan menggunakan data, di luar periode data yang digunakan untuk kalibrasi (Indarto, 2010: 160).

Suatu fungsi objektif biasanya digunakan untuk mengukur secara kuantitatif tingkat kesalahan antara yang terhitung dan yang terukur. Minimalisasi nilai fungsi objektif dilakukan dengan optimalisasi nilai parameter (Refsgaard, dalam Indarto, 2010: 161).

Seperti yang telah dijelaskan, pada perhitungan metode Mock sendiri parameter (karakteristik DAS) yang perlu untuk dikalibrasi adalah nilai tataguna lahan (m), nilai koefisien infiltrasi (i) dan nilai faktor resesi aliran bulanan (k). Pada umumnya, ketepatan hasil kalibrasi dan validasi yang menyatakan seberapa jauh hasil ramalan mendekati kenyataan dinyatakan dengan Rata-rata Akar Jumlah Kuadrat Perbedaan Ramalan dengan Data atau *Root Mean Square Error* (RMSE), dan Koefisien Determinasi (R^2) (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004:18). Selain itu digunakan pula Rata-rata Perbedaan Peramalan dengan Data (*Mean Error*) yang merupakan indikator apakah hasil peramalan pada umumnya berada di atas (*over-estimate*) atau dibawah (*under-estimate*) data yang sebenarnya.

Untuk Rata-rata akar jumlah kuadrat dari perbedaan peramalan dengan data atau *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah dengan rumus (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004:19):

$$RMSE = \{1/n \sum(Q_{ramal} - Q_{data})^2\}^{0,5}$$

dengan:

$$RMSE = \text{Root Mean Square Error (akar rata-rata kuadrat kesalahan)}$$
$$n = \text{jumlah data}$$

Angka RMSE ini menunjukkan seberapa besar penyimpangan hasil peramalan terhadap data. Semakin nilai RMSE mendekati 0 (nol) maka semakin bagus hasilnya.

Untuk Rata-rata Perbedaan Peramalan dengan Data (*Mean Error*) dengan rumus (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004:19):

$$ME = 1/n \sum(Q_{ramal} - Q_{data})$$

dengan:

$$ME = \text{Mean Error (rata-rata kesalahan)}$$
$$n = \text{jumlah data}$$

Semakin nilai ME mendekati 0 (nol) maka semakin bagus hasilnya.

Sedangkan untuk Koefisien Determinasi (R^2) dengan rumus sebagai berikut (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2004:19):

$$R^2 = \frac{(\sum(x_i - x_{rata})(y_i - y_{rata}))^2}{\sum(x_i - x_{rata})^2 \sum(y_i - y_{rata})^2}$$

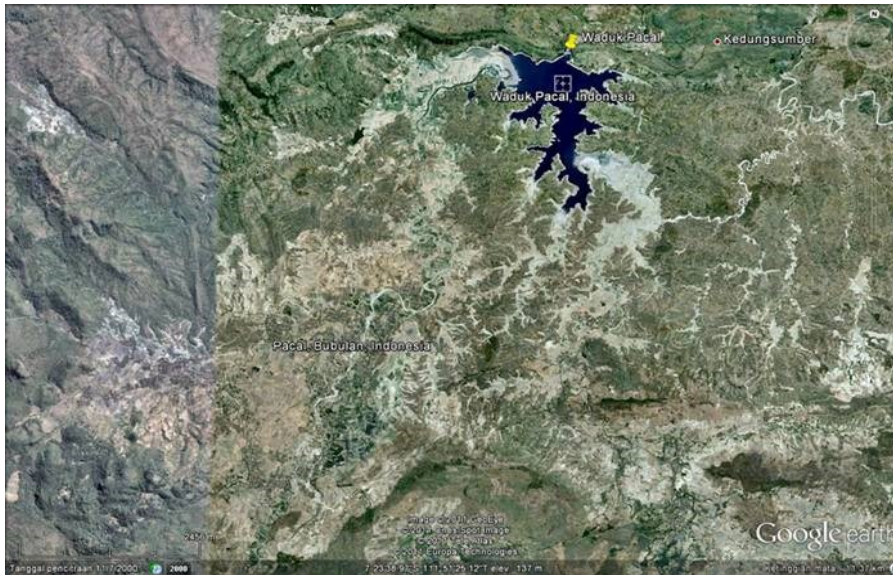
dengan:

$$x = \text{data}$$
$$y = \text{ramalan}$$
$$x_{rata} = \text{rata-rata data}$$
$$y_{rata} = \text{rata-rata ramalan}$$

Besaran ini hanya menunjukkan seberapa jauh hasil peramalan memiliki arah perubahan yang sama dengan data yang sebenarnya. Koefisien determinasi ini dinilai baik jika mendekati angka satu.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah Sub DAS Pacal-Sengaten termasuk dalam lingkup DAS Pacal yang terletak di selatan Kabupaten Bojonegoro dengan outlet terletak pada Waduk Pacal. Secara geografis letak DAS Pacal berada pada 07° 21' 30" LS - 07° 27' 30" LS dan 111° 47' 30" BT - 111° 56' 00" BT dan letak outlet Waduk Pacal sendiri berada pada 07° 23' 25" LS dan 111° 55' 00" BT.



Gambar 1 Lokasi DAS Pacal

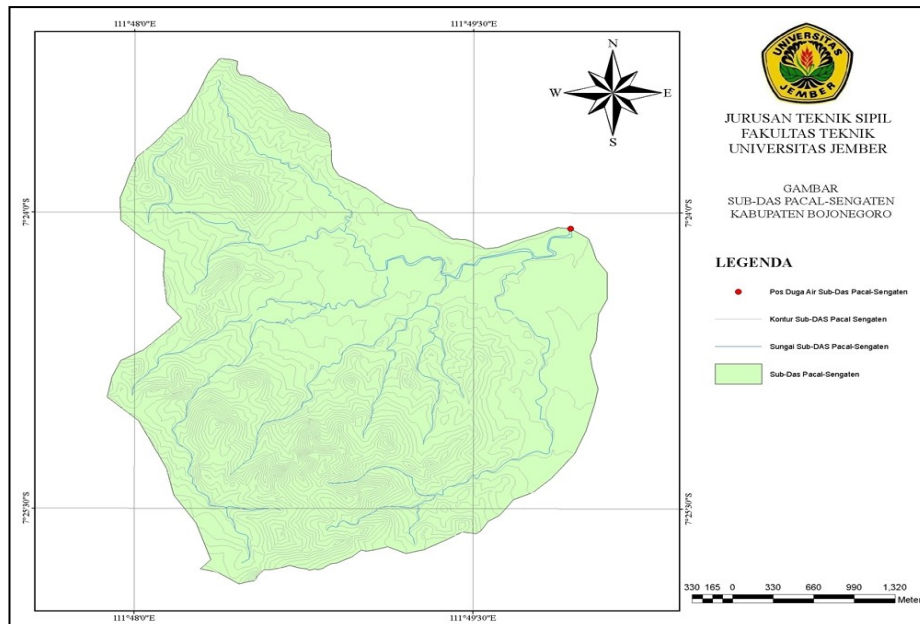
Tahapan pengelolaan data:

- a. Analisa data hujan.
- b. Analisa data menggunakan program ArcMap GIS
- c. Analisa debit metode Mock
 - 1) Perhitungan curah hujan harian (P),
 - 2) Perhitungan evapotranspirasi potensial (E_p),
 - 3) Perhitungan evapotranspirasi actual (E_a),
 - 4) Perhitungan kelebihan air (WS),
 - 5) Perhitungan kapasitas kelembaban tanah (SMC),
 - 6) Perhitungan infiltrasi dan simpanan air tanah (V_n),
 - 7) Perhitungan aliran dasar (BF), dan limpasan langsung (DR),
 - 8) Perhitungan limpasan total (R),
 - 9) Perhitungan debit aliran (Q).
- d. Analisa debit metode NRECA
 - 1) Perhitungan curah hujan bulanan
 - 2) Perhitungan evapotranspirasi PET analisis PENMAN
 - 3) Perhitungan koefisien reduksi diperoleh dari beda elevasi sungai hulu sampai as embung (dalam m) dibagi panjang sungai (dalam km)
- e. Kalibrasi dan validasi data
Uji kalibrasi dan validasi data dilakukan dengan menggunakan metode RMSE (*Root Mean Square Error*), ME (*Mean Error*), dan R^2 (Koefisien Determinasi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

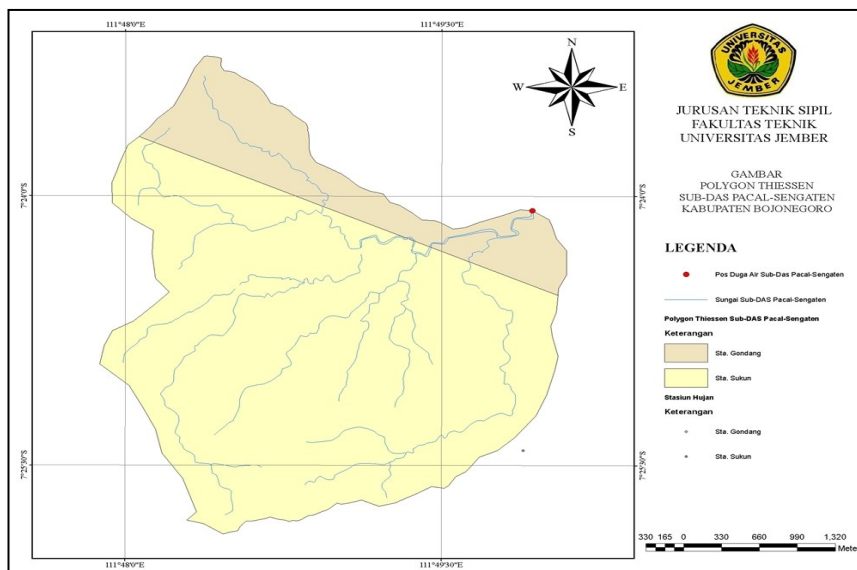
Hasil Pengolahan Data dengan Program ArcMap GIS

Software ArcMap GIS digunakan untuk membuat Sub DAS Pacal-Sengaten dengan menggunakan peta digital kontur, topografi, dan sungai format *.shp pada daerah yang ditentukan. Berikut adalah wilayah Sub DAS Pacal-Sengaten :



Gambar 2. Peta wilayah Sub DAS Pacal-Sengaten

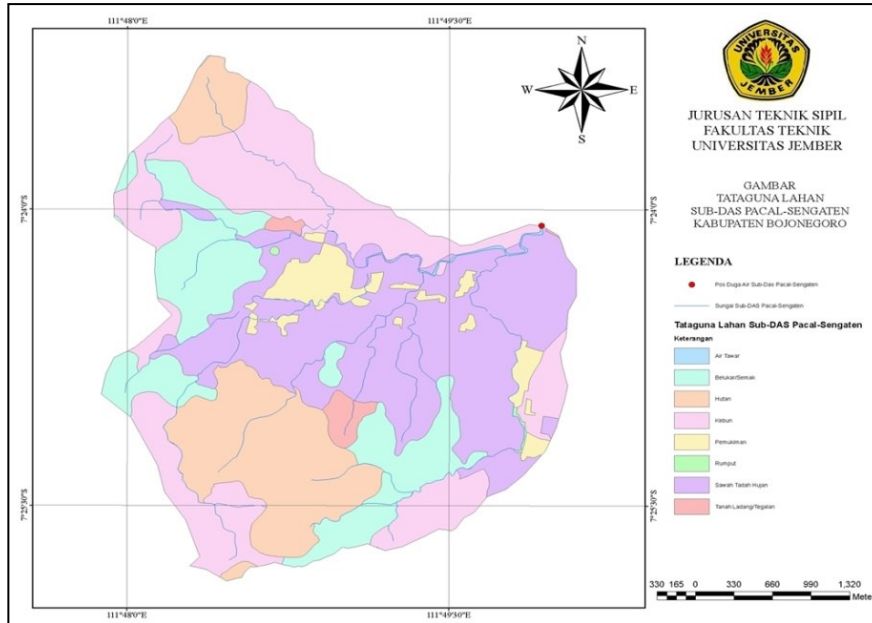
Selain itu *software ArcMap GIS* juga digunakan untuk membuat polygon Thiessen. Letak stasiun hujan dan wilayah DAS adalah input data yang dibutuhkan. Setelah di proses akan didapatkan polygon, luasan masing-masing polygon serta koefisien Thiessen. Berikut ini adalah gambar polygon Thiessen pada Sub DAS Pacal-Sengaten :



Gambar 3. Polygon Thiessen pada Sub DAS Pacal-Sengaten

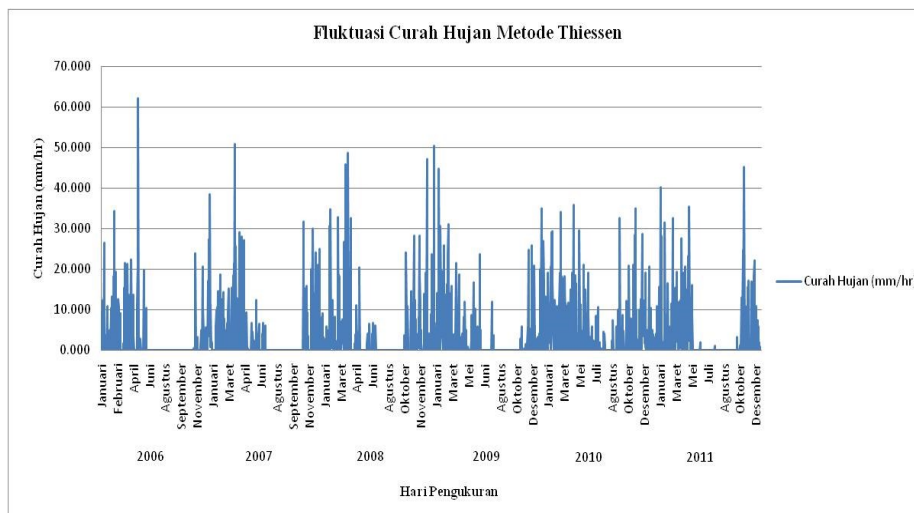
Pada gambar 3 terlihat bahwa wilayah Sub DAS Pacal-Sengaten terbagi dalam dua polygon dengan wilayah Sta. Gondang dan Sta. Sukun. Untuk nilai elevasi hulu adalah 462,512 m, sedangkan elevasi hilir adalah 142, 662 m dengan panjang sungai 6,227 km. Sehingga diperoleh kemiringan wilayah Sub DAS Pacal-Sengaten adalah sebesar 51,361 m/km dengan koef reduksi sebesar 0,8.

Peta digital tataguna lahan format *.shp beserta wilayah DAS. Hasil dari proses adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Tataguna Lahan Sub DAS Pacal-Sengaten

Hasil dari analisa curah hujan (2006-2011) menggunakan metode thiessen menghasilkan fluktuasi curah hujan harian. Fluktuasi rerata curah hujan bulanan pada bulan hujan (November–April) sebesar 1,168–8,280 mm/hari, dengan rerata curah hujan terbesar terletak pada bulan Januari 2009 dan rerata curah hujan terkecil terletak pada bulan November 2006. Sedangkan fluktuasi rerata curah hujan bulanan pada bulan kemarau (Mei–Oktober) sebesar 0 – 4,699 mm/hari, dengan rerata curah hujan terbesar terletak pada tanggal Mei 2011. Rekapitulasi fluktuasi curah hujan dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. Rekapitulasi Fluktuasi Curah Hujan Metode Thiessen

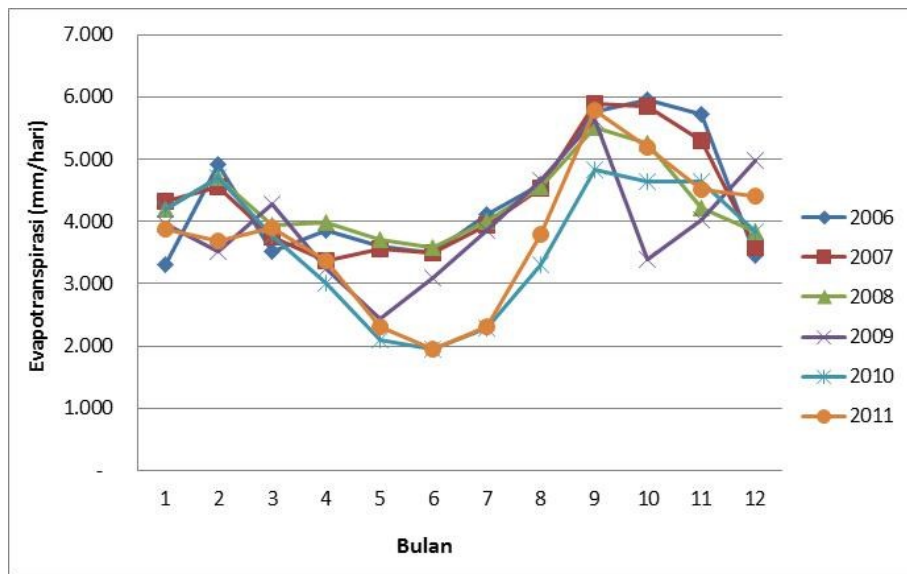
Evapotranspirasi

Metode yang dipakai dalam analisis evapotranspirasi adalah metode Penman Modifikasi. Dari hasil analisis data tahun 2006–2011, didapat nilai evapotranspirasi harian terbesar yaitu 7,1584 mm/hr terkecil yaitu 1,6928 mm/hr dan rata-rata yaitu 4,0554 mm/hr. Parameter yang dibutuhkan untuk analisis perhitungan evapotranspirasi penman adalah data klimatologi berupa suhu/temperatur, kelembapan relatif, kecepatan angin, dan penyinaran matahari. Selain itu diperlukan pula letak geografis DAS untuk mengetahui besaran nilai Angot. Gambar 6 dibawah ini merupakan nilai

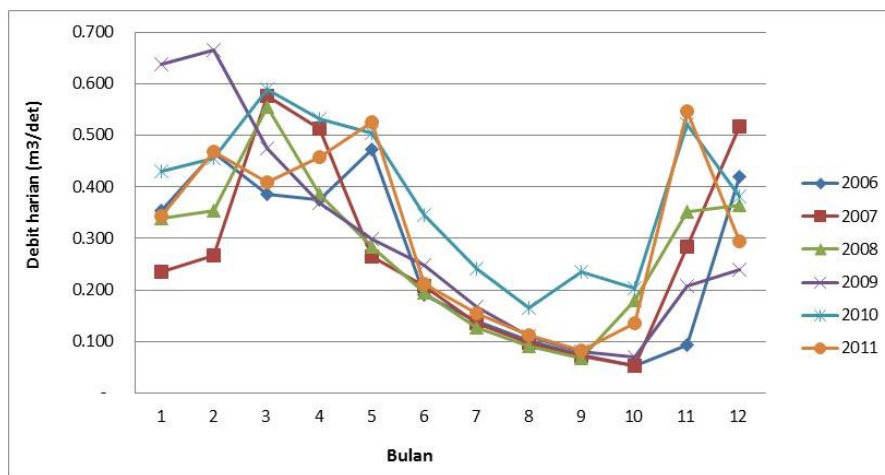
evapotranspirasi rata-rata harian selama 6 tahun. Dalam gambar ini dapat dilihat bahwa pada bulan mei-juni adalah evapotranspirasi terendah, hal ini dikarenakan pada bulan-bulan tersebut merupakan musim pancaroba/peralihan dari musim hujan ke musim kemarau dimana suhu udara pada saat itu adalah terendah jika dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya.

Hasil Pengalihragaman Hujan ke Debit Harian Metode MOCK

Output/hasil keluaran dari perhitungan berupa debit harian. Parameter-parameter yang dibutuhkan pada analisis metode ini adalah curah hujan, evapotranspirasi, nilai tata guna lahan, kapasitas kelembapan tanah, koefisien infiltrasi, faktor resesi aliran tanah, *initial storage*, faktor aliran hujan lebat, dan luasan DAS. Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa debit harian bisa terbagi menjadi dua kelas yaitu musim hujan dan musim kemarau, dimana pada bulan Juni-Oktober dengan hasil debit 0.102-0.233 m³/detik. Sedangkan pada musim hujan Nopember-Mei dengan hasil debit 0.334-0.496 m³/detik. Hasil tersebut sebagian besar dipengaruhi oleh hujan yang jatuh dimana pada bulan Nopember-Mei tersebut curah hujan lebih besar dibandingkan bulan yang lainnya.



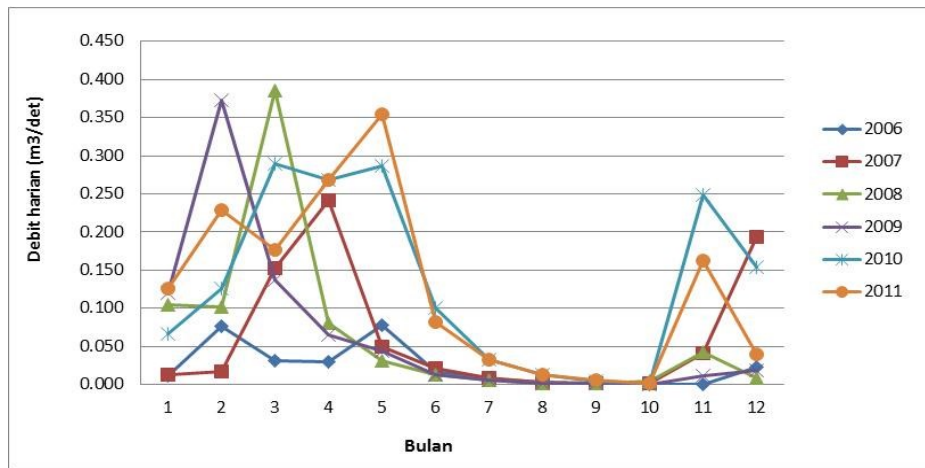
Gambar 6. Rekapitulasi Nilai Evapotranspirasi Rata-Rata Harian



Gambar 7. Hasil Pengalihragaman Hujan ke Debit Metode MOCK

Hasil Pengalihragaman Hujan ke Debit Harian Metode NRECA

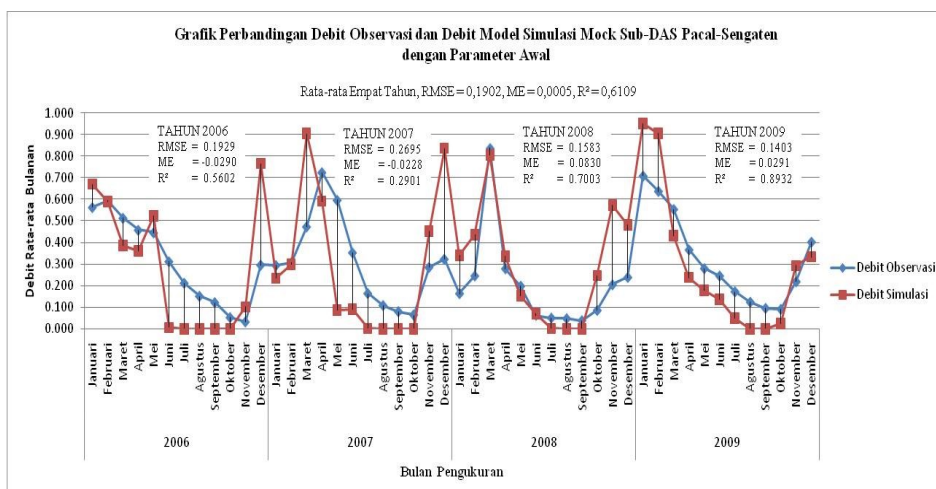
Hasil keluaran metode NRECA berupa rata-rata debit perbulan ($m^3/detik$). Tahapan proses analisa NRECA dilakukan secara runtut dari kolom perkolom. Terdapat beberapa parameter yang nilainya didapat dengan menggunakan tabel serta grafik menurut Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi 01, antara lain: rasio penguapan peluh aktual(AET)/PET, rasio kelebihan kelengasan/*excess moisture*, dan koefisien reduksi penguapan peluh. Terdapat pula beberapa parameter yang nilainya didapat melalui coba-coba antara lain: nilai tampungan kelengasan awal/ W_0 dan tampungan air tanah awal serta parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (0-2 m) dan (2-10 m). Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa debit harian bisa terbagi menjadi dua kelas yaitu musim hujan dan musim kemarau, dimana pada bulan Juni-Oktober dengan hasil debit 0.000-0.002 $m^3/detik$. Sedangkan pada musim hujan Nopember-Mei dengan hasil debit 0.072-0.195 $m^3/detik$. Hasil tersebut sebagian besar dipengaruhi oleh hujan yang jatuh dimana pada bulan Nopember-Mei tersebut curah hujan lebih besar dibandingkan bulan yang lainnya.



Gambar 8. Hasil Pengalihragaman Hujan ke Debit Metode NRECA

Hasil Analisis Kalibrasi dan Validasi Metode Mock

Untuk analisis kalibrasi digunakan metode RMSE, ME, dan R^2 . Analisis kalibrasi dilakukan secara bulanan selama empat tahun yaitu dari tahun 2006 sampai 2009. Pada awal perhitungan analisis Metode MOCK, parameter (karakteristik DAS) yang berpengaruh terhadap perubahan hasil debit simulasi ditentukan secara random berdasarkan *range* parameter tersebut.

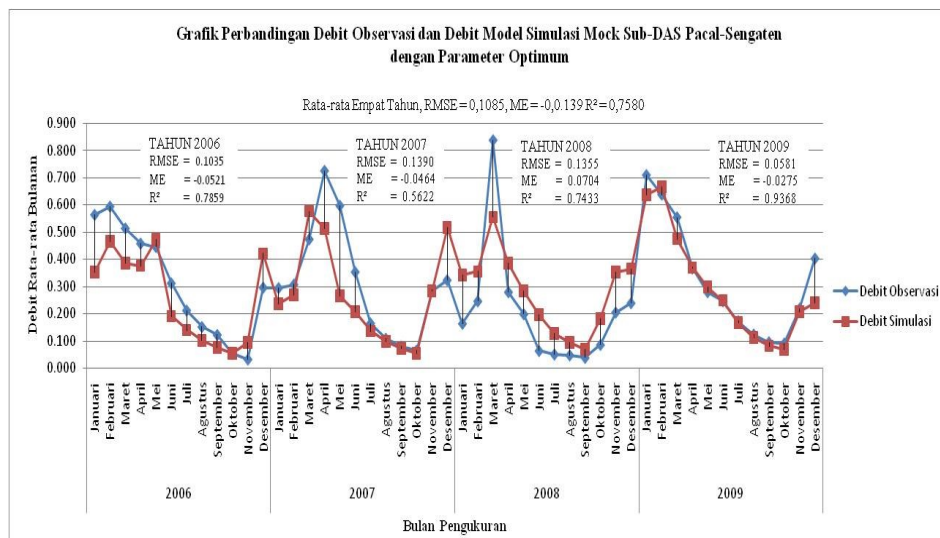


Gambar 9. Grafik Perbandingan Debit Observasi dan Debit Model Simulasi Mock dengan Parameter Awal

Setelah mengetahui nilai analisis awal, dilakukan kalibrasi terhadap parameter. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih bagus (mendekat debit yang sebenarnya). Berdasarkan hasil perhitungan diatas selama empat tahun perhitungan didapat nilai rata-rata RMSE sebesar 0,1902, ME sebesar 0,0005, dan R² sebesar 0,6109 (Gambar 9). Hasil yang lebih bagus dapat dilihat pada nilai RMSE, R², dan ME yang bagus pula. Kriteria nilai yang baik untuk RMSE dan ME adalah setara/mendekati dengan 0 (nol), sedangkan untuk R² adalah antara 0,5 sampai dengan 1. Perlakuan kalibrasi parameter dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) satu persatu, hingga menemukan hasil RMSE, ME, dan R² yang paling optimal. Beberapa parameter tersebut dan nilai optimal parameter yang didapat adalah seperti yang tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Optimal Hasil Kalibrasi Metode Mock

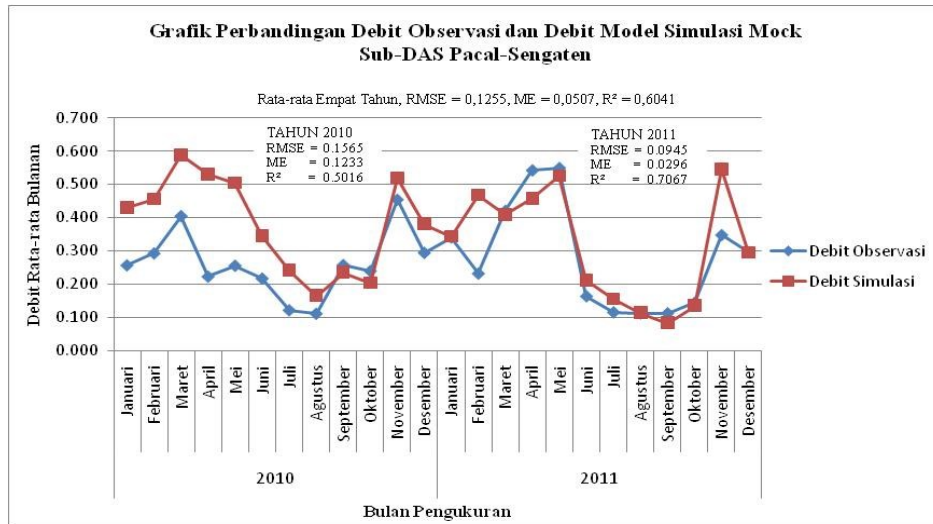
No	Parameter	Range	Parameter Awal	Parameter Optimum
1	Koefisien Infiltrasi (i)	0 - 1	0,5	0.5455
2	Koefisien Resesi Aliran (k)	0 - 1	0,5	0.9898
3	Tataguna Lahan (m)	20%-50%	35%	20%



Gambar 10. Grafik Perbandingan Debit Observasi dan Debit Model Simulasi Mock dengan Parameter Optimum

Setelah dilakukan proses kalibrasi dengan ketentuan nilai RMSE, ME, dan R² telah mencapai nilai optimum, dan nilai RMSE, ME, dan R² telah memenuhi kriteria yang ditentukan, maka hasil yang didapat yaitu nilai rata-rata RMSE, ME, dan R² selama 4 tahun perhitungan yaitu 0,1085, -0,0139, dan 0,7580 (Gambar 10). Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisis metode Mock sudah menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik.

Lain halnya dengan kalibrasi, validasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar ketidakpastian model dalam memprediksi proses hidrologi (indarto, 2010:160). Perbandingan debit yang digunakan adalah diluar data debit yang digunakan untuk proses kalibrasi. Dalam penelitian ini digunakan debit tahun 2010 dan 2011 untuk proses validasi.

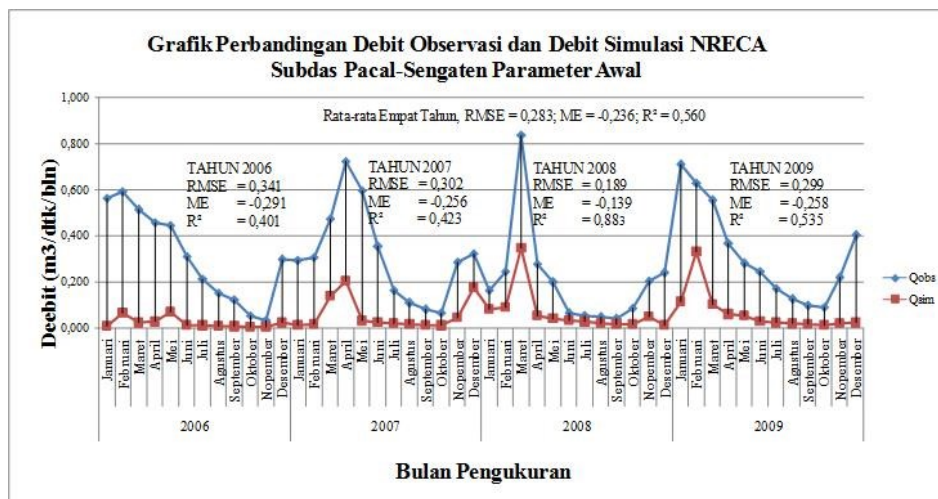


Gambar 11. Grafik Perbandingan Debit Observasi dan Debit Model Simulasi Mock (Tahap Validasi)

Dari hasil perhitungan didapat nilai rata-rata selama dua tahun perhitungan yaitu RMSE sebesar 0,1255, ME sebesar 0,0507, dan R^2 sebesar 0,6041 (Gambar 11). Dapat disimpulkan bahwa metode Mock cukup akurat dalam pemodelan hujan aliran pada Sub DAS Pacal-Sengaten, karena nilai kalibrasi maupun validasi telah menunjukkan tingkat akurasi $RMSE \approx 0$, $ME \approx 0$ dan $R^2 > 0,5$.

Hasil Analisis Kalibrasi dan Validasi Metode NRECA

Setelah melalui tahap analisa NRECA akan didapatkan debit model yaitu berupa debit rata-rata perbulan ($m^3/detik$). Metode perhitungan yang digunakan adalah sama dengan kalibrasi untuk MOCK yaitu dengan menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*), ME (*Mean Error*), dan Koefisien Determinasi (R^2).



Gambar 12. Grafik Perbandingan Debit Observasi dan Debit Simulasi dengan parameter awal

Dapat diketahui dari gambar 12 selama empat tahun perhitungan didapat nilai rata-rata RMSE sebesar 0,283, ME sebesar -0,236, dan R^2 sebesar 0,560 (Gambar 12). Kriteria nilai yang baik untuk RMSE dan ME adalah mendekati 0 (nol), sedangkan untuk R^2 adalah antara 0,5 sampai dengan 1. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara coba-coba (*trial error*) satu persatu hingga mendapatkan hasil RMSE, ME dan R^2 yang paling optimal. Dibawah ini adalah beberapa parameter yang dapat di optimalisasi.

Tabel 2. Parameter kalibrasi Metode NRECA

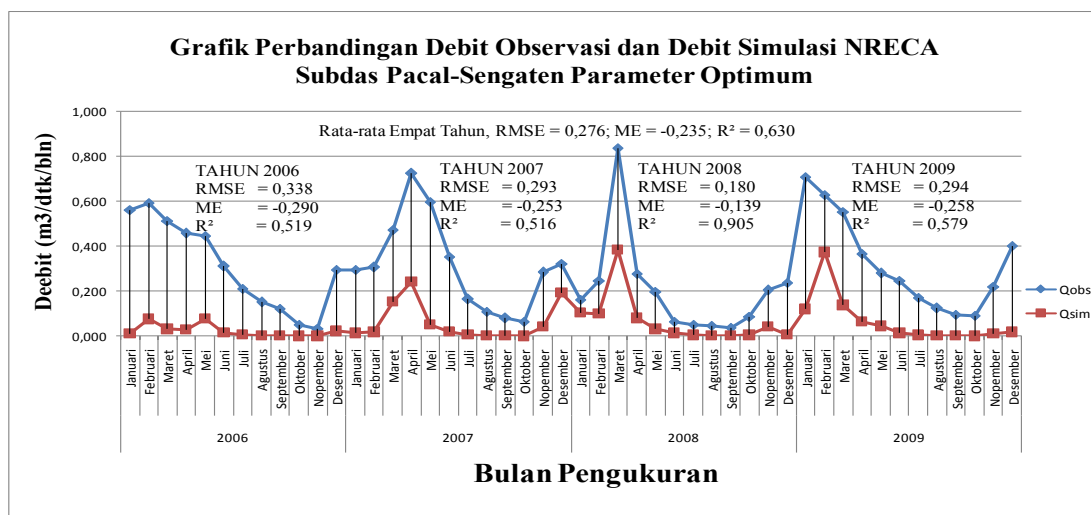
No	Parameter	Keterangan	Range
1	PSUB	Karakteristik Tanah kedalaman (0-2 m)	0,3 - 0,9
2	GWF	Karakteristik Tanah kedalaman (2-10 m)	0,8 - 0,2

Sumber: KP Bagian Jaringan Irigasi 01

Setelah proses kalibrasi dilakukan, besar kedua parameter (karakteristik DAS) seperti yang tercantum pada Tabel 2 di atas akan berubah dibandingkan sebelum kalibrasi begitu pula dengan nilai RMSE, ME dan R². Tabel 3 dibawah ini menunjukkan perubahan parameter sebelum dan setelah kalibrasi.

Tabel 3. Parameter Optimal Kalibrasi Metode NRECA

No	Parameter	Range	Parameter Awal	Parameter Optimum
1	PSUB (0-2 m)	0,3 - 0,9	0,4	0,6
2	GWF (2-10 m)	0,8 - 0,2	0,2	0,6



Gambar 13. Grafik Perbandingan Debit Observasi dan Debit Model Simulasi dengan parameter optimum

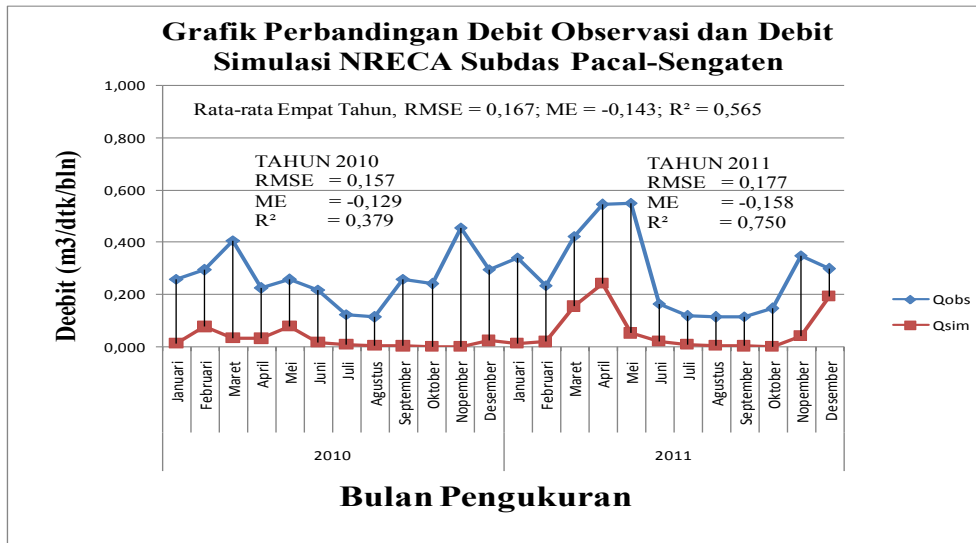
Berdasarkan gambar 13 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata RMSE, ME, dan R² selama empat tahun perhitungan berturut-turut yaitu 0,276, -0,235, 0,630. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi pemodelan dengan menggunakan NRECA sudah cukup baik.

Pada tabel 4 di bawah menunjukkan bahwa, perlakuan kalibrasi pada kedua parameter (karakteristik DAS) tersebut yaitu PSUB dan GWF memberikan perubahan terhadap nilai RMSE, ME, dan R². Dari percobaan awal yang secara acak yaitu PSUB = 0,4 dan GWF = 0,2 menjadi PSUB = 0,6 dan GWF = 0,6 yang menghasilkan nilai RMSE, ME, dan R² semakin baik sesuai dengan ketentuan dengan tingkat akurasi RMSE dan ME ≈ 0 dan R² > 0,5.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Parameter Kalibrasi Metode NRECA

No.	Parameter	Awal	Kalibrasi	RMSE		ME		R ²	
				Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1.	PSUB	0,4	0,6	0,283	0,276	-0,236	-0,235	0,560	0,630
2.	GWF	0,2	0,6						

Validasi dilakukan dengan menggunakan data di luar periode data yang digunakan untuk kalibrasi.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Debit Observasi dan Debit Simulasi dengan Parameter Optimum

Berdasarkan gambar 14 diatas diperoleh nilai rata-rata selama dua tahun perhitungan berturut-turut yaitu RMSE sebesar 0,167, ME sebesar -0,143, R² sebesar 0,565. Dapat disimpulkan bahwa metode NRECA cukup akurat dalam pemodelan hujan aliran Sub DAS Pacal-Sengaten, karena nilai kalibrasi maupun validasi telah menunjukkan tingkat akurasi RMSE dan ME ≈ 0 dan R² > 0,5. Tabel 5 dibawah ini menunjukkan rekapitulasi nilai kalibrasi dan validasi untuk kedua metode. Secara keseluruhan bisa dilihat bahwa metode MOCK lebih mendekati data observasi dibandingkan metode NRECA.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil Kalibrasi dan Validasi Kedua Metode

	Kalibrasi			Validasi		
	RMSE	ME	R2	RMSE	ME	R2
MOCK	0.109	(0.014)	0.758	0.126	0.051	0.604
NRECA	0.276	0.235	0.630	0.167	(0.143)	0.565

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Metode Mock cukup akurat dalam menduga debit pada Sub DAS Pacal-Sengaten. Hal ini dapat dilihat dari rerata hasil kalibrasi model selama empat tahun data perhitungan, didapat RMSE sebesar 0,1085, ME sebesar -0,0139, dan R² sebesar 0,7580. Dan rerata hasil validasi model selama dua tahun data perhitungan, didapat RMSE sebesar 0,1255, ME sebesar 0,0507, R² sebesar 0,6041. Nilai optimal parameter (karakteristik DAS) dalam kalibrasi model adalah Tataguna lahan (m) sebesar 20% dari selang 20%–50% , Koefisien Infiltrasi (i) sebesar 0,5455 dari selang 0–1, Faktor Resesi Aliran Air Tanah (k) sebesar 0,9898 dari selang 0–1.
- Metode NRECA menghasilkan rerata hasil kalibrasi RMSE sebesar 0,276, ME sebesar -0,235, R² sebesar 0,630. Dan rerata hasil validasi didapat RMSE sebesar 0,167, ME sebesar -0,143, R² sebesar 0,565. Nilai optimal parameter (karakteristik DAS) dalam kalibrasi model adalah persentase *runoff* yang mengalir pada jalur *subsurface* (PSUB) = 0,6 dari selang 0,3-0,9 serta persentase air yang masuk menjadi aliran air tanah (GWF) =0,6 dari selang 0,2-0,8.
- Dari hasil nilai diatas dapat disimpulkan bahwa untuk Sub Das ini yang paling baik adalah Metode MOCK.
- Agar didapatkan data yang lebih real maka perlu dilakukan observasi langsung di lapangan terhadap parameter-parameter yang ada, terutama parameter yang berpengaruh terhadap

analisa debit metode Mock (parameter koefisien infiltrasi (i), faktor resesi aliran air tanah (k), dan tataguna lahan (m)) dan untuk metode NRECA parameter yang berpengaruh seperti PSUB adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0-2) GWF adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 2-10).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Putra dan Meilda yang telah mensupport penelitian ini. Tidak lupa juga diucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan segala masukan untuk penyempurnaan kajian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

DAFTAR RUJUKAN

- I Gede Tunas, Surya Budi Lesmana (2011). Analisis Penyimpangan Debit Menggunakan Model MOCK dan NRECA, Jurnal Tunas*
- Lily Montarcih Limantara (2012). *Reliability Performance of Tambak Pocok Small Dam, Bangkalan of Indonesia*, Asian Journal of Natural Applied Sciences, Japan.
- Lily Montarcih Limantara (2010). *Hidrologi Praktis*. Lubuk Agung. Bandung
- Asdak, C. (2004). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mock F. J. (1973). *Land Capability Indonesia Water Availability*. Bogor
- Raras, dkk (2013). Aplikasi Metode MOCK, NRECA, TANK MODEL dan Rainun di Bendung Trani, Wonotoro, Sudangan dan Walikan, Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL.
- Hadisusanto, Nugroho. (2011) . *Aplikasi Hidrologi*. Malang : Jogja Media Utama.
- Febrianti, Nur. 2004. *Penerapan Metoda Mock dan Analisis Frekuensi Untuk Menghitung Debit Andalan DAS Kuranji Padang*. Bandung: Center for Atmospheric Science and Technology of National Institute of Aeronautics and Space.
- Indarto. (2010). *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2004). *Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Peramalan Debit Aliran Sungai*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah