

OPTIMASI PARAMETER MODEL MOCK UNTUK MENGHITUNG DEBIT ANDALAN SUNGAI MIU

I Gede Tunas *

Abstract

Mock Model is an hydrology model for use in analyzing a watershed system in order to predict the hydrologic response of the system to a user defined rainfall and climatologic event. To obtain the optimal parameter value, Mock model must be optimized by adjusting model parameter values until model results match historical data. This research would try to optimize the Mock parameter models in Miu Watershed. Parameters values are adjusted by maximize correlation value and minimize volume error of the observed and measured discharge. The result of optimization shows that the optimal parameter value for 24 periods which stated by objective function value have 0.00095 volume error and 0.75 correlation value.

Keywords: Mock models parameter , optimization, dependable flow

Abstrak

Model Mock merupakan model hidrologi yang digunakan untuk menganalisis sistem DAS dalam memprediksi respon hidrologi dari suatu masukan kejadian hujan dan iklim. Model Mock perlu dioptimasi/kalibrasi untuk memperoleh nilai parameter optimal dengan cara menyesuaikan parameter model hingga hasil optimasi menghampiri data historis. Penyesuaian parameter model dilakukan dengan memaksimalkan koefisien korelasi dan *volume error* dari debit pengukuran dan debit optimasi. Hasil optimasi menunjukkan bahwa nilai parameter optimal selama 24 periode yang dinyatakan dengan fungsi tujuan memiliki koefisien korelasi sebesar 0.75 dan volume error sebesar 0.00095.

Kata kunci: *Parameter model mock , optimasi, debit andala.*

1. Pendahuluan

Pengembangan sumber daya air sungai merupakan usaha untuk menyediakan dan memanfaatkan air untuk menunjang kehidupan manusia. Kegiatan pembangunan seperti pengadaan bendung/waduk untuk irigasi, PLTA dan sumber air bersih memerlukan dukungan analisis data awal tentang ketersediaan air yang akurat. Pada beberapa kasus, data debit tercatat disuatu stasiun hidrometri yang diinginkan untuk menunjang kebutuhan pengembangan wilayah sungai sering belum tersedia lengkap. Walaupun ada, namun tidak tercatat

secara kontinyu sepanjang tahun sehingga dalam keadaan memaksa diperlukan adanya pengukuran langsung dilapangan yang memerlukan waktu, materi dan tenaga.

Cara lain yang dapat digunakan untuk memprediksi data awal tentang ketersediaan air suatu sungai adalah dengan model. Pada prinsipnya model yang baik adalah model yang dapat menirukan perilaku sistem DAS yang sesungguhnya. Namun keterbatasan model selama ini adalah unjuk kerja model tidak sepenuhnya dapat menirukan perilaku sistem DAS. Hal ini terkait dengan kompleksitas sifat

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

masukan dan sistem yang tidak sepenuhnya terwakili dalam model. Demikian pula penentuan besaran parameter dalam model bukanlah pekerjaan yang mudah. Beberapa parameter model memiliki tingkat sensitivitas yang sangat tinggi sehingga sulit untuk diperkirakan secara tepat (Tunas, 2004).

Model Mock adalah salah satu model hidrologi yang sering digunakan di Indonesia untuk menghitung ketersediaan air suatu sungai berdasarkan data hujan sebagai masukan model, disamping beberapa metode yang lain seperti metode tangki Sugawara dan metode SMEC. Sistem kerja model ini mengikuti prinsip *water balance* untuk memperkirakan ketersediaan air (debit) suatu sungai. Secara khusus, Model Mock dapat diterapkan apabila data debit sungai tidak tersedia (walaupun ada, akan tetapi rentang data tidak memadai untuk perhitungan). Informasi data debit didasarkan pada hitungan pendekatan (*empiris*) menggunakan data hujan.

Untuk dapat menirukan perilaku aliran di dalam sistem DAS, model Mock memerlukan penyesuaian parameter model yang disebut sebagai optimasi. Optimasi dilakukan terhadap parameter-parameter model dengan melakukan evaluasi kemiripan hasil simulasi dan data observasi. Pada model ini, tidak semua perkiraan parameter dapat ditentukan berdasarkan karakter fisik DAS. Beberapa parameter harus ditentukan berdasarkan proses optimasi karena tidak memiliki arti fisik sama sekali. Oleh karena itu unjuk kerja model Mock dalam menirukan perilaku DAS yang sesungguhnya sangat tergantung dari ketersediaan data observasi selama periode waktu tertentu agar dapat dilakukan proses optimasi parameter model.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Model hidrologi

Model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana (*simple representation*) dari suatu sistem hidrologi yang sangat

kompleks (Sri Harto, 2000) Menurut Dooge (1979) dalam Sri Harto (2000), model didefinisikan sebagai suatu struktur, alat, skema, atau prosedur nyata atau abstrak, yang menghubungkan masukan, sebab atau rangsangan, tenaga atau informasi dan keluaran, pengaruh, atau tanggapan dalam referensi waktu tertentu.

Secara umum model hidrologi dibedakan menjadi 3 macam (Ponce, 1989, Sri Harto, 2001), yaitu : model fisik (*physical/material model*), model analog dan model matematik. Model hidrologi yang akan digunakan untuk mewakili sistem DAS adalah model yang mampu mengikuti seluruh proses hidrologi seperti pada siklus hidrologi. Konsep dasar dalam pengembangan model hidrologi adalah siklus hidrologi dan *water balance*.

Pada prinsipnya proses transformasi hujan menjadi limpasan merupakan suatu proses yang menerus (*continues*) dan terdapat ketergantungan antar bagian proses. Komponen dari seluruh proses transformasi dapat dipisahkan dalam beberapa bagian yaitu komponen hidrometeorologi, komponen permukaan, komponen bawah permukaan dan komponen sungai.

Model yang baik adalah model yang mampu menirukan perilaku DAS sedekat mungkin dan ukuran kedekatan ini akan berbeda untuk setiap tujuan pembuatan model. Model dapat disusun memanfaatkan rumus-rumus yang telah ada atau dengan rumus yang digunakan dalam satu atau lebih komponen proses. Dalam setiap pengembangan model di dalamnya tercakup pemanfaatan rumus atau penyusun struktur model dengan andaian andaian tertentu. Oleh sebab itu akan selalu dijumpai parameter – paraneter model yang tidak diketahui secara pasti sifatnya atau ada besarn – besaran tertentu yang tidak diketahui datanya. Oleh sebab itu perlu dilakukan optimasi/kalibrasi untuk mengetahui besaran atau parameter yang tidak diketahui agar keluaran dari model

dapat sesuai dengan keluaran DAS (Sri Harto, 2000).

2.2 Model Mock

Model mock merupakan salah satu contoh model hidrologi yang sederhana untuk menghitung debit andalan suatu sungai. Debit andalan adalah debit sungai yang tersedia dengan kemungkinan terpenuhi pada tingkat kepercayaan tertentu (umumnya untuk irigasi diambil 80 %) dalam memenuhi kebutuhan irigasi. Dengan diketahuinya debit andalan, maka luas daerah irigasi yang akan diairi dari sungai yang bersangkutan dapat ditentukan.

Model mock dapat diterapkan apabila data debit sungai tidak tersedia (walaupun ada, akan tetapi rentang data tidak memadai untuk perhitungan). Informasi data debit didasarkan pada hitungan pendekatan (*empiris*) menggunakan data hujan. Data hujan yang digunakan adalah data hujan setengah bulanan atau bulanan rata-rata. Model ini mentransformasi hujan-aliran mengikuti prinsip *water balance* untuk memperkirakan ketersediaan air (debit) suatu sungai.

Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada DAS sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan menjadi limpasan langsung (*direct run-off*) dan sebagian lagi akan masuk ke tanah sebagai infiltrasi. Apabila kapasitas lengas tanah (*soil moisture capacity*) telah terlampai, air akan mengalir ke bawah akibat gaya gravitasi sebagai perkolasi (*percolation*) menuju aquifer jenuh sebagai air tanah (*ground water*) yang akhirnya akan keluar ke sungai sebagai aliran dasar (*base flow*). Aliran air hujan yang dialihragamkan (*transformation*) oleh sistem DAS yang bersangkutan akhirnya akan sampai ke sungai yang ada dalam DAS yang bersangkutan. Aliran di sungai adalah jumlah aliran langsung di permukaan tanah (*overland flow*) dan aliran dasar (*base flow*).

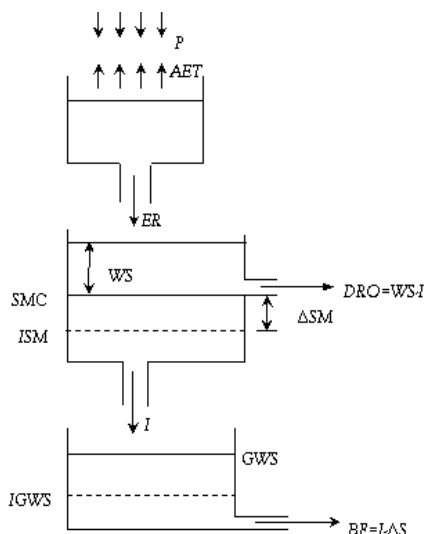
Untuk setiap bulannya, terlebih dahulu model akan menghitung

penyimpanan kelembaban tanah (*soil moistur storage, SMS*) pada akhir bulan. Bila SMS akhir lebih besar dari kapasitas kelembaban tanah (*soil moisture capacity, SMC*) maka akan terjadi kelebihan air (*water surplus, WS*), dan apabila SMS akhir lebih kecil dari SMC, maka $WS = 0$. Meskipun tidak terjadi kelebihan air ($WS = 0$), limpasan langsung dapat terjadi akibat limpasan badai (*storm runoff*). Besarnya aliran dan penyimpanan air tanah (*groundwater storage*) diperoleh dengan cara menghitung infiltrasi dari volume penyimpanan, yang mana faktor-faktor infiltrasi (*i*), resesi aliran air tanah (*k*) dan faktor limpasan badai (*PF*) dapat ditentukan.

Persamaan dasar yang digunakan dalam model Mock adalah persamaan keseimbangan air di dalam tanah dan persamaan penyimpanan air tanah, yakni :

$$\Delta S = R - E_a \dots\dots\dots(1)$$

$$V_n = k(V_{n-1}) + 0.5(1 + k)I_n \dots\dots (2)$$



Gambar 1. Model tangki Mock

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini bertempat DAS Miu, salah Sub-DAS Palu dengan luas daerah tangkapan kurang lebih

64.93 km² yang terdiri dari beberapa anak sungai (Gambar 2). Adapun tahapan yang diambil untuk menyelesaikan penelitian ini dapat dibedakan atas 3 macam yaitu tahap pengumpulan data, tahap optimasi dan tahap analisis. Data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah data sekunder berupa data klimatologi Stasiun Boladangko Kulawi, data curah hujan harian selama 20 tahun pada Stasiun Kulawi dan Stasiun Kalawara dan peta rupa bumi skala 1:50.000 yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal tahun 1999. Data selainnya adalah data pengukuran hidrometri berupa elevasi muka air rerata harian pada tahun 2003 di *outlet* DAS Miu yang dilakukan BPDAS Palu-Poso, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

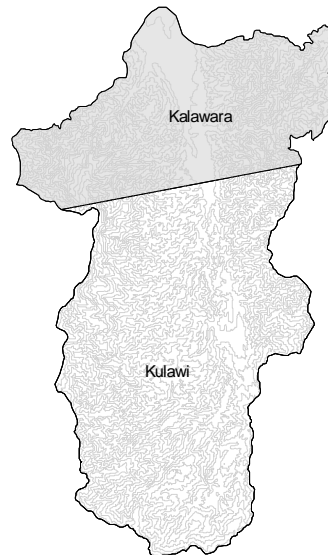
Data curah hujan rerata wilayah dihitung dengan menggunakan metode Polygon Thiessen. Cara ini didasarkan atas rata-rata timbang. Masing-masing stasiun hujan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu

tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Penentuan luas pengaruh stasiun yang ditetapkan sebagai faktor pembobot (*weighting factor*) Thiessen, dilakukan dengan menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis (Arc View 3.3), dalam hal ini ekstensi CRWR-Vector yang dikembangkan oleh Fransisco Olivera (1989).

Penyusunan data pada Model Mock dilakukan dengan menggunakan fasilitas solver yang terdapat pada lembar *spreadsheet*, yang diaktifkan melalui Menu Bar Tools Add-Ins. Optimasi dilakukan dengan *input* data klimatologi dan data hujan pada tahun 2003 pada model, dan keluarannya berupa debit simulasi dievaluasi dengan menggunakan data debit pengukuran yang diperoleh berdasarkan kurva kalibrasi elevasi muka air-debit. Berdasarkan optimasi optimal diperoleh parameter Model Mock yang akan digunakan digunakan untuk memprediksi debit rerata harian pada tahun-tahun yang lain.

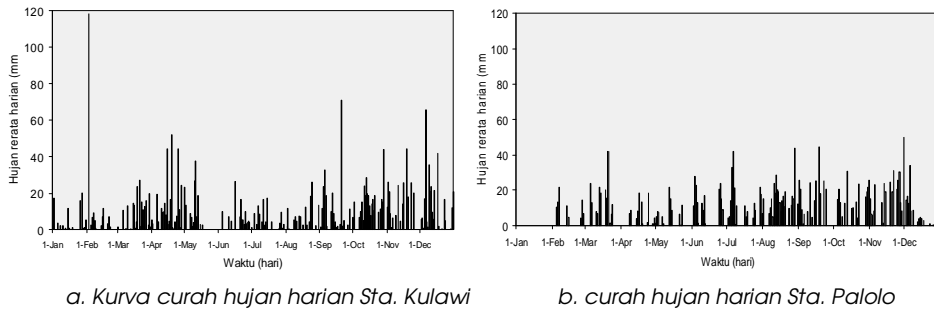


a. Peta Sub-DAS Miu

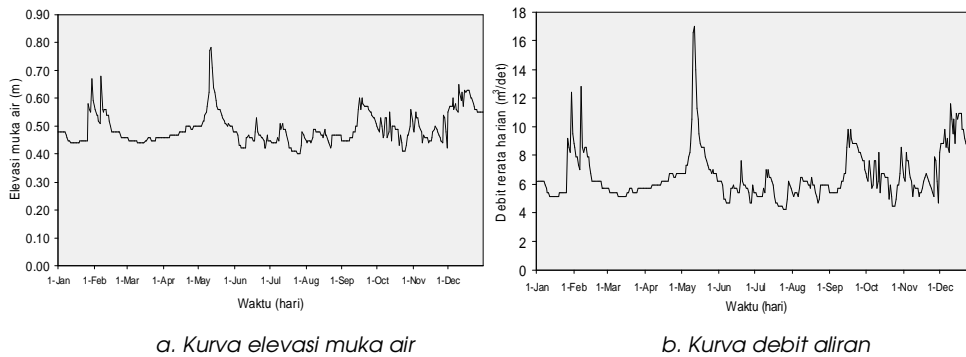


b. Hujan wilayah Sub-DAS Miu

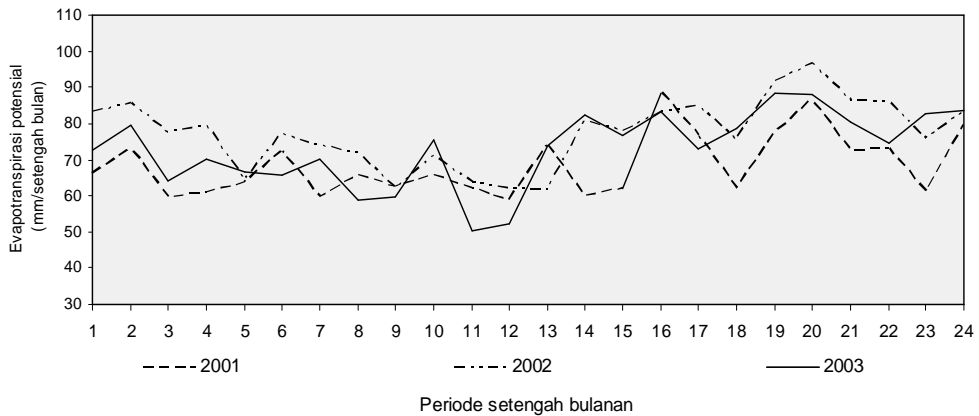
Gambar 2. Peta Sub-DAS Miu dan hujan wilayah



Gambar 3. Kurva curah hujan Stasiun Kulawi dan Palolo 2003



Gambar 4. Kurva elevasi muka air dan debit aliran outlet Sub-DAS Miu 2003



Gambar 5. Evapotranspirasi potensial rata-rata setengah bulanan Sub-DAS Miu

4. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan evapotranspirasi potensial setengah bulanan diperoleh dengan menggunakan metode

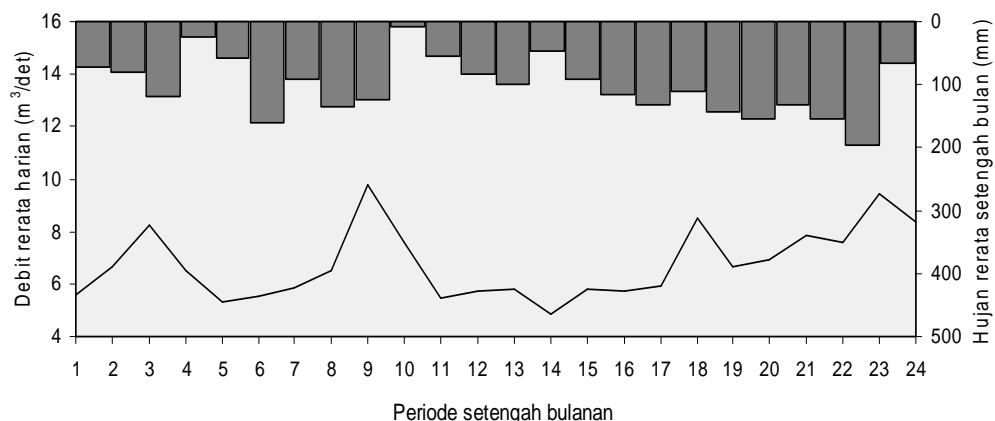
Penman Modifikasi. *Input* data menggunakan data kelembaban udara rata-rata harian, temperatur rata-rata harian, kecepatan angin rata-rata

harian dan penyinaran matahari rata-rata harian selama 10 tahun data (1994-2003). Data klimatologi yang digunakan berasal dari Stasiun Klimatologi Boladanko di Kulawi. Hasil analisis menunjukkan besaran angka evapotranspirasi rata-rata setengah bulanan berkisar antara 50-90 mm/setengah bulan atau 3.33-6 mm/hari. Hasil analisis evapotranspirasi tiga tahun terakhir diperlihatkan pada Gambar 5.

Optimasi Model Mock dilakukan dengan memberikan input data curah hujan rata-rata setengah bulanan, evapotranspirasi potensial rata-rata setengah bulanan dan *crop factors*, dan debit pengamatan rata-rata setengah bulanan tahun 2003 untuk optimasi/kalibrasi. Evapotranspirasi

potensial rata-rata setengah bulanan pada tahun 2003 telah diperlihatkan pada Gambar 5, sedangkan data input yang lain diperlihatkan pada Gambar 6.

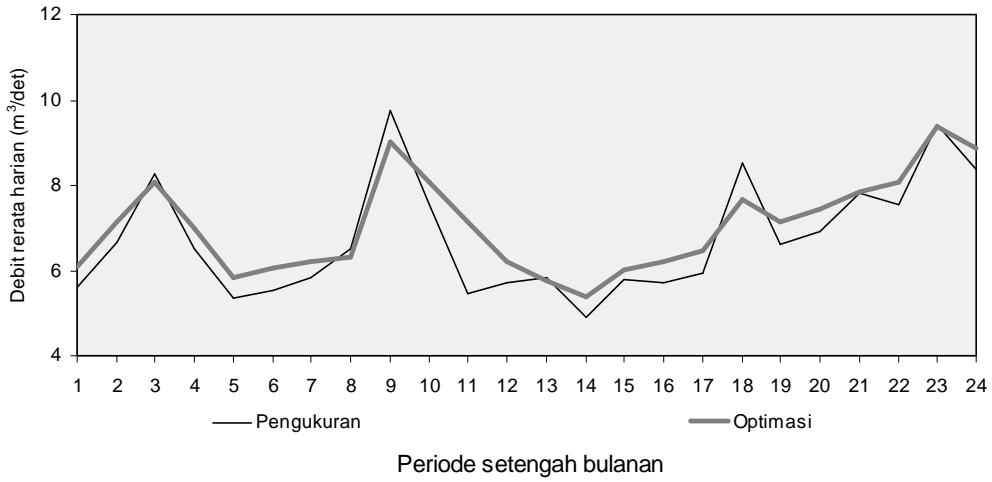
Parameter optimal diperoleh dengan membandingkan debit pengukuran dan debit simulasi. Parameter yang menunjukkan kesesuaian adalah koefisien korelasi dan *volume error*. Hasil optimasi menunjukkan bahwa angka korelasi yang diperoleh sebesar 0.75 dan volume error sebesar 0.00095. Hal ini berarti bahwa kinerja model relatif cukup bagus dalam menghitung parameter optimal. Hasil optimasi selengkapnya ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 7.



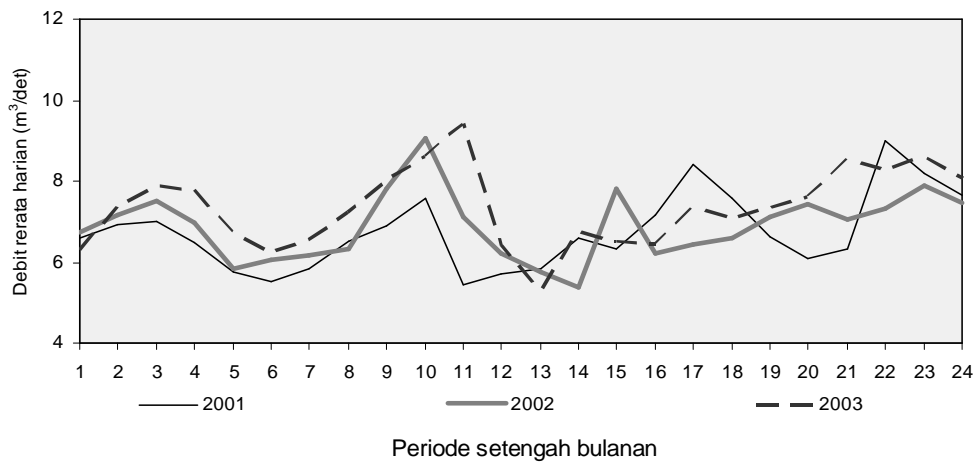
Gambar 6. Hujan rerata setengah bulanan dan debit rerata harian untuk optimasi

Tabel 1. Parameter awal dan optimasi model

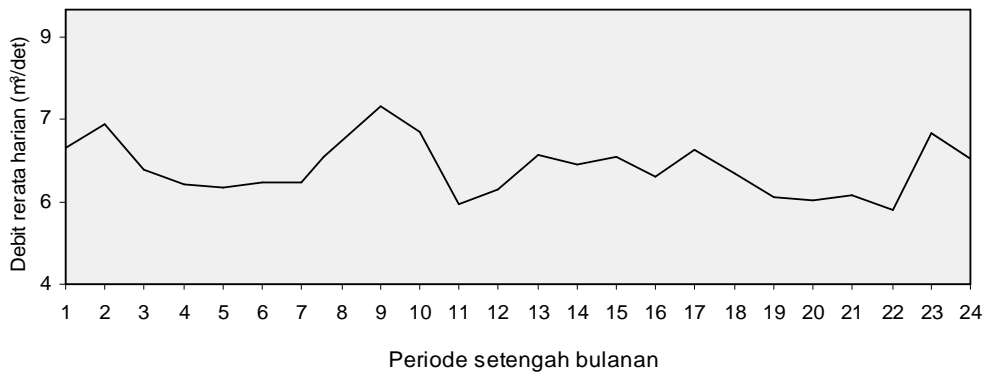
No.	Parameter	Nilai Parameter	
		Parameter Awal	Parameter Optimasi
1	Koefisien infiltrasi musim kemarau (C_{ds})	0.20	0.215
2	Koefisien infiltrasi musim penghujan (C_{vs})	0.30	0.325
3	Initial Soil Moisture (ISM)	50.00	67.53
4	Soil Moisture Capacity (SMC)	200.00	200.00
5	Initial Ground Water Storage (IGWS)	150.00	177.25
6	Ground Water Recesion Factor (k)	0.75	0.85



Gambar 7. Debit pengukuran dan optimasi Model Mock Sungai Miu 2003



Gambar 8. Debit rata-rata harian outlet DAS Miu hasil simulasi



Gambar 9. Debit andalan outlet DAS Miu

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa terjadi penyimpangan hampir pada seluruh periode setengah bulanan. Penyimpangan yang terjadi diperkirakan disebabkan oleh adanya ketidakvalidan data yang diinput pada model. Ketidakvalidan tersebut meliputi data curah hujan rata-rata, data evapotranspirasi potensial dan data debit pengukuran. Data curah hujan rata-rata diperoleh hanya dari dua buah stasiun untuk DAS seluas 64.93 km². Hal ini menyebabkan hujan rata-rata DAS tidak terwakili secara baik oleh kedua stasiun hujan. Data lainnya yang diperkirakan membawa kesalahan dalam model adalah evapotranspirasi potensial yang ditransformasi menjadi evapotranspirasi aktual berdasarkan jenis vegetasi dalam DAS. Perubahan vegetasi dalam DAS ditentukan secara *general*, yang berdampak pada angka evapotranspirasi aktual terjadi penyimpangan. Hal ini dapat diantisipasi dengan cara melakukan kalibrasi angka evapotranspirasi aktual berdasarkan data pengukuran evapotranspirasi dilapangan. Data debit pengukuran juga dapat dicurigai membawa kesalahan pada model. Data debit yang ada merupakan hasil liku kalibrasi debit berdasarkan pengukuran elevasi muka air yang ditransformasi menjadi debit. Persamaan liku kalibrasi debit dapat dianggap valid jika tidak terjadi perubahan fisik penampang sungai pada pos AWLR selama pengamatan. Dalam setahun pengamatan dimungkinkan terjadi perubahan fisik penampang sungai akibat agradasi dan degradasi dasar. Persamaan liku kalibrasi yang digunakan oleh BPDAS Palu Poso (2003), dianggap konstan selama pengamatan elevasi muka air. Asumsi ini sudah barang tentu membawa kesalahan.

Secara umum, optimasi model menunjukkan kinerja yang relatif cukup bagus. Angka korelasi 0.75 menunjukkan hubungan yang baik antara debit pengukuran dan debit pengamatan. Hal ini berarti bahwa model dapat diterapkan untuk menghitung debit

andalan Sungai Miu dengan catatan-catatan yang telah disampaikan sebelumnya. Untuk menentukan debit andalan, simulasi dilakukan terhadap *input data* pada tahun-tahun yang lain (10 tahun) dengan menggunakan parameter optimasi yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil simulasi 3 tahun terakhir (2000, 2001 dan 2002) diperlihatkan pada Gambar 8.

Debit andalan diperoleh dengan mengambil debit 80 % tertampai berdasarkan debit rerata harian setengah bulanan selama 10 tahun, seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Debit andalan terkecil diperoleh pada bulan Nopember paruh-2 sebesar 5.36 m³/det dan debit andalan terbesar diperoleh pada bulan Mei paruh-1 sebesar 7.25 m³/det.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan optimasi dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Kinerja Model Mock dalam mengoptimasi parameter model memeberikan hasil yang relatif cukup bagus dengan koefisien korelasi sebesar 0.75 dan volume error sebesar 0.00095.
- Hasil simulasi model memberikan penyimpangan hampir pada seluruh periode setengah bulanan dibawah ambang batas kesalahan.
- Sungai Miu memiliki debit andalan yang cukup besar dengan peluang terpenuhi 80 % sebesar 5.36 m³/det

5.2 Saran

Terkait dengan proses dan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

- Apabila model ini ingin diterapkan pada kasus yang lain, sebaiknya data evapotranspirasi perlu dikalibrasi, dan jumlah stasiun hujan representatif terhadap luas DAS.
- Penggunaan data pengamatan debit yang lebih panjang untuk kalibrasi akan memberikan hasil optimasi yang lebih akurat. Oleh karena itu perlu kiranya

menggunakan deret data pengamatan yang lebih panjang untuk mengoptimasi parameter model.

6. Daftar Pustaka

- Anonim, 2003, *Laporan Hasil Kegiatan Monitoring Tata Air Sub-Das Miu Kecamatan Biromaru Kabupaten Donggala Propinsi Sulawesi Tengah*, BPDAS Palu Poso, Palu.
- Asdak, C., 2002, *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Bedient, P.B., and Huber, W.C., 1992, *Hydrology and Floodplain Analysis*, Addison Wesley, New York.
- Mock, F.J., 1973, *Land Capability Appraisal in Indonesia*, NN, Bogor.
- Olivera, F., 1999 *CRWR-Vector v.1.1: An ArcView Extension for Analysis of Vector Data*, Center for Research in Water Resources (CRWR), University of Texas, Austin
- Sri Harto Br., 2000, *Hidrologi : Teori, Masalah dan Penyelesaian*, Nafri Offset, Yogyakarta.