

INFRASTRUKTUR

ANALISIS PENYIMPANGAN PERKIRAAN DEBIT MENGGUNAKAN MODEL MOCK DAN NRECA

Deviation Analysis of Discharge Prediction Using Mock and NRECA Models

I Gede Tunas

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118, Email:tunasw@yahoo.com

Surya B. Lesmana

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRACT

Due to limitedness of hydrometric data which is used to hydrology analysis in accordance with water resources development, the discharge should be predicted based on rainfall data using hydrology model. Nevertheless, It must be realized that the performance of hydrology models are generally limited. Almost hydrology models can't fully imitate watershed behavior especially in transformed rainfall to discharge. This is related to the complexity of input and watershed system that is not fully represented in the model. Therefore, the model performance must be optimized before applied in advanced hydrology analysis. This research is aimed to investigate model performance in the form of deviation and optimal parameter using Mock and NRECA Models which is applied in one of small watershed (Bangga Watershed) in Central Sulawesi. The result of simulation using arbitrary parameter showed that the average deviations of the Mock and NRECA Models respectively are 70.25 % and 85.93 %. Simulation using optimal parameter decreased the average deviation to be 15.88 % and 23.97 % for Mock and NRECA models respectively. The result of simulation also showed that optimal parameter of the two models have 0.00056 and 0.000724 volume errors and 0.875 and 0.824 correlation coefficients.

Keywords : discharge prediction, deviation, Mock and NRECA Models

ABSTRAK

Keterbatasan data hidrometri yang digunakan untuk analisis hidrologi berkaitan dengan pengembangan sumber daya air, mengharuskan perkiraan debit di sungai harus dilakukan berdasarkan data hujan menggunakan model hidrologi. Namun harus disadari bahwa kinerja model yang ada umumnya terbatas. Hampir semua model hidrologi tidak dapat sepenuhnya menirukan perilaku DAS khususnya dalam mengalihragamkan hujan menjadi debit. Keterbatasan ini berkaitan dengan kompleksitasnya masukan dan sistem DAS yang tidak sepenuhnya terwakili di dalam model. Oleh karena itu, model-model hidrologi tersebut harus dioptimasi sebelum digunakan dalam analisis. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kinerja model dengan mensimulasi penyimpangan dan parameter model optimal menggunakan Model Mock dan NRECA yang diaplikasikan di pada DAS kecil dalam hal ini DAS Bangga di Sulawesi Tengah. Hasil simulasi menggunakan parameter sembarang menunjukkan bahwa penyimpangan rata-rata dari kedua model (Mock dan NRECA) berturut-turut adalah 70.25 % and 85.93 %. Simulasi menggunakan parameter optimal, dapat menurunkan penyimpangan rata-rata menjadi 15.88 % and 23.97 % untuk kedua model. Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa parameter optimal dari kedua model memiliki kesalahan volume sebesar 0.00056 and 0.000724 dan koefisien korelasi 0.875 and 0.824.

Kata Kunci : perkiraan debit, penyimpangan, Model Mock dan NRECA

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.

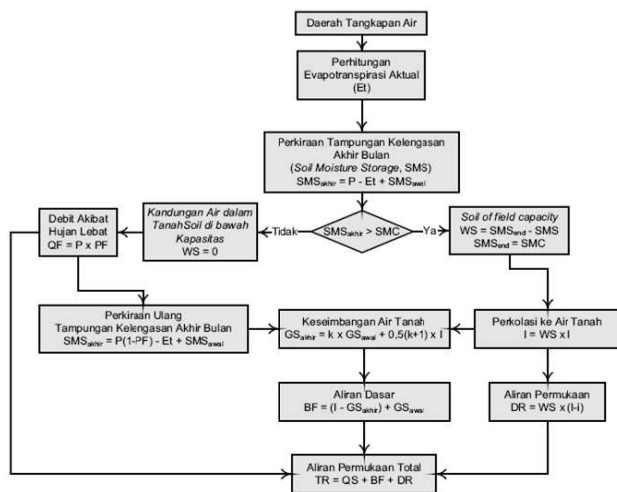
Pada dasarnya, stasiun hidrometri yang berfungsi memantau dan merekam data elevasi muka air (debit) sungai jumlahnya sangat terbatas dan pada umumnya hanya dipasang di tempat-

tempat tertentu yang dipandang memiliki arti yang cukup penting oleh pengelolanya (Sri Harto, 2000). Hal tersebut disebabkan karena tidak mungkin memasang stasiun hidrometri di sembarang tempat yang tidak terbatas, mengingat biaya pemasangan dan pengelolaan yang sangat tinggi. Disamping itu pula akibat tingginya tingkat sensitivitas instrumen ini, tidak jarang memberikan hasil yang meragukan bahkan tidak berfungsi sama sekali. Implikasinya adalah perekaman data debit pada tahun-tahun tertentu tidak lengkap atau bahkan tidak ada, sehingga pada saat dibutuhkan untuk analisis hidrologi data tidak tersedia atau tersedia dalam jangka waktu yang sangat pendek. Pada sisi yang lain stasiun hidrometri yang ada hanya dilengkapi dengan seperangkat pencatat tinggi muka air otomatis (*Automatic Water Level Recorder*, AWLR), sehingga untuk mendapatkan data debit diperlukan kalibrasi dari tinggi muka air menjadi debit. Proses kalibrasi ini sebenarnya juga memberikan penyimpangan yang besar karena penampang sungai yang digunakan untuk menetapkan kurva kalibrasi selalu mengalami perubahan setiap saat akibat interaksi antara dinding sungai dengan aliran dalam proses morfodinamik sungai. Konsekuensi dari keterbatasan ini adalah analisis transformasi hujan menjadi debit merupakan satu-satunya cara yang umum digunakan dalam berbagai keperluan terkait dengan pengembangan potensi sumber daya air di khususnya Sulawesi Tengah.

Proses transformasi hujan menjadi aliran sebagaimana digunakan untuk memprediksi data awal tentang ketersediaan air suatu sungai umumnya di susun dalam bentuk 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 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. Validitas hasil perkiraan ini sangat tergantung dari kalibrasi dan verifikasi parameter model. Kalibrasi dan verifikasi model hanya dapat dilakukan bila pada sungai yang dianalisis terdapat pengukuran debit dalam rentang waktu tertentu. Bila kondisi ini tidak dipenuhi maka perkiraan debit dengan terpaksa dilakukan tanpa melalui kalibrasi atau dapat juga dengan menetapkan parameter model berdasarkan kalibrasi dan verifikasi terhadap sungai-sungai yang memiliki data debit dan

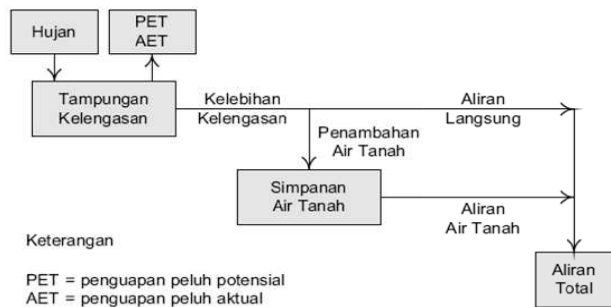
digunakan untuk memperkirakan debit pada sungai-sungai lain di sekitarnya yang tidak memiliki data debit. Hal lain yang juga dapat dilakukan adalah menganalisis penyimpangan hasil perkiraan debit menggunakan model-model empiris sebagaimana telah disebutkan sebelumnya. Model yang memberi hasil penyimpangan perkiraan debit terkecil (tanpa kalibrasi) dapat digunakan sebagai rujukan untuk memperkirakan debit sungai pada suatu wilayah atau kawasan.

Dua buah model hidrologi yang umum digunakan untuk analisis ketersediaan air terutama oleh para praktisi adalah Model Mock dan NRECA. Model Mock merupakan salah satu contoh model hidrologi yang sederhana untuk menghitung debit suatu sungai. Model ini mentransformasi hujan-aliran mengikuti prinsip keseimbangan air (*water balance*) untuk memperkirakan ketersediaan air (debit) suatu sungai. Model 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 (Mock, 1973). Apabila kapasitas lengas tanah (*soil moisture capacity*) telah terlampaui, air akan mengalir ke bawah akibat gaya gravitasi sebagai perkolasi (*percolation*) menuju akuifer 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 moisture 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 (Gambar 1).



Gambar 1. Struktur Model Mock

Model dengan struktur yang lebih sederhana adalah Model NRECA, merupakan model transformasi hujan-aliran untuk menghitung debit suatu sungai, yang diperkenalkan oleh *National Rural Electric Cooperative Association* (NRECA). Model ini dikembangkan untuk menganalisis debit air berdasarkan curah hujan yang bertujuan untuk pembangkit listrik, dimana debit air yang masuk ke *outlet* dari daerah tangkapan air berasal dari curah hujan (Setiawan, E., dkk., 2006). Model ini dapat digunakan untuk menghitung debit bulanan (*monthly discharge*) berdasarkan prinsip keseimbangan air (*water balance*) di DAS (Gambar 2).



Gambar 2. Struktur Model NRECA

Model NRECA membagi hujan bulanan menjadi dua, yakni limpasan langsung (*direct run-off*) yang terdiri dari limpasan permukaan (*surface run-off*) dan bawah permukaan (*subsurface run-off*) dan aliran dasar (*base flow*). Tampung (*storage*) juga dibedakan menjadi dua yakni tampung kelengasan (*moisture storage*) dan tampung air tanah (*ground water storage*). Perubahan tampung diperhitungkan sebagai selisih dari tampung akhir dan tampung awal. Simpanan kelengasan ditentukan oleh hujan, evapotranspirasi dan lengas lebih yang selanjutnya menjadi aliran

langsung dan imbuhan ke air tanah. Debit total merupakan jumlah dari aliran langsung dan aliran air tanah.

Penelitian tentang penggunaan kedua model tersebut dengan optimasi parameter-parameternya telah banyak dilakukan secara luas di Indonesia terutama di Pulau Jawa (Nurrochmad dalam Setiawan dkk., 2006 dan Setiawan dkk., 2006). Namun demikian penyimpangan-penyimpangan model sebelum dan sesudah optimasi parameter hampir tidak pernah dinyatakan secara eksplisit. Pada sisi yang lain, untuk kasus-kasus di Sulawesi Tengah, analisis penyimpangan dan optimasi parameter hampir tidak pernah ditemukan dalam berbagai literatur. Oleh karena itu penelitian ini kiranya menjadi penting terutama dapat menjadi rujukan untuk analisis hidrologi dalam rangka pengembangan dan pengelolaan sumber daya air di Sulawesi Tengah.

METODE PENELITIAN

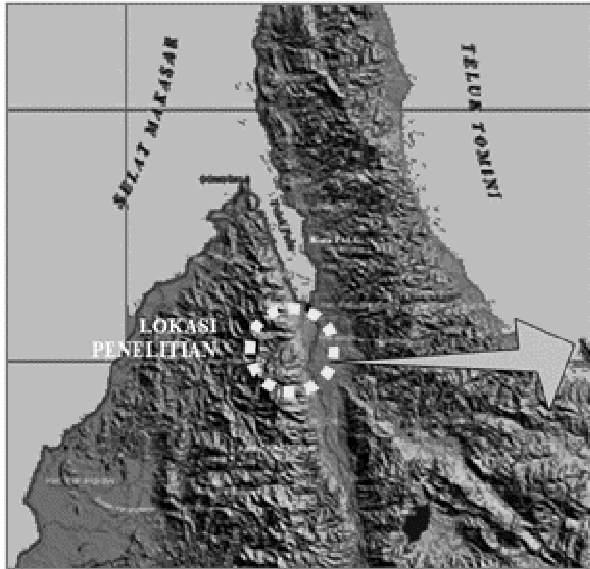
Lokasi penelitian ini bertempat di DAS Bangga (penduduk setempat menyebutnya DAS Ore), salah satu anak (sub-DAS) Sungai Palu yang terletak di wilayah Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah, dengan luas daerah tangkapan kurang lebih 72.08 km². DAS ini terletak di sebelah Barat Sungai Palu memanjang dari Barat Daya ke Timur Laut dan bermuara di Sungai Palu. DAS Bangga merupakan satu-satunya DAS kecil di Sulawesi Tengah yang memiliki data perekaman hujan dan debit (AWLR) kontinu sepanjang tahun (1984-sekarang).

Adapun tahapan yang diambil untuk menyelesaikan penelitian ini dapat dibedakan atas 3 macam yaitu tahap pengumpulan data, tahap simulasi model dan tahap analisis. Penelitian pendahuluan diawali dengan identifikasi dan pengumpulan data sekunder berupa data klimatologi pada Stasiun Bora (119°55'53" LS dan 01°11'39" LS), data curah hujan harian selama minimal 10 tahun terakhir pada Stasiun Bangga Atas yang terletak pada 119°55'00" Bujur Timur (BT) dan 01°15'37" Lintang Selatan (LS) dan Stasiun Bangga Bawah yang terletak pada 119°54'35" BT dan 01°14'35" LS. Data selainnya adalah data pengukuran hidrometri berupa elevasi muka air (AWLR) rerata harian di Bendung Bangga dan dianggap sebagai *outlet* DAS Bangga. Data AWLR ini selanjutnya akan dikonversi menjadi debit menggunakan kurva kalibrasi debit.

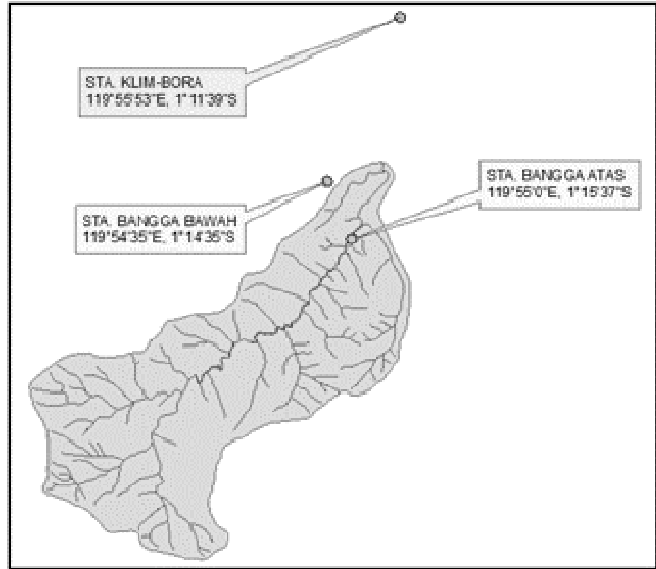
Selain data hidroklmatologi tersebut, pada penelitian ini juga dikumpulkan data topografi dalam bentuk peta RBI skala 1:50000 yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL untuk

menentukan karakteristik DAS dan peta pencitraan satelit untuk menentukan jenis penggunaan lahan (*land use*) berkaitan dengan keperluan simulasi. Pengolahan dan interpretasi data topografi dan *landsat* dilakukan dengan menggunakan perangkat

lunak Arc GIS 9.3 dan Er Mapper 6. Penggunaan perangkat lunak ini diharapkan dapat memberikan akurasi yang baik terutama dalam penetapan parameter fisik DAS.



a). Lokasi penelitian

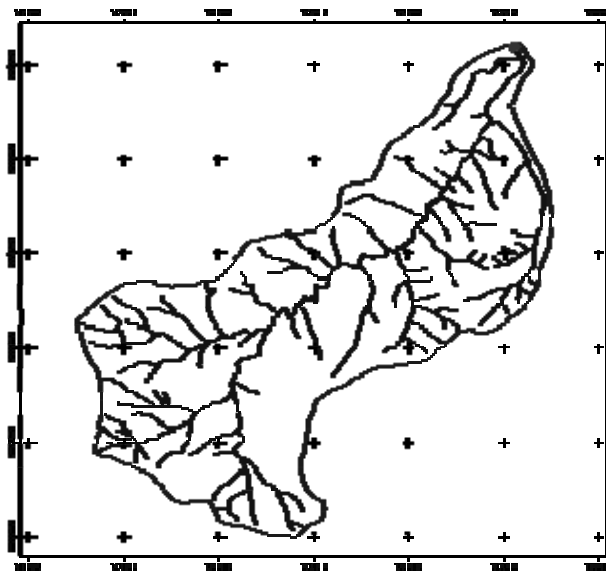


b). Posisi stasiun hidroklimatologi

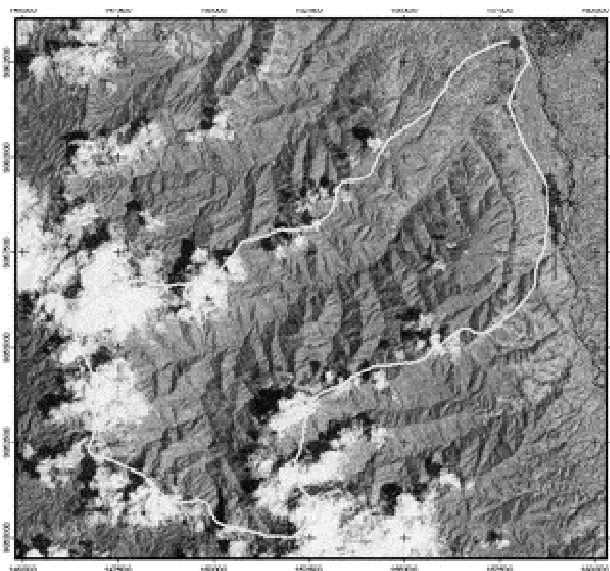
Gambar 3. Peta lokasi penelitian dan posisi stasiun hidroklimatologi

Analisis awal dimulai dengan memprediksi angka evapotranspirasi potensial rata-rata bulanan menggunakan Metode Penman Modifikasi berdasarkan data klimatologi dalam hal ini berupa data penyinaran matahari (%), data kelembaban

udara relatif (%), data kecepatan angin (km/hari) dan data temperatur rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$). Angka evapotranspirasi potensial ini digunakan sebagai *input* model.



a). DAS Bangga



b). Citra *landsat* DAS Bangga

Gambar 4. Peta DAS dan citra *landsat* DAS Bangga

Berdasarkan data hujan harian yang tersedia, selanjutnya dapat ditetapkan hujan rata-rata DAS menggunakan metode rata-rata hitung (*arithmetic*

mean). Pemilihan metode ini selain didasarkan pada jumlah stasiun hujan yang terdapat di sekitar DAS hanya dua buah stasiun, juga pertimbangan lokasi

kedua stasiun hujan relatif berdekatan. Untuk keperluan simulasi, dari hasil proses ini dapat dihimpun hujan rata-rata bulanan, jumlah hari hujan rata-rata bulanan dan jumlah hujan tahunan.

Perkiraan debit rerata harian dilakukan dengan menggunakan Model Mock dan Model NRECA berdasarkan masukan (*input*) data hidroklimatologi yang telah dianalisis sebelumnya. Penggunaan kedua model ini didasarkan pada intensitas pemakaian baik untuk terapan maupun untuk riset. Secara umum kedua model ini sangat umum digunakan dalam skala yang lebih luas terutama oleh para praktisi rekayasa sumber daya air. Oleh karena itu pada kasus-kasus tertentu penyimpangannya perlu diuji untuk mengetahui kehandalannya terutama untuk memprediksi debit pada sungai-sungai yang tidak memiliki perekaman debit pada masa lalu.

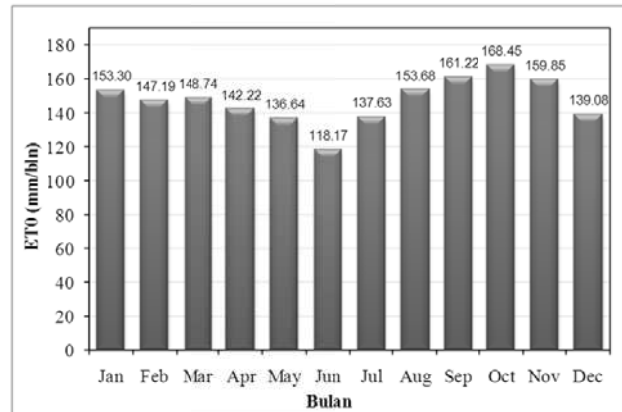
Setelah diketahui penyimpangan masing-masing model, tahap akhir dari penelitian ini adalah melakukan kalibrasi. Parameter-parameter optimal masing-masing model ditetapkan dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*). Pada tahap ini juga ditetapkan penyimpangan masing-masing model dengan membandingkan debit simulasi (debit perkiraan) dengan debit pengamatan (observasi). Berdasarkan angka parameter model optimal dan penyimpangan terkecil maka dapat direkomendasikan model yang dapat digunakan untuk keperluan-keperluan praktis terutama pada DAS-DAS di sekitar DAS Bangga yang tidak memiliki catatan perekaman debit pada masa lalu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evapotranspirasi potensial berdasarkan data klimatologi Stasiun Bora tahun 1995-2009 menunjukkan bahwa angka evapotranspirasi rata-rata bulanan berkisar antara 118.17 mm/bulan-168.45 mm/bulan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Angka ini setara dengan 3.94 mm/hari-5.43 mm/hari.

Analisis terhadap data hujan dengan jumlah data 15 tahun memberikan informasi bahwa musim penghujan terjadi hampir sepanjang tahun dengan intensitas yang berbeda-beda. Gambar 6 memperlihatkan hujan harian maksimum, hujan bulanan dan jumlah hari hujan rata-rata Sta. Bangga Atas dan Sta. Bangga Bawah tahun 1995-2009. Hujan dengan intensitas di atas rata-rata terjadi pada Bulan Maret-Juli dan cenderung rendah pada Bulan Desember-Pebruari. Hujan harian maksimum sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 memiliki kecenderungan serupa dengan jumlah hujan bulanan.

Hal ini berarti bahwa peningkatan dan penurunan hujan maksimum, relatif sebanding dengan peningkatan dan penurunan jumlah hujan bulanan. Hal ini menjadi penting untuk disampaikan mengingat bahwa kecenderungan ini secara teori juga (diharapkan) terjadi pada debit di sungai. Sebagaimana juga telah diketahui bahwa parameter hujan ini menjadi masukan (*input*) utama di dalam model baik Model Mock maupun NRECA, dimana kedua model diuji dalam penelitian ini.



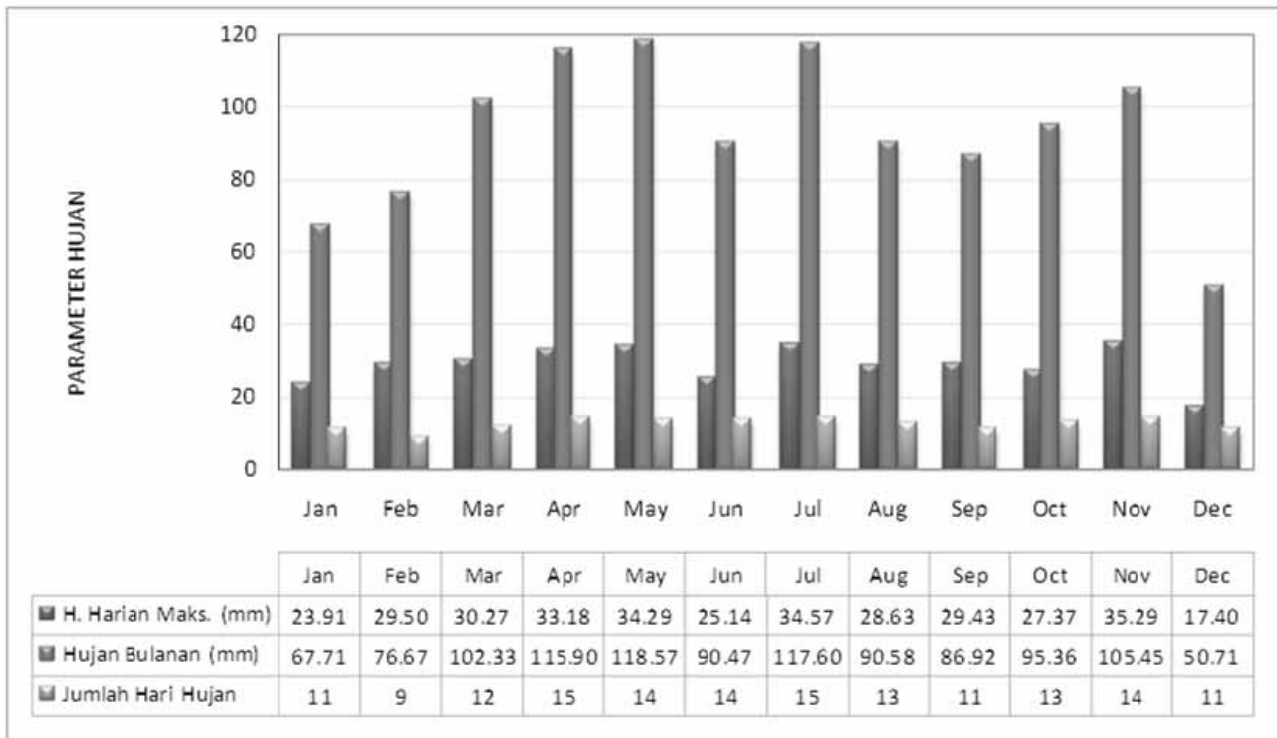
Gambar 5. Evapotranspirasi potensial Sta. Bora

Simulasi model dengan periode bulanan menggunakan rentang data hidrologi 15 tahun (1995-2009), dilakukan terhadap 2 kondisi yakni simulasi tanpa optimasi parameter dan simulasi dengan parameter optimal. Hasil simulasi kedua model (Mock dan NRECA) tanpa optimasi parameter diperlihatkan pada Gambar 7, khususnya untuk tahun 2003 (mewakili). Hasil simulasi tahun-tahun lainnya tidak ditampilkan pada tulisan ini mengingat keterbatasan ruang dan hanya ditampilkan tahun 2003 dengan pertimbangan bahwa hasil simulasi tahun 2003 memberikan ilustrasi yang baik tentang perubahan penyimpangan hasil simulasi sebelum dan sesudah optimasi parameter model. Namun demikian, sesungguhnya hasil simulasi pada tahun-tahun lainnya, juga memberikan ilustrasi yang cukup baik tentang perubahan penyimpangan hasil simulasi kedua model tersebut, akan tetapi perubahannya tidak signifikan tahun 2003.

Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7 tentang hasil simulasi tanpa optimasi parameter tahun 2003, memperlihatkan bahwa kecenderungan debit simulasi (QSIM) memiliki perbedaan yang cukup besar dengan debit pengamatan (QOBS). Khusus tahun 2003, Model Mock memberikan penyimpangan antara 9.54 % - 143.23 % dengan penyimpangan rerata sebesar 52.28 %. Demikian juga untuk tahun yang sama, Model NRECA memberikan penyimpangan antara 8.70 % - 252.80

% dengan penyimpangan rerata sebesar 67.91 %. Pada tahun 2003 ini, Model NRECA selain memberikan ambang bawah penyimpangan yang lebih kecil juga memberikan ambang atas penyimpangan yang lebih besar dari Model Mock. Demikian juga penyimpangan reratanya sedikit lebih tinggi dari Model Mock. Kecenderungan ini tidak berlaku secara menyeluruh untuk tahun-tahun lainnya, ada juga pada tahun yang lain (1998, 2005 dan 2008) ambang bawah penyimpangan Model

Mock lebih kecil dari ambang bawah penyimpangan Model NRECA. Namun secara umum ambang bawah penyimpangan Model Mock berada di bawah ambang bawah penyimpangan Model NRECA, dan kecenderungan ini juga berlaku untuk ambang atas penyimpangan.

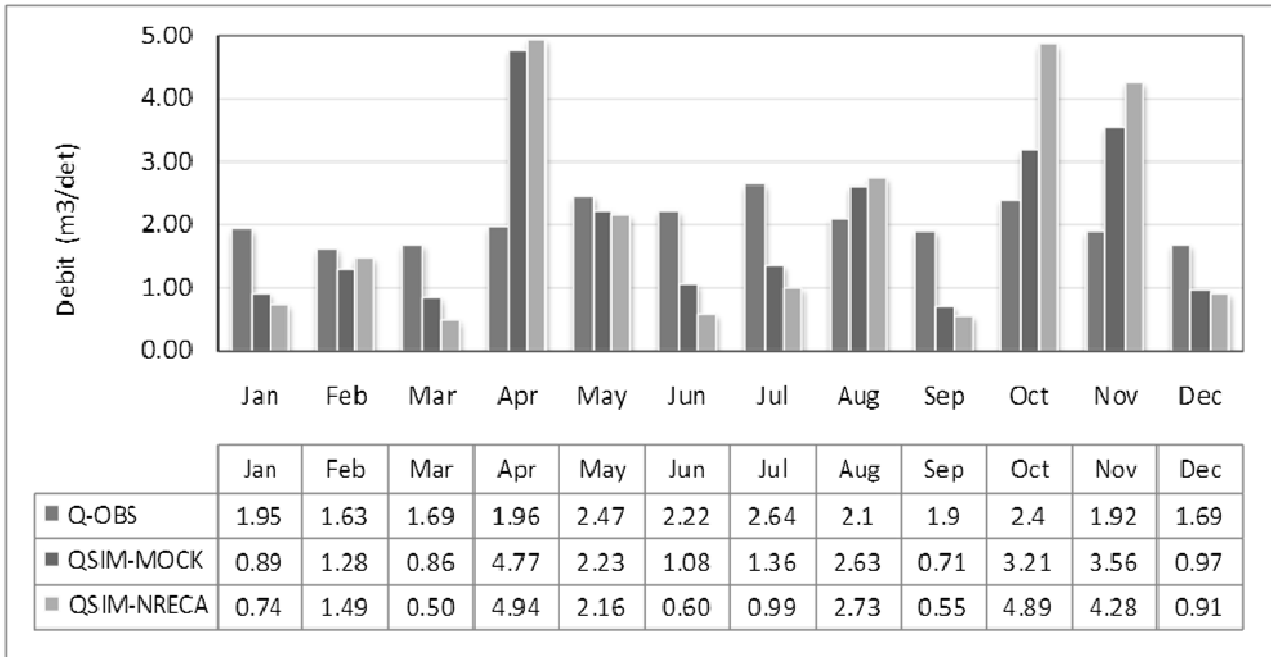


Gambar 6. Parameter hujan rerata 1995-2009 (Sta. Bangga Atas - Sta. Bangga Bawah)

Penyimpangan rata-rata untuk 15 tahun simulasi (tanpa optimasi parameter) dilakukan dengan merata-ratakan seluruh penyimpangan setiap bulan selama 15 tahun, dalam hal ini terdapat 12 bulan kali 15 tahun atau setara dengan 180 data penyimpangan. Berdasarkan hasil perataan ini, Model Mock memberikan penyimpangan antara 14.30 % - 193.36 %, dengan rata-rata simpangan sebesar 70.25 %. Model NRECA memberikan penyimpangan antara 13.05 % - 205.45 %, dengan rata-rata simpangan sebesar 85.93 %. Kecenderungan penyimpangan rerata ini relatif agak mirip dengan penyimpangan tahun 2003.

Menarik untuk dicermati bahwa, secara umum pola perkiraan debit kedua model tidak menunjukkan perbedaan yang besar antara satu dengan lainnya, walaupun pada bulan-bulan dan

tahun-tahun tertentu juga terdapat perbedaan-perbedaan debit yang cukup besar, seperti pada Bulan Oktober tahun 2003 (Gambar 7) dan pada tahun-tahun lainnya yang tidak ditampilkan pada tulisan ini. Bila dilihat dari persentase penyimpangan, penyimpangan rata-rata antara kedua model juga tidak menunjukkan perbedaan yang besar, yakni hanya berselisih 15.68 %. Hal ini menunjukkan untuk kasus tersebut, kedua model menunjukkan kemiripan kinerja. Walaupun demikian, perbedaan debit perkiraan kedua model (QSIM) dengan debit pengamatan (QOBS) cenderung besar. Hal ini mengisyaratkan bahwa penggunaan kedua model untuk berbagai aplikasi sebaiknya dioptimasi parameter-parameternya terlebih dahulu.



Gambar 7. Hasil simulasi Model Mock dan NRECA tahun 2003 tanpa optimasi parameter

Selanjutnya simulasi dilakukan menggunakan parameter optimal terhadap kedua model. Untuk menentukan parameter optimal masing-masing model, optimasi dilakukan menggunakan fasilitas solver pada program *spreadsheet (microsoft excel)*. Optimasi dilakukan dengan menetapkan fungsi tujuan dengan cara meminimalkan *volume error* dan memaksimalkan koefisien korelasi (*corelation coefecient*) dan mengoptimalkan parameter masing-masing model. Parameter optimasi untuk Model Mock meliputi koefisien infiltrasi musim kamarau (CDS), koefisien infiltrasi musim hujan (WDS), kandungan air tanah awal (ISM), kapasitas kelembaban tanah (SMC), tampungan air tanah awal (IGWS) dan faktor resesi air tanah (K). Parameter optimasi Model NRECA sedikit berbeda dengan parameter Model Mock, yang meliputi persentase limpasan yang keluar dari DAS di sub surface/infiltrasi (PSUB), persentase limpasan tampungan air tanah menuju ke sungai (GWF), nilai awal tampungan kelengasan tanah (ISMS atau KETANWAL), nilai awal tampungan air tanah (IGWS=ATANWAL). Mencermati konfigurasi parameter kedua model tersebut, terlihat adanya kemiripan antara parameter ISM dan SMC pada Model Mock dengan parameter ISMS pada Model NRECA. Selain itu juga terdapat kemiripan antara parameter IGWS pada Model Mock dengan parameter IGWS pada Model NRECA. Kemiripan yang terakhir adalah pada parameter K pada Model Mock dengan parameter PSUB/GWF pada model NRECA. Hasil optimasi parameter-parameter kedua

model tersebut selengkapnya diperlihatkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Nilai parameter optimasi Model Mock

Parameter	Nilai Awal	Nilai Optimasi
CDS	0.2	0.300
WDS	0.3	0.186
ISM (mm)	150	101.323
SMC (mm)	75	101.323
IGWS (mm)	200	74.120
K	0.8	0.863

Tabel 2. Nilai parameter optimasi Model NRECA

Parameter	Nilai awal	Nilai Optimasi
PSUB	0.50	0.610
GWF	0.50	0.640
ISMS (mm)	50.00	95.20
IGWS (mm)	200	80.65

Simulasi kedua model menggunakan parameter optimal sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, memberikan hasil seperti diperlihatkan pada Gambar 8, khusus untuk tahun 2003. Untuk tahun-tahun yang lain sebagaimana simulasi sebelumnya, juga tidak ditampilkan pada tulisan ini dengan alasan dan pertimbangan yang sama. Simulasi menggunakan parameter optimal untuk tahun 2003, Model Mock memberikan penyimpangan antara 3.07 % - 25.44 % dengan simpangan rerata sebesar 12.31 %. Model NRECA memberikan

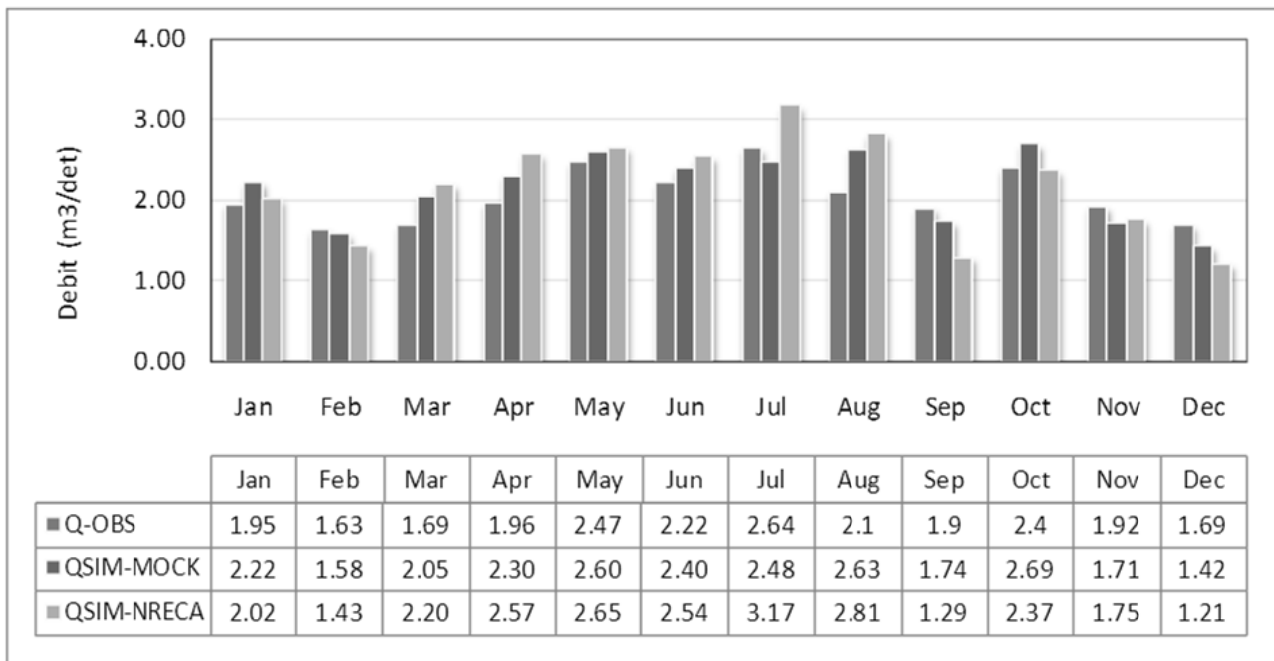
penyimpangan antara 1.29 % - 34.00 % dengan simpangan rerata sebesar 18.58 %.

Perataan penyimpangan berdasarkan 15 tahun simulasi menggunakan parameter model optimal, Model Mock memberikan penyimpangan antara 3.90 % - 31.79 % dengan simpangan rerata sebesar 15.88 %. Demikian pula, Model NRECA memberikan penyimpangan antara 1.64 % - 42.50 % dengan simpangan rerata sebesar 23.97. Bila dibandingkan dengan penyimpangan dari hasil simulasi sebelumnya, penurunan penyimpangan relatif signifikan. Hasil simulasi juga

memperlihatkan kesalahan volume (*volume error*) sebesar 0.00056 dan koefisien korelasi 0.875 untuk Model Mock. Model NRECA memberikan kesalahan volume sebesar 0.000724 dan koefisien korelasi 0.824.

Tabel 3. Penyimpangan rata-rata hasil perkiraan

Model	Tanpa optimasi parameter (%)	Dengan parameter optimal (%)
Mock	70.25	15.88
NRECA	85.93	23.97



Gambar 8. Hasil simulasi Model Mock dan NRECA tahun 2003 dengan parameter optimal

Memperhatikan hasil simulasi menggunakan parameter optimal, kedua model tersebut memperlihatkan kinerja yang cukup bagus walaupun masih terlihat adanya penyimpangan. Perlu disampaikan bahwa model hidrologi apapun tidak akan bisa menirukan perilaku yang sesungguhnya tanpa suatu penyimpangan (Sri Harto, 2000). Hal ini disebabkan akibat pengandaian, asumsi dan penyederhanaan-penyederhanaan dalam penyusunan model. Pengandaian bahwa hujan terdistribusi secara merata dalam radius pengaruh stasiun hujan di dalam DAS sesungguhnya sudah memiliki potensi kesalahan yang besar. Pengandaian ini akan semakin mendekati kebenaran apabila jumlah stasiun hujan di dalam DAS memiliki kerapatan yang cukup sebagaimana yang disyaratkan oleh Kagan (Sri Harto, 2000) baik jumlah maupun distribusinya. Apalagi saat ini, akibat anomali iklim kecendrungan hujan semakin sulit diprediksi baik distribusi, intensitas maupun lama hujan (Sukheswalla, Z.R., 2003).

Selain itu, sumber kesalahan (penyimpangan) sangat mungkin terjadi akibat validitas data. Beberapa data hidrologi dan hidrometri mungkin saja kurang valid akibat faktor alat ukur maupun faktor manusia sebagai pengolah data. Walaupun demikian, diluar dugaan-dugaan tersebut, hasil simulasi pada tulisan ini telah memberikan kinerja yang cukup memuaskan. Para ahli dan praktisi hidrologi memang telah mensyaratkan bahwa penyimpangan-penyimpangan hasil optimasi sebaiknya di bawah 10 % atau paling tidak di sekitar 5 %. Meskipun hasil simulasi kedua model pada tulisan ini memberikan penyimpangan rata-rata di atas 10 % dalam hal ini 15.88 % untuk Model Mock dan 23.97 % untuk Model NRECA, untuk kasus-kasus di Sulawesi Tengah dengan keterbatasan data yang dimiliki dapat ditegaskan bahwa kedua model telah memberikan kinerja yang cukup bagus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini dihimpun dari sebagian hasil penelitian kerjasama dengan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional Tahun Anggaran 2009. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga terutama kepada DP2M DIKTI atas pendanaan yang diberikan melalui Penelitian Hibah Bersaing pada Tahun Anggaran 2009 yang diselenggarakan oleh Lembaga Penelitian Universitas Tadulako Palu. Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Secara umum dapat disampaikan bahwa kedua model yang diuji penyimpangannya pada penelitian ini memberikan kinerja yang cukup bagus. Penurunan penyimpangan rerata dari 70.25 % menjadi 15.88 % untuk model Mock dan dari 85.93 % menjadi 23.97 % untuk Model NRECA, mengilustrasikan bahwa optimasi parameter menjadi bagian yang sangat penting untuk dilakukan pada setiap analisis.

Hasil parameter optimal yang diperoleh pada tahapan optimasi, selanjutnya dapat dijadikan sebagai rujukan untuk memprediksi debit pada DAS-DAS yang tidak memiliki stasiun hidrometri terutama DAS-DAS yang berada di sekitar DAS Bangga di Sulawesi Tengah. Namun demikian jika ada data hidrometri terukur, parameter kedua model tersebut dapat diverifikasi.

Untuk penggunaan yang lebih luas, mengingat sangat langkanya data debit terukur di Sulawesi Tengah, penggunaan parameter model tersebut dapat digunakan dengan hati-hati, tentunya dengan memperhatikan karakteristik hujan, DAS dan sungai dan membandingkannya dengan DAS Bangga yang memiliki stasiun hidrologi dan hidrometri.

DAFTAR PUSTAKA

- Mock, F.J., 1973, *Water Capability Appraisal Indonesia*, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Bogor, Indonesia
- 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*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Sukheswalla, Z.R., 2003, *A Statistical Model For Estimating Mean Annual and Mean Monthly*

Flows at Ungaged Locations, M.Sc. Thesis, University of Texas, Austin.

- Setiawan, E., Sulistiyono, H., dan Budianto, M.B., 2006, *Efek Pemberian Nilai Awal Model NRECA Terhadap Konsistensi Hasil Kalibrasi dan Verifikasi*, Jurnal Rekayasa UNRAM, Vol. 7 No.1, pp. 24-31 April 2006 ISSN: 1411-5565
- Tunas, G., Tanga, A., dan Lesmana, S.B., 2008, *Model Transformasi Hujan-Aliran Berbasis Hidrograf Satuan Untuk Analisis Banjir*, Prosiding Seminar Nasional Sain dan Teknologi II Universitas Lampung (UNILA), Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Tunas, G., Tanga, A., dan Lesmana, S.B., 2009, *Penyusunan dan Pengembangan Model Transformasi Hujan-Aliran Pada DAS-DAS di Sulawesi Tengah Berbasis Sistem Informasi Geografis*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing DP2M DIKTI, Lembaga Penelitian Universitas Tadulako.
- Yunar, A., dan Tunas, G., 2007, *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan DAS Palu Terhadap Karakteristik Hidrograf Banjir dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis*, Laporan Penelitian Dosen Muda DP2M DIKTI, Lembaga Penelitian Universitas Tadulako.