

ANALISIS LIMPASAN LANGSUNG DENGAN MODEL DISTRIBUSI DAN KOMPOSIT

Puji Harsanto¹⁾, Bambang Agus Kironoto²⁾, Bambang Triatmodjo²⁾

¹⁾ Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Jalan Raya Dukuwaluh PO BOX 202 Purwokerto 53182

²⁾ Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada. Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta 55281

ABSTRACT

Hydrological models are classified as lumped and distributed. Lumped models ignore the spatial variability of precipitation, and other related processes. Even though lumped model are unable to account for internal variation of hydrological processes, they have the advantage of simplicity. Distributed hydrological model on the other hand account for spatial variation of hydrological processes and parameters. This type of model has the potential to give more accurate results but computationally more complex. The spatially distributed input and analysis required by spatially distributed model can be met by incorporating a system that can manage data on a grid basis. An approach to handle this problem is using geographic information system (GIS). The overall objective of this study was to comparing of distributed and composite model.

The SCS curve number method also known as the hydrologic soil cover complex method, is widely used procedure for runoff estimation. This method includes several important properties of the watershed namely soil's permeability, landuse and antecedent soil water conditions which are taken into consideration. Daily runoff calculations were generated using the SCS curve number method, its based on the retention parameter, S , initial abstractions, I_a (surface storage, interception, and infiltration prior to runoff), and daily rainfall, R_{day} . Ratio of initial abstraction (I_a) to retention parameter (S) called λ is changes from time to time. Because of its, the hydrology analysis to estimating direct runoff need calibrate for this parameter. Goodness of fit analysis is used to comparing of both, distributed model and composite model.

The average of relatif error, correlation factor, and coefficient of determination, R^2 for distributed model respectively are 25.70 %, 0.71 and 0.53, from composite model are 30.15 %, 0.66 and 0.44. The result from research is obtained that the distributed model is more accurate than composite model. The average initial abstraction ratio from distrubted model is 0.35 and composite model is 0.04.

KEYWORDS : Direct runoff, Distributed model, Lumped model, Initial abstraction ratio

PENGANTAR

Latar Belakang

Debit yang melewati suatu pias sungai terkait langsung dengan limpasan langsung yang terjadi di dalam DAS. Limpasan langsung yang terjadi dalam DAS sangat dipengaruhi antara lain oleh curah hujan dan elemen daerah pengaliran yang menyatakan sifat-sifat fisik daerah pengaliran. Sifat-sifat fisik DAS tersebut yang penting antara lain bentuk dan ukuran, topografi, geologi, serta tataguna lahan.

Metode untuk menghitung volume limpasan langsung yang mengkaitkan beberapa sifat fisik DAS adalah metode yang dikembangkan U.S. Soil Conservaction Service (sekarang *Natural Resources Conservaction Service*, NRCS). Metode SCS memperhitungkan kondisi fisik dari DAS sebagai masukan dalam analisa hidrologi. Kondisi fisik DAS yang dipakai dalam metode ini adalah penutupan lahan dan jenis tanah. Kondisi penutupan lahan dan jenis tanah tersebut kemudian diterjemahkan dalam suatu indek yang mencerminkan potensi limpasan langsung. Indek tersebut dinamakan *curve number*.

Karena hujan, penutupan lahan dan jenis tanah sifatnya bervariasi terhadap ruang (spasial) maka analisa hidrologi yang terbaik adalah dengan metode terdistribusi. Analisis hidrologi dengan model distribusi memerlukan hitungan yang banyak dan kompleks. Untuk mempermudah hitungan dalam analisis hidrologi biasanya beberapa parameter yang sifatnya spasial dijadikan komposit. Pengolahan data yang berbasis keruangan akan lebih mudah dilakukan dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Dengan pendekatan SIG ini diharapkan hasil yang diperoleh lebih akurat. Maksud dari penelitian ini adalah penggunaan sistem informasi geografis (SIG) dalam menangani permasalahan hidrologi. Tujuan penelitian adalah menghitung volume limpasan permukaan yang terjadi dengan model terdistribusi dan model komposit.

Tinjauan Pustaka

Analisa limpasan langsung yang menggunakan faktor *physiographic* sebagai parameter masukan adalah metode SCS *curve number*. Metode tersebut dikembangkan oleh U.S. SCS atau dikenal metode SCS *curve number* paling banyak dimanfaatkan (Asdak, 2004).

Karena hujan, penutupan lahan dan jenis tanah sifatnya bervariasi terhadap ruang (spasial) maka analisa hidrologi yang terbaik adalah dengan metode terdistribusi. Model distribusi adalah model yang memperhitungkan variabilitas terhadap ruang dari parameter dan proses hidrologi. Menurut Smadi (1998) model jenis ini mempunyai potensi memberi hasil yang lebih akurat tetapi mempunyai langkah hitungan yang lebih kompleks dan sulit. Suatu model yang mempertimbangkan parameter hidrologi secara spasial maka akan menghasilkan *output* yang lebih akurat (Smadi, 1998). Analisis hidrologi spasial selalu berhubungan dengan proses kombinasi peta atau data yang banyak dan kompleks. Proses kombinasi data yang mempunyai tipe atau jenis yang kompleks dapat dipermudah dengan adanya Sistem Informasi Geografi (Pandey *et al*, 2003).

Analisa *run off* harian dengan metode *curve number* yang dikembangkan oleh USDA NRCS (*Natural Resources Conservation Service*) didasarkan pada parameter retensi, S , *initial*

abstractions, I_a dan hujan harian, R_d (hujan harian). Secara umum *initial abstractions*, I_a adalah parameter yang berhubungan dengan jenis tanah dan kondisi penutupan lahan. Rasio *initial abstraction*, λ dalam metode *curve number* yang disarankan adalah 0,20 (USDA SCS, 2005).

Landasan Teori

Limpasan permukaan terjadi ketika laju hujan lebih besar dari pada laju infiltrasi dan persamaan limpasan permukaan selalu dikembangkan berdasarkan pada kondisi tersebut (USDA, 2005). Limpasan permukaan akan mengalir melalui saluran atau parit-parit kecil dan akhirnya sampai ke sungai. Pada kenyataannya bahwa sebelum terjadi limpasan permukaan, sebagian hujan menjadi abstraksi awal (*initial abstraction*, I_a). *Initial abstraction*, I_a adalah kehilangan sebelum limpasan terjadi yang meliputi air yang tertahan di permukaan, air yang terintersepsi oleh vegetasi, evaporasi dan infiltrasi (USDA NRCS, 2005). Dengan demikian hujan, P_d yang berkontribusi terhadap limpasan permukaan, Q_d adalah hujan yang dikurangi oleh *initial abstraction*. *Initial abstraction*, I_a merupakan variabel yang kompleks tapi secara umum (USDA NRCS, 2005), yang dapat didekati dengan berhubungan dengan tanah dan penutupan lahan persamaan empiris sebagai berikut :

$$I_a = 0,2 S \quad (1)$$

Parameter 0,2 adalah rasio *initial abstraction* dan dinyatakan dengan simbol λ (lamda). Variabel λ selalu berubah dari hujan ke hujan lainnya dan dari tempat ke tempat lain. Dengan demikian variabel ini harus dikalibrasi untuk mendapatkan hasil yang optimal pada suatu area dan waktu tertentu. Untuk menghitung limpasan permukaan harian persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Q_d = \frac{(P_d - \lambda S)^2}{(P_d - \lambda S + S)} \quad (2)$$

Dengan persamaan (2) di atas maka limpasan permukaan akan terjadi jika P_d lebih besar dari I_a . Parameter retensi, S , adalah variabel yang tergantung pada jenis tanah, tataguna lahan dan kelembaban tanah. Persamaan yang digunakan

untuk menentukan nilai S menurut (USDA NRCS, 2005) adalah sebagai berikut :

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

Dalam menentukan nilai CN juga harus memperhatikan kondisi kelembaban tanah sebelumnya atau biasa disebut *antecedent moisture conditions* (AMC). Tanah dengan kondisi jenuh air akan memberikan potensi limpasan langsung yang besar dan tanah dengan kondisi kering akan memberikan potensi limpasan langsung yang kecil.

Kondisi AMC dibagi menjadi tiga yaitu AMC I, AMC II dan AMC III. AMC I mewakili kondisi tanah kering sehingga potensi terjadi limpasan langsung kecil. Kondisi ini terjadi pada saat musim kering atau kemarau. AMC II adalah kondisi tanah normal. AMC III adalah kondisi tanah basah yang memungkinkan potensial limpasan langsung besar. Kondisi ini terjadi pada saat musim penghujan. Tabel nilai CN yang diberikan oleh SCS adalah pada kondisi normal. Untuk mencari nilai $CN(I)$ dan $CN(III)$ US *Soil Conservation Service* (SCS), membuat suatu persamaan sebagai berikut :

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (4)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (5)$$

METODOLOGI PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Debit dan Hujan

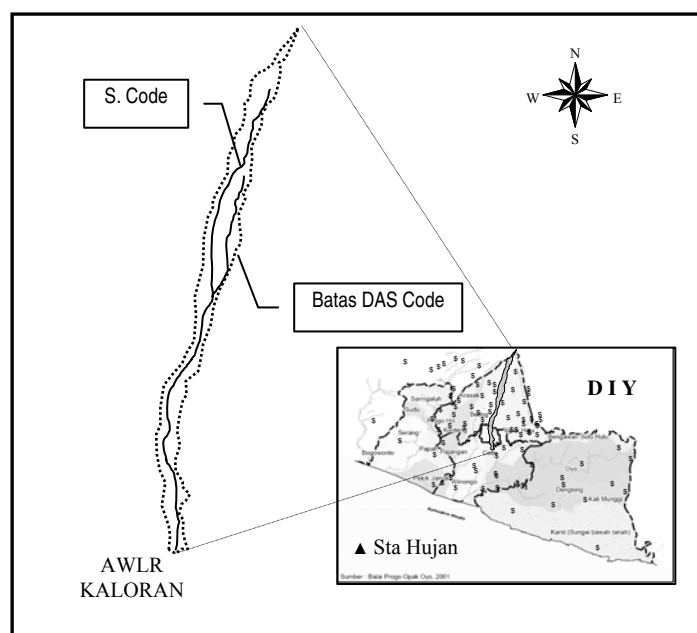
Pada penelitian ini mengambil studi kasus di DAS Code yang terletak di wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Batas hilir DAS Code berlokasi di AWLR Kaloran.

Data debit yang tersedia adalah data debit rata-rata harian tahun 1997. Komponen hidrograf aliran sungai yang berupa runtut waktu yang panjang dipisah dengan prosedur *filtering* yang umumnya digunakan untuk analisis tanggapan DAS terhadap kejadian hujan dalam waktu yang panjang (Furey *et al*, 2001). Persamaan yang dikembangkan adalah sebagai berikut :

$$q_{b,i} = (1 - \gamma)q_{b,i-1} + \gamma(c_3/c_1)(Q_{b,i-d-1} - q_{b,i-d-1}) \quad \dots(6)$$

dengan

$q_{b,i}, q_{b,i-1}$ = debit aliran dasar pada saat i dan saat $i-1$,



Gambar 1. Lokasi DAS Code

$Q_{b,i-d-1}$ = debit aliran pada saat $i-d-1$,
 $q_{b,i-d-1}$ = debit *baseflow* pada saat $i-d-1$,
 d = waktu *delay* diambil nol,
 c_1, c_3 = koefisien overland flow dan ground-water recharge,
 $I-\gamma$ = konstanta resesi.

Furey *et al* (2001), melakukan penelitian untuk menentukan parameter filter dengan menggunakan data selama pengukuran selama 9 tahun dan luas DAS 44.5 km² dan menghasilkan nilai konstanta resesi $I-\gamma$ sama dengan 0.97 dan c_3/c_1 sama dengan 1,1. Debit pengamatan dan *baseflow* (cara *filtering*) AWLR Kaloran DAS Code seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Model Distribusi dan Komposit

Perhitungan limpasan permukaan dalam penelitian ini ada dua jenis yaitu perhitungan limpasan permukaan dengan metode distribusi dan perhitungan limpasan permukaan dengan metode komposit. Model distribusi adalah perhitungan volume limpasan dengan parameter DAS yaitu *curve number*, CN dan hujan terdistribusi di seluruh DAS. Hujan terdistribusi ke seluruh DAS

berdasarkan poligon Thiessen. Sedangkan model komposit adalah perhitungan volume limpasan dengan membuat komposit nilai CN dan hujan dibuat hujan rerata DAS (hujan area). Nilai komposit dari *curve number* (CN) pada suatu DAS ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$CN = \frac{CN_i A_i + CN_{i+1} A_{i+1} + \dots + CN_n A_n}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (7)$$

dan untuk menghitung hujan rerata DAS persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (8)$$

dengan :

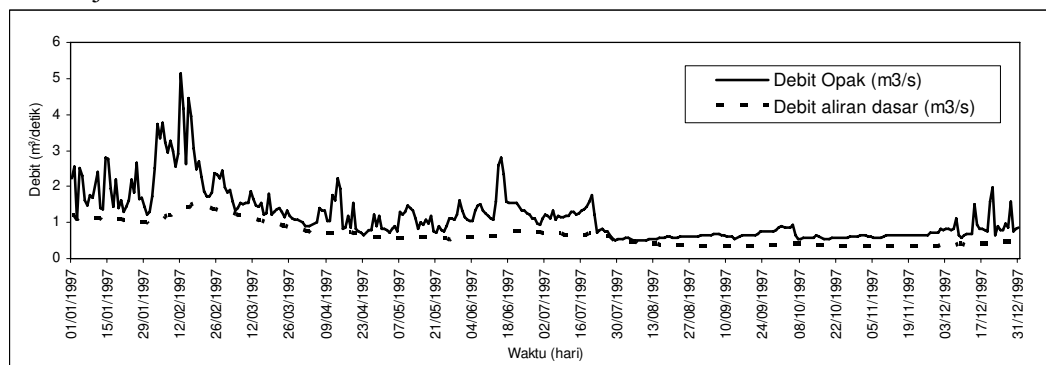
\bar{CN} : *curve number*

\bar{R} : hujan rerata DAS,

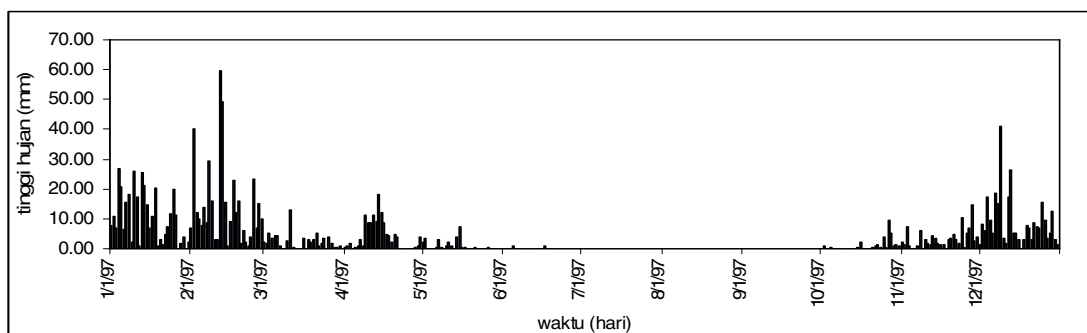
R_1, R_2, \dots, R_n : curah hujan di tiap stasiun,

A_1, A_2, \dots, A_n : luas area yang dipengaruhi oleh tiap stasiun.

Hujan area dengan cara poligon Thiessen seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Debit rerata harian dan *baseflow* AWLR Kaloran tahun 1997.



Gambar 3. Hujan area DAS Code tahun 1997.

Nilai CN

Data tekstur tanah untuk DAS Code *hydrology soil groups* dapat dikelompokkan dalam satu jenis yaitu regosol dengan tekstur pasir, kesuburan sedang, berasal dari bahan induk material volcanis (kelompok A) yaitu tanah dengan potensi total limpasan permukaan yang rendah sebab tanah kelompok ini mempunyai permeabilitas tinggi. Tabel 1 adalah nilai CN untuk tiap tipe penutupan lahan berdasar USDA TR-55 (1986).

Limpasan Langsung

Dari hasil simulasi bulan Januari diperoleh parameter rasio *inital abstraction* untuk model

distribusi adalah sebesar 0,26, sedangkan untuk model komposit diperoleh 0,06. Gambar 4 adalah grafik debit hasil simulasi model distribusi dengan model komposit yang dibandingkan dengan data pengamatan.

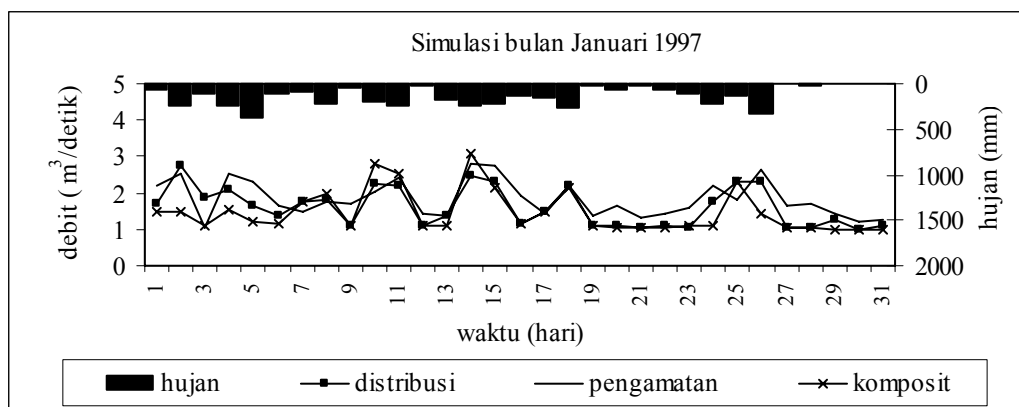
Pada model distribusi rerata kesalahan adalah sebesar 20,95 %, setelah dibuat komposit maka rerata kesalahan menjadi 26,72 % sehingga terjadi kenaikan kesalahan 5,76 %.

Kedekatan hasil simulasi dengan pengamatan dapat dilihat *ploting* data hasil simulasi model distribusi dan komposit dengan data pengamatan seperti ditunjukkan pada Gambar 5 a dan b.

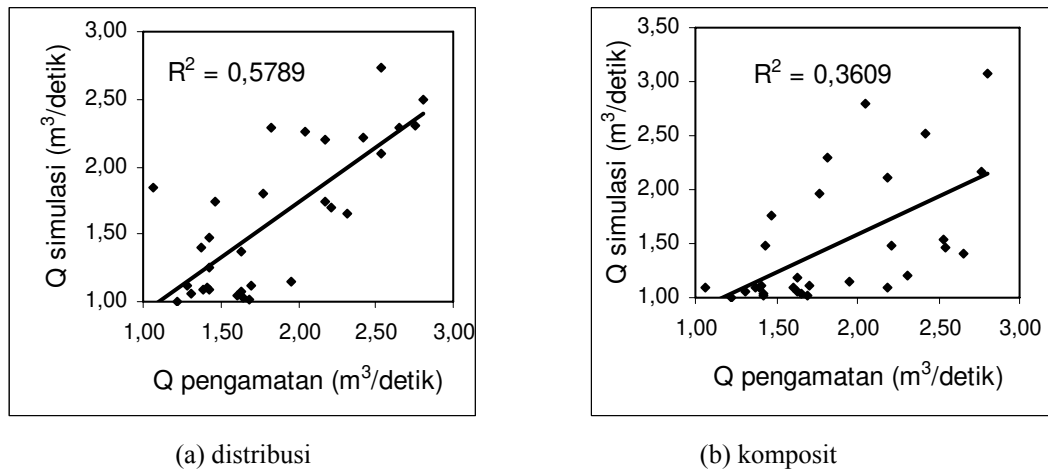
Tabel 1. Nilai CN berdasar USDA

No.	Tataguna lahan	Luas	Persentase	Faktor pembobot	CN (II)	CN (I)	CN (I) komposit	CN (III)	CN (III) komposit
		(m ²)	(%)						
1	Hutan	3960757.00	9.47	0.09	38	20	1.94	59	5.54
2	Padang rumput	1433428.19	3.43	0.03	49	29	0.98	69	2.36
3	Perkebunan	1763441.30	4.21	0.04	43	24	1.01	63	2.67
4	Permukiman	14454004.83	34.54	0.35	77	58	20.19	89	30.57
5	Sawah	17677184.88	42.24	0.42	61	40	16.75	78	33.05
6	Tanah kosong	168176.43	0.40	0.00	77	58	0.23	89	0.36
7	Tegalan	2388987.92	5.71	0.06	48	28	1.59	68	3.88
Jumlah		41845980.56	100	1			43		78

Keterangan : *CN(I)* adalah *CN* untuk musim kering, *CN(II)* adalah nilai *CN* kondisi normal (Tabel USDA) dan *CN(III)* adalah nilai *CN* untuk musim basah.



Gambar 4. Debit hasil simulasi bulan Januari.



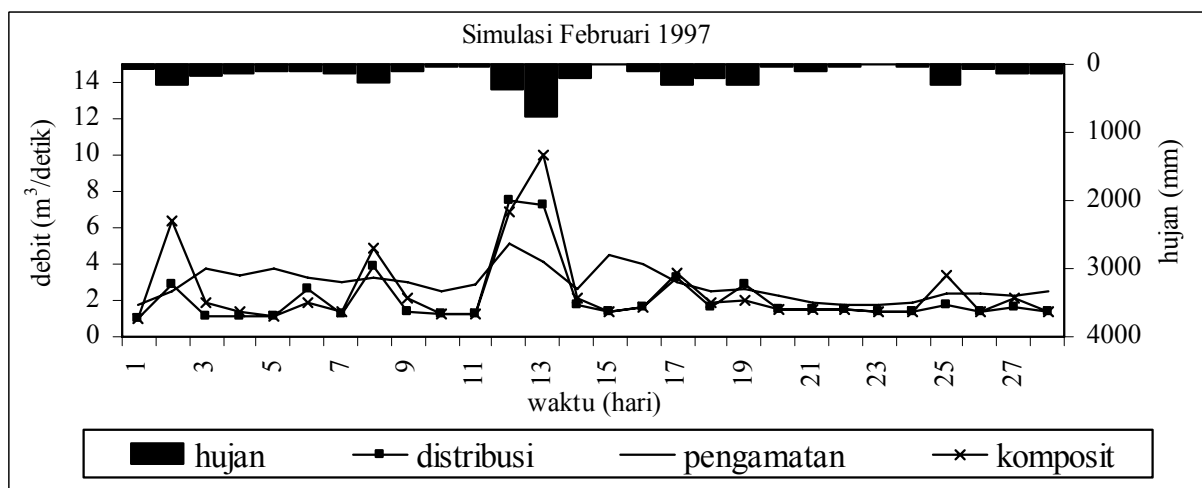
Gambar 5. Coefficient of determination simulasi bulan Januari.

Dengan melihat grafik *coefficient of determination* maka model distribusi menghasilkan keluaran yang lebih baik dibandingkan dengan model komposit dikarenakan model distribusi menghasilkan nilai R^2 yang lebih mendekati angka 1 yaitu sebesar 0,58, sedangkan setelah dibuat komposit nilai R^2 menjadi lebih kecil yaitu sebesar 0,36.

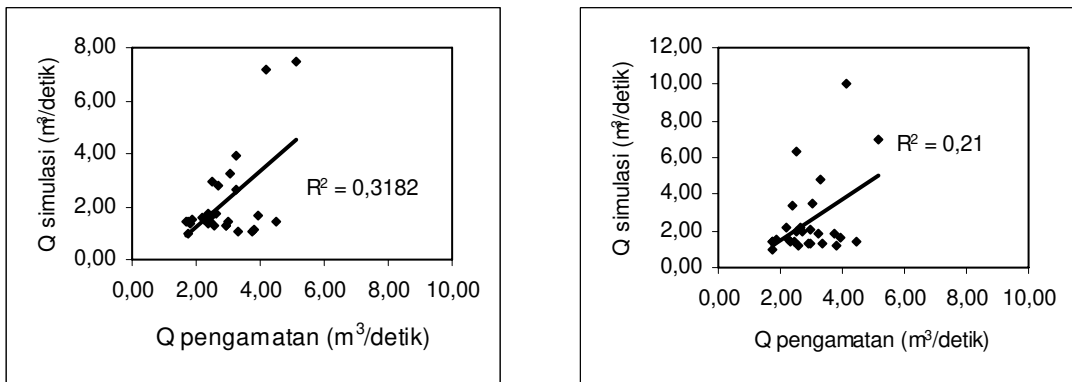
Kualitas model juga dapat dilihat dari pola atau fluktuasi debit hasil simulasi, yang biasa dinyatakan oleh indeks korelasi. Indeks korelasi ini dibuat untuk pasangan data hasil simulasi model distribusi dengan data

pengamatan dan pasangan data hasil simulasi model komposit dengan data pengamatan. Pada bulan Januari diperoleh bahwa indeks korelasi model distribusi dengan data pengamatan adalah sebesar 0,76 dan indeks korelasi model komposit dengan data pengamatan adalah sebesar 0,60. Dengan melihat indeks korelasi tersebut bisa dikatakan bahwa model distribusi lebih baik dengan model komposit.

Secara keseluruhan hasil simulasi model distribusi dan model komposit ditunjukkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8.

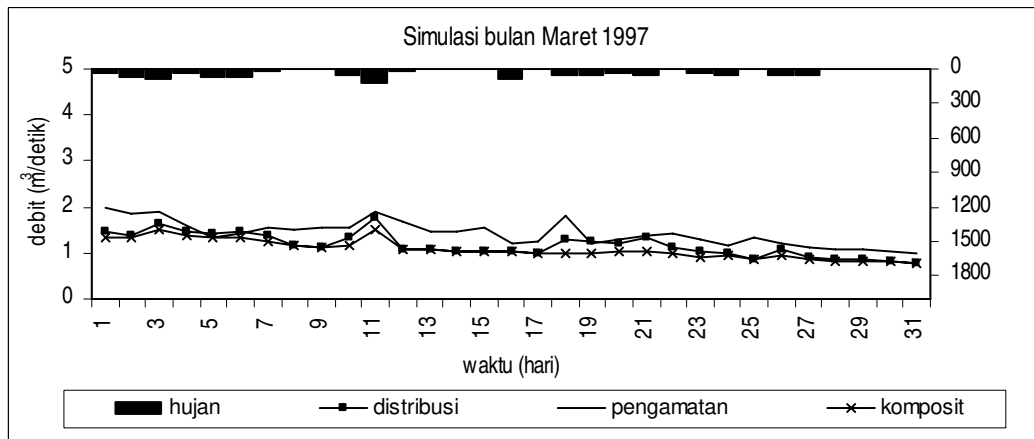


Gambar 6. Debit hasil simulasi bulan Februari.

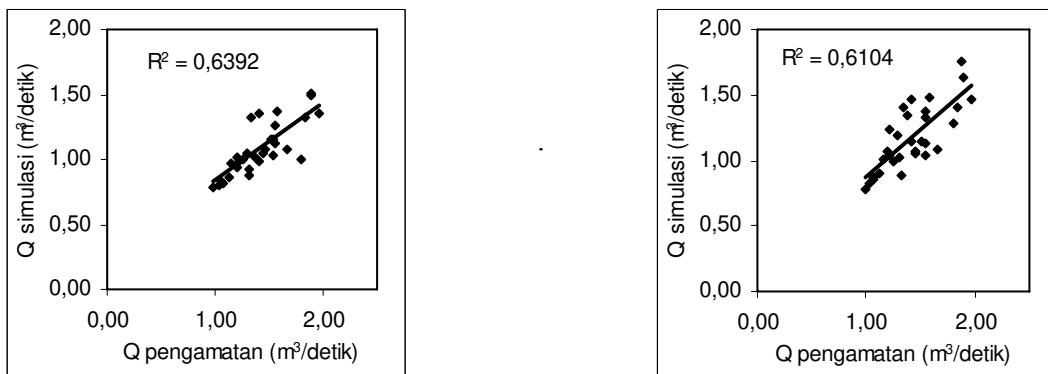


(a) distribusi (b) komposit

Gambar 7. Coefficient of determination simulasi bulan Februari.

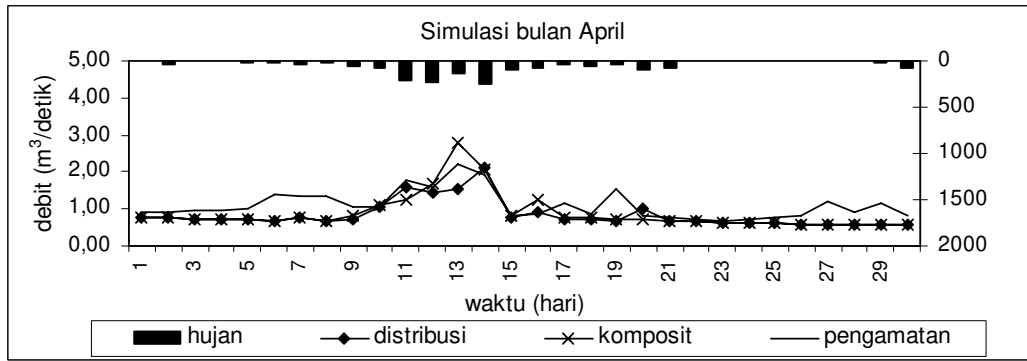


Gambar 8. Debit hasil simulasi bulan Maret.

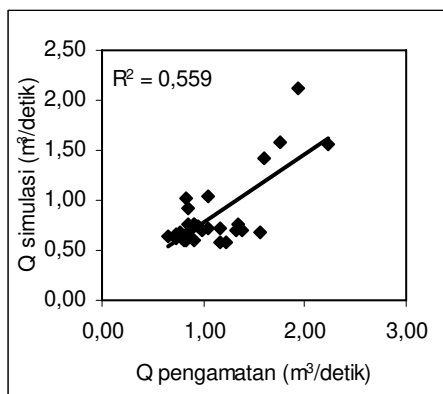


(a) distribusi (b) komposit

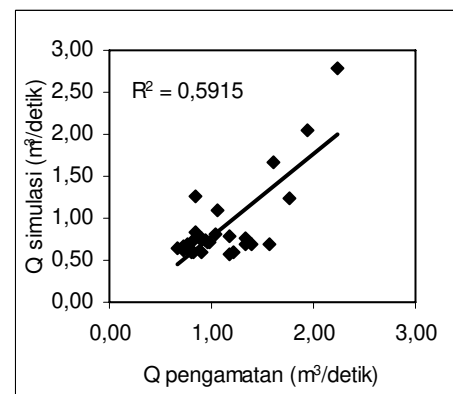
Gambar 9. Coefficient of determination simulasi bulan Maret.



Gambar 10. Debit hasil simulasi bulan April.



(a) distribusi



(b) komposit

Gambar 11. Coefficient of determination simulasi bulan April.

Tabel 2. Hasil simulasi model distribusi dan komposit

No.	Bulan	Rasio		Parameter kesesuaian					
		<i>initial abstraction, λ</i>		Rerata kesalahan		<i>Coefficient of determination, R²</i>		Faktor korelasi, σ_{xy}	
		Distribusi	Komposit	Distribusi	Komposit	Distribusi	Komposit	Distribusi	Komposit
1	Januari	0,26	0,06	20,95	26,72	0,58	0,36	0,76	0,60
2	Februari	0,60	0,07	39,16	45,61	0,32	0,21	0,56	0,46
3	Maret	0,01	0,00	17,90	23,27	0,66	0,61	0,78	0,80
4	April	0,53	0,03	24,80	25,00	0,56	0,59	0,75	0,77
Rata-rata		0,35	0,04	25,70	30,15	0,53	0,44	0,71	0,66

Rekapitulasi secara keseluruhan hasil simulasi model distribusi dan model komposit dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil simulasi secara keseluruhan diperoleh dengan membuat komposit model distribusi akan menaikkan rerata kesalahan sebesar 4,45 %, menurunkan *coefficient of determination, R²* rata-rata sebesar 0,08 dan menurunkan faktor korelasi rata-rata sebesar 0,06. Nilai rata-rata parameter rasio *initial abstraction, λ* untuk model

distribusi adalah 0,35 dan untuk model komposit adalah 0,04.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa model distribusi menghasilkan data keluaran yang lebih baik dibandingkan dengan model komposit. Hal ini disebabkan perhitungan pada model distribusi secara konseptual mendekati kondisi nyata. Nilai rasio *initial abstraction, λ* dari model distribusi cenderung lebih besar dibandingkan dengan model komposit.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari runtut waktu kejadian hujan nilai rasio abstraksi awal, λ untuk model distribusi bervariasi yaitu berkisar antara 0,01 sampai dengan 0,6. Dengan rata-rata berkisar 0,35, sedangkan untuk model komposit diperoleh nilai rasio abstraksi awal, λ bervariasi yaitu berkisar antara 0,001 sampai dengan 0,07 dengan rata-rata 0,04.
2. Model terdistribusi memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan model tidak terdistribusi, hal ini dapat dilihat dari:
 - Besarnya faktor rerata kesalahan yaitu untuk model distribusi berkisar 17,90 % sampai dengan 39,16 % dengan rata-rata adalah 25,70 %. Sedangkan untuk model komposit antara 23,27 sampai dengan 45,61 % dengan rata-rata 30,15 %.
 - Besarnya *coefficient of determination*, R^2 yaitu untuk model distribusi berkisar antara 0,32 dan 0,66 dengan rata-rata 0,53, sedangkan untuk model komposit berkisar antara 0,21 sampai dengan 0,61 dengan rata-rata 0,44.
 - Besarnya angka korelasi yaitu untuk model distribusi berkisar antara 0,56 dan 0,78 dengan rata-rata 0,71, sedangkan untuk model komposit berkisar antara 0,46 sampai dengan 0,80 dengan rata-rata 0,66.

- Dengan melihat rerata dari faktor rerata kesalahan, *coefficient of determination*, R^2 , dan angka korelasi maka model distribusi lebih baik dibandingkan dengan model komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C., 2004, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press.
- Furey PR dan Gupta VK., 2001, *A Physically Based Filter For Separating Base Flow From Streamflow Time Series*, Water Resources Research, Vol. 37, No. 11, Hal. 2709–2722, November 2001, University of Colorado, USA.
- Pandey A, Chowdary V.M., Mal B.C. dan Dabral P.P., 2003, *Estimation of runoff for agricultural watershed using SCS Curve Number and Geographic Information System*, MAP India Conference, Department of Agricultural Engineering India.
- Smadi M., 1998, *Incorporating Spatial and Temporal Variation of Watershed Response in a Gis-Based Hydrologic Model*, Tesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- United States Department of Agriculture, 1986, *Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55*, Washington.
- USDA NRCS, 2005, *National Engineering Handbook Section 4: Hydrology*, Washington, DC, U.S.A.