

KARAKTERISTIK DEBIT BANJIR PADA DAS KECIL, KASUS DI DAS SEMPOR, SLEMAN

Baina Afkri¹, M. Pramono Hadi², Slamet Suprayogi²

¹Program Pasca Sarjana Ilmu Geografi UGM, Universitas Papua; Manokwari

²Universitas Gadjah Mada; Yogyakarta

E-mail: Bafkri@gmail.com

ABSTRAK

Karakteristik banjir suatu sistem sungai dapat digunakan untuk mengetahui risiko terjadinya banjir bandang. Karakteristik banjir tergantung beberapa faktor internal dan eksternal. Internal meliputi karakteristik DAS, sistem bangunan air dan penggunaan lahan. Sedangkan faktor eksternal adalah karakteristik hujan, yang mana data ini mempunyai ketidakpastian yang tinggi. Karakteristik debit banjir dapat diidentifikasi melalui hidrograf aliran pada keluaran DAS. Tujuan tulisan ini adalah (1) membangun sangkutan hubungan debit-kedalaman berdasarkan pengukuran kedalaman aliran kontinyu guna simulasi hidrograf aliran pada tiap kejadian banjir; (2) mengkaji karakteristik banjir melalui hidrograf aliran yang dibangun. Kajian dilakukan pada sebuah alur aliran di hulu DAS Sempor, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta, dengan luas wilayah sistem sungai kajian $\pm 1.5 \text{ km}^2$. Kedalaman aliran runtun waktu (interval 5 menitan) diperoleh dari rekaman dua alat pencacah level air otomatis (hulu dan hilir) berjarak $\pm 6.7 \text{ m}$. Debit alir dihitung menggunakan metode kemiringan-luasan kontinyu. Sangkutan logaritmik diterapkan untuk memperoleh hubungan debit-kedalaman. Karakteristik banjir dikaji berdasarkan pola hidrograf aliran dan pola histogram curah hujan. Hubungan debit-kedalaman pada alur kajian berdasarkan 6 kejadian banjir terukur adalah $5.086xH^{1.436}$ dan $5.88xH^{1.86}$ untuk sekmen hilir dan hulu secara berurut. Pola hidrograf aliran cenderung mengikuti pola histogram curah hujan, di mana perubahan-perubahan intensitas curah hujan dalam sebuah kejadian memberikan beberapa debit puncak dengan waktu menuju puncak yang bervariasi. Diperoleh pula bahwa dengan intensitas curah hujan yang hampir sama, puncak banjir tercapai lebih cepat pada durasi hujan singkat, namun debit puncaknya lebih kecil serta kurva pemulihan pun lebih cepat. Disimpulkan bahwa, (1) sangkutan debit-kedalaman yang dihasilkan dapat diterapkan untuk menyimulasikan hidrograf aliran untuk pengukuran kontinyu tunggal baik di hilir maupun hulu pada lokasi yang sama dengan asumsi geometri sekmen alur tidak berubah secara signifikan, (2) karakteristik debit banjir pada wilayah kajian mengikuti pola curah hujan dengan tanggapan yang berbeda terkait intensitas curah dan durasi hujan.

Kata kunci: debit-kedalaman, kemiringan-luasan, banjir, kontinyu, hidrograf, curah hujan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Karakteristik banjir suatu sistem sungai dapat digunakan untuk mengetahui risiko terjadinya banjir bandang. Karakteristik banjir tergantung beberapa faktor internal dan eksternal. Internal meliputi karakteristik DAS, sistem bangunan air

dan penggunaan lahan. Sedangkan faktor eksternal adalah karakteristik hujan, yang mana data ini mempunyai ketidakpastian yang tinggi. Pemahaman yang baik dan menyeluruh terkait faktor-faktor yang memengaruhi karakteristik banjir tersebut merupakan kunci utama dalam pengelolaan daerah aliran sungai secara menyeluruh, maupun pada bagian-bagian dari sistem sungainya.

Debit alir sungai merupakan sebuah besaran fisis yang menggambarkan seberapa banyak air yang mengalir dalam tiap satuan waktu melalui sebuah penampang melintang alur sungai tersebut. Perhitungan debit alir yang sering diterapkan adalah dengan menggunakan metode kemiringan-luasan (*slope-area method*) melalui penerapan rumus Manning (Darlymple and Benson, 1967). Metode ini dikenal sebagai “metode tidak langsung” yang menyandarkan penentuan debit alir pada pengetahuan luas, radius hidrolis, kemiringan serta sebuah koefisien kekasaran dasar alur. Namun demikian, metode ini masih terkendala pada sifatnya yang sesaat serta pada kondisi ekstrim aliran.

Perluasan dari metode kemiringan luasan adalah metode kemiringan luasan kontinyu melalui pemasangan alat transduser tekanan (*pressure transducers*) atau pencacah level air otomatis (*automatic water level reading – AWLR*) yang dapat merekam level atau kedalaman air pada tiap penampang melintang secara kontinyu sehingga debit puncak sebuah kejadian banjir penuh dapat dihitung (Smith et al, 2010). Penggunaan *AWLR* memungkinkan diperolehnya data kedalaman serta turunannya pada geometri penampang melintang secara kontinyu. Metode ini merupakan metode inovatif dalam perhitungan debit dan pembentukan hidrograf penuh dari kejadian-kejadian banjir ketika pengukuran-pengukuran langsung tidak aman, tidak praktis atau tidak memungkinkan untuk dilakukan (Steward et al, 2012).

Ketika debit dari data-data pengukuran kedalaman aliran pada lokasi pengamatan diperoleh, maka kurva rating yang menghubungkan kedalaman dengan debit dapat dibangun untuk lokasi pengamatan tersebut. Melalui sangkutan kurva rating, debit alir pada lokasi pengamatan dapat ditentukan hanya dengan menggunakan data kedalaman aliran pada lokasi tersebut. Semakin banyak data pengukuran untuk membentuk kurva rating, semakin akurat konversi kedalaman terhadap debit alir. Dengan menerapkan metode kemiringan luasan kontinyu memungkinkan diperolehnya data-data kedalaman aliran dalam jumlah banyak, bergantung pada pengaturan waktu perekaman pada *AWLR*. Semakin sempit waktu perekaman, maka semakin banyak data yang diperoleh.

Karakteristik banjir dalam sebuah sistem sungai dari kejadian-kejadian hujan dapat dianalisa melalui hidrograf aliran atau hidrograf banjirnya. Semakin banyak data terukur dengan interval waktu pengukuran yang lebih pendek dalam keseluruhan durasi kejadian sebuah banjir akan memberikan informasi yang lebih rinci terkait karakteristik banjir tersebut, seperti debit puncak, waktu menuju puncak, sifat pemulihannya serta keterkaitan pola aliran dengan pola curah hujan.

Tujuan tulisan ini adalah (1) membangun sangkutan hubungan debit-kedalaman berdasarkan pengukuran kedalaman aliran kontinyu untuk simulasi hidrograf

aliran pada tiap kejadian banjir; (2) mengkaji karakteristik banjir melalui hidrograf aliran yang dibangun. Kajian dilakukan pada sebuah alur aliran di hulu DAS Sempor, Kab. Sleman, Daerah Istimewah Yogyakarta.

Dasar Metode Kemiringan-Luasan Menggunakan Rumus Manning

Rumus Manning untuk menghitung debit pada metode kemiringan-luasan disajikan sebagai,

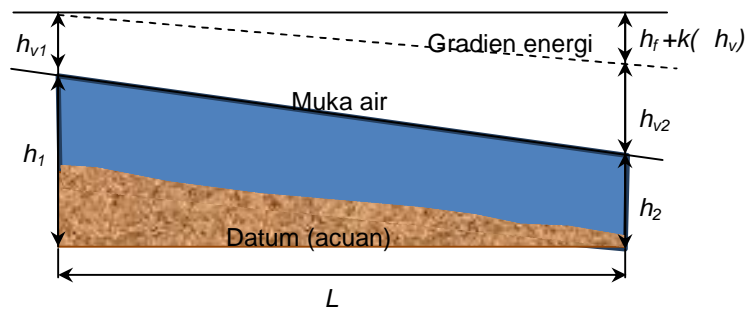
$$Q = \frac{1}{n} AR^2 S^{1/2} \tag{1}$$

dengan Q = debit alir (m^3/s), A = luas penampang melintang (m^2), R = radius hidrolis (m), S = kemiringan gesekan (m/m) dan n = koefisien kekasaran dasar aliran.

Rumus Manning dibangun dari kondisi aliran seragam di mana profil muka air dan gradien energi sejajar dengan dasar aliran serta luas, radius hidrolis dan kedalaman bersifat tetap pada keseluruhan bagian alur (Darlymple and Benson, 1967). Lebih lanjut (Darlymple and Benson, 1967) mengusulkan modifikasi gradien energi, sebagai konsekuensi dari ketidakseragaman alur yang selalu ada di alam, sehingga kehilangan pada Rumus Manning tetap hanya diakibatkan oleh gesekan muka. Persamaan energi pada alur takseragam antara bagian 1 (hulu) dan 2 (hilir) (Gambar 1) diberikan sebagai

$$(h + h_v)_1 = (h + h_v)_2 + (h_f)_{1,2} + k(\Delta h_v)_{1,2} \tag{2}$$

dengan h = elevasi muka air (m), h_v = tinggi kecepatan tiap bagian (m), h_f = kehilangan energi akibat gesekan muka air (m), Δh_v = beda tinggi kecepatan antara bagian hulu dengan bagian hilir (m), $k(\Delta h_v)$ = kehilangan energi akibat percepatan atau perlambatan ketika terjadi penyusutan atau pelebaran alur (m) dan k = koefisien pengali.



Gambar 1. Sketsa batasan kehilangan energy pada metode kemiringan luasan (diadopsi dari Darlymple and Benson, 1967)

Gesekan kemiringan dalam Rumus Manning selanjutnya didefinisikan sebagai,

$$S = h_f/L = (\Delta h + \Delta h_v - k(\Delta h_v))/L \tag{3}$$

dengan Δh = beda level air antara ke dua bagian dan L = panjang alur ke dua bagian.

Tinggi kecepatan (h_v) pada tiap bagian alur didefinisikan sebagai,

$$h_v = (\alpha v^2)/2g \tag{4}$$

dengan v = kecepatan rata-rata pada tiap bagian (m/s), α = koefisien tinggi kecepatan dan g = percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m}^2/\text{det}$).

Persamaan (1) dapat disajikan dalam bentuk,

$$Q = KS^{1/2} \quad (5)$$

dengan

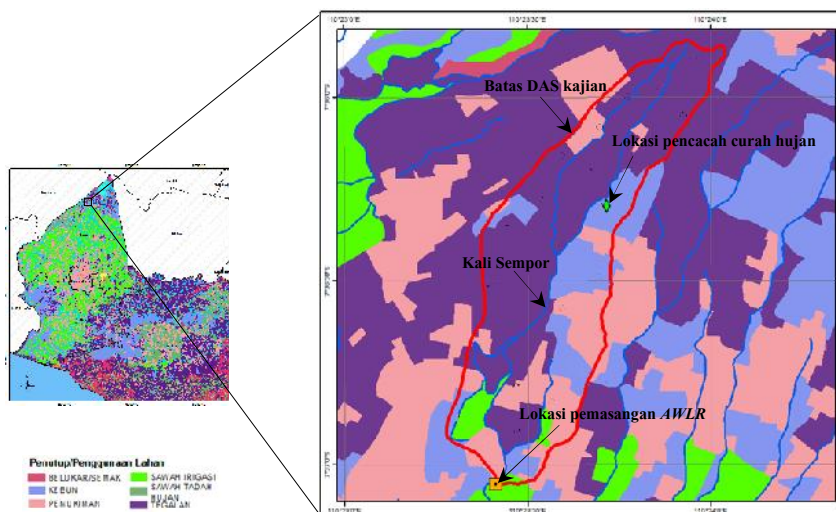
$$K = (1/n)AR^{2/3} \quad (6)$$

yang didefinisikan sebagai kapasitas pembawaan (conveyance) pada bagian alur.

METODE

Lokasi Kajian dan Pemasangan Alat

Kajian hubungan kedalaman dengan debit alir dilakukan pada bagian alur di hulu DAS Sempor yang terletak di lereng barat daya dari Gunung Merapi, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia, dengan luas sistem sungai kajian $\pm 1,5 \text{ km}^2$ (Gambar 2). Lokasi pemasangan alat pencacah level air otomatis (AWLR) adalah di bawah Jembatan Sempor yaitu pada koordinat geografis $7^\circ 37.054'S$ dan $110^\circ 23.413'E$ dan ketinggian 612 m dpl. Pencacah curah hujan otomatis dipasang pada koordinat $7^\circ 36.297'S$ dan $110^\circ 23.717'E$ di hulu dari lokasi pemasangan AWLR.



Gambar 2. Peta lokasi sistem sungai kajian

Pemilihan alur yang sesuai merupakan pertimbangan utama sehingga metode kemiringan-luasan dapat diterapkan. Benson and Darlymp (1967) mengusulkan kriteria pemilihan sekmen alur guna penerapan metode kemiringan-luasan: (1) panjang sekmen alur paling tidak 75 kali kedalaman rata-rata alur, (2) beda level antar titik pengamatan hulu dan hilir harus sama atau lebih besar dari tinggi kecepatan (*velocity head*) dan (2) beda level sama atau lebih besar dari 15 cm. Selain dari kondisi-kondisi tersebut, tidak adanya kecenderungan penggerusan dan penimbunan material serta hambatan-hambatan aliran dalam alur dapat meminimalkan ketidakpastian dalam perhitungan debit alir (ISO 1070, 1992).

Namun demikian jika kondisi-kondisi tersebut tidak atau susah ditemukan maka penilaian keteknikan peneliti menjadi dasar dalam identifikasi lokasi yang layak, tentunya dengan pertimbangan-pertimbangan potensi-potensi ketidakpastian (Lee et al, 2016).

Sebagai sistem sungai yang terletak pada lereng gunung, alur lurus dan cukup panjang untuk memenuhi kriteria alur ideal guna penerapan metode kemiringan-luasan susah ditemui. Penggal alur di bawah jembatan sempor dipilih sebagai lokasi yang cukup ideal. Tepian kiri dan kanan alur telah dicor sehingga memungkinkan tidak terjadinya erosi tepi. Meskipun dasar alur tetap pada kondisi alamiahnya, namun perubahan-perubahannya akibat kejadian banjir dapat diabaikan karena material dasarnya berupa batuan gunung api yang cukup tegar. 2 (dua) *AWLR* dipasang masing-masing di bagian hulu dan hilir penggal alur yang dipilih terpisah sejauh 6,7 m (Gambar 3). Tiap *AWLR* digantung dalam pipa logam anti karat pelindung yang ditancapkan di tepi alur. Pipa pelindung dilubangi dari bagian bawah hingga atas sehingga air dapat masuk dan terbaca oleh *AWLR*. Untuk menghindari hanyutnya pipa pelindung serta *AWLR*nya, pipa dicor pada bagian bawah dan atasnya.



Gambar 3. Lokasi pemasangan *AWLR* di bawah Jembatan Sempor

Pencacahan level air diatur pada selang waktu 5 menitan sehingga kesalahan interpolasi dan ekstrapolasi data kedalaman aliran yang juga debit dapat diminimalkan. Kedalaman referensi yang digunakan dalam proses pengolahan rekaman level air dari *AWLR* adalah kedalaman awal yang diukur saat pemasangan. Dengan demikian cacahan terekam merupakan data kedalaman aliran (tutupan air) sesungguhnya.

Perhitungan Debit Alir dan Pembentukan Hidrograf Aliran

Debit alir air yang melewati penampang melintang tiap bagian penggal alur dihitung dengan menggunakan rumus Manning (persamaan 1 atau 5). Sebelum menerapkan Rumus Manning terlebih dahulu diukur geometri penampang melintangnya. Lebar muka air dibagi dalam bagian-bagian kecil dengan jarak yang sama (0,2 m) dengan penyesuaian pada bagian tepi. Kedalaman tiap bagian lebar diukur dengan tiang meter. Ketinggian acuan ditentukan 1,35 m dari

dasar alur *AWLR* hilir yang sejajar dengan ketinggian 1,36 m dari dasar alur *AWLR* hulu. Luas total tutupan air penampang melintang dihitung sebagai jumlahan luasan terhitung tutupan air masing-masing bagian lebar. Beda tinggi muka air antara bagian hulu dan hilir dihitung berdasarkan level muka air tersesuaikan mengacu pada ketinggian acuan. Dengan demikian, kemiringan sebagai perbandingan antara beda tinggi (bukan beda kedalaman) dengan jarak antar penampang melintang. Pengukuran geometri penampang melintang dilakukan pada saat pemasangan *AWLR*.

Untuk kasus dua bagian dari penggal alur yang dipilih (hulu dan hilir), debit alir dihitung dengan,

$$Q = K_p^{1/2} S^{1/2} \quad (6)$$

dengan K_p adalah kapasitas pembawaan penggal alur sebagai rata-rata kapasitas pembawa geometris hulu dan hilir (Ponce, 1989) yang dituliskan sebagai,

$$K_p = K_u K_r^{1/2} \quad (7)$$

dengan K_u dan K_r masing-masing secara berurut adalah kapasitas pembawaan hulu dan hilir dan didefinisikan seperti pada persamaan (6).

Koreksi dilakukan pada pengaruh kemiringan energi melalui iterasi hingga diperoleh perubahan debit puncak antar dua iterasi berurut cukup kecil (Ponce, 1989, pp. 113). Dalam penelitian ini iterasi dihentikan setelah kurva aliran cukup stabil untuk dua iterasi berurut.

Iterasi pada kemiringan energy dilakukan menggunakan Persamaan (3) yang dapat dituliskan kembali sebagai (Ponce, 1989),

$$S_i = (\Delta S + k(v_{vu} - v_{vr}))/L \quad (8)$$

dengan S_i = kemiringan energi teriterasi (terbaharui), v_{vu} dan v_{vr} = tinggi kecepatan hulu dan hilir, k = koefisien kehilangan yang bernilai 1 untuk $A_u > A_r$ dan 0,5 untuk $A_r > A_u$.

Tinggi kecepatan masing-masing di hulu dan hilir dihitung menggunakan persamaan (4) yang dituliskan dalam bentuk lain sebagai,

$$v = \alpha Q_i / A^2 / 2g \quad (9)$$

dengan α_u dan α_r masing-masing adalah koefisien tinggi kecepatan hulu dan hilir, yang dihitung untuk tiap bagian dengan (Darlymple and Benson, 1967),

$$\alpha = \sum K_m^3 / A_m^2 / K_T^3 / A_T^2 \quad (10)$$

Dengan demikian nilai debit terbaru dihitung sebagai,

$$Q = K_p^{1/2} S_i^{1/2} \quad (11)$$

dengan indeks m sebagai simbol sekmen-sekmen pada penampang melintang dan indeks T sebagai simbol total.

Hidrograf aliran dihasilkan melalui prosedur di atas untuk 6 (enam) kejadian banjir. Rumus Manning melibatkan parameter koefisien kekasaran dasar alur (n). Dalam penelitian ini, nilai n ditentukan mengacu dari Chow (1959, pp.112) seperti disajikan dalam Tabel 1. Penggal alur kajian relatif lurus dengan material dasar pasir dan berbatu, sehingga dipilih $n = 0.0325$.

Tabel 1. Koefisien kekasaran Manning, *n*, untuk berbagai kondisi alur alami (Chow 1959)

No.	Deksripsi alur pada lebar alur utama < 30.5 m	Nilai <i>n</i>		
		Min	Normal	Maks
1.	Bersih, lurus, terisi penuh, tidak terjadi pusran dan tidak ada kolam-kolam dalam	0.025	0.030	0.033
2.	Sama seperti no.1 namun lebih berbatu dan berumput	0.030	0.035	0.040
3.	Bersih, bergelombang, terdapat kolam dan kawanan ikan	0.033	0.040	0.045
4.	Sama seperti no. 3 namun berumput dan berbatu	0.035	0.045	0.050
5.	Sama seperti no.4, tingkatan lebih rendah, kemiringan bagian-bagiannya tidak sama	0.040	0.048	0.055
6.	Sama seperti no.4 namun lebih berbatu	0.045	0.050	0.060
7.	Bersalur, berumput dan berkolam dalam	0.050	0.070	0.080
8.	Berumput banyak, bersalur banyak, berkolam dalam banyak, atau jalur air yang ditumbuhi pohon dan semak	0.075	0.1	0.15

Hubungan Debit-Kedalaman

Hubungan debit-kedalaman atau kurva rating dibangun melalui sangkutan berpangkat yang disajikan sebagai,

$$Q = cH^a \tag{12}$$

dengan Q = debit rata-rata terhitung hasil iterasi, H = kedalaman terukur, c dan a adalah koefisien kesetaraan. Nilai c dan a diperoleh melalui sangkutan,

$$\text{Log } Q = a \text{ Log } H + \text{Log } c \tag{13}$$

Persamaan (13) adalah sangkutan regresi linier dalam bentuk logaritmik di mana nilai *c* dan *a* untuk masing-masing bagian (hulu dan hilir) diperoleh dari analisa statistik kelompok data kedalaman dan debit alir kontinyu dari kejadian-kejadian banjir yang ada.

Sangkutan hubungan debit-kedalaman yang diperoleh selanjutnya diuji kembali pada masing-masing kedalaman untuk melihat kecocokan hidrograf rata-rata terhitung dengan hidrograf pada tiap bagian (hulu dan hilir) yang dihasilkan. Kecocokan hidrograf dianalisa secara visual serta dengan menggunakan kriteria efisiensi Nash-Sutcliffe (NSE),

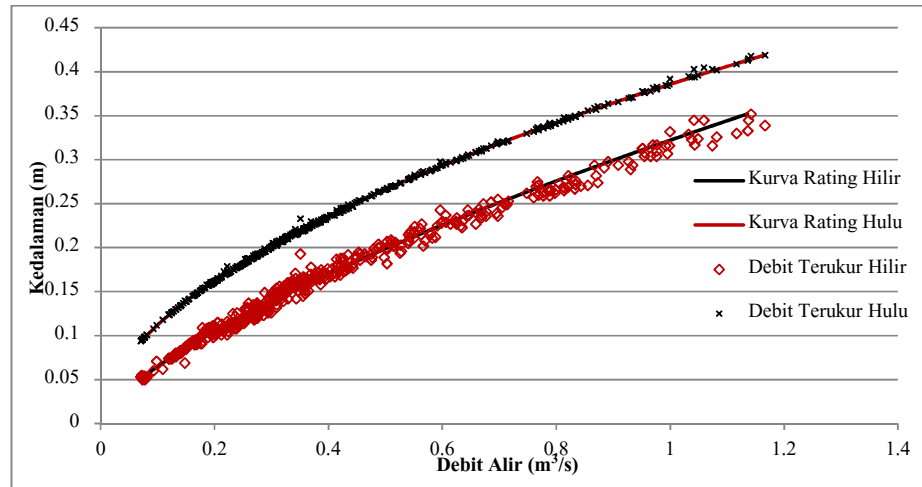
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,t} - Q_{a,t})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{s,t} - \bar{Q}_{a,t})^2} \tag{14}$$

dengan Q_s = debit simulasi, Q_a = debit teramati (terukur) dan \bar{Q}_a = rata-rata debit teramati.

HASIL

Hubungan Debit-Kedalaman dan Hidrograf Aliran

Kurva hubungan debit-kedalaman atau kurva rating pada penggal alur kajian dihasilkan dari data aliran 6 kejadian banjir yang terjadi pada 13 Nopember hingga dan 6 Desember 2016 (474 data) seperti disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva rating pada penggal alur kajian dari 6 kejadian banjir (13 Nop – 30 Des 2016)

Debit alir yang digunakan untuk membentuk kurva rating adalah debit alir hasil iterasi. Sangkutan hubungan debit-kedalaman yang diperoleh dengan penerapan persamaan (12) adalah

$$Q = 5,88 x H^{1.86} \tag{15}$$

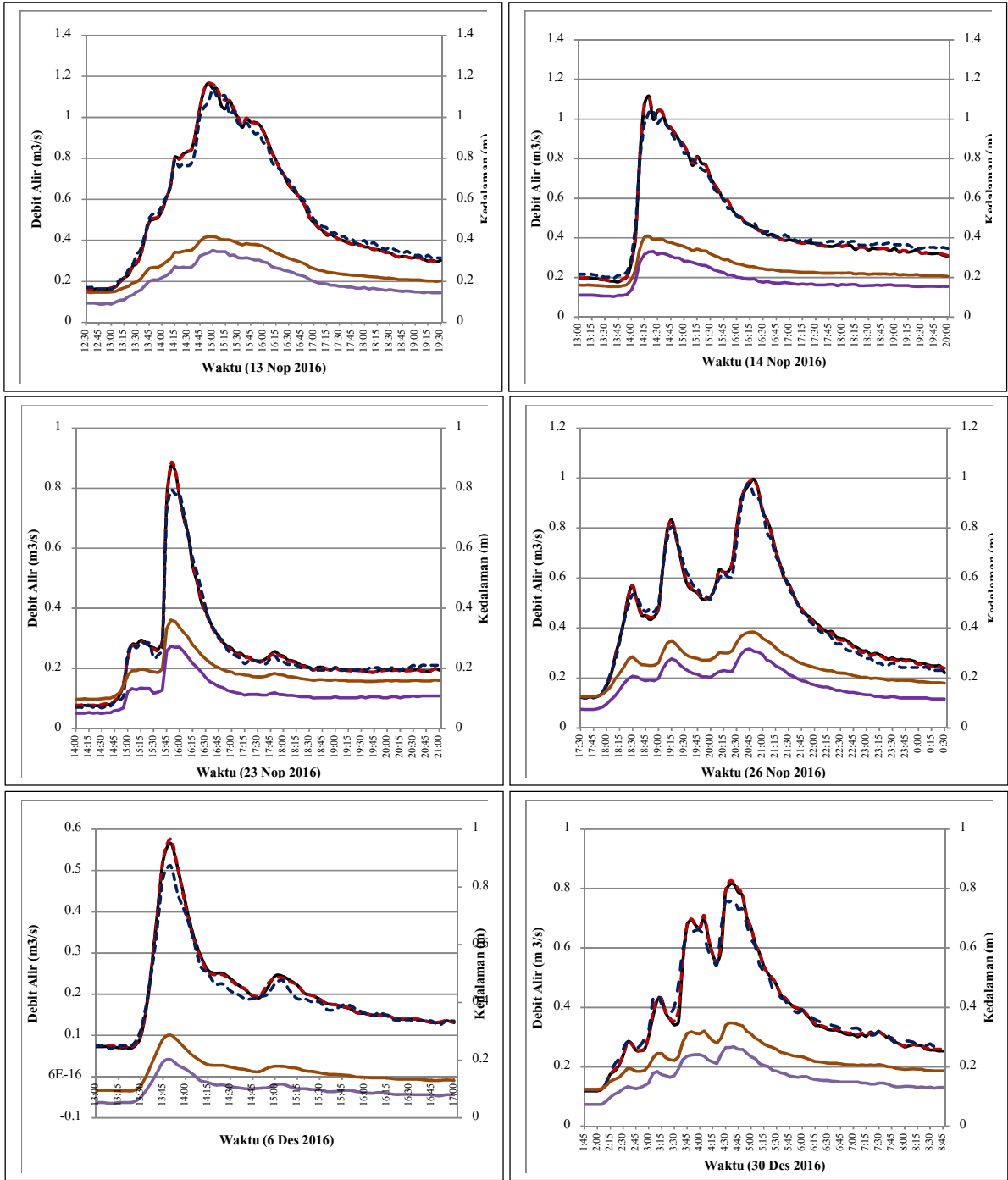
untuk bagian hulu dengan koefisien regresi $r^2 = 0.9995$, dan

$$. Q = 5,086 x H^{1.436} \tag{16}$$

untuk bagian hilir dengan koefisien regresi $r^2 = 0.9892$.

Dari Gambar 4 diperoleh bahwa data-data debit-kedalaman pada bagian hulu tersebar lebih dekat pada garis kurva ratingnya dibandingkan dengan sebaran data pada kurva rating bagian hilir. Kondisi ini juga terlihat dari koefisien regresi yang dihasilkan.

Hidrograf aliran untuk tiap kejadian disajikan pada Gambar 5. Dari Gambar 5, diperoleh bahwa kurva debit selalu mengikuti variasi pola kedalaman, yang mana perubahan kedalaman antara sekmen hulu dan hilir adalah hampir paralel. Selain itu diperoleh pula bahwa beda level (Δh) pada selang waktu yang sama untuk kurva kenaikan lebih besar dibandingkan dengan kurva pemulihannya.



Ket: — Kedalaman hilir, — Kedalaman hulu, — Hidrograf terukur, - - - Hidrograf simulasi hilir, - - - Hidrograf simulasi hulu

Gambar 5. Hidrograf aliran pada penggal alur kajian tiap kejadian banjir menggunakan metode kemiringan-luasan kontinyu.

Perhitungan kembali debit alir dengan menggunakan Persamaan (15) dan (16) menghasilkan debit simulasi yang ditunjukkan oleh kurva dengan garis putus-putus merah untuk simulasi hidrograf bagian hulu dan garis putus-putus biru

untuk hidrograf bagian hilir. Secara visual dapat dilihat bahwa sangkutan $H-Q$ yang diperoleh memberikan hidrograf yang cukup mendekati hidrograf terukur dengan kurva yang hampir berimpit. Hidrograf aliran hasil simulasi kedalaman hulu tampak lebih mendekati dan berimpit dengan pola hidrograf terukur. Uji kecocokan kurva menggunakan efisiensi Nash-Sutcliffe (Tabel 2) mendukung hasil tersebut.

Tabel 2. Efisiensi Nash-Sutcliffe tiap kejadian banjir

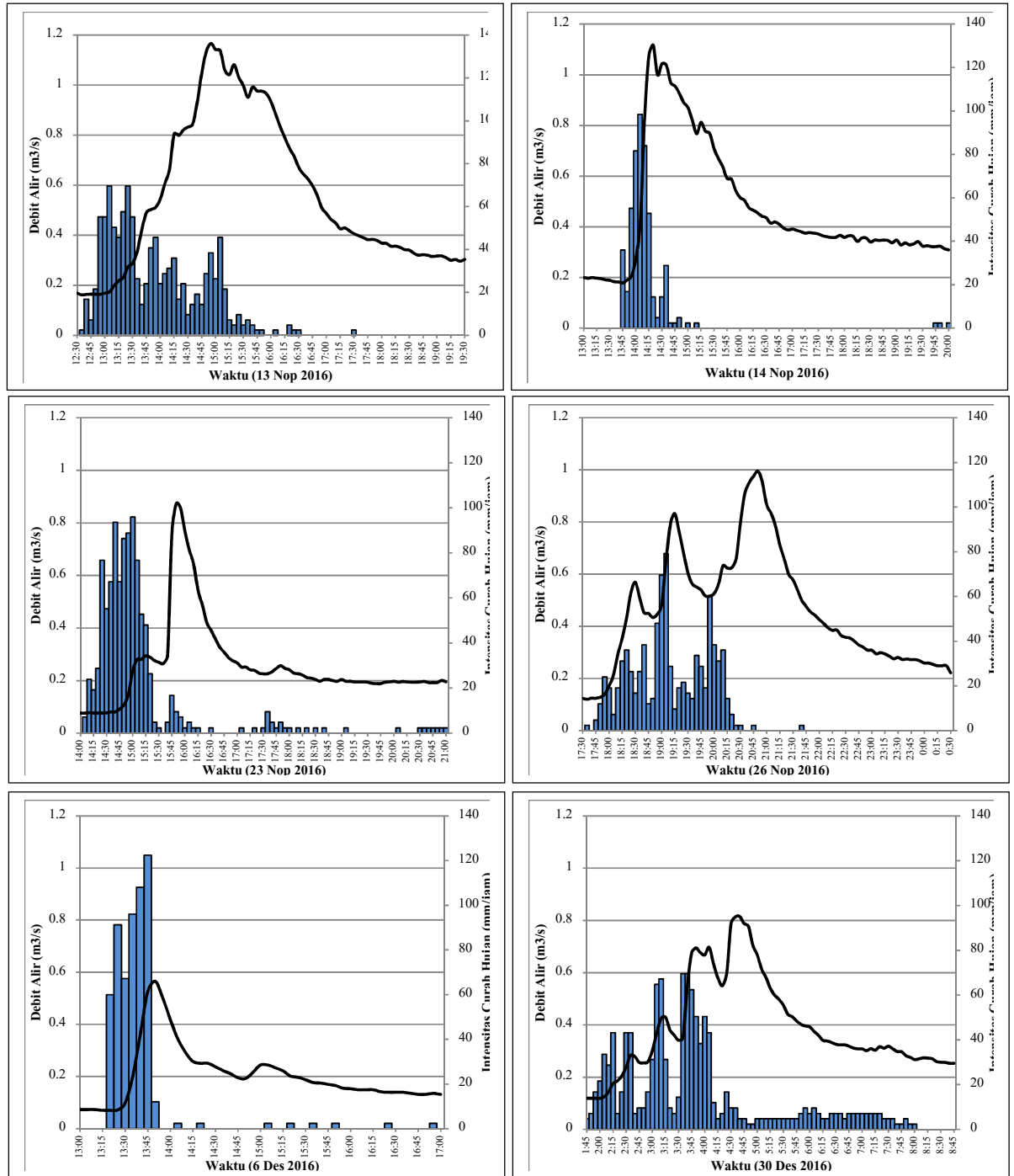
No	Kejadian Banjir	NSE	
		Sekmen hulu	Sekmen hilir
1	13 Nop 2016	0.9994	0,9878
2	14 Nop 2016	0.9996	0,9851
3	23 Nop 2016	0.9995	0,9868
4	26 Nop 2016	0.9995	0,9877
5	6 Des 2017	0,9991	0,9614
6	30 Des 2016	0,9986	0,9697

Curah Hujan dan Hidrograf Aliran

Gambar 6 memperlihatkan pola curah hujan dalam sajian histogram dan pola aliran dalam sajian hidrograf pada wilayah kajian untuk 6 kejadian banjir terukur. Intensitas curah hujan dalam histogram tersebut merupakan intensitas rata-rata pada interval waktu lima menitan yang disesuaikan dengan interval waktu perekaman kedalaman aliran. Terdapat dua tren pola curah hujan di wilayah kajian yang diperoleh dari 6 kejadian hujan tersebut:

- (1) Hujan yang terjadi dalam durasi singkat dengan intensitas tinggi, seperti kejadian hujan pada 14 Nopember dan 6 Desember.
- (2) Hujan yang terjadi dalam durasi lama dengan intensitas tidak terlalu tinggi namun bervariasi dalam durasi kejadian hujan tersebut, seperti pada kejadian (13, 23 dan 26) Nopember dan 30 Desember.

Terlihat bahwa pola aliran sangat dipengaruhi oleh pola curah hujan yang terjadi. Hujan yang terjadi dalam waktu singkat dan intensitas tinggi menghasilkan hidrograf aliran sederhana dengan satu debit puncak. Sebaliknya hujan dalam waktu lama dengan intensitas tidak terlalu tinggi dan bervariasi dalam durasi tiap kejadiannya menghasilkan hidrograf yang kompleks dengan adanya beberapa puncak.



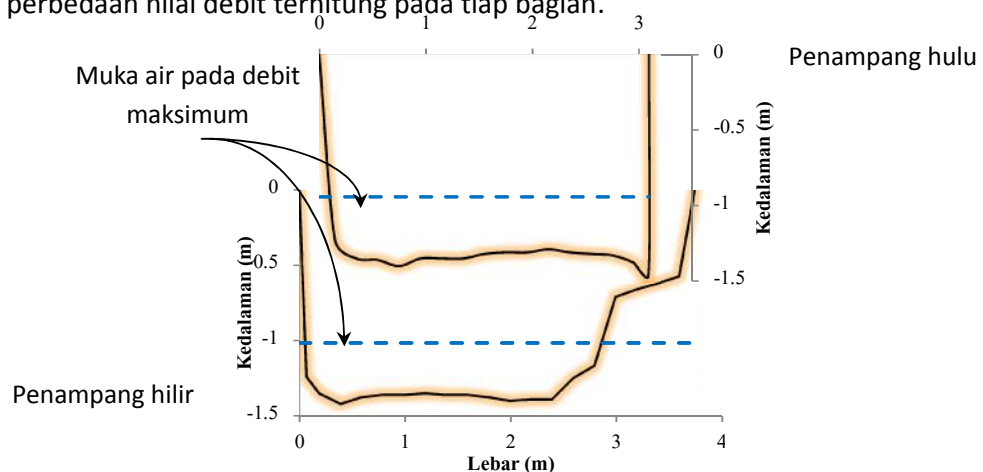
Gambar 6. Histogram curah hujan dan hidrograf aliran untuk 6 kejadian banjir di wilayah kajian.

PEMBAHASAN

Hubungan Debit-Kedalaman

Kurva yang menyajikan hubungan debit-kedalaman atau kurva rating pada sebuah penggal alur di bagian hulu DAS Sempor, Kab. Sleman, Yogyakarta dibangun melalui menggunakan metode kemiringan-luasan kontinu dengan Rumus Manning menunjukkan adanya perbedaan hasil simulasi antara bagian debit hulu dan hilir penggal alur tersebut. Perbedaan utama yang ada adalah bahwa sangkutan kurva rating antara kedua bagian tersebut berbeda seperti ditunjukkan pada Persamaan (15) dan (16). Kondisi ini dapat terjadi karena kedalaman aliran terukur pada bagian hulu berbeda dengan kedalaman terukur pada bagian hilir. Selain itu, luas penampang melintang tutupan air antar keduanya pun berbeda, sehingga debit terhitung yang dihasilkan berbeda. Asumsi-asumsi yang melekat pada penerapan Rumus Manning, seperti kondisi geometris penampang melintang yang dianggap tetap dapat menjadi sumber ketidakpastian pada perhitungan debit (Darlymple and Benson, 1967). Namun demikian, koreksi yang dilakukan terhadap kemiringan energi tampaknya dapat mengatasi ketidakpastian tersebut.

Lebar tutupan air pada penampang melintang hulu terlihat berubah relatif lebih teratur dibandingkan dengan yang di hilir (Gambar 7). Perbedaan tersebut merupakan ketidakaturan pada alur alami yang dapat menghasilkan efek difusi sehingga memengaruhi besarnya aliran pada tiap saat dan posisi (Chow, 1956, pp. 601). Pelebaran tutupan air pada bagian hilir menghasilkan efek difusi aliran yang memungkinkan terjadinya beda level yang tinggi yang berimplikasi pada perbedaan nilai debit terhitung pada tiap bagian.



Gambar 7. Penampang melintang bagian hulu dan hilir penggal alur kajian pada debit maksimum (kejadian banjir 13 Nopember 2016)

Karakteristik Banjir

Karakteristik banjir seperti pola aliran, debit puncak dan waktu menuju debit puncak pada sebuah keluaran sistem sungai dapat dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi karakteristik DAS, sistem

bangunan air dan penggunaan lahan. Sedangkan faktor eksternal adalah karakteristik hujan, yang mana data ini mempunyai ketidakpastian yang tinggi. Terkait karakteristik DAS dan curah hujan, Ponce (1989, pp.118) merangkum karakteristik DAS kecil yaitu dengan luas < dari 2.5 km² sebagai berikut: (1) curah hujan dapat diasumsikan seragam menurut ruang dan waktu, (2) durasi hujan biasanya melebihi waktu konsentrasi, (3) limpasan utamanya terjadi sebagai aliran permukaan dan (4) simpanan alur dapat diabaikan.

Dari gambar 6, terlihat bahwa pola hidrograf aliran yang terbentuk mengikuti pola histogram curah hujan pada semua kejadian hujan yang dianalisis. Kondisi ini dapat membawa pada kesimpulan cukup meratanya hujan yang terjadi dalam wilayah kajian. Perbedaan utama yang terjadi adalah bahwa debit puncak dan waktu menuju puncak tiap kejadian hujan berbeda-beda.

Debit puncak dan waktu menuju puncak terkait erat dengan durasi dan curah hujan tiap kejadian hujan. Analisis sederhana yang dapat dilakukan untuk melihat keterkaitan pola curah hujan dengan karakteristik banjirnya adalah dengan mengacu pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik debit banjir terkait dengan karakteristik curah hujan di wilayah kajian

Kejadian Banjir	Durasi hujan hingga debit puncak maks (jam)	Intensitas hujan rata-rata dalam durasi debit puncak maks (mm/jam)	Debit puncak maks, (jam)	Waktu menuju puncak maks (jam)
13 Nop 2016	2.167	34	1.166	2
14 Nop 2016	0.583	62.743	1.116	0.5
23 Nop 2016	1.75	45.371	0.873	1.333
26 Nop 2016	3.25	24.267	0.833	3
6 Des 2017	0.5	86	0.566	0.417
30 Des 2016	2.917	36.407	0.815	2.583

Dari Tabel 3 diperoleh bahwa hujan pada kejadian banjir 13 Nop berdurasi lebih kecil dibandingkan hujan pada 26 Nop dan 30 Des, namun menghasilkan debit puncak maksimum banjir lebih tinggi. Kondisi ini dapat terjadi karena pengaruh hujan yang terjadi sebelum kejadian-kejadian tersebut. Sebelum kejadian banjir 13 Nop, telah terjadi beberapa kali hujan yang dapat dilihat pada hasil rekaman kedalaman serta debit terhitung awalnya (Gambar 6 dan 7) yang lebih tinggi. Kejadian hujan sebelumnya menyebabkan peningkatan kelembaban tanah sehingga mengurangi kapasitas infiltrasi yang selanjutnya berakibat pada lebih cepatnya akumulasi air hujan dipermukaan tanah. Akumulasi air hujan tersebut akan mengalir pada permukaan tanah akibat kemiringan permukaan tanah. Sementara pada banjir 26 Nop. dan 30 Des., meskipun terjadi beberapa kali hujan namun curah hujan yang dihasilkan tidak begitu signifikan pada peningkatan kelembaban tanah. Kondisi ini didukung oleh rekaman kedalaman aliran awal kejadian-kejadian banjir tersebut yang rendah (Gambar 6 dan 7).

KESIMPULAN

Dari analisa aliran berbasis kejadian banjir pada daerah kajian, dapat disimpulkan bahwa, (1) sangkutan debit-kedalaman yang dihasilkan dapat diterapkan untuk menyimulasikan hidrograf aliran untuk pengukuran kontinyu tunggal baik di hilir maupun hulu pada lokasi yang sama dengan asumsi geometri sekmen alur tidak berubah secara signifikan, (2) karakteristik debit banjir pada wilayah kajian mengikuti pola curah hujan dengan tanggapan yang berbeda terkait intensitas curah dan durasi hujan.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Ristek dan Dikti atas bantuan beasiswa Program Pasca Sarjana sehingga penelitian ini dapat dilakukan. Terimakasih juga kepada pihak Universitas Gadjah Mada khususnya pihak Fakultas Geografi UGM yang telah memfasilitasi penulis dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Chow, V. T., 1959, *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, pp. 112.
- Dalrymple, T., and Benson, M.A., 1967, *Measurement of Peak Discharge by the Slope-area Method: US Geol. Survey Techniques Water-Res. Inv.*, book 3, pp. 12 (Chapter A2).
- Lee, K., Firoozfar, A. R., and Muste, M., 2016, *Technical Note: Monitoring of unsteady open channel flows using continuous slope-area method*, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, doi:10.5194/hess-2016-289.
- Smith, C.F., Cordova, J.T., Wiele, S.M., 2010, *The Continuous Slope-Area Method for Computing Event Hydrographs*, *USGS Science Investigation, Report 2010-5241*.
- ISO 1070, 1992, *Slope-Area Method*. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Ponce, V. M., 1989, *Engineering Hydrology: Principles and Practices*, Prentice Hall, p. 113-114.
- Stewart, A. M., Callegary, J. B., Smith, C. F., Gupta, H. V., Leenhouts, J. M., and Fritzing, R. A., 2012, *Use of the continuous slope-area method to estimate runoff in a network of ephemeral channels, southeast Arizona, USA*, *Journal of hydrology*, 472, 148-158.