

KARAKTERISTIK FISIK DAN KURVA DURASI ALIRAN PADA 15 DAS DI JAWA TIMUR

Physical properties and Flow Duration Curves of 15 Watersheds in East Java

Indarto, Suhardjo Widodo, Agung Priyo Subakti

Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (Lab. TPKL), Program Studi Teknik Pertanian,
Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Kampus - Tegalboto, Jember 68121
Email: indarto.ftp@unej.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi Kurva Durasi Aliran (KDA) untuk menggambarkan karakteristik hidrologi suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dan mencari pola hubungan antara karakteristik hidrologi dan karakteristik fisik DAS. Lima belas (15) DAS di wilayah Jawa Timur digunakan sebagai sampel. Input data terdiri dari: data geografis, data hujan dan data debit. Data geografis DAS, berupa layer: topografi, jaringan sungai, peruntukan lahan, dan jenis lapisan tanah diolah dan diturunkan dari layer GIS. Karakteristik fisik masing-masing DAS diturunkan dari data geografis tersebut. Data hujan harian diperoleh dari semua stasiun yang ada di dalam wilayah studi. Data debit harian diperoleh dari stasiun pengukuran yang terdapat pada *outlet* masing-masing DAS. Hujan rerata DAS dihitung untuk tiap DAS menggunakan rerata aritmatik. Data debit harian diolah menggunakan excel dan dijadikan dasar untuk membuat KDA. Karakteristik hidrologi masing-masing DAS diwakili oleh bentuk dan karakteristik KDA. Selanjutnya, tabel karakteristik fisik DAS digunakan untuk menampilkan keterkaitan antara karakteristik fisik dan hidrologi pada ke lima belas DAS tersebut. Hasil studi menunjukkan bahwa tiap DAS memiliki karakteristik fisik dan hidrologi yang spesifik. Karakteristik hidrologi tiap DAS dapat ditunjukkan oleh bentuk KDA-nya. Beberapa DAS memiliki bentuk KDA yang identik. Hal ini menunjukkan adanya kemiripan karakteristik hidrologi DAS-DAS tersebut, meskipun karakteristik fisik DAS-DAS tersebut relatif berbeda. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kemiripan (*silimarity*) karakteristik hidrologi pada beberapa DAS, berhubungan kuat dengan kemiripan karakteristik hujan yang jatuh pada DAS-DAS tersebut.

Kata kunci: Kurva durasi aliran, karakteristik fisik DAS, Jawa Timur

ABSTRACT

This research explores the Flow Duration Curve (FDC) to describe hydrological properties of the watershed and search the possible relationships between hydrological and physical properties of some watersheds. Fifteen (15) watersheds in East Java are selected for this study. Data input for the analysis includes: physical, rainfall and discharge data. Geographical data of the watershed, that comprise of: topography, river network, land use, and soil type are extracted from existing GIS layers. Then, physical properties of each watershed are derived from those layers. Daily rainfall data are collected from existing measurement stations in the region. Daily discharge data are obtained from the outlet of each watershed. Areal rainfall for each watershed is determined using simple arithmetic method. Daily discharges data are processed using excel to draw FDC for each watershed. Furthermore, classified FDC are compared to physical and meteorological properties of the watersheds. The result then presented in graphic and tables. Research shows that each watershed has different physical and hydrological characteristics. Hydrological properties of each watershed are described by the form of FDCs. Some watersheds have similar form of FDCs. This shows the similarity of hydrological properties amongst watersheds even though their physical characteristics were differences. The research also found that similarity in hydrological properties between watersheds has strong relations with similarity in rainfall properties between watersheds.

Keywords: Flow duration curve, physical characteristics, East Java

PENDAHULUAN

Pemahaman terhadap fenomena hidrologi yang terjadi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan DAS. Pada umumnya, data dan pengukuran sangat terbatas, sehingga kurang memadai untuk memahami bagaimana siklus hidrologi di dalam suatu DAS berproses. Hal ini dilakukan karena keterbatasan sumberdaya dan teknologi yang ada, sehingga tidak semua fenomena alam dapat diukur secara menyeluruh. Proses hidrologi yang kompleks di dalam suatu DAS umumnya disederhanakan dengan cara mengukur debit yang ke luar dari wilayah DAS tersebut. Fluktuasi besar - kecilnya debit atau naik turunnya tinggi-muka-air (tma) sungai digunakan sebagai indikator proses hidrologi yang terjadi di dalam DAS tersebut.

Analisis terhadap data debit menjadi hal yang sangat penting untuk dapat memahami karakteristik hidrologi suatu DAS. Salah satu cara analisa adalah dengan menggunakan metode statistik. Ada banyak metode analisis statistik yang sudah dikembangkan oleh banyak orang di berbagai belahan dunia (Mosley dan McKerchar, 1993). Salah satunya adalah melalui analisis yang dikenal sebagai Kurva Durasi Aliran (KDA) atau *Flow Duration Curve (FDC)*. Analisis statistik data debit menggunakan KDA sudah lama diperkenalkan, misalnya oleh: Searcy (1959); Vogel dan Fenessey (1994, 1995); dan Smakhtin (2001). Aplikasi KDA pada studi permasalahan hidrologi dan regionalisasi DAS juga sudah banyak diterapkan oleh banyak peneliti pada berbagai kasus, misalnya dijumpai dalam: Quimpo dkk. (1983); Mimikou dan Kaemaki (1985); Fenessy dan Vogel (1990); LeBoutillier dan Waylen (1993); Hughes dan Smakhtin (1996); Franchini dan Suppo (1996); Smakhtin dan Hughes (1997); Smakhtin dkk., (1997); Vladimir dan Friend (1997); Sing dkk. (2001); Croker dkk. (2003); Castellarin dkk. (2004). Upaya klasifikasi DAS yang dilakukan oleh beberapa peneliti pada dekade terakhir juga menggunakan karakteristik KDA sebagai kriteria (Castellarin dkk., 2004).

Mosley dan Mckerchar (1993), menjelaskan sebagai berikut: *“The Flow duration curve (FDC) plots cumulative frequency of discharge, that is, discharge as a function of the percentage of time that the discharge is exceeded. It is not a probability curve, because discharge is correlated between successive time intervals, and discharge characteristics are dependent on season of the year. Hence the probability that discharge on the particular day exceeds a specified value depends on the discharge on preceeding days an on the time of year. Flow duration curve provide a compact graphical summary of stream flow variability.”*

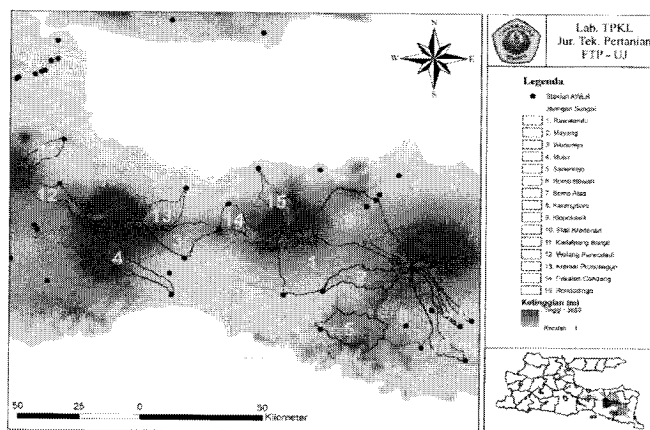
Makalah ini bertujuan untuk memaparkan perbandingan karakteristik fisik dan KDA pada 15 (lima belas) DAS di wilayah Jawa Timur. Persamaan, perbedaan, keteraturan dan

ketidakteraturan di antara DAS-DAS dapat dijadikan sebagai landasan bagi upaya klasifikasi dan regionalisasi DAS.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel limabelas (15) DAS di wilayah Jawa Timur (Gambar 1). Ke limabelas (15) DAS tersebut dipilih dengan pertimbangan ketersediaan periode rekaman data debit dan hujan harian yang sama. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi: (1) Personal Komputer, (2) Software Microsoft Excel untuk mengolah data, (3) Software ArcGIS-10 untuk membuat layout peta lokasi DAS sampel, mengolah DEM dan menentukan karakteristik fisik DAS.



Gambar 1. Lokasi ke 15 DAS sampel

Tahap Penelitian

Inventarisasi data. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup: (1) Data geografis dan (2) Data debit harian. Data geografis terdiri dari peta-peta tematik digital, mencakup: *Digital Elevation Model (DEM)*, peta peruntukan lahan, peta tanah (jenis, kedalaman, dan tekstur), lokasi stasiun hujan dan lokasi alat pengukur debit. Peta tematik tersebut diperoleh dari database GIS yang tersedia di laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (Lab. TPKL). Data DEM diperoleh dari ASTER GDEM-2 (dengan resolusi 30 x 30m). Semua layer selanjutnya dipotong (*clip*) sebatas wilayah DAS. Pengolahan data menggunakan OSS-GIS Mapwindow, ArcGIS-10, dan Excel.

Data debit harian (DH) diperoleh dari rekaman alat ukur yang terpasang pada *outlet* masing-masing DAS. Studi ini menggunakan rekaman data debit harian dari: 1 Januari 1996 sampai 31 Desember 2005. Data-data tersebut diperoleh dari DINAS PU Pengairan Provinsi Jawa Timur.

Analisis Karakteristik Fisik DAS

Karakteristik fisik DAS yang mencakup: bentuk dan luas DAS, topografi, jaringan sungai, peruntukan lahan, jenis tanah, dan hidro-geologi dihitung dengan Excel dan ArcGIS. Nomor DAS (No-DAS) ditentukan secara acak dan hanya untuk keperluan penelitian ini, sebagaimana tercantum di dalam peta (Gambar 1). Batas DAS ditentukan menggunakan peta digital, selanjutnya ditentukan luas DAS dari peta yang terbentuk. Panjang sungai utama (L) diukur langsung dari peta DEM untuk masing-masing DAS. Pengukuran dimulai dari titik outlet terus ke arah hulu, hingga berakhirnya sungai utama (pada titik pertemuan sungai utama dengan anak sungai yang terakhir). Nilai ketinggian diperoleh dari peta DEM. Bentuk-DAS secara kuantitatif diperkirakan dengan menggunakan nilai nisbah memanjang (*Elongation Ratio*) atau R_e dan Nisbah Kebulatan (*Circularity Ratio*) atau R_c .

Nilai nisbah memanjang R_e dihitung dengan rumus Mosley and McKerchar (1993), sebagai berikut:

$$R_e = (A^{0.5}/L) \dots\dots\dots (1)$$

dimana: R_e = faktor bentuk (*elongation ratio*), A: luas DAS (km²), L : panjang sungai utama (km).

Nilai nisbah kebulatan R_c dihitung dengan rumus Moesly and McKerchar (1993), sebagai berikut:

$$R_c = (4\pi A) / P^2 \dots\dots\dots (2)$$

dimana : R_c = faktor bentuk (*circularity ratio*), A: luas DAS (km²), P: keliling DAS (km).

Kerapatan Jaringan Sungai (*Drainage Density* = D_d) ditentukan berdasarkan rumus:

$$D_d = (L/A) \dots\dots\dots (3)$$

Karakteristik peruntukan lahan, jenis dan kedalaman tanah ditentukan dengan menghitung prosentase luas terhadap luas total masing-masing DAS.

Analisis statistik debit. Data DH selanjutnya diurutkan sebagai data rentang-waktu. Periode rekaman yang digunakan adalah dari: 1 Januari 1996 s/d 31 Desember 2005. Data dalam format Excel tersebut selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai statistik umum dan KDA. Nilai statistik umum mencakup : ringkasan dan distribusi (nilai tersebut dimuat dalam Tabel 2).

Nilai Ringkasan Statistik mencakup: minimum (Min), maksimum (Max), *percentile* (P10, ... P90), rerata (Mean), median (MED). Berikut penjelasan masing-masing konsep tersebut: Debit minimum (Min) menyatakan nilai debit terkecil selama periode analisis. Debit maksimum (Max) menyatakan nilai maksimum debit, selama periode analisis. *Percentile* 10% (P10), menyatakan nilai debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 10% selama periode pelaporan. Nilai P10 menunjukkan 10% teratas dari debit yang ada

dalam rentang waktu yang sedang dianalisis. *Percentile* 90% (P90), menyatakan debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 90%. Nilai P90 menunjukkan proporsi 10% terendah dari data debit yang terekam selama periode analisis. *Mean Daily Flow (MDF)* atau debit rerata harian merupakan ukuran pusat kecenderungan. $MDF = (\text{Jumlah total debit})/(\text{jumlah hari})$ dihitung sebagai nilai rerata dari semua data rekaman yang diperhitungkan dalam analisis. *Median Daily Flow (Med)* atau Median merupakan ukuran nilai tengah dari suatu seri data. *Median flow* adalah nilai tengah dari seluruh rekaman data debit. Median adalah debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 50%. Nilai median umumnya lebih rendah dari nilai MDF, karena distribusi data debit umumnya mempunyai nilai *skewness negatif* dengan batas bawah 0, dan batas atas tak terhingga.

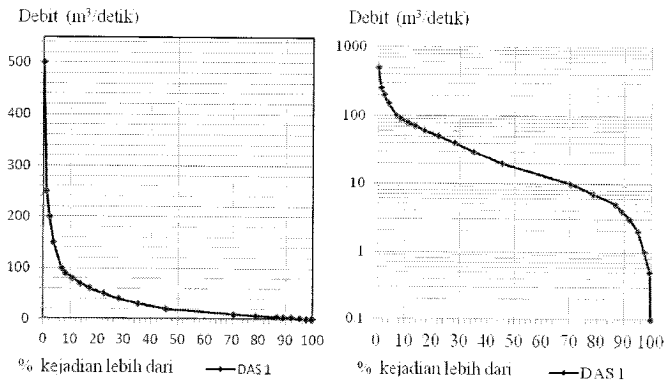
Nilai Distribusi Statistik mencakup: *Coefficient of variation (CV)*, *Standard deviation (STD)*, dan *Skewness (Skw)*. CV didefinisikan sebagai: Nilai Standard Deviasi (STD) / Nilai rerata (MDF). Standard Deviasi (STD) mengukur seberapa lebar (atau seberapa beda) data terdispersi dari nilai reratanya.

Tabel 1. Tahap pembuatan FDC

Skala debit (m ³ /detik)	frekuensi kejadian debit \geq (Skala debit) (2)	% dari total periode pengamatan (3)
$\geq 0,01$	0	0.00
$\geq 0,1$	0	0.00
≥ 2	3473	95.07
≥ 20	1656	45.33
....
....
≥ 250	39	1.07
≥ 500	2	0.05
	3653	100

Analisis kurva durasi aliran. Kurva durasi aliran dibuat dengan langkah sebagai berikut: (a) data debit DAS diformat dalam dua kolom, berisi: tanggal (kolom-1) dan besarnya debit (m³/detik) untuk kolom-2; (b) selanjutnya, data diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar; (c) menentukan skala debit untuk membuat kurva (kolom 1, Tabel 1); (d) selanjutnya melalui fungsi di dalam Excel (“Count-IF”) dapat dicari jumlah kejadian debit yang lebih dari skala tertentu (kolom 2); (e) Prosentase kejadian debit lebih dari skala tertentu, dihitung terhadap total kejadian debit selama periode pengamatan atau total jumlah hari pengamatan (kolom 3); dan (f) selanjutnya, dibuat kurva durasi aliran (FDC), dengan memplotkan kolom (3) sebagai sumbu X, dan kolom (1) sebagai sumbu Y, hasilnya

kurva durasi aliran sebagaimana terlihat pada Gambar (2). Skala sumbu X dan Y dapat dipilih sesuai dengan keperluan analisis untuk memudahkan interpretasi.



Gambar 2. KDA untuk DAS Rawatantu (DAS-1) pada berbagai format skala

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik

Tabel 1 meringkaskan karakteristik fisik ke 15 DAS: (a) topografi dan jaringan sungai, yang meliputi: Luas DAS, Panjang sungai utama, Keliling DAS, Slope factor, Nisbah memanjang, Nisbah kebulatan, dan Drainage density; (b) Prosentase luas untuk Jenis tanah, (c) Kedalaman tanah, dan (d) Peruntukan lahan. DAS dengan luas terbesar adalah

DAS Rawatantu (DAS-1) = 783 km², yang paling sempit adalah DAS BomoAtas = 37 km². Mayoritas DAS sampel memiliki luas diantara 100 sampai dengan 400 km². Bentuk DAS bervariasi antara satu DAS dengan lainnya dan secara sederhana dapat diklasifikasikan ke dalam bentuk: (1) Oval/Elips, (2) Triangle Melebar, dan (3) Memanjang. Secara umum, Tabel 2 menunjukkan bahwa sebagian besar DAS memiliki nilai: slope factor, nisbah memanjang, nisbah kebulatan dan kerapatan jaringan yang relatif tidak jauh berbeda, namun demikian karakteristik fisik lain (luas, bentuk, panjang sungai utama, prosentase peruntukan lahan, jenis dan kedalaman tanah) sangat bervariasi nilai nya antara satu DAS dengan DAS lain.

Karakteristik Aliran (Debit)

Dalam penelitian ini digunakan dua macam analisis terhadap data debit, yaitu: statistik umum dan KDA. Hasil statistik umum data debit harian diberikan dalam Tabel 3. Besarnya debit harian maksimal pada ke lima belas (15) DAS sangat bervariasi. Debit tertinggi terjadi pada DAS-1 (Rawatantu), sebesar = 588 m³/detik. Nilai MDF pada ke lima belas DAS, juga bervariasi dari: 2,1 m³/detik (DAS-7) sampai dengan 35,2 m³/detik (DAS-1).

Hanya empat DAS yang memiliki nilai MDF lebih dari: 10 m³/detik (DAS-1, DAS-3, DAS-8, dan DAS-14). Mayoritas DAS yang dianalisis memiliki MDF yang besarnya kurang dari 10 m³/detik. Nilai CV debit harian berkisar antara 0,6 sampai dengan 1,4. Nilai STD bervariasi dari: 2,6 sampai dengan 48,8.

Tabel 2. Karakteristik fisik ke lima belas (15) DAS sampel yang digunakan dalam penelitian

1. Topografi dan jaringan sungai	Nomor – DAS (Referensi Gambar 1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Luas DAS (km ²)	783.2	218.8	214.9	183.1	290.9	137.9	37.8	478.8	685.6	218.5	205.5	387.3	178.1	165.8	135.8
Panjang Sungai Utama L (km)	56.4	38.9	22.7	31.4	16.1	41.2	36.7	35.3	34.8	49.3	23.2	36.4	20.8	28.2	24.1
Keliling DAS P (km)	151.8	89.8	77.4	58.3	86.7	61.7	32.4	101.1	130.8	108.6	75.3	65.7	76.3	80.0	71.8
Slope Factor (A/L ²)	0.2	0.1	0.4	0.2	1.1	0.1	0.0	0.4	0.6	0.1	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2
Nisbah memanjang (R _c)	0.6	0.4	0.7	0.5	1.2	0.3	0.2	0.7	0.8	0.3	0.7	0.6	0.7	0.5	0.5
Nisbah kebulatan (R _c)	0.4	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.2	0.5	1.1	0.4	0.3	0.3
Drainage Density (L/A)	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	1.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
2. Jenis Tanah (%):															
Aluvial	7.0				6.0					40.0	14.0	12.0			12.5
Andosol	14.0	14.0	14.0		88.0	17.0	25.0	32.0	14.0	20.0	14.0	24.0	20.0	29.0	25.0
Grumosol	50.0		43.0	46.0		66.0	50.0		14.0		14.0	24.0	20.0	29.0	25.0
Mediteran	29.0	86.0	29.0	54.0	6.0	17.0	25.0	68.0	58.0	40.0	43.0	29.0	40.0	29.0	12.5
Regosol			14.0						14.0				20.0	13.0	25.0
3. Tata Guna Lahan (%). Diwakili oleh enam (6) fitur utama peruntukan lahan															
Hutan	1.0	1.0	4.0	2.0	10.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.3	15.0	2.0	10.0	32.0	14.0
Kebun	28.0	29.0	11.0	21.0	12.0	24.0	29.0	16.0	6.0	43.0	8.0	32.0	10.0	4.0	7.0
Ladang	12.0	12.0	21.0	16.0	16.0	3.0	1.0	10.0	8.0	7.0	8.0	15.0	10.0	4.0	7.0
Pemukiman	43.0	40.0	50.0	31.0	37.0	28.0	39.0	53.0	65.0	30.0	8.0	23.0	10.0	4.0	7.0
Sawah Irigasi	11.0	16.0	1.0	8.0	6.0	15.0	24.0	7.0	12.0	17.0	8.0	4.0	10.0	4.0	7.0
Sungai (Saluran)	0.1	0.2			1.0					0.2			20.0	16.0	14.0

Tabel 3. Karakteristik Debit Harian pada ke 15 DAS (DH = m³/detik)
Ringkasan nilai statistik umum dan karakteristik distribusi data

No-DAS	No DAS (sesuai dengan Gambar 1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Statistik Umum</i>															
Min	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Max	588	70.5	196.1	51.5	283.0	89.6	99.0	205.4	242.8	498	69.0	32.6	193.0	94.3	101.0
P 10	3.7	0.3	10.8	0.0	0.0	0.2	0.1	1.1	0.0	0.8	0.1	1.9	0.5	5.4	0.6
P 90	82.5	10.2	27.0	9.6	23.5	8.9	4.8	38.3	17.4	19.3	7.4	6.5	5.0	19.1	10.3
MDF	35.2	4.6	17.9	4.0	9.2	3.9	2.1	17.7	9.3	9.2	2.9	3.9	2.6	10.9	5.0
Med	16.7	3.3	15.0	3.4	4.3	1.6	0.8	13.0	7.8	4.8	1.0	3.2	1.4	8.9	3.2
CV	1.4	1.0	0.6	0.9	1.6	1.7	2.1	0.9	1.1	1.9	1.6	0.7	2.1	0.6	1.3
STD	48.8	4.7	11.0	3.8	15.1	6.4	4.3	15.9	10.1	17.3	4.6	2.6	5.5	6.3	6.2
Skw	2.1	1.4	1.2	1.2	2.1	2.5	2.6	1.4	1.2	1.9	2.8	1.2	1.9	1.2	1.5
Var	-4.7	-3.0	-1.1	-2.8	-5.4	-5.6	-5.9	-2.9	-2.2	-3.9	-7.1	-1.4	-3.3	-1.5	-3.0
Zer	1.0	318.0	0.0	498.0	366.0	117.0	326.0	6.0	368.0	0.0	316.0	0.0	12.0	2.0	26.0
S_Log	0.5	0.4	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
Lane	0.5	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3
<i>Analisis Baseflow</i>															
BFI	0.5	0.6	0.8	0.7	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.7	0.5	0.7	0.6
FFI	0.5	0.4	0.2	0.3	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.3	0.5	0.3	0.4
MDBF	16.2	2.7	13.7	2.8	3.9	1.6	1.0	10.4	5.9	4.1	1.3	2.8	1.3	7.9	2.8

Keterangan:

Tanggal analisis: 04 Agustus 2012; data kosong tidak diikutkan dalam perhitungan; Periode yang digunakan: 01 – 01 – 1996 sampai dengan 31-12-2005; Musim hujan diasumsikan mulai: 01 Oktober sampai dengan 31 April; musim kemarau dari: 01 Mei sampai dengan 30 September. Max = Debit harian maksimal; Min = Debit harian minimum, P10 = Percentile 10; P90 = Percentile 90; MDF = Mean daily flow atau debit harian rerata; Med = median debit harian; CV = coefficient of variance; STD = standard deviasi; Skw = Skewness = kemencengan distribusi; var = variability; lane = Lane variability index; S_lg = nilai variabilitas logaritmik; BFI = baseflow Index; FFI = Flood Flow Index; MDBF = Mean Daily Base Flow.

Nilai skewness (Skw) berkisar antara 1,2 sampai dengan 2,8. Berdasarkan Nilai Skw ke 15 DAS tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama, DAS dengan nilai skewness antara: 1,2 sampai dengan 1,5 terdiri dari: DAS-2, DAS-3, DAS-4, DAS-8, DAS-9, DAS-12, DAS-14 dan DAS-15. Kelompok kedua, DAS dengan nilai skewness antara: 1,9 sampai dengan 2,8 terdiri dari: DAS-1, DAS-5, DAS-6, DAS-7, DAS-10, DAS-11, dan DAS-13.

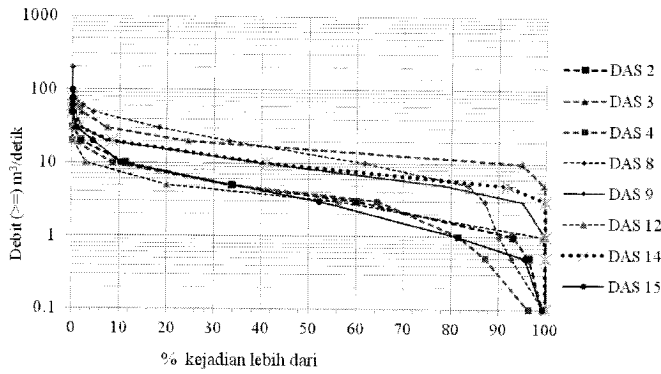
Skw mengukur perbandingan antara Mean dan Median dari data debit. Pada DAS yang kurang luas misalnya, nilai baseflow umumnya sangat kecil dan perubahan debit yang signifikan umumnya teramati selama periode hujan lebat (banjir). Sebagian besar debit terjadi karena kontribusi dari periode banjir, sementara sebagian besar hari diisi oleh debit-debit kecil. Dalam kasus ini, nilai median debit harian (Med) menjadi kecil, dan besarnya nilai debit rerata lebih disebabkan karena pengaruh dari debit banjir pada periode hujan lebat tersebut. Akibatnya, nilai skw untuk DAS tersebut umumnya lebih besar dari DAS yang lebih luas. Demikian juga, nilai skw untuk aliran sungai yang masih alami (unregulated stream) akan cenderung lebih besar bila dibanding “regulated stream”. Skewness dapat digunakan untuk membedakan DAS-DAS yang mempunyai respon cepat dan lambat terhadap

suatu kejadian hujan. Suatu DAS dengan respon cepat, maka waktu antara terjadinya hujan dan terbentuknya debit di sungai relatif cepat (banjir terjadi dengan cepat). Nilai Skw yang besar menunjukkan DAS yang rawan terhadap banjir, karena kontribusi debit besar yang mendadak terjadi akibat kejadian hujan yang ekstrim.

Misalnya, DAS yang berukuran kecil (relatif tidak luas atau luasnya sekitar 200 km²), maka normalnya debit aliran dasar (base-flow) nya juga sangat kecil, dan terjadi perubahan drastis besarnya debit ketika kejadian banjir. Debit banjir yang hanya beberapa kejadian akan menyumbang besar terhadap nilai rerata debit di dalam DAS tersebut (karena debit hariannya sangat kecil). Akibatnya, nilai rerata cenderung naik (karena pengaruh beberapa kejadian banjir yang besar), dan nilai median relatif rendah (karena debit harian umumnya kecil). Konsekuensinya, nilai skewness untuk DAS kecil tersebut cenderung lebih besar daripada DAS yang ukurannya lebih luas.

Karakteristik KDA

Grafik KDA ke delapan (8) DAS yang memiliki nilai skw kecil (antara 1,2 sampai dengan 1,5) ditampilkan pada Gambar 3. Grafik KDA untuk DAS dengan nilai Skew

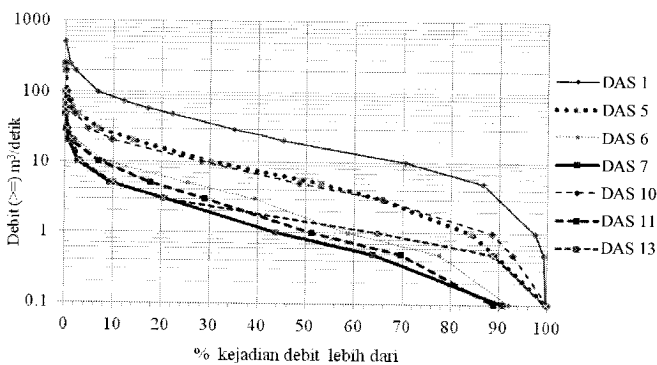


Gambar 3. Grafik KDA 8 DAS, dengan nilai Skew 1,2 sampai dengan 1,5

$\geq 1,9$ diberikan dalam Gambar 4. Pola dan bentuk KDA dapat menunjukkan karakteristik hidrologi suatu DAS. Ada berbagai macam metode interpretasi terhadap grafik KDA untuk mendeskripsikan karakteristik hidrologi suatu DAS.

Misalnya, dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa 80% debit pada DAS-15 dan DAS-4 nilainya $\geq 1 \text{ m}^3/\text{detik}$, selanjutnya untuk DAS-12 dan DAS-2 nilai-nya $\geq 1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$. Selanjutnya, untuk DAS 8, DAS 9 dan DAS 14, terlihat bahwa 80% kejadian debit nilainya ≥ 5 sampai dengan $6 \text{ m}^3/\text{detik}$. Pada DAS 3 frekuensi kejadian debit $\geq 10 \text{ m}^3/\text{detik}$ adalah 80%. Hal ini berarti 80% kejadian debit harian pada DAS-3 nilainya di atas $10 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau 80% debit tersedia pada DAS-3, minimal adalah $10 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Selanjutnya, pemanfaatan debit untuk berbagai keperluan (irigasi, air baku, industri, dan lain-lain) dapat menggunakan kurva KDA sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan debit minimal yang tersedia.



Gambar 4. Grafik KDA ke tujuh (7) DAS, dengan nilai Skew $\geq 1,9$

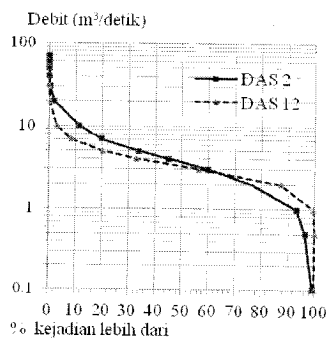
Bentuk KDA juga dapat menunjukkan karakteristik aliran dari suatu DAS. Misalnya, secara umum terlihat bahwa kemiringan (*slope*) KDA yang ada pada Gambar 4 relatif lebih tajam bila dibandingkan kemiringan KDA pada Gambar 3. Hal ini menunjukkan prosentase aliran dengan nilai debit

besar lebih banyak terjadi pada kelompok DAS yang ada pada Gambar 4. Nilai debit besar yang terjadi akan berpengaruh terhadap nilai debit rerata, dan nilai *skewness* dari distribusi data. Nilai *skewness* yang tinggi untuk kelompok DAS yang ada pada Gambar 4, disebabkan oleh kontribusi debit-debit besar pada periode banjir.

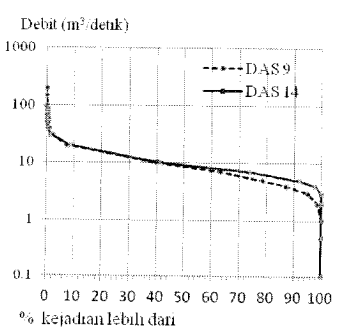
Beberapa DAS memiliki kemiripan pola KDA, misalnya: DAS-2 dan DAS-12 (Gambar 5). Pola FDC yang identik juga dijumpai pada Gambar 6, yaitu antara: DAS-9 dan DAS-14. Dapat dikatakan bahwa KDA beberapa DAS tersebut menunjukkan kecenderungan atau pola yang hampir identik. Meskipun pada prinsipnya sangat sulit bagi kita untuk menjumpai fitur di alam, apalagi seluas wilayah DAS-DAS tersebut yang memiliki karakteristik fisik relatif identik.

Dapat dikatakan bahwa pola KDA yang identik pada DAS-DAS tersebut di atas (Gambar 5 dan 6) tidak ada hubungannya dengan karakteristik fisik DAS (yang diwakili oleh beberapa indikator, mencakup: luas DAS, panjang sungai utama, keliling, *slope factor*, R_p , R_c dan *Drainage Density*). Nilai parameter karakteristik fisik pada DAS-DAS tersebut relatif berbeda meskipun pola KDA hampir identik. Selanjutnya, Tabel 4 meringkaskan nilai statistik hujan (harian, bulanan dan tahunan) pada DAS-DAS tersebut. Tabel 5 meringkaskan nilai statistik debit untuk DAS yang sama. Dari Tabel 4, terlihat bahwa nilai Hujan-harian-rerata (M-HH) dan nilai CV relatif identik pada DAS-DAS dengan pola KDA yang identik, kecuali untuk DAS-7. CV untuk hujan bulanan juga relatif identik.

Tabel 5 menunjukkan bahwa beberapa nilai statistik relatif identik untuk DAS yang memiliki pola KDA identik. Nilai debit harian rerata, median, CV, *Skewness* (kemiringan distribusi data debit), dan ukuran variabilitas (S_{log} , *lane indek*) menghasilkan nilai-nilai yang tidak jauh berbeda antara DAS dengan pola KDA yang serupa. Kemiripan juga diperlihatkan oleh nilai statistik *baseflow*, yang diwakili oleh: *Baseflow Index (BFI)*, *Flood Flow Index (FFI)*, *mean daily baseflow (MDBF)*. Hal ini menunjukkan adanya kemiripan



Gambar 5. KDA DAS (DAS-2) dan (DAS-12)



Gambar 6. KDA (DAS-9) dan DAS (DAS-14)

karakteristik hidrologi (yang diwakili oleh data debit), pada DAS-DAS dengan pola KDA yang identik.

Tabel 4. Karakteristik Hujan pada DAS-DAS terpilih (identik)

No-DAS	2	12	9	14
Hujan harian (mm/hari)				
Max	72.4	145	100	177
M-HH (rerata)	5.0	5.0	3.6	8.6
CV	1.8	2.0	1.8	1.8
Hujan Bulanan (mm/bulan)				
Max	595	835	512	1095
M_HBl	153	151	111	262
Med_Hbl	115	112	48	213
CV	0.9	1.1	1.2	0.9

Tabel 5. Debit pada DAS-DAS terpilih (identik)

No-DAS	2	12	9	14
Statistik Umum				
Max	70.5	32.6	243	94.3
P 90	10.2	6.5	17.4	19.1
Debit rrt (m3detik)	4.6	3.9	9.3	10.3
Median (m3/detik)	3.3	3.2	7.8	8.9
CV	1.0	0.7	1.1	0.6
Skweness	1.4	1.2	1.2	1.2
Analisis Basflow				
BFI	0.6	0.7	0.6	0.7
FFI	0.4	0.3	0.4	0.3
MDBF	2.7	2.8	5.9	7.9

Hal ini juga membuktikan bahwa KDA dapat kita gunakan sebagai penciri suatu DAS, jika pola KDA beberapa DAS relatif identik, maka dapat dikatakan bahwa karakteristik hidrologi DAS tersebut relatif identik, meskipun ada perbedaan karakteristik fisik DAS. Uraian di atas juga menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat antara pola hujan yang diterima pada suatu DAS, dengan pola KDA yang terbentuk.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa ke lima belas (15) DAS memiliki karakteristik fisik, klimatologi dan hidrologi yang beragam dan spesifik untuk masing-masing DAS. Karakteristik fisik yang bervariasi diwakili oleh perbedaan karakteristik topografi, prosentase peruntukan lahan, jenis dan kedalaman lapisan tanah. Penelitian menunjukkan bahwa KDA dapat menggambarkan karakteristik spesifik hidrologi

suatu DAS. KDA dapat digunakan sebagai penciri suatu DAS, jika pola KDA beberapa DAS relatif identik, maka dapat dikatakan bahwa karakteristik hidrologi DAS tersebut relatif identik, meskipun ada perbedaan pada karakteristik fisik DAS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Program Hibah Kompetensi - DP2M-DIKTI tahun 2012 dan 2013. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dinas PU-Pengairan Provinsi Jawa Timur yang telah menyediakan data dan semua pihak yang telah memberikan kontribusi terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Castellarin, A., Galeati, G., Brandimarte, L., Montanari, A. dan Armando, B. (2004). Regional flow-duration curves: reliability for ungauged basins. *Advanced in Water Resources* **27**: 953-965.

Crocker, K.M., Young, M.D.Z. dan Rees, H.G. (2003). Flow duration curve estimation in ephemeral catchments in Portugal. *Hydrological Science Journal* **48**(3): 427-439.

Fennessey, N.M. dan Vogel, R.M. (1990). Regional flow-duration curves for ungauged sites in Massachusetts. *Journal of Water Resources Planning and Management ASCE* **116**(4): 531-549.

Franchini, M. dan Suppo, M. (1996). Regional analysis of flow duration curves for a limestone region. *Water Resources Management* **10**: 199-218.

Hughes, D.A. dan Smakhtin, V.Y. (1996). Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves. *Hydrological Science Journal* **41**(6): 851-871.

LeBoutillier, D.V. dan Waylen, P.R. (1993). A stochastic model of flow duration curves. *Water Resources Research* **29**(10): 3535-3541.

Mimikou, M. dan Kaemaki, S. (1985). Regionalization of flow duration characteristics. *Journal of Hydrology* **82**: 77-91.

Mosley, M.P. dan McKerchar, A.I. (1993). Chapter 8 Streamflow. *Dalam: Maidment, D.R. (Ed.in Chief). Handbook of Hydrology*. Mc-Graw-Hill, INC. New York.

Quimpo, R.G., Alejandrino, A.A. dan McNally, T.A. (1983). Regionalised flow duration curves for Philippines.

- Journal Water Resources Planning and Management ASCE* **109**(4): 320-330.
- Searcy, J.C. (1959). *Manual of Hydrology, 2, Low Flow Techniques, Flowduration Curves. US Geology Survey Water Supply Papper* 1542-A.
- Singh, R.D., Mishra, S.K. dan Chowdhary, H. (2001). Regional flow-duration models for large number of ungauged himalayan catchments for planning microhydro projects. *Journal Hydrological Engineering* **6**(4): 310-406.
- Smakhtin, V.U. (2001). Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology* **240**: 147-186.
- Smakhtin, V.Y., Hughes, D.A. dan Creuse-Naudine, E. (1997). Regionalization of daily flow characteristics in part of the Eastern Cape, South Africa. *Hydrological Science Journal* **42**(6): 919-936.
- Smakhtin, V. Y. dan Hughes, D.A. (1997). *Regionalization of daily flow characteristics in part of the Eastern Cape, South Africa. Institute for Water Research, Rhodes University. Grahamstown. South Africa.*
- Vladimir, Y. dan Friend (1997). Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management. *International Association of Hydrological Science. South Africa.*
- Vogel, R.M. dan Fennessey, N.M. (1994). Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals. *Journal of Water Resources Planning and Management ASCE* **120**(4): 485-504.
- Vogel, R.M. dan Fennessey, N.M. (1995). Flow duration curves. II: A review of applications in water resources planning. *Water Resources Bulletin* **31**(6): 1029-1039.