

STUDI TENTANG KARAKTERISTIK FISIK DAN HIDROLOGI PADA 15 DAS DI JAWA TIMUR

Study on The Physical Characteristics and Hydrology of 15 Watershed in East Java

Indarto

Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (lab TPKL)

Program Studi Teknik Pertanian - UNEJ

E-mail: indarto@ftp.unej.ac.id

ABSTRACT

The study demonstrated the application of statistical method to describe physical and hydro-meteorological characteristics by means of time series analysis. Fifteen (15) watersheds in East Java were selected for this study. Data input for the analysis include: physical data, rainfall and discharge. Physical data of the watershed (topography, river network, land use, and soil type) are extracted from existing database and treated using GIS Software. Daily rainfall data were collected from existing pluviometers around the region. Daily discharge data were obtained from measurement station located at the outlet of each watershed. Areal Rainfall for each watershed was determined using average value of existing pluviometers around the watershed and determined using simple arithmetic method. These time series data are then imported to RAP (River Analysis Package). Analysis on the RAP, include: general statistical, flow duration curve (FDC), and baseflow analysis. The result then presented in graphic and tables. Research shows that among the watersheds have different physical and hydrological characteristics.

Keywords: *physical characteristics, hydrological characteristics, watershed, statistical analysis*

ABSTRAK

Makalah ini mendeskripsikan karakteristik fisik dan hidro-meteorologi pada limabelas (15) DAS di wilayah Tapalkuda di Jawa Timur. Karakteristik fisik DAS yang dianalisa mencakup: Luas DAS, topografi, jaringan sungai, peruntukan lahan, dan jenis tanah. Karakteristik fisik diturunkan dari: peta topografi melalui Digital Elevation Model (DEM), peta peruntukan lahan, peta kelas tanah, dan peta digital RBI. Karakteristik hidrologi diperoleh dari hasil analisis terhadap data hujan dan data debit harian pada masing-masing DAS. Hujan harian DAS dihitung dengan rerata aritmatik dari beberapa stasiun hujan di wilayah DAS tersebut. Data debit harian diambil dari stasiun pengukuran debit (AWLR) yang terpasang pada outlet DAS. Selanjutnya, data-data tersebut diolah dengan ke excel dan perangkat lunak River Analysis Package (RAP). Analisis di dalam RAP mencakup: statistik umum; kurva durasi aliran; dan aliran dasar. Hasil analisis selanjutnya ditampilkan dalam tabel dan grafik. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik fisik dan hidro-meteorologi pada ke limabelas (15) DAS tersebut. Hasil penelitian berguna sebagai dasar klasifikasi atau studi lanjut tentang regionalisasi DAS-DAS di Jawa Timur.

Kata kunci: karakteristik fisik, hidrologi, DAS, analisis statistik

PENDAHULUAN

Hidrologi sebagai cabang ilmu yang basisnya adalah pengukuran Fenomena Alam, dihadapkan pada tantangan bagaimana memodelkan atau memprediksi proses hidrologi pada wilayah (atau DAS) yang tidak terukur. Fenomena Alam dalam hal ini adalah Siklus Hidrologi, yang pada hakekatnya adalah suatu proses yang sangat kompleks. Sementara, pengukuran fenomena tersebut umumnya dilakukan secara parsial atau hanya mengukur beberapa variabel hidrologi saja (misalnya: hujan, aliran, evaporasi, infiltrasi, dll). Pengukuran umumnya dilakukan pada titik-titik tertentu (tidak mencakup keseluruhan wilayah di dalam DAS), dengan asumsi bahwa pengukuran fenomena yang dilakukan pada suatu titik dapat mewakili fenomena alam untuk keseluruhan wilayah yang dimaksud.

Demikian juga di Indonesia, pada umumnya, data dan pengukuran fenomena alam terkait dengan siklus hidrologi juga sangat terbatas. Hal ini dilakukan karena keterbatasan sumberdaya dan teknologi yang ada, sehingga tidak semua fenomena alam dapat diukur secara menyeluruh. Selanjutnya digunakan berbagai jenis model untuk menirukan berbagai fenomena alam terkait dengan siklus hidrologi, dengan asumsi bahwa model yang disusun dapat mewakili proses utama dari siklus yang kompleks tersebut. Dari model inilah selanjutnya ilmuwan dan praktisi berusaha memahami bagaimana fenomena alam tersebut saling berinteraksi dan berproses.

Prediction for Ungauged Bassin (PUB) telah dicanangkan sebagai tema Riset Global bidang hidrologi dan sumberdaya air untuk periode 2003 sd 2012 (Sivapalan et al., 2005). Intisari dari PUB pada hakekatnya adalah bagaimana kita dapat menggunakan data atau informasi atau hasil kalibrasi

model yang telah dilakukan pada DAS-DAS yang terukur, untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar prediksi atau perhitungan proses hidrologi bagi DAS yang tidak/ belum terukur (*Ungauged Bassin*).

Pemahaman terhadap fenomena hidrologi yang terjadi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan DAS. Analisa keruangan (*spatial analysis*) dan analisa rentang waktu (*time series analysis*) dapat digunakan untuk mendeskripsikan variabilitas fenomena hidrologi yang bervariasi terhadap ruang dan waktu. Termasuk data rentang waktu adalah data hujan dan data debit harian. Gordon et al., (1992) memberikan pengantar aplikasi analisa rentang waktu dalam konteks manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS).

Kedua jenis analisa tersebut pada hakekatnya merupakan penerapan metode statistik terhadap data yang bervariasi sebagai fungsi ruang (*spatial variability*) dan data yang bervariasi sepanjang waktu (*time variability*). Berbagai metode statistik telah dikembangkan dan digunakan sebagai tool (alat analisa) dalam pengelolaan sumberdaya air pada level DAS.

Makalah ini bertujuan untuk memaparkan hasil analisis dan perbandingan karakteristik fisik dan hidrologi pada 15 (lima belas) DAS di wilayah Jawa Timur. Persamaan, perbedaan, keteraturan dan ketidakteraturan di antara DAS-DAS dapat dijadikan sebagai landasan bagi upaya kalsifikasi dan regionalisasi DAS.

METODOE PENELITIAN

Lokasi Studi

Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel lima belas (15) DAS di wilayah Jawa Timur (Gambar 1). Ke limabelas (15) DAS tersebut dipilih karena memiliki

rekaman data debit harian yang relatif seragam, yaitu dari: 01 Januari 1996 sd 31 Desember 2005.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi: (1) Personal Komputer, (2) Software Microsoft Excel dan River Analysis Package (RAP), yang digunakan untuk mengolah data-data, (3) Software ArcGIS 10/MapWindow/MapInfo, yang digunakan untuk membuat layout peta lokasi DAS sampel yang diamati. Data-data masukan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) Data Fisik DAS, untuk menghitung ciri spesifik dari masing-masing DAS sampel, (2) Data Debit untuk memperkirakan besarnya debit banjir pada

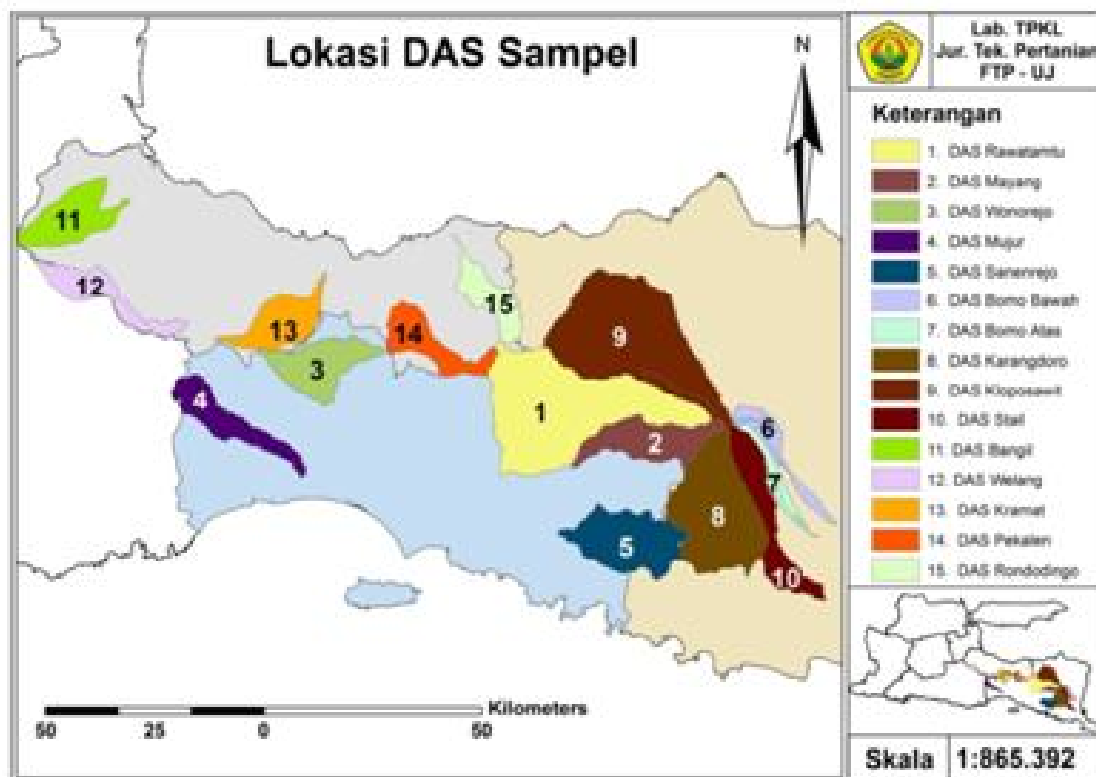
masing-masing DAS, dan (3) Data Hujan untuk menghitung curah hujan pada kawasan sekitar DAS Sampel.

Inventarisasi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup: (1) data debit harian, (2) data hujan harian, dan (3) Data Geografis.

Data Geografis

Data geografis terdiri dari peta-peta tematik digital, mencakup: Digital Elevation Model (DEM) peta peruntukan lahan, peta tanah (jenis, kedalaman, dan tekstur), hidrogeologi, batas administratif pemerintahan, batas administratif pengelolaan sumberdaya air,



Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Lokasi ke 15 DAS Sampel

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), Program Studi Teknik Pertanian, FTP- Universitas Jember. Data Digital Elevation Model (DEM) diperoleh dari Peta DEM se Jawa Timur (dengan resolusi 100 x 100m) (Indarto dan Faisol, 2010). Semua layer selanjutnya dipotong (*clip*) sebatas wilayah DAS. Pengolahan data menggunakan OSS-GIS Mapwindow, ArcGIS-10, MapInfo dan Microsoft EXCEL. Batas DAS diturunkan secara otomatis dari DEM.

Data debit

Data Debit Harian (DH) diperoleh dari rekaman AWLR yang terpasang pada Outlet masing-masing DAS. Studi ini menggunakan rekaman data debit harian dari: 1 Januari 1996 sampai 31 Desember 2005.

Data Hujan

Data hujan harian yang digunakan adalah Hujan Harian (HH) untuk masing-masing DAS. HH diperoleh dari rerata aritmatik data hujan harian yang diperoleh dari beberapa stasiun di sekitar DAS. Rekaman data HH yang digunakan adalah : 1 Januari 1997 sampai dengan 31 Desember 2005. Data-data tersebut diperoleh dari DINAS PU Pengairan Provinsi Jawa Timur.

Analisa

Analisa Karakteristik fisik DAS

Karakteristik fisik DAS yang mencakup: bentuk dan luas DAS, topografi, jaringan sungai dan morphometrik, peruntukan lahan, jenis tanah, dan hidro-geologi

dihitung dengan EXCEL dan software GIS. Selanjutnya, Tabel(1) pada Lampiran, meringkaskan nilai karakteristik untuk ke 15 DAS tersebut.

Nomor DAS (No-DAS) ditentukan secara acak dan hanya untuk keperluan penelitian ini, Nomor DAS sebagaimana tercantum di dalam peta (Gambar 1). Outlet DAS atau sub-DAS ditentukan berdasarkan posisi AWLR atau lokasi pengukuran Debit. Nama DAS/Sub-DAS ditentukan berdasarkan nama lokasi atau nama sungai dimana terdapat alat pengukur debit.

Batas DAS ditentukan menggunakan peta digital, selanjutnya ditentukan luas DAS dari peta yang terbentuk. Panjang sungai utama (L_b) 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).

Range nilai ketinggian diperoleh dari peta Digital Elevation Model (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 Schumn (1956), sebagai berikut:

$$R_e = 1,129 \left[\frac{\sqrt{A^2}}{L_b} \right] \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

R_e : faktor bentuk (*elongation ratio*), A: luas DAS (km^2), L_b : panjang sungai utama (km),

Nilai nisbah kebulatan (*circularity ratio*) dihitung dengan rumus Miller (1953), sebagai berikut:

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

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

Kerapatan Jaringan Sungai (*Drainage density*) ditentukan berdasarkan rumus:

$$D_d = \frac{Lb}{A} \text{-----} \quad (3)$$

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

Analisa Karakteristik hidrologi

Data Hujan Harian (HH) dan Debit harian (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 diformat dalam file (*.csv). File(*.csv) ini selanjutnya diimpor ke dalam RAP (*River Analysis Package*). Analisa dilakukan dalam perangkat lunak RAP (Herman, 2005ab). RAP merupakan seperangkat tool (*software*) yang dapat digunakan untuk menganalisa data rentang waktu (*time series*). RAP memfasilitasi dengan teknik analisa-rentang-waktu untuk data debit yang mencakup tujuh aspek, yaitu: (a) Statistik umum (*General Statistics*), (b) Kurva durasi banjir (*Flow Duration Curve / FDC*), (c) Analisa debit musiman (*High/Low flow spell analysis*), (d) Analisa kenaikan dan penurunan hidrograf (*Rates of rise and fall*), (e) Analisa baseflow (*Baseflow separation*), (f) Indeks Colwells (*Colwells Indice*)

Statistik Umum: Nilai statistik umum mencakup tiga kategori evaluasi: ringkasan, distribusi, dan nilai lain. Nilai statistik dapat dihitung untuk seluruh periode, untuk tahun tertentu, tiap tahun, tiap bulan dan tiap musim.

Nilai Ringkasan Statistik mencakup: minimum (Min), maksimum (Max), percentile (P10, ... P90), rerata (Mean), median (MED). Berikut penjelasan masing-masing konsep tersebut: (a) Debit minimum (Min) menyatakan nilai debit terkecil selama periode pelaporan data, (b) Debit maksimum (Max) menyatakan nilai maksimum debit masukan, selama periode pelaporan tertentu, (c) Percentile 10% (P10), menyatakan nilai debit (flow) dengan frekuensi kejadian lebih dari 10% selama periode pelaporan. Nilai Q10 menunjukkan 10% teratas dari debit yang ada dalam rentang waktu yang sedang dianalisis, (d) Percentile 90% (P90), menyatakan debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 90%. Nilai P90 menunjukkan proporsi 10% terendah dari data debit yang terekam selama periode pelaporan, (e) Mean Daily Flow (MDF) atau debit rerata merupakan ukuran pusat kecendrungan. $MDF = (\text{Jumlah total debit}) / (\text{jumlah hari})$ dihitung sebagai nilai rerata dari semua data rekaman yang diperhitungkan dalam analisis, (f) 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)*, *Skewness (Skw)*, *Variability (Var)*, *range of daily flow*, *Standard deviation of the log of daily flows (S_Lg)*, dan *lane Variability index (Lane)*. Berikut penjelasan masing-masing konsep tersebut: (a) Coefficient of variation (CV) didefinisikan sebagai Nilai Standard Deviasi (STD) / Nilai rerata

(MDF), (b) Standard Deviasi (STD) mengukur seberapa lebar (atau seberapa beda) data terdispersi dari nilai reratanya. Satuan STd sama dengan satuan input data nya.

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \text{ ----- (4)}$$

Dimana:

n = jumlah data

x = nilai data,

(c) *Skewness* mengukur seberapa beda antara Mean dan Median data debit. $Skew = \text{mean}/\text{median flow}$. 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, median flow (Med) menjadi kecil, dan besarnya nilai debit rerata lebih disebabkan karena pengaruh dari debit banjir pada periode hujan lebat tersebut. Akibatnya, nilai *Skewness (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" tergantung pada metode pelepasan debit yang digunakan, (d) *Skewness* dapat digunakan untuk membedakan DAS-DAS yang mempunyai respon cepat dan lambat terhadap hujan. Suatu DAS dengan respon cepat, maka waktu antara terjadinya hujan dan terbentuknya debit di sungai relatif cepat (banjir terjadi dengan cepat). Misalnya, DAS yang berukuran kecil (relatif tidak luas atau luasnya sekitar 200km²), 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 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, (e) Variabilitas (VAR) di dalam TSA didasarkan pada penggunaan median flow sebagai pusat kecenderungan (*central tendency*). Variabilitas dihitung sebagai range dibagi dengan nilai median. Range didefinisikan oleh pengguna sebagai range percentile data debit. Nilai default dari Range adalah perbedaan antara P10 dan P90, (f) Range debit harian dihitung berdasarkan range nilai percentile. Range digunakan untuk menghitung variabilitas debit harian. Nilai *default* untuk range adalah P10-P90, yang menyatakan nilai, (g) Debit lebih dengan frekuensi lebih dari 10% dikurangi dengan nilai debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 90%. Range biasanya digunakan bersamaan dengan median debit harian untuk mendeskripsikan variabilitas debit harian menggunakan median sebagai pusat kecenderungan. RAP menyediakan berbagai nilai range yakni Q10-Q90 ; Q15-Q85; Q20-Q80; dan Q30-Q70, (h) S_{log} digunakan untuk memperkirakan nilai standard deviasi logaritmik (base10) dari data hujan harian. Data debit/ aliran umumnya ditransformasi ke logaritmik untuk mengurangi skewness, S_{log} mengukur distribusi data yang telah ditransformasikan (Gordon et al., 1992 pp376).

$$S_{log} = \frac{\log Q_{95} - \log Q_{05}}{3.29} \text{ ----- (5)}$$

Dimana :

Q = discharge

(a) Indeks variabilitas lane (*Lanes variability index* = Lane) menggambarkan nilai standar deviasi dari nilai logaritma Q5, Q15, Q25, ..., Q85 dan Q95 values. Lane tidak pas digunakan jika data debit NOL = 0 lebih dari 5 %. (atau Q95 = 0) atau suatu seri data yang didominasi oleh nilai NOL (Gordon et al., 1992), (j) Zero value, TSA juga menghitung jumlah hari dimana debit = NOL. Data kosong tidak termasuk dalam hitungan jumlah hari dengan debit NOL, kecuali data kosong tersebut diisi dengan NOL.

Flow Duration Curve (FDC):

Kurva durasi aliran (*Flow Duration Curves/ FDC*) merupakan metode sederhana untuk menyatakan frekuensi kejadian debit dari suatu seri data rentang-waktu. Analisa FDC dapat juga diterapkan untuk data rentang waktu yang lain (selain debit). FDC dibuat dengan merangking semua data yang ada di dalam rentang waktu tersebut dan memplotkannya dengan nilai prosentase kemunculannya dari 0% sampai 100%.

Marsh (2004) and Herman (2005ab) menjelaskan metode FDC sebagai berikut: "*FDC is a simple way of representing the range and spread of data in a time series. It is created by taking all the data in a time period and ranking them from largest to smallest. The ranked data is plotted against a percentage value from 0% to 100%. The percentage is the proportion of the time that that flow is exceeded. FDC is usually shaped like a backward S with low probability of high flows, a central reasonably linear section of the curve and a flattening off with high probability of low flow. The central section of the plot is usually linear, and the slope (as well as linearity) of this section tells us something about the flow regime*". Finally, the results are com-

pared for two watersheds by means of tables and figures of FDC curves. Uraian lebih detail tentang ke tujuh teknik analisa yang tersedia di dalam RAP dapat ditemukan di dalam tulisan (Marsh, 2004; dan Herman, 2005ab).

Aliran Dasar (Base Flow)

Aliran dasar (*Base flow*) menyatakan aliran air yang masih ada di sungai pada saat tidak ada hujan dan bukan berasal dari aliran permukaan. Hidrograf biasanya memiliki periode debit kecil (*low flow*) yang panjang. Hal ini banyak terjadi pada sungai di mana komponen utama debit berasal dari kontribusi air tanah, yang diselingi oleh debit besar karena kejadian hujan yang ekstrim. Tujuan dari analisa *base flow* adalah memisahkan komponen hidrograf menjadi: aliran dasar (*base flow*) dan aliran permukaan yang berasal dari kejadian hujan ekstrim (*flood flow*).

Di dalam RAP, pemisahan aliran dasar (*Baseflow*) dari komponen Direct RunOff (DRO) menggunakan metode "*Lyne-Hollick-filter*". Metode ini menghitung komponen aliran dasar menggunakan filter digital sebagaimana dijelaskan oleh Grayson (Grayson et al., 1996). Persamaan *Lyne-Hollick*, dijelaskan sebagai berikut:

$$Q_{(i)} = \acute{a}q_{(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1+\acute{\alpha}}{2} \text{-----} (6)$$

Keterangan:

- $q_{(i)}$ = nilai debit sungai pada hari ke (i)
- $q_{b(i)}$ = nilai *baseflow* pada hari ke (i)
- $q_{b(i-1)}$ = nilai *baseflow* pada hari sebelumnya (i - 1)
- $q_{r(i)}$ = nilai DRO pada hari ke (i)
- $q_{r(i-1)}$ = nilai DRO pada hari sebelumnya (i - 1)
- \acute{a} = parameter *filter* yang digunakan

Selanjutnya nilai *Base Flow Index* (BFI), dihitung sebagai berikut:

$$\text{BFI} = \text{Rerata baseflow} / \text{rerata debit} \text{ ---- (7)}$$

Tujuan digital filter adalah membuat transisi yang halus (*smooth transition*) antara periode baseflow sebelum kejadian banjir dan *baseflow* pada saat banjir. Pada saat banjir komponen *baseflow* juga relatif naik dan proporsinya lebih besar dari pada saat tidak ada hujan. Idealnya tidak ada cara yang benar-benar akurat untuk menentukan besar aliran dasar selama periode banjir, tetapi metode "*Lyne and Holick*" dapat diterima dengan beberapa asumsi dan pendekatan (Grayson et al., 1996). Metode ini hanya menggunakan satu parameter (yaitu: nilai alpha). Grayson et al, (1996) merekomendasikan nilai alpha = 0,975.

Analisa data hujan

Data rentang waktu untuk Hujan Bulanan (HB) dan Hujan Tahunan diperoleh dari kumulatif HH. Data Hujan Bulanan dan Hujan Tahunan diolah dengan fasilitas Time-series-manager (TSM) yang ada di dalam RAP. Data ini ditentukan dari data rentang waktu harian. Analisa statistik umum yang mencakup nilai: rerata, maksimal, minimal, median, *skewness*, standard deviasi, koefisien variasi, dan *percentile* dilakukan terhadap data rentang waktu tersebut. Selanjutnya hasil analisa ditampilkan dalam tabel (3), tabel (4), dan tabel (5). Frekuensi kejadian hujan yang melebihi nilai tertentu divisualisasikan dalam bentuk grafik dan dibandingkan antar ke 15 DAS.

Anallisa data debit

Analisa data debit menggunakan fasilitas yang ada pada perangkat lunak RAP.

Analisa di dalam RAP meliputi: (1) *nilai statistik umum: rerata, maksimal, minimal, median, skewness, standard deviasi, koefisien variasi, variability, lane variability index, dan percentile*, (2) *Flow duration Curve (FDC)* dan (3) *baseflow analysis*. Hasil analisa untuk ke lima belas (15) DAS selanjutnya dibandingkan dalam bentuk tabel dan grafik.

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.

Nama-nama ke lima belas (15) DAS sampel tersebut adalah: (1) Rawatamtu, (2) Mayang, (3) Wonorejo, (4) Mujur, (5) Sanenrejo, (6) BomoBawah, (7) BomoAtas, (8) Karangdoro, (9) Kloposawit, (10) Stail, (11) Kadalpang-Bangil, (12) Welang, (13) Kramat, (14) Pekalen, dan (15) Rondodingo (Gambar 1).

Luas DAS. DAS dengan luas terbesar adalah DAS Rawatamtu (DAS-1) sebesar = 783 km², yang paling sempit adalah DAS BomoAtas = 37 km². Mayoritas DAS sampel memiliki luas diantara 100 sd 400 km².

Bentuk DAS bervariasi antara satu DAS dengan lainnya dan secara kasar dapat diklasifikasikan ke dalam bentuk: (1) Oval/Elips, (2) Triangle Melebar, (3) Memanjang. Bentuk triangel melebar misalnya dijumpai pada DAS: Rawatamtu (DAS-1), Kloposawit (DAS-9), dan Wonorejo (DAS-3). Bentuk memanjang dijumpai pada sebagian besar DAS sampel, yaitu: Mayang (DAS-2), Mujur (DAS-4),

BomoBawah (DAS-6), BomoAtas (DAS-7), Stail (DAS-10), Kadalpang-Bangil (DAS-11), Welang (DAS-12), Kramat (DAS-13), pekalen (DAS-14), dan Rondodingo (DAS-15). Bentuk oval dijumpai pada DAS: Sanenrejo (DAS-5) dan Karangdoro (DAS-8).

Nisbah memanjang (*Elongation ratio = Re*) tertinggi pada Sanenrejo (DAS-5) = 1,2 dan terendah pada DAS BomoAtas (DAS-7) = 0,2. DAS yang lain memiliki nilai *Re* relatif seragam antara 0,3 sd 0,8. Nisbah kebulatan (*Rc*) juga relatif seragam nilainya antara 0,2 sd 0,7. Nilai *Rc* paling berbeda pada DAS-12 = 1,1.

Panjang sungai utama (*L*) berkisar antara 16 sd 56,4 km. Keliling DAS (*P*) berkisar antara 58 sd 152 km. Nilai *Slope-Factor* (*SF*) tertinggi pada DAS-5 (Sanenrejo) = 1,1 dan nilai *SF* terendah pada DAS-10 (Kloposawit) = 0,03. DAS yang lain memiliki nilai *SF* relatif seragam berkisar antara (0,1) sd (0,6).

Lapisan tanah yang ada pada DAS- DAS tersebut mayoritas terdiri dari tanah berjenis: *Andosol*, *Grumosol*, dan *Mediterran*. Hanya beberapa DAS yang memiliki tanah berjenis: Aluvial dan Regosol. Jenis peruntukan lahan utama, terdiri dari: hutan, kebun, ladang, pemukiman, dan sawah irigasi.

Meskipun ada beberapa karakteristik fisik yang relatif dapat diklasifikasikan, tetapi Tabel 1 (Lampiran) dan uraian di atas menunjukkan adanya variabilitas karakteristik fisik yang sangat beragam pada ke lima belas DAS sampel yang dianalisis.

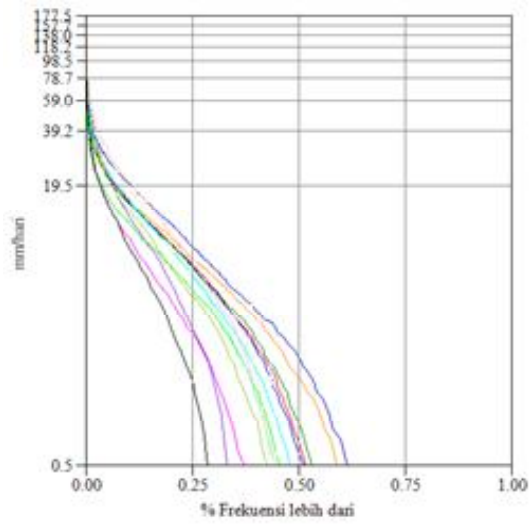
Karakteristik Hujan

Ringkasan nilai statistik untuk Hujan Harian (HH) pada ke lima belas DAS, diberikan dalam Tabel 2a (Lampiran). Selanjutnya Tabel 2b (Lampiran) memuat

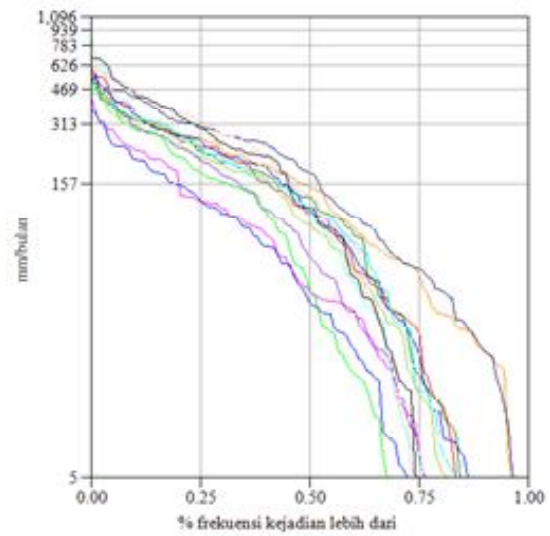
ringkasan nilai statistik untuk Hujan Bulanan (HB) dan Tabel 2c (Lampiran) meringkaskan nilai statistik untuk Hujan Tahunan (HTn).

Hujan Harian maksimal atau hujan 24-jam maksimal (Tabel 2a) sangat bervariasi antara satu DAS dengan DAS lainnya dan terekam antara: 72 s/d 177 mm/hari selama periode analisis. Sementara, Hujan Harian rerata (M-HH) yang jatuh pada ke lima belas (15) DAS berkisar antara: 3 sd 9 mm/hari dan relatif seragam untuk semua DAS. Besarnya HH yang jatuh sangat bervariasi dari satu hari ke hari lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Coefficient of variance* (*CV*) dan Standard Deviasi (*STD*) yang relatif besar, bila dibandingkan terhadap nilai rerata. Grafik pada Gambar (2.a) mengilustrasikan frekuensi kejadian HH yang lebih besar dari batas tertentu. Gambar (2.b) grafik yang sama untuk hujan Bulanan. Hujan tertinggi terjadi pada DAS Kramat, sedangkan frekuensi kejadian hujan terendah pada DAS Bomo Bawah.

Nilai Maksimum Hujan Bulanan terekam sebesar: 1096 mm/bulan (Tabel 2b) dan terjadi pada DAS Kramat (DAS-14). Sedangkan, Hujan Bulanan rerata (M_Hbl) yang jatuh pada masing-masing DAS pada kondisi normal berkisar antara: 80 sd 180mm/bulan. Lebih lanjut, analisis sederhana dengan menggunakan grafik frekuensi kejadian hujan bulanan dapat menunjukkan perbedaan dan persamaan karakteristik hujan bulanan pada ke lima belas DAS tersebut. Misalnya, Gambar 3 menunjukkan ada tiga type distribusi hujan bulanan. Gambar 3a, menunjukkan: Batas atas (terjadi pada DAS-4 dan DAS-6); dan batas Bawah (terjadi pada DAS: 7, 9 dan 13). Selanjutnya, mayoritas DAS memiliki karakteristik distribusi frekuensi kejadian hujan antara ke dua batas tersebut (Gambar 3b).



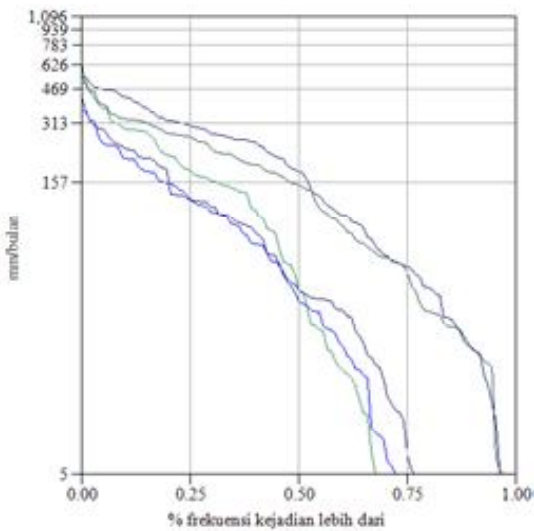
(a)



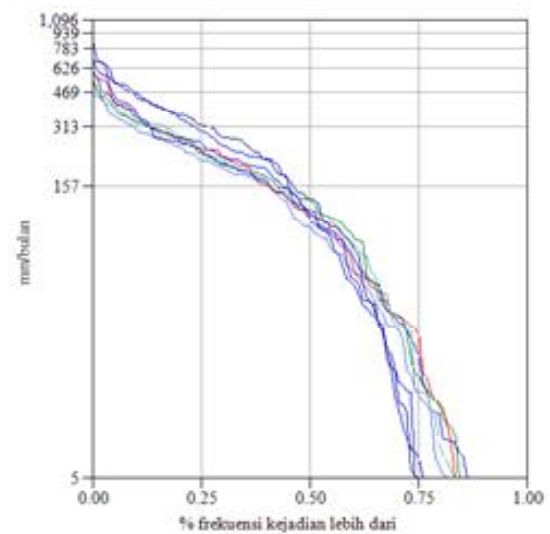
(b)

Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Frekuensi Kejadian Hujan Lebih dari Batas : (a) Hujan Harian (Hh), (b) Hujan Bulanan(HB)



(a)



(b)

Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Karakteristik Hujan Bulanan : (a) Batas Bawah & Atas ; (b) Mayoritas DAS

Nilai Maksimum Hujan Tahunan tercatat sebesar: 4472 mm/tahun pada DAS-14 (Kramat). Hujan Tahunan Rerata (HTR) yang diterima pada masing-masing DAS bervariasi dari: 911 sd 3227 mm/tahun.

Nilai CV untuk Hujan Bulanan berkisar antara (0,8) sd (1,1) dan relatif seragam antar DAS. Sementara nilai Standard Deviasi (STD) berkisar antara 90 sd 243. Besarnya nilai standard deviasi untuk hujan bulanan adalah normal, karena perbedaan tebal hujan yang jatuh sangat mencolok antara bulan pada musim kemarau dan musim penghujan.

Nilai CV Hujan Tahunan berkisar antara (0,1) sd (0,8). Nilai CV hujan tahunan lebih rendah dari pada hujan bulanan. Hal ini menunjukkan variasi tebal hujan setiap tahunnya, yang diterima oleh masing-masing DAS relatif kecil.

Skewness mengukur tingkat simetri dari suatu distribusi. Distribusi frekuensi yang simetri (kiri dan kanan relatif seimbang), dikatakan memiliki nilai *skewness* = 0. Distribusi frekuensi dengan nilai *skewness positif* berarti condong ke kanan dan lebih banyak mempunyai nilai besar. Sebaliknya, distribusi dengan nilai *skewness negatif* disebut sebagai condong ke kiri dan lebih banyak terdiri dari nilai-nilai kecil (Johnston et al., 2001).

Nilai *skewness* pada ke lima belas (15) DAS, baik untuk hujan bulanan maupun tahunan menunjukkan nilai positif semua, yang berarti distribusi frekuensinya condong ke kanan dan proporsi debit besar lebih banyak. Hal ini menunjukkan jumlah bulan dengan hujan yang tinggi masih lebih besar daripada jumlah bulan kering. Artinya, dari satu bulan ke bulan lainnya air relatif tersedia dan hanya pada beberapa bulan saja kekurangan air.

Karakteristik Debit

Periode rekaman data Debit harian yang

digunakan untuk penelitian pada ke limabelas (15) DAS adalah dari: 1 Januari 1996 s/d 31 Desember 2005. Data rentang waktu tersebut selanjutnya diimport ke dalam RAP dan dijadikan sebagai dasar analisa Debit Harian (DH). Dalam penelitian ini digunakan tiga macam analisis terhadap data debit, yaitu: statistik umum, Kurva Durasi Aliran (*Flow Duration Curve*) dan analisa aliran dasar (*base flow*). Hasil statistik umum dan hasil analisis *base flow* diberikan dalam Tabel (5). Selanjutnya, Analisis *Flow Duration Curve* (FCD) dilakukan dengan mengkombinasikan fasilitas yang ada di dalam RAP dan Microsoft Excell.

Besarnya Debit Harian maksimal pada ke lima belas (15) DAS sangat bervariasi. Debit maksimal terendah dijumpai pada DAS-12, sebesar = 32,6 m³/detik, sedangkan nilai debit tertinggi terjadi pada DAS-1 (Rawatamtu), sebesar = 588 m³/detik. Nilai debit harian rerata (*Mean daily flow=MDF*) pada ke lima belas DAS, juga bervariasi 2,1 m³/detik (DAS-7) sd 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 debit harian rerata (MDF) yang besarnya kurang dari 10 m³/detik. Nilai CV debit harian berkisar antara (0,6) sd (1,4). Nilai standard deviasai bervariasi dari (2,6) sd (48,8).

Nilai *skewness* berkisar antara (1,2) sd (2,8). Nilai *skewness* (*Skw*) dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama, DAS dengan nilai *skewness* antara: (1,2) sd (1,5) terdiri dari: DAS-2, DAS-3, DAS-4, DAS-8, DAS-9, DAS-12, DAS-14 dan DAS-15. Kelompok kedua dengan nilai *skewness* antara : (1,9) sd (2,8) terdiri dari: DAS-1, DAS-5, DAS-6, DAS-7, DAS-10, DAS-11, dan DAS-13. Kelompok pertama tergolong DAS-DAS dengan respon lambat. Nilai *Skw* yang besar

menunjukkan DAS yang rawan terhadap banjir, karena kontribusi debit besar yang mendadak terjadi akibat kejadian hujan yang ekstrim.

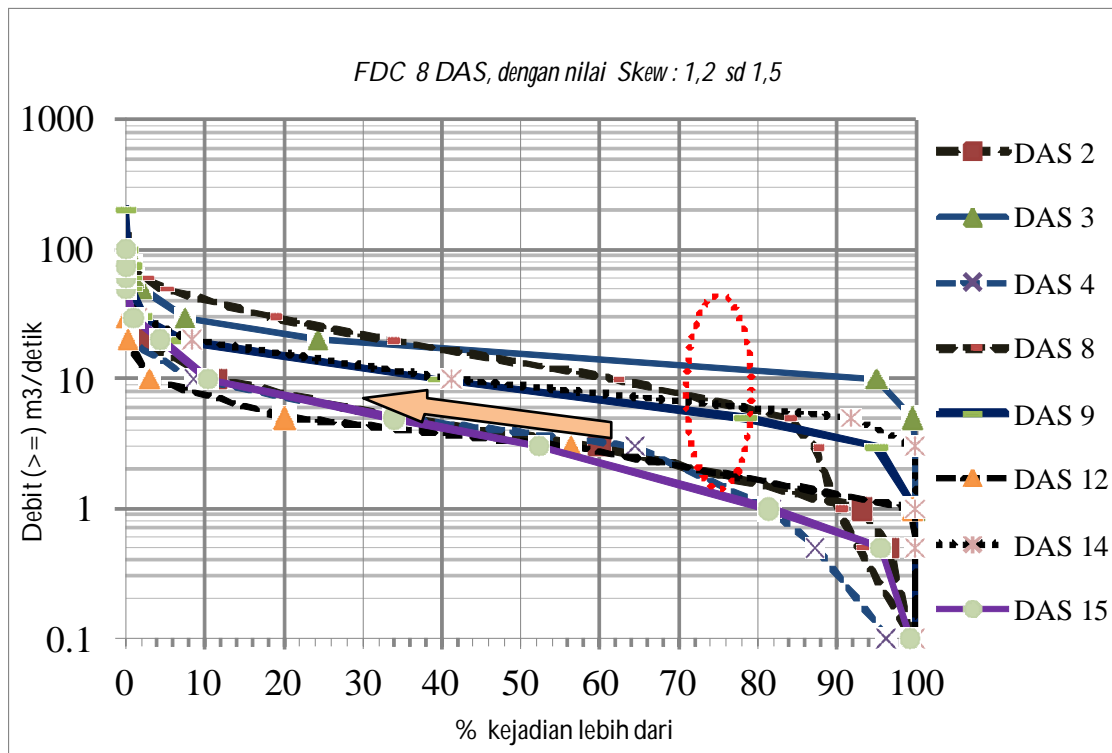
Nilai variabilitas berkisar antara: (-1,1) sd (-7,1). Nilai S_{log} dan $lane$ ke lima belas DAS berkisar antara: (0,2) sd (0,5) dan relatif seragam diantara ke lima belas DAS tersebut.

Grafik FDC ke delapan (8) DAS dengan nilai *skewness* yang kecil (antara 1,2 sd 1,5) ditampilkan pada Gambar 4. Grafik FDC untuk DAS dengan nilai *Skew* $\geq 1,9$ diberikan dalam Gambar 5.

Pola dan bentuk FDC dapat menunjukkan karakteristik hidrologi suatu DAS. Ada berbagai macam metode interpretasi terhadap grafik FDC untuk mendeskripsikan karakteristik hidrologi suatu DAS. Dua metode sederhana berikut dapat sebagai contoh.

Misalnya, dari Gambar 4 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 nilainya $\geq 1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$. Selanjutnya, untuk DAS-8, DAS-9 dan DAS-14 80% kejadian debit nilainya $\geq 5 \text{ sd } 6 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hanya DAS-3 yang memiliki debit dengan frekuensi kejadian 80% dan nilainya di atas $10 \text{ m}^3/\text{detik}$. 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, dll) dapat menggunakan kurva FDC sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan debit minimal yang tersedia.

Selanjutnya, Bentuk FDC juga dapat menunjukkan karakteristik aliran dari suatu DAS. Misalnya, secara umum



Sumber: hasil analisis

Gambar 4. Grafik FDC 8 DAS, dengan Nilai Skew Antara 1, 2 s/d 1, 5

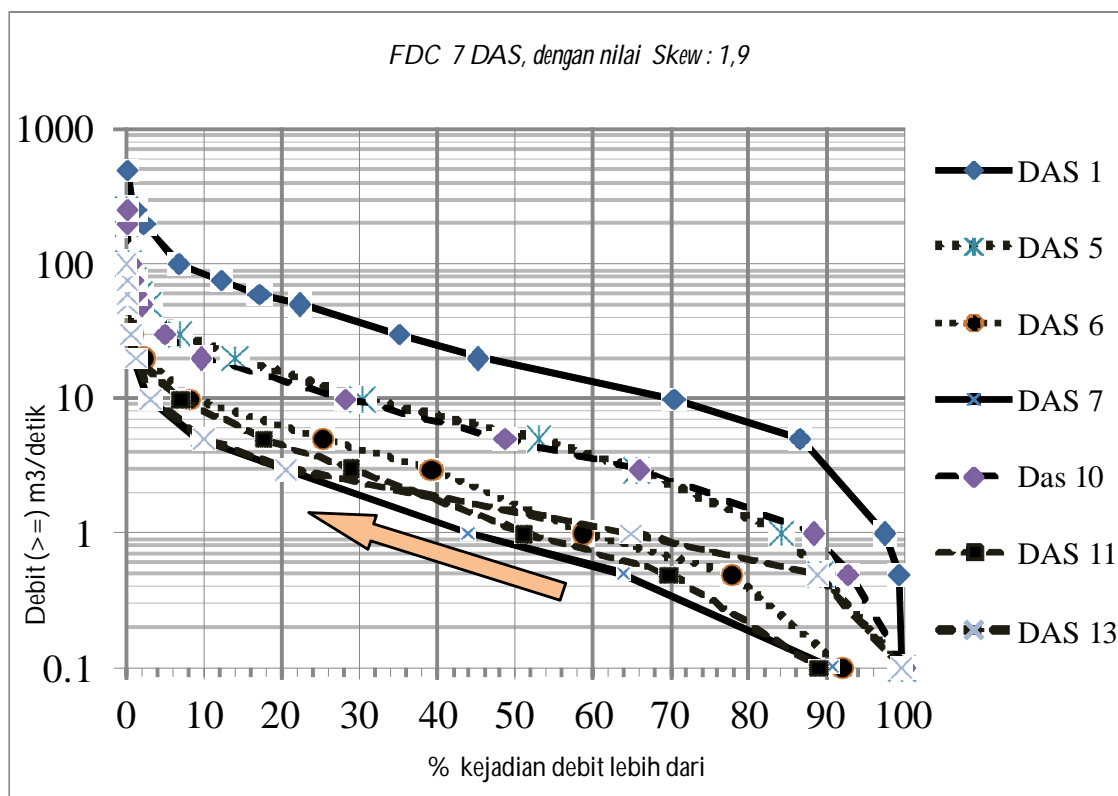
terlihat bahwa kemiringan *Kurva Durasi Aliran (FDC)* yang ada pada Gambar 5 relatif lebih besar bila dibandingkan kemiringan FDC pada Gambar 4. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase aliran dengan nilai debit besar lebih banyak terjadi pada Gambar 5. Nilai debit besar yang terjadi pada Gambar 5 akan berpengaruh terhadap nilai debit rerata, dan nilai skewness distribusi data.

Tabel (3) memuat juga hasil statistik aliran dasar yang digambarkan oleh tiga indeks, yaitu *Base Flow Index (BFI)*, *Flood Flow Index (FFI)* dan *Mean Daily Base Flow (MDBF)*. *BFI* merupakan perbandingan antara: (*Base-flow/Total flow*). *FFI* ditentukan dengan rumus $(1 - \text{Base Flow Index})$. *MDBF* dapat diartikan sebagai nilai rerata harian dari aliran-dasar.

Dari tabel (3) diperoleh: (1) nilai *MDBF* bervariasi dari: $1,0 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada DAS-7 sd $16,2 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada DAS-1; (2) nilai *BFI* berkisar antara: 0,4 sd 0,8 dan (3) nilai *FFI* berkisar antara: 0,2 sd 0,6. Nilai *MDBF* sangat bervariasi dari satu DAS ke DAS lain, hal ini menunjukkan karakteristik spesifik masing-masing DAS. Nilai *MDBF* yang besar menunjukkan kondisi aliran sungai yang relatif besar juga. Sebaliknya nilai *BFI* dan *FFI* relatif seragam untuk semua DAS. Hal ini menunjukkan tingkat *base flow* yang seragam diantara sungai-sungai tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisa menunjukkan bahwa ke lima belas (15) DAS memiliki karakteristik fisik,



Sumber: hasil analisis

Gambar 5. Grafik FDC 7 DAS, dengan Nilai Skew $\geq 1,9$

klimatologi dan hidrologi yang beragam dan spesifik untuk masing-masing DAS. Karakteristik fisik yang bervariasi diwakili oleh karakteristik topografi, prosentase peruntukan lahan, jenis dan kedalaman lapisan tanah. Nilai kerapatan jaringan (*Drainage Density*) relatif seragam antara: 0,1 sd 0,3 km/km².

Peruntukan lahan utama pada ke 15 DAS, terdiri dari: pemukiman, sawah irigasi, sawah tadah hujan, kebun, hutan, ladang. Jenis tanah Andosol, mediteran dan grumosol mendominasi lapisan tanah pada ke 15 DAS. Curah hujan juga bervariasi antara satu DAS dengan lainnya. Hujan harian maksimum berkisar antara: 71 sd 177 mm/hari. Hujan Bulanan rerata antara: 80 sd 262 mm/bulan. Hujan tahunan rerata berkisar antara: 911 sd 3227 mm/tahun. Debit rerata juga bervariasi antar DAS. Nilai Debit harian rerata berkisar antara 2,1

sd 35,2 m³/detik. Rerata Aliran Dasar (*baseflow*) juga berbeda-beda antar DAS dan berkisar antara: 1,0 sd 16,2 m³/detik. Nilai BFI pada ke 15 DAS, berkisar antara 0,4 sd 0,8. Penelitian menunjukkan bahwa metode statistik sederhana melalui kurva durasi Aliran (FDC) dapat menggambarkan karakteristik hidrologi suatu DAS dan dapat digunakan sebagai dasar acuan bagi kalsifikasi DAS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Program Hibah Kompetensi - DP2M-DIKTI Th. 2010 dan 2012. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dinas PU-Pengairan Provinsi Jawa Timur yang telah menyediakan data-data dan semua pihak yang telah memberikan kontribusi terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Blöschl, G., and Grayson, R. 2000. '*Spatial observation and interpolation.*' In : R. Grayson and G. Blöschl,(eds.), *Spatial Pattern in Catchment Hydrology : Observation and modelling*, Cambridge University Press, Cambridge, pp : 17-50.
- Buras, N (Eds). 1997. *Reflections on Hydrology Science and Practise*. American Geophysical Union.
- Croke, B.F.W. and Jakeman A.J. 2004, "A Catchment Moisture Deficit module for the IHACRES rainfall-runoff model", *Environmental Modelling and Software*, vol 19, pp 1-5.
- Croke, B.F.W., Andrews, F., Spate, J., and Cuddy, S., 2004. *IHACRES User Guide, Software Version Classic Plus – V2.0*, ICAM Centre, The Australian National University.
- Croke, B.F.W., Andrews, F., Jakeman, A.J., Cuddy, S. and Luddy, A. 2005. *Redesign of the IHACRES rainfall-runoff model, to appear in the proceedings of the 29th Hydrology and Water Resources Symposium, Engineers Australia, February 2005.*
- Colwell, R.K., 1974. *Predictability, Constancy, and Contingency of Periodic Phenomena. Ecology*, 55: 1148-1153.
- Dye P.J. and B. F. W. Croke 2003, "Evaluation of streamflow predictions by the IHACRES

rainfall-runoff model in two South African catchments", *Environmental Modelling and Software*, vol 18, pp 705-712.

Fleeming, G. 1975. *Computer Simulation Techniques in Hydrology*. El Sevier.

Floyd, C. 1987. *Outline of a Paradigm Change in Software Engineering*. In Bjerknes, G., Eha, P. and Kyng, M (Eds) *Computers and Democracy*. Avebury, Aldershot, UK, and Brookfield, USA

Gordon, N.D., McMahon, T.A. and Finlayson, B.L., 1992. *Stream Hydrology: an Introduction for Ecologists*. John Wiley and Sons, 526 pp.

Grayson, R., Argent, R., Nathan, R., McMahon, T. and Mein, R., 1996. *Hydrological Recipes*. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Melbourne Victoria.

Institution of Engineers Australia, 1997. *Australian Rainfall and Runoff: a Guide to Flood Estimation*, Revised Edition. Institution of Engineers Australia.

Jakeman, A.J., Littlewood, I.G., and P.G. Whitehead., 1990, "Computation of the instantaneous unit hydrograph and identifiable component flows with application to two small upland catchments", *Journal of Hydrology*, vol 117, pp 275-300.

Jakeman, A. J., and Hornberger G. M. 1993, "How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model?", *Water Resources. Research*, vol 29, pp 2637-2649.

Klemes, V. 1986. ' *Dilettantism in hydrology : transition or destiny ?*' *Water Resource Research*, **22**, 9, pp : 177-188.

Littlewood, I.G, K. Down, J.R. Parker and D.A Post. 1997b. *IHACRES Catchment Scale Rainfall-Streamflow Modelling* (PC Version). The Australian National University, Canberra, 99p.

Maidment, D. R. 1993.' *Developing a spatially distributed unit hydrograph by using GIS.*' In : K. KOVAR and H. P. NACHTNEBEL, (Eds.), *HydroGIS'93 : Application of Geographic Information Systems in hydrology and water resources management*, Vienne, Autriche IAHS Publication, n°211, pp : 181-192.

Refsgaard, J. S. 2000. ' *Towards a Formal Approach to Calibration and Validation of Models Using Spatial Data.*' In : R. Grayson and G. Blöschl, (eds.), *Spatial Patterns in Catchment Hydrology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp : 397 + index.

Stewardson, M. and Gippel, C., 2003. *Incorporating flow variability into environmental flow regimes using the flow events method*. *River Research and Applications*, 19: 459-472.

Singh, V. P. 1995. ' *Watershed Modeling.*' In : V. P. Singh, (ed.), *Computers Models of Watershed Hydrology*, Water Resources Publications, Baton Rouge, Louisiana, USA.

Sivapalan, M., Franks, S.W., Takeuchi, K. and Tachikawa, Y., 2005. *International Perspectives on PUB and Pathways Forward*. Chapter 2, in: *Predictions in Ungauged Basins: International Perspectives on the State of the Art and Pathways Forward* (ed. By S.W. Franks, M. Sivapalan, K. takeuchi & Y. Tachikawa), 1 - 14, IAHS Publ. 301. IAHS Press, Wallingford, UK.

Tabel 1. Karakteristik Fisik ke Lima Belas (15) DAS 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 I. (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
Kehling 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
Elongation ratio (nisbah memanjang) (Re)	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
Circulation ratio (nisbah kebulatan) (Rc)	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. Kedalaman Tanah (%):															
Dalam	58.0	91.0	56.0	59.0	88.0	55.0	40.0	94.0	78.0	50.0	36.0	41.0	38.5	60.0	12.5
Dangkal	32.0		22.0	5.0	3.0	15.0	20.0		12.0	25.0	18.0	41.0	38.5	10.0	62.5
Sangat Dangkal			6.0	15.0		15.0			6.0				11.0		12.5
Sedang	10.0	9.0	16.0	21.0	8.0	15.0	40.0	6.0	4.0	25.0	46.0	18.0	12.0	30.0	12.5
4. Tata Guna 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

Sumber: hasil analisis

Tabel 2a. Karakteristik Hujan Harian (mm/hari) pada ke 15 DAS

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Max	71.9	72.4	99.3	124.2	102.5	149.8	103.6	94.5	100.4	118.8	95.2	145.0	83.8	177.5	133.8
P 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P 90	15.8	15.6	15.3	16.1	13.0	19.8	9.8	15.9	11.8	14.1	20.3	16.4	8.8	27.5	18.3
M-HH	5.0	5.0	4.9	5.5	4.0	6.5	2.9	4.8	3.6	4.3	6.1	5.0	2.6	8.6	5.9
Med	0.7	0.6	0.9	1.7	0.0	2.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CV	1.7	1.8	1.7	1.6	2.4	1.6	2.2	1.8	1.8	2.1	1.9	2.0	2.6	1.8	2.0
STD	8.5	8.9	8.2	8.9	9.5	10.3	6.4	8.9	6.7	9.2	11.9	10.2	6.8	15.1	11.7

Sumber: hasil analisis

Tabel 2b. Karakteristik Hujan Bulanan (mm/bulan) pada ke 15 DAS

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Max	573.2	595.2	537.8	612.0	560.0	536.0	418.6	520.0	512.5	453.9	671.1	835.4	368.0	1095.5	679.9
P 10	2.6	2.6	1.6	22.2	0.0	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P 90	363.7	349.3	326.6	327.9	305.0	428.5	232.6	335.9	293.0	303.0	465.3	367.3	207.4	592.3	445.2
M_HBl	151.8	153.6	148.8	166.3	122.5	196.6	87.7	147.0	110.9	131.6	185.7	151.2	79.7	261.8	180.5
Med_HBl	111.5	115.4	134.1	152.7	70.0	178.9	44.8	114.9	47.7	97.4	136.2	111.7	40.0	213.0	118.2
CV	1.0	0.9	0.9	0.8	1.1	0.8	1.1	0.9	1.2	0.9	1.0	1.1	1.1	0.9	1.0
STD	147.3	144.3	134.2	129.9	134.6	152.1	97.0	134.1	131.7	124.0	185.3	169.8	91.2	243.0	189.3

Sumber: hasil analisis

Tabel 2c. Karakteristik Hujan Tahunan (mm/tahun) pada ke 15 DAS

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Min	1327.1	1414.9	1021.0	1144.2	705.0	1451.2					788.0	606.8	398.5	1847.5	1597.2
Max	2621.9	2244.7	2913.4	2924.7	2088.0	3691.3	2390.8	2553.5	2003.1	2571.4	3400.6	3913.6	1317.3	4472.0	3115.1
P 10	1522.1	1538.4	1057.1	1310.9	712.7	1500.9	188.2	806.2	0.0	644.0	1046.5	650.5	656.1	2536.7	1733.8
P 90	2078.4	2091.4	2519.6	2710.6	2014.2	3078.3	2385.9	2398.2	1990.0	2300.1	3079.7	2686.1	1285.2	4171.0	3053.6
M_HHn	1812.1	1831.7	1753.6	1987.5	1478.6	2350.9	1079.2	1732.8	1311.0	1578.5	2216.3	1828.6	911.3	3227.3	2230.0
Med_HHn	1778.4	1838.5	1630.4	2048.9	1544.8	2430.8	918.7	2075.0	1649.0	1897.4	2408.5	1791.5	850.5	2997.8	1993.0
CV	0.2	0.1	0.4	0.3	0.4	0.3	0.8	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.3	0.3	0.3
STD	369.3	268.4	684.3	619.0	537.5	760.0	893.9	834.2	830.1	831.3	867.9	1037.6	295.4	823.6	565.6

Sumber: hasil analisis

- Keterangan :
- Tanggal analisis : 04 Agustus 2012 ; data kosong tidak diikutkan dalam perhitungan. Periode data yang digunakan: 01 – 01 – 1997 sd 31-12-2005;
- Musim hujan diasumsikan mulai : 01 Oktober sd 31 April;
 musim kemarau dari : 01 Mei sd 30 September.
- Max : hujan maksimal; STD : standard deviasi;
 P10 : percentile 10; Skw : nilai kemencengan distribusi;
 P90 : percentile 90; M_Hbl : rerata hujan bulana;
 MHH : nilai rerata hujan harian ; Med_Hbl : median hujan bulanan;
 Med : nilai median hujan harian ; M_HTn : hujan tahunan rerata;
 CV : coefficient of variance; Med-HTn : median hujan tahunan.

Tabel 3. Karakteristik Debit Harian pada ke 15 DAS (DH = m³/detik)

Ringkasan Nilai Statistik Umum dan Karakteristik distribusi data

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
No DAS (sesuai dengan Gambar 1)															
Statistik Umum															
M _{in}	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
M _{ax}	588.0	70.5	196.1	51.5	283.0	89.6	99.0	205.4	242.8	498.0	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
Z _{cr}	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
Analisis Baseflow															
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
FHI	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

Sumber: hasil analisis

Keterangan :

Tanggal analisis : 04 Agustus 2012 ; data kosong tidak diikutkan dalam perhitungan;

Periode yang digunakan : 01 – 01 – 1996 sd 31-12-2005;

Musim hujan diasumsikan mulai : 01 oktober sd 31 April; musim kemarau dari: 01 mei sd 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 Baseflow