

## IDENTIFIKASI CURAH HUJAN UNTUK ANTISIPASI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL: STUDI KASUS DAS DI JABODETABEK

**M. Fakhrudin dan Unggul Handoko**

Pusat Penelitian Limnologi LIPI

Email: mfakhrudin@limnologi.lipi.go.id

### ABSTRAK

*Curah hujan merupakan unsur cuaca yang sangat berpengaruh terhadap siklus hidrologi suatu kawasan DAS. Dalam sistem hidrologi DAS curah hujan merupakan masukan, ketika curah hujan berubah maka luaran yang dihasilkan oleh DAS yang berupa hasil air (water yield) juga akan berubah. Perubahan iklim global dapat meningkatkan curah hujan ekstrem, musim kemarau sangat kering dan sebaliknya ketika musim penghujan curah hujan sangat besar. Jabodetabek merupakan pusat perekonomian nasional yang penduduknya sangat padat, sehingga untuk menopang aktivitas pembangunan memerlukan ketersediaan air yang memadai, tetapi ketika hujan sarana dan prasarana pembangunan juga terhindar banjir. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi curah hujan DAS di Jabodetabek dalam kaitannya dengan perubahan iklim global. Metode yang digunakan adalah dengan menganalisa data curah hujan pada beberapa stasiun hujan dengan menggunakan parameter : jumlah hari dengan curah hujan  $\geq 10$  mm ( $R10$ ), maksimum total curah hujan selama 5 hari yang berurutan ( $R5d$ ), jumlah maksimum hari kering yang berurutan ( $CDD$ ), dan perbandingan antara curah hujan dengan hari hujan dalam setahun ( $SDII$ ). Hasil analisa terhadap 13 stasiun curah hujan selama 24 – 35 tahun di DAS Jabodetabek menunjukkan bahwa parameter  $R5d$  sebagian besar (85%) mempunyai kecenderungan meningkat dan sebagian kecil (15%) mengalami penurunan. Pola kecenderungan yang sama juga untuk parameter  $CDD$ . Sedangkan untuk parameter  $R10$  dan  $SDII$  pola curah hujan terjadi sebaliknya, sebagian besar (85%) mengalami penurunan untuk parameter  $R10$  dan curah hujan dengan parameter  $SDII$  sebesar 65% mengalami penurunan.*

*Kata kunci : curah hujan, perubahan iklim, siklus hidrologi, DAS*

### PENDAHULUAN

Perubahan iklim global pada dasarnya dipengaruhi oleh peningkatan temperatur rata-rata dunia merupakan efek rumah kaca, yang disebabkan oleh peningkatan emisi gas-gas seperti karbondioksida ( $CO_2$ ), metana ( $CH_4$ ), dan dinitroksida ( $N_2O$ ) sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi.

Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil sejak revolusi industri telah menaikkan konsentrasi  $CO_2$  dari sekitar 280 ppm (sebelum revolusi industri) menjadi 379 ppm (2005). Konsentrasi global  $CH_4$  di atmosfer sebelum revolusi industri sekitar 715 ppb, dan menjadi 1774 ppb pada tahun 2005. Hal ini berarti bahwa konsentrasi  $CO_2$  dan  $CH_4$  pada tahun 2005 merupakan nilai tertinggi dalam 650.000 tahun terakhir (IPCC WGI 4<sup>th</sup> Assessment Report). Jika laju emisi saat ini terus berlangsung, diperkirakan pada akhir abad ke 21 konsentrasi  $CO_2$  mencapai

535-983 ppm. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi CH<sub>4</sub> peningkatan suhu diperkirakan akan berkisar 1,4 - 5,6 °C.

Perubahan penggunaan lahan juga memiliki dampak pada iklim, deforestasi dan perubahan penggunaan lahan dari perkebunan/ pertanian menjadi perumahan/perkantoran, sehingga mengurangi penyerapan karbon dioksida di udara dan penyerapan atau pemantulan sinar matahari.

Perubahan iklim global menyebabkan terjadinya pergeseran musim, dimana musim kemarau akan berlangsung lebih lama sehingga menimbulkan bencana kekeringan yang berkepanjangan. Tetapi pada musim hujan akan berlangsung dalam waktu singkat. Pada sumberdaya perairan darat dampak perubahan iklim global ini dapat mengakibatkan pola fluktuasi muka air, juga berakibat pada perubahan ekosistem perairan. Perairan menjadi sangat dangkal (volume air berkurang) dan peningkatan suhu udara karena panas matahari dapat mencapai lebih dalam lagi. Selain itu, pada daerah yang mempunyai ketinggian (altitude) rendah dampak perubahan iklim akan semakin parah, karena pasang air laut dapat mencapai wilayah tersebut dan apabila ini terjadi seluruh ekosistem berubah total. Proyeksi Armi Susandi - ITB pada tahun 2100 kenaikan permukaan air laut di Indonesia sebesar 1,1 meter dan ini menyebabkan dataran seluar 90.260 km<sup>2</sup> akan tenggelam.

Perubahan iklim global meningkatkan kejadian ekstrim, seperti curah hujan ekstrim, suhu udara ekstrim, dan intensitas badai ( Frich, et al, 2002). Curah hujan ekstrim adalah kondisi curah hujan yang cukup tinggi/rendah dari rata-rata kondisi normalnya. Secara garis besar, curah hujan ekstrim dapat dibedakan menjadi curah hujan ekstrim basah yang mengakibatkan banjir, dan curah hujan ekstrim kering yang berdampak kekeringan.

Begitu pentingnya informasi curah hujan ekstrim untuk antisipasi bencana alam banjir dan kekeringan sebagai akibat dari adanya dampak perubahan iklim global, maka diperlukan informasi kondisi hujan ekstrim yang terjadi di suatu wilayah. Untuk itu, kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi curah hujan di DAS kawasan Jabodetabek dalam kaitannya dengan perubahan iklim global. Diharapkan hasil kajian ini dapat menjadi salah satu dasar dalam mengantisipasi

perubahan iklim global, khususnya dalam pengelolaan sumberdaya air di wilayah Jabodetabek.

## METODOLOGI

### Pengumpulan Data

Kajian ini menggunakan data curah hujan harian dari beberapa stasiun curah hujan terpilih pada DAS di Jabodetabek. Pemilihan stasiun curah hujan berdasarkan waktu perekaman paling pendek 24 tahun. Sedangkan data karakteristik fisik DAS di Jabodetabek dikumpulkan dari data sekunder atau dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Adapun data curah hujan berasal dari stasiun-stasiun curah hujan di Jabodetabek yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Stasiun curah hujan DAS di Jabodetabek

No.	Nama Stasiun	Altitude (m dpl)	Data yang Ketersediaan
1	Gn Mas	1.100	1981 – 2008
2	Ciawi	495	1979 - 2008
3	Muara	270	1973 - 1997
4	Cimanggu	240	1977 - 2002
5	Empang	234	1973 - 2008
6	Atang Sanjaya	166	1980 - 2004
7	Halim PK	30	1984 - 2008
8	Cilledug	26	1984 - 2008
9	Pakubuono	22	1984 - 2008
10	Tangerang	19	1984 - 2008
11	Cengkareng	9	1979 - 2008
12	BMG	7	1984 - 2008
13	Tg. Priok	2	1984 - 2008

### Pengolahan dan Analisa Data

Untuk mengetahui keekstriman curah hujan pada DAS di Jabodetabek menggunakan parameter-parameter yang dikembangkan oleh Frich, et al (2002), yaitu :

- a. R10, yaitu jumlah hari dengan curah hujan  $\geq 10$  mm
- b. R5d, yaitu maksimum total curah hujan selama 5 hari yang berurutan

- c. CDD (*Consecutive Dry Days*), yaitu jumlah maksimum hari kering (< 1 mm) yang berurutan.
- d. SDII (*Simple Daily Intensity Index*), yaitu perbandingan antara curah hujan dengan jumlah hari hujan dalam setahun.

Berdasarkan seri data curah hujan di seluruh stasiun terpilih pada DAS di wilayah Jabodetabek dilakukan penilaian keekstriman dengan kriteria-kriteria seperti tersebut di atas, kemudian dilakukan analisis deskriptif berdasarkan grafik dan kecenderungan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Diskripsi Fisik Daerah Kajian

Daerah kajian secara administrasi pemerintahan termasuk pada Kabupaten Bogor, Kotamadya Bogor, Kotamadya Depok, Kabupaten Bekasi, Kotamadya Bekasi, Kabupaten Tangerang, Kotamadya Tangerang dan DKI Jakarta. Sedangkan menurut Daerah Aliran Sungai meliputi delapan sungai, yaitu : Sungai Pesanggrahan, Sungai Grogol, Sungai Krukut, Sunai Ciliwung, Sungai Cipinang, Sungai Sunter, Sungai Cakung, Sungai Bekasi dan Sungai Cisadane. DAS Cisadane merupakan DAS yang terbesar  $1.256 \text{ km}^2$  disusul DAS Bekasi ( $389 \text{ km}^2$ ), DAS Ciliwung ( $326 \text{ km}^2$ ), DAS Pesanggrahan ( $104 \text{ km}^2$ ), DAS Krukut ( $92 \text{ km}^2$ ), dan DAS Sunter ( $77 \text{ km}^2$ ).

DAS Bekasi-Ciliwung-Pesanggrahan terletak pada dataran landai, bergelombang hingga pegunungan. Sebagian besar sekitar 62 % merupakan daerah datar dengan kemiringan lereng lebih kecil dari 7%, wilayah yang mempunyai kemiringan lereng antara 8 – 15 % sebesar 21.674 ha atau sekitar 19 %, dan lereng yang lebih besar lagi atau antara 16 – 30 % seluas 10.857 ha, serta wilayah yang kemiringannya diatas 30% seluas 9.445 ha (8 %). Daerah berbukit atau bergelombang , yaitu mulai dari Kedungbodak ke arah selatan sampai daerah Tugu selatan (1057 m), semakin ke arah selatan dan timur termasuk daerah pegunungan yang merupakan batas DAS seperti, Gunung Halimun (1665 m), Gunung Kencana (1796 m), Gunung Mega Mendung (1672 m) dan Gunung Pangrango (3019 m).

Sedangkan topografi DAS Cisadane bervariasi mulai datar hingga sangat

curam. Di bagian hulu terutama Gunung Salak dan Gunung Pangrango kemiringan lerengnya sebagian besar termasuk agak curam hingga curam, dan pada wilayah yang sempit terutama dekat Puncak kemiringan sangat curam. Kemiringan lereng agak curam hingga curam juga dijumpai di bagian tengah di sebelah barat Rumpin. Di bagian tengah kemiringan lerengnya sebagian besar datar hingga landai. Di bagian hilir kemiringan lerengnya kurang dari 3%. Elevasi pada DAS Cisadane sebagian besar berada dibawah 100 m dari permukaan air laut dan yang berkisar antara 2.000 - 3.000 m dpl berada di sekitar puncak Gunung Pangrango, Gunung Salak dan Gunung Halimun.

### Siklus Hidrologi dan Perubahan Iklim Global

Siklus hidrologi merupakan dasar untuk memahami distribusi dan mekanisme proses dinamika air di alam. Siklus ini dimulai dengan penguapan air dari permukaan air (air laut dan air tawar), permukaan tanah dan vegetasi. Uap yang dihasilkan diangkut oleh udara yang bergerak, pada kondisi tertentu uap tersebut dipadatkan membentuk awan-awan dan selanjutnya berubah menjadi presipitasi.

Air hujan jatuh ke permukaan bumi ada sebagian mengenai tanaman, dan sebagian lagi langsung kepermukaan bumi, air ini ada yang dikembalikan lagi ke atmosfir melalui penguapan dari permukaan tanah atau permukaan air dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Sebagian lagi mengalir melalui permukaan dan bagian atas tanah menuju aliran sungai, sementara sebagian lagi masuk lebih jauh ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Di bawah pengaruh gaya gravitasi, aliran air permukaan (*surface run-off*) dan air tanah sama-sama bergerak menuju tempat yang lebih rendah yang pada akhirnya menuju laut.

Air permukaan yang dibutuhkan untuk kehidupan adalah air yang terdapat dalam proses siklus hidrologi. Siklus ini terdiri dari berbagai unsur-unsur yang saling mempengaruhi dan berdampak pada ketersediaan sumber daya air baik dalam skala ruang maupun waktu. Perubahan iklim global yang akhir-akhir ini menjadi isu yang sangat menarik dapat mempengaruhi unsur-unsur yang terdapat dalam siklus hidrologi.

Dampak dari perubahan iklim antara lain : kenaikan suhu udara, perubahan durasi musim kemarau yang semakin lama atau musim penghujan yang cepat, dan kenaikan rata-rata paras air laut. Durasi musim kemarau yang panjang itu menyebabkan luasan/volume air permukaan semakin kecil, dan kondisi ini diperparah lagi dengan kenaikan suhu udara yang memperbesar evaporasi, sehingga mengancam ketersediaan air permukaan (danau, waduk, rawa).

Durasi musim penghujan yang pendek menyebabkan bagian curah hujan yang menjadi aliran permukaan semakin besar karena intensitas hujan yang semakin meningkat, sehingga ketika musim penghujan kondisi permukaan air danau, rawa, sungai meningkat secara dratis, bahkan dibeberapa daerah menyebabkan banjir. Perubahan pola regim hidrologi ini juga mempengaruhi integritas ekosistem di suatu perairan darat.

## **Analisa Pola Hujan dan Perubahan Iklim Global**

### **Hujan Deras**

Analisa pola perubahan kejadian hujan deras di daerah kajian dilakukan analisis kecenderungan selama beberapa tahun. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian pada saat musim hujan (bulan November sampai Februari) dari 27 stasiun penakar curah hujan. Definisi kejadian hujan deras diklasifikasikan menjadi 3 kejadian hujan deras, yaitu : a. rata-rata curah hujan yang terjadi diatas 15 mm dan kejadian ini terjadi sedikitnya 25% dari total stasiun penakar curah hujan, b. curah hujan diatas 15 mm dan kejadian ini terjadi sedikitnya 50% dari stasiun penakar curah hujan, dan c. tinggi hujan diatas 15 mm dan kejadian ini terjadi sedikitnya 75% dari total stasiun penakar curah hujan.

Berdasarkan tiga kriteria hujan deras tersebut menunjukkan bahwa daerah kajian dari tahun ketahun mempunyai kecenderungan semakin meningkat, kecuali pada tahun-tahun kering (El Nino), misalnya tahun 1992 dan 1997. Hal ini mempunyai arti bahwa kecenderungan prosentase air hujan yang menjadi aliran permukaan akan semakin besar, akibatnya adalah potensi banjir dan kekeringan di wilayah Jabodetabek akan semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Jumlah dan kerapatan kejadian hujan deras dapat dipicu oleh faktor musim maupun kondisi meteorologi setempat. Kajian iklim dapat dianalisa pada skala

global, menengah maupun kecil. Kajian iklim pada skala menengah umpamanya berkaitan dengan variasi dan dinamika iklim pada suatu wilayah seluas beberapa kilometer persegi. Iklim meso mencakup karakteristik iklim pada skala menengah tersebut. Faktor iklim meso pada daerah kajian diperkirakan telah cenderung mengalami perubahan akibat adanya perubahan fungsi lahan.

Naiknya udara yang banyak mengandung uap air sebagai bahan baku hujan ke lapisan atas atmosfer dapat terjadi melalui tiga tipe, yakni : secara konveksi, orografis, dan frontal. Naiknya udara dari lapisan bawah atmosfer secara konveksi adalah akibat suhu udara lapisan bawah ini lebih tinggi, sehingga udara tersebut memuai dan menjadi lebih ringan, kemudian udara dingin pada lapisan atas akan turun karena lebih berat.

Dilihat dari kondisi topografi dan faktor penggunaan lahan daerah kajian terdapat tiga faktor yang mempengaruhi pola kejadian hujan. Pertama faktor musim, daerah kajian mengalami musim hujan pada bulan Oktober-April. Kedua faktor orografis terutama di bagian wilayah hulu dimana kejadian hujan banyak dipengaruhi oleh proses hujan orografis. Ketiga faktor pemanasan lokal yang menyebabkan terjadinya hujan konvektif.

Pembukaan hutan untuk lahan pertanian atau permukiman juga akan menyebabkan perubahan pola cuaca pada skala meso, dimana pada wilayah yang dibuka ini akan menjadi lebih tinggi suhunya dibanding dengan wilayah sekitarnya yang masih ditutupi oleh vegetasi alami. Pulau panas dapat pula terbentuk , tetapi tentu saja dengan suhu maksimal yang tidak setinggi pada pusat perkotaan. Suhu yang lebih tinggi menyebabkan udara memuai (kerapatannya menurun) sehingga lebih merangsang udara dari wilayah sekitarnya untuk bergerak menuju wilayah perkotaan. Pergerakan udara ini akan membawa awan, sehingga penutupan awan di wilayah perkotaan menjadi lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan hujan yang lebih besar untuk wilayah perkotaan.

Wilayah perkotaan seperti Jakarta sering disebut sebagai pulau panas (*heat island*) karena suhu udara di perkotaan yang lebih tinggi dari wilayah sekitarnya. Suhu udara yang lebih tinggi di pusat perkotaan disebabkan selain faktor pemakain kendaraan bermotor dan industry, juga dipengaruhi oleh sedikitnya lahan yang bervegetasi. Keberadaan vegetasi atau permukaan air dapat

menurunkan suhu, karena sebagian energi radiasi matahari yang diserap permukaan akan dimanfaatkan untuk menguapkan air dari jaringan tumbuhan atau langsung dari permukaan air atau permukaan padat yang mengandung air.

Semakin banyaknya kegiatan konversi lahan di daerah kajian menjadi lahan yang lebih kedap air dan semakin banyak memantulkan kembali radiasi matahari maka semakin besar peluang munculnya *heat island* yang dapat menyebabkan perubahan iklim meso dan peningkatan peluang jumlah dan intensitas kejadian hujan deras.

### **Keekstriman Curah Hujan**

Seperi telah diuraikan di atas bahwa untuk menganalisa keekstriman curah hujan wilayah Jabodetabek menggunakan parameter yang dikembangkan oleh Frich, et al (2002), yaitu : R10 (jumlah hari dengan curah hujan  $\geq 10$  mm/hari), R5d (maksimum total curah hujan selama 5 hari yang berurutan), CDD (jumlah maksimum hari kering  $< 1$  mm/hari yang berurutan), dan SDII (perbandingan antara curah hujan dengan hari hujan dalam setahun). Hasil analisis kondisi ekstrim curah hujan dari grafik-grafik kecenderungan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kecenderungan kondisi ekstrim dan curah hujan tahunan daerah kajian

No	Nama Stasiun Hujan	Trend Perubahan dari Tahun ke Tahun				
		R10	R5d	CDD	SDII	Hujan Tahunan
1	Gunung Mas	turun	naik	naik	turun	turun
2	Ciawi	turun	turun	turun	turun	turun
3	Muara	turun	naik	naik	naik	turun
4	Cimanggu	turun	turun	turun	turun	naik
5	Empang	turun	naik	turun	turun	turun
6	Atang Sanjaya	turun	naik	turun	turun	turun
7	Halim PK	naik	naik	naik	naik	turun
8	Ciledug	turun	naik	naik	naik	turun
9	Pakubuono	turun	naik	naik	turun	turun
10	Tangerang	turun	naik	naik	turun	turun
11	Cengkareng	naik	naik	turun	naik	turun
12	BMG	nurun	naik	naik	naik	turun
13	Tanjung Priok	turun	naik	naik	turun	naik
Persentase naik		15	85	62	38	15
Persentase turun		85	15	38	62	85

Tabel di atas menunjukkan bahwa maksimum curah hujan selama 5 hari berturut-turut (R5d) kecenderungan semakin meningkat dari tahun ke tahun (85% dari 13 stasiun yang dianalisis). Begitu juga jumlah maksimum hari kering pertahun (CDD) juga mengalami kecenderungan yang semakin meningkat (62% dari 13 stasiun yang dianalisis). Bila berdasarkan kedua parameter R5d dan CDD menunjukkan bahwa hujan lebat semakin meningkat pada musim penghujan curah, tetapi hari-hari kering akan semakin lama terjadi di wilayah Jabodetabek. Kondisi ekstrim ini merupakan indikasi awal telah terjadi perubahan iklim global di wilayah Jabodetabek.

Penelitian mengenai perubahan curah hujan ekstrim juga dilakukan di Australia, hasilnya menunjukkan bahwa intensitas curah hujan dan jumlah hari-hari kering meningkat cukup signifikan selama abad ke-21 dan dimasa yang akan datang curah hujan ekstrim ini akan semakin besar (CSIRO, 2007).

Bila berdasarkan jumlah maksimum hari dengan curah hujan  $> 10 \text{ mm}$  (R10) menunjukkan bahwa sebagian besar (85%) mempunyai kecenderungan yang semakin turun dari tahun ke tahun. Pola kecenderungan yang semakin turun juga terjadi untuk indek intensitas harian (SDII) yang mencapai 62% dari 13 stasiun yang dianalisa datanya. Parameter R10 dan SDII ini mungkin kurang sesuai untuk diterapkan pada kasus di Jabodetabek, mengingat curah hujan tahunan sebagian besar (85%) stasiun yang diamati mengalami penurunan dan hanya 15% yang mengalami sedikit peningkatan dan bahkan dapat dikatakan tetap. Hal lain yang mungkin ketidak sinkronan keempat parameter kondisi ekstrim curah hujan adalah kurang lamanya data pengamatan curah hujan (data curah hujan yang tersedia berkisar antara 24 sampai 35 tahun).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kondisi curah hujan ekstrim yang menggunakan parameter maksimum curah hujan selama 5 hari berturut-turut (R5d) yang naik dan jumlah maksimum hari kering pertahun (CDD) yang naik, serta didukung oleh penurunan curah hujan tahunan dan kecenderungan peningkatan hujan deras menunjukkan indikasi awal telah terjadi perubahan iklim global di wilayah Jabodetabek.

Mengingat perkembangan kawasan Jabodetabek meningkat pesat tetapi kondisi curah hujan ekstrim yang semakin meningkat dan curah hujan tahunan

yang mempunyai kecenderungan menurun. Kondisi ini mengakibatkan potensi banjir dan kekeringan yang berkepanjangan semakin besar dimasa yang akan. Oleh karena itu disarankan untuk mengintensifkan usaha-usaha menambah kawasan hijau dan meningkatkan prosentase air hujan yang meresap ke dalam tanah, serta penghematan pemakaian energi yang berasal dari fosil (BBM).

## DAFTAR PUSTAKA

- CSIRO, Australian Bureau of Meteorology. 2007. *Climate change in Australia: technical report 2007*. CSIRO. 148 pp.
- E. Kostopoulou and P.D. Jones. 2005. Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics Journal* 89, 69–85 (2005)
- Frich,et al. 2002. Observed Coherent Changes In Climatic Extremes During The Second Half Of The Twentieth Century. *Journal Climate Research*, Vol. 19: 193–212.
- Fakhrudin, dkk. 2008. Akuntansi Dampak dan Pengendalian Banjir Sebagai Dasar Penyusunan Kebijakan di kawasan Jabopunjur. *Laporan Akhir Kumulatif*. Puslit Limnologi LIPI. Bogor. 97 hal.
- Hendro Wibowo, dkk. 2003. Pengelolaan Sumberdaya Perairan DAS Cisadane. *Laporan Akhir Pengembangan Riset Unggulan Kompetitif* LIPI, Puslit Limnologi LIPI. Bogor. 56 hal.
- Kusunoki, Shoji and Kamiguchi, Kenji. 2009. Change In Precipitation Extremes Indices Due To Global Warming Projected By A 20-Km Mesh Global Atmospheric Model, The Sixth International Scientific Conference on the Global Energy and Water Cycle and the Second Integrated Land Ecosystem-Atmosphere Processes Study (iLEAPS) Science Conference,2428 Aug 2009,Melbourne,Australia,
- Ludwig.F, Kabat.P, Schaik.H, and Valk.M. 2009. Climate Change Adaptation in The Water Sector. Earthscan. UK and USA. 274 pp.
- Riandi, Andi Renald. 2008. Upaya Antisipatif Perubahan Iklim Dari Bidang Penataan Ruang. Catatan dari Poznan – Polandia, 1 – 12 Desember 2008.
- Santoso, Sigit. 2009. Perubahan Iklim Global: Pentingnya Data Geografi.
- Visa, Juniarti. 2005. Kejadian Curah Hujan Ekstrim Di Sumatra (Palembang, Jambi Dan Lampung). *Prosiding Seminar Nasional Universitas Gadjah MadaYogjakarta*.

## **DISKUSI**

- Penanya : Sutamiharja (UI)
- Pertanyaan : Terjadi fluktuasi debit musim kering dan musim hujan, yang stabil di bagian tengah DAS. Apakah ada batasan rasio agar DAS tidak kritis?
- Jawaban : Bagian tengah DAS memang lebih stabil. Di DAS Cisadane, ada kecenderungan debit maksimum dan debit minimum semakin naik. Kecenderungan naik turunnya debit bersifat local, sehingga tidak ada patokan untuk dipakai di seluruh Indonesia. Salah satu pengaruh iklim global adalah hujan deras semakin tinggi, sementara kemampuan lahan terbatas sehingga menimbulkan banjir maupun kekeringan.
- Penanya : Susanto (LAPAN)
- Pertanyaan : Apakah ada data penginderaan jauh yang digunakan dalam kajian ini?
- Jawaban : Dalam kajian ini, data penginderaan jauh seperti citra belum digunakan untuk analisis curah hujan.

## **CATATAN**

Data tabel kecenderungan kondisi ekstrim dan curah hujan di daerah kajian sebaiknya ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga lebih mudah dimengerti pembaca.