

**PENGARUH SIFAT HUJAN DAN KARAKTERISTIK BIOFISIK DAS
TERHADAP DEBIT BANJIR DAS KALIGARANG SEMARANG**
(*Effect of Watershed Rainfall and Biophysics characteristic
toward Flood Debit of Kaligarang Watershed, Semarang*)

Popi Rejekiningrum dan Budi Kartiwa

Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor

ABSTRACT

Flood occurs because river bank can no longer receive and hold excessive debit from the river. Flood might happen in a watershed that has damaged hydrologic function. Water holding capacity of the watershed is very low so that most of rain water will become runoff and flow directly to the river. In watershed management activity, especially flood control, a study on characterization and watershed biophysics analysis should be done. This preliminary study will supply information in decision making before carrying out further activity like terracing and building of embung and infiltration well, etc. The result from the research shows that the area of Kaligarang watershed is 22.005 ha, while area of upper Kaligarang watershed is 7.000 ha, maximum peak debit tend to increase from 322 m³/sec. in 1987 to 1.554 m³/sec in 1990. Q_{max}/Q_{min} is also tend to increase from 173 in 1976 to 251 in 1990. Based on the analysis of rain and hourly debit during the year of 1996 it is known that in the episodes of 8-10 January, 19-20 January and 25-26 January 1996 the intensity of rainfall for each episode that occurred were 0,51; 0,13 and 0,21 mm/minute; response time of the watershed were 4,5; 3,5 and 3,5; time lag were 4,5; 3,5 and 4,5 hours; peak debit were 38,8; 45,6 and 85,3 m³/sec.; debit volume were 543,540; 900,360 and 526,536 m³; runoff volume were 333,540; 624,890 and 313,597 m³; base flow volume were 209,574; 275,470 and 212,939 m³; and runoff coefficient were 0,155; 0,215 and 0,128.

Keyword: rainfall characteristic, watershed, characteristic biophysics, debit, flood.

ABSTRAK

Banjir terjadi karena bantaran sungai sudah tidak mampu lagi menampung luapan debit sungai. Selain itu, banjir dapat terjadi pada sebuah DAS yang sudah mengalami kerusakan fungsi hidrologis, sehingga pada saat terjadi hujan, air hujan yang sampai di permukaan tanah akan langsung dialirkan menuju badan sungai, tanpa mampu ditahan lebih lama oleh sistem DAS tersebut. Dalam melaksanakan kegiatan pengelolaan DAS, khususnya pengendalian banjir, perlu dilakukan studi karakterisasi dan analisis biofisik DAS. Hal ini dilakukan untuk memperoleh informasi awal sebelum kita melangkah lebih lanjut melaksanakan kegiatan pengendalian banjir seperti pembuatan teras, embung, sumur resapan dan lain sebagainya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas DAS Kaligarang sebesar 22.005 ha, sedangkan luas sub DAS Kaligarang Hulu sebesar 7.000 ha, debit puncak maksimum cenderung meningkat dari tahun 1987 hingga 1990 pada kisaran 322 m³/dt hingga 1554 m³/dt, nilai Q_{maks}/Q_{min} juga cenderung meningkat dari tahun 1976 hingga 1990 yaitu berkisar antara 173 hingga 251, berdasarkan hasil analisis hujan dan debit jam-jaman selama tahun 1996 didapatkan bahwa pada episode hujan 8-10 Januari, 19-20 Januari, serta 25-26 Januari 1996 intensitas hujan yang terjadi masing-masing sebesar 0,51; 0,13; dan 0,21 mm/menit; waktu respon DAS sebesar 4,5; 3,5; dan 3,5; sedangkan *time lag* sebesar 4,5; 3,5; dan 4,5 jam; debit puncak 38,8; 45,6; dan 85,3 m³/dt; volume debit sebesar 543,540; 900,360; dan 526,536 m³; volume aliran permukaan sebesar 333,540; 624,890; dan 313,597 m³; volume aliran dasar 209,574; 275,470; 212,939 m³ dan koefisien aliran permukaan masing-masing sebesar 0,155; 0,215; dan 0,128.

Kata kunci: sifat hujan, DAS, karakteristik biofisik, debit, banjir.

PENDAHULUAN

Kejadian banjir Kaligarang selain telah menimbulkan korban harta, juga telah menyebabkan korban jiwa, terganggunya aktifitas perekonomian, menimbulkan trauma masyarakat bahkan dapat mengancam stabilitas hankam negara. Menurut Dinas Pengairan Tingkat I Jawa Tengah (1990); (1993); Irianto (1995) karakteristik banjir tersebut cenderung semakin besar debit puncak serta waktu responnya ($1554 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan waktu 3-5 jam), dan periode ulangnya semakin singkat (3 tahun). Kondisi tersebut akan semakin parah mengingat tekanan penduduk yang tinggi (laju pertumbuhan penduduk mencapai 0,8%/tahun), ditambah dengan urbanisasi yang tinggi akibat daya tarik Semarang sebagai kota propinsi (Kantor Statistik Kodya Semarang, 1993).

Dengan pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi, apalagi disertai peningkatan tingkat kesejahteraan sebagian masyarakat, maka tuntutan akan kebutuhan lahan meningkat, sementara ketersediaannya relatif tetap. Akibatnya terjadilah peningkatan lahan berpermukaan kedap air dan banyak lahan yang digunakan tidak sesuai dengan kemampuan dan kesesuaian lahannya. Kondisinya akan semakin parah apabila alih fungsi dan pemanfaatan lahan tersebut terjadi di daerah dengan kerapatan jaringan drainase tinggi. Selain terjadi penurunan laju infiltrasi, maka akan terjadi peningkatan volume dan kecepatan aliran permukaan secara tajam. Selanjutnya debit sungai semakin besar dengan daya kikis dan angkut yang dahsyat, erosi dan sedimentasi yang tinggi, pengurusan sumber dan cadangan air di musim kemarau. Akibatnya pada musim hujan terjadi banjir, sebaliknya pada musim kemarau terjadi kekeringan.

Untuk mengatasi dua kondisi yang bertentangan, maka perlu ditempuh upaya terpadu agar penanganan masalah pertama(banjir) dapat memberikan hasil sekaligus untuk mengatasi persoalan kedua (kekeringan). Masalah pertama dapat didekati dengan mendapatkan hubungan antara karakteristik hujan (lama, intensitas dan distribusi hujan) dengan besarnya debit sungai. Dengan informasi tersebut, maka kita dapat memprediksi berapa jumlah (persentase) dari peubah masukan (hujan) yang ditransfer menjadi aliran permukaan. Informasi ini selanjutnya digunakan untuk mengetahui kelebihan volume air yang perlu ditampung agar tidak menimbulkan banjir. Untuk menampung kelebihan volume air, maka perlu dibuat bangunan penampung air secara artifisial seperti embung, sumur resapan, rorak dan sebagainya. Selain berfungsi mengurangi aliran permukaan, adanya bangunan konservasi air tersebut akan meningkatkan infiltrasi yang selanjutnya akan meningkatkan kandungan air tanah. Hal ini dapat mengurangi resiko kekurangan air pada saat musim kemarau.

Penelitian bertujuan untuk mengkaji kondisi hidrologis dan agroklimatologis sub DAS Kaligarang, menghitung volume debit banjir dan aliran permukaan sesaat serta volume air hujan pada saat terjadi banjir, mengkaji hubungan antara intensitas, lama dan frekuensi hujan dan karakteristik biofisik DAS terhadap aliran permukaan dan waktu respon DAS.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian lapang dilaksanakan di DAS Kaligarang, yang meliputi wilayah Kabupaten dan Kodya Semarang serta Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. Sedangkan analisis data dilaksanakan di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Waktu penelitian dimulai dari bulan April 1997 sampai dengan Maret 1998.

Bahan Penelitian

1. Peta Topografi Skala 1 : 25.000 untuk merekonstruksi peta jaringan sungai DAS Kaligarang
2. Penakar hujan otomatis dan alat pengukur debit otomatis (AWLR)
3. Data pengamatan hujan dan debit
4. Seperangkat peralatan komputer serta Scanner

Metode Penelitian

A. Karakteristik Biofisik DAS

Parameter yang digunakan untuk melihat karakteristik biofisik DAS meliputi luas DAS, pola drainase, panjang sungai, debit sungai (debit maksimum dan minimum), dan kondisi iklim (curah hujan dan suhu udara).

B. Analisis Frekuensi Hujan dan Debit

Analisis frekuensi merupakan salah satu cara analisis data curah hujan yang dapat menduga kapan dan berapa besarnya curah hujan yang terlampaui akan terjadi pada suatu nilai peluang tertentu. Tahapan analisis frekuensi sebagai berikut:

1. Data curah hujan terbesar dipilih untuk lama hujan 1 (satu) hari selanjutnya dipilih untuk 2, 3, 4, 5, dan 10 hari untuk setiap bulan (Januari-Desember)
2. Data disusun menurut nilai terbesar sampai terkecil pada setiap lama hari hujan
3. Ranking data disusun menurut data yang telah diurutkan ($r=1,2,3,\dots,n$) dengan $r=1$ untuk nilai terbesar dan $r=n$ untuk nilai terkecil
4. Dihitung peluang kelebihan air sebagai $F(x > x_r) = r/(n+1)$, dimana n =jumlah tahun pengamatan
5. Dihitung periode ulang menurut $T(x_r) = 1 / F(x > x_r) = r/(n+1)$

C. Analisis Grafis Hujan dan Debit

Data hujan dan data debit jam-jaman diperoleh dari hasil pengukuran alat pengukur hujan dan debit otomatis. Analisis data dilakukan hanya terhadap kejadian hujan dan banjir yang ekstrim yang terjadi dalam satu periode yang sama. Data tersebut kemudian diplot dalam grafik untuk selanjutnya dilakukan teknik analisis grafis. Analisis yang dilakukan terhadap hujan mencakup jeluk hujan dan intensitas hujan; sedangkan analisis debit meliputi: perhitungan volume debit banjir, analisis pemisahan aliran serta perhitungan volume aliran permukaan (*run off*) dan aliran dasar, perhitungan koefisien *run off*, waktu respon DAS, serta waktu jeda (*time lag*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Biofisik DAS dan Sub DAS Kaligarang Hulu

A. Luas DAS dan Pola Aliran

Total luas DAS Kaligarang adalah 22.005 Ha, terdiri dari tiga sub DAS yaitu sub DAS Kaligarang Hulu (timur), Sub DAS Kripik (tengah) dan Sub DAS Sikopek (barat).

Panjang Sungai Utama DAS Kaligarang kurang lebih 23,5 km, mengalir dari hulu sungai di Pegunungan Ungaran, Kabupaten Semarang dan bermuara di Laut Jawa mengalir melewati

wilayah Kodya Semarang. Kaligarang mempunyai anak sungai yang cukup banyak yang berbentuk seperti ranting pohon yang disebut pola dendritik. Anak-anak sungai besar diantaranya Sungai Gung (10,7 km), Blimbing (10,3 km), Kranji (5,6 km) dan Permasan (5,0 km). Pada Gambar 1 disajikan pola jaringan sungai DAS dan Sub DAS Kaligarang Hulu.

B. Iklim

Berdasarkan pengamatan stasiun hujan Ungaran antara tahun 1985 hingga 1996, diketahui curah hujan tahunan wilayah DAS Kaligarang berkisar antara 1.666 mm/tahun hingga 3.198 mm/tahun, sedangkan jumlah hari hujan sebesar 114 hari/tahun hingga 188 hari/tahun. Curah hujan bulanan maksimum umumnya terjadi antara bulan Desember-Januari-Februari, sedangkan curah hujan bulanan minimum umumnya terjadi pada bulan Juni-Juli-Agustus.

Suhu udara rata-rata tahunan berkisar antara 24,9 °C hingga 26,7 °C. Suhu rata-rata bulanan maksimum umumnya terjadi pada bulan Mei, sedangkan suhu rata-rata bulanan minimum umumnya terjadi pada bulan Januari.

Data curah hujan, hari hujan dan suhu udara rata-rata bulan stasiun Ungaran periode 1985-1996 disajikan pada Tabel 1 berikut ini:

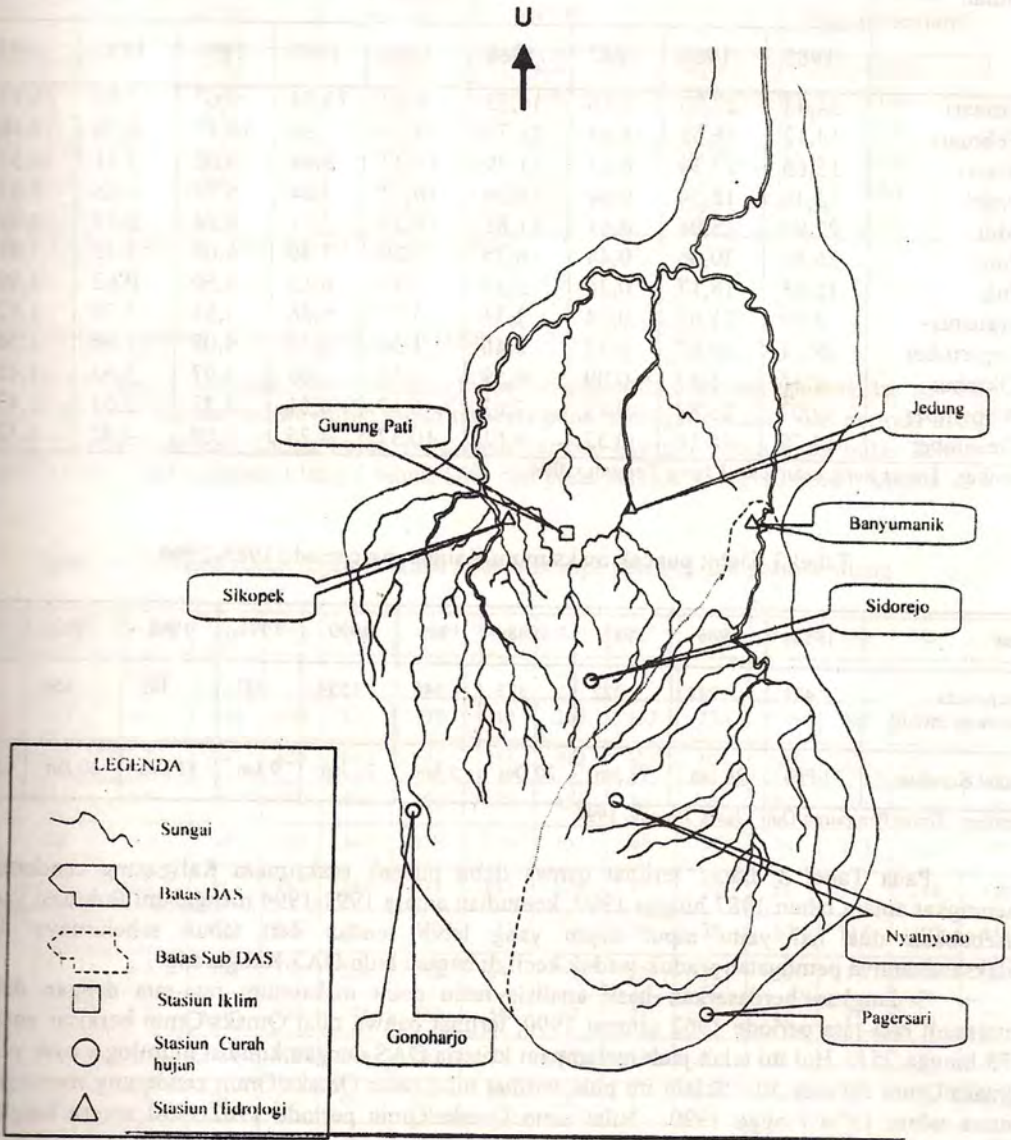
Tabel 1. Kondisi iklim rata-rata bulanan periode 1985-1996 di lokasi Ungaran

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan	Suhu Udara (°C)
Januari	486	20	25,0
Pebruari	359	19	25,2
Maret	309	18	25,7
April	238	15	26,0
Mei	103	9	26,8
Juni	77	8	26,5
Juli	47	3	26,3
Agustus	53	5	26,5
September	53	6	26,7
Oktober	137	11	26,8
Nopember	209	16	26,6
Desember	351	21	25,4
Tahunan	2.423	151	26,1

C. Debit Sungai

Berdasarkan pengamatan debit antara tahun 1985-1994, diketahui rata-rata debit bulanan Kaligarang berkisar antara 0,09 m³/dt hingga 32,67 m³/dt. Debit minimum umumnya terjadi pada Bulan Juni-September, sedangkan debit maksimum umumnya terjadi pada Bulan Desember-Maret. Debit rata-rata bulanan Kaligarang disajikan pada Tabel 2 berikut ini:

Berdasarkan hasil analisis debit puncak maksimum antara tahun 1987 sampai 1994, diketahui debit puncak berkisar antara 105 m³/dt hingga 1.554 m³/dt. Secara lengkap debit puncak maksimum Kaligarang disajikan pada Tabel 3.



Gambar 1. Pola jaringan sungai DAS dan Sub DAS Kaligarang Hulu.

Tabel 2. Rata-rata debit bulanan Kaligarang tahun 1985-1993 (m^3/dt)

Bulan	Tahun								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Januari	24,43	27,73	0,86	16,53	6,82	13,54	9,67	7,95	28,83
Pebruari	14,12	16,65	1,63	11,79	14,29	7,36	10,47	6,78	19,46
Maret	15,65	17,39	0,63	11,79	11,27	8,84	6,02	7,21	10,37
April	13,46	16,34	0,60	10,36	10,74	3,64	6,75	6,88	8,67
Mei	22,97	25,04	0,61	11,85	10,27	7,11	6,28	6,19	4,09
Juni	26,86	30,06	0,44	6,25	7,29	7,40	5,63	3,33	3,81
Juli	15,68	18,17	0,36	5,52	5,85	6,13	5,50	0,62	1,89
Agustus	8,09	11,67	0,14	2,74	5,77	6,28	3,58	3,79	1,52
September	29,11	32,67	0,13	2,46	1,36	6,32	5,09	1,66	1,50
Oktober	2,35	5,67	0,09	4,59	4,35	3,05	3,97	3,63	1,45
Nopember	12,07	15,88	0,13	7,63	6,17	6,51	3,23	2,51	3,42
Desember	14,79	18,16	0,32	9,61	10,37	4,25	7,09	4,92	6,57

Sumber : Dinas Pengairan Dati I Jawa Tengah, 1994.

Tabel 3. Debit puncak maksimum Kaligarang periode 1985-1994

Tahun	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Debit puncak maksimum (m^3/dt)	421	242	322	375	549	1554	387	105	550	275
Tanggal Kejadian	21 Feb	24 Jan	18 Jan	20 Des	5 Jan	26 Jan	9 Jan	12 Des	30 Jan	22 Jan

Sumber : Dinas Pengairan Dati I Jawa Tengah, 1994

Pada Tabel 3 diatas, terlihat bahwa debit puncak maksimum Kaligarang cenderung meningkat antara tahun 1987 hingga 1990, kemudian antara 1991-1994 mengalami fluktuasi yang disebabkan dua hal yaitu input hujan yang lebih rendah dari tahun sebelumnya dan dilaksanakannya pembuatan waduk-waduk kecil di bagian hulu DAS Kaligarang.

Sedangkan berdasarkan hasil analisis rasio debit maksimum rata-rata dengan debit minimum rata-rata periode 1962 sampai 1990, terlihat bahwa nilai Q_{maks}/Q_{min} berkisar antara 173 hingga 251. Hal ini telah jauh melampaui kriteria DAS dengan kondisi hidrologis baik yaitu Q_{maks}/Q_{min} sebesar 30. Selain itu pula terlihat nilai rasio Q_{maks}/Q_{min} cenderung meningkat antara tahun 1976 hingga 1990. Nilai rasio Q_{maks}/Q_{min} periode 1962-1990 secara lengkap disajikan pada Tabel berikut ini:

Tabel 4. Rasio Q_{maks}/Q_{min} Kaligarang periode 1962-1990

Periode	Debit > 385 m^3/dt	Q_{maks} (m^3/dt)	Q_{min} (m^3/dt)	Rasio	Intensitas Hujan(mm/jam)
1962-1965	2 x	482	2,2	219	41,0
1966-1970	1 x	306	1,6	191	41,0
1971-1975	1 x	260	1,5	173	31,8
1976-1980	1 x	369	1,7	217	38,8
1981-1985	3 x	439	2,0	219	43,1
1986-1990	4 x	628	1,3	251	43,4

Sumber : Dinas Pengairan Dati I Jawa Tengah, 1994.

Hasil Analisis Frekuensi Curah Hujan dan Debit

Pada Tabel 5 disajikan besarnya curah hujan bulanan pada beberapa peluang dan periode ulang. Dari tabel terlihat bahwa curah hujan terbesar pada berbagai peluang dan periode ulang terjadi pada bulan Januari. Curah hujan pada pada periode ulang 2 tahun pada bulan Januari sebesar 332 mm, pada periode ulang 5 tahun 669, dan pada periode ulang 10 tahun sebesar 834 mm.

Tabel 5. Besarnya curah hujan bulanan pada beberapa peluang dan periode ulang.

Urutan	Peluang	Periode	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
		Ulang												
1	0.071	14.0	949	694	631	379	312	260	133	230	116	240	539	607
2	0.143	7.0	747	458	442	342	215	242	107	107	105	220	317	557
3	0.214	4.7	657	450	441	298	170	163	86	79	98	201	263	436
4	0.286	3.5	549	410	349	278	139	132	49	70	94	173	232	370
5	0.357	2.8	511	393	283	273	133	130	47	52	81	156	214	362
6	0.429	2.3	431	390	254	270	123	76	36	35	50	114	197	318
7	0.5	2.0	332	388	250	243	64	56	26	32	50	73	191	280
8	0.571	1.8	330	335	194	236	54	52	21	25	41	71	190	271
9	0.643	1.6	317	300	194	233	51	35	18	21	36	42	126	270
10	0.714	1.4	302	230	175	171	42	28	11	0	11	24	123	264
11	0.786	1.3	293	173	145	143	26	12	5	0	0	19	104	257
12	0.857	1.2	274	115	142	107	24	0	3	0	0	11	45	239
13	0.929	1.1	138	107	103	84	13	0	0	0	0	0	0	0

Pada Tabel 6 disajikan besarnya debit pada beberapa peluang dan periode ulang. Dari Tabel terlihat bahwa debit terbesar pada berbagai peluang dan periode ulang terjadi pada bulan Januari. Debit Kaligarang pada periode ulang 2 tahun pada bulan Januari sebesar $13,54 \text{ m}^3/\text{dt}$, pada periode ulang 5 tahun sebesar $27,73 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan pada periode ulang 10 tahun sebesar $28,83 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Tabel 6. Besarnya debit pada beberapa peluang dan periode ulang

Urutan	Peluang	Periode ulang	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
1	0,1	10,0	28,83	19,46	17,39	16,34	25,04	30,06	18,17	11,67	32,67	5,67	15,88	18,16
2	0,2	5,0	27,73	16,65	15,65	13,46	22,97	26,86	15,68	8,09	29,11	4,59	12,07	14,79
3	0,3	3,3	24,23	14,29	11,79	10,74	11,85	7,40	6,13	6,28	6,32	4,35	7,63	10,37
4	0,4	2,5	16,53	14,12	11,27	10,36	10,27	7,29	5,85	5,77	5,09	3,97	6,51	9,61
5	0,5	2,0	13,54	11,79	10,37	8,67	7,11	6,25	5,52	3,79	2,46	3,63	6,17	7,09
6	0,6	1,7	9,67	10,47	8,84	6,88	6,28	5,63	5,50	3,58	1,66	3,05	3,42	4,92
7	0,7	1,4	7,95	7,36	7,21	6,75	6,19	3,81	1,89	2,74	1,50	2,35	3,23	4,25
8	0,8	1,3	6,82	6,78	6,02	3,64	4,09	3,33	0,62	1,52	1,36	1,45	2,51	0,32
9	0,9	1,1	0,86	1,63	0,63	0,60	0,61	0,44	0,36	0,14	0,13	0,09	0,13	0,00

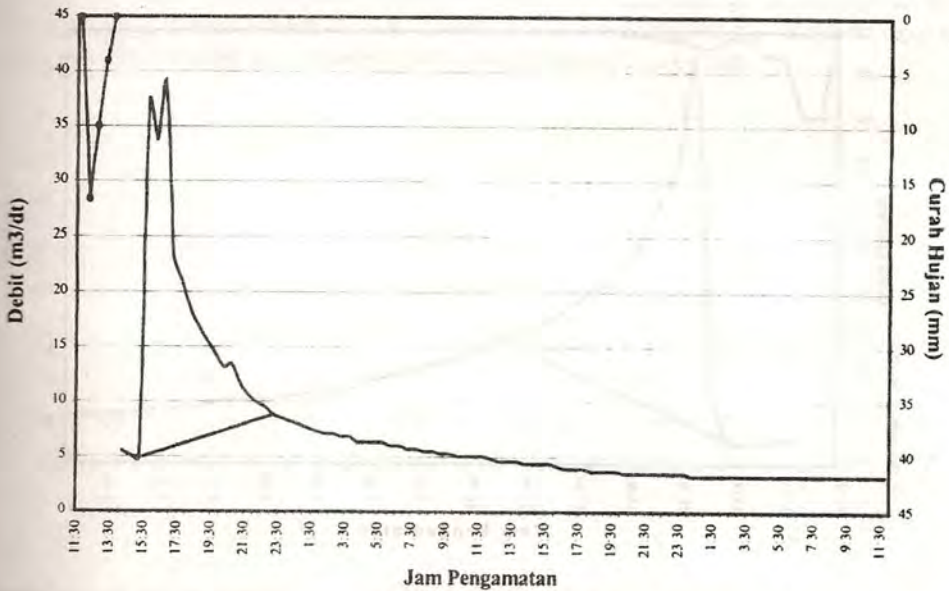
Karakteristik Hujan dan Debit Banjir Sub DAS KaligarangHulu

Untuk melihat gambaran karakteristik hujan eksepsional dan debit banjir, telah dilakukan analisis terhadap beberapa periode kejadian hujan eksepsional dan banjir yang terekam oleh stasiun hujan otomatis di Gunung Pati serta pengamat debit otomatis Sungai Kaligarang di Patemon.

Berdasarkan pengamatan hubungan antara kejadian hujan dan banjir, maka selama periode 1996 diperoleh 3 episode kejadian banjir yang digunakan dalam analisis meliputi: episode banjir 8-10 Januari 1996, episode banjir 19-20 Januari 1996 serta episode banjir 25-26 Januari 1996.

A. Episode Banjir Tanggal 8-10 Januari 1996

Pada episode ini curah hujan sebesar 30,6 mm terjadi selama 1 jam. Hujan mulai terjadi pada pukul 12.00 dan berhenti pada pukul 13.30. Kejadian hujan ini, menyebabkan kurva debit mulai menaik pada pukul 15.30, dan mencapai puncak pada pukul 16.30 dengan debit puncak sebesar $38,8 \text{ m}^3/\text{dt}$. Debit sungai kemudian menurun drastis selama 7 jam sampai mencapai debit $8,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ pada pukul 23.30, lalu secara perlahan terus menurun mengikuti laju penurunan kurva resesi Kaligarang. Kurva hujan dan debit episode 8-10 Januari disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva hujan dan debit banjir Kaligarang episode 8-10 Januari 1996.

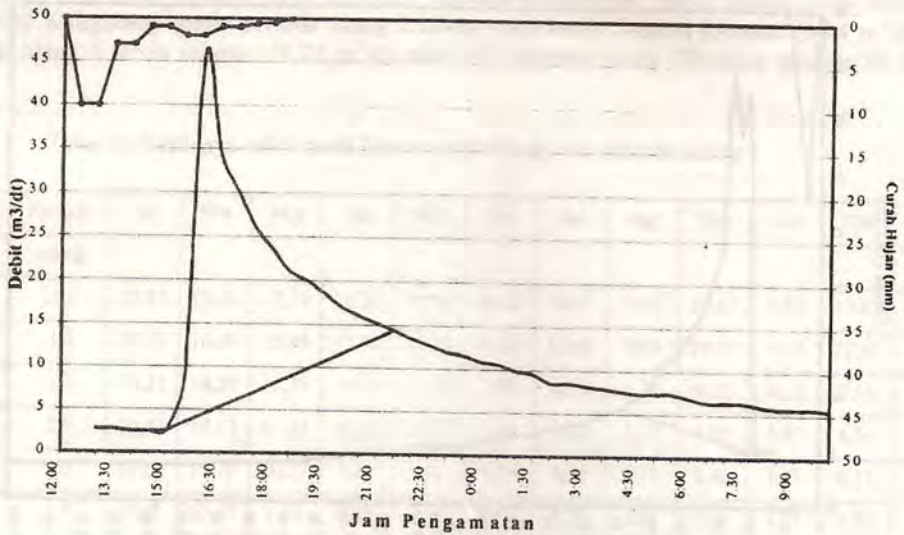
Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui intensitas hujan yang terjadi pada kejadian banjir episode 8-10 Januari 1996 sebesar 0,51 mm/menit; waktu respon DAS yaitu waktu yang diperlukan dari tercapainya hujan maksimum sampai debit puncak adalah 4,5 jam; sedangkan *time lag* yaitu waktu yang diperlukan dari mulai terjadi hujan sampai titik puncak debit adalah 4,5 jam.

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui volume debit banjir yang terjadi selama 7 jam dimulai dari saat kurva debit menaik hingga titik deplesi adalah sebesar 543.114 m³ dengan komposisi volume aliran permukaan (*run off*) sebesar 333.540 m³ dan aliran dasar (*base flow*) sebesar 209.574 m³.

Dengan volume aliran permukaan 333.540 m³, curah hujan sesaat yang terjadi sebesar 30,6 mm serta luas Sub DAS Kaligarang Hulu sebesar 70 km², maka koefisien aliran permukaan untuk episode 8-10 Januari 1996 adalah sebesar 0,155.

B. Episode Banjir Tanggal 19-20 Januari 1996

Pada episode ini curah hujan sebesar 41,6 mm terjadi selama 5,5 jam. Hujan mulai terjadi pada pukul 12.30 dan berhenti pada pukul 18.00. Kejadian hujan ini, menyebabkan kurva debit mulai menaik pada pukul 15.30, dan mencapai puncak pada pukul 16.00 dengan debit puncak sebesar 45,6 m³/dt. Debit sungai kemudian menurun drastis selama 5,5 jam sampai mencapai debit 14,4 m³/dt pada pukul 21.30, lalu secara perlahan terus menurun mengikuti laju penurunan kurva resesi Sungai Kaligarang. Kurva hujan dan debit episode 19-20 Januari disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva hujan dan debit banjir Sungai Kaligarang episode 19-20 Januari 1996.

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui intensitas hujan yang terjadi pada kejadian banjir episode 19-20 Januari 1996 sebesar 0,13 mm/menit; waktu respon DAS sebesar 3,5 jam; sedangkan *time lag* sebesar 3,5 jam.

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui volume debit banjir yang terjadi selama 5,5 jam dimulai dari saat kurva debit menaik hingga titik deplesi adalah sebesar 900.360 m³ dengan komposisi volume aliran permukaan (*run off*) sebesar 624.890 m³ dan aliran dasar (*base flow*) sebesar 275.470 m³. Dengan volume aliran permukaan 624.890 m³, curah hujan sesaat yang terjadi sebesar 41,6 mm serta luas Sub DAS Kaligarang Hulu sebesar 70 km², maka koefisien aliran permukaan adalah sebesar 0,215.

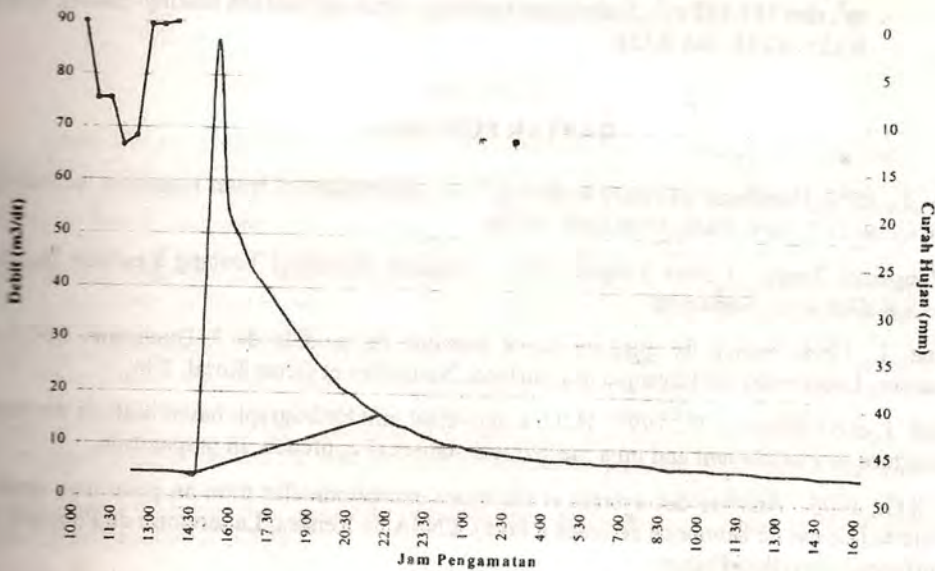
C. Episode Banjir Tanggal 25-26 Januari 1996

Pada episode ini curah hujan sebesar 35,1 mm terjadi selama 2,5 jam. Hujan mulai terjadi pada pukul 10.30 dan berhenti pada pukul 13.30. Kejadian hujan ini, menyebabkan kurva debit mulai menaik pada pukul 15.00, dan langsung mencapai debit puncak sebesar 85,3 m³/dt. Debit sungai kemudian menurun drastis selama 6,5 jam sampai mencapai debit 16 m³/dt pada pukul 21.30, lalu secara perlahan terus menurun mengikuti laju penurunan kurva resesi Sungai Kaligarang. Kurva hujan dan debit episode 25-26 Januari 1996 disajikan pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui intensitas hujan yang terjadi pada kejadian banjir episode 8-10 Januari 1996 sebesar 0,21 mm/menit; waktu respon DAS sebesar 3,5 jam; sedangkan *time lag* sebesar 4,5 jam.

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui volume debit banjir yang terjadi selama 6,5 jam dimulai dari saat kurva debit menaik hingga titik deplesi adalah sebesar 526.536 m³ dengan komposisi volume aliran permukaan (*run off*) sebesar 313.597 m³ dan aliran dasar (*base flow*) sebesar 212.939 m³.

Dengan volume aliran permukaan 313.597 m^3 , curah hujan sesaat yang terjadi sebesar $35,1 \text{ mm}$ serta luas sub DAS Kaligarang sebesar 70 km^2 , maka koefisien aliran permukaan untuk episode 25-26 Januari 1996 adalah sebesar 0,128. Pada Tabel 4 berikut ini, disajikan ringkasan hasil analisis grafik terhadap tiga periode kejadian banjir Sungai Kaligarang.



Gambar 4. Kurva hujan dan debit banjir Sungai Kaligarang episode 25-26 Januari 1996.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis curah hujan dan debit diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan mengamati debit maksimum (debit puncak) selama periode 1987-1994, terlihat bahwa antara tahun 1987-1990 debit maksimum cenderung meningkat sedangkan antara 1991-1994 mengalami fluktuasi yang disebabkan dua hal yaitu input hujan yang lebih rendah dari tahun sebelumnya dan dilaksanakannya pembuatan waduk-waduk kecil di hulu DAS Kaligarang
2. Dengan mengamati rasio debit maksimum dan debit minimum pada episode ekstrim (debit $> 385 \text{ m}^3/\text{dt}$) selama periode 30 tahun, terlihat bahwa nilai rasio berkisar antara 173 - 251 sehingga sudah jauh melampaui nilai rasio DAS dengan kondisi hidrologis yang baik. Hal ini perlu mendapat penanganan yang serius terutama karena adanya kecenderungan nilai rasio tersebut meningkat.

3. Berdasarkan data hujan dan data debit jam-jaman yang terekam selama tahun 1996 pada episode banjir, diketahui bahwa intensitas hujan yang terjadi pada kejadian banjir episode 8-10 Januari, 19-20 Januari 1996 serta episode banjir 25-26 1996 masing-masing sebesar 0,51 mm/menit, 0,13 mm/menit, dan 0,21 mm/menit; waktu respon masing-masing 4,5 jam, 3,5 jam, dan 3,5 jam; sedangkan *time lag* sebesar 4,5 jam, 3,5 jam, dan 4,5 jam. Volume aliran permukaan sebesar 333,54 m³, 624,89 m³, dan 313,597 m³. Sedangkan koefisien aliran permukaan masing-masing sebesar 0,155, 0,215, dan 0,128.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V.T., 1964. Handbook of applied hydrology - a compendium of water resources technology. Mc Graw-Hill. New York. Etats Unit. 1418p.
- Dinas Pengairan Tingkat I Jawa Tengah. 1994. Tinjauan Hidrologi Tentang Keadaan Hujan di DAS Kaligarang. Semarang
- Duchesne, J., 1994. Notice de mise en oeuvre pratique du modèle de J. Duchesne. ENSA de Rennes, Laboratoire de Physique des Surfaces Naturelles et Génie Rural. 10p.
- Duchesne, J. and Cudennec, C., 1997. H2U: a unuversal unit hydrograph based both on the fractal structure of a catchment and on a mechanical statistical approach. In preparation.
- Irianto, S.G., 1995. Analyse des averses et des crues exceptionnelles mise au point d'un système d'alerte (Le cas de l'annonce de crues à Java). ENSA de Rennes, Laboratoire de Physique des Surfaces Naturelles. France.
- Kantor Statistik Kodya Semarang. 1993. Kodya Semarang Dalam Angka.
- Llamas, J., 1993. Hydrologie Générale-Principes et application. Gaetan Morin Editeur. Boucherville. Québec. Canada. 527p.
- Strahler, A.N. Geology. Section 4-II in Chow, V.T., 1964. Handbook of applied hydrology - a compendium of water resources technology. Mc Graw-Hill. New York. Etats Unit. 1418p.