

ANALISIS PENANGGULANGAN BANJIR KOTA BEKASI DENGAN PENGELOLAAN DAS

(Analysis of Bekasi City Flood Reduction Using Watershed Management)

**Trihono Kadri¹⁾, Naik Sinukaban²⁾, Hidayat Pawitan²⁾,
dan Suria Darma Tarigan²⁾**

ABSTRACT

One major river flowing through Bekasi City is Bekasi river. Total extent of the Bekasi watershed is about 39.045 ha, in 2002 with rainfall of 250 mm for 8 hours caused about 138 ha flooded in residents area for 2-3 days in Bekasi City, more extremely in 2005 with rainfall only 127 mm for 6 hours caused about 164 ha flooded in residents area for 3 days. This evidence showed that flood problem in Bekasi City is become worse, and seem to be more horrifying in the future. Therefore, the flood problem needs an extremely great attention. The objectives of the research is (1) analysis watershed condition; (2) analysis of the causes of flood over Bekasi City from the perspective of hydrology and hydraulic; (3) plan of Bekasi watershed management to reduce flood risk in Bekasi City. To obtain the purposes of this research, the method of analysis is divided into four main subjects: (1) analysis of watershed condition using SCS method; (2) hydrology analysis using hydrology modeling HEC-HMS; (3) river flow capacity using hydraulic modeling HEC-RAS and (4) plan of scenarios to reduce flood risk. There are four scenarios to overcome the flood problems: (1) similarly with government plan 2010; (2) managing Bekasi watershed area with conservation tillage; (3) build water retarded structure entire of watershed and; (4) combination of second and third scenarios. The research results shown that river flow capacity only 462 m³/s is not enough to flow the discharges, otherwise the land use is change and increasing the run off in upstream. Based on the problems, it is expected to overcome the flood problem by managing Bekasi watershed area with conservation tillage and build water retarded structure. It will reduce 28.58% of the discharge run off in 2020.

Key words: flood, land use changing, watershed management

PENDAHULUAN

Hampir setiap musim penghujan di berbagai provinsi di Indonesia terjadi banjir yang mengakibatkan kerugian bagi masyarakat. Salah satu wilayah yang selalu mengalami banjir adalah Kota Bekasi yang terletak di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) Bekasi Hulu. Banjir yang terjadi di Kota Bekasi saat ini memang belum seberat yang terjadi di berbagai wilayah lain seperti Jakarta, Riau, Lampung, dan Kalimantan Barat, tetapi sudah memberikan indikasi dini akan bahaya banjir yang lebih besar dikemudian hari bila penataan lahan di wilayah ini tidak dikelola secara baik.

Banjir di Kota Bekasi terjadi secara rutin dari tahun-ke-tahun dan cenderung

¹⁾ Jurusan Teknik, Sipil Fakultas Teknik Sipil, Universitas Trisakti

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

membesar. Dengan curah hujan sebesar 250 mm pada tahun 2002, debit aliran di Bendung Bekasi sebesar $578,6 \text{ m}^3/\text{dt}$ mengakibatkan genangan sebesar 138 ha selama 2-3 hari. Walaupun dengan curah hujan yang lebih kecil, yaitu 127 mm pada tahun 2005, debit yang mengalir sudah mendekati kejadian tahun 2002, yaitu sebesar $545,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan genangan yang lebih luas, yaitu sebesar 164 ha selama 3 hari.

Pertumbuhan penduduk di Kota Bekasi tergolong tinggi yang dinyatakan dengan pertumbuhan penduduk rata-rata pada tahun 1980-1999 mencapai 6,3% dan sedikit turun pada tahun 2000-2002 dengan rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 4,9%.

Pada tahun 2007 jumlah penduduk di Kota Bekasi telah mencapai 2.143.804 jiwa dengan kepadatan penduduk telah mencapai $9.023 \text{ jiwa}/\text{Km}^2$ (Biro Pusat Statistik, 2008). Pertumbuhan penduduk inilah yang mendorong perubahan pemanfaatan lahan secara signifikan.

DAS Bekasi Hulu dengan luasan total sebesar 39.045,0 ha mengalami perubahan yang cepat sampai dengan tahun 2008. Peningkatan luasan permukiman dari semula sebesar 4,39% menjadi 23,6% dari luas DAS. Perubahan tutupan lahan dan pola penggunaan lahan tersebut memberikan kontribusi terhadap peningkatan perbandingan $Q_{\max} : Q_{\min}$ yang semula pada tahun 1998 sebesar 300:20 m^3/dt atau sekitar 15 kali menjadi 545:1,3 m^3/dt atau sekitar 410 kali pada tahun 2005. Selain itu, juga terlihat tajamnya hidrograf seperti yang ditunjukkan pada banjir 1 dan 2 Februari 2002, yang dalam waktu 8 jam banjir telah mencapai $578,6 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau 11 kali lipat dari debit sebelumnya dan turun dari $300 \text{ m}^3/\text{dt}$ menjadi $80 \text{ m}^3/\text{dt}$ dalam waktu kurang dari 2 jam.

Kondisi perubahan penggunaan lahan dan aliran di atas menunjukkan bahwa kondisi DAS Bekasi Hulu tidak sehat sehingga diperlukan suatu analisis hidrologi untuk menelaah karakteristik hidrologi DAS Bekasi Hulu dan mencari sebab terjadinya banjir. Selain itu, terbatasnya kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu untuk mengalirkan limpasan dari keseluruhan DAS, apalagi dengan meningkatnya debit dari hulu, potensi terjadinya luapan air semakin besar (Siswoko, 2010).

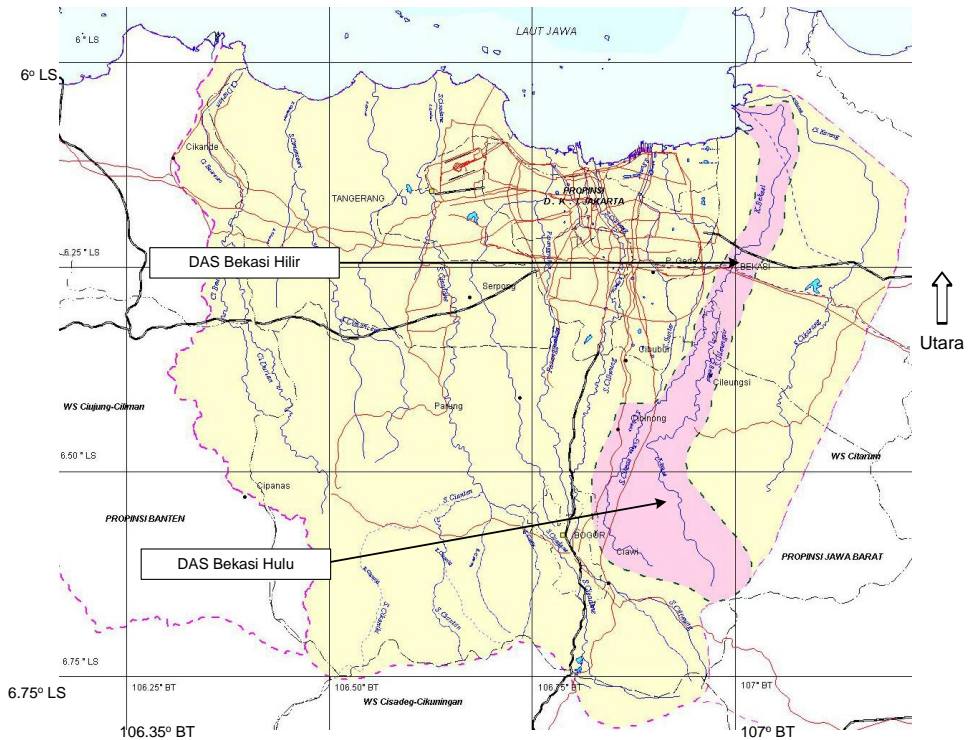
Hasil analisis ini diharapkan dapat merumuskan upaya yang diperlukan untuk menyusun rencana penanggulangan banjir dan penurunan resiko banjir Kota Bekasi dengan pendekatan pengelolaan DAS Bekasi Hulu. Secara rinci penelitian ini bertujuan (1) menganalisis perubahan lahan DAS Bekasi Hulu, (2) menganalisis penyebab terjadinya banjir di Kota Bekasi baik secara hidrologi maupun hidrolika, dan (3) menyusun rancangan pengelolaan DAS Bekasi hulu untuk menurunkan resiko banjir Kota Bekasi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Wilayah administrasi DAS Bekasi Hulu terletak di Kabupaten Bogor, Kabupaten Bekasi, dan Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat. Koordinat geografis DAS Bekasi Hulu terletak pada $106^{\circ} 49' 05''$ - $107^{\circ} 01' 47''$ Bujur Timur, $06^{\circ} 14' 09''$ - $06^{\circ} 42' 21''$ Lintang Selatan. Sungai Bekasi mengalir ke utara melewati Kota Bekasi, dan sumber air berasal dari Sungai Cileungsi dan Cikeas. Sungai Cileungsi merupakan pertemuan Sungai Cileungsi dan Citeureup. Sungai Citeureup merupakan pertemuan Sungai Cikeruh dan Ciharang, sedangkan Sungai Cileungsi

berasal dari pertemuan Sungai Cibadak dan Cijanggal. Di tengah Kota Bekasi terdapat bendung Bekasi yang memisahkan Sungai Bekasi menjadi Sungai Bekasi Hulu dan Sungai Bekasi Hilir. Penentuan batas hilir dari DAS Bekasi Hulu didasarkan pada letak bendung Bekasi pada $106^{\circ} 59' 35''$ Bujur Timur, $06^{\circ} 14' 09''$ Lintang Selatan yang memisahkan sistem tata air Sungai Bekasi Hulu dan Hilir (Gambar 1).



Gambar 1. Daerah aliran sungai Bekasi (Siwoko, 2010)

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, metode analisis pada penelitian ini dibagi dalam empat bagian, yaitu (1) analisis kondisi DAS Bekasi Hulu, (2) analisis hidrologi DAS Bekasi Hulu, (3) analisis kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu, dan (4) rancangan pengelolaan DAS.

Analisis Penggunaan Lahan DAS Bekasi Hulu

Analisis kondisi DAS bertujuan mengetahui kondisi biofisik DAS Bekasi Hulu dan pengaruhnya terhadap aliran limpasan. Salah satu analisis terpenting ialah pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap banjir yang didasarkan pada peta digital 1:25.000 dari Bakosurtanal (2008). Untuk analisis kondisi DAS pada penelitian ini digunakan metode SCS (*Soil Conservation Service*) dan data yang diperlukan adalah bilangan kurva, kelembaban (*imprevious*), dan kehilangan awal (*initial losses*) (Arsyad, 2010). Analisis ini bertujuan mengetahui pengaruh perubahan lahan pada tahun 1998, 2003, dan 2008 terhadap bilangan kurva

sehingga dapat diketahui kenaikan aliran limpasan akibat perubahan penggunaan lahan tersebut.

Analisis Hidrologi DAS Bekasi Hulu

Analisis hidrologi pada keseluruhan DAS Bekasi Hulu dilakukan dengan tujuan (1) mengenali karakteristik hidrologi DAS Bekasi Hulu dan (2) menganalisis pengaruh perubahan parameter biofisik DAS Bekasi Hulu terhadap aliran permukaan.

Analisis hidrologi pada penelitian ini menggunakan program HEC-HMS versi 3.2 (*Hydrologic Engineering Centre-Hydrologic Modelling System*) (Anonim, 2000). Program ini terdiri dari tiga komponen model, yaitu model basin, model meteorologi, dan kontrol spesifikasi. Data dasar yang digunakan ialah peta DEM (*digital elevation model*) SRTM wilayah Bekasi dengan *Pathrow* 12264 dan 12265, peta rupa bumi Bakosurtanal berupa lembaran dan data digital (DXF format) dengan skala 1:25.000 dan data hujan tahun 1974-2002 (Badan Meteorologi dan Geofisika, 2003). Bandingan parameter hidrograf banjir yang digunakan untuk analisis adalah debit puncak dan volume banjir didasarkan hujan rancangan 10 tahunan. Analisis debit limpasan menggunakan model hidrologi HEC-HMS versi 3.2 yang dilengkapi HEC-geoHMS sebagai *interface* dengan sistem informasi geografis menggunakan ArcGIS versi 9.2. (Johnson, 2001)

Analisis Kapasitas Alir Sungai Bekasi Hulu

Analisis kapasitas alir pada Sungai Bekasi Hulu dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

- (1) mengenali karakteristik aliran Sungai Bekasi Hulu dan
- (2) menganalisis kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu.

Analisis hidrolika pada penelitian ini menggunakan program HEC-RAS versi 4.0. (*Hydrologic Engineering Centre-River Analysis System*) (Anonim, 2001). Masukkan data untuk program terdiri dari dua bagian, yaitu model geometri dan model aliran. Data yang digunakan ialah potongan penampang dan peta situasi Sungai Bekasi Hulu hasil pengukuran PWS Ciliwung Cisadane pada Februari 2003 dan data aliran pada sistem telemetri.

Rancangan Pengelolaan DAS Bekasi Hulu

Rancangan pengelolaan DAS untuk mereduksi limpasan ditentukan, kemudian dibandingkan dengan kecenderungan saat ini dan prediksi pada tahun 2020. Skenario rancangan pengelolaan DAS yang diusulkan sebagai berikut:

- (1) disesuaikan dengan RTRW 2010 Provinsi Jawa Barat;
- (2) penataan lahan mengikuti kaidah konservasi, usulan ini dilaksanakan pada seluruh lahan kecuali badan air yang dapat diolah dengan memperhatikan kaidah konservasi dengan tujuan untuk dapat meresapkan air ke dalam tanah;
- (3) pembangunan struktur penahan air untuk menahan aliran limpasan dan menampung aliran tersebut;

- (4) gabungan Skenario No.2 dan No. 3, dengan melaksanakan pengolahan lahan mengikuti kaidah konservasi dan juga membangun sekaligus struktur penahan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Penggunaan Lahan DAS Bekasi Hulu

Data penggunaan lahan menunjukkan bahwa komposisi perubahan penggunaan dalam kurun waktu sepuluh tahun (1998-2008) terjadi peningkatan luasan permukiman dari semula sebesar 1.715,2 ha menjadi 9.232,8 ha dan merupakan perubahan terbesar yang kemudian mendorong perubahan penggunaan lain yang justru merupakan daerah resapan air, antara lain, terjadi penurunan luasan hutan dari 4.052,3 ha menjadi 1.890,5 ha (Tabel 1).

Tabel 1. Penggunaan lahan DAS Bekasi Hulu (1998-2008)

DAS	Luas DAS (Ha)			Perubahan terhadap total DAS (%)
	Tahun 1998	Tahun 2003	Tahun 2008	
Badan Air	764,4	443,8	345,9	-1,1
Hutan	4.052,3	2.264,4	1.890,5	-5,5
Pemukiman	1.715,2	7.142,9	9.232,8	19,3
Perkebunan	12.313,2	7.866,9	6.653,5	-14,5
Sawah irigasi	3.293,4	2.471,3	1.536,3	-4,5
Sawah tadah hujan	1.665,3	394,4	264,6	-3,6
Semak belukar	3.244,0	5.148,2	6.156,0	7,5
Tanah nonvegetasi	1.410,0	3.396,9	4.661,2	8,3
Tegalan	10.587,2	9.917,4	8.304,2	-5,8
Total	39.045,0	39.045,0	39.045,0	0

Sumber: Bakorsurtanal (2008)

Pada penelitian ini digunakan metode SCS (*soil conservation service*). Berdasarkan data tanah didominasi jenis tanah dengan tekstur *fine, mod fine* dan *medium fine*, sehingga data dimasukkan dalam kelompok hidrologi tanah B dan dalam menentukan nilai bilangan kurva didasarkan kondisi III, yaitu kondisi hujan lebat atau hujan ringan dan suhu rendah telah terjadi, tanah jenuh air. Hasil hitungan bilangan kurva untuk masing-masing sub-DAS ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan bilangan kurva DAS Bekasi Hulu

DAS	Luas DAS (ha)	Bilangan Kurva		
		1998	2003	2008
Cileungsi	26.525,9	87,76	89,31	89,41
Cikeas	11.352,9	90,82	92,44	93,17
DAS Bekasi Hulu	39.045,0	87,76	89,30	90,66

Sumber: Hasil Hitungan

Analisis Hidrologi DAS Bekasi Hulu

Karakteritik curah hujan berdasarkan data 8 stasiun hujan selama 28 tahun, yaitu tahun 1974-2002 (Badan Meteorologi dan Geofisika, 2003) dicirikan curah hujan harian maksimum terbesar 250 mm tercatat di stasiun Bekasi pada 30

Januari tahun 2002. Gambaran karakteristik hidrologi DAS Bekasi Hulu disajikan pada Tabel 3.

Analisis frekuensi menghasilkan hujan rancangan berdasarkan periode ulang untuk masing-masing stasiun dan dengan poligon Thiessen didapat hujan rancangan untuk keseluruhan DAS berdasarkan periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun (Tabel 5). Curah hujan ini yang kemudian menjadi masukan Model Hidrologi HEC-HMS. Sebelum digunakan untuk simulasi skenario, model hidrologi terlebih dulu dikalibrasi dan verifikasi terhadap hasil pengukuran.

Tabel 3. Curah hujan harian maksimum dan tahunan DAS Bekasi Hulu

Stasiun	Tahun data	Harian maks (mm)	Rata-rata harian maks (mm)	Hujan rancangan 10 tahunan	Rata-rata tahunan (mm)
Hulu					
Cariu	1973-2002	345	118,5	202,4	3.925
Gadog	1973-2002	202	113,3	158,8	3.303
Tengah					
Cibinong	1973-2002	157	85,0	138,4	3.153
Gunung Putri	1973-1994	133	90,9	115,4	4.116
Depok	1973-2002	208	112,6	160,5	4.124
Cileungsi	1973-1996	146	110,4	139,2	2.579
Hilir					
HP. Kusuma	1973-2002	198	115,6	164,3	1.901
Bekasi	1973-2002	250	93,4	131,6	2.586
Seluruh DAS			100,6	150,7	3.210

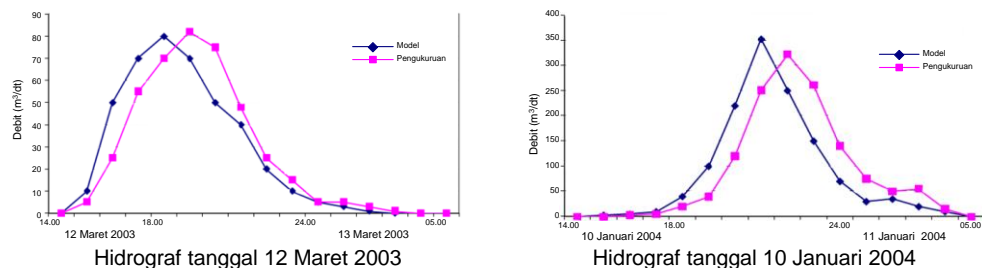
Sumber: Data curah hujan BMG (1974-2002)

Pengujiannya dilakukan dengan metode dengan *T-test*, parameter yang diuji adalah debit puncak (Q_p) dan waktu puncak (T_p), untuk Q_p nilai T didapat 0,06 dan untuk T_p sebesar 0,81, nilai ini masih lebih rendah dari nilai $T(\alpha=0.05/2)$. Pada Tabel 4 dan Gambar 2 terlihat hasil perbandingan antara pengukuran dengan model HEC-HMS ternyata tidak berbeda nyata dan menunjukkan adanya korelasi yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa model simulasi HEC-HMS yang terbangun dengan parameter hidrologi DAS Bekasi Hulu dapat digunakan untuk melakukan simulasi hidrograf aliran langsung untuk setiap Sub-DAS pada DAS Bekasi Hulu.

Tabel 4. Verifikasi hasil simulasi model hidrologi HEC-HMS dengan hasil pengukuran dengan metoda *T-test*

Tanggal	Curah hujan (mm)	Waktu puncak (T_p) menit		Debit puncak (Q_p) m ³ /dt	
		Pengukuran	Model	Pengukuran	Model
12 Mar 03	23	275	234	84	80,0
20 Apr 03	18	592	576	54	54,4
25 Mei 03	25	354	300	83	86,3
16 Okt 03	26	249	260	86	87,9
26 Okt 03	132	301	288	502	515,4
10 Jan 04	62	406	342	368	352,9
17 Feb 04	17	375	344	59	54,8
11 Apr 04	28	576	518	96	95,4
27 Mei 04	20	371	365	64	67,7
02 Okt 04	31	395	368	145	149,1
15 Jan 05	118	359	303	469	468,0
22 Jan 05	29	466	438	84	129,6
Rata-rata	44,1	394	361	178	174
Nilai T (T -test)		0,81 < nilai $T(\alpha=0.05/2)$		0,06 < nilai $T(\alpha=0.05/2)$	

Sumber: Mini Tab 14



Gambar 2. Bandingan hidrograf pengukuran dan model

Curah hujan rancangan dimasukkan ke dalam model hidrologi HEC-HMS dan didapat debit rancangan seperti yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Curah hujan dan debit rancangan DAS Bekasi Hulu dengan periode ulang tertentu

Periode Ulang	Curah Hujan Rancangan (mm)	Debit (m³/dt)
2	91,72	421,45
5	126,02	481,77
10	150,72	620,36
25	195,53	866,73
50	229,53	1050,8

Sumber: Hasil simulasi hidrologi

Hasil simulasi berdasarkan penggunaan lahan pada tahun 1998, 2003, dan 2008 menunjukkan terjadinya peningkatan debit aliran permukaan pada DAS Cileungsi dan Cikeas masing sebesar 2,44% dan 3,75%. Untuk keseluruhan DAS Bekasi Hulu sebesar 2,93% (Tabel 6). Jika dilihat dari persentase memang kenaikan debit tidak terlalu besar, tetapi jika dilihat dari luasan genangan, kecendrungan kenaikan debit dikhawatirkan menimbulkan kerugian semakin besar.

Dilihat dari kondisi hidrologi saat ini dan peningkatan debit aliran dan permukaan pada DAS Bekasi Hulu dari tahun 1998 sampai tahun 2008 terlihat bahwa pada kedua DAS umumnya terjadi peningkatan yang hampir sama tinggi. Jika dilihat kontribusinya terhadap banjir Kota Bekasi, perubahan yang terjadi pada kedua DAS tersebut memberikan kontribusi yang hampir sama. Oleh karena itu, untuk mengurangi pengaruh banjir pada Kota Bekasi perlu adanya perlakuan terhadap kedua DAS tersebut.

Tabel 6. Debit berdasarkan hujan rancangan 10 tahunan (150,72 mm) DAS Bekasi Hulu tahun 1998, 2003, dan 2008

DAS	Q banjir (m³/dt)			Persentasi kenaikan (%)
	1998	2003	2008	
Cileungsi	448,60	458,7	459,56	2,44
Cikeas	153,07	156,70	158,82	3,75
DAS Bekasi Hulu	602,70	616,30	620,36	2,93

Sumber: Hasil simulasi hidrologi

Analisis Kapasitas Alir Sungai Bekasi Hulu

Berdasarkan data pengukuran tahun 2003 oleh PWSPCC diketahui penampang Sungai Bekasi Hulu adalah non-prismatik dan penampang terbesar dengan kapasitas alir sebesar $764 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan penampang terkecil pada sebesar $462 \text{ m}^3/\text{dt}$. Kapasitas alir ini menunjukkan bahwa Sungai Bekasi Hulu tidak dapat mengalirkan debit rancangan 10 tahunan ($620,36 \text{ m}^3/\text{dt}$) dan juga aliran yang terjadi pada banjir 2005 sebesar $545,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ karena lebih besar kapasitas alir. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa Kota Bekasi merupakan daerah rawan terhadap luapan air sungai karena terbatasnya luasan penampang basah yang membatasi kapasitas alir sungai.

Analisis Penyebab Banjir Kota Bekasi

Banjir yang terjadi pada tahun 2005 ($545,5 \text{ m}^3/\text{dt}$) akibat hujan sebesar 127 mm menunjukkan bahwa kapasitas alir sungai tidak lagi mampu mengalirkan aliran sungai sehingga terjadi luapan air di beberapa lokasi karena kapasitas alir lebih rendah dari debit aliran. Keterbatasan kapasitas alir disebabkan karena di sepanjang sisi sungai telah dipenuhi oleh permukiman penduduk sehingga sungai tidak lagi dapat mengikuti kesetimbangan alam untuk menampung aliran dari hulu dan berubah fungsi menjadi saluran drainase lingkungan.

Kondisi akan semakin parah dengan adanya perubahan penggunaan lahan khususnya kenaikan permukiman sebesar 19,3% dan penurunan hutan sebesar 5,5%. Simulasi hidrologi menggunakan data biofisik DAS tahun 2008 dengan hujan yang sama akan mengalir debit sebesar $592,8 \text{ m}^3/\text{dt}$. Hasil simulasi ini memberikan indikasi kuat bahwa kecenderungan terjadi banjir semakin tinggi, terlebih lagi jika diamati terjadinya hujan dengan rancangan 10 tahunan, akan terjadi genangan banjir yang luas.

Rancangan Pengelolaan DAS Bekasi Hulu

Dua pendekatan rancangan pengelolaan DAS untuk menurunkan risiko akibat banjir dapat dilakukan dengan meningkatkan kapasitas alir sungai Bekasi Hulu dan menurunkan limpasan dengan pengelolaan DAS. Metode pertama lebih dikenal sebagai rekayasa teknik atau upaya struktur untuk pengendalian banjir dan dilakukan dengan menaikkan elevasi tanggul, pengerukan, pelebaran sungai, dan lain-lain. Upaya ini memang secara langsung akan terasa manfaatnya karena luapan air sungai dapat dicegah atau dihindari. Akan tetapi, perlu dipertimbangkan kendala pada penggunaan metode rekayasa teknik, yaitu umumnya pada penentuan dimensi struktur ditentukan berdasarkan debit rancangan tertentu, padahal pada DAS Bekasi Hulu terjadi perubahan penggunaan lahan yang cepat sehingga akan terjadi peningkatan debit melebihi debit rancangan pada periode ulang tertentu. Selain kendala tersebut perlu diperhatikan seringnya terjadi longsor yang terjadi pada tepi sungai akibat kecepatan aliran pada debit besar.

Menelaah kendala tersebut, dipilih metode kedua, yaitu dengan pendekatan pengelolaan DAS. Metode ini menekankan pada pengaturan penggunaan dan pengolahan lahan sesuai kaidah konservasi untuk menurunkan debit aliran permukaan atau lebih banyak meresapkan ke dalam tanah. Beberapa skenario

yang diuji dalam penelitian ini seperti yang dijelaskan pada metode penelitian, hasilnya dijabarkan di bawah ini.

Sebelum mencari upaya untuk menurunkan debit limpasan, terlebih dahulu dilakukan analisis untuk mengikuti kecenderungan yang terjadi dari tahun 1998, 2003, dan 2008. Menggunakan kecenderungan bilangan kurva tersebut kemudian dimasukkan ke dalam model hidrologi didapat kecenderungan debit banjir yang akan terjadi pada tahun 2020 untuk curah hujan rancangan 10 tahunan (sebesar 150,72 mm), yaitu sebesar 724,34 m³/dt atau terjadi kenaikan sebesar 103,98 m³/dt. Ini menunjukkan kenaikan yang cukup besar jika dibandingkan dengan limpasan yang terjadi pada tahun 2008.

Tabel 7. Bandingan hasil simulasi rancangan untuk mereduksi risiko banjir DAS Bekasi Hulu pada debit rancangan 10 tahunan (150,72 mm)

Skenario	Rancangan	Bilangan kurva	Debit DAS (m ³ /dt)	Penurunan debit (m ³ /dt)	Persentase perubahan (%)
S-0	Kondisi biofisik 2008	90,66	620,36		
S-1	Sesuai dengan RTRW 2010 Jawa Barat	84,78	483,74	136,62	22,02
S-2	Pengolahan lahan mengikuti kaidah konservasi	87,39	497,85	122,51	19,77
S-3	Pembuatan struktur penahan air pada keseluruhan DAS Bekasi Hulu	90,68	492,52	127,84	20,61
S-4	Gabungan dari skenario kedua dan ketiga	87,41	452,05	168,31	27,13

Keterangan: S-0 menjadi acuan perubahan parameter aliran pada rancangan, S-1 menyesuaikan RTRW 2010 dengan luas hutan sebesar 45% luas DAS, S-2 penerapan teknologi konservasi pada lahan tegalan, perkebunan, persawahan dengan teras bangku dan baris vegetasi pada kemiringan > 20%, guludan pada kemiringan < 15%, mulsa pada tanah relatif datar, S-3 dibangun *water retarded structure* untuk menahan aliran limpasan sebanyak 3.964 unit dengan kapasitas tampungan 200 m³, S-4 merupakan gabungan S-2+S-3

Beberapa rancangan diusulkan untuk menurunkan aliran limpasan, setiap perubahan pada rancangan akan mempengaruhi bilangan kurva. Nilai ini kemudian diujikan menggunakan hujan rancangan 10 tahunan, dari berbagai rancangan yang telah dilakukan pada penelitian ini dipilih empat skenario. Bandingan keberhasilan setiap rancangan dinilai dengan debit aliran pada DAS Bekasi Hulu dengan acuan kondisi DAS pada tahun 2008 (S-0) seperti yang disajikan pada Tabel 7.

Analisis terhadap Rancangan Pengelolaan DAS

Hasil simulasi rancangan menunjukkan bahwa S-1 merupakan rancangan terbaik untuk menurunkan bilangan kurva dan menurunkan debit cukup signifikan bahkan telah mendekati kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu sebesar 462 m³/dt. Akan tetapi, penerapan acuan luas hutan sebesar 45% pada RTRW 2010 tidak dapat dilaksanakan dengan baik, perubahan lahan sampai dengan tahun 2008 menunjukkan luas hutan tidak meningkat bahkan menurun sehingga walaupun S-1 memberikan hasil yang baik tetap tidak mungkin diterapkan.

Penerapan S-2 dan S-3 telah mengurangi debit aliran menjadi 497,85 dan 495,52 m³/dt, jika dibandingkan dengan kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu sebesar 462 m³/dt, rancangan S-2 dan S-3 dapat mengatasi sebagian luapan air, dengan penambahan tanggul atau upaya lain untuk menahan luapan air. Walaupun terjadi penurunan debit pada penerapan S-3, terlihat justru terjadi kenaikan bilangan kurva, hal ini disebabkan naiknya luasan penggunaan lahan untuk badan

air, tetapi penurunan debit terjadi karena adanya tampungan dengan dibangunnya struktur penahan air.

Untuk meningkatkan reduksi terhadap banjir, rancangan S-2 dan S-3 digabungkan menjadi rancangan S-4, yaitu dengan menerapkan teknologi konservasi di lahan tegalan, perkebunan dan persawahan untuk meresapkan air sekaligus membangun struktur penahan air untuk menampung sementara aliran. Hitungan limpasan menunjukkan bahwa S-4 lebih efektif jika dibandingkan rancangan lain untuk menurunkan limpasan atau memperbesar resapan air pada tanah. Pada S-4 terjadi penurunan limpasan sebesar 177,34 m³/dt atau 28,58%, debit aliran sebesar 443,02 m³/dt lebih rendah dari kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu sehingga tidak diperlukan lagi adanya tanggul atau upaya lain untuk meningkatkan kapasitas alir sungai. Akan tetapi, perlu dijaga agar kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu tidak terjadi penurunan akibat sedimentasi atau budi daya bantaran sungai lainnya.

Untuk dapat menerapkan rancangan S-4 diperlukan beberapa langkah terpadu, antara lain, (1) penyuluhan pada pengarap lahan; (2) pendekatan melalui tokoh desa/agama/adat; (3) membuat lahan percontohan; (4) memberikan insentif bagi pengarap lahan/petani agar mau mengikuti kaidah konservasi; dan (5) pendekatan kepada institusi yang terkait untuk pembuatan struktur penahan air.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

- (1) Komposisi perubahan penggunaan lahan DAS Bekasi Hulu dengan luasan total sebesar 39.045,0 ha mengalami perubahan yang cepat, dalam kurun waktu sepuluh tahun (1998-2008) terjadi peningkatan luasan permukiman sebesar 19,3%, tetapi sebaliknya penurunan hutan 5,5%.
- (2) Banjir yang terjadi pada tahun 2005 (545,5 m³/dt) menunjukkan bahwa kapasitas alir sungai (462 m³/dt) tidak lagi mampu mengalirkan aliran sungai. Keterbatasan kapasitas alir disebabkan karena di sepanjang sisi sungai telah dipenuhi oleh permukiman penduduk sehingga sungai tidak lagi dapat mengikuti keseimbangan alam untuk menampung aliran dari hulu dan berubah fungsi menjadi saluran drainase lingkungan.
- (3) Simulasi hidrologi menggunakan data biofisik DAS tahun 2008 dengan hujan yang sama tahun 2005 akan mengalirkan debit sebesar 592,8 m³/dt. Hasil ini memberikan indikasi kuat bahwa kecenderungan terjadi banjir semakin tinggi.
- (4) Pengelolaan DAS yang terpadu seperti yang diberikan pada S-4 akan menurunkan risiko banjir dengan memperhatikan (a) penataan penggunaan lahan, (b) pengolahan lahan sesuai kaidah konservasi, dan (c) upaya menampung air di bagian hulu dan sekaligus meresapkan ke dalam tanah dengan membangun struktur penahan air. Dari hasil simulasi pada DAS Bekasi Hulu, S-4 dapat menurunkan limpasan sebesar 177,34 m³/dt atau 28,58%.
- (5) Sungai Bekasi Hulu tidak lagi memerlukan peningkatan kapasitas alir jika rancangan S-4 telah dilaksanakan dengan baik karena limpasan menjadi 443,02 m³/dt, lebih kecil daripada kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu

sehingga tidak lagi diperlukan pembuatan tanggul atau upaya lain untuk menahan luapan aliran.

Saran

Rancangan pengelolaan DAS pada penelitian ini tidak akan dapat terwujud jika tidak didukung berbagai pihak yang berwenang terhadap lahan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan koordinasi antara pemilik lahan, institusi, dan pemerintah daerah secara terpadu agar permasalahan banjir, khususnya di DAS Sungai Bekasi Hulu, dapat diatasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2000. *HEC-HMS Hydrologic Modeling System Technical Reference Manual*. Washington DC: *Hydrologic Engineering Centre*.
- Anonim. 2001. *HEC-RAS River Analysis System User's Manual*. Washington DC: *Hydrologic Engineering Centre*.
- Arsyad S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi kedua cetakan kedua. Bogor: IPB Press.
- Johnson C, Yung A, Nixon K, and Legates D. 2001. *The use of HEC-GeoHMS and HEC-HMS to Perform Grid-Based Hydrology Analysis of a Watershed*. Texas: Dodson & Associated, inc. (tidak dirujuk)
- Bapeda Provinsi Jawa Barat. 2002. *Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Barat 2010*.
- Badan Meteorologi dan Geofisika, 2003, *Data Hujan Harian*, Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika
- Siswoko. 2010. *Banjir, Masalah banjir dan upaya mengatasinya*. Jakarta: Badan Penerbit PU.