

**OPTIMASI TATA GUNA LAHAN
DAN PENERAPAN REKAYASA TEKNIK DALAM ANALISA BANJIR DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI: STUDI KASUS DAERAH ALIRAN SUNGAI
CILIWUNG HULU DI BENDUNG KATULAMPA**
*(The Optimization of Land Use and the Application of Engineering Treatment in
Flood Analysis of a Watershed:
A Case Study at Katulampa Dam Upper Ciliwung Watershed, Indonesia)*

Yohana Lilis Handayani*, Rachmad Jayadi, dan Bambang Triatmodjo****

*Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Abstrak

Peningkatan aliran puncak dan volume "runoff" dari "flood hydrograph" dapat disebabkan oleh konversi penggunaan lahan. Fenomena ini terjadi di cekungan hulu sungai Ciliwung sebagai daerah konservasi. DAS ini memiliki peran penting dalam memelihara ketersediaan air di cekungan Ciliwung dan untuk pengendalian banjir di daerah hilir. Berdasarkan data yang dicatat dari 1993 sampai dengan 1996, 14,6% kejadian banjir di daerah hilir disebabkan oleh banjir kiriman.

Evaluasi konversi penggunaan lahan di daerah hulu Ciliwung dilakukan dengan membandingkan penggunaan lahan tahun 1989 dan 1998. Optimasi tata guna lahan dilakukan dengan optimasi linier untuk meminimasi nilai koefisien "composite runoff". Pendekatan teknis dan penerapan rekayasa teknik digunakan untuk simulasi penurunan aliran puncak dan volume "runoff" dari "flood hydrograph". Perlakuan ini meliputi "terracing" dan normalisasi kolam detensi (detention pond). Simulasi dilakukan untuk periode banjir 10 tahunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam periode 10 tahun (1989-1998) penggunaan lahan dikonversi secara signifikan. Konversi ini menyebabkan peningkatan aliran puncak dan volume runoff masing-masing 18,97% dan 18,87%.

Kata kunci: penggunaan lahan, optimasi, rekayasa teknik

Abstract

The rise of peak flow and runoff volume of a flood hydrograph may be caused by land use conversion. This phenomenon had happened in upstream of Ciliwung basin. As a conservation area, this catchment has an important role in maintaining the water availability of Ciliwung basin and for flood control in downstream area. Based on the collected flood data recorded from 1993 to 1996, 14.6% of flood events in downstream of Ciliwung basin were caused by delivery flood from upstream area.

Evaluation of land use conversion in upstream of Ciliwung basin was carried out by comparing land use in 1989 and in 1998. Land use optimization was done using linear optimization to minimize the value of composite runoff coefficient. Technical approach of engineering treatment was used to provide simulation to decrease peak flow and runoff volume of a flood hydrograph.

The treatment consists of terracing and normalizing of detention pond. Peak flow and runoff volume of a flood hydrograph were simulated 10 years return period of storm. The results of analysis indicated that during 10 years (1989-1998) the land use converted significantly. The conversion of land use cause to increase the peak flow and the runoff volume of 18.97% and 18.87%, respectively.

Key words: land use, optimization, engineering treatment, flood hydrograph.

PENGANTAR

Perubahan karakteristik hidrograf banjir pada suatu daerah aliran sungai antara lain disebabkan adanya perubahan tata guna lahan. Fenomena perubahan tata guna lahan ini juga terjadi di daerah aliran sungai Ciliwung khususnya daerah Ciliwung hulu. DAS Ciliwung hulu ini merupakan kawasan konservasi bagi pengelolaan sumberdaya air dan penanganan banjir di daerah hilir (Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1).

Menurut Viessman, Jr. W., (1977), perubahan tata guna lahan dapat menaikkan ataupun mengurangi volume *runoff* dan waktu konsentrasi dari suatu area. Faktor yang paling besar mempengaruhi volume aliran adalah laju infiltrasi dan tampungan permukaan. Jika perubahan tataguna lahan ini menyebabkan berkurangnya laju infiltrasi dan tampungan permukaan, maka volume *runoff* akan meningkat. Peningkatan volume *runoff* dan berkurangnya waktu konsentrasi ini akan menaikkan debit maksimum hidrograf banjir.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kecenderungan perubahan tata guna lahan di DAS Ciliwung hulu dan untuk

memperoleh kombinasi luas tata guna lahan yang optimal untuk keperluan penanganan masalah banjir. Kombinasi luas tata guna lahan yang dihasilkan akan diaplikasikan dengan rekayasa teknik untuk mendapatkan debit puncak dan volume banjir yang lebih kecil.

IDENTIFIKASI PARAMATER DAS

Identifikasi parameter DAS dilakukan dengan menghitung luas total DAS dan luas masing-masing tata guna lahan berdasarkan peta rupa bumi tahun 1989, peta rupa bumi tahun 1998 dan peta RUTR tahun 2000.

Pada Tabel 1. terlihat bahwa luas hutan, kebun, sawah, permukiman petani mengalami pengurangan, sedangkan luas tegalan dan kawasan perumahan mengalami kenaikan. Pertambahan luas yang relatif signifikan terjadi pada kawasan perumahan.

Berdasarkan *access* jalan kolektor primer I Ciawi-Puncak DAS Ciliwung hulu dibagi menjadi 3 wilayah yaitu wilayah utara, wilayah tengah dan wilayah selatan. Prosentase luas masing-masing tata guna lahan terhadap luas DAS Ciliwung hulu untuk ketiga wilayah dengan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Luas Tata Guna Lahan DAS Ciliwung di Katulampa Tahun 1989, 1998 dan RUTR Tahun 2000.

Peta	Luas (km ²)								
	Hutan	Kebun	Tegalan	Semak	Tanah Kosong	Sawah	Kawasan Perumahan	Permukiman Petani	Total
1989	48,97030	31,6994	25,2241	0,0000	0,0000	22,7228	2,4065	15,3268	146.3499
1998	44,5950	29,6052	25,7810	5,3667	0,2845	13,1772	21,4983	6,0420	146.3499
RUTR	43,9365	39,6428	10,9542	0,0000	0,0000	12,5613	36,8236	2,4315	146.3499

Tabel 2. Prosentase Luas Tata Guna Lahan Tiap Bagian DAS Ciliwung Hulu di Katulampa Berdasarkan Peta Rupa Bumi Tahun 1989 dan Tahun 1998.

Wilayah	Tahun	Prosentase Luas Tata Guna Lahan (%)							
		Hutan	Kebun	Tegalan	Semak	Tanah Kosong	Sawah	Kawasan Perumahan	Permukiman Petani
Utara	1989	14,3	5,7	4,3	0,0	0,0	1,1	0,1	0,8
	1998	13,3	5,9	3,9	0,3	0,0	0,3	0,6	1,4
Tengah	1989	1,1	6,0	8,5	0,0	0,0	6,8	1,2	8,3
	1998	1,0	5,9	8,4	0,9	0,2	3,0	11,1	1,7
Selatan	1989	18,1	9,9	4,4	0,0	0,0	7,6	0,4	1,4
	1998	16,2	8,4	5,3	2,5	0,0	5,7	3,1	1,0

Tata guna lahan yang tidak nampak di peta tahun 1989 adalah semak dan tanah kosong. Semak terluas di wilayah selatan dan tanah kosong di wilayah tengah. Semak yang ada merupakan perubahan dan tataguna lahan hutan menjadi kebun. Adapun kebun menjadi semak menunjukkan terjadinya penurunan fungsi tata guna lahan.

Tanah kosong banyak terdapat di wilayah tengah terutama dekat dengan jalan kolektor primer I. Keadaan ini menunjukkan belum optimalnya pemanfaatan tanah di sekitar jalan kolektor primer I.

Prosentase daerah permukiman terbesar adalah di wilayah tengah. Hal ini didukung dengan adanya *access* jalan kolektor primer I Ciawi-Puncak dan perkembangan kota kecamatan Cisarua yang berlokasi di wilayah ini.

Wilayah utara dan selatan DAS Ciliwung hulu merupakan daerah konservasi dan hutang lindung. Di wilayah utara dan selatan ini peralihan tata guna lahan dari daerah lindung ke daerah budidaya dibatasi dengan adanya kebun. Kebun yang terdapat di kawasan ini sebagian besar berupa kebun teh.

Semakin ke tengah merupakan daerah budidaya pertanian berupa tegalan, dan sawah. Prosentase terbesar untuk tegalan adalah di wilayah tengah. Sawah mengalami perubahan dari sawah yang beririgasi menjadi sawah tadah hujan. Sawah tadah hujan sebagian besar ada di wilayah selatan adapun sawah beririgasi terdapat di daerah tengah terutama di daerah dekat dengan bendung Katulampa.

KALIBRASI

Kalibrasi model hidrologi dengan *software* HEC-HMS dilakukan berdasarkan data debit jam-jaman di Katulampa dan hujan jam-jaman rerata di DAS Ciliwung hulu dari tanggal 25 April 1998 pukul 12.00 WIB sampai dengan tanggal 26 April 1998 pukul 12.00 WIB.

Model hidrologi yang dipakai dalam proses kalibrasi dan simulasi adalah sebagai berikut :

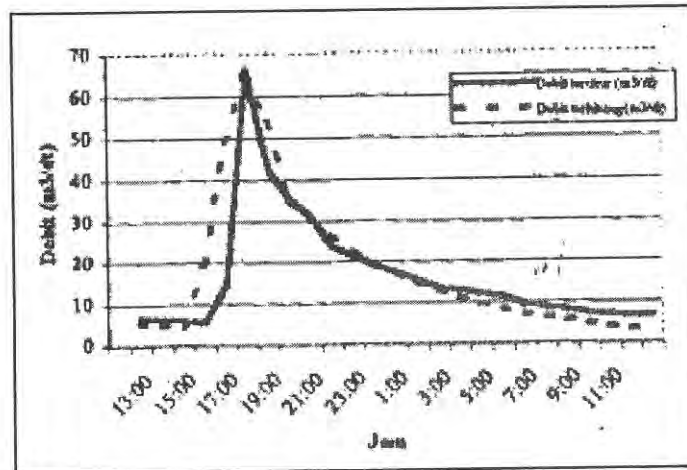
- Model hujan: *heyograph*,
- Model volume *runoff*: *SCS curve number (CN)*,
- Model *direct runoff*: *Clark's unit hydrograph*,
- Model baseflow: *exponential recession*

Hasil kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 1. Perbedaan Debit puncak terukur dan terhitung sebesar 0,244 m³/dt atau 0,369%. Perbedaan volume terukur dan terhitung sebesar 163,1 km³ atau 11,3%.

Function type yang digunakan dalam kalibrasi yaitu *peak-weighted RMS error* yang menghasilkan *function value* sebesar 7,8%.

SIMULASI

Besaran parameter DAS hasil kalibrasi digunakan untuk menghitung debit puncak dan volume banjir berdasarkan nilai koefisien *runoff* gabungan tata guna lahan tahun 1989, 1998, dan RUTR tahun 2000.



Gambar 1. Hidrograf Banjir Debit Terukur dan Debit Hasil Kalibrasi

Simulasi juga dilakukan untuk melihat pengaruh terasiring dan peningkatan fungsi situ sebagai rekayasa teknik dalam pengelolaan lahan.

Adapun kala ulang hujan yang digunakan adalah hujan kala ulang 10 tahun sebesar 107,12 mm. Besaran hujan ini diperoleh dengan analisis frekwensi terhadap data hujan harian dari 3 pos hujan itu adalah pos hujan Katulampa, pos hujan Citeko dan pos hujan Gunung Mas.

Distribusi hujan jam-jaman diperoleh dengan mencermati data hujan jam-jaman hasil rekaman pos hujan Citeko tahun 1994, 1996 dan tahun 1998. Data hasil rekaman pos hujan tersebut dikumpulkan sesuai dengan durasinya dan dinyatakan dalam persen. Diperoleh distribusi hujan jam-jaman durasi 4 jam adalah berturut-turut 32,92%; 29,61%; 27,43% dari 10,05%.

Hasil simulasi hidrograf banjir dapat dilihat pada Gambar 2. dan Tabel 3. Dari tahun 1989 sampai RUTR tahun 2000, debit puncak dan volume banjir semakin lama semakin naik, seiring dengan perubahan tata guna lahan yang cenderung menaikkan nilai $CN_{komposit}$. Kenaikan nilai $CN_{komposit}$ dipengaruhi oleh perubahan tata guna lahan yang semakin memperbesar volume runoff di lahan. Pengaruh yang dominan untuk menaikkan nilai $CN_{komposit}$ ini adalah perubahan tata guna lahan menjadi suatu kawasan perumahan.

OPTIMASI LINIER TATA GUNA LAHAN

Teknik optimasi yang digunakan untuk mencari luas masing-masing tata guna lahan yang optimum adalah dengan menggunakan teknik optimasi linier. Pendekatan untuk memperoleh debit maksimum dan volume banjir yang minimum dilakukan dengan cara meminimumkan koefisien *runoff* gabungan ($CN_{komposit}$). Koefisien *runoff* gabungan ini merupakan salah satu *input* untuk menghitung debit maksimum dan volume banjir dalam model yang dipakai (*SCS Curve Number*). Fungsi tujuan optimasi pengaturan tata guna lahan yang digunakan ditunjukkan seperti pada persamaan (1).

$$CN_{komposit} = \frac{CN_1 x L_1 + CN_2 x L_2 + CN_n x L_n}{L_{total}} \quad (1)$$

Dengan:

- $CN_{komposit}$ = curve number gabungan
- CN_i = curve number jenis tata guna lahan i,
- L_i = luas jenis tata guna lahan i,
- L_{total} = luas seluruh DAS,
- CN_i = curve number jenis tata guna lahan i,
- L_i = luas jenis tata guna lahan i,
- L_{total} = luas seluruh DAS,
- n = jumlah jenis tata guna lahan

Fungsi kendala optimasi pengaturan tata guna lahan yang digunakan adalah seperti pada persamaan (2) di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 &b_1 \leq L_1 \leq b_2 \\
 &b_3 \leq L_2 \leq b_4 \\
 &b_{m-1} \leq L_n \leq b_m \\
 &L_1 + L_2 + \dots + L_n = L_{\text{total}} \\
 &\text{dan } L_1 > 0, L_2 > 0, \dots, L_n > 0
 \end{aligned}$$

dengan

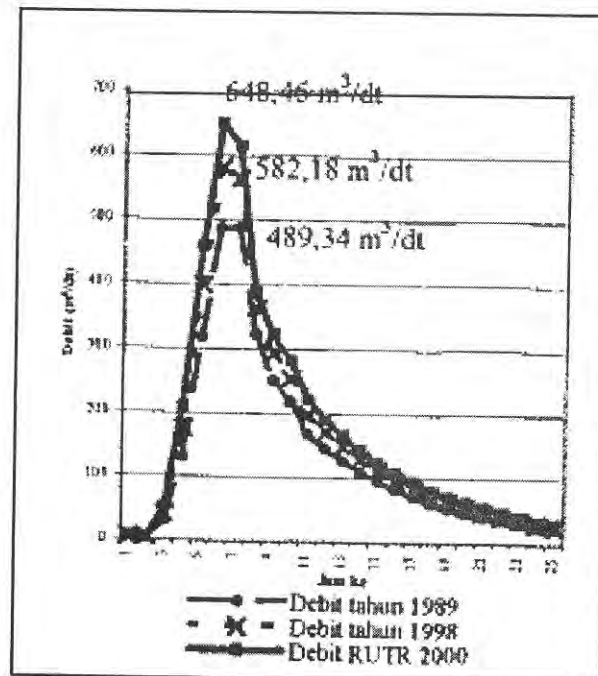
b = nilai batas luas jenis tata guna lahan

Nilai batas (b) masing-masing tata guna lahan mengacu pada luas DAS, luas tata guna lahan yang memperhitungkan pertumbuhan jumlah penduduk, kecenderungan pola perubahan tata guna yang ada dan tata guna lahan yang direncanakan dalam RUTR Kabupaten Bogor. Penentuan nilai batas ini pada dasarnya bertitik tolak pada perencanaan tataguna lahan di wilayah penelitian.

Pertimbangan-pertimbangan dalam menentukan luas tiap jenis tata guna lahan mengacu pada kebijaksanaan perencanaan

Tabel 3. Hasil Simulasi Perubahan Debit Puncak dan Volume Banjir berdasarkan Tata Guna Lahan

Tata Guna	CN _{komposit}	Debit Puncak (m ³ /dt)	Volume Banjir (km ³)
1989	65,7584	489,34	12 104
1998	69,3719	582,18	14 388
RUTR	71,0203	648,46	15 987



Gambar 2. Hidrograf Banjir Kala Ulang 10 Tahun untuk Tata Guna Lahan Tahun 1989, 1998 dan RUTR Tahun 2000.

dalam Rencana Umum Tata Ruang (RUTR) tahun 2000 dan prediksi luas berdasarkan kecenderungan perubahan tata guna lahan. Prediksi kecenderungan perubahan ini diperkirakan dengan membandingkan luas tata guna lahan pada peta rupa bumi tahun 1989 dan tahun 1998.

Prakiraan luas kawasan permukiman penduduk di wilayah DAS Ciliwung hulu dihitung berdasarkan petunjuk perencanaan kawasan perumahan kota SK Menteri PU No. 378/KPTS/1987.

Rasio pertumbuhan penduduk adalah sebesar 3,28%, maka prediksi hulu jumlah penduduk tahun 2009 adalah 342.790 jiwa (RUTR Kabupaten Bogor tahun 2000). Berdasarkan jumlah penduduk ini diketahui bahwa kebutuhan luas kawasan perumahan adalah sebesar 14,665 km². Angka ini lebih kecil dari luas permukiman yang dihitung berdasarkan peta tahun 1998 yaitu sebesar 21,4983 km². Luas perumahan kemudian ditentukan berdasarkan pertimbangan kecenderungan perubahan lahan dan diperoleh nilai 32,2615 km².

Kecenderungan perubahan lahan ini dilihat dengan cara membandingkan peta tahun 1989 dan peta tahun 1998. Dari peta tersebut terlihat bahwa permukiman petani dengan perumahan yang jarang akan berkembang menjadi kawasan permukiman dengan jarak rumah yang semakin rapat. Kecenderungan ini diperbesar dengan terbukanya *access* jalan yang menuju wilayah tersebut, besarnya jarak dengan prasarana pemukiman dan pola tata guna lahan RUTR.

Penentuan luas tata guna lahan berdasarkan kecenderungan perubahan tata guna lahan ini juga diterapkan dalam menentukan nilai batas

untuk tata guna lahan yang lain. Penentuan nilai batas ini juga mempertimbangkan *plotting* lokasi tata guna lahan yang telah ditentukan dalam RUTR tahun 2000.

Plotting lokasi tata guna lahan berdasarkan peta RUTR tahun 2000 dibandingkan dengan peta rupa bumi tahun 1998 mengalami ketidakcocokan. Ketidakcocokan ini berupa *plotting* tata guna lahan sawah, karena berdasarkan peta rupa bumi tahun 1998 lokasi sawah tersebut sudah berupa kawasan perumahan. Ketidakcocokan ini kemungkinan disebabkan karena pada waktu penentuan lokasi pada RUTR itu masih berdasarkan peta rupa bumi tahun 1989, karena pada peta rupa bumi tahun 1989 itu lokasi tinjauan masih berupa sawah.

Dengan bantuan *solver* (salah satu fasilitas *Microsoft Excel*) diperoleh luas untuk masing-masing tata guna lahan pada Tabel 4. Nilai CN_{komposit} dari komposisi luas tata guna lahan ini adalah 70,31704.

Debit puncak yang dihasilkan oleh CN_{komposit} yang diperoleh dari optimasi tata guna lahan adalah sebesar 625,00 m³/dt. Debit puncak sebesar itu menghasilkan volume banjir 15.421 km³.

REKAYASA TEKNIK

Rekayasa teknik yang diaplikasikan adalah pembuatan terasiring dan peningkatan fungsi situ sebagai tampungan permukaan. Pemilihan rekayasa teknik ini disesuaikan dengan kemampuan dan fasilitas dari *software* HEC-HMS. Skenario simulasi rekayasa teknik dengan mengubah nilai CN untuk tata guna lahan yang diterasiring.

Tabel 4. Luas Tata Guna Lahan Hasil Optimasi

Hutan (km ²)	Kebun (km ²)	Tegalan (km ²)	Sawah (km ²)	Kawasan Perumahan	Permukiman Petani
44,3470	43,5040	12,5397	11,2659	32,2615	2,4315

Asumsi pembuatan terasiring adalah separo luas tegalan hasil optimasi yaitu sebesar 6,26989 km². Hal ini akan memperkecil nilai $CN_{komposit}$ menjadi 70,14565 atau lebih kecil 0,24% dari $CN_{komposit}$ hasil optimasi. Debit puncak dan volume banjir yang dihasilkan berturut-turut sebesar 623,22 m³/dt dan 15.378 km³.

Dilihat dari hasil scenario penerapan rekayasa teknis pembuatan terasiring ini tidak memberikan pengurangan debit puncak dan volume banjir yang signifikan. Hal ini mungkin disebabkan karena pendekatan perubahan parameter untuk simulasi *software* hanya berlaku pada $CN_{komposit}$ saja, sedangkan factor lain misalnya perubahan *time of concentration* tidak diubah. Kemungkinan kedua dalah penentuan nilai CN untuk tata guna tanpa terasiring dan taga guna dengan terasiring mempunyai selisih relatif kecil sehingga selisih debit puncak dan volume banjir yang dihasilkan akan kecil juga.

Rekayasa teknik yang kedua adalah mensimulasikan keberadaan situ yang terdapat dalam DAS ini. Keberadaan situ di DAS ini disimulasikan dengan bantuan *software* HEC-HMS dengan penambahan elemen *reservoir* pada skema *basin model*. Grafik hubungan tampungan-*outflow* dihitung berdasarkan persamaan limpasan pada ambang tipis dan asumsi untuk besar tampungan tidak terbatas dengan nilai tampungan awal sebesar 1000 m³.

Hujan yang disimulasikan adalah hujan kala ulang 10 tahun dengan $CN_{komposit}$ berdasarkan peta rupa bumi tahun 1998. hasilnya debit puncak dan volume banjir di Katulampa berturut-turut sebesar 579,77 m³/dt dan 13.828 km³ dengan besarnya tampungan puncak situ 117.690 m³.

KESIMPULAN

Tataguna lahan di DAS Ciliwung hulu semakin lama semakin mengalami pergeseran ke arah penggunaan non-pertanian.

Pergeseran ini akan menaikkan debit puncak dan volume banjir. Berdasarkan hasil simulasi hujan kala ulang 10 tahun bahwa selama 10 tahun (dari tahun 1989-1998) nilai $CN_{komposit}$ naik sebesar 5,50%, debit puncak nilai 18,97% dan volume banjir naik 18,87%.

Hasil simulasi tata guna lahan RUTR 2000 menunjukkan kenaikan $CN_{komposit}$ sebesar 2,38%, kenaikan debit puncak sebesar 11,38% dan kenaikan volume banjir sebesar 11,11% dibandingkan dengan hasil simulasi berdasarkan keadaan tata guna lahan tahun 1998.

Dari hasil optimasi dengan memper-timbangkan kecenderungan perubahan tata guna lahan dan RUTR Kabupaten Bogor tahun 2000 diperoleh kombinasi luasan yang menghasilkan nilai $CN_{komposit}$ sebesar 70,31704. Nilai $CN_{komposit}$ ini setelah disimulasikan dengan hujan kala ulang 10 tahun akan menghasilkan debit puncak dan volume banjir berturut-turut sebesar 625,00 m³/dt dan 15.421 m³. Jika nilai ini dibandingkan RUTR tahun 2000, maka debit puncak dan volume banjir berkurang 3,62% dan 3,54%.

Berdasarkan hasil simulasi *software* HEC-HMS, penerapan rekayasa teknik berupa pembuatan terasiring mengurangi debit puncak dan volume banjir yang relatif kecil berturut-turut sebesar 0,29% dan 0,28% dari hasil simulasi tata guna lahan optimasi.

Keberadaan situ dengan tampungan puncak sebesar 117.690 m³ tidak menurunkan debit puncak dan volume banjir secara signifikan di Katulampa. Pengurangan debit puncak dan volume banjir di Katulampa berturut-turut sebesar 0,42% dan 4,03% dibandingkan hasil simulasi tahun 1998 tanpa tambahan situ. Tetapi dari kedua tinjauan hidrologis ini terlihat bahwa prosentase penurunan volume banjir lebih besar dibandingkan dengan prosentase penurunan debit puncaknya.

SARAN

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dan diperhatikan di dalam melakukan penelitian ini serta dalam hal pengelolaan sumberdaya air di Daerah Aliran Sungai adalah sebagai berikut dibawah ini :

1. Hasil kalibrasi model dalam *software* HEC-HMS ini sangat dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas data yang ada, sehingga perlu dilaksanakan dokumentasi data lapangan yang baik oleh instansi yang terkait sehingga dapat mempermudah di dalam proses penelitian sejenis ini.
2. Diperlukan penelitian serupa yang menggunakan model-model distribusi dalam *software* HEC-HMS dengan menggunakan data digital yang akurat dan mutakhir dalam bentuk data GIS, sehingga keadaan tata guna lahan dapat dideskripsikan dengan lebih baik.
3. Diperlukan suatu pengelolaan sumberdaya air yang terpadu antara sub-DAS yang satu dengan sub-DAS yang lain dalam satu wilayah aliran sungai. Hal ini berhubungan dengan kejadian banjir di wilayah hilir. Kejadian banjir di wilayah hilir antara lain disebabkan oleh ketidakharmonisan sistem pengelolaan sumberdaya air pada DAS antara daerah hilir, tengah maupun hulu, sehingga kejadian banjir itu hilir bukan semata-mata akibat kesalahan pengelolaan sumberdaya air di wilayah hulu sungai tersebut.
4. Perlu ditingkatkan upaya-upaya pengelolaan sumberdaya air terutama yang berkaitan dengan pengaturan tata guna lahan yang lebih difokuskan pada daerah hilir dan tengah bukan hanya pada daerah hulu atau bukan hanya pada daerah yang ditetapkan sebagai daerah konservasi saja.
5. Perlu dilakukan perbaikan dan pemeliharaan yang lebih baik terhadap sarana dan prasarana sumberdaya air antara lain normalisasi situ, perbaikan tunggal, penataan bantaran sungai, dan perbaikan terasiring.
6. dalam proses perencanaan Rencana Umum Tata Ruang (RUTR) suatu daerah diperlukan pemantauan dan evaluasi terutama menyangkut respon pengelolaan lahan terhadap fenomena aliran (*high flow* dan *low flow*). Dengan demikian perubahan fenomena aliran dapat digunakan sebagai acuan untuk penyusunan kebijakan pengelolaan lahan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1998, *Evaluasi Pengelolaan DAS Ciliwung Bagian Hulu*, Sub Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Ciujung-Ciliwung, Bogor.
- Anonim, 2000, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical Reference Manual*, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, California.
- Anonim, 2000, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: User's Manual*, US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, California.
- Anonim, 2000, *Rencana Umum Tata Ruang Daerah di Wilayah Kabupaten Bogor*, Bappeda Kabupaten Bogor, Bogor.
- Viessman Jr, W., Harbaugh T.E., Knapp, J.W., 1977, *Introduction to Hydrology, second edition*, Harper da Row Publiser, Inc., New York.

Denah Lokasi Penelitian DAS Ciliwung Hulu di Katulampa

