

EROSI PADA DAS BEKASI DAN PENGARUHNYA TERHADAP BANJIR

Trihono Kadri¹

ABSTRAK

Kali Bekasi adalah salah satu sungai yang melewati Kota Bekasi bersumber pada dua sungai di hulunya, yaitu Kali Cileungsi dan Kali Cikeas. Di bagian tengah Kali Bekasi terdapat Bendung Bekasi yang bersilangan dengan Saluran Induk Tarum Barat atau dikenal sebagai Kali Malang.

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, maka erosi yang terjadi pada DAS Bekasi Hulu meningkat dari sebesar 11,21 juta ton per tahun pada tahun 1998 dan menjadi 18,53 juta ton per tahun pada tahun 2003. Peningkatan total erosi DAS Bekasi Hulu disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan khususnya lahan-lahan yang potensial menimbulkan erosi seperti lahan pertanian/perkebunan. Erosi yang terjadi mengakibatkan turunnya kapasitas alir Kali Bekasi akibat sedimentasi pada badan air yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya banjir.

Sebagai akibat besarnya erosi maka untuk mengatasi permasalahan banjir perlu dilakukan upaya struktur dan dikombinasikan dengan upaya non-struktur yang berbasis pada metode konservasi vegetatif.

Kata Kunci : DAS Bekasi, Erosi, Sedimentasi, Upaya Non-Struktur

ABSTRACT

Kali Bekasi is one of rivers that accros Bekasi with two rivers at its upstream, that is Kali Cileungsi and Kali Cikeas. There is Bekasi dam in the mid-length of Kali Bekasi that intersects with main channel of Tarum Barat known as Kali Malang.

As the population growing, the erosion that happen at the upstream of Bekasi catchment area is increasing from 11.21 million ton/year in 1998 to 18.53 million ton/year in 2003. It is suspected that landuse changing to high erosion potential area such as farming is the main cause of this increasing number. The effect is that the river capacity of Kali Bekasi is decreasing due to high level of sedimentation and often causes flood.

According to the high level of erosion, the method to overcome flood problem should be in the form of structure combined with non-structural method base on vegetative conservation method.

Key-words: Bekasi Catchment Area, Erosion, Sedimentation, Non-Structural Methods

1. LATAR BELAKANG

Kali Bekasi adalah salah satu sungai yang melewati Kota Bekasi bersumber pada dua sungai di hulunya, yaitu Kali Cileungsi dan Kali Cikeas. Di bagian tengah Kali Bekasi terdapat Bendung Bekasi yang bersilangan dengan Saluran Induk Tarum Barat atau dikenal sebagai Kali Malang. Bendung Bekasi berfungsi untuk menjaga elevasi muka air Kali Bekasi agar dapat mengalirkan air baku ke Jakarta dan irigasi di hilir bendung .

Sejalan dengan perkembangan pemukiman di Jabodetabek, terjadi perubahan penggunaan lahan di DAS Bekasi yang semula dapat menyerap air hujan, berubah menjadi aliran permukaan. Kondisi

¹ Dosen Biasa Jurusan Teknik Sipil FTSP-USAKTI

ini diperberat dengan menurunnya kapasitas alir dan tampung Kali Bekasi sebagai akibat terjadinya sedimentasi akibat erosi pada DAS bagian hulu.

Banjir Kota Bekasi diawali pada Februari 2002 yang mengakibatkan genangan di beberapa pemukiman sedalam 0,5-2,0 meter selama beberapa hari. Pemukiman tersebut terletak pada kecamatan Jati Asih, Bekasi Selatan dan Bekasi Timur di kompleks perumahan sekitar Sungai Bekasi antara lain Komplek Depnaker, Pondok Gede Permai, Kemang Ifi, Jati Asri Permai, Kemang Pratama, Jaka Setia, Jaka Kencana, Villa Kartini, Villa Nusa Indah, dan lain-lain. Banjir tersebut juga menyebabkan kelongsoran tebing pada beberapa ruas sungai akibat terjadinya gerusan di dasar dan tepi sungai. Curah hujan harian yang tercatat di Kabupaten Bekasi sebesar 250 mm mengakibatkan debit aliran mencapai 578,63 m³/det dan tinggi muka air di Bendung Bekasi mencapai ± 18,75 m.

Kejadian banjir kembali terjadi pada Kota Bekasi pada Maret 2005, sebagai akibat curah hujan harian yang tercatat pada tanggal 3-5 Maret 2005 di Bendung Bekasi sebesar 127 mm dan di Stasiun Cibinong sebesar 88 mm. Debit aliran yang mengalir sebesar 545 m³/det dan elevasi muka air pada pintu air mencapai ±18,90 m.

DESKRIPSI DAS BEKASI

A. Curah Hujan

Curah hujan tahunan rerata pada DAS Bekasi Hulu berdasarkan data statistik di dataran rendah ± 1800 mm dan untuk daerah pegunungan ± 2500 mm. Pada bulan Januari dan Desember curah hujan di daerah pegunungan cukup lebat. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari dan hari hujan terbanyak pada bulan Desember. Suhu udara DAS Bekasi Hulu berkisar antara 280C - 320C, sedang untuk zona pegunungan 18,90C - 25,20 C. Rerata hujan harian terbesar dari 8 stasiun yang tersebar dari hulu sampai hilir DAS Bekasi selama kurun waktu 1974 sampai dengan 2002 disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan data ini hujan harian terbesar adalah 250 mm tercatat di stasiun Bekasi pada tahun 2002.

Tabel 1. Curah hujan harian dan tahunan (mm)

Stasiun	Harian max	Harian Terbesar rerata
Cariu	245	118,5
Gadog	202	113,3
Cibinong	157	85,0
Gunung Putri	133	87,1
Cileungsi	146	96,9
Depok	208	110,4
Halim P Kusuma	165	99,9
Bekasi / Tambun	250	93,4

Sumber : Data curah hujan BMG (1974 – 2002)

B. Taksonomi Tanah

Berdasarkan peta semidetil skala 1:50.000 untuk wilayah Bekasi dan sekitarnya (Jabotabek III) yang dihasilkan oleh Pusat Penelitian Tanah (1981), ditemukan jenis-jenis tanah: Aluvial, Rensina dan Litosol, Glei humus rendah, Hidromorf kelabu, Grumusol, Laterit Air Tanah, Latosol, dan Podsolik. Berdasarkan sifat-sifat tanah tertentu (a.l. tekstur, drainase), bentuk wilayah/fisiografi, dan bahan induk pembentuk tanah tersebut maka dapat diturunkan sebanyak 20 macam tanah dengan tekstur halus sampai kasar, drainase cepat sampai terhambat.

C. Penggunaan Lahan

Berdasarkan data Citra Satelit dari Bakosurtanal dan hasil survei lapangan menunjukkan bahwa penggunaan lahan di DAS Bekasi adalah badan air, hutan, pemukiman, perkebunan, sawah irigasi, sawah tadah hujan, semak belukar, tanah kosong dan tegalan. Selama kurun waktu 5 tahun (1998-2003) telah terjadi perubahan penggunaan lahan yang cukup berarti di DAS Bekasi Hulu. Proporsi luas masing-masing jenis penggunaan lahan di DAS Bekasi Hulu disajikan pada Tabel 3.

Data tersebut menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Bekasi Hulu adalah: penurunan luasan penggunaan lahan untuk air 0,82%, hutan 4,58%, perkebunan 11,39%, sawah irigasi 2,11%, sawah tadah hujan 3,25% dan tegalan 1,72%, sedangkan kenaikan besaran tutupan lahan untuk pemukiman 13,90%, semak belukar 4,87% dan tanah kosong 5,09%.

D. Pengelolaan Lahan

Petani di DAS Bekasi Hulu mempunyai kebiasaan melakukan pengolahan tanah secara intensif sebelum musim tanam tiba. Tindakan ini secara langsung akan menjadikan tanah gembur dan mudah tererosi. Tanah-tanah yang sudah diolah akan dibiarkan terbuka hingga hujan datang dan tanah ditanami dengan tanaman singkong. Interval waktu sejak tanah terbuka hingga kanopi tanaman dapat menutup tanah, merupakan waktu yang rawan untuk terjadinya erosi.

Pengolahan tanah secara intensif pada tanah-tanah berstruktur *blocky* akan menyebabkan hancurnya partikel-partikel tanah atau dengan kata lain partikel-partikel tanah saling lepas satu sama lain akibatnya jika terjadi hujan maka tanah akan terdispersi oleh energi kinetik hujan (*splash erosion*). Jika kondisi ini terjadi pada tanah-tanah datar, maka akan terjadi erosi lembar (*sheet erosion*) yang secara visual sulit ditentukan kejadiannya di lapangan. Partikel-partikel tanah yang terdispersi akan menutupi pori-pori tanah sehingga secara tidak langsung akan menurunkan kapasitas infiltrasi tanah dan akhirnya meningkatkan aliran permukaan baik intensitas maupun kekuatannya.

Apabila kondisi di atas terjadi pada tanah-tanah berlereng, maka akan mengakibatkan terjadinya pengangkutan tanah (erosi) besar-besaran mulai dari erosi alur hingga erosi parit (*gully erosion*) dan inilah penyebab tingginya tingkat sedimentasi.

2. POTENSI EROSI PADA DAS BEKASI

Arsyad (2000) mengemukakan bahwa erosi adalah peristiwa terangkutnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian tanah dari suatu tempat yang terkikis dan terangkut untuk kemudian diendapkan di tempat lain. Pengangkutan atau pemindahan tanah tersebut terjadi oleh media alami berupa air dan angin.

Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi dapat dinyatakan dalam suatu persamaan deskriptif berikut (Arsyad, 2000) :

$$E = f(C, T, V, S, H)$$

dengan C = iklim, T = topografi, V = vegetasi, S = tanah, dan H = manusia.

Diantara kelima faktor tersebut di atas, maka faktor manusia paling menentukan apakah tanah yang diusahakannya akan rusak dan tidak produktif atau menjadi baik dan produktif secara lestari. Banyak faktor yang menentukan pengaruh manusia terhadap tanah atau lahan yang digarapnya antara lain: (1) luas usaha tani, (2) sistem penguasaan tanah (*land tenure*), jenis tanaman dan cara pemanenannya, (3) status penguasaan teknologi, dan (4) harga hasil usaha tani (Arsyad, 2000).

Berdasarkan uraian-uraian tersebut di atas, maka potensi erosi DAS Bekasi dapat diketahui dari faktor-faktor penyebab erosi. Kelima faktor penyebab erosi sebagaimana diuraikan sebelumnya direpresentasikan dengan nilai: (1) faktor R (erosivitas hujan), yakni kemampuan hujan untuk menimbulkan erosi; (2) faktor K (erodibilitas tanah), yakni kemampuan tanah untuk tererosi; (3) faktor LS (lereng), yakni panjang dan kemiringan lereng; dan (4) faktor CP (pengelolaan), yakni pengelolaan tanah dan tanaman. Di bawah ini diuraikan dua faktor utama yaitu erosivitas hujan dan erodibilitas tanah.

A. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Faktor erosivitas hujan (R) adalah satuan indeks erosi hujan yang merupakan fungsi dari energi hujan total (E) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (EI30). Nilai R merupakan perkalian jumlah antara energi hujan dengan I30 selama satu tahun.

Potensi erosi bulanan yang akan terjadi di DAS Bekasi Hulu berbeda-beda, tergantung dari nilai R bulanan.

B. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Penentuan nilai K dilakukan terhadap lima jenis penggunaan lahan yang potensial terjadi erosi yakni hutan, perkebunan (kebun campuran), semak belukar, tanah kosong dan tegalan.

Tabel 2. Nilai Erodibilitas tanah beberapa jenis penggunaan

No.	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	% Pasir	% Debu	% Liat	a	b	c	% Pasir Halus	Nilai M	Nilai K
1	Hutan	2264.4	9.95	35.72	63.54	2.16	3	4	2.37	1388.76	0.17
2	Perkebunan	7867.0	22.14	30.86	40.72	1.29	3	4	6.29	2202.25	0.26
3	Semak Belukar	5148.8	11.28	33.41	52.91	1.52	3	4	3.15	1721.61	0.21
4	Tanah Kosong	3397.0	8.16	35.16	35.83	1.47	3	4	2.41	2410.87	0.28
5	Tegalan	9917.4	20.26	37.67	51.96	1.36	3	4	6.23	2108.96	0.25
Keterangan :											
	<i>a = persen bahan organik</i>										
	<i>b = kode struktur tanah</i>										
	<i>c = Kelas Permeabilitas Tanah</i>										
	<i>M = (% pasir halus + debu) x (100 - % liat)</i>										

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai K berkisar antara 0,17 ton/joule untuk penggunaan lahan hutan sampai dengan 0,28 ton/joule untuk penggunaan lahan tanah kosong. Semakin besar nilai K, maka potensi erosi juga semakin besar karena erosi tanah berbanding lurus dengan nilai K, artinya semakin besar nilai K semakin besar pula erosi yang akan terjadi dan sebaliknya. Nilai K sebagaimana tertera pada Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa harkat kepekaan erosi tanah di DAS Bekasi berkisar dari rendah sampai sedang. Nilai K untuk penggunaan lahan hutan (0,17) berarti kepekaan erosi pada tanah hutan adalah rendah (nilai K = 0,11–0,20), sedangkan penggunaan lahan lainnya mempunyai kepekaan erosi sedang dengan nilai kisaran 0,21–0,32 (Arsyad, 2000).

3. ANALISIS EROSI DAN SEDIMENTASI

A. Perkiraan Erosi DAS Bekasi

Tingkat erosi di DAS Bekasi dihitung berdasarkan jenis penggunaan lahan yang secara potensial terjadi erosi yakni hutan, perkebunan, semak belukar, tanah kosong, dan tegalan. Setiap jenis penggunaan lahan tersebut memiliki tingkat erosi yang berbeda-beda. Nilai erosi rata-rata setiap jenis penggunaan lahan DAS Bekasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 5 menunjukkan bahwa tingkat erosi rata-rata tertinggi terjadi pada penggunaan lahan tanah kosong dengan erosi rata-rata 1.599,0 ton/hektar/tahun. Selanjutnya penggunaan lahan perkebunan mencapai angka tertinggi kedua setelah tanah kosong dengan nilai erosi 701,5 ton/hektar/tahun. Selanjutnya tegalan mempunyai erosi rata-rata 679,5 ton/hektar/tahun, angka ini lebih tinggi dari erosi rerata semak belukar dan hutan dengan erosi rerata berturut-turut 159,3 ton/hektar/tahun dan 10,5 ton/hektar/tahun.

Tabel 3. Total Erosi DAS Bekasi Tahun 1998 dan 2003.

No.	Penggunaan Lahan	Luas 1998 (Ha)	Luas 2003 (Ha)	A (ton/ha/tahun)	Total Erosi 1998 (Juta Ton/Tahun)	Total Erosi 2003 (Juta Ton/Tahun)
1	Hutan	4052.3	2264.4	10.5	0.04	0.02
2	Perkebunan	1715.2	7867.0	701.5	1.20	5.52
3	Semak Belukar	3244.6	5148.8	159.3	0.52	0.82
4	Tanah Kosong	1410	3397.0	1599.0	2.25	5.43
5	Tegalan	10587.2	9917.4	679.5	7.19	6.74
	Total	21009.3	28594.6		11.21	18.53

Berdasarkan harkat tingkat erosi tanah, maka tingkat erosi rerata yang terjadi di DAS Bekasi tergolong ringan (<16 ton/hektar/tahun) untuk penggunaan lahan hutan, berat (80-480 ton/hektar/tahun) yakni untuk penggunaan lahan semak belukar dan kategori sangat berat (> 480 ton/hektar/tahun) yakni untuk penggunaan lahan lainnya.

Tabel 3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan erosi total DAS Bekasi Hulu yakni 11,21 juta ton per tahun pada tahun 1998 dan meningkat menjadi 18,53 juta ton per tahun. Peningkatan total erosi DAS Bekasi Hulu disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan khususnya lahan-lahan yang potensial menimbulkan erosi berat sampai sangat berat. Hasil hitungan di atas juga memperlihatkan bahwa total erosi hutan menurun dari 0,04 juta ton pada tahun 1998 menjadi 0,02 juta ton pada tahun 2003. Penurunan ini disebabkan penurunan luasan hutan dari 4.052,3 hektar pada tahun 1998 menjadi 2.264,4 hektar pada tahun 2003, demikian pula penggunaan lahan tegalan.

B. Sedimentasi di Sungai

Tanah dan bagian tanah yang terangkut dari suatu tempat yang tererosi dan mengendap di suatu tempat disebut dengan sedimen. Sebagian dari sedimen yang akan sampai dan masuk ke dalam sungai. Nisbah jumlah sedimen yang terbawa oleh sungai dari suatu daerah terhadap jumlah tanah yang tererosi dari daerah tersebut disebut nisbah pelepasan sedimen (*sediment delivery ratio*, SDR).

Dua faktor yang sangat berpengaruh terhadap jumlah sedimen dan sedimentasi di sungai adalah jumlah tanah yang tererosi dan luas DAS. Hitungan jumlah sedimen yang dihasilkan di seluruh DAS Bekasi dan yang akan masuk ke sungai, waduk, situ dan tempat-tempat datar lainnya dilakukan dengan menggunakan pendekatan total erosi dan SDR.

Nisbah pelepasan sedimen (SDR) untuk DAS Bekasi yang mempunyai luas sekitar 39.045 ha adalah 9,75% (ekstrapolasi diantara nilai SDR dalam Arsyad, 2000). Ini berarti bahwa sekitar 9,75% total tanah tererosi akan menjadi sedimen. Jadi nilai sedimen sampai di sungai dapat

dihitung :

$$\begin{aligned}\text{Sediment Yield} &= \text{Total erosi} \times \text{SDR} \\ &= 18,53 \text{ juta ton} \times 9,75 \% \\ &= 1,81 \text{ juta ton per tahun.}\end{aligned}$$

Jadi total sedimen yang akan sampai di sungai dan tempat-tempat pengendapan lainnya diperkirakan sebesar 1,81 juta ton setiap tahunnya. Angka tersebut sangat besar jika dilihat kapasitas sungai dan tempat-tempat pengendapan lainnya selain sungai, seperti sawah, kolam, situ, muara sungai dan lain-lain. Fenomena ini perlu diantisipasi untuk mencegah dampak buruk yang lebih berat lagi di masa yang akan datang.

C. Kapasitas Alir Kali Bekasi

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh suatu aliran akan mengalami proses deposisi sehingga sedimen tersebut akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan airnya lebih lambat atau aliran airnya terhenti. Proses inilah yang dikenal dengan "sedimentasi" atau pengendapan. Sungai merupakan media penampungan dan pengaliran air hujan serta material-material lain yang terbawa akibat proses erosi. Hasil erosi yang terbawa apabila mengendap di sungai akan mengurangi kapasitas alir dan tampung sungai.

Padahal dari hasil simulasi hidraulika didapat kapasitas alir Sungai Bekasi Hulu terbesar pada Sta 65 sebesar 764 m³/det dan yang terkecil pada Sta 45 Pekayon sebesar 462 m³/det. Berdasarkan hitungan tersebut dapat ditentukan kapasitas alir maksimum keseluruhan Sungai Bekasi Hulu diambil berdasarkan kemampuan terkecil atau sebesar 462 m³/det. Hitungan ini menggunakan asumsi elevasi tepi sungai berdasarkan elevasi puncak tanggul yang telah dibangun pada tahun 2003.

4. UPAYA PENANGGULANGAN EROSI PADA DAS BEKASI

Untuk mengatasi permasalahan banjir di Kota dan Kabupaten Bekasi, sampai dengan tahun 2005, telah dilakukan upaya struktur dengan membangun tanggul, normalisasi dan pengerukan beberapa ruas Kali Bekasi. Kegiatan ini secara langsung akan meningkatkan kapasitas alir Kali Bekasi, akan tetapi upaya ini belum maksimal mengingat kapasitas alir akan terus turun akibat sedimentasi, selain itu juga perubahan penggunaan lahan akan mendorong meningkatkan koefisien limpasan pada DAS Bekasi.

Untuk itu diperlukan upaya non-struktur untuk mengatasi laju erosi pada DAS Bekasi bagian hulu. Upaya yang dilakukan untuk menurunkan laju erosi pada dasarnya merupakan upaya

merubah faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya erosi, meliputi faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), pengelolaan tanaman (C) dan faktor pengelolaan tanah atau tindakan konservasi (P). Kedua faktor yang disebut terakhir (C dan P) sering disatukan menjadi faktor pengelolaan (CP).

Secara konseptual dari seluruh faktor yang mempengaruhi erosi di atas, maka hanya faktor pengelolaan (CP) yang memungkinkan untuk dirubah, karena faktor-faktor lainnya sangat sulit dimanipulasi mengingat faktor-faktor tersebut sangat tergantung dari perilaku dan sifat-sifat alam.

Penurunan laju erosi pada prinsipnya adalah menurunkan laju erosi hingga sama atau lebih kecil dari erosi yang masih dapat dibolehkan (*tolerable erosion*) dengan jalan memberi perlakuan pada nilai CP (faktor pengelolaan) hingga lebih kecil dari nilai CP maksimum.

Pendekatan non-struktur dalam konservasi tanah dan air identik dengan metode konservasi vegetatif. Pendekatan ini dipandang kurang efektif karena cara kerjanya lambat namun sebenarnya banyak keunggulannya. Pendekatan ini pada dasarnya adalah penggunaan tanaman atau tumbuhan dan sisa-sisanya untuk mengurangi daya rusak hujan yang jatuh, mengurangi laju dan daya rusak aliran permukaan serta mengurangi erosi.

Metode ini mempunyai fungsi: (1) melindungi tanah terhadap daya rusak butir-butir hujan yang jatuh; (2) melindungi tanah terhadap daya rusak aliran air di atas permukaan tanah; dan (3) memperbaiki kapasitas infiltrasi tanah dan penahanan air yang langsung mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

Pendekatan non-struktur yang dapat dilakukan meliputi: (1) penanaman tumbuhan atau tanaman yang menutupi tanah secara terus menerus; (2) penanaman dalam strip (*strip cropping*); (3) pergiliran tanaman dengan tanaman pupuk hijau atau tanaman penutup tanah; (4) sistem pertanian hutan (*agroforestry*); (5) pemanfaatan sisa-sisa tanaman atau tumbuhan (*residue management*); dan (6) penanaman saluran pembuangan air dengan rumput (*vegetated waterways*).

5. SIMPULAN

Banjir yang terjadi pada DAS Bekasi relatif membesar dari tahun ke tahun, salah satunya ialah disebabkan kondisi erosi pada bagian hulu DAS Bekasi yang menyebabkan debit aliran yang besar dan sedimentasi pada Kali Bekasi.

Pada saat ini tingkat erosi rerata yang terjadi di DAS Bekasi tergolong ringan untuk penggunaan lahan hutan, berat untuk penggunaan lahan semak belukar, dan kategori sangat berat untuk penggunaan lahan lainnya.

Untuk mengatasi permasalahan banjir telah banyak dilakukan upaya struktur akan tetapi belum

memberikan hasil yang maksimal, sehingga upaya struktur perlu dikombinasikan dengan upaya non-struktur yang berbasis pada metode konservasi vegetatif.

6. PUSTAKA

1. Arsyad S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
2. Fongers D. 2002. *A Hydrologic Study of the Ryerson Creek Watershed*. Michigan: *Hydrologic Studies Unit, Land and Water Management Division Michigan Department of Environmental Quality*.
3. Kadri, T. 2004. *Sistem Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS*. Jurnal Sipil Vol. 4 no.1 September 2004, Universitas Trisakti.
4. Pemerintah Propinsi Jawa Barat. 2002. *Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi Jawa Barat 2010*. Bapeda Propinsi Jawa Barat.
5. Pistocchi A, Mazzoli P. 2001. *Use of HEC-RAS and HEC-HMS model with ArcView for Hydrologic Risk Management*. Forli : Italy.
6. Sinnakuadan S, Gani A, Ahmad M, Zakaria N. 2001. *Pendefinisian Dataran Banjir Secara Tepat Bagi Analisis Risiko Banjir Secara Mampan*. Malaysia: Pusat Pengkajian Kejuruteraan Awan, University Sains Malaysia.