

# PENGEMBANGAN MODEL UNTUK OPTIMALISASI PENGELOLAAN DAS

**Agung Bagiawan Ibrahim<sup>1</sup> dan Rahmat Suria Lubis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Peneliti Bidang Hidrologi, Pusat Litbang Sumber Daya Air

<sup>2</sup>Calon Peneliti Hidrologi, Pusat Litbang Sumber Daya Air

## **Abstract**

*The population growth without being followed by the rising in the living standard will cause a great competition and conflict due to the water quality and water shortage problems. Land exploitation would cause a bad impact towards the natural habitats and environments. The catchment ecosystem has a major role in avoiding natural disasters such as floods and droughts. Catchments' conservation is required to reduce these risks (floods, erosion, sedimentation, drought, etc). The catchment and climate change will have a major impact towards water flows. Events such as the uncontrol forest tree cutting, the changes in land usage may cause erosion, sedimentation, flood, and drought. This would make the constructed hydrological structures not to function as they required. In order to observe these catchment characteristic change, a combined hydrological model with GIS is implemented. Digital Map, DEM, and hydrological data, and catchment characteristics are required to implement this methodology. The combined hydrological and hydraulic model has been applied to approximate the amount of floods in Jakarta which comes from Ciliwung catchments in different rainy period. By simulating the combined model, one can predict the flood occurrence which then can plan a flood counter measure which minimizes the flood impact.*

## **Abstrak**

*Pertumbuhan penduduk perlu diikuti dengan meningkatnya kegiatan ekonomi dan perbaikan akan standar kehidupan, bila tidak terjadi keseimbangan maka akan mengarah pada peningkatan kompetisi dan konflik karena keterbatasan kuantitas air permukaan dan air tanah. Penduduk miskin mengeksploitir lahan dan sumber daya hutan yang berlebihan, akan mengakibatkan pengaruh negatif atas kelestarian sumber daya air. Pengelolaan dengan pendekatan sektoral masih mendominasi, mengarah pada pengelolaan sumber daya yang terpecah-pecah dan tidak terkoordinasi; sehingga masalah tidak dapat dipecahkan secara menyeluruh yang disebabkan oleh penyelenggaraan yang tidak efisien, mengakibatkan meningkatnya persaingan pemanfaatan, dan sumber daya yang terbatas ini. Menilik akan pengaruh dari perubahan suatu DAS atau perubahan iklim akan berdampak sangat besar pada aliran maka perubahan DAS seperti penggundulan hutan, alih fungsi lahan dan pengembangan yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang perlu dikendalikan agar tidak mengakibatkan banjir, kekeringan dan erosi-sedimentasi. Bila ini terjadi maka sarana dan prasarana yang telah dibuat menjadi tidak optimal lagi. Untuk dapat mengetahui sejauh mana pengaruh perubahan suatu DAS akan berdampak pada perubahan aliran dapat dilakukan dengan melakukan pemodelan hidrologi yang digabungkan dengan pendekatan SIG agar mampu menggambarkan analisis spasial sehingga sirkulasi air yang jatuh pada suatu DAS dan dampaknya dapat diketahui. Untuk mengembangkan model ini diperlukan peta digital, DEM dan data hidrologi serta data karakteristik DAS-nya. Gabungan model DEM, model hidrologi dan hidrolika ini telah diaplikasikan untuk memperkirakan banjir kiriman dari DAS Ciliwung dan Jaringan sungainya serta telah dapat menentukan peil banjir di Jakarta untuk berbagai periode ulang hujan. Dengan model dan simulasi yang dilakukan maka informasi yang diperoleh dari beberapa skenario pengelolaan dapat mengoptimalkan pengelolaan DAS sehingga dampak buruk akibat banjir dapat diminimumkan.*

**Makalah utama**

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Penggundulan hutan, alih fungsi lahan dan pengembangan yang tidak terkendali dapat mengakibatkan banjir, kekeringan dan erosi-sedimentasi. Bila ini terjadi maka sarana dan prasarana yang telah dibuat menjadi tidak optimal lagi. Untuk dapat mengetahui sejauh mana pengaruh perubahan suatu DAS akan berdampak pada perubahan aliran dapat dilakukan dengan melakukan pemodelan hidrologi yang digabungkan dengan pendekatan CIS agar mampu menggambarkan analisis spasial sehingga sirkulasi air yang jatuh pada suatu DAS dan dampaknya dapat diketahui. Pemodelan suatu DAS dengan memasukkan semua komponen seperti karakteristik iklim, hujan dan karakteristik DAS-nya seperti penutup lahan, kemiringan, bentuk DAS, panjang sungai dan lain sebagainya merupakan hal yang perlu dilakukan jika akan melakukan simulasi dan optimasi terhadap berbagai alternatif pengelolaan DAS.

Pemodelan DAS dapat dilakukan dengan menterjemahkan proses siklus hidrologi dan komponennya kedalam persamaan-persamaan matematik dan bila persamaan-persamaan tersebut dapat dipecahkan maka parameter dan variabel yang dimasukkan dalam pembentukan model dapat diketahui. Untuk dapat mensimulasikan perubahan karakteristik DAS and karakteristik iklim dalam suatu DAS secara spasial perlu mengembangkan model DEM, model hidrologi, model hidrolika dan SIG yang didukung oleh data hidrologi, peta digital serta data karakteristik DAS-nya. Cabang model DEM, model hidrologi, model hidrolika dan SIG ini diaplikasikan untuk memperkirakan aliran banjir dari suatu DAS dan Jaringan sungainya serta untuk menentukan peil banjir untuk berbagai periode ulang hujan. Dengan rnengkombinasikan model tersebut dan mensimulasi beberapa alternatif pengelolaan maka informasi yang diperoleh dari beberapa skenario pengelolaan tersebut dapat digunakan sebagai pedoman dalam pengelolaan DAS.

### 1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari makalah ini adalah untuk memberikan gambaran tentang pengembangan model DEM, hidrologi, hidrolika dan SIG yang mampu untuk mensimulasikan hubungan antara hujan dan aliran serta kondisi DAS-nya sehingga dampak dari perubahan karakteristik iklim, DAS dan lingkungan dapat disimulasikan dan diketahui. Tujuan studi ini adalah untuk memberikan masukan kepada pengambil kebijakan dalam merencanakan tahapan-tahapan aktivitas yang perlu dilakukan terhadap berbagai alternatif skenario kondisi perubahan iklim dan DAS.

### 1.3. Lingkup Makalah

Lingkup dari makalah ini dapat diringkas sebagai berikut:

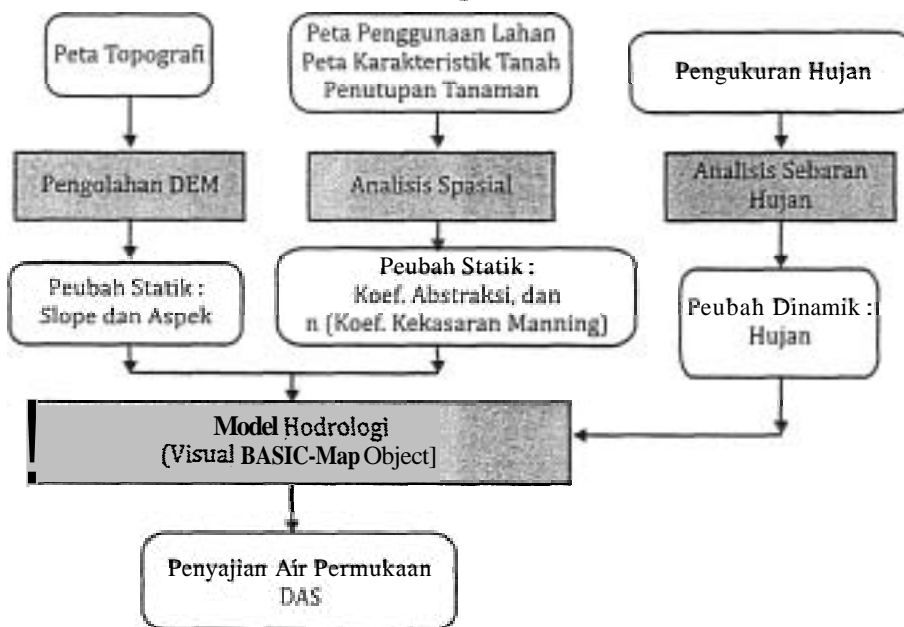
- Mengembangkan konsep dan model untuk pengelolaan DAS
  - Memodelkan hubungan antara curah hujan, karakteristik DAS dan aliran
  - Mengumpulkan data dan rnengidentifikasi kondisinya dan karakteristik daerah tangkapan, karakteristik hujan dan karakteristik aliran
  - Menyiapkan dan menganalisa karakteristik hujan, karakteristik aliran, karakteristik daerah tangkapan dan pasang surut
- Membuat simulasi kondisi peil banjir untuk berbagai perioda ulang hujan sebagai respon dari suatu kondisi DAS.

## 2 Pendekatan dan Metode

### 2.1. Pendekatan

Beberapa metode dan pendekatan telah digunakan untuk menyiapkan karakteristik aliran, hujan dan wilayah tangkapan sebagai data masukan dalam model gabungan yang dikembangkan. Makalah ini membahas pengembangan model DEM, model hidrologi dan hidrolis serta SIG, untuk dapat mensimulasikan kondisi iklim dan DAS dan pengaruhnya terhadap aliran yang terjadi serta mempelajari kondisi *peil* banjir akibat hujan dengan berbagai periode ulangnya.

Model hidrologi yang akan dibangun merupakan model berdasarkan GRID. Peubah hidrologi direpresentasikan dalam grid-grid bujur sangkar. Peubah yang digunakan sebagai masukan model dibedakan menjadi dua jenis, yaitu peubah statik dan peubah dinamik. Peubah statik dianggap tidak berubah terhadap waktu yang meliputi kemiringan tanah, aspek, koefisien abstraksi dan koefisien kekasaran manning, sedangkan peubah dinamik dianggap berubah terhadap waktu yaitu hujan. Peubah hujan dapat dinyatakan dalam jam-jaman, harian atau mingguan. Gambar 1 menampilkan bagan hubungan model dan peubah hidrologi. Struktur model keseluruhan yang dikembangkan yang merupakan kaitan model hidrologi dan analisis spasial dalam bentuk bagan alir disajikan dalam Gambar 2.

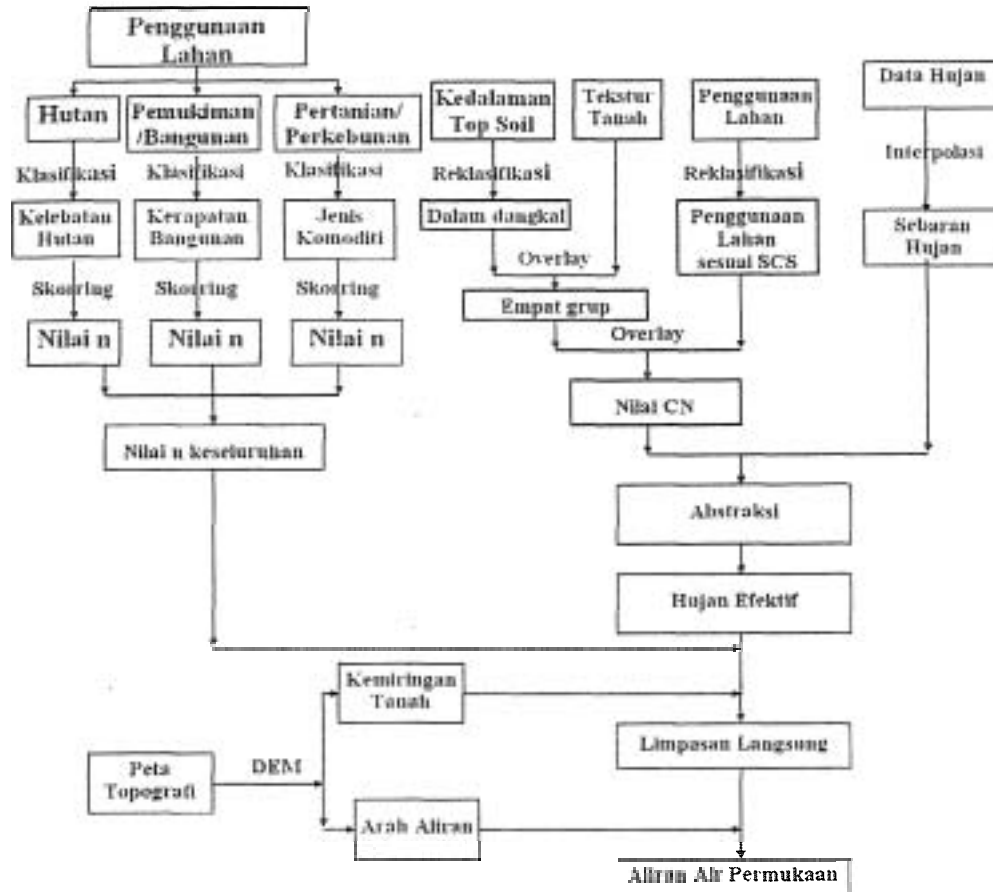


Gambar 1. Hubungan model dan peubah hidrologi

### 2.2. Metode

Metode ini terdiri dari beberapa model, termasuk model hidrologi dan hidrolis, yang diintegrasikan dengan GIS untuk menampilkan analisa ruang tiga dimensi. Untuk menampilkan analisa tersebut, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, diantaranya adalah peta digital, DEM serta data non-spasial seperti curah hujan, debit aliran, penampang memanjang dan melintang sungai serta fasilitas bangunan air.

DEM adalah model permukaan tanah yang dapat divisualisasikan dengan GIS. Model tersebut menggambarkan titik-titik, garis-garis dan area poligon yang mewakili elevasi permukaan tanah. Komponen-komponen ini kemudian diolah menggunakan jaringan segitiga tak beraturan untuk menghasilkan grid-grid elevasi yang digunakan untuk menyediakan informasi mengenai kedalaman wilayah banjir atau genangan banjir. Analisis limpasan banjir yang akan dilakukan dapat dibagi dalam tiga kelompok aktivitas, yaitu analisis data hidrologi, analisis spasial serta pengembangan model hidrologi dan hidrolika.



Gambar 2. Bagan alir desain model

### 2.3. Analisis Data Hidrologi

Analisis data hidrologi mencakup penentuan curah hujan rata-rata harian atau jam-jaman, aliran dasar, waktu konsentrasi atau perjalanan, uji konsistensi dan debit rata-rata harian atau jam-jaman. Data curah hujan yang dihasilkan dari analisis akan didistribusikan dalam semua sel grid dalam wilayah studi menggunakan metode Thiessen yang akan dijelaskan dalam analisis spasial. Waktu konsentrasi sangatlah penting untuk menentukan unit hidrograf berdasarkan waktu-luas yang dihasilkan dari analisis spasial dan pengoian DEM.

#### 2.4. Analisis Spasial

Analisis spasial mencakup pengolahan DEM, penentuan koefisien limpasan dan distribusi hujan. Pengolahan DEM meliputi semua analisis data DEM sampai diperoleh suatu jaringan aliran yang mewakili kondisi nyata. Analisis spasial meliputi penentuan dimensi sel grid, perhitungan kemiringan setiap sel, penentuan arah aliran, batas daerah tangkapan dan penataan saluran sungai bersama penyusunan algoritma dan program komputer.

##### a. Pengolahan DEM

Dengan menggunakan DEM, akan dimungkinkan penyajian informasi mengenai morfologi permukaan tanah yang berguna dalam prediksi hidrologi. Dengan algoritma yang telah banyak dikembangkan, elevasi digital dapat diuraikan dalam parameter-parameter hidrologi seperti kemiringan, aspek, vektor arah aliran dan jaringan drainase. Jaringan drainase tersebut mengidentifikasi pola aliran di permukaan tanah.

Pengolahan DEM yang akan dilakukan mencakup penggabungan DEM, pengisian cekungan, penentuan vektor aliran, penentuan daerah tangkapan, penentuan aliran hilir, penentuan batas saluran dan jaringan drainase.

##### b. Penggabungan DEM

Penentuan dimensi sel grid menjadi sangat penting ketika jumlah grid mempengaruhi kapasitas memori dan kecepatan pengolahan komputer.

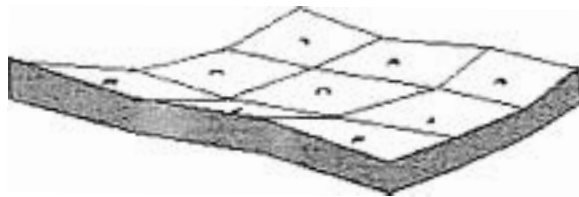
##### c. Pengisian Cekungan

Sebelum proses penguraian untuk mendapatkan parameter-parameter hidrologi, DEM harus dimanipulasi terlebih dahulu dengan mengidentifikasi daerah-daerah cekungan dan mengisinya dengan mengubah elevasi-elevasinya. Proses ini dilaksanakan secara otomatis dalam program *ArcView*. Setelah semua cekungan terisi, parameter-parameter hidrologi seperti kemiringan, arah aliran dan jaringan aliran dapat ditentukan.

##### d. Arah Kemiringan dan Aliran

Kondisi topografi menentukan reaksi hidrologi suatu daerah tangkapan. Agar suatu prediksi hidrologi yang signifikan dapat diperoleh untuk suatu daerah tangkapan dalam skala yang lebih kecil, variasi spasial (ketidakteraturan) dari proses-proses hidrologi harus dihitung (Moore *et al.* 1993). Analisis muka tanah secara otomatis menggunakan DEM memungkinkan penyajian informasi morfologi permukaan tanah.

Kemiringan adalah perbedaan elevasi per unit jarak horizontal yang dapat dinyatakan dalam persen atau desimal. Kemiringan dapat diperoleh dari DEM dan dapat digunakan sebagai acuan arah aliran pada satu titik dengan membandingkan kemiringan-kemiringan di sekitar titik tersebut. Suatu titik yang ditunjukkan di dalam satu sel grid dalam DEM secara pasti akan memiliki delapan sel grid yang berdekatan. Nilai rata-rata berbagai kemiringan dalam suatu wilayah sungai disebut kemiringan rata-rata. Nilai kemiringan rata-rata diperoleh dengan menjumlahkan nilai semua kemiringan dan membaginya dengan jumlah sel grid dalam wilayah sungai tersebut. Penyajian permukaan topografi sel grid berikut pola penomorannya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penyajian DEM dan Ketentuan Penomoran Grid

Dalam istilah yang khusus, penurunan-penurunan rumus yang digunakan diekspresikan sebagai berikut (Moore et al. 1993):

$$\int x = \frac{\partial x}{\partial x} \quad \int y = \frac{\partial x}{\partial y} \quad (1)$$

$$p = f_x^2 + f_y^2 \quad q = p - 1 \quad (2)$$

Gradien kemiringan ( $\beta$ ) dapat dihitung seperti berikut ini:

$$\beta = p^{0.5} \quad (3)$$

atau dengan menggunakan data elevasi, kemiringan dapat dihitung dengan:

$$\beta = \arctan \left[ \max_{i=1,8} Q(i) \left| \frac{Z_9 - Z_1}{\lambda} \right| \right] \quad (4)$$

dimana:  $z$  = elevasi

$i$  = penomoran grid

$Q(i)$  = ■ untuk arah NSEW (North, South, East and West) dan ✕ untuk arah NE, SE, SW, NW (Northeast, Southeast, Southwest and Northwest) = dimensi-dimensi sel grid

Aspek dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\Psi = 180 - \arctan \left[ \frac{f_y}{f_x} \right] + \left[ \frac{f_x}{|f_y|} \right] \quad (5)$$

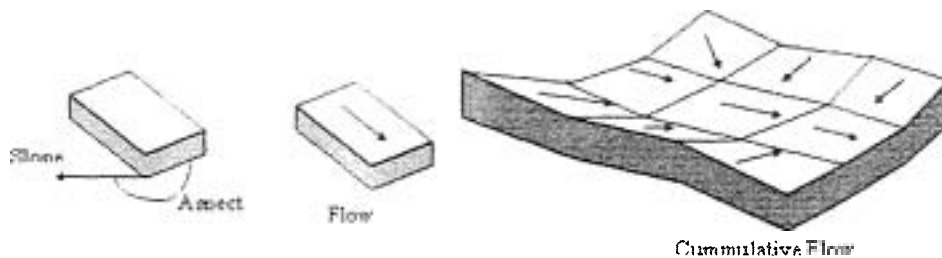
Berdasarkan pada kemiringan dan aspek, arah aliran (AALIR) dapat ditentukan dengan menerapkan rumus berikut:

$$AALIR = 2^{j-1}, \text{ dimana } j = 1, \text{ untuk } \left[ \max_{i=1,8} Q(i) \left| \frac{Z_9 - Z_1}{\lambda} \right| \right] \quad (6)$$

Dengan jadalah delapan arah utama seperti yang ditunjukkan dalam matriks berikut:

64	128	1
32	x	2
16	8	4

Parameter berikutnya yang penting untuk diperoleh dalam pemodelan hidrologi/aliran adalah akumulasi aliran yang nilai-nilainya sama dengan jumlah aliran semua sel menuju akumulasi. Proses skematisasi perhitungan parameter-parameter topografi tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Penurunan Kemiringan, Aspek, Arah Aliran dan Akumulasi Aliran

## 2.5. Daerah Tangkapan

Apabila hujan turun di atas daerah tangkapan, air akan mengalir ke arah titik keluaran yang ditentukan. Daerah tangkapan tersebut memiliki perbendaharaan hidrologi dengan nilai-nilai tertentu yang menjadi karakteristik atau identitas suatu daerah tangkapan. Perbendaharaan tersebut diantaranya adalah luas wilayah tangkapan tersebut, jaringan dan pengaturan aliran, kemiringan dan kemiringan rata-rata, curah hujan dan rata-ratanya, koefisien limpasan, waktu konsentrasi dan unit hidrograf yang terkait.

## 2.6. Jaringan Aliran

Dalam mekanika fluida, studi mengenai persamaan aliran fluida dalam sistem pengukuran yang berbeda-beda merupakan alat yang penting dalam penerapan hasil pemodelan skala kecil pada bentuk yang lebih besar. Studi kuantitatif terhadap jaringan aliran diperkenalkan oleh Horton (1945). Dia mengembangkan suatu sistem jaringan pengaturan aliran dan memperoleh batasan-batasannya (aksioma) sehubungan dengan jumlah dan panjang aliran dalam berbagai orde.

## 2.7. Distribusi Hujan

Poligon Thiessen adalah suatu pendekatan hidrologi untuk menentukan distribusi curah hujan secara spasial.

## 2.8. Distribusi Koefisien Limpasan

Data yang mutlak dibutuhkan untuk menentukan koefisien limpasan adalah peta tata guna lahan. Peta tersebut didigitasi dalam poligon area dengan struktur data vektor dan jenis-jenis penggunaan lahan yang dimasukkan dalam tabel atributnya. Peta digital tersebut kemudian diubah ke dalam grid atau struktur raster dengan dimensi yang direncanakan. Proses yang serupa juga diterapkan pada peta-peta tata guna lahan.

$$\text{Koefisien Limpasan} = C3f(\text{tata guna lahan, tanah})$$

Dengan C adalah faktor pemberat yang nilainya dapat ditentukan berdasarkan hasil kalibrasi.

### 29. Kalibrasi dan Pengujian (Verifikasi) Model

Setelah menghitung koefisien limpasan, model tersebut akan dikalibrasi terhadap data pengamatan yang ada untuk memperoleh nilai-nilai parameter DAS atau sub-DAS. Kalibrasi dengan model trial-and-error dilaksanakan sampai diperoleh hubungan yang baik antara debit limpasan yang teramati dengan debit limpasan dari model hidrologi dan SIG. Untuk mengidentifikasi stabilitas parameter-parameter model tersebut, pengujian dilakukan menggunakan data dari kasus-kasus lain. Apabila pengujian memberikan hasil yang baik antara debit yang teramati dengan yang terhitung maka parameter-parameter tersebut dapat dikatakan stabil. Bila tidak demikian maka proses kalibrasi harus diulang kembali.

### 2.10. Persamaan Aliran dalam Model Hidrolika

Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (7)$$

Persamaan Momentum

$$S_b = S_f \quad (8)$$

Dimana Q menyatakan debit, A luas penampang rerata, x jarak dalam arah aliran, q aliran lateral,  $S_b$  kemiringan dasar saluran, dan  $S_f$  adalah kemiringan akibat gaya gesek.

### 3. Aplikasi Model untuk Pengendalian Banjir di Kota Metropolitan Jakarta

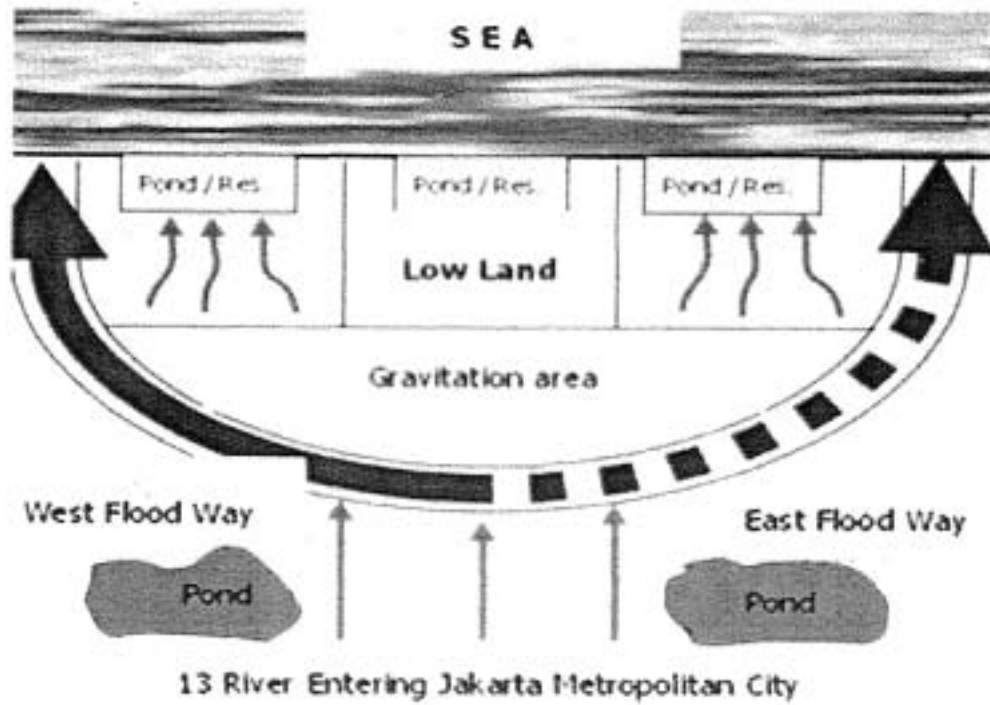
Konsep umum pengendalian banjir di Jakarta dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam konsep tersebut, banjir dari hulu dari 13 daerah tangkapan didistribusikan ke kanal banjir barat dan kanal banjir timur yang telah disarankan. Daerah-daerah tangkapan di Jakarta dibagi ke dalam dua bagian, yaitu bagian daerah dengan aliran air gravitasi dan bagian daerah di dataran rendah dimana air tidak dapat mengalir dengan bebas menuju laut akibat muka air pasang laut yang tinggi dan kondisi topografi wilayah tersebut. Pendekatan dan metodologi pengendalian banjir dapat diketahui dari Gambar 6.

Debit banjir yang masuk ke wilayah DKI Jakarta dari hulu disimulasikan dengan menggunakan model gabungan DEM, hidrologi, hidrolika dan GIS sehingga masing-masing anak sungai yang masuk dapat dimodelkan dan diketahui berapa besarnya debit aliran untuk masing-masing DAS akibat curah hujan yang terjadi serta waktu terjadinya banjir.

Suatu model rainfall-runoff digunakan untuk mensimulasikan hidrograf banjir untuk berbagai periode ulang. Sebelum melakukan simulasi berbagai alternatif penanggulangan banjir perlu melakukan kalibrasi dan verifikasi terhadap model yang diaplikasikan untuk mendapatkan nilai dari parameter model.

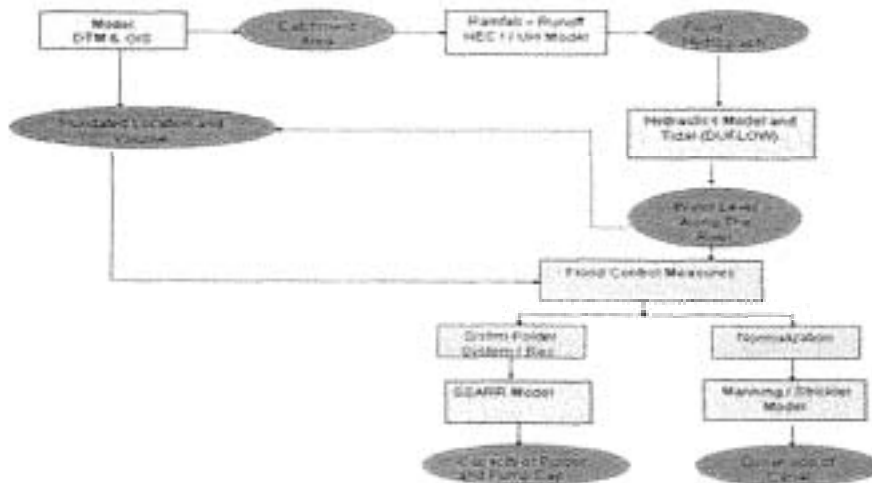


### CONCEPT OF FLOOD CONTROL MEASURES FOR JAKARTA METROPOLITAN CITY



Gambar 5. Konsep Pengendalian Banjir

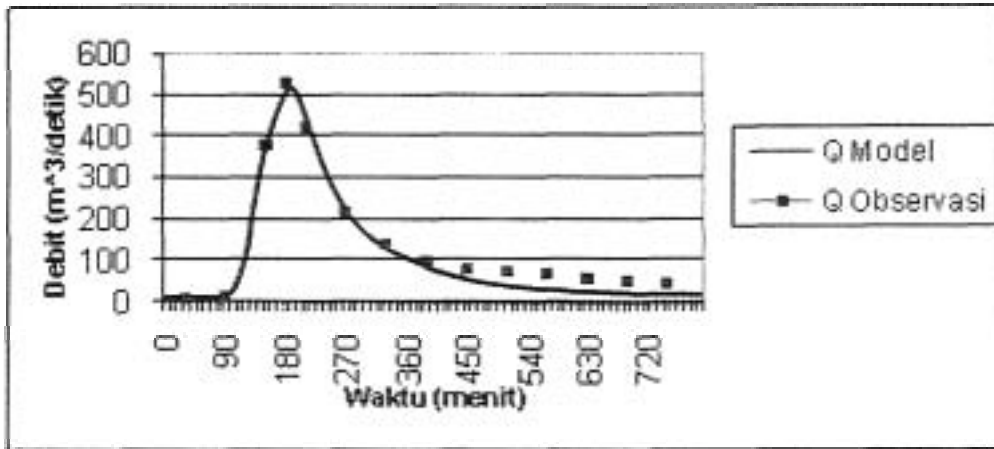
#### Approach and Method for Flood Control Study



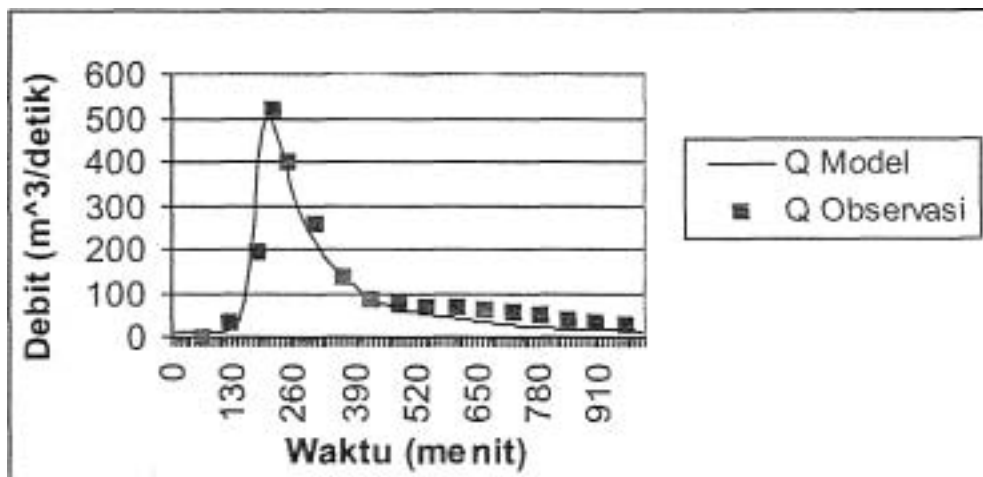
Gambar 6. Pendekatan dan Metodologi

**Prosiding Lokakarya "Sistem Informasi Pengelolaan DAS: Inisiatif pengembangan Infrastruktur Data" Bogor: 5 September 2007**

Parameter model yang perlu dikalibrasi meliputi CN, n dan slope. Dengan membandingkan Q perhitungan dan Q observasi. Jika Q perhitungan tidak sama dengan Q observasi perlu dilakukan koreksi nilai CN dengan trial and error. Jika kurva parabolik banjir hitungan tidak sesuai dengan historisnya maka yang harus dikoreksi adalah nilai n dan/atau kerniringannya. Demikian terus dilakukan trial and error sehingga didapatkan Q perhitungan mendekati Q observasi. Gambar 7 dan 8 memperlihatkan perbandingan data pengukuran (titik-titik rnerah muda) dan hasil prognosa / simulasi setelah dilakukan serangkaian kalibrasi (garis biru). Data hujan dan hidrograf banjir yang dipergunakan untuk kalibrasi masing-masing adalah data tanggal 18 Januari 2002 dan tanggal 11 Februari 1999. Data hujan diambil dari stasiun hujan Citeko dan Ciawi. Sedangkan data hujan dari Pos Duga Air Katulampa.



Gambar 7. Perbandingan data historis atau observasi dan hasil prognosa model setelah kalibrasi, dengan hujan periode 18 Januari 2002.



Gambar 8. Perbandingan data historis atau observasi dan hasil prognosa model setelah kalibrasi, dengan hujan periode 11 Februari 1999.

## Pengembangan Model untuk Optimalisasi Pengelolaan DAS

Hidrograf simulasi hasil kalibrasi yang paling mendekati hidrograf pengukuran adalah hidrograf bergaris biru dengan koreksi nilai CN dan Koefisien Manning (n) seperti pada Tabel 1. Sedangkan nilai n untuk di saluran seperti pada Tabel 2. Untuk mengetahui sejauh mana kesamaan atau kemiripan hidrograf hasil pengukuran atau observasi dengan hasil model setelah kalibrasi, maka diperlukan uji koefisien determinasi, yaitu perbandingan selisih kuadrat (beda observasi dan model) dan kuadrat (beda observasi dan rata-rata observasi) dengan kuadrat (beda observasi dan rata-rata observasi). Perhitungan koefisien determinasi dari hasil kalibrasi dan observasi untuk kejadian hujan dan banjir tanggal 18 Januari 2002 dan tanggal 11 Februari 1999 cukup tinggi, yaitu masing-masing 0.93 dan 0.85.

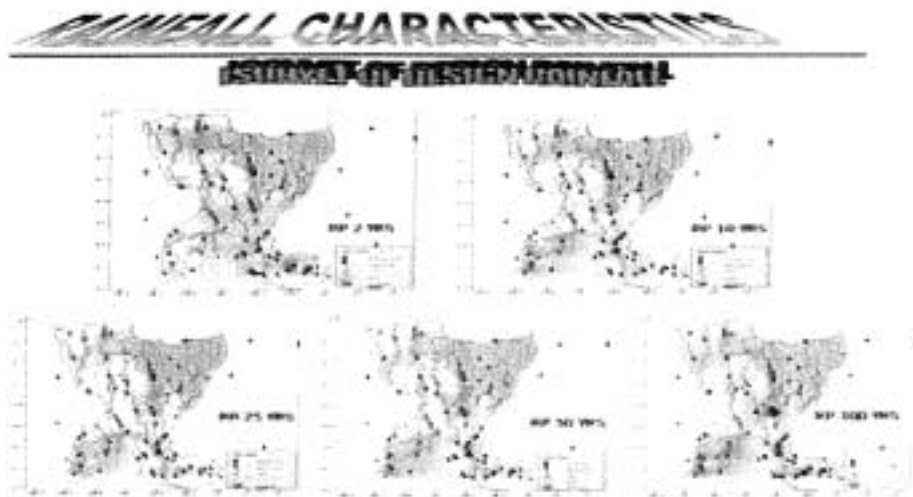
Tabel 1. Koefisien Manning (n) dan CN setelah dilakukankalibrasi parameter.

No	Kode Legend	Tata Guna Lahan	Koefisien Manning (n)	CN	
				Group B	Group C
1	H	Hutan lindung	0.17	63.6	74.2
2	Kp	Kampung/pemukiman	0.05	90.1	95.4
3	S	Sawah Pengairan	0.10	75.3	82.7
4	Kc	Kebun Cengkeh	0.12	73.1	79.5
5	Kk	Kebun Karet	0.10	74.2	80.6
6	T	Tegalan/Pertanian Lahan Kering	0.08	76.3	83.7
7	Sb	Semak Belukar	0.14	65.7	75.3
8	Te	Kebun Teh	0.12	72.1	78.4
9		Tidak Ada Data	-	-	-

Tabel 2. Nilai koefisien kekasaran Manning (n) setelah kalibrasi pada saluran atau sungai menurut order sungai atau DTA spesifik.

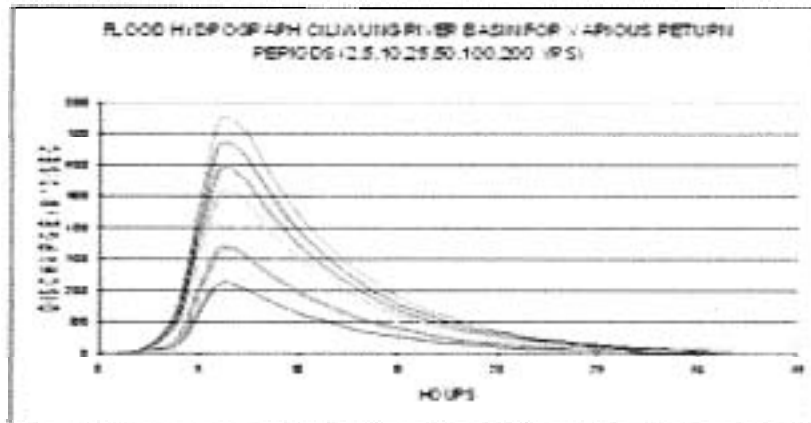
Order Sungai	DTA spesifik (km <sup>2</sup> )	Lebar (meter)	Kekasaran Manning (n)
1	0.01 s/d 1.00	2	0.060
2	1.00 s/d 9.00	10	0.035
3	9.00 s/d 72.00	25	0.015
4	72.00 s/d 150.31	50	0.008

Sebagai input kedalam model simulasi perlu dipersiapkan data karakteristik hujan. Pengolahan data hujan dilakukan untuk menentukan *isohyet* hujan rencana pada berbagai periode ulang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar g. Isohyet Hujan Rencana

Untuk mendapatkan hidrograf banjir dilakukan simulasi dengan input hujan rencana dengan berbagai periode ulang (yang terlebih dahulu didistribusikan ke periode jam-jaman) dan dengan model *rainfall-runoff* yang telah dikembangkan serta parameter yang telah dikalibrasi dan verifikasi maka didapatkan hidrograf banjir rencana untuk berbagai periode ulang hujan rencana. Hidrograf banjir untuk berbagai periode ulang tersebut dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hidrograf Banjir Rencana

Untuk mendapatkan profil banjir dan visualisasinya, harus dilakukan tahap-tahap analisis keruangan seperti pada Gambar 11. Sebagai dasar penentuan profil banjir pertamanya harus ada grid ketinggian yang didapatkan dari pengolahan DEM dari semua informasi ketinggian baik berupa garis kontur, break line atau titik-titik ketinggian. Grid ketinggian ini sedapat mungkin harus mendekati keadaan yang sebenarnya di lapangan. Jika ada keraguan lebih baik dilakukan periksa lapangan (cross check). Di lain pihak, ada grid tinggi genang yang didapatkan berdasarkan kedalaman genang pada titik-titik genang. Sebelum dilakukan pengolahan DEM, nilai kedalaman genang harus dijadikan nilai ketinggian genang.

$$\text{Ketinggian Genang}(x,y) = \text{Kedalaman Genang}(x,y) + z(x,y)$$

Dimana

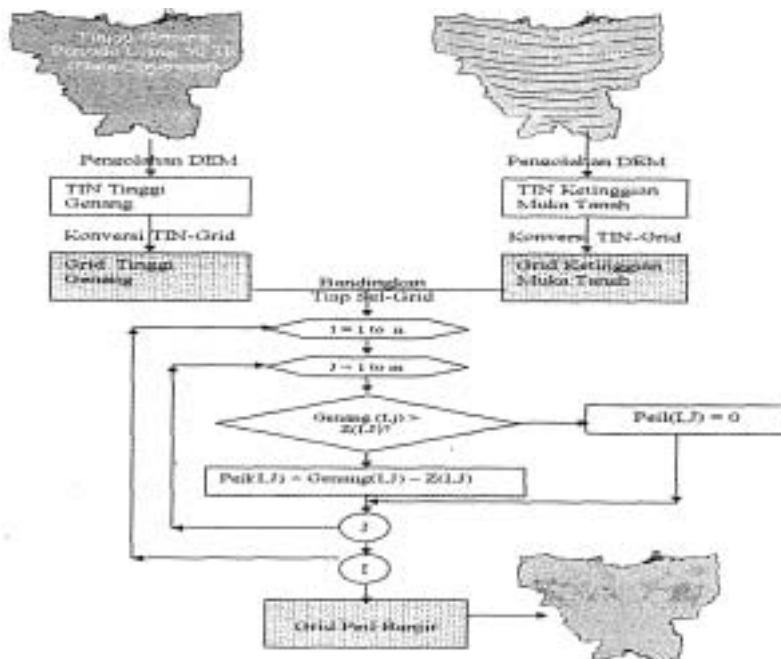
Ketinggian Genang(x,y): ketinggian genang pada titik (x,y)

Kedalaman Genang(x,y): kedalaman genang pada titik (x,y)

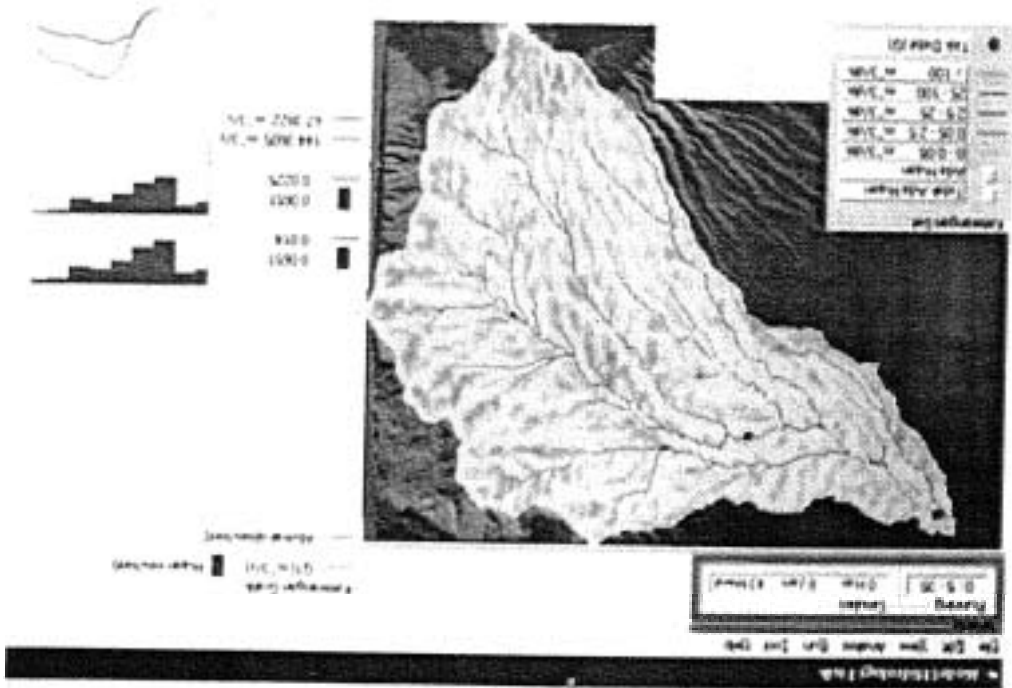
Z(x,y): ketinggian muka tanah pada titik (x,y) dengan datum muka laut = nol meter.

Titik-titik ketinggian genang ini kemudian diproses dijadikan TIN (*Triagle Irregular Networking*), dan kemudian dikonversi dalam grid dengan ukuran sama dengan grid ketinggian tanahnya. Langkah berikutnya adalah membandingkan antara grid ketinggian dan grid tinggi genang. Perbandingan dilakukan per sel-grid pada posisi yang sama. Ketinggian sel (i,j) dibandingkan dengan sel (i,j). Jika tinggi genang lebih besar dari ketinggian peil banjir sama dengan tinggi genang dikurangi ketinggian. Sebaliknya jika tinggi genang sama dengan atau lebih kecil dari ketinggian, maka peil banjir sama dengan nol. Setelah dilakukan tahap ini untuk seluruh sel-grid maka didapatkan grid peil banjir. Langkah terakhir adalah memvisualisasikan atau menampilkan nilai peil banjir untuk semua sel-grid ini pada layar monitor dengan variasi warna berdasarkan nilai peil banjirnya.

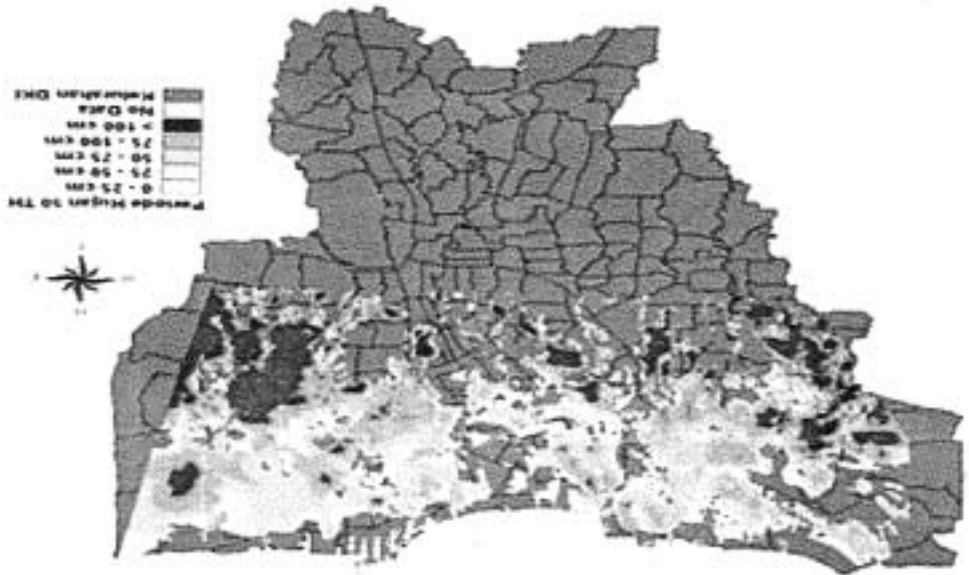
Pengendalian banjir secara non-struktural dilaksanakan dengan memanfaatkan metode peramalan banjir. Model gabungan yang terdiri dari model hidrologi, hidrolis, DEM dan GIS telah berhasil meramal aliran banjir yang terjadi di masing-masing anak sungai yang masuk ke DKI Jakarta. Dengan memasukkan Data DEM, dan data hujan rencana untuk berbagai periode ulang, model gabungan tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan genangan banjir untuk berbagai periode ulang banjir. Hasil peramalan banjir tersebut dapat dilihat pada Gambar 12 sedangkan hasil tinggi genangan banjir dapat diketahuidari Gambar 13.



Gambar 11. Analisis keruangan: pengolahan DEM, penentuan peil banjir dan visualisasi



Gambar 12. Perumahan Banjir untuk DAS Ciliwung



Gambar 13. Tinggi Genangan Banjir di Jakarta Utara

### 4. Kesimpulan dan Saran

- Konsep penggabungan beberapa model mampu untuk mensimulasikan kondisi aliran akibat perubahan iklim dan tata guna lahan serta dampaknya sehingga dapat digunakan sebagai masukan dalam penanganan daerah rawan banjir khususnya dan pengelolaan DAS pada umumnya.
- Banjir dapat diestimasi pada suatu DAS dengan pengukuran maupun tanpa pengukuran dengan menggunakan penggabungan beberapa model yang terlebih dahulu dikalibrasi.  
Tinggi genangan banjir untuk berbagai periode ulang dapat ditentukan

### Daftar Pustaka

- Arnold JG, BA Engel, and R. Srinivasan. 1993. Continuous Time Grid Cell Watershed Model;. Application of Advanced Information Technologies: Effective Management of Natural Resource. ASAE Publication 04-93
- Borrough PA. 1986. Principles of Geographical Information System for Land Assessment. Oxford
- Chairat S. 1993. Adapting a Physically Based Hydrological Model with a Geographic Information System for Runoff Prediction in a Small Watershed. Ph.D. diss., Civ. Eng., Purdue University, West Lafayette, Indiana
- Demers MN. 1977. Fundamentals of Geographic information Systems. New York: John Wiley & Sons, Inc.