

PEMODELAN BANJIR PADA KALI BANJIR KANAL BARAT (Integrasi Model Hidrologi dan Sistem Informasi Geografis)

*(Flood Modelling of West Floodway River:
Integration of Hydrological Model and Geographic Information System)*

Oleh:

Muh Aris Marfai

*Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Telp. (0274) 902336. Telex: 25135 Yogyakarta*

ABSTRACT

Hydrological modelling has an advantage on river flood study. Hydrological factors can be easily determined and calculated using hydrological model. HEC-RAS (Hydrological Engineering Centre-River Analysis System) software is well known as hydrological modelling software for flood simulation and encroachment analysis of the floodplain area. For spatial performance and analysis of flood, the integration of the Geographic Information Systems (GIS) and hydrological model is needed.

The aims of this research are 1) to perform a flood encroachment using HEC-RAS software, and 2) to generate a flood hazard map. The methodology for this research comprise of 1) generating geometric data as a requirement of the data input on HEC-RAS hydrological model, 2) Hydrological data inputting, 3) Generating of the flood encroachment analysis, and 4) Transformation of flood encroachment into flood hazard map.

The spatial pattern of the flood hazard is illustrated in a map. The result shows that hydrological model as integration with GIS can be used for flood hazard map generation. This method has advantages on the calculation of the hydrological factors of flood and spatial performance of the flood hazard map. For further analysis, the landuse map can be used on the overlay operation with the flood hazard map in order to obtain the impact of the flood on the landuse.

Keywords: Flood Hazard Map, Hydrological Model, and GIS.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Studi tentang banjir telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan yang berbeda-beda. Salah satu pendekatan dalam studi banjir adalah dengan melakukan pemodelan digital banjir menggunakan software pemodelan hidrologi. Pemodelan hidrologi mem-

punyai keunggulan dalam studi banjir sungai, dimana faktor-faktor hidrologi dapat dengan mudah ditentukan dan dihitung. Salah satu model hidrologi yang sedang berkembang adalah HEC-RAS (*Hydrological Engineering Centre-River Analysis System*). Software ini dapat digunakan untuk menentukan modelling dan simulasi banjir sungai serta analisis

perluasan banjir di daerah dataran banjir (*floodplain area*).

HEC-RAS adalah suatu software dengan sistem terintegrasi yang didesain untuk digunakan secara interaktif dalam berbagai pekerjaan yang berkaitan dengan analisis proses-proses pada aliran sungai (Usage, 2001). Sistem HEC-RAS terdiri dari tampilan grafik (*Graphical User Interface*), komponen-komponen analisis hidrolis (*Hydraulic analysis components*), masukan data (*data storage*), dan kemampuan pengolahan (*management capabilities*), pembuatan grafik, dan laporan. Salah satu komponen analisis yang terdapat pada software HEC-RAS adalah analisis *steady flow water surface profile*. Komponen analisis *steady flow water surface profile* ini sebagai suatu sistem pemodelan yang ditujukan untuk menentukan karakteristik aliran sebagai faktor dalam studi banjir. Secara lebih jauh dalam komponen ini juga dapat dilakukan analisis pengelolaan daerah dataran banjir (*application in floodplain management*) dan evaluasi pelimpasan saluran banjir (*floodway encroachment*).

Untuk menampilkan hasil simulasi model yang didapat dari HEC-RAS diperlukan integrasi dari software pemodelan hidrologi dengan software sistem informasi geografis. HEC-RAS software mempunyai kecocokan sistem (*compatibility*) dengan software Arc info dan Arc View. Hasil yang diperoleh dari software hidrologi HEC-RAS dapat ditransfer ke

dalam format SIG berbasis vektor dalam arc info dan arc view dengan menggunakan bantuan ekstensi HEC-geoRAS. HEC geoRAS merupakan salah satu ekstensi dalam arc view yang didesain untuk tujuan pengkonversian data dari software hidrologi HEC-RAS. Itulah mengapa software HEC-RAS sebagai software hidrologi dapat berkembang pesat pada kajian aspek keruangan dari banjir.

Peta distribusi banjir atau peta bahaya banjir sangat penting artinya dalam upaya penanggulangan banjir secara menyeluruh dan terpadu. Sebagai langkah awal dari upaya mitigasi banjir, penyediaan peta banjir sangat diperlukan. Pada saat ini teknik pemodelan berbasis komputer sangat membantu para ilmuwan dalam menentukan daerah banjir dan evaluasi banjir. Menurut Snead (2000) pada dasarnya pemodelan komputer untuk menentukan daerah yang terkena dampak banjir secara umum terdiri dari empat hal yaitu: 1) Data curah hujan dan aliran/debit yang digunakan untuk membuat model hidrologi, 2) aliran sungai yang digunakan untuk menentukan profil aliran (*water surface profile*), 3) perangkat untuk visualisasi dan pemetaan daerah dataran banjir, dan 4) kemampuan ekstraksi dari data geometrik untuk digunakan dalam mode

Studi banjir dengan menggunakan software hidrologi dilakukan oleh Kresch, et al (2002) dengan menggunakan software HEC-RAS dan HEC-geoRAS. Data yang digunakan

dalam penelitian ini adalah data *digital elevation model* (DEM), debit aliran, data geometrik sungai, dan nilai koefisien kekasaran (manning). Hasil dari penelitian ini adalah peta banjir genangan 50 tahunan.

Studi tentang banjir di Kota Semarang dilakukan oleh Ferrari Pinem (2002) dengan menggunakan metode interpretasi citra (foto udara dan citra satelit) dan analisis hidrologi. Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Garang. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Landsat TM 1997, Foto udara dan data curah hujan. Hasil penelitian yang diperoleh adalah peta kerentanan banjir dan peta genangan banjir.

Rumusan Masalah

Sungai Banjir Kanal Barat merupakan salah satu sungai besar di Kota Semarang yang mengalami perluasan. Perluasan banjir Sungai Banjir Kanal Barat tersebut dapat dipelajari dengan menggunakan model hidrologi serta dapat dipetakan persebarannya secara spasial dengan berdasarkan pada karakteristik aliran, debit banjir dan elevasi daerah dataran banjirnya. Berdasarkan pernyataan di atas dan latar belakang pada bagian sebelumnya, maka rumusan permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah model perluasan banjir Sungai Banjir Kanal Barat?
2. Bagaimanakah distribusi spasial dari perluasan banjir Sungai Banjir Kanal Barat?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Membuat model perluasan banjir Sungai Banjir Kanal Barat dengan menggunakan software HEC-RAS
2. Membuat peta bahaya banjir Sungai Banjir Kanal Barat

Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan studi bencana alam dengan menggunakan keterpaduan pemodelan hidrologi dan sistem informasi geografis.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini meliputi 1) Pembuatan data geometrik sebagai persyaratan data masukan dalam model hidrologi HEC-RAS, 2) masukan data hidrologi, 3) pembuatan skenario dari perlimpahan banjir, dan 4) transformasi dari hasil model perlimpahan banjir ke dalam format SIG sebagai peta bahaya banjir.

Data geometrik merupakan tipe data spasial yang mempunyai referensi lokasi. Data geometrik terdiri dari:

1. *Stream centerline*, yaitu merupakan data garis sungai dalam vformat arc untuk menetapkan posisi sungai dan untuk menempatkan data profil melintang sungai.

2. *Main channel bank*, merupakan data garis untuk memisahkan daerah aliran utama dengan daerah tanggul di kanan kiri sungai.
3. *Flow path centerlines*, merupakan data garis yang digunakan untuk menentukan arah aliran sungai di daerah saluran utama, dan aliran disisi kanan dan kiri sungai.
4. *Cross-sectional cut lines*, merupakan data garis untuk menentukan profil melintang sungai. Analisa karakteristik aliran (debit dan *water profile*) ditentukan berdasarkan lokasi setiap cross section ini.
5. *Manning's Polygon Map*, merupakan data poligon yang menyatakan nilai dari penutup lahan untuk estimasi nilai manning.
6. *Digital Elevation Model (DEM)*, merupakan data format TIN (*Triangulated Irregular Network*) yang mengekspresikan ketinggian tempat, data DEM digunakan untuk analisa lokasi genangan dari perluapan banjir.

Data geometrik yang telah selesai dibuat kemudian diberi identitas atribut dengan menggunakan *centerline completion*, *XS attributing*, dan *XS elevations* dalam arc view dengan ekstensi HEC-geoRAS. *Centerline completion* merupakan sarana dalam ekstensi HEC-geoRAS yang berfungsi untuk menyusun saling keterkaitan dari setiap data geometrik yang telah dibuat, menyamakan orientasi datanya, dan mengekstrak titik ketinggian

dalam bentuk profil elevasi. *XS attributing* untuk memberikan data atribut dalam menyusun profil melintang dari setiap penggal cross section, dan *XS elevation* berfungsi untuk memberikan data atribut dalam membuat kenampakan 3 dimensi dari model.

Sebagai langkah metode kedua adalah masukan data hidrologi. Masukan data hidrologi dilakukan setelah semua data geometrik selesai dilakukan. Masukan data hidrologi terdiri dari profil aliran dan kondisi pembatas (*Boundary condition*). Profil aliran adalah nilai debit aliran pada kondisi normal dan debit banjir pada periode ulang tertentu yang dipilih untuk digunakan dalam simulasi model. *Boundary condition* ialah data ketinggian permukaan air sungai atau data kedalaman air sungai. Analisis perluapan banjir dibuat berdasarkan kondisi aliran/debit normal selisihnya dengan debit banjir pada periode ulang tertentu. Hasil pemodelan dipengaruhi oleh faktor-faktor koefisien manning, profil aliran dan karakteristik kedalaman sungai. Sedangkan untuk distribusi perluapan banjir ke daerah dataran banjir disekitar sungai dipengaruhi oleh nilai *digital elevation model (DEM)* yang digunakan.

Setelah data geometrik dan data hidrologi selesai dimasukkan maka skenario analisis perluapan banjir dapat dilakukan dalam menu utama dari software HEC-RAS. Skenario analisis

dari perluasan banjir dilakukan dengan menggunakan fasilitas *plan data* dan *encroachment option* dalam software HEC-RAS. *Plan data* merupakan fasilitas untuk pengelolaan data geometrik dan data hidrologi yang telah dimasukkan. Dalam *plan data* sekaligus ditentukan data geometrik dan data hidrologi yang mana yang akan dipakai. Dengan kata lain, *plan data* merupakan fasilitas manajemen data dari software HEC-RAS.

Untuk transformasi dari hasil model perlimpahan banjir ke dalam format SIG sebagai peta bahaya banjir dilakukan melalui konversi data hasil skenario perluasan banjir ke dalam format RAS GIS. Format RAS GIS merupakan format *file* yang terdapat dalam software HEC-RAS. Format ini berfungsi untuk mengubah format data agar dapat dibaca melalui arc view dengan software ekstensi HEC-geoRAS. Dalam software ekstensi HEC-geoRAS terdapat fasilitas *GeoRAS post processing* yang berfungsi untuk menyusun data dari software HEC-RAS yang meliputi data format ekstensi "*gis*", data TIN, data directori, dan data ukuran cell raster (*rasterization cell size*). Setelah proses *setup* selesai, maka model perluasan banjir dapat disajikan dalam peta bahaya banjir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di penggal Sungai Banjir Kanal Barat Semarang yang dibatasi dari Bendung

Simongan sampai dengan muara sungai didaerah Pantai Utara Kota Semarang. Masukan data geometrik sebagai dasar penyusunan model dibuat dengan bantuan Peta Penggunaan Lahan skala 1: 5000 yang diperoleh dari Dinas Kimpraswil Semarang. Data geometrik dibuat dengan menggunakan teknik *screen digitizing* dalam software arc viw dengan ekstensi HEC-GeoRAS. Untuk data *stream centerline* dibuat sesuai dengan arah aliran, yang dalam hal ini dari selatan ke utara. Data *cross section* dibuat dengan arah dari kiri ke kanan sungai dengan posisi menghadap ke arah hulu sungai, yang didalam penelitian ini data *cross section* dibuat dari arah timur ke barat. Jumlah data *cross section* yang dibuat di daerah penelitian sebanyak 11 buah, berturut-turut dari arah hilir ke hulu, yaitu dari muara sungai sampai ke Bendung Simongan di daerah atas dari Sungai Banjir Kanal Barat. Pembuatan *cross section* berdasarkan pertimbangan keberagaman penggal sungai dan ketersediaan data sekunder *cross section* yang sudah ada dari Dinas PU sebagai acuan. Nilai koefisien kekasaran manning untuk daerah penelitian diadopsi dari kriteria manning menurut Chow (1959 dalam Chow, et al 1988) dan hasil laporan JICA (1993). Koefisien kekasaran manning dari Chow dan koefisien manning di daerah penelitian disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Hasil penyusunan data geometrik secara lengkap di daerah penelitian, yaitu Sungai Banjir Kanal barat disajikan pada Lampiran 1.

Masukan data hidrologi berupa berupa profil aliran terdiri dari nilai debit normal rata-rata tahunan dan debit banjir periode ulang 100 tahunan dari Sungai Banjir Kanal Barat. Nilai debit ini diperoleh dari laporan proyek kerjasama Dinas Pekerjaan Umum dan JICA (*Japan International Cooperation Agency*) Tahun 1993. Debit rata-rata tahunan di Sungai Banjir Kanal Barat adalah $10,7 \text{ m}^3/\text{detik}$. Sedangkan debit banjir periode ulang

100 tahunan adalah sebesar $980 \text{ m}^3/\text{detik}$. Data hidrologi berupa ketinggian muka air sungai untuk kondisi debit banjir periode ulang 100 tahunan adalah sebesar 0,6 meter di daerah muara sungai dan sebesar 9,77 meter di daerah atas, tepatnya di Bendung Simongan. Secara lebih jelas data hidrologi untuk pemodelan banjir menggunakan software HEC-RAS disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Koefisien Kekasaran Manning

Kondisi Material		Nilai Koefisien
Beton		0.012
Dasar kerakal dengan sisi	Beton	0.020
	Batuan campuran semen dan pasir	0.023
Saluran alami	Saluran lurus dan bersih	0.030
	Saluran berkelok dan bersih	0.040
	Saluran berkelok dengan semak belukar dan cekungan	0.050
	Saluran bersemak dan banyak pohon berkayu	0.100
Dataran banjir	Padang rumput	0.035
	Tanaman dibudidayakan	0.040
	Semak dan rerumputan	0.050
	Semak yang sangat rapat	0.070
	Tumbuhan yang rapat	0.100

Sumber: Chow (1959 dalam Chow, et al 1988)

Tabel 2. Koefisien Kekasaran manning di Sungai Banjir Kanal Barat

Lokasi		Nilai Koefisien
Sungai	Saluran sungai	0.035
	Pinggir sungai (<i>Riverbank</i>)	0.05
Dataran Banjir	Bersemak	0.05
	Daerah terbangun	0.013
	Pertanian	0.05

Sumber: Laporan JICA (1993)

Tabel 3. Data Hidrologi Sungai Banjir Kanal Barat

Periode ulang (Tahun)	Pendugaan Debit Banjir (m ³ /dt)	Ketinggian air	
		Ketinggian di Muara sungai (m)	Ketinggian di Bendung Simongan (m)
100	980	0.6	9.77
25	770	0.6	9.11
10	630	0.6	8.63

Sumber: JICA (1993)

Perluasan banjir dibuat dengan menggunakan analisis *steady flow* dalam *plan encroachment option* pada main window software HEC-RAS. Metode ini digunakan untuk mendapatkan target perbedaan ketinggian muka air antara kondisi debit normal (rata-rata tahunan) dengan debit banjir periode 100 tahunan. Perbedaan ketinggian tersebut menjadikan air melampaui batas (*encroachment*) sampai ke dataran banjir (*floodplain area*). Model persebaran banjir yang dibangun direpresentasikan dalam perspektif X-Y-Z dan penampang melintang sungai, seperti disajikan pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. Peta bahaya banjir disusun berdasarkan hasil perspektif X-Y-Z yang ditkoversikan ke dalam format SIG. Konversi dilakukan dengan menggunakan ekstensi HEC-GeoRAS, dan peta bahaya banjir disajikan pada Lampiran 4.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa integrasi software hidrologi dan sistem informasi geografis dapat digunakan untuk penyusunan peta bahaya banjir. Metode ini mempunyai

keunggulan dalam perhitungan faktor-faktor hidrologi banjir dan kemudahan dalam menampilkan hasil model dalam format spasial berupa peta bahaya banjir.

Saran

Untuk mencapai hasil yang lebih optimal maka diperlukan data hidrologi yang lebih detil, yaitu data hidrologi untuk setiap *cross section*. Untuk analisis lebih lanjut tentang bahaya banjir dan analisis resiko dapat dilakukan tumpang susun peta bahaya banjir dengan peta penggunaan lahan serta melakukan perhitungan kerugian ekonomis dari bahaya banjir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari thesis S2 dari peneliti yang ditempuh di ITC (*International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation*), Enschede, The Netherlands pada Bulan Maret 2003. Terima kasih disampaikan kepada Dr Tjeerd Willem Hobma (*Water Resources Department, ITC*) sebagai supervisor pertama dan Drs Michel Damen (*Earth System Analysis Department,*

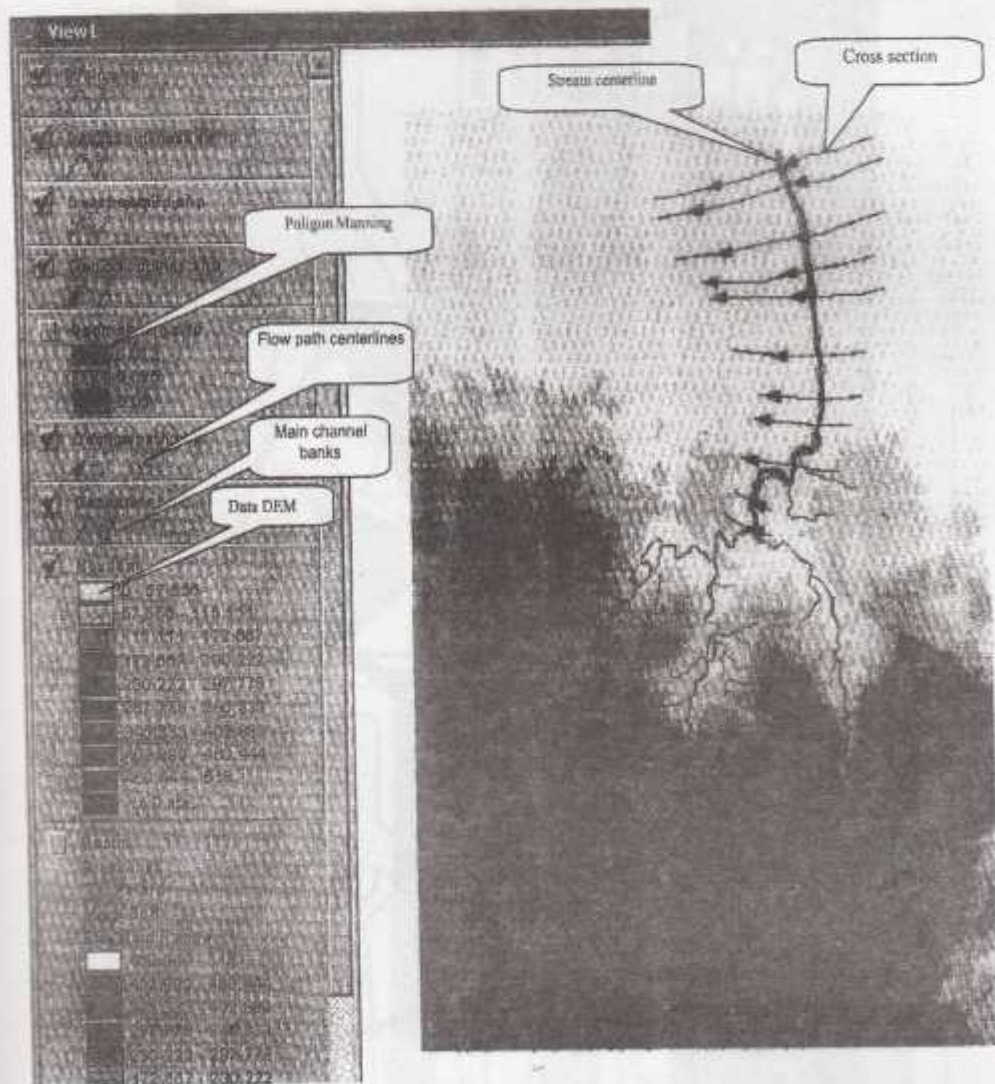
ITC) sebagai supervisor kedua. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir Ersyin O Sehyan (*Vrije Universiteit*

Amsterdam) sebagai *external examiner* dalam ujian thesis.

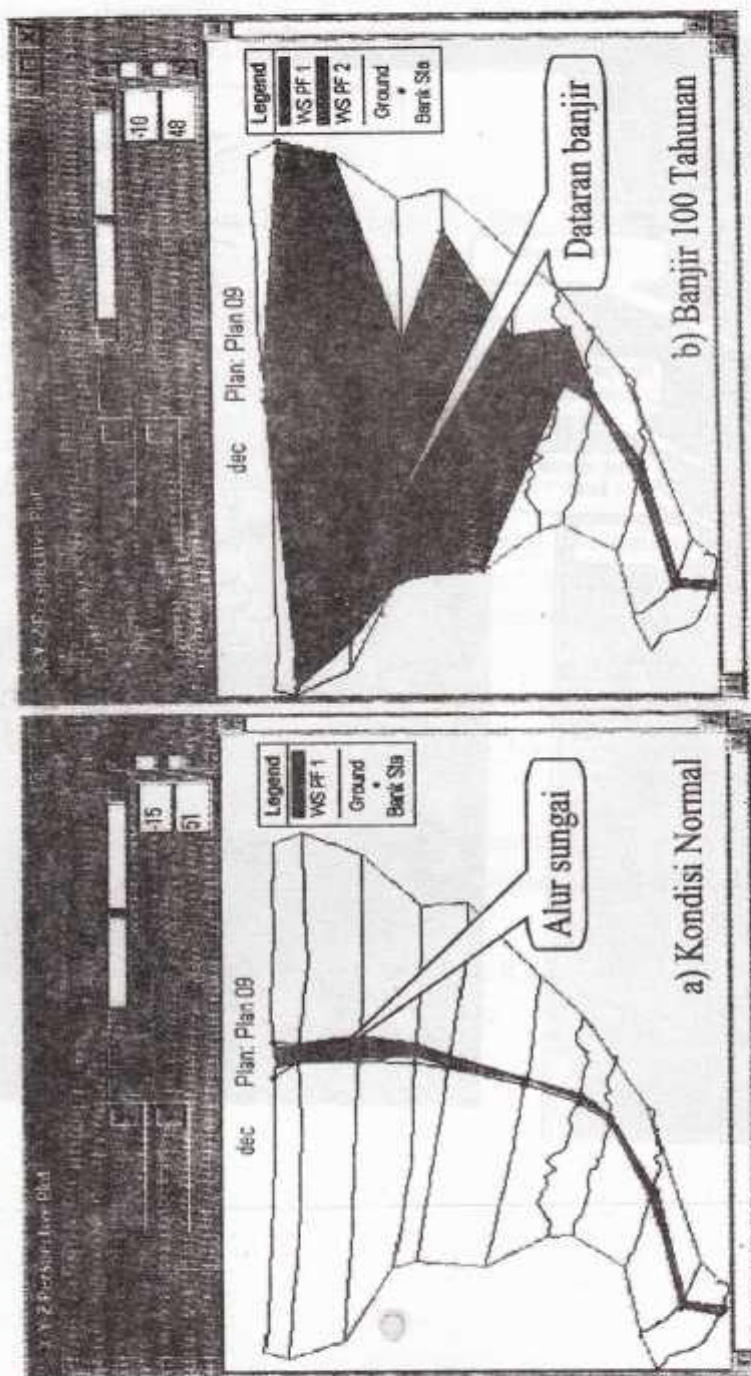
DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te; Maidment, David R; Mays, Larry W, 1988, *Applied Hydrology*, The Graw-Hill, New York.
- JICA (Japan International Cooperation Agency) dan Dinas Pekerjaan Umum, 1993, *Master Plan on Water Resources Development and Feasibility Study for Urgent Flood Control and Urban Drainage in Semarang City and Suburbans*, DPU Semarang.
- Kresch, David L; Mastin, March C; and Olsen, Theresa D, 2002, *Fifty-Year Flood Inundation Maps for Olanchito, Honduras*, US Geological Survey, Tacoma, Washington.
- Marfai, Muh Aris, 2003, GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in A Waterfront City, Case Study: Semarang City, Central Java, Indonesia, *Master Thesis*, International Institute for Geo-Information and Earth Observation (ITC), Enschede.
- Pinem, Ferrari, 2002, Penggunaan Foto Udara untuk Identifikasi Tingkat Kerawanan Genangan Banjir Kali Garang Semarang Jawa Tengah, *Skripsi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Snead, Daniel Baldwin, 2000, Development and Application of Unsteady Flood Models Using Geographic Information System, Department Report, *Master Thesis*, The University of Texas, Austin.
- Usage (US Army Corps of Engineers), 2001, *HEC-RAS, River Analysis System User's Manual Version 3.0*, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.

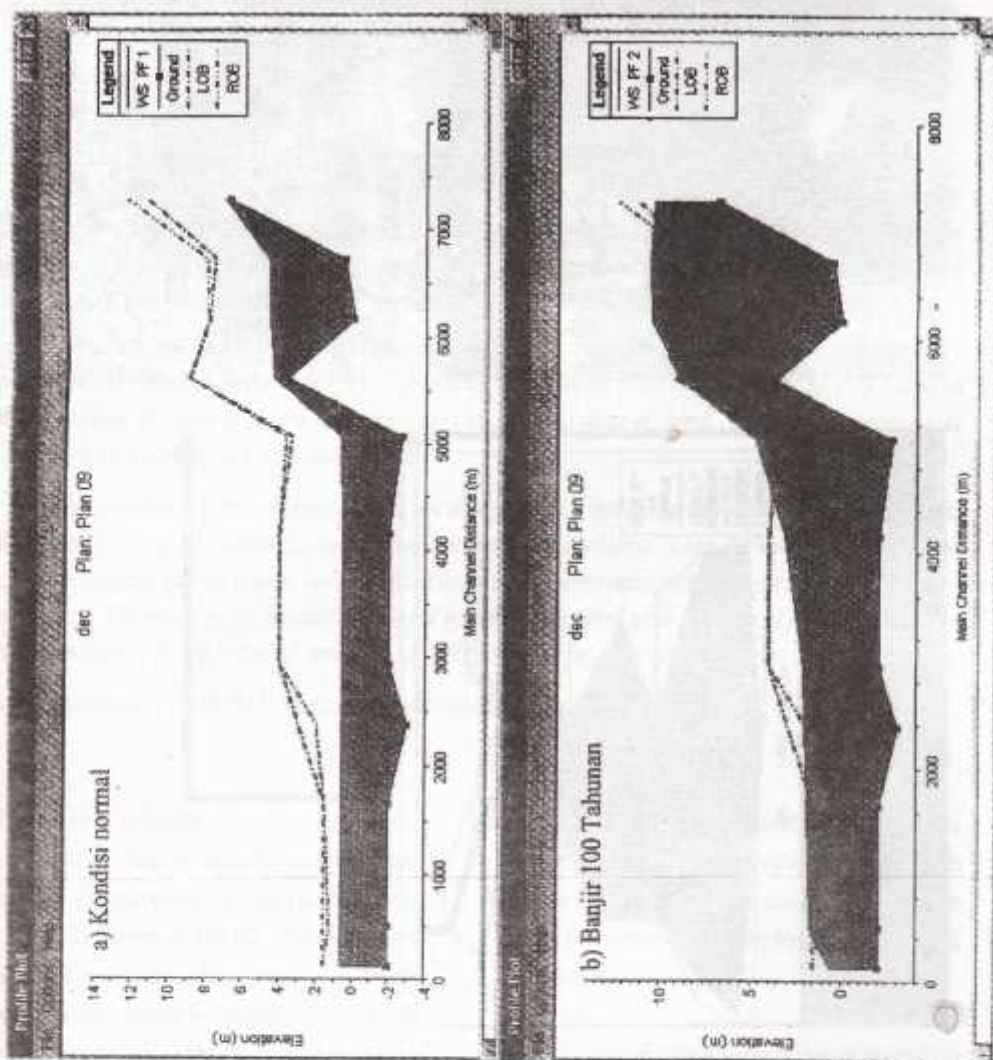
Lampiran 1. Data Geometrik



Lampiran 2. Perspektif X-Y-Z dari Perluasan Banjir



Lampiran 3. Penampang Melintang Sungai



WS PF= water surface profile
 LOB = left overbank
 ROB= right overbank

