

PEMODELAN SPASIAL BANJIR PASANG AIR LAUT STUDI KASUS: PESISIR TIMUR SEMARANG

*(Spatial Modelling of Tidal Flood Hazard, Case Study Eastern Part
of Semarang Coastal Area)*

Oleh:

Muh Aris Marfai

Program Studi Geografi Fisik dan Lingkungan

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Bulaksumur, Telp (0274) 902332 Yogyakarta, e-mail: marfai@geo.ugm.ac.id

ABSTRACT

The aims of this research are 1) to construct a spatial model of tidal flood hazard, 2) To do hazard analysis of tidal flood. Spatial modelling has been generated using Geographic Information System (GIS) Software and ILWIS software was selected to do the model operation. Neighborhood function and Digital elevation model (DEM) have been applied on the modelling calculation process. DEM data was corrected and manipulated using map calculation on the digital form.

Tidal flood hazard analysis has been done by means of map calculation on the Tidal Flood Hazard Map and Detail Landuse Map. Histogram and tabulation from the result of the map calculation have been analyzed to identify the impact of the tidal flood hazard on the landuse. The highest impact of the tidal flood hazard occurs on the 1 meter of tidal flood level, wherein the inundation occurs mainly on the fishpond and yard/open space area.

Keywords: digital elevation model, iteration process, and geographic information system

PENDAHULUAN

Studi tentang banjir pasang air laut merupakan kajian penting untuk memberikan masukan dalam pemecahan masalah banjir di daerah pesisir. Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk melakukan konstruksi model dan analisis bahaya banjir pasang air laut. Model persebaran banjir secara spasial dapat dilakukan dengan

bantuan software SIG berupa perhitungan pengulangan (*Iteration operation*) dalam operasi *neighborhood function*. Perhitungan ini diterapkan pada data *digital elevation model* (DEM) dan data ketinggian genangan banjir. Hasil pemodelan ini dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak bahaya banjir, terutama dampak banjir terhadap penggunaan lahan.

Sistem informasi geografis mempunyai dua keunggulan dalam mitigasi dan penelitian bencana alam. Pertama, teknologi SIG mempunyai kemudahan untuk melakukan penyimpanan informasi yang sangat diperlukan untuk saat mendatang. Kedua, SIG mengalami peningkatan dalam kemudahan akses informasi tersebut. Dalam hal studi bencana alam, SIG memberikan kontribusi dalam display data, penyimpanan, seleksi lokasi, penilaian dampak, dan pemodelan (DRDE, 1991).

Pemodelan genangan banjir di daerah perkotaan merupakan komponen penting dalam manajemen bencana, menurut Zerger, (2002) hal tersebut dikarenakan beberapa faktor, yaitu:

1. Merupakan bagian dari perencanaan evakuasi dan manajemen dalam keadaan darurat
2. Memberikan informasi dalam pengembangan kawasan perkotaan dengan memperhatikan banjir genangan dan resiko.
3. Sebagai sarana pendidikan terhadap masyarakat untuk menginformasikan bahaya dan resiko yang terdapat di daerahnya.
4. Identifikasi resiko terutama dalam penentuan premi asuransi
5. Pengembangan pengkodean bangunan dalam rangka meminimalisasi dampak bencana

6. Sebagai masukan untuk analisis *cost-benefit* dalam pengembangan strategi mitigasi
7. Sebagai bentuk dari manajemen pasca bencana.

Sistem Informasi Geografis dengan format raster dapat digunakan untuk pembangunan model spasial. Pemodelan bahaya banjir dapat dilakukan dengan menggunakan integrasi software SIG dan software hidrologi, sebagai contoh adalah penelitian yang dilakukan oleh Marfai, (2003) dan Mastin, dkk., (2002). Data DEM sangat diperlukan dalam penelitian ini sebagai ekspresi dan representasi kondisi permukaan.

Pembuatan model bahaya banjir dalam format raster GIS dapat dilakukan dengan menggunakan *neighborhood function*, berupa *iteration operation*. Dalam pembangunan model ini diperlukan data detil DEM, data ketinggian air pasang, dan peta topografi. *Neighborhood function* adalah salah satu analisis spasial dalam software. *Iteration* adalah salah satu operasi dalam *neighborhood function* yang berupa perhitungan matematika secara berulang-ulang dengan berdasarkan pixel (raster format). Hasil perhitungan dalam satu pixel akan digunakan sebagai masukan dalam perhitungan pixel berikutnya. Hal ini dilakukan secara terus menerus sampai persyaratan hasil dipenuhi (ILWIS User Guide 2001).

Kota Semarang merupakan *waterfront city* yang selalu mengalami banjir, baik banjir dari sungai maupun dari laut. Banjir yang disebabkan oleh pasang air laut sering disebut sebagai banjir rob. Banjir pasang air laut membawa kerugian terhadap masyarakat sekitar berupa kerusakan harta benda, kerusakan lahan budidaya tambak, kerusakan bangunan, jalan dan fasilitas umum serta terganggunya aktivitas perekonomian. Untuk mengurangi dampak kerugian yang ditimbulkan oleh banjir pasang air laut, masyarakat sekitar melakukan pencegahan dengan melakukan peninggian permukaan tanah, membuat saluran drainase, dan bangunan penahan air pasang. Hal ini dapat mengurangi genangan banjir pasang air laut, tetapi disisi lain genangan air laut sebetulnya hanya dipindahkan ke daerah lainnya yang lebih rendah.

Ketinggian air pasang yang berbeda akan menghasilkan distribusi keruangan dari genangan air laut yang berbeda pula. Secara keruangan distribusi banjir pasang air laut dapat dipetakan berdasarkan ketinggian air pasang tertentu, dimana setiap ketinggian pasang air laut yang berbeda akan menghasilkan dampak yang berbeda pula terhadap penggunaan lahan di daerah penelitian.

Berdasarkan permasalahan diatas, rumusan pertanyaan penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut: (1) Bagaimanakah model spasial dari banjir

pasang air laut di daerah penelitian?, (2) Bagaimanakah akibat dari banjir pasang air laut di daerah penelitian?

Penelitian yang dilakukan mempunyai dua tujuan sebagai berikut: (1) Membuat model spasial distribusi banjir pasang air laut dengan menggunakan fungsi *iteration* dan data DEM dalam operasi SIG, (2) Melakukan analisis bahaya banjir pasang air laut.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan atau materi penelitian

- Foto udara skala 1:10.000 dan skala 1:25.000
- Peta rupabumi skala 1: 50.000 dan skala 1:25.000

Alat:

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Perangkat komputer dengan spesifikasi pentium 4, RAM 512 MB, dan kapasitas Hardisk 20 GB.
- Software Ilwis release 3.1.
- Stereoskop cermin
- GPS
- Meteran, kompas dan theodolith
- Kamera

Cara Analisis

Analisis histogram dan tabulasi digunakan untuk mendapatkan distribusi keruangan dari tiap kelas kedalaman genangan banjir. Sementara itu, analisis pengaruh bahaya banjir terhadap

penggunaan lahan dilakukan dengan *map calculation* dan tabel histogram. Luas dampak genangan banjir setiap kelas penggunaan lahan dapat diketahui dengan tabulasi peta hasil operasi *map calculation*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Digital Elevation Model (DEM) dengan teknik *moving average*

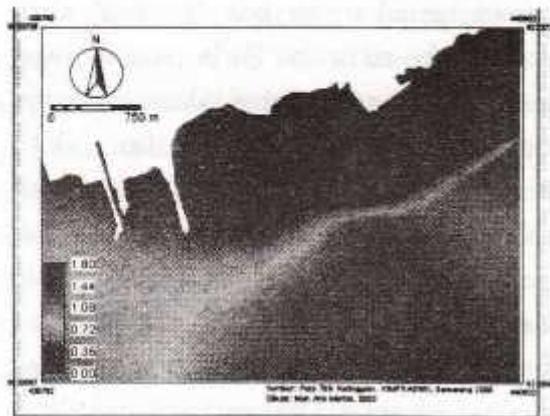
Pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM) dilakukan dengan teknik interpolasi. Interpolasi diterapkan pada Peta Titik ketinggian (*point map format*) yang dirubah menjadi Peta DEM. *Point map* merupakan representasi ketinggian dalam bentuk titik. Di daerah penelitian titik ketinggian terdapat antara 0 sampai dengan 3 meter dpal. Dalam interpolasi digunakan teknik *Moving average* dengan menggunakan peta titik (*point map*) sebagai inputnya. Operasi ini menghasilkan *output* berupa *raster map* dengan format *value domain* (domain nilai untuk setiap piksel). Hasil DEM yang diperoleh disajikan dalam Peta *Digital Elevation Model* pada Gambar 1, dan kenampakan 3 dimensionalnya pada Gambar 2.

Manipulasi DEM dengan format *map calculation* dalam raster GIS

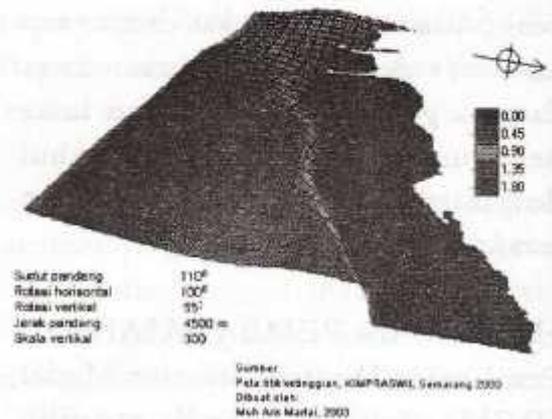
Nilai DEM yang diperoleh perlu dimodifikasi mendekati kondisi nyata di lapangan. Hasil observasi dan pengukuran di lapangan serta hasil wawancara dengan beberapa penduduk di lokasi penelitian menunjukkan bahwa tidak

setiap kenaikan air laut (pasang) akan meluap ke daratan. Pada pasang yang kecil hanya menggenangi saluran drainase, daerah tambak, jalanan dan lahan kosong. Teknik penanggulangan telah dilakukan penduduk untuk meng-hindari genangan air laut tersebut, antara lain dengan cara meninggikan pondasi atau bangunan rumah, membuat tanggul dan drainase di sekitar pekarangan, membuat tanggul di sepanjang pantai dan meninggikan jalan. Hal tersebut menyebabkan nilai DEM yang diperoleh harus dimodifikasi untuk dapat mendekati kenyataan/kondisi riil yang ada, sehingga ketika model dibuat dapat mendekati kondisi alami yang terjadi. Modifikasi DEM dilakukan dengan mengganti nilai DEM pada beberapa penggunaan lahan yang dapat diidentifikasi dari keterkaitannya dengan banjir pasang air laut.

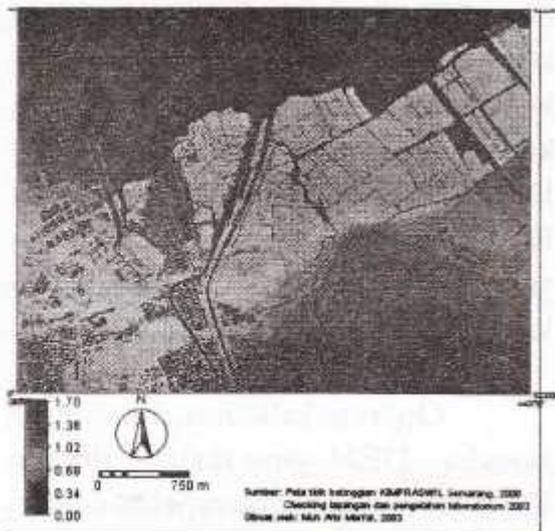
Operasi kalkulasi peta untuk merubah DEM yang disebut dengan DEM modifikasi ini merupakan operasi yang rumit yang memerlukan algoritma panjang serta diperlukan kecermatan. Kesalahan satu karakter dalam penulisan formula, misal kesalahan penulisan titik (.) atau koma (,) mengakibatkan operasi tidak bisa dijalankan. Kesalahan penyebutan peta yang dioperasikan akan menyebabkan program tidak bisa dijalankan, atau hasil operasi akan berupa produk yang salah dengan sumber peta masukan yang juga salah. Gambaran spasial dari modifikasi DEM disajikan dalam Gambar 3. dan Gambar 4.



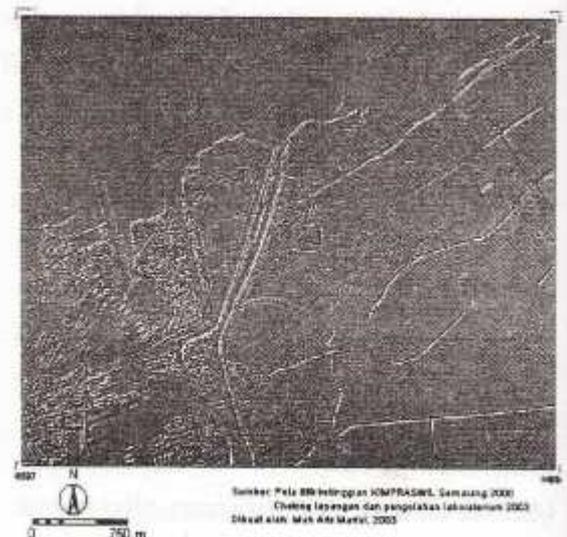
Gambar 1.
Peta Digital Elevation Model (DEM)



Gambar 2.
Kenampakan 3 Dimensional



Gambar 3.
DEM Hasil Modifikasi



Gambar 4.
Kenampakan 3 Dimensi
Hasil DEM Modifikasi

Proses iterasi dengan operasi *neighborhood*

Perhitungan iterasi memerlukan peta awal sebagai permulaan perhitungan. Dalam pemodelan banjir pasang air laut maka permulaan air yang merambat ke daratan dideliniasi dari tepi

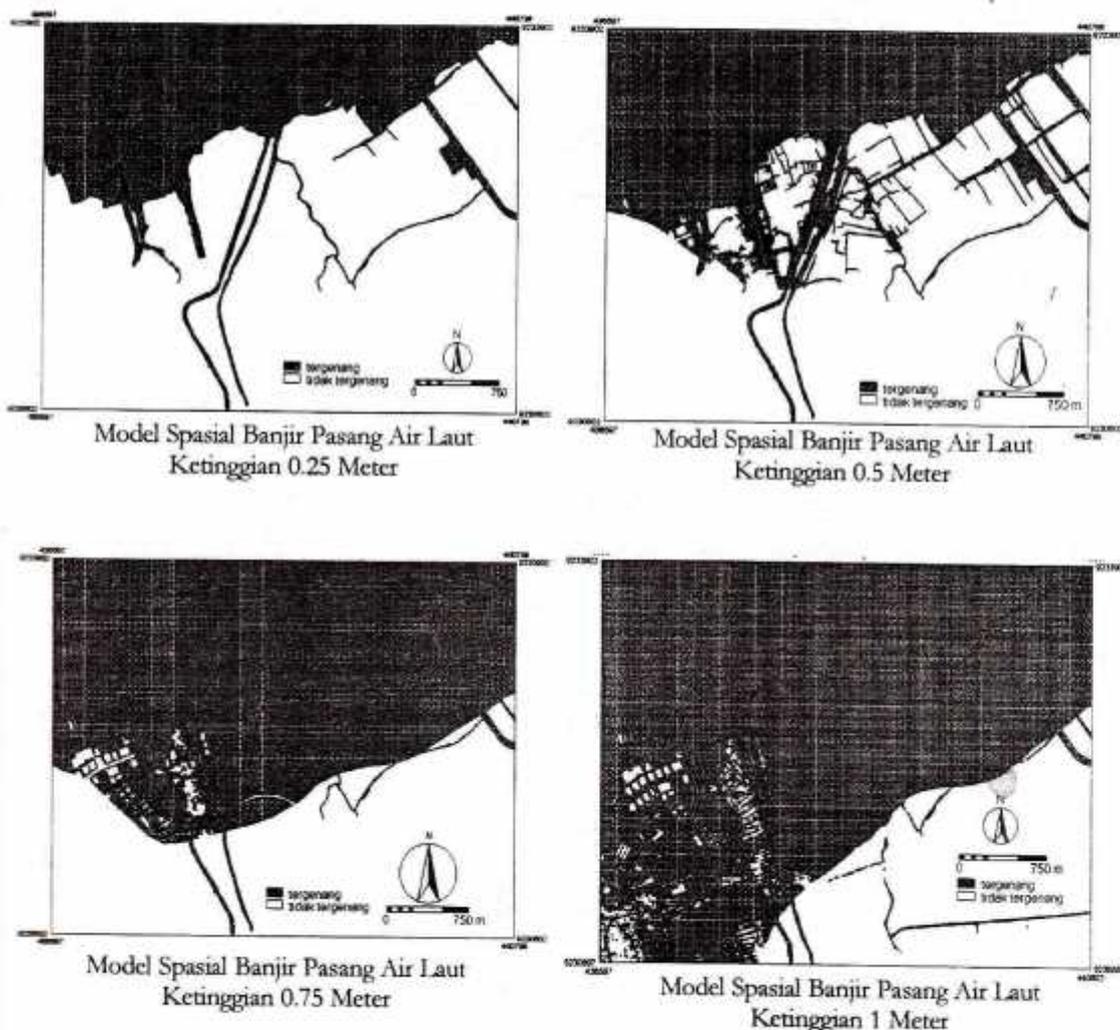
pantai. Untuk itu peta permulaan iterasi merupakan peta berupa garis memanjang sepanjang pantai sebagai titik awal dari banjir pasang air laut. Peta garis tersebut dibuat raster menggunakan operasi *rasterize* dalam software ILWIS.

Iteration adalah salah satu operasi dalam *neighborhood function* yang berupa perhitungan matematika secara berulang-ulang dengan berdasarkan pixel (raster format). Hasil perhitungan dalam satu piksel akan digunakan sebagai masukan dalam perhitungan piksel berikutnya. Hal ini dilakukan secara terus menerus sampai persyaratan hasil dipenuhi. Dalam operasi iterasi ini pemodelan banjir dibuat dalam beberapa skenario. Skenario

pertama apabila banjir dalam ketinggian 0.25 meter dari permukaan air laut, dilanjutkan dengan skenario 0.50 meter, 0.75 meter dan 1 meter. Hasil perhitungan iterasi adalah model spasial banjir pasang air laut yang disajikan pada Gambar 5.

Analisis Bahaya Banjir Pasang Air Laut Terhadap Penggunaan Lahan

Hasil model yang diperoleh kemudian ditumpangsusunkan dengan



Gambar 5. Model Spasial Banjir Pasang Air Laut Dengan Berbagai Ketinggian

peta penggunaan lahan daerah penelitian. Operasi tumpang-susun dilakukan dengan teknik *Cross Map* dalam software ILWIS. Operasi ini dilakukan terhadap model banjir 0.25 meter, dilanjutkan kemudian dengan skenario 0.5 meter, skenario 0.75 meter dan skenario 1

meter. Hasil dari operasi dengan skenario 0.25 meter disajikan pada Tabel 1.

Sementara itu hasil operasi dengan skenario 0.5 meter, skenario 0.75 meter, dan skenario 1 meter disajikan secara berturut-turut pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 1. Dampak Genangan Air Laut 0.25 meter Terhadap Penggunaan Lahan

Dampak Genangan 0.25 meter	Jumlah piksel	Luas (m ²)
Tubuh air tergenang	171033	4275825
Bangunan tidak tergenang	52269	1306725
Tambak tidak tergenang	182870	4571750
Pekarangan dan lahan kosong tidak tergenang	131952	3298800
Tubuh air tidak tergenang	698	17450
Jalan tidak tergenang	17079	426975
Total	555901	13897525

Sumber: Operasi tabel dalam software ILWIS

Tabel 2. Dampak Genangan Air Laut 0.5 meter Terhadap Penggunaan Lahan

Dampak Genangan 0.5 meter	Jumlah piksel	Luas (m ²)
Pekarangan dan lahan kosong tergenang	25449	636225
Tubuh air tergenang	171666	4291650
Bangunan tidak tergenang	52269	1306725
Tambak tidak tergenang	182870	4571750
Pekarangan dan lahan kosong tidak tergenang	106503	2662575
Tubuh air tidak tergenang	65	1625
Jalan tidak tergenang	17079	426975
Total	555901	13897525

Sumber: Operasi tabel dalam software ILWIS

Tabel 3. Dampak Genangan Air Laut 0.75 meter Terhadap Penggunaan Lahan

Dampak Genangan 0.75 meter	Jumlah piksel	Luas (m)
Tambak tergenang	106243	2656075
Pekarangan dan lahan kosong tergenang	41680	1042000
Tubuh air tergenang	171719	4292975
Bangunan tidak tergenang	52269	1306725
Tambak tidak tergenang	76627	1915675
Pekarangan dan lahan kosong tidak tergenang	90272	2256800
Tubuh air tidak tergenang	12	300
Jalan tidak tergenang	17079	426975
Total	555901	13897525

Sumber: Operasi tabel dalam software ILWIS

Tabel 4. Dampak Genangan Air Laut 1 meter Terhadap Penggunaan Lahan

Dampak Genangan 1 meter	Jumlah piksel	Luas (m)
Tambak tergenang	122995	3074875
Pekarangan dan lahan kosong tergenang	84362	2109050
Tubuh air tergenang	171728	4293200
Jalan tergenang	9898	247450
Bangunan tidak tergenang	52269	1306725
Tambak tidak tergenang	59875	1496875
Pekarangan dan lahan kosong tidak tergenang	47590	1189750
Tubuh air tidak tergenang	3	75
Jalan tidak tergenang	7181	179525
Total	555901	13897525

Sumber: Operasi tabel dalam software ILWIS

Pada ketinggian pasang air laut 1 meter terdapat banyak penggunaan lahan terkena dampak. Sebagian ruas jalan mengalami genangan yang mengakibatkan gangguan pada sistem transportasi. Ruas jalan yang tergenang air pasang air laut hanya dapat dilalui oleh kendaraan-

kendaraan berat saja. Selain mengganggu aktivitas transportasi, distribusi barang dan jasa juga dapat mengakibatkan kerusakan badan jalan. Sementara pada beberapa pekarangan mengalami genangan yang selain mengganggu aktivitas sehari-hari juga mengganggu kesehatan lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa kesimpulan yang dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Manipulasi ketinggian digunakan untuk mengkoreksi nilai DEM. Hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil aktual dari ketinggian permukaan di daerah penelitian. Manipulasi dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap nilai piksel, sehingga dalam hal ini operasi dilakukan dengan berbasis raster.
2. Pembuatan model persebaran genangan akibat banjir pasang air laut dilakukan dengan teknik iterasi. Iterasi adalah salah satu operasi dalam *neighborhood function* yang berupa perhitungan matematika secara berulang-ulang dengan berdasarkan pixel (raster format).
3. Terdapat perbedaan persebaran genangan yang mencolok antara skenario pasang air laut 0.25, 0.5, 0.75 dan 1 meter.
4. Penggunaan lahan yang terkena dampak dari banjir pasang air laut yang paling terlihat adalah pada skenario banjir 1 meter. Beberapa penggunaan lahan yang terkena dampak adalah daerah tambak dengan luas lebih kurang 3074875 m², dan 2109050 m² untuk daerah pekarangan dan lahan kosong.

Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat dikemukakan berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa hal tersebut adalah:

1. Hasil dari penelitian pemodelan spasial bahaya banjir pasang air laut dengan menggunakan aplikasi *neighborhood operation* dan *digital elevation model* dalam raster GIS dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis resiko dan kerugian dari dampak banjir terhadap penggunaan lahan.
2. Untuk lebih memudahkan dalam melakukan setiap operasi pembuatan model perlu disusun terlebih dahulu bahasa pemrograman atau algoritmanya dalam bentuk dokumen script.
3. Penelitian tentang analisis banjir pasang air laut dan banjir sungai secara terpadu perlu dilakukan dalam rangka analisis dampak bahaya banjir yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari penelitian Marfai, dkk., (2003) yang dilaksanakan atas biaya Anggaran DIK MAK.5250 Universitas Gadjah Mada berdasarkan surat perjanjian pelaksanaan penelitian Nomor: 2589/P.II/LPN/2003 Tanggal 2 Juni 2003. Terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir Abdul Rozaq Selaku Ketua Lembaga Penelitian UGM yang telah memberikan kesempatan

kepada penulis untuk melakukan penelitian ini. Terima kasih disampaikan kepada Prof Dr Dulbahri dan Prof Dr Sukandarumidi atas masukannya dalam penyusunan laporan penelitian. Terima

kasih juga disampaikan kepada Djati Mardiyatno S.Si., M.Si dan Andri Kurniawan S.Si., M.Si atas kerjasamanya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- DRDE-US (Department of regional development and environment-US) 1991, *Primer on natural hazard management in integrated regional development planning*, <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea66e/Contents>, diakses 21 Agustus 2002, pukul: 23.00 WIB.
- Iltwis user's guide, 2001, *Iltwis 3.0 Academic user/s guide*, ITC, The Netherlands
- Mastin, Mark C and Olsen, Theresa D, 2002, *Fifty-Year Storm-tide Flood-Inundation maps for Santa de Aqua, Honduras*, US Geological Survey, Tacoma, Washington, USA.
- Muh Aris Marfai, 2003, *GIS modelling of river and tidal flood hazards in a waterfront city. case study: Semarang City, Central Java, Indonesia*, M.Sc thesis, ITC Enschede, The Netherlands
- Muh Aris Marfai, Djati Mardiyatno, Andri Kurniawan, 2003, *Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Pasang Air Laut (Aplikasi Neighborhood Operation Dan Digital Elevation Model Dalam Raster GIS)*, *Laporan Penelitian*, Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Zerger, A, 2002, *Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling*, *Journal Environmental modelling and software*, 17 (2002), 287-294 Elsevier