

MODEL SIMULASI LUAPAN BANJIR SUNGAI CILIWUNG DI WILAYAH KAMPUNG MELAYU–BUKIT DURI JAKARTA, INDONESIA

Fajar Yulianto^{*)}, Muh Aris Marfai^{)}, Parwati^{*)}, Suwarsono^{*)}**

^{*)} Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN

^{**)} Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada (UGM), Jogjakarta, Indonesia

e-mail: fajar.lapan.rs@gmail.com

ABSTRACT

Jakarta is the biggest city in Indonesia located in the north-western of Java Island and between 5°59'–6°00'S and 106°30'–107°00'E. The total area is approximately 661,52 km², and the population is more than 9 million in 2008. The occurrence of many flood in Jakarta had caused loss in properties, environmental degradations, and worsen communities health. A spatial approach model is applied to understand the effects of flood to land use in the research area. Objectives of the research are : 1) to create the hazard assessment model and 2) to calculate the impact of flood to the land use area. The methods consist of neighbourhood operation application development in the form of raster pixel calculation, in this case are the Digital Elevation Model values, by using mathematic calculation formula to assign the inundated area. Land uses, either the inundated or others, are the result of imagery data interpretations. Results of the research show that the simulation model represent the condition in the field when flood happened maximum scenario for inundation area of 2,00 m will affect to about 5,10 Ha (regular settlements); 80,82 Ha (irregular settlements); 2,22 Ha (open areas); 5,09 Ha (business areas); 40,39 Ha (office areas) and 18,83 (roads).

Key words: *Ciliwung flood, DEM, Iteration spatial model, GIS, Remote sensing*

ABSTRAK

Jakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia, yang terletak di bagian utara-barat Pulau Jawa dengan lokasi koordinat geografis 5°59' – 6°00'S dan 106°30' – 107°00'E. Luas wilayah Jakarta secara keseluruhan kurang lebih 661,52 km², dengan jumlah populasi lebih dari 9 juta penduduk di Tahun 2008. Banjir yang melanda Jakarta telah menyebabkan banyak kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, dan gangguan aktivitas kesehatan masyarakat. Pendekatan sebuah model spasial diterapkan untuk mengetahui dampak luapan banjir terhadap penggunaan lahan yang ada di daerah penelitian. Tujuan penelitian ini adalah : 1) Pemodelan spasial banjir dari berbagai skenario ketinggian air saat menggenang (*modelling hazard assessment*) dan 2) Perhitungan dampak simulasi model banjir yang dihasilkan terhadap penggunaan lahan di daerah penelitian (*calculation impact flood to land use area*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: pengembangan aplikasi *neighbourhood operation* berupa perhitungan raster piksel yang diterapkan pada nilai model ketinggian suatu tempat (*Digital Elevation Model*) dengan model iterasi untuk menentukan daerah genangan. Penggunaan lahan baik yang tergenang maupun tidak adalah hasil interpretasi data penginderaan jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi model ini diterapkan untuk menggambarkan kondisi di lapangan ketika luapan banjir terjadi. Pada skenario maksimum 2,00 m tergenang area sekitar 5,10 Ha (perumahan teratur); 80,82 Ha (perumahan tidak teratur); 2,22 Ha (ruang terbuka); 5,09 Ha (tanah jasa); 40,39 Ha (tanah perusahaan) dan 18,83 untuk area (jalan).

Kata kunci: *Banjir Ciliwung, DEM, Iterasi model spasial, SIG, dan Penginderaan jauh*

1 PENDAHULUAN

Jakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia, yang terletak di bagian utara-barat Pulau Jawa dengan lokasi koordinat geografis 5°59' – 6°00'S and 106°30' – 107°00'E. Luas wilayah Jakarta secara keseluruhan kurang lebih 661,52 km², dengan jumlah populasi lebih dari 9 juta penduduk di tahun 2008 (<http://www.jakarta.go.id>). Banjir yang melanda Jakarta dan sekitarnya beberapa waktu yang lalu membuat roda perekonomian terganggu. Selain itu, banjir juga menyebabkan beberapa kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, dan gangguan aktivitas kesehatan masyarakat. Berdasarkan catatan sejarah, dampak dan resiko dari kejadian banjir di

Jakarta sudah tercatat sejak tahun 1621 (Tabel 1-1). Namun, beberapa kejadian banjir di antaranya, yaitu: tahun 1621, 1654, dan 1876 tidak tercatat dengan baik dampak dari kejadian bencana tersebut. Kejadian banjir pada tanggal 1 Februari 1976 menyebabkan sekitar 200.000 orang dievakuasi, sedangkan pada 19 Januari 1977 kejadian banjir menyebabkan kurang lebih 100.000 orang diungsikan.

Beberapa kejadian lainnya di tahun 1984, 1989, 1997 dan 1999 merupakan banjir besar yang melanda Ibu Kota Jakarta, dan dampak terbesar dirasakan pada bulan Februari 2008 dengan kurang lebih sebanyak 26.000 rumah tergenang dan di antaranya sekitar 1550 orang dievakuasi.

Tabel 1-1: CATATAN SEJARAH KEJADIAN BANJIR DI JAKARTA

Tahun	Dampak dan resiko akibat banjir
1621, 1654, 1876	Tidak tercatat
9 Januari 1932	Beberapa rumah di Jalan Dabang dan Thamrin tergenang
1 Februari 1976	Lebih dari 200.000 orang dievakuasi
19 Januari 1977	Lebih dari 100.000 orang dievakuasi
8 Januari 1984	Sekitar 291 wilayah dengan 39.729 penduduk tergenang
13 Februari 1989	4.400 keluarga dievakuasi
13 Januari 1997	745 rumah tergenang dan 2.640 penduduk dievakuasi
26 Januari 1999	Kejadian banjir bandang di Tangerang, Bekasi dan Jakarta, 6 orang meninggal dan 30.000 orang dievakuasi
29 Januari 2002	Banjir besar di Jakarta, Tangerang, dan Bekasi menyebabkan 2 orang meninggal dan 40.000 orang dievakuasi
2-4 Februari 2007	150.000 penduduk dievakuasi dan sekitar 60% Kota Jakarta tergenang
Februari 2008	Banjir besar di Jakarta dan Tangerang. 26.000 rumah tergenang dan 1.550 orang dievakuasi

Sumber: <http://202.137.4.125/indeks/News/2008/11/10/Utama/ut01.htm>

Penelitian tentang banjir di beberapa wilayah telah banyak dilakukan dengan menggunakan berbagai macam pendekatan. Beberapa penelitian tersebut di antaranya diacu sebagai referensi pustaka dalam penelitian ini dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

Marfai (2003) dalam penelitiannya yang berjudul *"GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in a Waterfront City, Case Study: Semarang City, Central Java, Indonesia"*, mempunyai tujuan untuk membangun model banjir sungai, membangun model banjir pasang air laut menggunakan teknologi GIS, dan melakukan validasi dan evaluasi dari dua model yang dihasilkan dan melakukan penilaian dampak banjir terhadap penggunaan lahan. Penelitian tersebut mempunyai tingkat validasi atau ketepatan model sebesar 89%. Perbedaannya, penelitian Marfai dilakukan pada daerah pesisir di sekitar muara Sungai Banjir Kanal Barat, sedangkan pada penelitian ini lokasi berada di daerah Jakarta dengan cakupan wilayah meliputi: Kampung Melayu – Bukit Duri dan sekitarnya.

Penelitian Mastin, dkk (2002) yang berjudul *"Fifty-Year Storm-tide Flood-Inundation Maps for Santa de Aqua, Honduras"* bertujuan melakukan analisis dan penyusunan peta genangan banjir pasang air laut yang diakibatkan oleh badai besar di Santa Rosa de Aqua, Honduras. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan software HEC-RAS dalam perhitungan faktor-faktor hidrologi dan HEC-GeoRAS untuk menyajikan dan membuat model spasialnya.

Yusuf (1999) dalam penelitiannya yang berjudul *"Studi Kerentanan dan Bahaya Banjir sebagian Wilayah Kotamadya Semarang Provinsi Jawa Tengah, sebuah Pendekatan Geomorfologi Pragmatis"*, mempunyai tujuan untuk menyusun peta bahaya banjir, peta kerawanan, dan peta tingkat kerusakan

akibat banjir sungai menggunakan pendekatan geomorfologi. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan adalah bahwa analisis yang dilakukan terhadap bahaya banjir sungai yang dilakukan oleh Yusuf (1999) menggunakan pendekatan bentuk lahan dan melakukan analisis resiko kerugian secara ekonomi dari akibat banjir tersebut.

Geographic Information System (GIS) (Aronoff, 1989) dapat digunakan untuk membangun model spasial, salah satunya adalah model untuk analisis banjir dengan menggunakan pemodelan numerik (Meijerink, et.al, 1994). Pembuatan model banjir tersebut dibuat dalam format raster GIS yang dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi *neighbourhood operation*, yang berupa *iteration model*. Dalam pembuatan model ini diperlukan data berupa *Digital Elevation Model (DEM)*. *Neighbourhood operation* merupakan salah satu fungsi analisis spasial dalam *Software Open Source ILWIS 3.4 (Integrated Land and Water Information System)*. *Iteration model* merupakan salah satu operasi dalam *neighbourhood operation* yang berupa perhitungan matematika secara berulang-ulang dengan berdasarkan atas nilai pixel atau raster format, dimana hasil perhitungan dalam satu pixel akan digunakan sebagai masukan dalam melakukan perhitungan pixel berikutnya sampai persyaratan hasil terpenuhi (ILWIS User Guide, 2001).

Penelitian yang dilakukan ini mencakup dua hal utama, yaitu: 1) Pemodelan spasial banjir dari berbagai skenario ketinggian air saat menggenang (*modelling hazard assessment*) dan 2) Perhitungan dampak hasil simulasi model banjir yang dihasilkan terhadap penggunaan lahan di daerah penelitian (*calculation impact flood to land use area*).

Tujuan penelitian ini, meliputi:

- penyusunan basis data spasial penggunaan lahan berdasarkan ekstraksi data penginderaan jauh;
- penyusunan data nilai ketinggian tempat (*Digital Elevation Model*);
- pemodelan banjir dengan berbagai skenario pengembangan aplikasi raster *neighbourhood operation*; dan
- perhitungan dampak simulasi model luapan banjir yang dihasilkan terhadap penggunaan lahan di daerah penelitian.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan, masukan dan pengembangan keilmuan untuk aplikasi di bidang bencana alam (*natural disaster*), yang diharapkan dapat digunakan sebagai langkah tepat, cepat, dan akurat untuk mengambil suatu kebijakan dalam meminimalisir atau mengurangi dampak resiko yang ditimbulkan.

2 BAHAN DAN METODE

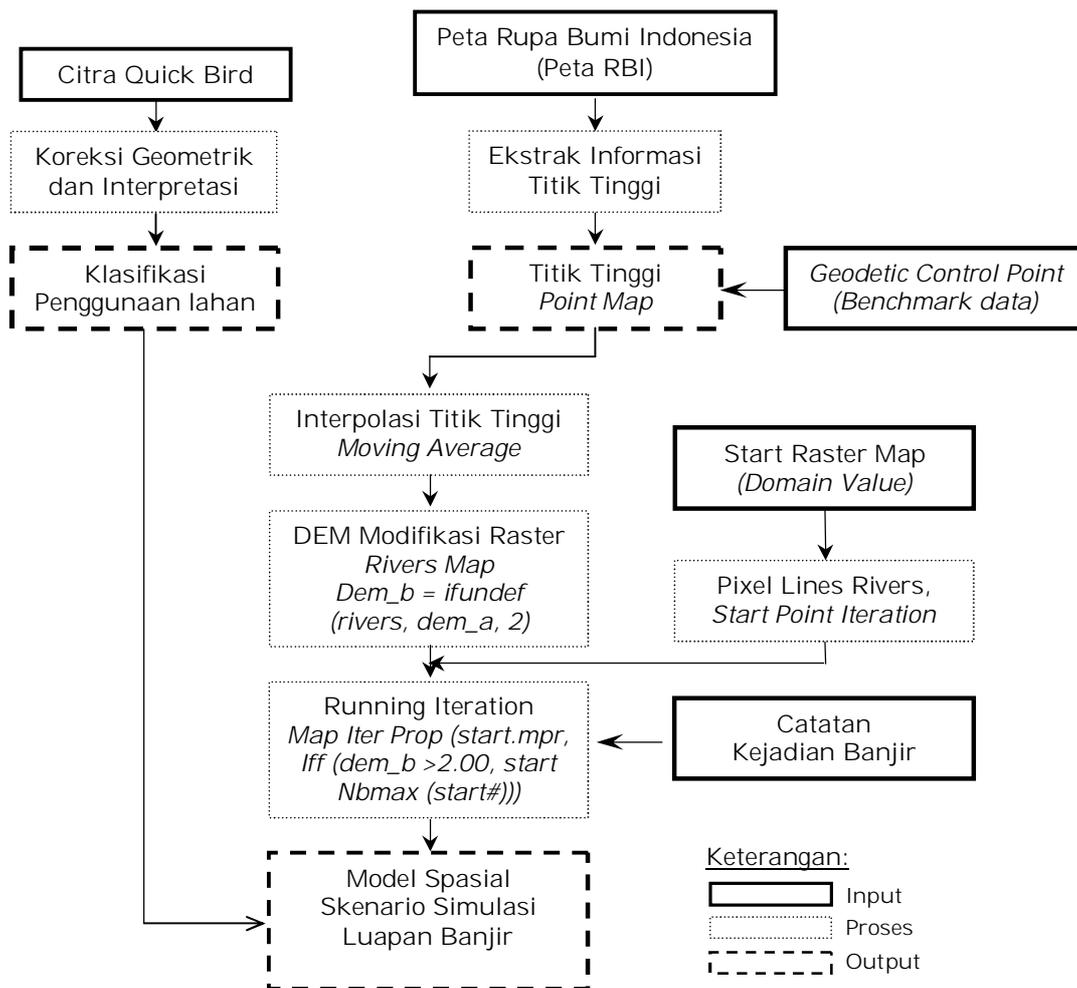
Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi data spasial yang terbagi menjadi beberapa bagian seperti yang tersaji dalam Tabel 2-1.

Langkah-langkah dan tahap metode penelitian disajikan dalam diagram alir (Gambar 2-1) dengan uraian berikut. Penelitian ini menggunakan input data Citra Quickbird dan Peta Rupa Bumi Indonesia. Berdasarkan data Quickbird dilakukan proses pengolahan citra seperti koreksi geometrik yang selanjutnya dilakukan interpretasi untuk menghasilkan beberapa kelas vektor penggunaan lahan seperti: permukiman, lahan kosong, jalan dan sungai. Sedangkan untuk data Peta Rupa Bumi Indonesia (Peta RBI), informasi titik ketinggian tempat/*point map* digunakan sebagai

input data untuk membangun *Digital Elevation Model* atau *DEM*. Pembuatan *DEM* dilakukan dengan menggunakan metode interpolasi yang diterapkan berdasarkan titik ketinggian (*point map*). Informasi titik ketinggian di daerah penelitian berdasarkan Peta RBI berkisar antara 12 -17 meter di atas permukaan air laut. *Moving average* adalah suatu operasi interpolasi titik dengan menggunakan *point map* sebagai inputnya. Operasi ini menghasilkan suatu output berupa *raster map* dengan *value domain* (domain nilai untuk setiap piksel) menggunakan faktor pembobot. Faktor pembobot yang dipergunakan dalam *moving average* adalah dengan menggunakan metode *inverse distance* atau *linear decrease*. *Inverse distance* merupakan fungsi yang digunakan apabila titik ketinggian mempunyai tingkat akurasi pengukuran yang baik dan mempunyai variasi nilai secara local yang kecil. Sedangkan, *Linear decrease* adalah fungsi yang digunakan pada titik ketinggian, dimana kesalahan pengukuran (*measurement errors*) telah diketahui sebelumnya dan dalam keadaan titik ketinggian mempunyai perbedaan nilai yang tajam di antara titik - titik sekitarnya. Fungsi tersebut akan mengurangi kesalahan (*error*) yang terjadi dalam pengukuran dengan jalan mengoreksi kesalahan dengan menggunakan *linear decrease* dimana hasil yang diperoleh tidak secara tepat sama dengan input datanya. Berdasarkan hal tersebut, maka metode *moving average* yang dipergunakan adalah *inverse distance*, karena telah diketahui bahwa variasi nilai ketinggian di daerah penelitian sangat kecil dan merupakan daerah yang datar hingga landai.

Tabel 2-1: DATA SPASIAL YANG DIGUNAKAN DALAM PENELITIAN

No.	Spatial Data	Sumber
1	Citra Quick Bird	Google Map
2	Peta Administrasi daerah penelitian, skala 1:25.000	BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional)
3	Informasi tata guna tanah tahun 2004	Dinas Lingkungan dan Tata Kota Provinsi DKI Jakarta
4	Peta Rupa Bumi Indonesia, skala 1:25.000 - Sheet 1209-423 - Sheet 1209-424 - Sheet 1209-441 - Sheet 1209-442	BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional)
4	Data <i>point map</i> atau peta titik tinggi dan <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	Ekstrak informasi dari Peta Rupa Bumi Indonesia BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional)
5	Data <i>Benchmark</i> (titik control geodetic)	BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional)



Gambar 2-1: Diagram alir penelitian

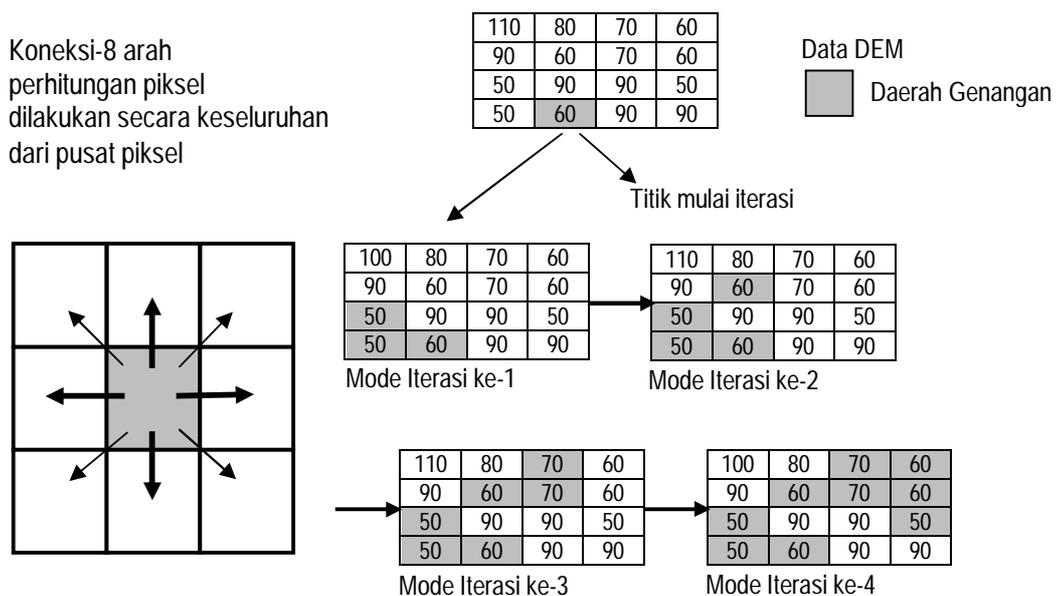
Analisis terhadap pemodelan banjir dilakukan berdasarkan skenario ketinggian air pada saat terjadi genangan. Berbagai nilai ketinggian air tersebut diterapkan untuk membangun model, sehingga akan diketahui distribusi banjir yang berbeda-beda untuk setiap genangan. Model dibangun dengan menggunakan raster *neighbourhood operation*, salah satu fungsi spasial analisis dalam software ILWIS.

Salah satu *neighbourhood operation* yang digunakan untuk analisis spasial adalah iterasi (*iteration*). Iterasi merupakan operasi perhitungan matematika berdasarkan input nilai piksel, dimana *output* hasil perhitungan awal ini digunakan sebagai *input* di dalam melakukan tahap perhitungan selanjutnya sampai pada batas nilai maksimum piksel yang ditentukan. Perhitungan iterasi dilakukan terhadap delapan arah piksel (*3x3 cells*) dalam hubungannya dengan piksel-piksel tetangga menggunakan formula matematik (Gambar 2-2). Berikut adalah operasi iterasi yang digunakan untuk membuat model persebaran banjir:

Running Iteration = MapIterProp (Start.mpr, iff (dem>2.00, start, nbmax (start#)))

Dimana: **Running Iteration** merupakan nama output raster sebagai hasil dari perhitungan iterasi. **MapIterProp** merupakan bahasa program dalam ILWIS untuk melakukan perhitungan iterasi. **Start.mpr** merupakan lokasi piksel raster yang menunjukkan dimana perhitungan awal iterasi dimulai. **Dem** merupakan data DEM yang menggambarkan nilai ketinggian tempat. Sedangkan **> 2.00, start, nbmax** merupakan skenario perhitungan iterasi yang diinginkan sampai ketinggian luapan air maksimal 2 meter, (dengan titik awal iterasi pada ketinggian DEM 13 meter).

Dampak banjir terhadap penggunaan lahan di daerah penelitian dapat dianalisis dengan menggunakan histogram analisis dalam software ILWIS (SIG berbasis raster) dengan fungsi *map calculation*, dimana setiap piksel dari penggunaan lahan yang terkena dampak banjir akan dapat diidentifikasi. Secara lebih jauh dengan operasi dan analisis tabel dalam *software* yang sama akan dapat diperoleh informasi luasan masing-masing penggunaan lahan yang terkena dampak banjir.



Gambar 2-2: Model iterasi dalam "Neighbourhood Operation"

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

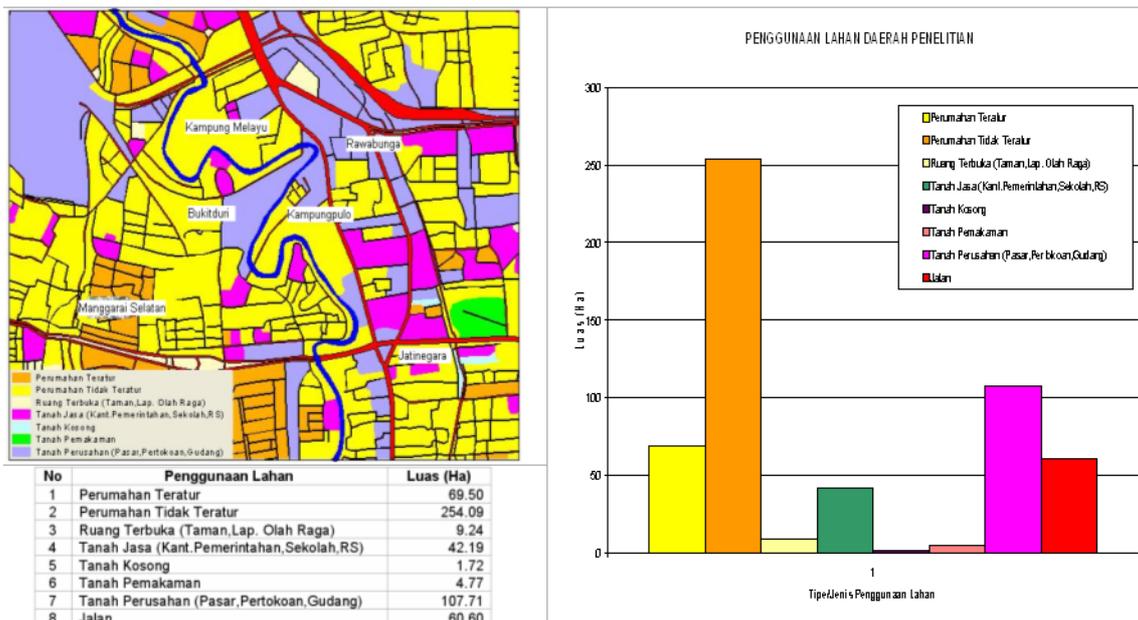
Banjir merupakan salah satu bencana yang disebabkan oleh fenomena alam, kejadian banjir tentunya memberikan dampak terhadap roda perekonomian masyarakat. Selain itu, banjir yang melanda juga menyebabkan beberapa kerugian harta benda, kerusakan lingkungan, dan gangguan aktivitas kesehatan masyarakat. Beberapa faktor penyebab terjadinya banjir adalah sebagai berikut: a) kondisi klimatologi; b) perubahan tutupan lahan dan pertumbuhan populasi; c) penurunan muka tanah (*land subsidence*) (Smith et.al, 1998).

Kondisi banjir yang melanda Jakarta dapat dibedakan menjadi tiga karakteristik, yaitu: a) banjir rob yang disebabkan oleh adanya fenomena kenaikan atau pasang air laut, b) banjir yang disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan, dan c) banjir yang disebabkan oleh adanya luapan sungai sebagai dampak kiriman air dari daerah hulu, dalam hal ini wilayah Bogor.

Dalam penelitian ini, beberapa batasan model dibuat karena kompleksnya sistem alam yang ada. Beberapa batasan tersebut di antaranya adalah: (1) model ini dibuat berdasarkan karakteristik kejadian banjir di daerah penelitian yang disebabkan oleh luapan

sungai sebagai dampak kiriman air dari daerah hulu, (2) model ini dibuat dengan tidak memperhitungkan besarnya intensitas curah hujan yang terjadi di daerah penelitian, sehingga model yang dihasilkan adalah dampak model genangan banjir yang sifatnya statis bukan model dinamis, dan (3) beberapa faktor lain seperti: durasi banjir dan debit aliran, yang terjadi tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.

Penyusunan basis data spasial dalam penelitian ini berupa data vektor penggunaan lahan yang diinterpretasi berdasarkan data Quickbird. Kelas interpretasi penggunaan lahan di daerah penelitian menggunakan acuan informasi tata-guna tanah yang dibuat oleh Dinas Lingkungan dan Tata Kota Provinsi DKI Jakarta tahun 2004. Penggunaan lahan di daerah penelitian meliputi: perumahan teratur, perumahan tidak teratur, ruang terbuka (taman dan lapangan olah raga), tanah jasa (kantor pemerintahan, sekolah, rumah sakit), tanah kosong, tanah pemakaman, tanah perusahaan (pasar, pertokoan, gudang) dan jalan. Hasil interpretasi penggunaan lahan (Gambar 3-1) berdasarkan informasi luasan didominasi oleh perumahan tidak teratur (254,09 ha) dengan lahan minimal berupa tanah kosong (1,73 ha).



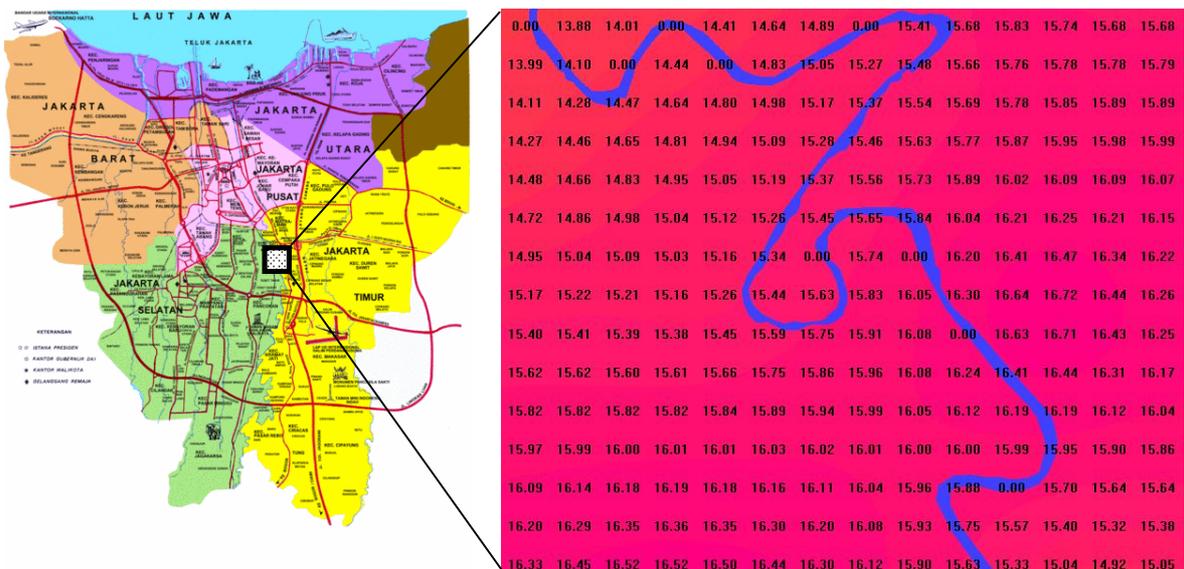
Gambar 3-1: Penggunaan lahan di daerah penelitian

Data DEM di daerah penelitian dibuat berdasarkan informasi titik tinggi dari Peta RBI. Pembuatan data tersebut dilakukan dengan menggunakan metode interpolasi titik ketinggian. Metode *moving average inverse distance* dipilih dalam penelitian ini untuk menggambarkan kondisi DEM, karena telah diketahui bahwa variasi nilai ketinggian di daerah penelitian sangat kecil dan merupakan daerah yang datar hingga landai dengan kisaran ketinggian 12-17 meter di atas permukaan air laut. Hasil interpolasi titik ketinggian atau DEM disajikan dalam Gambar 3-2.

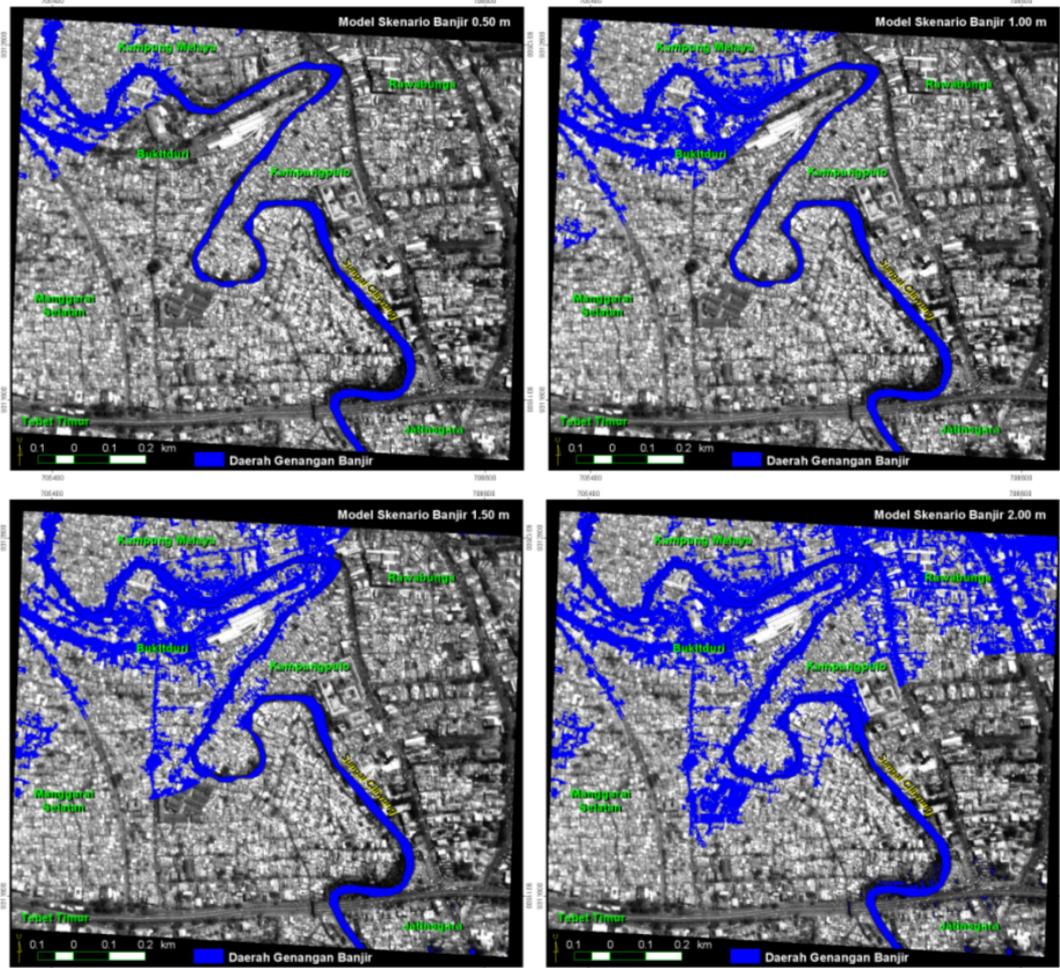
Pemodelan banjir dibuat dengan menggunakan aplikasi raster *neighbourhood operation* berupa model iterasi. Proses iterasi dalam penelitian ini merupakan perhitungan matematika secara berulang-ulang dengan berdasarkan nilai piksel. Hasil perhitungan dalam satu piksel tersebut digunakan sebagai masukan dalam perhitungan piksel raster berikutnya secara terus menerus hingga persyaratan hasil terpenuhi. Gambar 3-3 merupakan hasil skenario luapan banjir dengan ketinggian air 0,5 – 2,0 meter.

Berdasarkan hasil perhitungan model iterasi terhadap DEM, sebaran luapan banjir di daerah penelitian dapat diketahui. Secara umum dapat dilihat bahwa pada ketinggian air 1,5 - 2,0 meter wilayah Bukitduri, Kampung Melayu, dan Rawabunga terkena dampak luapan yang tersebar hampir merata di wilayah tersebut.

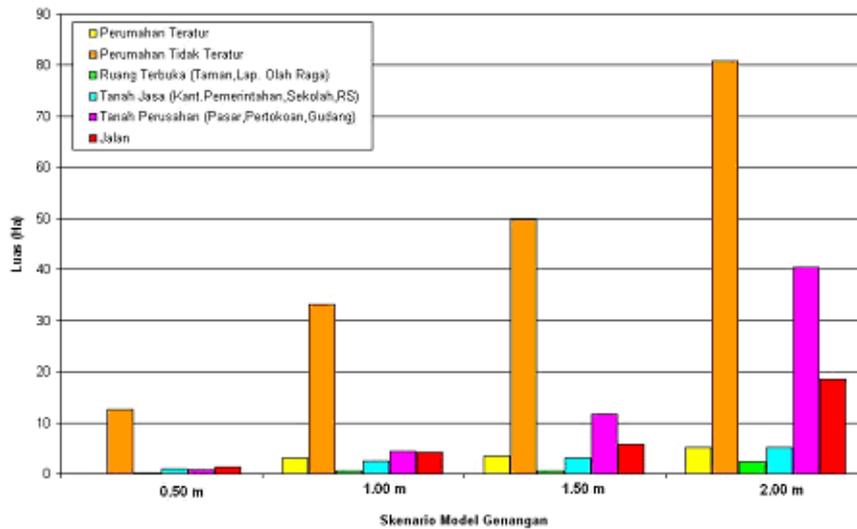
Skenario luapan banjir memiliki dampak terhadap penggunaan lahan yang ada di daerah penelitian. Dengan menggunakan fungsi *map calculation* dampak luapan banjir terhadap penggunaan lahan dapat diketahui (Gambar 3-4). Secara umum tampak pada skenario 0,50 m hingga 2,00 m luapan banjir berdampak pada jenis perumahan tidak teratur dan beberapa perumahan teratur mengingat sebagian besar penggunaan lahan didominasi oleh kedua jenis penggunaan lahan ini. Hasil ketepatan model luapan banjir dalam penelitian ini belum dilakukan, untuk memvalidasi model tersebut dapat dilakukan cek lapangan atau membandingkannya dengan peta referensi hasil survey yang sudah tervalidasi secara tepat.



Gambar 3-2: Distribusi titik tinggi (*point map*) hasil interpolasi *moving average*



Gambar 3-3: Hasil model iterasi luapan banjir pada skenario 0,50 m – 2,00 m



No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha) pada skenario genangan			
		0.50 m	1.00 m	1.50 m	2.00 m
1	Perumahan Teratur	0	3.07	3.39	5.10
2	Perumahan Tidak Teratur	12.59	33.09	49.83	80.82
3	Ruang Terbuka (Taman, Lap. Olah Raga)	0.14	0.53	0.53	2.22
4	Tanah Jasa (Kant. Pemerintahan, Sekolah, RS)	0.93	2.42	2.97	5.09
5	Tanah Perumahan (Pasar, Pertokoan, Gudang)	0.77	4.47	11.69	40.39
6	Jalan	1.38	4.26	5.66	18.53

Gambar 3-4: Dampak luapan banjir terhadap penggunaan lahan di daerah penelitian

4 KESIMPULAN

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

- Penyusunan basis data spasial dalam penelitian ini berupa data vektor penggunaan lahan yang diinterpretasi berdasarkan data Quickbird. Hasil tersebut meliputi: perumahan teratur, perumahan tidak teratur, ruang terbuka (taman dan lapangan olah raga), tanah jasa (kantor pemerintahan, sekolah, rumah sakit), tanah kosong, tanah pemakaman, tanah perusahaan (pasar, pertokoan, gudang) dan jalan. Informasi luasan didominasi oleh perumahan tidak teratur (254,09 ha) dengan lahan minimal berupa tanah kosong (1,73 ha).
- Dengan menggunakan input titik tinggi atau *pint map* dari Peta RBI metode *moving average inverse distance* dipilih dalam penelitian ini untuk menggambarkan kondisi DEM, karena telah diketahui bahwa variasi nilai ketinggian di daerah penelitian sangat kecil dan merupakan daerah yang datar hingga landai dengan kisaran ketinggian 12-17 meter di atas permukaan air laut.
- Model luapan banjir dibuat dengan proses iterasi, dalam hal ini hasil perhitungan matematika secara berulang-ulang dalam satu piksel tersebut digunakan sebagai masukan dalam perhitungan piksel raster berikutnya secara terus menerus hingga persyaratan hasil terpenuhi
- Secara umum tampak pada skenario 1,5 - 2,0 m luapan banjir berdampak pada jenis perumahan tidak teratur dan beberapa perumahan teratur mengingat sebagian besar penggunaan lahan didominasi oleh kedua jenis penggunaan lahan ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aronoff, S., 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publications, Ottawa.
- ASCE, ACSM, dan ASPRS, 1994. *Glossary of the Mapping Sciences*, American Society of Civil Engineers (ASCE), American Congress on Surveying and Mapping (ACSM), and American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS).
- Bonham-Carter, Graeme F., 1994. *Geographic Information Systems for Geoscientists, Modelling with GIS*, Pergamon.
- Choundhury, Nusha Yamina., 1998. *Impact Study and Economic Assessment of Flood Control Measures and Flood Risk Modelling Using Integrated GIS and Remote Sensing Technique*, A Case Study of Eastern Part on DMA and DND Polder, Bangladesh, *Thesis M.Sc*, Enschede, The Netherlands.
- De by, Rolf A., (ed), 2001. *Principles of Geographic Information Systems*, ITC Educational Textbook Series, ITC, Enschede, The Netherlands.
- Hannon, B., dan Ruth, M., 1994. *Dynamic Modelling*, Springer-Verlag, New York, USA.
- <http://202.137.4.125/indeks/News/2008/11/10/Utama/ut01.htm>.
- <http://www.jakarta.go.id>.
- <http://www.sainsteknologi.blogspot.com>.
- <http://www.sinarharapan.co.id/berita>.
- <http://www.wikimapia.org/7327749/id/Instalasi-Pompa-Banjir-Warga-Pluit>.
- <http://www.beritajakarta.com-22-11-200819:31>.
- <http://www.detik.com>.
- Ilwis user's guide*, 2001. *Ilwis 3.0 Academic user/s guide*, ITC, The Netherlands.
- Kodoatie, R.J., 2001. *Beberapa Penyebab dan Metode Pengendalian Banjir dalam Prespektif Lingkungan*, Pustaka Pelajar, Celeban Timur, Yogyakarta.

- Mastin, Mark C dan Olsen, Theresa D, 2002. *Fifty-Year Storm-tide Flood-Inundation Maps for Santa de Aqua, Honduras*, US Geological Survey, Tacoma, Washington, USA.
- Michaud, Renee., dan Pilon, Paul J., Hydrological Hazards, dalam Melching, Charles S., dan Pilon, Paul J., *Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards*, World Meteorological Organization WMO/TD no. 955.
- 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, dan Andri Kurniawan, 2003. *Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Pasang Air Laut, (Aplikasi Neighbourhood Operation dan Digital Elevation Model Dalam Raster GIS)*, Lembaga Penelitian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Pinem, Ferrari, 2002. *Penggunaan Foto Udara untuk Identifikasi Tingkat Kerawanan Genangan Banjir Kali Garang Semarang Jawa Tengah*, Skripsi S1, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Prahasta, E., 2001. *Konsep-konsep Dasar dalam Sistem Informasi Geografis*, Institut Teknologi Bandung.
- Smith, K dan Ward R, 1998. *Floods: Physical Processes and Human Impacts*, John Wiley and Sons, Chichester, USA.
- Yasin Yusuf, 1999. *Studi Kerentanan dan Bahaya Banjir sebagian Wilayah Kotamadya Semarang Provinsi Jawa Tengah*, sebuah pendekatan geomorfologi praktis, Skripsi S1 Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta.
- Zerger, A.2002. *Examining GIS Decision Utility for Natural Hazard Risk Modelling*, Journal Environmental modelling and software, 17 (2002), 287-294 Elsevier.