

PEMANFAATAN DATA LANDSAT MULTITEMPORAL UNTUK ZONASI DAERAH RAWAN BANJIR DI JAKARTA MENGGUNAKAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI

Suwarsono, M. Priyatna, Kusumaning Ayu DS,
Wikanti Asriningrum

Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN
E-mail: suwarsono@lapan.go.id; landsono@yahoo.com

ABSTRAK

Banjir merupakan fenomena “rutin” yang terjadi di Jakarta pada musim hujan dan menjadi permasalahan sangat serius yang mengganggu jalannya aktivitas penduduk. Banjir di Jakarta merupakan permasalahan yang cukup pelik dan memerlukan upaya yang komprehensif dalam pengelolaannya dengan melibatkan berbagai aspek. Zonasi daerah rawan banjir perlu dilakukan guna memberikan informasi wilayah-wilayah mana yang berpotensi terkena banjir. Informasi ini sangat diperlukan sebagai salah satu masukan dalam pengelolaan banjir Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan zonasi daerah rawan banjir di Jakarta menggunakan data citra penginderaan jauh multitemporal dengan pendekatan geomorfologi. Dalam kajian ini dipergunakan seri data Landsat multitemporal tahun 1970-an, 1980-an,

1990-an, 2000-an, dan 2010-an. Hasil kajian menunjukkan bahwa daerah-daerah yang sering terlanda banjir pada saat ini merupakan daerah-daerah yang pada masa sebelumnya merupakan daerah yang secara geomorfologi sering tergenang air, seperti dataran banjir, rawa belakang, dataran aluvial pantai, maupun daerah antar beting gisik.

Kata Kunci: banjir, geomorfologi, Jakarta, Landsat,

ABSTRACT

Floods is a “routine” phenomenon that occurs in Jakarta in the rainy season and become very serious problems that disrupt the course of people’s activities. Floods in Jakarta is a problem that is quite complicated and requires a comprehensive approach in its management by involving various aspects. The zonation of flood prone areas need to be done in order to provide information which areas are potentially affected by the floods. This information is needed as one of the main input in the management of Jakarta’s flood. This study aims to do zonation of the flood prone areas in Jakarta using multitemporal remote sensing image data with geomorphological approach. In this study used multitemporal Landsat data series in the 1970s, 1980s, 1990s, 2000s, and 2010s. The results showed that the areas that are often flooded at this time are areas that in the past are geomorphologically often flooded, such as flood plains, backswamps, coastal alluvial plain, and swales .

Keywords: floods, geomorphology, Jakarta, Landsat

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena “rutin” yang terjadi di Jakarta pada musim hujan dan menjadi permasalahan sangat serius yang mengganggu jalannya aktivitas penduduk. Pada dua dasawarsa terakhir ini, puncak banjir di Jakarta terjadi pada sekitar bulan Januari-Maret. Banjir di Jakarta merupakan permasalahan yang cukup pelik dan memerlukan upaya yang terpadu dan komprehensif dalam pengelolaannya dengan melibatkan berbagai aspek.

Pengelolaan banjir terpadu adalah proses keterpaduan pengelolaan banjir melalui pendekatan pengelolaan tanah dan sumberdaya air, daerah pantai pesisir, dan pengelolaan daerah bencana pada suatu DAS dengan tujuan memaksimalkan keuntungan daerah bantaran banjir dan meminimumkan kehilangan nyawa dan kerusakan harta benda dari banjir (Green *et al.*, 2004). Menurut Richard (1955), banjir dapat diartikan ke dalam dua pengertian, yaitu 1) meluapnya air sungai yang disebabkan oleh debit sungai yang melebihi daya tampung sungai pada keadaan curah hujan tinggi, dan 2) genangan pada daerah dataran rendah yang datar yang biasanya tidak tergenang (Richard, 1955). Banjir merupakan suatu kondisi di suatu wilayah di mana terjadi peningkatan jumlah air yang tidak tertampung pada saluran-saluran air atau tempat-tempat penampungan air sehingga meluap dan menggenangi daerah di luar saluran, lembah sungai, ataupun penampungan air tersebut (Sudaryoko, 1987). Faktor penyebab banjir dibedakan menjadi persoalan banjir yang ditimbulkan oleh kondisi dan peristiwa alam serta persoalan banjir yang disebabkan oleh aktivitas penduduk (Sutopo, 1999). Pengelolaan banjir secara terpadu memerlukan informasi daerah rawan banjir yang mampu memberikan gambaran wilayah-wilayah mana saja yang berpotensi terkena banjir. Dalam memetakan wilayah rawan banjir tersebut, data penginderaan jauh memainkan peranan penting. Penelitian ini ditujukan untuk melakukan zonasi daerah rawan banjir di Jakarta menggunakan data citra penginderaan jauh. Pendekatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan geomorfologi. Dalam pendekatan ini, daerah rawan banjir diketahui berdasarkan tipe dan karakteristik dari bentuk lahan penyusunnya. Penelitian sebelumnya terkait pemanfaatan data Landsat untuk identifikasi bentuk lahan di Jakarta dan sekitarnya oleh peneliti LAPAN pernah dilakukan oleh Asriningrum (2002). Kebaruan dari penelitian ini adalah penggunaan data penginderaan jauh multitemporal dengan rentang sekitar 40 tahun dalam memahami daerah-daerah mana saja yang berpotensi banjir.

2. METODOLOGI

Data

Data citra yang dipergunakan adalah Landsat multitemporal tahun 1970-an, 1980-an, 1990-an, 2000-an, dan 2010-an. Seri data Landsat yang dipergunakan tersebut meliputi Landsat-1 MSS, Landsat-2 MSS, Landsat-3 MSS, Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, dan Landsat-8 OLI. Tabel 1 berikut menyajikan seri data citra Landsat yang dipergunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Seri data Landsat yang dipergunakan

Seri Data Landsat	Tanggal Akuisisi
Landsat-1 MSS	21 Agustus 1973
Landsat-2 MSS	29 Juni 1978
Landsat-3 MSS	13 Agustus 1978
Landsat-3 MSS	28 Agustus 1982
Landsat-5 TM	25 Juli 1996
Landsat-5 TM	14 September 1997
Landsat-5 TM	19 Juni 2006
Landsat-5 TM	7 September 2006
Landsat-7 ETM+	17 September 2001
Landsat-8 OLI	13 September 2014

Landsat-1, 2, dan 3 disamping membawa sensor RBV juga membawa sensor *Multispectral Scanner* (MSS) yang merekam panjang gelombang visibel (merah dan hijau) dan inframerah dekat. Landsat-1 diluncurkan pada 23 Juli 1972. Disusul kemudian oleh Landsat-2 yang diluncurkan pada 22 Januari 1975. Landsat-3 sendiri diluncurkan pada 5 Maret 1978. Sensor MSS terdiri dari empat band, masing-masing band 4 (hijau: 0.5–0.6 μm), band 5 (merah: 0.6–0.7 μm), band 6 (inframerah dekat: 0.7–0.8 μm), dan band 7 (hijau: 0.8–1.6 μm). Pada Landsat-3 disertakan juga band 8 (*thermal*: 10.4–12.6 μm). Resolusi spasial data MSS adalah 60 meter. Landsat-5 diluncurkan pada 1 Maret 1984. Landsat-5 membawa sensor *Thematic Mapper* (TM),

disamping sensor MSS. Sensor TM membawa 7 band, masing-masing band 1 biru (0.45–0.52 μm) 30 m, band 2 hijau (0.52–0.60 μm) 30 m, band 3 merah (0.63–0.69 μm) 30 m, band 4 *Near-Infrared* (0.76–0.90 μm) 30 m, band 5 *Near-Infrared* (1.55–1.75 μm) 30 m, band 6 *Thermal* (10.40–12.50 μm) 120 m, dan band 7 *Mid-Infrared* (2.08–2.35 μm) 30 m. Landsat-7 ETM+ membawa sensor ETM+ diluncurkan pada 15 April 1999 masing-masing band 1 biru (0.45–0.52 μm) 30 m, band 2 hijau (0.52–0.60 μm) 30 m, band 3 merah (0.63–0.69 μm) 30 m, band 4 *Near-Infrared* (0.77–0.90 μm) 30 m, band 5 *Near-Infrared* (1.55–1.75 μm) 30 m, band 6 *Thermal* (10.40–12.50 μm) 60 m *Low Gain/High Gain*, band 7 *Mid-Infrared* (2.08–2.35 μm) 30 m, dan band 8 *Panchromatic* (PAN) (0.52–0.90 μm) 15 m. Landsat-8 sebagai generasi terkini seri Landsat membawa sensor OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). Sensor OLI terdiri dari 9 band, yaitu: band 1 biru (0.43–0.45 μm) 30 m, band 2 biru (0.450–0.51 μm) 30 m, band 3 hijau (0.53–0.59 μm) 30 m, band 4 *Near-Infrared* (0.64–0.67 μm) 30 m, band 5 *Near-Infrared* (0.85–0.88 μm) 30 m, band 6 SWIR 1 (1.57–1.65 μm) 30 m, band 7 SWIR 2 (2.11–2.29 μm) 30 m, band 8 *Panchromatic* (PAN) (0.50–0.68 μm) 15 m, dan band 9/*Cirrus* band (1.36–1.38 μm) 30 m. Sensor TIRS terdiri dari 2 band *thermal*, yaitu band 10 TIRS 1 (10.6–11.19 μm) 100 m, dan band 11 TIRS 2 (11.5–12.51 μm) 100 m.

Sebagai pendukung dipergunakan data DEM SRTM resolusi 30 meter dan Peta Batas Administrasi dari BIG tahun 2008. Data DEM SRTM dipergunakan untuk memperkuat kesan topografi, sedangkan data Peta Batas Administrasi dari BIG tahun 2008 dipergunakan sebagai peta acuan.

Metode Pengolahan dan Interpretasi Citra

Pengolahan citra meliputi fusi kanal, pembuatan citra komposit warna, dan penajaman citra. Untuk data Landsat MSS dibuat komposit RGB 765 dan 754. Landsat TM dan ETM+ dibuat komposit RGB 543 dan 453, untuk Landsat OLI dibuat komposit 654 dan 564. Penajaman citra dilakukan

dengan teknik perentangan kontras secara linier (*linear contrast stretching*) dengan nilai default 1%.

Interpretasi geomorfologi dilakukan secara visual dengan mempergunakan mulai dari data citra Landsat-1 yang kemudian dikomparasikan dengan data seri Landsat dengan tanggal lebih baru. Interpretasi visual dilakukan berdasarkan kunci-kunci interpretasi, terutama warna, bentuk, pola, ukuran, letak, dan asosiasi.

Interpretasi *land cover* dilakukan khusus untuk wilayah lahan terbangun pada kondisi terkini. Untuk pemisahan lahan terbangun dari jenis penutup lahan lainnya dipergunakan parameter NDBI (*Normalized Difference Build-up Index*) dari data Landsat-8. Untuk membuat citra NDBI dari data Landsat-8 dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (modifikasi dari Zha *et al.* 2003):

$$NDBI = \frac{b6 - b5}{b6 + b5} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana b6 dan b5 berturut-turut adalah digital number kanal 6 dan kanal 5 Landsat-8 OLI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seri data Landsat mampu memperlihatkan dinamika permukaan lahan di Jakarta dari tahun 1973 hingga 2014 (Gambar 1). Dari aspek penutup lahan, tampak peningkatan luas wilayah lahan terbangun, terutama permukiman. Sedangkan dari aspek bentuk lahan, terlihat perubahan bentuk lahan di wilayah pesisir (bentuk lahan marin).

Hasil interpretasi dari citra, secara umum tipe-tipe bentuk lahan di daerah Jakarta, dari pantai ke arah daratan meliputi:

- Dataran aluvial pantai (*Fluvio-marin plain*),
- Beting gisik (*Beach ridge*)
- Daerah antar beting gisik (*Swale*),

Pemanfaatan Data Landsat Multitemporal untuk
Zonasi Daerah Rawan Banjir di Jakarta Menggunakan Pendekatan Geomorfologi

- Rawa belakang (*Backswamp*),
- Dataran banjir (*Floodplain*),
- Dataran aluvial (*Alluvial plain*),
- Kipas aluvial (*Alluvial fan*),
- Saluran sungai (*River course*).

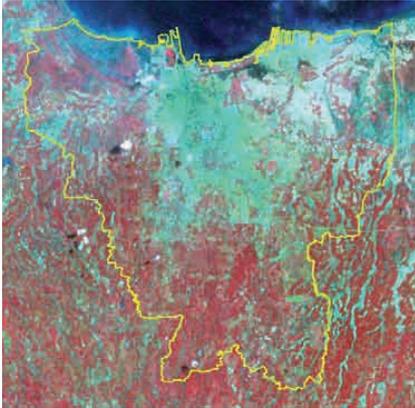
Proses geomorfologi yang dominan mempengaruhi daerah Jakarta adalah proses fluvial dan proses marin. Proses marin dominan berpengaruh di wilayah utara (pesisir), sedangkan proses fluvial dominan berpengaruh di wilayah tengah dan selatan.

Pada citra Landsat-1 MSS RGB 754, dataran aluvial pantai berwarna abu-abu gelap (menunjukkan adanya kandungan air) dan berdekatan atau berbatasan dengan laut. Relief datar dan luas. Bentuk lahan ini rentan tergenang air dan termasuk zona rawan banjir kategori tinggi (Gambar 2). Berasosiasi dengan dataran banjir, di wilayah pesisir Jakarta pada tahun 1973 masih dijumpai adanya kompleks bentuk lahan beting gisik (*beach ridge*) dan daerah antar beting gisik (*swale*). Beting gisik berbentuk punggung (berbentuk cembung) memanjang, berwarna kemerahan-terang (mengindikasikan vegetasi dan drainase yang baik). Sedangkan *swale* berbentuk cekungan-dangkal memanjang dan berwarna abu-abu gelap (indikasi air atau drainase yang buruk), terletak di antara (diapit) *beach ridge*. Secara geomorfologi, *swale* rentang tergenang air dan termasuk zona rawan banjir kategori tinggi, sedangkan beting gisik jarang/tidak pernah tergenang air dan termasuk zona tidak rawan banjir (Gambar 3).

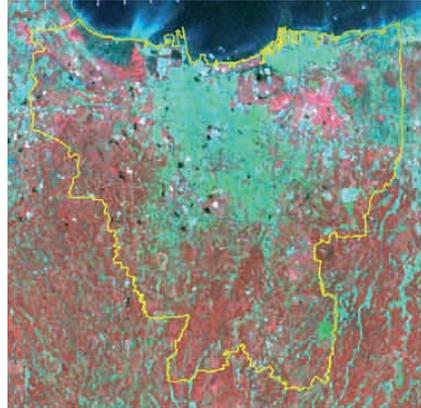
Tipe bentuk lahan lainnya di Jakarta yang rentang tergenang air dan termasuk zona rawan banjir kategori tinggi adalah dataran banjir (*flood plain*) dan rawa belakang (*backswamp*). Dataran aluvial (*alluvial plain*) yang sebarannya di Jakarta cukup luas masuk kategori sedang. Sedangkan kipas alluvial (*alluvial fan*) jarang/tidak pernah tergenang air dan termasuk zona tidak rawan banjir. Bentuk lahan yang cukup unik di Jakarta adalah wilayah sempadan sungai (*river course*) yang pada tahun 1973 banyak dimanfaatkan

Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir

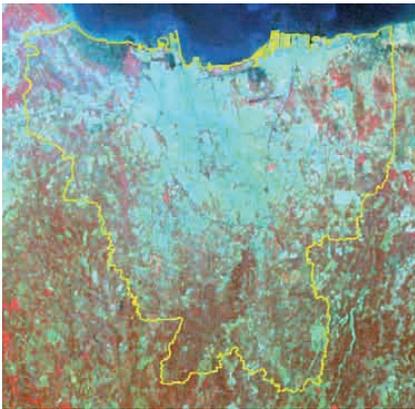
untuk lahan sawah, di tahun 2014 sudah banyak berubah menjadi lahan permukiman. Bentuk 10 lahan tersebut pada periode banyak air (musim hujan) akan banyak yang tergenang air (rawan banjir), namun pada musim kemarau, air cenderung berkurang dan menyusut.



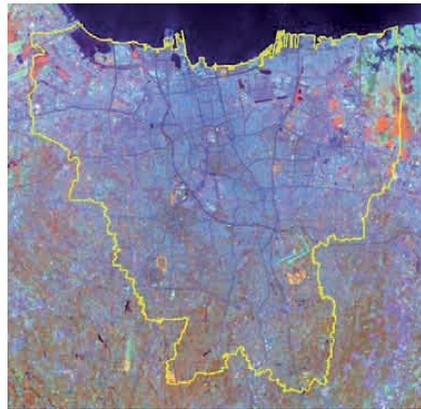
Landsat-1 MSS / 21 Agustus 1973



Landsat-2 MSS / 26 Juni 1978

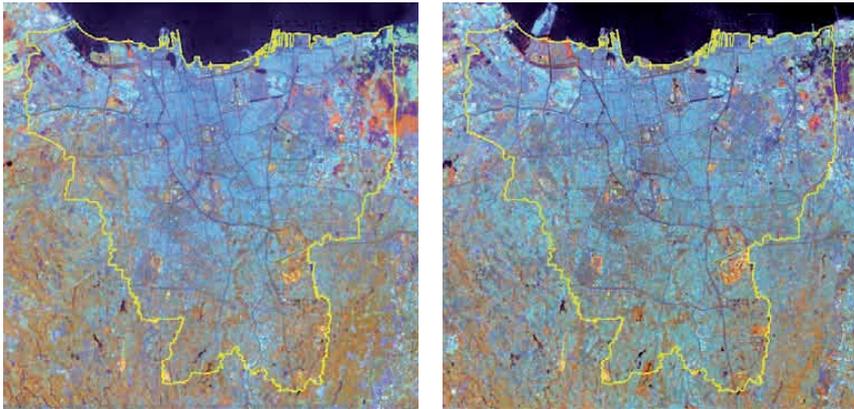


Landsat-3 MSS / 28 Agustus 1982



Landsat-5 TM / 14 September 1997

Pemanfaatan Data Landsat Multitemporal untuk
Zonasi Daerah Rawan Banjir di Jakarta Menggunakan Pendekatan Geomorfologi



Landsat-7 ETM+ / 14 September 2001

Landsat-8 OLI / 13 September 2014

Gambar 1. Dinamika permukaan lahan di Jakarta dari 1973 hingga 2014 dari seri data Landsat

Tabel 2. Bentuk lahan penyusun daerah Jakarta dan pengenalannya dari citra Landsat-1 MSS

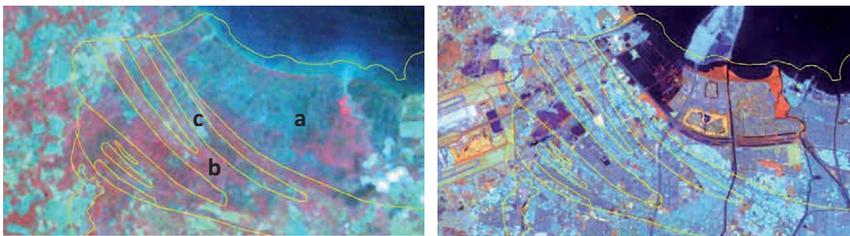
BENTUKLAHAN	KUNCI INTERPRETASI	ZONA BANJIR
<i>Fluvio-marine plain</i>	Warna gelap, dekat/berbatasan dengan laut	Tinggi
<i>Beach ridge</i>	Warna merah, bentuk memanjang searah garis pantai.	Rendah
<i>Swale</i>	Warna gelap, bentuk memanjang searah garis pantai, berasosiasi dengan <i>beach ridge</i>	Tinggi
<i>Backswamp</i>	Warna gelap, bentuk membulat, berasosiasi dengan <i>beach ridge</i>	Tinggi
<i>Floodplain</i>	Warna gelap, bentuk membulat panjang, dekat sungai, berasosiasi dengan sungai	Tinggi
<i>Alluvial plain</i>	Warna merah-terang, bentuk membulat panjang, berasosiasi, relief datar	Sedang

**Bunga Rampai Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh
untuk Mitigasi Bencana Banjir**

Tabel 2. Bentuklahan penyusun daerah Jakarta dan pengenalannya dari citra Landsat-1 MSS (lanjutan)

BENTUKLAHAN	KUNCI INTERPRETASI	ZONA BANJIR
Alluvial <i>fan</i>	Warna merah-terang, bentuk membulat panjang, seperti kipas.	Rendah
<i>River course</i>	Warna abu-abu gelap, pola sungai	Tinggi

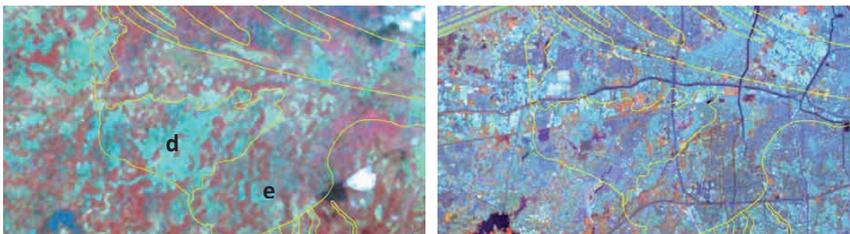
Keterangan: Warna pada citra Landsat-1 MSS RGB 754



Tahun 1973

Tahun 2014

Gambar 2. Bentuk lahan dataran aluvial pantai (a), beting gisik (b), dan daerah antara beting gisik (c)

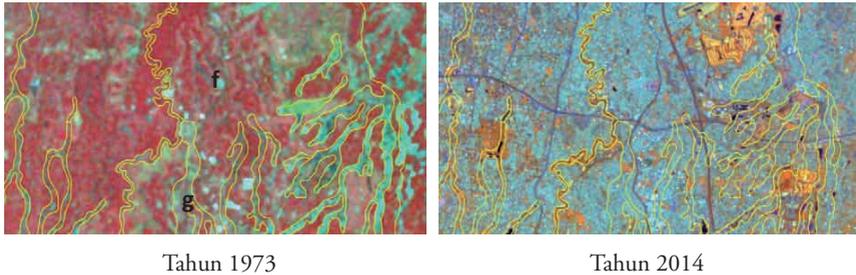


Tahun 1973

Tahun 2014

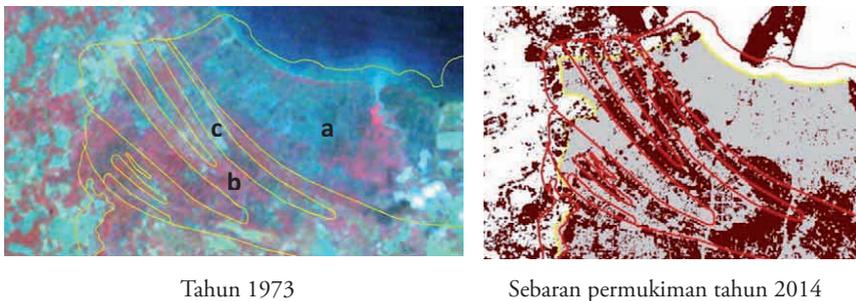
Gambar 3. Bentuklahan rawa belakang (d) dan dataran aluvial (e)

Pemanfaatan Data Landsat Multitemporal untuk
Zonasi Daerah Rawan Banjir di Jakarta Menggunakan Pendekatan Geomorfologi



Gambar 4. Bentuk lahan kipas aluvial (f) dan saluran sungai (g)

Berdasarkan seri data Landsat dari tahun 1973 hingga 2014, tampak konversi lahan secara besar-besaran menjadi lahan terbangun. Lahan terbangun di tahun 2014 ini banyak yang menempati daerah yang sebelumnya merupakan bentuk lahan yang masuk zona rawan banjir dataran alluvial pantai, daerah antara beting gisik, dataran banjir, rawa belakang, daerah sempadan sungai (Gambar 5).



Gambar 5. Sebaran permukiman (coklat kemerahan) dikompilasi dengan data daerah rawan banjir dataran aluvial pantai (a), beting gisik (b), dan daerah antara beting gisik (c).

4. KESIMPULAN

Data Landsat multitemporal dapat dipergunakan untuk menyusun zonasi daerah rawan banjir di Jakarta. Data Landsat MSS mampu memperlihatkan kondisi geomorfologi daerah Jakarta yang memberikan gambaran daerah-

daerah mana saja yang pada “masa lalu” rawan terkena banjir. Penelitian ini telah memberikan pemahaman bahwa daerah-daerah yang sering terlanda banjir pada saat ini merupakan daerah-daerah yang pada masa sebelumnya merupakan daerah yang secara geomorfologi sering tergenang air, seperti dataran banjir, rawa belakang, dataran aluvial pantai, maupun daerah antar beting gisik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh-LAPAN.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., H. Andreas, I. Gumilar, M. Gamal, Y. Fukuda, and T. Deguchi. 2009. Land Subsidence and Urban Development in Jakarta (Indonesia). TS 6F – Mapping, Aerial Survey and Remote Sensing I.
- Asriningrum, W., 2002. Studi Kemampuan Landsat ETM+ untuk Identifikasi Bentuk lahan (*Landforms*) di daerah Jakarta-Bogor [Tesis]. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Asriningrum, W., A.S. Hapip, H. Gunawan, I. Prasasti, A. Hidayat, Sumardjo. 1998. Analisis daerah rentan banjir Jakarta dan sekitarnya berdasarkan klasifikasi bentuk lahan dan penutup/penggunaan lahan dari citra Jers-1. *Majalah LAPAN*. No. 85. Th XXII April 1998.
- Horritt, M.S., D.C. Mason, A.J. Luckman. 2001. Flood boundary delineation from synthetic aperture radar imagery using a statistical active contour model. *International Journal of Remote Sensing* 22 (13): 2489–2507. [Diakses tanggal 20 Mei 2014].
- Mathew, J., Jha, VK, dan Rawat, GS. 2007. Weights of Evidence Modelling for Landslide Hazard Zonation Mapping in Part of Bhagirathi Valley, Uttarakhand. Research Articles. *Current Science*, 628. 92(5). March 2007

Pemanfaatan Data Landsat Multitemporal untuk
Zonasi Daerah Rawan Banjir di Jakarta Menggunakan Pendekatan Geomorfologi

- Richard, B.D. 1955. *Flood Estimation and Control, Ed-3*. London: Chapman & Hall Ltd
- Ritter, F. D. 1979. *Process Geomorphology*. Southern Illinois University at Carbondale. Iowa: Brown Co. Publishers Duque.
- Sudaryoko, Y. 1987. *Pedoman Penanggulangan Banjir*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Thornbury, W.D. 1954. *Principles of Geomorphology*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- USGS, http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php, diakses pada 2013-06-01 jam 03:48 pm
- Xu, H., Huang, S., Zhang, T. 2013. Built-up land mapping capabilities of the ASTER and Landsat ETM+ sensors in coastal areas of southeastern China. *Advances in Space Research*, 52:1437–1449.
- Zha, Y., Gao, J., Ni, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3): 583–594.
- Zuidam, R.A van. 1985. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Netherlands: ITC Enschede.