

Pemetaan Potensi Genangan Di Das Ciujung Banten Dengan Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis

Benny Septiady
benny_septiady@yahoo.com

Sudaryatno
sudaryatno@ugm.ac.id

Abstract

Landsat 8 digital data can be used for flood inundation assesment with surface soil moisture approach. This assessment to test the level of accuracy between flood vulnerability zonation with surface soil moisture approach with vulnerability zonation using landform approach combined with field data as reference. The methods used in this research are (1) flood vulnerability zonation reference, (2) digital analisys on Landsat 8 OLI data for flood vulnerability zonation with surface soil moisture approach and (3) accuracy test by polygon matching. So that the corresponding area classes of vulnerability are obtained. A very strong positive relationship between surface soil moisture to the pixel value of soil moisture index transformed image by means of correlation coefficient 0,9243. Flood vulnerability divided into 4 classes, these are not susceptible, less susceptible, susceptible enough, susceptible, and very susceptible. Calculation of flood vulnerability zoning accuracy applied for natural breaks classification method resulted by 62,20% accuracy.

Keyword: Landsat 8 OLI, Flood Vulnerability, Surface Soil Moisture.

Abstrak

Data digital Landsat 8 dapat digunakan untuk studi genangan banjir dengan pendekatan kelembaban tanah permukaan. Pengkajian ini untuk menguji tingkat akurasi antara zonasi kerentanan banjir dengan pendekatan kelembaban tanah permukaan dengan zonasi kerentanan menggunakan pendekatan bentuklahan dipadu dengan data lapangan sebagai acuan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) zonasi kerentanan banjir acuan, (2) analisis digital pada data Landsat 8 untuk zonasi kerentanan banjir dengan pendekatan kelembaban tanah permukaan dan (3) uji akurasi dengan cara *polygon matching*. Sehingga diperoleh luasan kelas-kelas kerentanan yang saling bersesuaian. Hubungan positif dan kuat antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai piksel citra hasil transformasi indeks kelengasan tanah, yaitu dengan koefisien korelasi sebesar 0,9243. Tingkat genangan banjir daerah penelitian dibagi menjadi 4 kelas, yaitu tidak rentan, agak rentan, rentan dan sangat rentan. Hasil perhitungan akurasi zonasi kerentanan banjir dengan metode klasifikasi *natural breaks* sebesar 62,20%.

Kata Kunci: Landsat 8 OLI, Kerentanan Banjir, Kelembaban Tanah Permukaan.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan bencana alam yang paling sering terjadi di Dunia. Hal ini juga terjadi di Indonesia, dimana banjir sudah menjadi ancaman bencana rutin yang kerap terjadi di musim penghujan. Banjir sebagai fenomena alam terjadi ketika menggenangi daratan serta berpotensi merusak kondisi fisik daratan. Banjir juga didefinisikan sebagai suatu ancaman bahaya ketika menyebabkan kerusakan, kerugian sosial dan ekonomi pada lingkungan terdampak banjir, hingga kehilangan nyawa.

Banjir yang biasanya terjadi pada daerah dataran rendah sekitar sungai dan dataran rendah merupakan ancaman yang sangat serius. Banyak usaha yang telah dilakukan untuk mencegah terjadinya banjir sehingga mengurangi kerugian akibat banjir yang berupa benda bahkan manusia. Namun masalah banjir belum dapat tertangani secara maksimal terutama di daerah dataran banjir yang potensi lahannya tinggi, terutama untuk sektor pertanian. Hal ini disebabkan oleh upaya penanggulangan cenderung bersifat setempat, serta kurang memperhatikan konteks keruangan dari fenomena banjir yang ada. Survei kerentanan banjir pada daerah dataran rendah dapat memanfaatkan teknik penginderaan jauh. Penggunaan metode penginderaan jauh merupakan salah satu alternatif pengumpulan data yang berkaitan dengan fenomena banjir, terutama aspek distribusi keruangannya. Metode ini memiliki kelebihan dibanding dengan survei terestris, yaitu dalam kecepatan pengumpulan data dan luas liputan daerah kajian, serta lebih menghemat waktu, biaya dan tenaga.

Saat ini salah satu teknologi penginderaan jauh yang terbaru yaitu satelit Landsat 8 memiliki beberapa kelebihan yaitu: (1) Penambahan sensor *Onboard Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*; dan (2) Penambahan jumlah band. Dengan adanya kelebihan tersebut maka akan memberikan informasi yang lebih baik. Perkembangan teknik pengolahan citra satelit terutama teknik penyadapan informasi saat ini sangat maju, terutama didukung dengan kemajuan teknologi komputer. Kondisi kelembaban tanah permukaan yang bervariasi akan mengakibatkan terjadinya respon spektral

yang spesifik. Ada beberapa transformasi yang dikembangkan dalam pengolahan data digital Landsat untuk menyadap informasi kelembaban tanah. Mendasarkan pada adanya hubungan kausal antara kelembaban tanah dengan kerentanan banjir di atas, maka distribusi daerah rentan banjir dapat didekati dengan penyadapan informasi kelembaban tanah (permukaan) melalui transformasi matematis data digital citra penginderaan jauh yang menonjolkan aspek kelembaban tanah permukaan. Sistem informasi geografis berguna dalam membuat informasi kewilayahan dimana dalam penelitian ini akan diketahui persebaran genangan dan daerah mana saja yang berpotensi tergenang banjir, sehingga mempermudah untuk mendapatkan informasi yang ada. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan Landsat 8 OLI dalam memetakan kerentanan banjir dengan pendekatan kelembaban tanah permukaan. Mengkaji hubungan antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai spektral tanah pada citra hasil transformasi yang diterapkan pada citra Landsat 8 OLI di daerah penelitian serta Memetakan distribusi kerentanan banjir daerah penelitian sebagai acuan uji akurasi zonasi kerentanan banjir.

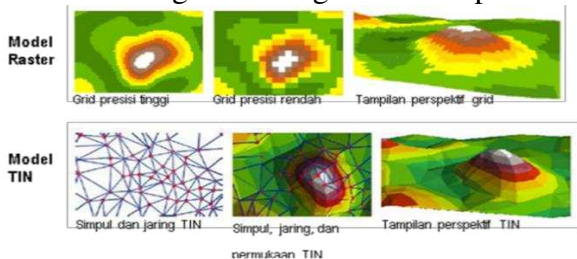
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif melalui sebuah pemodelan. Analisis dilakukan dengan sumber utama berupa citra penginderaan jauh ditambah beberapa data sekunder terkait penelitian baik berupa pengumpulan data primer meliputi observasi. Kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan ini meliputi pemrosesan citra digital Landsat 8 OLI, penyadapan informasi spektral tanah permukaan (pada citra hasil transformasi), penyadapan informasi tematik untuk parameter fisik lahan, penentuan sampel dan kerja lapangan.

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya. Metode koreksi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan teknik *surface reflectance* dan penyesuaian histogram. Setelah dilakukan koreksi radiometrik pada citra Landsat 8 OLI, maka untuk selanjutnya yaitu pelaksanaan proses koreksi geometrik. Koreksi geometrik yang

digunakan adalah *image-to-map rectification*, yaitu koreksi dengan cara mengkaitkan antara koordinat piksel titik kontrol medan (baris dan kolom) citra digital dengan kooordinat peta RBI.

Model elevasi digital atau *digital elevation model (DEM)* pada penelitian ini dibangun untuk mengetahui variasi topografi dan kemiringan lereng daerah penelitian.



. Transformasi citra dilakukan dengan transformasi indeks kecerahan, indeks kebasahan dan indeks kelengasan tanah.

Tabel 3.1. Transformasi yang Digunakan dalam Penelitian

No	Transformasi	Rumus
1	Indeks	$0.33183*B2 + 0.331221*B3$
	Kecerahan	$+ 0.55177*B4 + 0.42514*B5$
	Crist-Cicone	$+ 0.48047*B6 + 0.25252*B7$
2	Indeks	$0.13929*B2 + 0.22490*B3 +$
	Kebasahan	$0.40359*B4 + 0.25178*B5 -$
	Crist-Cicone	$0.70133*B6 - 0.45732*B7$
3	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$(B2 - B3) / (B5 + B7)$
	Indeks Kelengasan Tanah	$(\text{Indeks Kebasahan} + \text{Indeks Vegetasi}) / \text{Indeks Kecerahan}$

Sumber : Crist-Cicone (1984) dengan modifikasi, 2017)

Pemisahan area tanah terbuka dilakukan dengan cara proses *masking* yang dikaitkan dengan operasi logika, kemudian dikelaskan dengan nilai-nilai piksel yang diperoleh dari kalsifikasi multispektral sesuai dengan klas pada penutup lahannya berdasarkan kelembaban tanah permukaan. Dari pengkelasan nilai-nilai piksel tersebutlah didapatkan kelas-kelas spektral yang digolongkan berdasarkan *density slice* spektralnya

Penyusunan peta bentuklahan didapatkan dari data sekunder penelitian sebelumnya yang kemudian di tambahkan dengan informasi lapangan

Tahap penentuan teknik pengambilan sampelnya dilakukan dengan cara *purposive*

sampling, yaitu sampel dengan tujuan tertentu berdasarkan karakteristik tertentu pada masing-masing variabel. Sebuah sampel acak yang diambil dari setiap variabel dengan melihat hubungan karakteristik antar variabel satu dengan yang lain secara acak yang kemudian dikumpulkan untuk menghasilkan sampel, sehingga sampel yang dipilih dapat mewakili sampel nilai spektral tanah.

Pengambilan data yang berupa sampel tanah dan kemudian diukur kandungan kelembaban tanah permukaan dan tekstur tanah. Pengukuran kandungan kelembaban tanah permukaan dengan bantuan alat pengukuran kelembaban tanah berupa *Soil Moisture Tester*.

Penyusunan peta kelembaban tanah permukaan dilakukan dengan cara memasukkan nilai kelembaban tanah permukaan kedalam sampel tanah terbuka berdasarkan nilai spektral tanahnya

Analisis regresi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk hubungan antara kelembaban tanah permukaan dengan citra hasil transformasi indeks kelengasan tanah. Analisis korelasi dan regresi dikenal suatu angka yang disebut koefisien determinasi (R^2). Nilai tersebut merupakan koefisien penentu, karena varian yang terjadi pada variabel dependen dapat dijelaskan melalui varian yang terjadi pada variabel independen. Sehingga untuk memperoleh hasil yang mendekati kelembaban tanah permukaan, maka dilakukan perbandingan nilai koefisien determinasi (R^2) antar bentuk-bentuk persamaan regresi. Dari perbandingan tersebut dipilih persamaan regresi linear untuk digunakan dalam menyusun peta agihan kelembaban tanah permukaan.

Penyusunan peta model kerentanan banjir berdasarkan pendekatan kelembaban tanah permukaan ini disusun dengan acuan citra kelembaban tanah yang telah dibuat sebelumnya. Yaitu dengan pemilahan kecerahan *density slice* dan diklasifikasikan dengan metode *Natural Breaks*

Pengujian akurasi peta model kerentanan banjir perlu dilakukan agar peta yang dihasilkan secara keruangan (baik distribusi maupun luasan. Proses perbandingan dilakukan dengan operasi *overlay* poligon antara kedua peta tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Penentuan kerentanan banjir lapangan berdasarkan data karakteristik kerentanan banjir

Karakteristik banjir diperoleh dari pengamatan di lapangan. Karakteristik banjir yang digunakan sebagai penentu dalam klasifikasi kerentanan banjir adalah lama genangan dan frekuensi genangan. Faktor kedalaman genangan tidak digunakan sebagai penentu karena lebih berpengaruh pada kajian “bahaya banjir” daripada “kerentanan banjir”.

		Lama Genangan (Hari)				
		-	< 2	2 - 7	7 - 15	>15
Frekuensi (pertahun)	-	TR	TR	TR	TR	TR
	1 - 2	TR	AR	AR	R	R
	2 - 5	TR	AR	R	R	SR
	>5	TR	AR	R	SR	SR

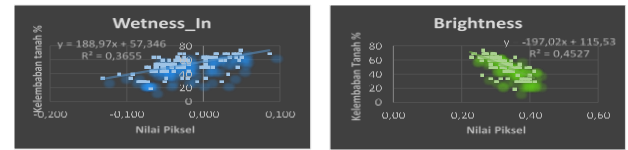
b. Estimasi kerentanan banjir berdasarkan pendekatan bentuklahan berdasarkan data lapangan

Bentuklahan sesuai sifat dan wataknya yang terkait dengan banjir adalah satuan bentuklahan asal fluvial dan fluvio-marin. Tingkat kerentanan banjir mengandung pengertian adanya pengulangan kejadian banjir untuk setiap kurun waktu tertentu. Penetapan tingkat kerentanan banjir dilakukan dengan mendasarkan pada kelas-kelas kerentanan banjir yang telah disusun sebelumnya. Batas kerentanan banjir menggunakan batas bentuklahan, namun di beberapa tempat dilakukan penyesuaian sesuai dengan lingkungan sekitar. Tidak semua satuan bentuklahan pada daerah penelitian rentan terhadap genangan banjir. Satuan-satuan bentuklahan yang rentan terhadap genangan banjir adalah sebagai berikut: dataran alluvial, dataran banjir, rawa belakang, ledok fluvial dan dataran alluvial pantai.

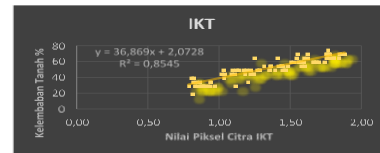
c. Analisa regresi

Hasil analisa regresi menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif dan kuat antara nilai

pixel dengan indeks kelembaban tanah dan antara kelembaban tanah dengan kerentanan banjir. Dengan koefisien korelasi IKT dengan kelembaban tanah permukaan sebesar 0,92.



Gambar 5.14. Grafik hubungan dan persamaan regresi antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai pixel citra hasil transformasi



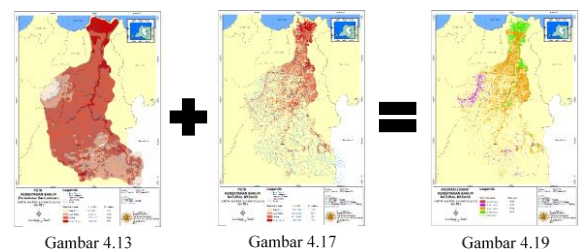
Gambar 5.15. Grafik hubungan dan persamaan regresi antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai pixel citra hasil transformasi indeks kelembaban tanah (IKT)

d. Uji akurasi zonasi kerentanan banjir menggunakan kelembaban tanah permukaan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa klasifikasi data menggunakan metode *natural breaks* (optimasi Jenks) memiliki total kebenaran sebesar 62,2%. Dengan kata lain kondisi kerentanan banjir daerah penelitian dapat dijelaskan menggunakan pendekatan kelembaban tanah permukaan sebesar 62,2% dari kondisi sebenarnya.

EKSEKUSI	SUM_HECTA R	KB_BL (Ha)	% SESUAI
Kelas 1 Sesuai	9783,1	1560,1	15,9
Kelas 2 Sesuai	11289,8	3243,7	28,7
Kelas 3 Sesuai	11956,1	9414,3	78,7
Kelas 4 Sesuai	9340,6	1860,4	19,9
Luas Total Sesuai	32586,6	16078,8	62,2

Tabel 5.8. Hasil perhitungan akurasi zonasi kerentanan banjir NATURAL BREAKS (JENKS)



Gambar 4.18. Skema proses *polygon matching* untuk penilaian akurasi zonasi kerentanan banjir menggunakan metode klasifikasi *natural breaks*

e. Tinjauan terhadap kerentanan banjir daerah penelitian

Penyusunan peta kerentanan banjir daerah penelitian adalah berdasarkan pendekatan bentuklahan yang dipadu dengan data karakteristik banjir setempat. Kondisi kerentanan banjir di daerah penelitian dibagi menjadi empat kelas, yaitu tidak rentan, agak rentan, rentan, dan sangat rentan.

Distribusi genangan banjir di daerah penelitian mengikuti aliran sungai utama, yaitu sungai Ciujung. Dari kenampakan ini dapat dipastikan bahwa banjir yang terjadi diakibatkan oleh luapan sungai tersebut. Daerah sasaran genangan banjir meliputi satuan bentuklahan dataran banjir, bekas danau, rawa belakang, yang tersebar di sekitar sungai utama tersebut, dan satuan dataran aluvial pantai yang merupakan pertemuan dari sistem sungai di daerah penelitian.

Tabel 5.9. Luasan tiap kelas kerentanan banjir acuan

Kelas Kerentanan Banjir	Luas (Hektar)	Persentase
Tidak Rentan	9137,06	4,50
Agak Rentan	48332,41	23,81
Rentan	127561,12	62,86
Sangat Rentan	17897,92	8,82
JUMLAH	202928,49	100

Sumber: Pengolahan data (2017)

Banjir yang terjadi pada daerah penelitian adalah banjir musiman, yaitu terjadi banjir setiap tahun pada musim penghujan, sehingga tidak ada lahan yang tergenang secara permanen sepanjang tahun (kecuali tambak yang memang sengaja digenangi). Pada musim kemarau genangan menyusut dan akhirnya kering

f. Tinjauan terhadap hubungan antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai spektral tanah citra hasil transformasi

Nilai koefisien korelasi tertinggi adalah pada citra hasil transformasi indeks kelengasan tanah, dengan nilai sebesar 0,9243 dan koefisien determinasi sebesar 0,8545. Sehingga secara relatif citra ini mampu untuk menonjolkan aspek kelembaban tanah. Setiap kenaikan nilai

kelembaban tanah akan diikuti kenaikan nilai piksel, demikian sebaliknya. Citra hasil transformasi *wetness index* (indeks kebasahan) memiliki nilai koefisien korelasi 0,6045 dan koefisien determinasi sebesar 0,3655.

Tabel 5.6. Hasil analisa korelasi (*r*) antara kelembaban tanah permukaan dengan (1) kerentanan banjir dan (2) nilai piksel citra hasil transformasi

Variabel	Kelembaban Tanah Permukaan	
	(<i>r</i>)	(<i>R</i> ²)
1 Kerentanan banjir lapangan	0,7337	0,5383
Citra Transf. <i>Wetness Index</i>	0,6045	0,3655
2 Citra Transf. <i>Brightness Index</i>	-0,6728	0,4527
Citra Transf. IKT	0,9243	0,8545

Sumber : Pengukuran data primer (2017)

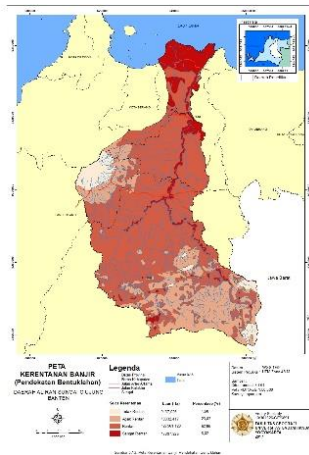
g. Tinjauan terhadap hubungan antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai spectral tanah citra hasil transformasi

Nilai koefisien korelasi tertinggi adalah pada citra hasil transformasi indeks kelengasan tanah, dengan nilai sebesar 0,9243 dan koefisien determinasi sebesar 0,8545. Sehingga secara relatif citra ini mampu untuk menonjolkan aspek kelembaban tanah. Setiap kenaikan nilai kelembaban tanah akan diikuti kenaikan nilai piksel, demikian sebaliknya.

Citra hasil transformasi *wetness index* (indeks kebasahan) memiliki nilai koefisien korelasi 0,6045 dan koefisien determinasi sebesar 0,3655. Sumbu saluran kebasahan (*wetness*) lebih menonjolkan kontras antara saluran-saluran inframerah tengah (saluran 6 dan 7) dan saluran merah atau inframerah dekat (saluran 4 dan 5). Selisih nilai ini disebabkan kedua transformasi ini masing-masing mengoptimalkan seluruh saluran untuk menonjolkan aspek kelembaban tanah permukaan, sehingga hasilnya tampak mirip.

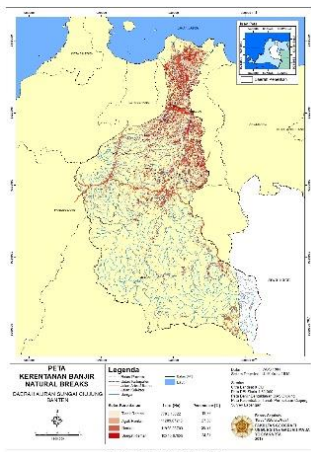
Secara visual, hasil transformasi citra disajikan dalam bentuk *gray scale* (tingkat keabuan), semakin cerah kenampakan objek semakin tinggi nilai piksel yang terkandung,

sebaliknya semakin gelap kenampakan objek semakin rendah nilai pikselnya.



h. Tinjauan terhadap model peta kerentanan banjir berdasarkan kelembaban tanah permukaan

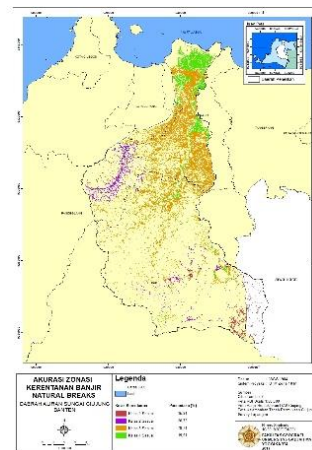
Peta kerentanan genangan banjir disusun berdasarkan penerapan fungsi regresi citra transformasi indeks kelengasan tanah. Untuk klasifikasi nilai piksel digunakan metode klasifikasi *natural breaks*. Klasifikasi ini mendasarkan pada pola pengelompokan data secara alami. Metode ini menggunakan perhitungan statistik sehingga dapat meminimalisasi variasi nilai data dalam setiap kelasnya. Pada peta terlihat distribusi kelas cukup merata, hanya kelas 1 atau kerentanan tidak rentan terlihat sangat sedikit. Secara visual ada kemiripan pola distribusi kelas kerentanan banjir dengan peta kerentanan banjir acuan. Peta yang dihasilkan menunjukkan adanya hubungan yang kurang serasi dengan data lapangan.



i. Evaluasi Terhadap Hasil Penilaian Akurasi Zonasi Kerentanan Banjir Berdasarkan Kelembaban Tanah Permukaan

Akurasi hasil zonasi kerentanan banjir menurut metode klasifikasi sebesar 62,2%. Angka hasil penilaian tersebut merupakan representasi dari kelas-kelas kerentanan banjir yang dapat dipetakan secara tepat (*coincide*) dengan menggunakan nilai kelembaban tanah permukaan. Hasil penilaian tersebut memberikan gambaran seberapa akurat zonasi kerentanan banjir menggunakan pendekatan kelembaban tanah permukaan, yang diterapkan pada data digital Landsat 8 OLI perekaman 27 Agustus 2017.

Hasil penilaian akurasi secara relatif tergolong masih rendah. Meskipun secara teoritis maupun fakta dari penelitian sebelumnya diperoleh hubungan yang erat antara lama dan frekuensi genangan akibat banjir dengan kelembaban tanah permukaannya, namun hubungan tersebut tidak dapat mewakili kondisi kerentanan banjir secara keseluruhan. Hal ini mengingat adanya faktor-faktor lain yang dapat dipertimbangkan dalam penelitian kerentanan banjir, seperti penutup/penggunaan lahan, sifat fisik tanah, dan pengaruh adaptasi manusia terhadap banjir. Namun demikian nilai akurasi yang dihasilkan mencerminkan bahwa faktor kelembaban tanah memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap studi kerentanan banjir



KESIMPULAN

1. Terdapat hubungan positif yang cukup signifikan antara kelembaban tanah permukaan dengan nilai spektral tanah pada citra hasil transformasi. Hubungan ini diperoleh dengan penerapan transformasi indeks kelengasan tanah dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9243 dan koefisien determinasi 0,845.
2. Peta kerentanan banjir di daerah penelitian berdasarkan kondisi kelembaban tanah permukaannya, menghasilkan tingkat akurasi sebesar 62,2%.
3. Berdasarkan nilai akurasi zonasi pada hasil penelitian, studi kerentanan banjir menggunakan pendekatan kelembaban tanah permukaan dengan model klasifikasi otomatis kurang dapat merepresentasikan kondisi kerentanan banjir di lapangan.
4. Data penginderaan jauh sangat bermanfaat untuk kajian kerentanan banjir, terutama mengenai aspek distribusi keruangan banjir, seperti perluasan genangan, distribusi genangan, dan penentuan daerah-daerah sasaran banjir, namun kurang representatif untuk kajian aspek intensitas banjir.

SARAN

1. Perlu ditambahkan beberapa faktor pengendali yang lebih ketat sebagai masukan dalam proses klasifikasi kerentanan banjir berdasarkan nilai kelembaban tanah permukaan. Sehingga dapat meningkatkan akurasi zonasi kerentanan banjir dengan menggunakan pendekatan kelembaban tanah permukaan.
2. Perlu dilakukan uji coba untuk penelitian sejenis dengan menggunakan citra multitemporal pada musim yang berbeda, sehingga dapat diketahui tingkat konsistensi dari hasil yang diperoleh
3. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan data dan pengukuran sampel pada tahun yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

Algifari. (1994). *Analisis Regresi (Teori, Kasus dan Solusi)*. Yogyakarta: BPFE.
Crist, E.P. & Cicone, R.C. (1984). *Application of the Tasseled Cap Concept to Simulated*

- Thematic Mapper Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 50. No. 3, March 1984, pp. 343-352
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Dasanto, B.D. (1991). *Studi Geomorfologi Terhadap Kerentanan Banjir Daerah Hilir Sungai Opak, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi. UGM
- Dao, P.D & Liou, Y.A. (2015). *Object-Based Flood Mapping and Affected Rice Field Estimation with Landsat 8 OLI and MODIS Data*, *Journal of Remote Sensing*, 7, 5077-5097; doi:10.3390/rs70505077.
- Haruyama. (1996). *Geomorphological Zoning for Flood Inundation using Sattelite Data*. *Geojournal*. Netherland: Kluwer Academic Publishers. Dordrecht
- Kristanto, I. (1995). *Penggunaan Data Digital Landsat Thematic Mapper untuk Estimasi Kerentanan Banjir di Sebagian Daerah Dataran Aluvial Kabupaten Demak, Jawa Tengah*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi. UGM
- Indrawati, L. (2001). *Karakteristik Pantulan Spektral Kandungan Kelembaban Tanah Permukaan Pada Data Digital Multispektral Landsat Thematic Mapper Di Sebagian Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Skripsi. Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta.
- Lapan. (2015). *Pedoman Pemanfaatan Data Landsat-8 untuk Deteksi Daerah Tergenang Banjir (Inundated Area)*. Jakarta: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN
- Baig, M.H.A., Zhang, L., Shuai, T & Tong, Q. (2014). *Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance*. *Remote Sensing Letters*, 5:5, 423-431, DOI: 10.1080/2150704X.2014.915434
- Nugraha, A.S.A. (2011). *Analisis Kelembaban Tanah Permukaan Melalui Citra Landsat 7 ETM+ Di Wilayah Dataran Kabupaten Purworejo*. Skripsi. Surakarta: Fakultas Geografi UMS
- Kamal, M. (2004). *Kajian Kerentanan Banjir Menggunakan Data Digital Landsat ETM+*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi. UGM

- Raharjo, P.D. (2009). *Identifikasi Daerah Rawan Banjir Di Sebagian Wilayah Surakarta Menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografi)*. *Jurnal Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. Pusat Penelitian Limnologi LIPI. ISSN 0854-8390, Volume XVI Nomor 1 Tahun 2009, Halaman 1 – 9,
- Storey, J., Choate, M. & Lee, K. (2014). *Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance*. *Remote Sensing* 6, no. 11: 11127-11152.
- Sugiyono. (2003). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta
- Verstappen, H.Th. (2014). *Garis Besar Geomorfologi Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Weng, Q. (2010). *Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods and Application*, United States: McGraw-Hill Companies, Inc.