

PERMODELAN SPASIAL LAHAN TERBANGUN MENGGUNAKAN SPASIAL STATISTIK DAN PENGINDERAAN JAUH (STUDI KASUS : KOTA BATU, JAWA TIMUR)

Hana Sugiastu Firdaus¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-75123 Telp./Faks: (024) 736834,
e-mail: hana.firdaus@live.undip.ac.id

(Diterima 22 Oktober 2018, Disetujui 19 November 2018)

ABSTRAK

Kota Batu merupakan salah satu kota wisata di Provinsi Jawa Timur yang sering dikunjungi oleh beberapa wisatawan luar kota. Hal ini mengakibatkan, peningkatan pembangunan sehingga menyebabkan perubahan fungsi lahan yang dapat diamati secara temporal dengan memanfaatkan citra satelit. Pemanfaatan citra satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 digunakan dalam studi ini untuk memetakan penggunaan lahan di Kota Batu di tahun 2006, 2009 dan 2013 yang selanjutnya diolah secara spasial statistik dengan metode matematis *Binary Logistic Regression* untuk mendapatkan permodelan lahan terbangun di area studi. Luas lahan terbangun dari tahun 2006 sampai tahun 2013 mengalami peningkatan, dimana luas lahan terbangun di tahun 2006 (10,26 km²) dan tahun 2013 (17,69 km²). Hasil permodelan matematis *Binary Logistic Regression* dari perubahan lahan terbangun di Kota Batu untuk tahun 2006-2009 yaitu : $Y = 0,8028 + 0,0003 X_1 + 0,0071 X_2 - 0,0418 X_3 + 0,0004 X_4$, sedangkan perubahan lahan terbangun untuk tahun 2009-2013 di Kota Batu yaitu : $Y = -0,6227 + 0,0008 X_1 + 0,0025 X_2 - 0,0141 X_3 + 0,0002 X_4 + 0,0103 X_5$. Variabel X_1 merupakan jarak dari jalan kolektor, X_2 (jarak dari jalan lokal), X_3 (jarak dari *agriculture*), X_4 (jarak dari sungai), dan X_5 (jarak terhadap lahan terbangun *eksisting* (tahun 2009)). Model matematis dari perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 memiliki tingkat kepercayaan model sebesar 76,53% dan dapat memprediksi perubahan lahan terbangun di Kota Batu untuk tahun 2009-2013 dengan tingkat kepercayaan model sebesar 71,69%, sedangkan model matematis dari perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 77,65%.

Kata kunci : *Binary Logistic Regression, Landsat 7 ETM+, Landsat 8, Lahan Terbangun, Spasial Statistik*

ABSTRACT

Batu City is one of the tourism cities in East Java Province which often visited by several tourists, so that is necessary to increase infrastructure development which causes land functions changes. The land use changes can be observed temporally by utilizing satellite imagery. In this study, Landsat 7 ETM + and Landsat 8 satellite imagery is used to map the land use in Batu City in 2006, 2009 and 2013, which later spatially processed using the mathematical Binary Logistic Regression method to obtain the built-up land modelling in the study area. The built-up land area has increased from 2006 until 2013, where in 2006 (10.26 km²) and in 2013 (17.69 km²). The results of change built-up land in Batu City using Binary Logistic Regression modelling for years 2006-2009 is : $Y = 0.8028 + 0.0003 X_1 + 0.0071 X_2 - 0.0418 X_3 + 0.0004 X_4$, while change built-up land for years 2009-2013 in Batu City is $Y = -0.6227 + 0.0008 X_1 + 0.0025 X_2 - 0.0141 X_3 + 0.0002 X_4 + 0.0103 X_5$, which the predictor variable X_1 is distance from collector roads, X_2 (distance from local roads), X_3 (distance from agriculture), X_4 (distance from rivers), and X_5 (distance from existing built-up land in 2009). Percentage of modelling accuracy for change built-up land in Batu City for years 2006 - 2009 is 76.53% and 71.69% for predict the change built-up land in 2009 - 2013. Whereas for modelling accuracy of change built-up land in Batu City for years 2009 - 2013 is 77.65%

Keywords : *Binary Logistic Regression, Built-Up Land, Landsat 7 ETM+, Landsat 8, Spatial Statistics*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang semakin hari semakin meningkat dapat mempengaruhi peningkatan pemenuhan akan kebutuhan hunian sebagai tempat tinggal dan infrastruktur lainnya. Perubahan lahan yang awalnya merupakan wilayah konservasi menjadi beberapa daerah pemukiman seiring dengan kebutuhan

penduduk akan kawasan hunian tanpa memperhatikan faktor ekologi lingkungan dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kestabilan lingkungan. Monitoring atau pemantauan terhadap pembangunan infrastruktur yang ada sangatlah diperlukan khususnya di beberapa kota yang mengalami peningkatan pembangunan secara signifikan. Kota Batu merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Timur dengan perkembangan

infrastruktur yang dinamis karena termasuk dalam salah satu kota wisata yang sering dikunjungi oleh beberapa wisatawan luar kota. Hal ini mengakibatkan, adanya aktivitas perubahan lahan sebagai upaya pembangunan beberapa infrastruktur penunjang.

Pola perubahan lahan merupakan aspek dinamis dari faktor aktivitas manusia yang dapat diamati secara temporal dengan memanfaatkan citra satelit. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit dapat memudahkan pemetaan tutupan lahan atau penggunaan lahan di suatu kawasan. Studi yang dilakukan dalam makalah ini memanfaatkan citra satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 untuk memetakan penggunaan lahan di Kota Batu di tahun 2006, 2009 dan 2013 yang selanjutnya diolah secara spasial untuk mendapatkan permodelan lahan terbangun di area studi. Terdapat dua tipe kelas tutupan lahan di area studi yaitu lahan terbangun dan bukan lahan terbangun untuk tiap tahunnya. Jenis penggunaan lahan Level I (Anderson dkk, 1976) dikelompokkan menjadi dua tipe kelas seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dimana yang termasuk lahan terbangun yaitu (Urban atau *Built-up Land*) sedangkan non lahan terbangun yaitu (*Agriculture Land, Rangeland, Forest Land, Water, Wetland, Barren Land, Tundra, Perennial Snow*).

Pengelompokan penggunaan lahan dilakukan untuk memudahkan proses pengolahan permodelan spasial lahan terbangun menggunakan metode matematis *Binary Logistic Regression*. Model matematis yang dihasilkan dapat dijadikan suatu model untuk mengetahui pola pembangunan lahan terbangun di area studi dan dapat digunakan untuk memperkirakan perkembangan pola lahan terbangun di tahun-tahun berikutnya, sehingga dapat dijadikan bahan referensi pemerintah dalam penentuan kebijakan terkait dengan perkembangan kota.

2. METODE PENELITIAN

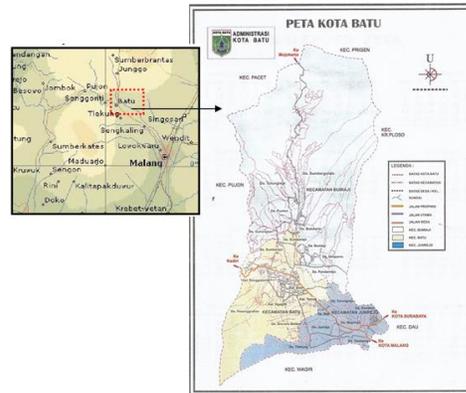
2.1 Area Studi dan Data

Penelitian ini mengambil daerah penelitian di wilayah Kota Batu, Jawa Timur yang terletak di $7^{\circ}44'55,11''$ - $8^{\circ}26'35,45''$ LS dan $112^{\circ}17'10,90''$ - $122^{\circ}57'11''$ BT. Secara administratif, terdapat tiga kecamatan yang terletak di wilayah Kota Batu, yaitu Kecamatan Junrejo, Kecamatan Batu, dan Kecamatan Bumiaji yang dapat dilihat pada gambar 1.

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. (3 scene) citra Landsat 7 ETM+ *path/row* 118/65 dengan waktu perekaman tanggal 17 Juli 2006, 2 Agustus 2006 dan 3 September 2006.
2. (3 scene) citra Landsat 7 ETM+ *path/row* 118/65 dengan waktu perekaman tanggal 23 Juni 2009, 9 Juli 2009 dan 10 Agustus 2009.
3. Citra Satelit Landsat 8 *path/row* 118/65 dengan waktu perekaman tanggal 13 Agustus 2013.

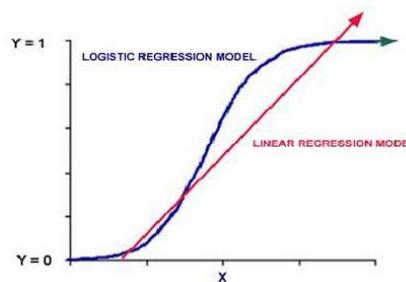
4. Peta Digital Rupa Bumi Indonesia (RBI) wilayah Kota Batu skala 1:25.000.
5. Data sekunder (lokasi fasilitas pendidikan dan pariwisata).
6. RTRW Kota Batu, Jawa Timur tahun 2010-2030.



Gambar 1. Wilayah Area Studi Penelitian

2.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam studi ini yaitu metode matematis *Binary Logistic Regression* untuk permodelan spasial lahan terbangun di Kota Batu. Regresi logistik merupakan bagian dari analisis regresi yang digunakan ketika variabel dependen (respon) merupakan variabel dikotomi. Variabel dikotomi biasanya hanya terdiri atas dua nilai yang mewakili kemunculan atau tidak adanya suatu kejadian yang biasanya diberi angka 0 atau 1 (Hosmer dkk, 2000). Regresi logistik akan membentuk variabel prediktor/respon yang merupakan kombinasi linear dari variabel independen. Nilai variabel prediktor/respon ini ditransformasikan menjadi probabilitas dengan fungsi logit (Karsidi, 2011)



Gambar 2. Grafik Regresi Logistik
(<https://stats.idre.ucla.edu/stata/webbooks/logistic>)

Regresi logistik dapat disebut juga model logistik atau model logit di dalam ilmu statistika yang dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan (probabilitas) dari suatu kejadian dengan data fungsi logit. Beda halnya dengan regresi linear biasa, regresi logistik merupakan regresi non linear dengan mengikuti pola kurva linear seperti pada gambar 2. Bentuk

persamaan regresi logistik biner pada hakekatnya sama dengan persamaan regresi umum, dimana persamaan regresi umum dapat dituliskan di persamaan (1)

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_n X_n \quad (1)$$

Pada persamaan regresi tersebut, Y adalah variabel respon, α adalah konstanta regresi, X_1 adalah variabel prediktor ke 1, β_1 adalah koefisien dari variabel X_1 , X_n variabel prediktor ke n dan β_n koefisien dari variabel X_n . Pada regresi logistik, nilai yang digunakan adalah logit dari probabilitas (π), sehingga persamaan regresi logistik biner dituliskan di persamaan (2)

$$\text{Logit}(\pi) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_n X_n \quad (2)$$

Logit (π) adalah logaritma normal (Ln) dari *Odd*, yaitu rasio antara π dengan $(1-\pi)$, hubungan ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan (3)

$$\text{Logit}(\pi) = \text{Ln} \frac{\pi}{1-\pi} \quad (3)$$

Ada dua model matematis yang dihitung dalam makalah ini, yaitu model perubahan lahan terbangun untuk tahun 2006-2009 dan model perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013. Model matematis tersebut didasarkan dari perhitungan variabel prediktor dan variabel respon. Variabel respon yang dimaksud disini adalah ada tidaknya perubahan lahan terbangun yang didefinisikan dengan angka 0 (tidak adanya perubahan lahan terbangun) dan angka 1 (adanya perubahan lahan terbangun) untuk rentang waktu tahun tertentu. Sedangkan variabel prediktor didasarkan dari peta yang menunjukkan faktor yang mempengaruhi perkembangan pembangunan lahan terbangun di area studi.

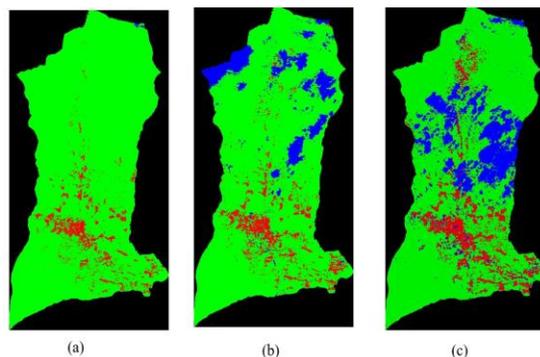
Variabel prediktor yang akan digunakan dalam permodelan dilakukan uji korelasi dan independensi untuk mengetahui apakah ada keterkaitan dan hubungan antara variabel prediktor dengan perubahan lahan terbangun yang terjadi di area studi. Hal ini dilakukan, agar hasil yang didapat mendekati kondisi sebenarnya di lapangan. Hasil model matematis yang didapatkan, selanjutnya diinputkan variabel prediktor ke dalam persamaan yang didapat sehingga dihasilkan peta probabilitas perubahan lahan terbangun, baik untuk tahun 2006-2009 dan 2009-2013. Selanjutnya peta probabilitas perubahan lahan terbangun divalidasi dengan peta perubahan lahan terbangun eksisting untuk masing-masing rentang tahun. Model matematis perubahan lahan terbangun untuk tahun 2006-2009 juga diinputkan ke dalam variabel prediktor perubahan lahan terbangun untuk tahun 2009-2013. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kepercayaan model jika diterapkan di tahun 2009-2013.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Klasifikasi Lahan Terbangun dan Non Lahan Terbangun di Tahun 2006, 2009 dan 2013

Klasifikasi lahan terbangun dan non lahan terbangun didasarkan dari pengolahan citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8. Proses klasifikasi dalam studi ini, dilakukan dengan teknik penajaman multi saluran yang membentuk citra dengan beberapa paduan warna (*colour composit*). Hal ini bertujuan untuk mempertajam kenampakan objek, sehingga mempermudah melakukan interpretasi citra secara manual (Lillesand dkk, 2004). Objek lahan terbangun dan non lahan terbangun di citra Landsat dapat diidentifikasi dari ada tidaknya kenampakan vegetasi dan air yang dapat dipertajam dengan menggunakan *colour composit*. Salah satu kombinasi band yang digunakan dalam penelitian ini untuk mempertajam adanya vegetasi di Landsat 7 ETM + yaitu 542 sedangkan untuk Landsat 8 yaitu 653.

Selain menggunakan *colour composit* untuk memudahkan dalam melakukan interpretasi juga dilakukan manipulasi kontras citra dengan menggunakan perentangan kontras (*contrast stretch*). Klasifikasi terbimbing digunakan dalam studi ini, sehingga diperlukan pengambilan beberapa sample di lapangan yang merepresentasikan kenampakan objek sebenarnya di lapangan. Hasil perhitungan *confusion matrix* di tiap tahunnya $\geq 80\%$, sehingga hasil klasifikasi memenuhi syarat uji ketelitian klasifikasi dan dapat diolah lebih lanjut (Purwadhi, 2001). Hasil klasifikasi dapat dilihat pada gambar 3 untuk tiap tahunnya, dimana warna hijau menunjukkan lahan terbangun, warna merah non lahan terbangun sedangkan warna biru adalah awan. Perbandingan luas hasil klasifikasi dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 3. Klasifikasi Lahan Terbangun di Kota Batu (a) 2006 (b) 2009 (c) 2013

Tabel 1. Perbandingan Hasil Klasifikasi di tahun 2006, 2009 dan 2013

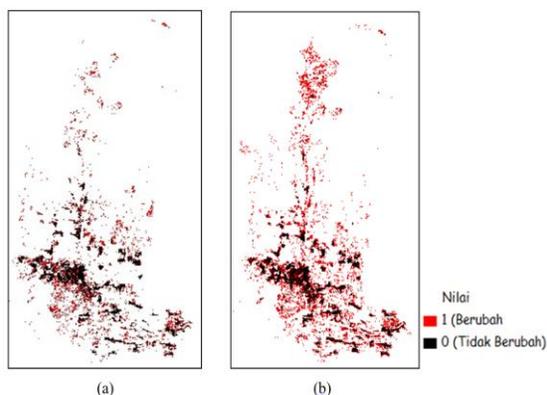
Klasifikasi	Luas (km ²)		
	2006	2009	2013
Awan	0,13	18,17	30,81
Lahan Terbangun	10,26	12,67	17,69
Non Lahan Terbangun	188,77	168,31	150,67

Sumber : Hasil Pengolahan

Seiring dengan bertambahnya tahun, luas area lahan terbangun juga semakin meningkat. Hal ini menyebabkan berkurangnya daerah non lahan terbangun. Penyebaran lahan terbangun di wilayah Kota Batu pada tahun 2006 memusat di pusat Kota Batu serta di sekitar akses jalan kolektor ke Kota Malang, sedangkan di tahun 2009, bagian pusat Kota Batu semakin menunjukkan kepadatan lahan terbangun yang menyebar ke arah utara ke daerah Mojokerto dan ke arah tenggara yang menuju ke Kota Malang. Persebaran lahan terbangun di tahun 2013 mengalami peningkatan dari luas area dan menunjukkan tingkat kepadatan yang semakin tinggi di pusat Kota Batu dan menyebar ke daerah sekitarnya. Selain itu, daerah sekitar jalan kolektor yang menuju ke Mojokerto serta di daerah dekat Kota Malang juga menunjukkan tingkat persebaran yang lebih tinggi dibanding tahun sebelumnya.

3.2 Hasil Perubahan Lahan Terbangun antara Tahun 2006-2009 dan Tahun 2009-2013

Perubahan lahan terbangun merupakan variabel respon yang digunakan dalam permodelan *binary logistic regression*, dimana lahan terbangun *existing* yang digunakan yaitu tahun 2006 dengan perubahan lahan terbangun antara tahun 2006-2009, sedangkan perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013, lahan terbangun *existing* yang digunakan yaitu tahun 2009.



Gambar 4. (a) Perubahan Lahan Terbangun Tahun 2006-2009 (b) Perubahan Lahan Terbangun Tahun 2009-2013

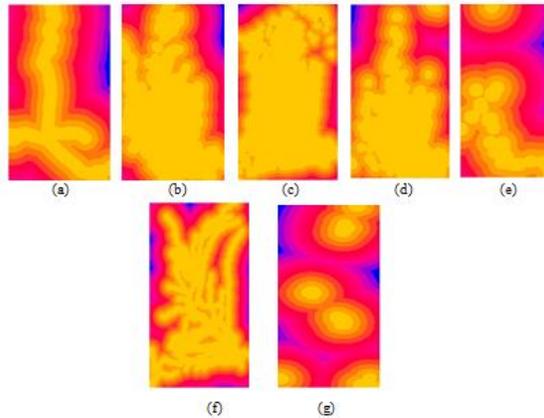
Variabel respon yang digunakan dalam penelitian ini bersifat dichotomus atau biner. Kategori yang mungkin bagi variabel respon berubah (dinotasikan dengan 1) sedangkan yang tidak berubah (dinotasikan dengan 0). Perbedaan rata-rata nilai variabel prediktor pada dua kategori variabel respon (berubah atau tidak berubah) diharapkan dapat menjelaskan terjadinya perubahan melalui permodelan yang akan disusun. Perubahan lahan terbangun yang digunakan sebagai variabel respon untuk permodelan lahan terbangun tahun 2006-2009 dan 2009-2013 dapat dilihat pada gambar 4.

3.3 Identifikasi dan Pengolahan Peta Variabel Prediktor Perubahan Lahan Terbangun

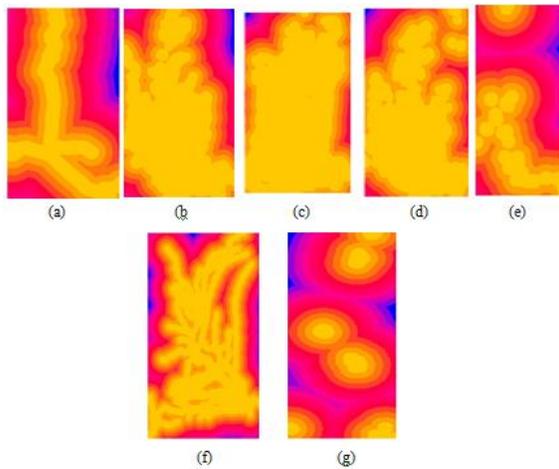
Penentuan variabel prediktor dalam permodelan perubahan lahan terbangun didasarkan dari asumsi terkait dengan kondisi *real* di area studi. Karakteristik lahan yang diduga memiliki keterkaitan dengan terjadinya perubahan dapat digunakan untuk memprediksi terjadinya perubahan di masa yang akan datang. Karakteristik lahan inilah yang berlaku sebagai prediktor dengan perubahan penggunaan lahan sebagai respon. Variabel prediktor dalam penelitian ini diidentifikasi melalui dugaan awal, kajian literatur, dan pengetahuan lokal daerah. Variabel prediktor dari perubahan lahan terbangun dalam studi ini, menggunakan peta jarak yang mewakili karakteristik fisik dari faktor aksesibilitas. Jarak suatu sel terhadap obyek dihitung berdasarkan jarak lurus (*euclidean distance*), dimana jarak minimum suatu sel ke obyek digunakan sebagai nilai dari sel tersebut. Peta jarak yang dihasilkan disimpan sebagai data spasial berformat raster dengan ukuran sel 30 meter. Ukuran sel tersebut didasarkan dari ukuran piksel citra Landat. Setiap sel pada data raster tersebut memiliki nilai jarak (dalam satuan meter) dengan kisaran 0 hingga nilai tertentu. Nilai 0 dimiliki oleh sel yang berada pada obyek itu sendiri, sedangkan nilai maksimum dimiliki oleh sel yang berlokasi paling jauh dari obyek.

Jarak yang digunakan sebagai variabel prediktor meliputi jarak terhadap jalan (jalan kolektor dan jalan lokal), jarak terhadap sungai, jarak terhadap daerah wisata, jarak terhadap pertanian, jarak terhadap pusat pendidikan, serta jarak terhadap lahan terbangun (*existing*). Jalan kolektor yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu ruas jalan yang menghubungkan antar kota kedua dengan kota jenjang kedua, atau kota jenjang kesatu dengan jenjang ketiga, dimana lebar badan jalan > 7 m dengan kecepatan laju > 40 km/jam dan kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata, sedangkan untuk jalan lokal merupakan ruas jalan kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil, serta kawasan sekunder dengan perumahan yang memiliki lebar jalan > 5 m dengan kecepatan rata-rata >10 km/jam (R. Desutama, 2007). Variabel prediktor untuk permodelan

lahan terbangun tahun 2006-2009 dapat dilihat pada gambar 5, sedangkan untuk tahun 2009-2013 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5. Peta Jarak Terhadap (a) Jalan Kolektor, (b) Jalan Lokal, (c) Daerah Pertanian (agriculture), (d) Lahan terbangun (existing), (e) Pusat Pendidikan, (f) Sungai, (g) Wisata untuk permodelan lahan terbangun di tahun 2006-2009



Gambar 6. Peta Jarak Terhadap (a) Jalan Kolektor, (b) Jalan Lokal, (c) Daerah Pertanian (agriculture), (d) Lahan terbangun (existing), (e) Pusat Pendidikan, (f) Sungai, (g) Wisata untuk permodelan lahan terbangun di tahun 2009-2013

3.4 Uji Statistik Variabel Prediktor

Variabel prediktor yang digunakan dalam permodelan belum tentu memberikan kontribusi yang signifikan terhadap model yang akan disusun sehingga diperlukan pengujian variabel terlebih dahulu sebelum dilakukan permodelan dengan regresi logistik. Rata-rata (*mean*) nilai variabel prediktor harus berbeda secara

signifikan pada lokasi dimana terjadi perubahan dan pada lokasi dimana tidak terjadi perubahan. Sehingga dari perbedaan rata-rata nilai variabel prediktor pada dua kategori variabel respon diharapkan dapat menjelaskan terjadinya perubahan melalui permodelan yang akan disusun. Variabel prediktor yang digunakan sebaiknya tidak saling berkorelasi. Uji statistik yang dilakukan yaitu uji korelasi (Spearman Rho) dan Regresi Logistik (Univariate). Korelasi antar variabel prediktor dan korelasi variabel prediktor dengan variabel respon diuji dengan menggunakan analisis bivariate menggunakan uji korelasi Spearman rho. Analisis ini merupakan analisis statistik non parametrik. Pengujian ini disesuaikan dengan jenis data variabel yang berupa non parametrik, sehingga metode yang digunakan juga menggunakan statistik non parametrik. Regresi logistik secara univariate diperlukan sebelum perhitungan regresi logistik biner secara multivariate untuk mendapatkan model perubahan lahan terbangun. Analisis ini merupakan analisis yang menguji seberapa signifikan setiap variabel prediktor mempengaruhi variabel respon dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$.

Hasil uji korelasi di tahun 2006-2009, variabel *jr_wisata* tidak memenuhi syarat untuk dimasukkan di dalam permodelan karena nilai signifikannya 0,412 ($> 0,05$). Hal ini disebabkan karena perkembangan wisata hanya mempengaruhi sebagian kecil wilayah di area studi, sehingga tidak merepresentasikan perubahan lahan secara keseluruhan di area studi, sedangkan untuk tahun 2009-2013, variabel prediktor yang diuji memenuhi syarat untuk dimasukkan di dalam permodelan karena nilai signifikannya ($< 0,05$). Berdasarkan analisis regresi logistik univariate, tidak semua variabel prediktor dapat digunakan untuk permodelan untuk tahun 2006-2009 dan tahun 2009-2013. Variabel prediktor yang digunakan dalam permodelan untuk tahun 2006-2009 yaitu *jr_kolektor*, *jr_lokal*, *jr_agriculture* dan *jr_sungai*. Variabel prediktor yang digunakan dalam permodelan untuk tahun 2009-2013 yaitu *jr_kolektor*, *jr_lokal*, *jr_agriculture*, *jr_sungai*, dan *jr_lahanbangun*.

3.5 Hasil Regresi Logistik Biner

Variabel prediktor yang telah lolos uji selanjutnya dilakukan analisis regresi logistik biner untuk mendapatkan model matematis dari perubahan lahan terbangun. Hasil yang didapat dari perhitungan regresi logistik biner untuk perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 dapat dilihat pada tabel 2, sedangkan untuk tahun 2009-2013 dapat dilihat pada tabel 3. Pada tabel 2 dan 3, nilai konstanta dan koefisien regresi ditunjukkan kolom *B*, sedangkan *standard error* dari nilai koefisien ditunjukkan pada kolom *SE*. Kolom *Wald* merupakan rasio antara *B* dan *SE* yang dikuadratkan. Kolom *Sig* menunjukkan signifikan tidaknya kontribusi variabel dalam model. Kolom *Exp (B)* menunjukkan prediksi

perubahan *Odd* dengan meningkatnya nilai variabel prediktor. Hasil permodelan yang didapat menunjukkan pembangunan lahan terbangun antara tahun 2006-2013 di Kota Batu tidak berada di sekitar daerah *agriculture*, namun memusat di sekitar jalan kolektor, jalan lokal dan sungai. Pembangunan lahan terbangun di Kota Batu juga menyebar di sekitar lahan terbangun eksisting khususnya antara tahun 2009-2013.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Regresi Logistik Biner untuk perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009

Variabel	B	SE	Wald	Sig.	Exp (B)
Jr_kolektor	0,0003	0,0000	124,9587	0,0	1,0003
Jr_lokal	0,0071	0,0004	371,8310	0,0	1,0072
Jr_agriculture	-0,0418	0,0009	2098,2530	0,0	0,9591
Jr_sungai	0,0004	0,0001	25,4378	0,0	1,0004
Constant	0,8028	0,0568	200,1081	0,0	2,2319

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 3. Hasil Perhitungan Regresi Logistik Biner untuk perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013

Variabel	B	SE	Wald	Sig.	Exp (B)
Jr_kolektor	0,0008	0,0000	1063,3103	0,0	1,0008
Jr_lokal	0,0025	0,0001	328,7954	0,0	1,0025
Jr_agriculture	-0,0141	0,0005	764,8063	0,0	0,9860
Jr_sungai	0,0002	0,0000	41,5573	0,0	1,0002
Jr_lahanbangun	0,0103	0,0003	1423,4162	0,0	1,0104
Constant	-0,6227	0,0214	848,2723	0,0	0,5365

Sumber : Hasil Perhitungan

Model regresi logistik biner yang dihasilkan untuk perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 yaitu :

$$Y = 0,8028 + 0,0003 X_1 + 0,0071 X_2 - 0,0418 X_3 + 0,0004 X_4$$

Dimana :

Y = Logit perubahan lahan terbangun

X₁ = Jarak terhadap jalan kolektor

X₂ = Jarak terhadap jalan lokal

X₃ = Jarak terhadap daerah *agriculture*

X₄ = Jarak terhadap sungai

Sedangkan, model regresi logistik biner yang dihasilkan untuk perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013 yaitu :

$$Y = -0,6227 + 0,0008 X_1 + 0,0025 X_2 - 0,0141 X_3 + 0,0002 X_4 + 0,0103 X_5$$

Dimana :

Y = Logit perubahan lahan terbangun

X₁ = Jarak terhadap jalan kolektor

X₂ = Jarak terhadap jalan lokal

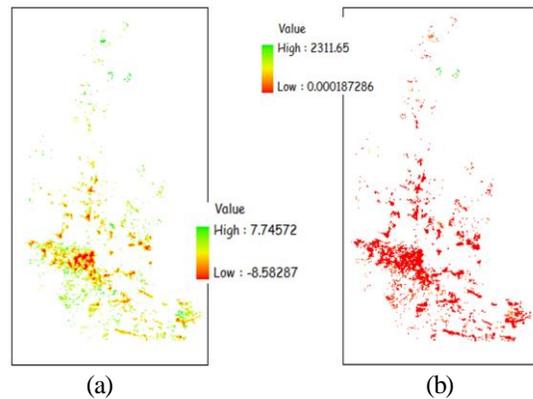
X₃ = Jarak terhadap daerah *agriculture*

X₄ = Jarak terhadap sungai

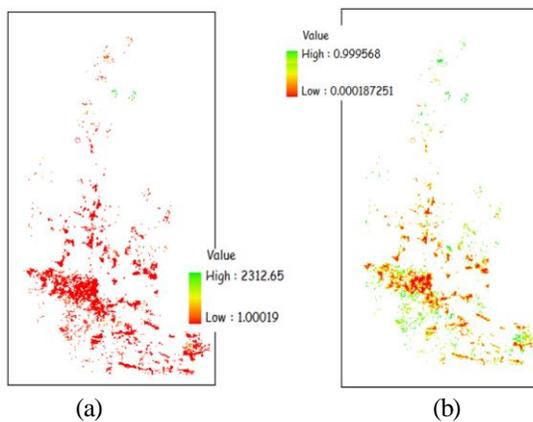
X₅ = Jarak terhadap lahan terbangun *eksisting* (tahun 2009)

3.6 Integrasi Model Regresi Logistik Biner dengan SIG

Peta probabilitas perubahan lahan terbangun untuk tahun 2006-2009 dihasilkan dari empat tahapan, dimana tahap pertama akan menghasilkan nilai logit (*pi*) dalam bentuk spasial yang dapat dilihat pada gambar 7(a). Tahap kedua akan menghasilkan nilai *Odd* perubahan dalam bentuk spasial seperti pada gambar 7(b). Tahap ketiga akan menghasilkan hasil *Odd+1* seperti pada gambar 8(a), dan untuk tahap terakhir akan dihasilkan hasil probabilitas perubahan lahan terbangun untuk tahun 2006-2009 seperti pada gambar 8(b).

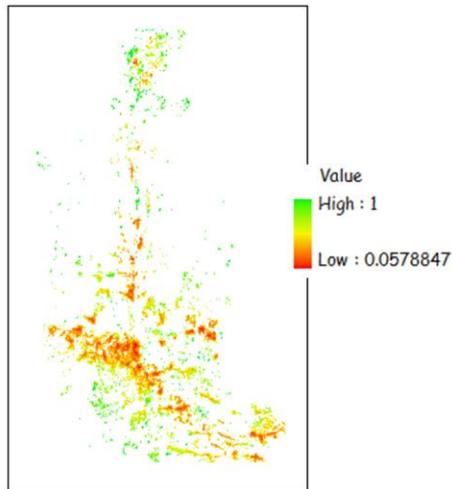


Gambar 7. (a) Hasil Nilai Logit (*pi*) (b) Hasil Nilai *Odd* (*pi/1-pi*)



Gambar 8. (a) Hasil Nilai *Odd* +1 (b) Hasil Probabilitas Perubahan Lahan Terbangun Tahun 2006-2009

Sama halnya dengan peta probabilitas lahan terbangun 2006-2009, untuk menghasilkan peta probabilitas lahan terbangun tahun 2009-2013 juga dilakukan empat tahapan seperti yang diolah di tahun 2006-2009. Adapun hasil probabilitas lahan terbangun tahun 2009-2013 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Probabilitas Perubahan Lahan Terbangun Tahun 2009-2013

3.7 Validasi Hasil Permodelan

Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah hasil permodelan dapat merepresentasikan secara akurat perubahan lahan terbangun yang sesungguhnya terjadi di lapangan. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil probabilitas perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 yang telah didapat pada proses sebelumnya dengan peta perubahan lahan terbangun antara tahun 2006-2009 dan 2009-2013. Prosentase keakuratan permodelan didasarkan dari tabulasi silang antara peta probabilitas dengan peta aktual, dimana hasil ketelitian yang didapat sebesar 76,53 %. Prosentase tersebut didasarkan dari jumlah piksel peta probabilitas yang sesuai dengan peta aktual. Untuk mengetahui apakah model regresi logistik biner yang didapat untuk tahun 2006-2009 dapat memprediksi perubahan lahan terbangun di tahun 2013, maka dibuat peta probabilitas perubahan lahan terbangun untuk tahun 2009-2013 dengan hasil model matematis dari perubahan lahan terbangun untuk tahun 2006-2009. Selanjutnya peta probabilitas perubahan lahan tersebut dibandingkan dengan peta perubahan lahan aktual tahun 2009-2013, dimana prosentase ketelitian yang didapat yaitu 71,69 % dengan prosentase masing-masing untuk lokasi yang mengalami perubahan (1) sebesar 72,35 % dan lokasi yang tidak mengalami perubahan (0) sebesar 71,39%.

Prosentase tingkat kepercayaan model untuk tahun 2006-2009 yang digunakan untuk memprediksi perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013 menunjukkan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tingkat kepercayaan model untuk tahun 2009-2013 dalam menentukan perubahan lahan terbangun aktual di tahun 2009-2013 yaitu sebesar 77,65%. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan variabel

prediktor yang mempengaruhi perubahan lahan terbangun di tahun 2009-2013. Variabel prediktor yang ditambahkan dalam model di tahun 2009-2013 adalah jarak terhadap lahan terbangun eksisting tahun 2009. Variabel tersebut tidak dapat ditambahkan di dalam model regresi logistik untuk tahun 2006-2009 dikarenakan variabel prediktor tersebut tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap perubahan lahan terbangun di tahun 2006-2009. Sedangkan di tahun 2009-2013 perubahan lahan terbangun dipengaruhi secara signifikan oleh jarak terhadap lahan terbangun eksisting tahun 2009. Hal ini menunjukkan bahwa, pembangunan lahan terbangun di tahun 2009 – 2013 sebagian besar berada di sekitar lahan terbangun eksisting di tahun 2009.

Model matematis regresi logistik biner baik yang didasarkan dari perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 maupun 2009-2013, keduanya dapat digunakan untuk memprediksi perubahan lahan terbangun untuk jangka tahun ke depan dengan tingkat kepercayaan yang cukup yaitu >70%. Namun jika dua model tersebut dibandingkan, maka model yang didasarkan dari perubahan lahan terbangun 2009-2013 lebih baik digunakan untuk memprediksi perubahan lahan terbangun untuk beberapa tahun ke depan. Hasil tingkat kepercayaan model menunjukkan bahwa ada variabel atau faktor lain yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun di Kota Batu selain dari variabel yang digunakan dalam penelitian ini.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Luas area lahan terbangun dari tahun 2006 sampai tahun 2013 mengalami peningkatan, dimana luas lahan terbangun di tahun 2006 (10,26 km²), tahun 2009 (12,67 km²), dan tahun 2013 (17,69 km²).
2. Hasil permodelan matematis *Binary Logistic Regression* dari perubahan lahan terbangun di Kota Batu untuk tahun 2006-2009 yaitu : $Y = 0,8028 + 0,0003 X_1 + 0,0071 X_2 - 0,0418 X_3 + 0,0004 X_4$, sedangkan perubahan lahan terbangun untuk tahun 2009-2013 di Kota Batu yaitu : $Y = -0,6227 + 0,0008 X_1 + 0,0025 X_2 - 0,0141 X_3 + 0,0002 X_4 + 0,0103 X_5$. Variabel X_1 merupakan jarak dari jalan kolektor, X_2 (jarak dari jalan lokal), X_3 (jarak dari *agriculture*), X_4 (jarak dari sungai), dan X_5 (jarak terhadap lahan terbangun eksisting (tahun 2009)).
3. Model matematis dari perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 memiliki tingkat kepercayaan model sebesar 76,53% dan dapat memprediksi perubahan lahan terbangun di Kota Batu untuk tahun 2009-2013 dengan tingkat kepercayaan model sebesar 71,69%. Model matematis dari perubahan lahan terbangun tahun 2009-2013 memiliki tingkat kepercayaan sebesar 77,65%.

4. Model matematis regresi logistik biner baik yang didasarkan dari perubahan lahan terbangun tahun 2006-2009 maupun 2009-2013, keduanya dapat digunakan untuk memprediksi perubahan lahan terbangun untuk jangka tahun ke depan dengan tingkat kepercayaan yang cukup >70%. Namun jika dua model tersebut dibandingkan, maka model yang didasarkan dari perubahan lahan terbangun 2009-2013 lebih baik digunakan untuk memprediksi perubahan lahan terbangun untuk beberapa tahun ke depan.

REFERENSI

- Anderson, J. R., Hardy, E., Roach, J., and Witmer, R., 1976, *A Land- use and Land-cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. Washington, DC: US Geological Survey.
- Chen, X., Ender, P., Mitchell, M. and Wells, C. (2003). Regression with Stata, from <https://stats.idre.ucla.edu/stat/stata/webbooks/reg/default.htm>. on 23th Aug 2018
- Hosmer, D., and Lemeshow, S., 2000, *Applied Logistic Regressions*. USA: John Wiley & Sons.
- Karsidi, Asep, 2011, Urban Growth Prediction Using Logistic Regression Model : Case Study in Bogor, West Java Province, Indonesia, *Jurnal Ilmiah Indonesia. PDII-LIPI*.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., and Chipman J.W., 2004, *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth Edition. New York : John Wiley & Sons.
- Purwadhani, S.H., 2001, *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo.
- R, Desutama, 2007, *Jalan Arteri Primer*, Politeknik Negeri Bandung, Bandung.