

Evaluasi Indeks Urban Pada Citra Landsat Multitemporal Dalam Ekstraksi Kepadatan Bangunan

SUKRISTIYANTI^a, R. SUHARYADI^b, RETNADI HERU JATMIKO^b

^aPusat Penelitian Geoteknologi, LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135

^bJurusan Geografi, UGM

ABSTRACT *The information of building density is so necessary in city planning. Monitoring of the dynamic city changing can be helped by the remote sensing data, one of them is Landsat image. Supposed to Kawamura (1997), urban index (UI) transformation on Landsat can be used to extract the building density. Application of a transformation is not enough to be adopted only, but it has to be evaluated, in order to increase the transformation accuracy. This research is done to evaluate the UI transformation on Landsat TM (Thematic Mapper) and ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus) images in extracting the density building. The digital image processing of multitemporal images has been done to reach the goal. We used 'inner ringroad Yogyakarta' as a research area. This research has got a summary that the UI transformation will be effective if it be applied in built up area only. If the area is a mixture of built up and non built up area, it has to be filtered by land cover layer (built up and non built up area).*

Keywords: remote sensing, urban index, Landsat TM, Landsat ETM+

PENDAHULUAN

Perencanaan kota membutuhkan data-data yang *real time* (mutakhir) seiring dengan perubahannya yang sangat cepat. Metode penginderaan jauh, dapat membantu penyediaan data spasial yang mutakhir dengan cepat dan ekonomis. Salah satu data yang dibutuhkan yaitu tingkat kepadatan bangunan atau BCR (*Building Coverage Ratio*). Data ini dapat dimanfaatkan dalam monitoring kepadatan bangunan, monitoring pemekaran kota, pencarian *slum area* (daerah kumuh) dan aplikasi lainnya.

Data tingkat kepadatan bangunan dapat diperoleh dengan penerapan indeks urban pada citra Landsat TM (*Thematic Mapper*) dan ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper plus*). Citra Landsat ini memiliki resolusi temporal yang baik, sehingga dapat berpacu dengan karakter daerah perkotaan yang dinamis. Akan tetapi, resolusi spasial citra Landsat tergolong kasar untuk kajian fenomena kekotaan, khususnya dalam ekstraksi tingkat kepadatan bangunan. Namun dengan penerapan suatu transformasi, kekurangannya dapat diatasi. Karena transformasi itu sendiri bertujuan untuk mempertajam suatu informasi tertentu sekaligus menghilangkan atau menekan informasi yang lain.

DAERAH PENELITIAN

Daerah penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu daerah perkotaan Yogyakarta, tepatnya *inner ring road* Yogyakarta atau daerah yang berada di dalam jalan lingkar Yogyakarta. Daerah penelitian ini terletak di tengah-tengah wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Secara administrasi, proporsi yang membangun daerah *inner ring road* Yogyakarta yaitu 40,08 % merupakan daerah Kota Yogyakarta; 21,75 % merupakan daerah Kabupaten Bantul, dan 38,17 % merupakan

daerah Kabupaten Sleman. Secara astronomis berdasarkan Peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) lembar 1408-223 (Yogyakarta), lembar 1408-224 (Timoho), dan lembar 1408-241 (Sleman) skala 1 : 25.000, daerah penelitian ini terletak di antara 110°19'25" BT – 110°25'54" BT dan di antara 7°44'37" LS – 7°50'15" LS. Luas daerah penelitian adalah 81,83 km². Penelitian ini dilakukan untuk melakukan evaluasi terhadap aplikasi transformasi indeks urban pada citra Landsat TM maupun ETM+ multitemporal dalam ekstraksi tingkat kepadatan bangunan.

LANDASAN TEORI

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1997).

Menurut Lo (1996), Landsat merupakan suatu hasil program sumberdaya bumi yang dikembangkan oleh NASA (*The National Aeronautical and Space Administration*) Amerika Serikat pada awal tahun 1970-an. Landsat diluncurkan pada tanggal 22 Juli 1972 sebagai ERTS-I (*Earth Resources Technology Satellite-I*) yang kemudian diganti namanya menjadi Landsat 1. Peluncuran Landsat 1 itu diikuti dengan Landsat-landsat yang lain dan yang terakhir diluncurkan yaitu Landsat 7 pada tanggal 15 April 1999.

Pada dasarnya, citra digital Landsat TM dan Landsat ETM+ memiliki karakteristik yang sama. Hanya saja citra digital Landsat ETM+ adalah versi terbarunya, dengan memiliki tambahan saluran pankromatik, dan saluran thermal yang ditajamkan resolusi spasialnya (*enhanced thermal band*). Saluran thermal pada citra Landsat TM mempunyai resolusi spasial 120 m, sedangkan pada citra Landsat ETM+ mengalami penajaman menjadi 60 m.

Indeks urban dapat digunakan untuk mendeteksi kepadatan bangunan dengan baik. Sebagaimana hasil penelitian (Kawamura, 1997), menunjukkan bahwa terbentuk korelasi positif yang besar antara indeks urban dengan kepadatan bangunan. Indeks urban bertolak belakang dengan NDVI (indeks vegetasi), terbukti dengan terbentuknya korelasi negatif yang besar antara keduanya. Hal ini cukup dimengerti dengan asumsi bahwa daerah yang kepadatan bangunannya lebih tinggi berarti vegetasinya lebih sedikit. Indeks urban mendasarkan pada Landsat TM saluran 7 dan 4, sedangkan NDVI mendasarkan pada saluran 4 dan 3. Formula 1 adalah formula indeks urban (*urban index / UI*) (Kawamura, 1997).

$$UI = \left[\frac{B7 - B4}{B7 + B4} + 1 \right] \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

UI adalah *Urban Index* (indeks urban), B7 adalah saluran 7 (inframerah tengah II), dan B4 adalah saluran 4 (inframerah dekat).

Pada saluran 7, obyek yang mempunyai pantulan spektral tertinggi yaitu obyek tanah kering. Pada saluran 4, obyek yang mempunyai pantulan spektral tertinggi yaitu obyek vegetasi. Dari formula indeks urban tersebut, maka obyek bangunan akan tampak cerah dengan indeks urban yang tinggi, dan obyek vegetasi akan tampak gelap dengan indeks urban yang rendah.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, dilakukan tiga tahap pemerolehan data. Yang pertama yaitu pemerolehan data distribusi kelas kepadatan bangunan dari citra digital Landsat TM dan ETM+ multitemporal, meliputi : koreksi radiometrik, koreksi geometrik, transformasi indeks urban, klasifikasi indeks urban. Yang kedua yaitu pemerolehan data BCR (*Building Coverage Ratio*) atau tingkat kepadatan bangunan. Data ini didapat dari perhitungan BCR pada blok – blok sampel terpilih. Blok sampel berukuran 60 m x 60 m (2 piksel x 2 piksel), yang merupakan 4 piksel yang berdekatan dengan nilai indeks urban yang hampir sama (homogen). BCR (tingkat kepadatan bangunan) diperoleh dengan formula 2.

$$\text{BCR} = \frac{\text{Luas lahan terbangun}}{\text{Luas lahan blok sampel}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dan yang ketiga yaitu analisis statistik untuk mengetahui kekuatan dan bentuk pengaruh antar variabel yang diuji. Analisis yang digunakan yaitu analisis korelasi. Analisis korelasi dimaksudkan untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel nilai rerata indeks urban pada blok-blok sampel dan variabel tingkat kepadatan bangunan hasil pengukuran pada blok-blok sampel. Besarnya derajat hubungan antara keduanya ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r). Besarnya r dihitung dengan formula 3 yaitu formula koefisien korelasi *product moment* (Sujana, 1975 dalam Prasetyo, 1994).

$$r_{xy} = \frac{(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{(\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2)(\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

dimana, r_{xy} = koefisien korelasi antara variabel x dan y; n = jumlah blok sampel; i = 1,2,3,....., n; X = nilai rerata indeks urban pada blok-blok sampel; dan Y = data tingkat kepadatan bangunan pada blok-blok sampel.

HASIL & PEMBAHASAN

Transformasi indeks urban melibatkan dua saluran inframerah, yaitu inframerah dekat (saluran 4) dan inframerah tengah II (saluran 7). Transformasi ini diterapkan untuk menonjolkan obyek tanah kering, dan menekan aspek vegetasi, dimana pantulan spektral yang tertinggi pada saluran 7 adalah obyek tanah kering dan pada saluran 4 adalah obyek vegetasi. Dengan asumsi bahwa atap bangunan didominasi oleh genteng, yang terbuat dari bahan dasar tanah, maka transformasi ini dicoba diterapkan untuk menyadap fenomena kekotaan, yang didominasi oleh obyek bangunan. Salah satu fenomena kekotaan adalah tingkat kepadatan bangunan atau BCR (*Building Coverage Ratio*), yang merupakan inti dari penelitian ini.

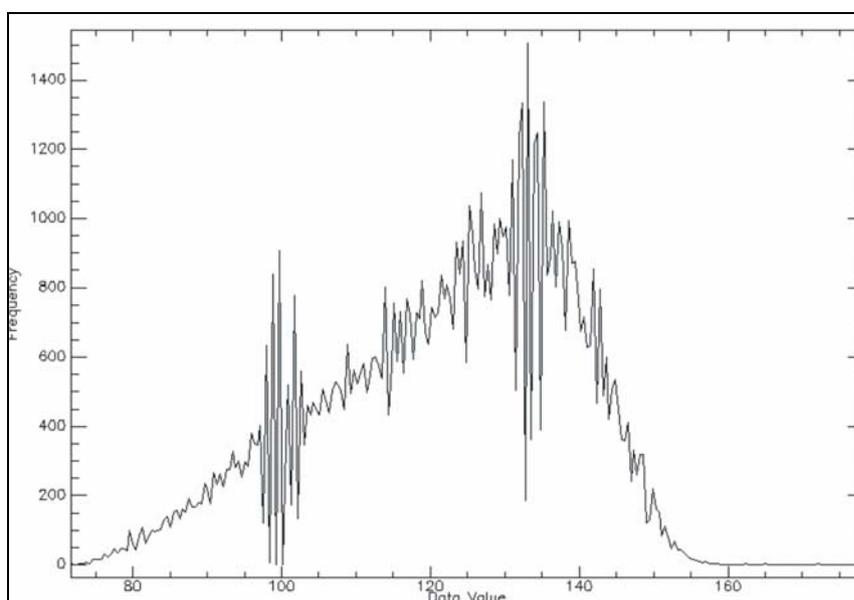
Hasil pertama yang diperoleh yaitu data distribusi indeks urban yang merupakan hasil transformasi indeks urban pada citra Landsat TM maupun ETM+. Aplikasi indeks urban pada citra Landsat TM tahun 1996 menghasilkan distribusi indeks urban tahun 1996 dan aplikasi indeks urban pada citra Landsat ETM+ tahun 2002 menghasilkan distribusi indeks urban tahun 2002, seperti tampak pada Gambar 1.

Indeks urban mempresentasikan tingkat kepadatan bangunan pada masing-masing piksel (lokasi). Dengan demikian, citra indeks urban pada Gambar 2 menunjukkan distribusi tingkat kepadatan

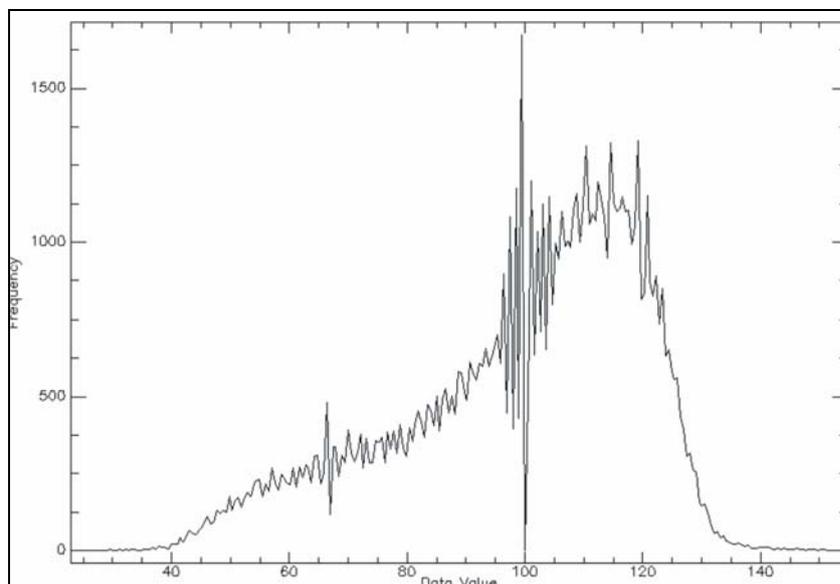
bangunan di daerah penelitian. Citra tersebut menampilkan konfigurasi derajat keabuan. Semakin tinggi nilai indeks urban suatu piksel, semakin tinggi derajat keabuaannya (tampak semakin cerah), dan semakin tinggi pula tingkat kepadatan bangunannya. Masing-masing citra distribusi indeks urban tersebut, secara statistik memiliki nilai-nilai seperti tertulis dalam Tabel 1.

Dari Tabel 1 diketahui bahwa nilai indeks urban pada citra tahun 1996 memiliki rentang antara 71,64 - 178,32 dan citra tahun 2002 memiliki rentang antara 22,86 - 154,91. Karena indeks urban menunjukkan tingkat kepadatan bangunan, maka secara logis, seharusnya rentang indeks urban tahun 2002 lebih tinggi atau setidaknya sama dengan rentang indeks urban tahun 1996. Tetapi pada kenyataannya tidak, rentang indeks urban tahun 1996 lebih tinggi daripada di tahun 2002. Salah satu penyebabnya yaitu adanya perbedaan kondisi atmosfer yang mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor.

Disamping nilai statistik yang berupa angka-angka tersebut, data citra juga dapat ditampilkan dalam bentuk histogram. Ini untuk menunjukkan sebaran antara nilai indeks urban (*data value*) yang berada di sumbu X terhadap frekuensinya yang berada di sumbu Y. Histogram citra distribusi indeks urban ini digunakan untuk dasar dalam menentukan kelas interval dalam proses klasifikasi. Menurut Swain dan Davis (1978), dalam Danoedoro (1996), diketahui bahwa dari sudut pandang statistik, tiap obyek homogen akan memberikan variasi nilai piksel yang berbentuk kurva normal. Dalam hal ini, obyek homogen menunjukkan suatu kelas kepadatan bangunan. Dengan demikian, digunakanlah histogram citra indeks urban dalam membuat klasifikasi tingkat kepadatan bangunan. Klasifikasi ini dilakukan dengan melakukan *slicing* (pemotongan) histogram citra distribusi indeks urban, baik tahun 1996 maupun tahun 2002. Gambar 2 dan 3 merupakan histogram citra indeks urban tahun 1996 dan 2002.



Gambar 2. Histogram nilai indeks urban (x) terhadap frekuensinya (y) pada citra distribusi indeks urban tahun 1996



Gambar 3. Histogram nilai indeks urban (x) terhadap frekuensinya (y) pada citra distribusi indeks urban tahun 2002

Mendasarkan pada kedua histogram tersebut, maka dalam klasifikasi ini, terdapat tiga kelas nilai indeks urban, yang mempresentasikan kelas kepadatan bangunan jarang (kelas I), sedang (II), dan padat (III). Berdasarkan kedua histogram itu pula, disusun klasifikasi seperti tertulis dalam Tabel 2. Klasifikasi pada Tabel 2 diterapkan pada citra distribusi indeks urban dan memberikan hasil seperti tertulis dalam Tabel 3.

Pada Tabel 3, terlihat adanya kejanggalan, dimana luas dari kelas I (jarang) dalam periode waktu tersebut (6 tahun) mengalami kenaikan dari 1360,17 ha menjadi 1953,21 ha. Hal ini mendorong pencarian variabel lain untuk mengoreksi peta kelas kepadatan bangunan tentatif. Karena, kekurangan keakuratan hasil dari transformasi indeks urban ini, maka dilakukan analisis statistik untuk mencari jawabannya.

Tabel 2. Klasifikasi indeks urban pada citra tahun 1996 dan 2002

No.	Kelas Interval Nilai Indeks Urban		Kelas Kepadatan Bangunan
	Tahun 1996	Tahun 2002	
1	95 – 105	45 – 95	I (jarang)
2	> 105 – 125	> 95 – 105	II (sedang)
3	> 125 – 150	> 105 – 135	III (padat)

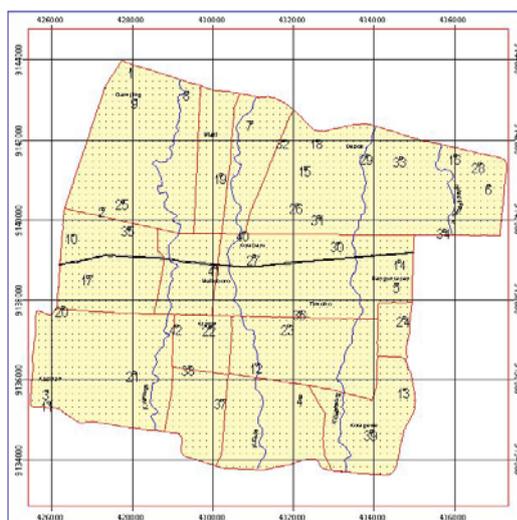
Tabel 3. Luas dan proporsi masing-masing kelas kepadatan bangunan tentatif

No.	Kelas Kepadatan Bangunan Tentatif	Tahun 1996		Tahun 2002	
		Luas (ha)	Proporsi (%)	Luas (ha)	Proporsi (%)
1	I (jarang)	1360,17	16,62	1953,21	23,87
2	II (sedang)	3414,55	41,73	2103,7	25,71
3	III (padat)	3407,88	41,65	4125,7	50,42

Analisis statistik yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu analisis korelasi antara indeks urban dengan tingkat kepadatan bangunan. Tidak semua populasi (piksel) dihitung dalam analisis ini, tetapi dengan sampling. Sampling dilakukan untuk menentukan sampel, dimana pada sampel tersebut dapat mewakili seluruh populasi. Sampling dilakukan dengan menggunakan metode *stratified proporsional sampling*. Dengan metode sampling ini, maka pemilihan sampelnya pun berstrata terhadap nilai indeks urban yang mempresentasikan tingkat kepadatan bangunan (BCR). Dalam sampling ini diperoleh 42 blok sampel. Sampel dipilih pada citra distribusi indeks urban tahun 1996 dengan memperhatikan kehomogenan nilai piksel pada blok-blok sampel yang akan terpilih. Dengan lokasi sampel yang sama, dilakukan juga sampling pada data tahun 2002. Setiap blok sampel berukuran 2 piksel x 2 piksel (60 m x 60 m). Data yang dicari yaitu nilai rerata indeks urban dari 4 piksel penyusun blok sampel dan tingkat kepadatan bangunan masing-masing blok sampel tersebut.

Data tingkat kepadatan bangunan (BCR) tahun 1996 disadap dari interpretasi dan perhitungan pada ortofoto yang disempurnakan dengan cek lapangan, sedangkan data tingkat kepadatan bangunan tahun 2002 diperoleh dari survey lapangan. Pada interpretasi maupun survey lapangan ini hanya membedakan antara obyek bangunan (*built up area*) dengan obyek yang lain (*non built up area*), dua hal yang diperlukan dalam perhitungan tingkat kepadatan bangunan. Gambar 4 menampilkan distribusi lokasi blok-blok sampel terpilih dan hasil perhitungan tingkat kepadatan bangunan (BCR) untuk tahun 1996 dan 2002.

Dari data-data yang diperoleh tersebut, dilakukanlah analisis korelasi. Pada penelitian ini dilakukan analisis korelasi antara rerata indeks urban dengan data tingkat kepadatan bangunan yang disadap dari blok-blok sampel, baik untuk data tahun 1996 maupun tahun 2002. Dari hasil interpretasi pada ortofoto maupun survey lapangan, ternyata tidak semua blok sampel merupakan lahan terbangun (*built up area*), tetapi ada beberapa di antaranya merupakan lahan tidak terbangun (*non built up area*). Dengan demikian, dalam analisis statistika ini, tidak hanya melakukan analisis dengan jumlah data (N) semua blok sampel (42 buah), tetapi juga dengan jumlah data (N) dari blok-blok sampel yang merupakan lahan terbangun saja. Hal ini bertujuan agar diketahui pengaruh dari kehomogenan blok sampel. Hasil analisis korelasi antara nilai rerata indeks urban dengan data tingkat kepadatan bangunan yang disadap dari blok-blok sampel, dapat dilihat pada tabel – tabel di bawah ini.



Gambar 4. Distribusi blok sampel terpilih di daerah penelitian

Tabel 4. Tingkat kepadatan bangunan (BCR) pada blok-blok sampel untuk tahun 1999 dan 2002

No.	BCR th 1996 (%)	BCR th 2002 (%)	No.	BCR th 1996 (%)	BCR th 2002 (%)
1	0	0	22	0	0
2	0	0	23	33,55869	33,55869
3	0	0	24	20,90708	44,37263
4	0	0	25	29,55151	29,55151
5	0	10,42788	26	0	61,21329
6	0	0	27	0	0
7	0	0	28	28,85334	31,00138
8	24,11145	24,11145	29	0	0
9	20,60381	40,29669	30	32,61305	32,61305
10	16,98173	24,67478	31	45,85543	52,75611
11	21,69644	23,26343	32	50,96629	50,96629
12	4,476003	4,476003	33	0	0
13	12,59934	21,36089	34	37,6029	55,56334
14	2,216277	4,658322	35	34,46107	43,09272
15	26,60707	57,11152	36	50,17709	50,17709
16	31,49871	51,3194	37	35,28639	36,12226
17	10,07131	13,63821	38	41,29441	41,65807
18	30,97939	32,84089	39	52,53813	58,35619
19	24,09181	25,99842	40	51,06028	52,76065
20	33,28755	43,93274	41	60,97603	60,97603
21	29,40904	48,57312	42	60,90333	60,90333

Tabel 5. Hasil analisis korelasi antara nilai rerata indeks urban 1996 (UI_96) terhadap BCR (*building density*) tahun 1996 dengan N=42 (semua blok sampel)

		UI_96	building density
UI_96	Pearson Correlation	1.000	.773
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	42	42
building density	Pearson Correlation	.773	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	42	42

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 6. Hasil analisis korelasi antara nilai rerata indeks urban tahun 1996 (UI_96) terhadap BCR (*building density*) tahun 1996 dengan N=30 (jumlah blok sampel dengan penutup lahan berupa lahan terbangun)

		UI_96	building density
UI_96	Pearson Correlation	1.000	.907
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	30	30
building density	Pearson Correlation	.907	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	30	30

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 7. Hasil analisis korelasi antara nilai rerata indeks urban tahun 2002 (UI_02) terhadap BCR (*building density*) tahun 2002 dengan N=42 (semua blok sampel)

		Building Density	UI_02
Building Density	Pearson Correlation	1.000	.589
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	42	42
UI_02	Pearson Correlation	.589	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	42	42

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 8. Hasil analisis korelasi antara nilai rerata indeks urban tahun 2002 (UI_02) terhadap BCR (*building density*) tahun 2002 dengan N=32 (jumlah blok sampel dengan penutup lahan berupa lahan terbangun)

		Building Density	UI_02
Building Density	Pearson Correlation	1.000	.794
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	32	32
UI_02	Pearson Correlation	.794	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	32	32

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa pada blok sampel yang homogen, dengan penutup lahan berupa lahan terbangun saja, memiliki koefisien korelasi yang lebih besar dibandingkan pada blok sampel yang heterogen dalam hal penutup lahan, baik untuk tahun 1996 maupun tahun 2002.

Asumsi yang melandasi hubungan antara indeks urban dengan tingkat kepadatan bangunan (BCR) yaitu semakin tinggi nilai indeks urban, maka tingkat kepadatan bangunannya juga akan semakin tinggi. Dari hasil penelitian, ternyata asumsi tersebut tidak selalu benar. Suatu nilai indeks urban yang tinggi, dari hasil interpretasi ortofoto maupun survey lapangan, ternyata belum tentu mempresentasikan tingkat kepadatan bangunan tertentu. Sebagai contoh pada beberapa blok sampel dengan indeks urban yang cukup tinggi ternyata memiliki tingkat kepadatan bangunan 0 %, karena blok-blok sampel tersebut ternyata berupa lahan tak terbangun. Lahan tak terbangun pada umumnya memiliki nilai indeks urban yang rendah karena sebagian besar lahan tak terbangun adalah lahan bervegetasi. Namun karena sesuatu hal, ada kalanya lahan tak terbangun memiliki indeks urban yang

tinggi. Ini dapat dijumpai pada lahan pertanian (sawah) yang sedang bero atau habis masa panen, sehingga yang terekam adalah dominasi pantulan spektral dari tanah terbuka yang tidak bervegetasi.

Dari uraian di atas, dapat diketahui bahwa indeks urban hanya dapat diterapkan pada suatu liputan daerah yang secara keseluruhan merupakan lahan terbangun. Apabila, indeks urban diterapkan untuk suatu liputan daerah yang secara keseluruhan bukan merupakan lahan terbangun, maka diperlukan suatu variabel lain untuk meningkatkan akurasi hasil. Hal ini juga dikuatkan dari hasil analisis statistik, bahwa, blok sampel yang homogen, dengan penutup lahan berupa lahan terbangun saja, memiliki koefisien korelasi yang lebih besar dibandingkan pada blok sampel yang heterogen dalam hal penutup lahan, baik untuk tahun 1996 maupun tahun 2002. Ini dapat disimpulkan, bahwa aplikasi transformasi indeks urban dalam ekstraksi tingkat kepadatan bangunan membutuhkan filter yang berupa peta liputan lahan level 1, yang hanya membedakan antara lahan terbangun dan tidak terbangun.

Dalam metode pemfilteran ini, menggunakan landasan asumsi bahwa suatu lahan yang memiliki penutup lahan berupa lahan tak terbangun, praktis daerah tersebut memiliki tingkat kepadatan bangunan 0 %, tanpa memperhatikan lagi berapa nilai indeks urbannya. Setiap satuan lahan dengan kelas kepadatan bangunan II hingga III pada peta kelas kepadatan bangunan tentatif, akan aktual (sesuai dengan kondisi di lapangan), jika pada satuan lahan tersebut memiliki penutup lahan berupa lahan terbangun. Tetapi, jika pada satuan lahan tersebut memiliki penutup lahan berupa lahan tak terbangun, berarti kelas kepadatan bangunan tentatifnya tidak aktual, sehingga harus dikoreksi, yaitu menjadi kelas I (jarang). Dengan dilakukan filtering ini, maka akan diperoleh peta kelas kepadatan bangunan aktual.

KESIMPULAN

Transformasi indeks urban pada data digital Landsat TM atau ETM+ memiliki keunggulan sekaligus kelemahan dalam mempresentasikan distribusi tingkat kepadatan bangunan. Keunggulannya yaitu indeks urban dapat mempresentasikan distribusi tingkat kepadatan bangunan dengan baik, dibuktikan dengan koefisien korelasi yang besar positif antara kedua variabel tersebut. Sedangkan kelemahannya yaitu hasil klasifikasi citra distribusi indeks urban adalah peta kelas kepadatan bangunan tentatif, tidaklah aktual, apabila tidak seluruh daerah liputan berupa lahan terbangun. Penerapan transformasi indeks urban dapat dilakukan pada daerah liputan yang heterogen, asalkan dilakukan filtering dengan layer penutup lahan level 1 (lahan terbangun dan lahan tak terbangun).

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro, P. 1996. Pengolahan citra digital. Yogyakarta, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Kawamura, M., Jayamanna, S., Tsujiko, Y. 1997. Comparison of urban and environmental condition in asian cities using satellite remote sensing data. Proceeding of The 18th Asian Conference on Remote Sensing. Kuala Lumpur.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. 1997. Penginderaan jauh dan interpretasi citra. Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Lo, C.P. 1996. Pengindraan jauh terapan. Jakarta, UI Press.

Prasetyo, A.T. 1994. Aplikasi Penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk penentuan prioritas rehabilitasi hutan (kasus wilayah hutan KPH Kendal Jawa Tengah). Skripsi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

Naskah masuk: 14 Desember 2006

Naskah diterima: 20 Mei 2007