

Analisis Perubahan Sebaran Pulau Panas Perkotaan (*Urban Heat Island*) di Wilayah DKI Jakarta dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan, Kondisi Vegetasi dan Perkembangan Kawasan Terbangun Menggunakan Data Penginderaan Jauh

Indah Prasasti¹, Parwati¹, Nurwita Mustika Sari¹, Nur Febrianti¹

¹ Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – LAPAN. Email: septian_5990@yahoo.com

Abstrak – Aktivitas antropogenik dari pertumbuhan dan perkembangan perkotaan di wilayah DKI Jakarta telah menyebabkan kondisi iklim makin tidak nyaman dan cenderung semakin panas dan berpotensi menimbulkan pulau panas perkotaan (UHI). Fenomena UHI menyebabkan perubahan iklim mikro di wilayah perkotaan dan menurunkan tingkat kenyamanan lingkungan perkotaan. Walaupun, fenomena ini bisa diamati melalui pengamatan suhu udara yang diukur oleh stasiun klimatologi, namun cakupannya relatif terbatas. Oleh karena itu, pemanfaatan data penginderaan jauh (inderaja) sangat penting karena cakupan pemantauannya lebih luas, juga lebih efektif, dan dapat digunakan pula untuk memetakan pola perubahan ruang terbuka hijau serta mengamati kondisi lingkungan (iklim mikro) wilayah perkotaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan sebaran pulau panas perkotaan dan hubungannya dengan perubahan penggunaan lahan, tingkat kehijauan (NDVI), dan peningkatan kawasan terbangun (NDBI) di wilayah DKI Jakarta berdasarkan data inderaja. Data yang digunakan adalah data Landsat ETM tahun 2007 dan Landsat 8 tahun 2013. Informasi yang diekstraksi dari data inderaja dalam penelitian ini adalah penutup penggunaan lahan, tingkat kehijauan vegetasi (NDVI = Normalized difference vegetation index), suhu permukaan darat (LST = Land Surface Temperature), dan indeks luas area terbangun (NDBI = Normalized Difference Build-up Index). Hasil analisis menunjukkan bahwa selama periode tahun 2007 – 2013 telah terjadi peningkatan suhu permukaan dan terdeteksinya pulau-pulau panas di wilayah DKI Jakarta, khususnya di beberapa wilayah pusat-pusat bisnis dan kegiatan manusia. Walaupun terjadi peningkatan luas area kebun campur dan penurunan luas permukiman, namun pulau-pulau panas masih terdeteksi di beberapa wilayah. Pulau panas terdeteksi pada daerah yang mengalami penurunan tingkat kehijauan (NDVI). Penggunaan indeks NDBI untuk menentukan perkembangan kawasan terbangun tidak memberikan informasi yang baik untuk menilai hubungannya dengan keberadaan pulau-pulau panas.

Kata kunci: Pulau Panas (*urban heat island*), NDVI, NDBI, DKI Jakarta

PENDAHULUAN

Sebagai kota metropolitan, pertumbuhan dan perkembangan wilayah DKI Jakarta akibat pertambahan jumlah penduduk, urbanisasi, dan pertumbuhan ekonomi merupakan suatu hal yang biasa. Namun, kondisi ini telah menyebabkan kondisi iklim di wilayah Jakarta berubah menjadi tidak nyaman dan cenderung semakin panas. Hal ini timbul akibat berbagai aktivitas antropogenik yang dilakukan oleh masyarakat Jakarta.

Aktivitas antropogenik yang terjadi di wilayah perkotaan telah merubah karakteristik fisik permukaan (albedo, kapasitas termal, konduktivitas panas, dan kelembaban) dan berdampak pada perubahan neraca energi lokal. Selain itu, perubahan penutup lahan dari kondisi hijau (alamiah) menjadi jalan aspal/beton, gedung-gedung, kawasan industri akan mengubah pertukaran radiasi dan energi pada permukaan lahan sehingga mengganggu kesetimbangan neraca permukaan dan mengakibatkan meningkatnya suhu permukaan. Disamping itu, bahang yang dilepaskan oleh aktivitas manusia, seperti: pembakaran dan gas buangan kendaraan bermotor, polusi udara, dan penggunaan peralatan rumah tangga (penyejuk udara (AC = *air conditioner*), lemari es, dsb); akan menambah hangat suhu udara di wilayah perkotaan. Kenaikan suhu permukaan ini berakibat pada peningkatan fluks bahang terasa (*sensible heat flux*) dan suhu udara. Kondisi ini akan berpotensi menimbulkan fenomena pulau panas perkotaan (UHI = *urban heat island*), yakni fenomena yang terjadi akibat adanya perbedaan suhu

perkotaan yang mencolok dibandingkan dengan wilayah sekitarnya. UHI merupakan salah satu indikator untuk evaluasi kondisi lingkungan (kenyamanan) suatu perkotaan.

Fenomena UHI ini juga dapat berdampak pada perubahan kondisi cuaca dan iklim lokal, perubahan pola angin lokal, memacu perkembangan awan dan kabut, meningkatkan jumlah peristiwa petir, dan meningkatkan curah hujan. Selain itu, kualitas udara yang buruk yang dihasilkan dari penggunaan energi yang meningkat dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi manusia dan mempengaruhi kesehatan, memperparah asma atau penyakit pernapasan lainnya. Oleh sebab itu, deteksi dan pemantauan terkait dengan fenomena UHI sangat penting dan diperlukan guna memberikan informasi dan saran bagi perencanaan dan perlindungan lingkungan perkotaan. Fenomena UHI ini dapat diamati berdasarkan pola perubahan sebaran suhu permukaan menggunakan data penginderaan jauh (inderaja).

Kajian pemanfaatan data inderaja untuk pendugaan UHI di permukaan telah dipelopori oleh Rao (1972). Selanjutnya kajian UHI dari data inderaja dilakukan pula oleh Roth et al. (1989) dan Shangming & Bo (2001) yang menggunakan data NOAA AVHRR, MODIS (Ochi et al., 2002), Landsat TM (120 m) dan ETM (90 m) (Kim, 1992; Nichol, 1994; 1996a; 1996b; Weng, 2001), kombinasi data suhu observasi stasiun dengan peta suhu kecerahan (T_b = temperature brightness) dari data AATSR (Advanced Along Track Scanning Radiometer) pada satelit ENVISAT (Fabrizi et al., 2010), Landsat TM dan ASTER (Liu dan Zhang, 2011). Penggunaan data NOAA-AVHRR (Roth et al., 1989, Shangming dan Bo (2001) dan MODIS (Ochi et al., 2002) dikarenakan kedua jenis data tersebut memiliki frekuensi temporal yang tinggi yang memungkinkan diperolehnya data pada siang dan malam hari. Citra NOAA-AVHRR dan MODIS yang paling baik untuk kajian UHI adalah citra yang diperoleh pada pukul 02.30 (malam) dan 14.00 (siang). Hal ini berkaitan dengan pembentukan pulau panas maksimum yang terjadi yang dapat diwakili oleh suhu permukaan (T_s) pada siang dan malam hari. Streutker (2002) menggunakan data AVHRR level 1b HRPT (High Resolution Picture Transmission) dari NOAA-14 untuk menurunkan data T_s . Data T_s tersebut dimaksudkan untuk mengkaji suhu permukaan UHI dan korelasi antara UHI dengan suhu di pedesaan di beberapa wilayah kota di Houston, Texas, Amerika Serikat. Sementara itu Khomarudin (2004) mendeteksi adanya UHI di wilayah Gresik, Surabaya, dan Sidoarjo berdasarkan model neraca energi yang dikembangkan oleh Narasimhan dan Sirivasan (2002 dalam Khomarudin, 2004) dengan menggunakan data NOAA-AVHRR dan Landsat.

Nichol (2005) menggunakan citra ASTER untuk mendapatkan nilai T_s pada malam hari dan citra Landsat ETM+ (kanal 6) untuk nilai T_s pada siang hari. Hasil kajian Nichol menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat erat antara T_s yang diekstraksi dari citra inderaja dengan T_a (suhu udara) hasil observasi stasiun iklim. Keragaman (R^2) antara T_s dari citra dengan T_a pada siang dan malam hari (pukul 19.00 – 23.00) berturut-turut adalah 0.81 dan 0.94. Hal ini berarti bahwa sekitar 81 % (siang hari) dan 94% (malam hari) keragaman nilai T_a dapat dijelaskan oleh nilai T_s . Dengan demikian, sangat relevan apabila nilai T_s yang diekstraksi dari data inderaja dapat digunakan untuk menduga nilai T_a dan untuk mengamati kondisi iklim mikro sebuah kota.

Yuan & Bauer (2007) menggunakan persen ISA (*Impervious Surface Area*), NDVI (*normalized difference vegetation index*), dan LST (*land surface temperature*) yang diturunkan dari data Landsat TM dan ETM+ sebagai indikator adanya UHI yang diamati pada empat musim yang berbeda di wilayah metropolitan Twin Cities, Minnesota, Amerika. ISA digunakan untuk menduga jumlah relatif luas permukaan yang kedap atau tidak dapat tembus (seperti: trotoar, area parkir, material atap bangunan) sebagai indikator utama kualitas air dan penggunaan lahan perkotaan (Arnold & Gibbon, 1996 dalam Imhoff et al., 2010). Sementara Imhoff et al. (2010) juga menggunakan data ISA yang diturunkan dari data Landsat 7 ETM+ dan IKONOS, LST 8 harian dan komposit NDVI 16 harian dari MODIS, dan data SRTM untuk mencirikan perbedaan suhu atau mendeteksi UHI di berbagai perkotaan di daratan Amerika. Liu dan Zhang (2011) memanfaatkan data Landsat TM dan ASTER untuk menganalisis pengaruh UHI di Hongkong pada tahun 2005. Distribusi LST diturunkan dari data Landsat TM (band 6) menggunakan algoritma jendela-tunggal dan ASTER (band 13: 10.25 – 10.95 μm dan band 14: 10.95 – 11.65 μm) dengan algoritma *split-window*. Pola distribusi LST digunakan untuk mencirikan pengaruh kondisi lokal terhadap UHI. Selanjutnya, Liu dan Zhang (2011) mengkorelasikan LST dengan NDVI dan NDBI (*Normalized Difference Build-up Index*) untuk menganalisis dampak keberadaan lahan bervegetasi dan lahan terbangun terhadap UHI, karena UHI dapat digunakan sebagai indeks evaluasi ekologis sebuah wilayah perkotaan. NDBI merupakan rasio dari perbedaan antara nilai band inframerah tengah (MIR = *middle infrared*) dengan inframerah dekat (NIR = *Near infrared*) terhadap jumlah nilai band MIR (band 5) dengan NIR (band 4). NDBI merupakan salah satu indeks yang dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan informasi lebih baik tentang lahan terbangun. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya korelasi negatif antara LST dengan NDVI dan positif dengan NDBI. Hal ini berarti bahwa peningkatan luas lahan bervegetasi akan menurunkan nilai UHI, sebaliknya peningkatan luas area terbangun akan meningkatkan nilai UHI. Sementara Zhang dan Wang (2008) telah mengkaji keterkaitan antara kenaikan suhu udara dengan peningkatan kawasan perkotaan. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara bentuk pulau panas (UHI), kerapatan penduduk, dan pusat-pusat kota (lahan terbangun).

Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan sebaran pulau panas perkotaan dan hubungannya dengan perubahan penggunaan lahan, tingkat kehijauan (NDVI), dan peningkatan kawasan terbangun (NDBI) di wilayah DKI Jakarta berdasarkan data inderaja.

DATA DAN METODE

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Landsat ETM tahun 2007 dan Landsat 8 tahun 2013 dari path/row 122/064 dan 122/065. Wilayah kajian adalah DKI Jakarta. Data ini diperoleh dari Pusat Teknologi Data Penginderaan Jauh LAPAN.

Metode

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap pekerjaan, yakni:

1). Ekstraksi penutup penggunaan lahan menggunakan teknik klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*) menggunakan metode Isodata,

2). Perhitungan nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) berdasarkan persamaan berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$
 dengan NIR adalah band Inframerah Dekat (*Near Infrared*) dan R adalah band merah (*Red*)/*visible*,

3). Perhitungan nilai suhu permukaan daratan (LST = *Land Surface Temperature*) dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

a). mengkonversi nilai digital (DN = *Digital Number*) kanal 6 Landsat ETM menjadi nilai spektral radiansi (L_{λ}) menggunakan persamaan berikut (Landsat Project Science Office, 2002):

$$L_{\lambda} = 0.0370588 \times DN + 3.2$$
 ,

b). mengkonversi nilai spektral radiansi menjadi suhu kecerahan (T_b = *temperature brightness*) dengan asumsi bahwa nilai emisivitasnya adalah seragam menggunakan persamaan (Landsat Project Science Office, 2002):

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

dengan T_b adalah suhu kecerahan (°K), L_{λ} adalah nilai spektral radiansi (W/m² ster μm), K_2 dan K_1 adalah konstanta kalibrasi, dan

c). menghitung LST dengan persamaan (Artis & Carnahan (1982) dalam Weng *et al.* (2003)):

$$LST = \frac{T_b}{\left[1 + \left(\frac{\lambda T_b}{\alpha}\right) \ln \varepsilon\right]}$$

dengan λ adalah panjang gelombang dari radiansi yang diemisikan, $\alpha = \frac{hc}{K}$ (1.438 x 10⁻² mK) dimana h = konstanta Planck (6.626 x 10⁻³⁴ Js), c adalah kecepatan cahaya (2.998 x 10⁸ m/s).

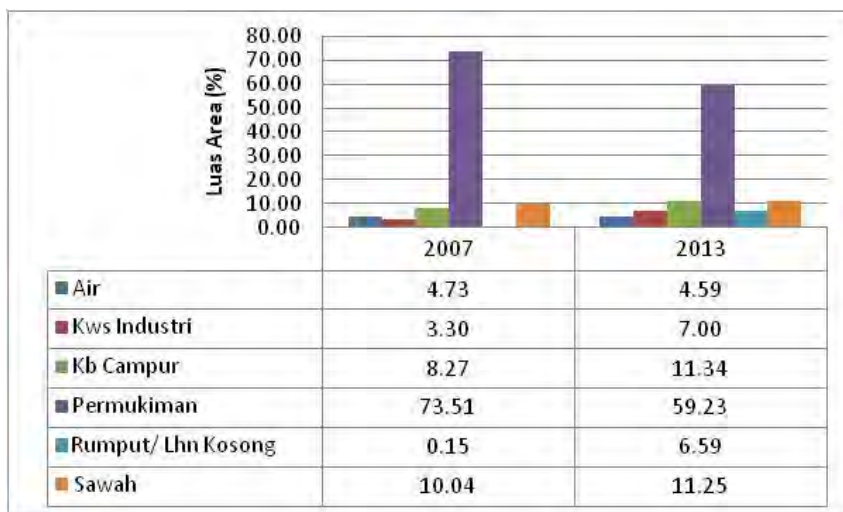
4). Perhitungan nilai NDBI. NDBI merupakan salah satu indeks yang digunakan untuk ekstraksi informasi kondisi kawasan terbangun di daerah perkotaan. Nilai NDBI diperoleh melalui persamaan (Zha *et al.*, 2003):

$$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR}$$

dengan MIR adalah kanal inframerah tengah (*middle infrared*) (band 5 pada Landsat ETM) dan NIR adalah band inframerah dekat (band 4 pada Landsat ETM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

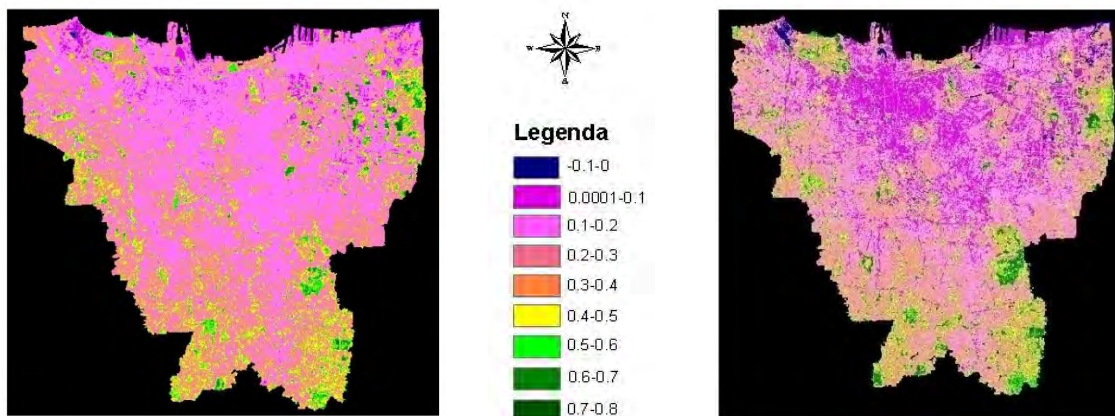
Perubahan kondisi suhu lingkungan di wilayah Jakarta akibat adanya perubahan penutup penggunaan lahan dan area vegetasi dinilai berdasarkan analisis perubahan kondisi penutup penggunaan lahan, NDVI, LST, dan NDBI. Analisis perubahan ini dilakukan untuk kondisi tahun 2013 terhadap tahun 2007. Informasi penutup penggunaan lahan, NDVI, LST, dan NDBI ini diperoleh dari hasil ekstraksi data inderaja Landsat ETM tahun 2007 dan Landsat 8 tahun 2013. Hasil ekstraksi informasi penutup penggunaan lahan, NDVI, LST, dan NDBI disajikan pada Gambar 3.1 – Gambar 3.5.



Gambar 3.1. Persentase luas masing-masing kelas penutup/penggunaan lahan tahun 2007 dan 2013 di Wilayah DKI Jakarta

Hasil analisis menunjukkan bahwa dari tahun 2007 ke tahun 2013 telah terjadi perubahan yang cukup signifikan pada penutup penggunaan lahan di wilayah DKI Jakarta. Secara spasial terlihat bahwa persentase luas kawasan permukiman pada tahun 2013 menurun dibandingkan dengan tahun 2007 (Gambar 3.1), namun terjadi peningkatan kawasan industri dan rumput/lahan kosong. Selain itu, area kebun campur tampak meningkat dibanding tahun 2007. Hal ini bisa disebabkan oleh adanya upaya peningkatan area Ruang Terbuka Hijau yang dilakukan oleh Pemprov DKI Jakarta.

Walaupun secara spasial persentase luas area kebun campur meningkat, tetapi dalam kurun waktu 2007 hingga 2013 tampak pula terjadi penurunan tingkat kehijauan vegetasi dari NDVI > 0.4 di wilayah Jakarta dan makin luasnya wilayah dengan NDVI kurang dari 0.1 (Gambar 3.2). Kondisi penurunan tingkat NDVI ini tampak terjadi di sekitar wilayah Monas, Kemayoran, Cempaka Putih, Matraman, Kelapa Gading, Tambora, Palmerah, Grogol, Mampang, dan beberapa kawasan lainnya. Hal ini bisa dikarenakan makin meningkatnya kawasan perkantoran dan permukiman serta gedung bertingkat. Meskipun demikian, pada beberapa tempat juga terlihat adanya peningkatan luasan area bervegetasi (NDVI meningkat), seperti yang terjadi di sekitar Bandar Udara Halim Perdana Kusuma.



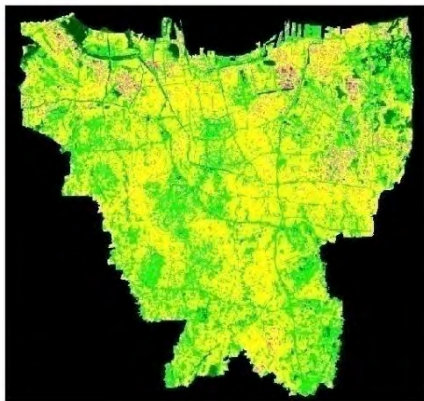
Sumber: Data Landsat ETM+

Sumber: Data Landsat 8

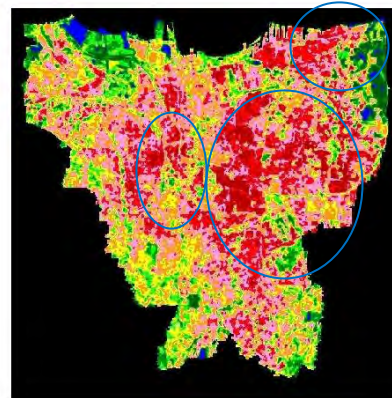
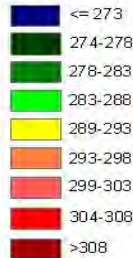
Gambar 3.2. Kondisi Tingkat Kehijauan Vegetasi (NDVI) pada tahun 2007 (kiri) dan tahun 2013 (kanan) di Wilayah DKI Jakarta

Gambar 3.3 memperlihatkan bahwa suhu yang tinggi (dalam lingkaran) atau pulau panas (UHI) umumnya terdeteksi di kawasan industri, pusat kota, kawasan dengan tingkat lalu lintas yang padat, dan tingkat aktivitas penduduk yang tinggi, seperti di sekitar Tanjung Priok, Jalur Tol Jagorawi, Cempaka Putih, Kemayoran, Jatinegara, Gatot Subroto, Duren Sawit, dsb. Selanjutnya berdasarkan Gambar 3.4 tampak bahwa pada tahun 2013 terjadi peningkatan persentase area dengan suhu yang melebihi $\approx 293^{\circ}\text{K}$ dibandingkan pada tahun 2007 yang sebelumnya suhu tertinggi terjadi pada sekitar $289^{\circ}\text{K} - 293^{\circ}\text{K}$. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh adanya penambahan panas dari aktivitas manusia maupun polusi yang dihasilkan oleh buangan industri dan kendaraan bermotor. Selain itu dapat pula disebabkan oleh permukaan jalan aspal dan beton serta dinding bangunan yang

menyimpan panas yang diterimanya dari pemanasan oleh matahari dari pagi hingga siang hari yang selanjutnya akan dilepaskan kembali ke udara setelah matahari terbenam.



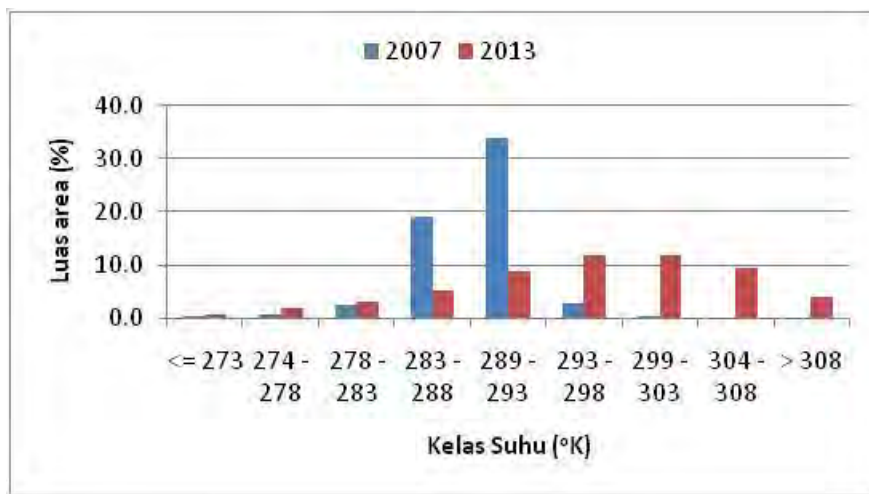
Legenda



Sumber: Data Landsat ETM+

Sumber: Data Landsat 8

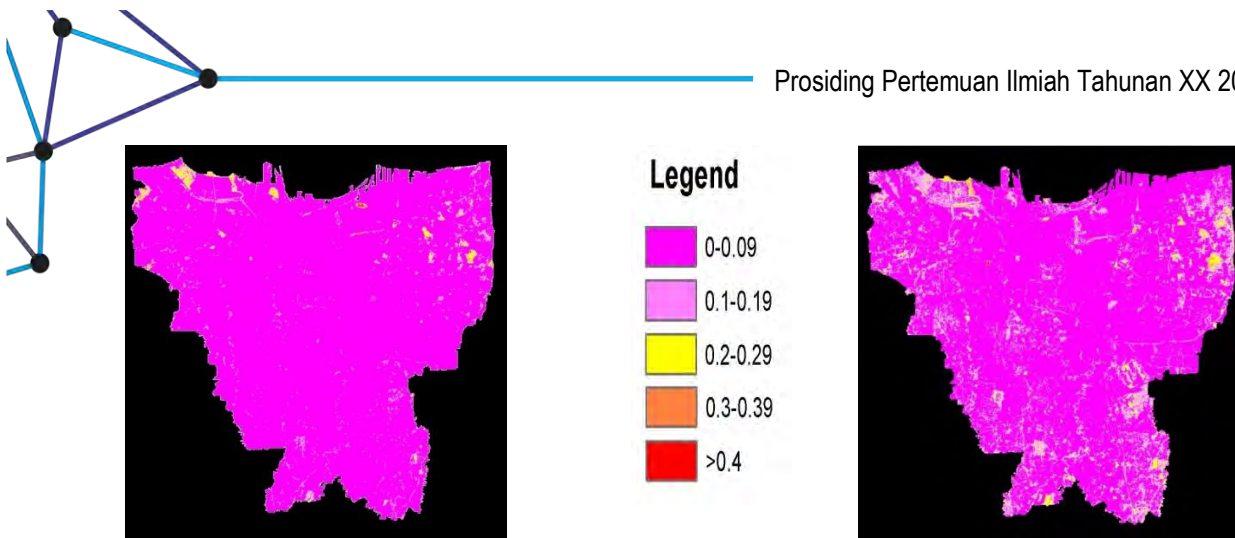
Gambar 3.3. Pola sebaran suhu permukaan pada tahun 2007 (kiri) dan tahun 2013 (kanan) di Wilayah DKI Jakarta



Gambar 3.4. Luas area (%) masing-masing kelas suhu permukaan di wilayah DKI Jakarta

Dari hasil kondisi NDVI dengan suhu permukaan nampak bahwa penurunan kondisi NDVI yang terjadi di beberapa tempat; terutama di pusat-pusat bisnis dan kegiatan manusia, telah meningkatkan suhu permukaan dan menimbulkan pulau-pulau panas di wilayah DKI Jakarta. Walaupun telah dilakukan upaya meningkatkan luas area bervegetasi (terlihat dari adanya peningkatan luas kawasan kebun campuran), namun keberadaan pulau-pulau panas masih tampak jelas terjadi di beberapa tempat (seperti pada daerah-daerah lingkaran biru pada Gambar 3.3).

Sementara itu, dari hasil pemantauan nilai NDBI (Gambar 3.5) tidak cukup menggambarkan kondisi perkembangan kawasan terbangun secara baik. Oleh sebab itu, belum dapat dianalisis keterkaitan antara perkembangan kawasan terbangun (NDBI) dengan adanya pulau panas di wilayah DKI Jakarta. Hal ini disebabkan adanya *noise* yang terjadi pada hasil perhitungan nilai NDBI yang akan dijelaskan pada uraian berikut ini.



Gambar 3.5. Pola sebaran nilai NDBI pada tahun 2007 (kiri) dan 2013 (kanan) di wilayah DKI Jakarta

Pada dasarnya nilai NDBI ini dikembangkan berdasarkan respon spektral yang unik dari kawasan lahan terbangun terhadap panjang gelombang MIR (*middle infra red*) yang lebih tinggi dibandingkan terhadap panjang gelombang NIR (*near infra red*). Akan tetapi, ternyata kondisi ini tidak selalu benar. Hasil Kajian Cibula *et al.* (1992) dan Gao (1996) menunjukkan bahwa nilai reflektansi jenis vegetasi tertentu pada kanal 5 Landsat TM terlihat meningkat pada kondisi kandungan air daun menurun. Bahkan pada vegetasi yang kering nilai reflektansi pada panjang gelombang MIR lebih tinggi dibandingkan pada panjang gelombang NIR (Gao, 1996). Kondisi ini akan menghasilkan nilai NDBI yang positif pada tanaman tersebut. Xu (2007) juga mendapatkan bahwa pada beberapa area bervegetasi menghasilkan nilai NDBI yang positif dengan nilai rata-rata untuk vegetasi adalah 0.01 di wilayah Fuzhou. Selain itu, permukaan tubuh air dengan tingkat konsentrasi bahan tersuspensinya tinggi juga memantulkan panjang gelombang MIR lebih kuat dibandingkan panjang gelombang NIR. Reflektansi pada panjang gelombang MIR ini akan semakin tinggi dengan makin meningkatnya konsentrasi bahan tersuspensi. Oleh karena itu, vegetasi yang kekeringan dan tubuh air dengan tingkat konsentrasi bahan tersuspensinya tinggi akan mempunyai nilai NDBI yang positif. Kondisi ini yang dapat menyebabkan bias pada hasil perhitungan NDBI, sehingga tampilan NDBI tidak lebih baik dibandingkan NDVI. Wu *et al.* (2005) menggunakan nilai NDBI untuk mengekstraksi lahan terbangun di wilayah urban di Kota Xi'an, China dan mendapatkan bahwa tingkat akurasi dari NDBI ini lebih rendah dari 78.7%. Oleh karena itu, Xu (2007) menyarankan untuk mencirikan lahan terbangun di wilayah urban tidak cukup menggunakan parameter NDBI dan ada baiknya mengkombinasikan dengan NDVI atau SAVI dan MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*). Kombinasi ini diharapkan dapat mengeliminir noise yang disebabkan oleh vegetasi dan tubuh air sehingga dapat meningkatkan nilai akurasi NDBI.

Menurut Oke (1973) dan Shangming dan Bo (2001), karakteristik spasial dan temporal UHI sangat beragam tergantung perubahan lokal pada bentuk dan fungsi perkotaan. Besaran UHI juga sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi lokal dan geografi (topografi, keberadaan tubuh air seperti danau atau sungai, tipe tanah, dsb) daerah setempat. Selain itu, jumlah penduduk dan ukuran kerapatan perkotaan juga akan berpengaruh terhadap intensitas UHI (Oke, 1973).

Fenomena UHI juga sangat dipengaruhi oleh kondisi angin setempat. Hembusan angin yang kuat dapat menurunkan perbedaan suhu yang terjadi antara suhu udara perkotaan dengan daerah pedesaan sekitarnya melalui proses pencampuran udara yang meliputi kedua daerah tersebut. Selain itu, intensitas UHI juga akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan luasan perkotaan (Philandras *et al.*, 1999; Torok *et al.*, 2001; Hinkel *et al.*, 2003). Hal ini dikarenakan, peningkatan jumlah penduduk secara langsung dan tidak langsung akan berdampak pada peningkatan suhu udara lokal. Pengaruh secara langsung melalui emisi suhu tubuh manusia, sedangkan secara tidak langsung melalui aktivitas manusia seperti: peningkatan jumlah penggunaan alat transportasi penghasil gas rumah kaca, emisi dari peralatan rumah tangga, dsb. Oke (1973) dan Torok *et al.* (2001) mendapatkan bahwa UHI ($^{\circ}\text{C}$) akan meningkat secara logaritmik dengan meningkatnya jumlah penduduk. Persamaan hubungan antara UHI ($^{\circ}\text{C}$) dengan jumlah penduduk adalah: $\text{UHI} = 0.73 \log_{10}(\text{populasi})$ (Oke, 1973), $\text{UHI} = 1.42 \log(\text{populasi}) - 2.09$ (Torok *et al.*, 2001). Jika berdasarkan model yang diperoleh Oke (1973) maka dapat diperkirakan perbedaan suhu yang terjadi antara perkotaan dengan pedesaan di sekitarnya pada desa yang berpenduduk 10 orang adalah sekitar 0.73°C , pada desa dengan penduduk 100 orang adalah sekitar 1.46°C . Sementara itu, pada daerah perkotaan dengan penduduk 1000 orang adalah sekitar 2.2°C dan pada kota besar dengan jumlah penduduk 1 juta orang adalah sekitar 4.4°C . Hasil kajian Weng (2001) menunjukkan bahwa perluasan wilayah perkotaan di Delta Zhujiang, China yang meliputi wilayah Hongkong dan beberapa kota lainnya yang terjadi antara tahun 1989 – 1997 telah meningkatkan suhu permukaan sekitar 13°K . Kondisi ini terkait dengan makin berkurangnya bioma (permukaan vegetasi) di wilayah tersebut.

Umumnya suhu di pusat perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu pinggiran kota atau pedesaan. Meningkatnya suhu dan tingginya tingkat polusi udara di pusat-pusat perkotaan ini akan berdampak pada penurunan kualitas hidup dan kenyamanan penduduk. Kenaikan suhu akan merubah kondisi kenyamanan manusia, gangguan kesehatan (seperti: gangguan pernafasan), kelelahan, dan produktivitas buruh (EPA, 2010; Theeuwes *et al.*, 2012). Suhu udara rata-rata tahunan pada sebuah kota dengan 1 juta penduduk atau lebih akan 1°C – 3°C lebih hangat dibandingkan dengan daerah pedesaan sekitarnya (Oke, 1997), sedangkan perbedaan suhu pada kondisi malam hari yang cerah dengan kecepatan angin yang lemah akan lebih tinggi, yakni sekitar 12°C (Oke, 1987).

KESIMPULAN DAN SARAN

Di wilayah DKI Jakarta selama periode 2007 – 2013 telah terjadi peningkatan suhu dan terdeteksi adanya pulau panas di beberapa wilayah. Walaupun ada peningkatan persentase luas area kebun campur dan pengurangan area permukiman, namun sebaran pulau panas (UHI) di wilayah DKI Jakarta masih mendominasi, khususnya pada wilayah pusat-pusat bisnis dan kegiatan manusia. Pada daerah yang terdeteksi terdapat pulau panas juga terjadi penurunan tingkat kehijauan (NDVI). Pemanfaatan nilai NDBI untuk memantau perkembangan kawasan terbangun tidak memberikan informasi yang cukup baik, sehingga tidak diperoleh informasi bagaimana hubungannya dengan pola sebaran pulau panas di wilayah DKI Jakarta.

Untuk mendapatkan informasi hubungan antara perkembangan luas kawasan terbangun dengan pulau panas yang lebih baik, penelitian yang akan datang dapat mencoba mengintegrasikan antara NDBI dengan NDVI.

DAFTAR PUSTAKA

- EPA (Environmental Protection Agency). 2010. Reducing Urban Heat Island: Compendium of Strategies. Urban Heat Island Basics Draft. P: 22. [Diakses Tanggal 6 Maret 2014].
- Fabrizi, R., S. Bonafoni, dan R. Biondi. 2010. Satellite and Ground-Based Sensors for the Urban Heat Island Analysis in the City of Rome. *Remote Sens.*, 2, 1400-1415; doi:10.3390/rs2051400. [Diakses pada Tanggal 9 Oktober 2013].
- Cibula, W.G., E.F. Zetka, dan D.L. Rickman, 1992. Response of thematic bands to plant water stress, *International Journal of Remote Sensing*, 13(10):1869–1880.[Diakses pada tanggal 13 Januari 2015]
- Gao, B.C., 1996. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*, 58(3):257–266. .[Diakses pada tanggal 13 Januari 2015]
- Hinkel, K., F. Nelson, A. Klene, J. Bell. 2003. The Urban Heat Island in Winter at Barrow. *Alaska International Journal of Climatology*. 23, p: 1889 – 1905.[Diakses pada Tanggal 28 Februari 2014].
- Imhoff, M.L., P. Zhang, R.E. Wolfe, L. Bounoua. 2010. Remote Sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote sensing of environment* 114 (2010). p: 504 – 513. [Diakses pada tanggal 3 Maret 2014].
- Ochi, S., D. Uchiyama, W. Takeuchi, and Y. Yasuoka. 2002. Monitoring urban heat environment using MODIS data for main cities in East Asia. *Proceedings of the Asian Conference on GIS, GPS, Aerial Photography and Remote Sensing*, 07-09 August, Bangkok, Thailand, p 84. .[Diakses tanggal 28 Februari 2014].
- Oke, T.R. 1973. City size and the urban heat island. *Atmos. Environ.* 7, p: 769-779. .[Diakses tanggal 28 Februari 2014].
- Oke, T. R. 1987. *Boundary Layer Climate*, 2nd Ed., Routledge. London, UK. pp: 435.
- Oke, T. R. 1997. Urban Climates and Global Environmental Change. In: Thompson, R.D. and A. Perry (eds). *Applied Climatology: Principles & Practices*. New York, NY: Routledge. P: 273 – 287.
- Khomarudin, M.R. 2004. Mendeteksi Pulau Panas (Heat Island) dengan Data Satelit Penginderaan Jauh. *Warta LAPAN* Vol. 6, No. 2., Desember 2004. p: 74 – 81.
- Kim, H.H., 1992. Urban heat island, *International Journal of Remote Sensing*, 13(12):2319–2336. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Landsat Project Science Office. 2002. *Landsat 7 Science Data User's Handbook*. URL: http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html, Goddard Space Flight Center, NASA, Washington, DC [Diakses tanggal 10 September 2013].

- Liu, L. dan Y. Zhang. 2011. Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong. *Remote Sens.* 3, p: 1535-1552; doi:10.3390/rs3071535. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013].
- Masson, V. 2006. Urban surface modeling and the meso-scale impact of cities. *Theoretical and applied climatology*, 84 (1-3). p: 35 – 45.[Diakses pada tanggal 5 Maret 2014].
- Nichol, J.E., 1994. A GIS based approach to microclimate monitoring in Singapore's high rise housing estates, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 60(10), p:1225–1232. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Nichol, J.E., 1996a. High resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study, *Journal of Applied Meteorology*, 35(1), p:135–146. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Nichol, J.E., 1996b. Analysis of the urban thermal environment of Singapore using Landsat data, *Environment & Planning B: Planning & Design*, 23, p:733–747. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Nichol, J. 2005. Remote Sensing of Urban Heat Island by Day and Night. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 71, No. 5. May 2005. p: 613 – 621.[Diakses tanggal 28 Februari 2014].
- Philandras, CM. DA Metaxas, PT Nastos. 1999 Climate variability and urbanization in Athens. *Theor Appl Climatol* 63, p:65–72. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Rao, P.K. 1972. Remote sensing of “Urban Heat Islands” from an environment satellite. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 53, 647-448. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Roth, M., T.R. Oke, and W.J. Emery. 1989. Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilisation of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing* , 10(11), p:1699–1720. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Shangming, D. dan D. Bo. 2001. Analysis of the effects on Urban Heat Island by satellite remote sensing. Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore. [Diakses pada tanggal 24 Februari 2014].
- Stone, B. 2005. Urban heat and air pollution - An emerging role for planners in the climate change debate. *Journal of the American Planning Association*, 71, 13-25. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013]
- Streutker, D.R. 2002. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal Remote Sensing*. Vol. 23. No. 13. p: 2595 – 2608. [Diakses pada tanggal 10 Oktober 2013]
- Theeuwes, N.E., G.J. Steeneveld, R.J. Ronda, B.G. Heusinkveld, A.A.M. Holtslag. 2012. 197: Mitigation of the urban heat island effect using vegetation and water bodies. Paper pada ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th – 10th August, 2012., UCD, Dublin Ireland. [Diakses pada tanggal 13 Maret 2014].
- Torok, S., C. Morris, C. Skinner, N. Plummer. 2001. Urban Heat Island Features of Southeast Australian Towns. *Aust. Met. Magazine* 50 (1): 1 – 13. [Diakses pada Tanggal 28 Februari 2014].
- Weng, Q., 2001. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China, *International Journal of Remote Sensing*, 22(10):1999–2014. [Diakses pada tanggal 9 Oktober 2013].
- Weng, Q, D. Lu, J. Schubring. 2004. Estimation of Land Surface Temperature-Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies. *Remote Sensing of Environment* No. 89, p: 467 – 483. [Diakses pada Tanggal 9 Oktober 2014].
- Wu, H., J. Jiang, J. Zhou, H. Zhang, L. Zhang, dan L. Ai. 2005. Dynamics of urban expansion in Xi'an City using Landsat TM/ETM+ Data. *Acta Geographica Sinica*, 60(1): 143 – 150.
- Xu, H. 2007. Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematic-oriented Index Combination Technique. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 73, No. 12, Desember 2007, p: 1381 – 1391. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. [Diakses pada tanggal 3 Januari 2015].
- Yuan, F. dan M. Bauer. 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing Environment* 106 (2010). p: 375 – 386. [Diakses pada tanggal 4 Maret 2014].

Zha, Y., J. Gao, dan S. Ni. 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. [Diakses pada tanggal 4 Maret 2014].

Zhang, J. dan Y. Wang. 2008. Study of the Relationships between the Spatial Extent of Surface Urban Heat Islands and Urban Characteristic Factors Based on Landsat ETM+ Data. *Sensors*. Vol. 8, No. 11, pp. 7453-7468. doi:10.3390/s8117453. [Diakses pada tanggal 8 Oktober 2014].