

Perbandingan Indeks Lahan Terbangun NDBI dan Land Surface Temperature Dalam Memetakan Kepadatan Bangunan di Kota Medan

Andi Syahputra^{1*}, Retnadi Heru Jatmiko², Dyah Rahmawati Hizbaron², Trida Ridho Fariz³

¹ Institut Teknologi Sumatera, Terusan Ryacudu, Kec. Jati Agung, Lampung Selatan, Lampung, 35356

² Universitas Gadjah Mada, Buluksumur, Kec. Melati, Sleman, DI Yogyakarta, 55281

³ Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Kec. Gunung Pati, Kota Semarang, Jawa Tengah, 50229

* Corresponding email: andi.syahputra@staff.itera.ac.id

Riwayat Artikel

Diterima

12/07/2021

Disetujui

31/07/2021

Diterbitkan

31/07/2021

Abstrak

Suhu permukaan lahan (LST) di suatu daerah dipengaruhi oleh kondisi kerapatan vegetasi, kerapatan bangunan, dan jumlah penduduk yang bermukim di daerah tersebut. Medan adalah salah satu kota terbesar di Indonesia dengan tingkat perubahan lahan bervegetasi menjadi lahan terbangun yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan persentasi kepadatan bangunan dengan suhu permukaan lahan di Kota Medan. Metode pendekatan pixel image analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai kerapatan bangunan pada pixel image citra Landsat 8 dengan bantuan citra satelit WorldView-2. Hasil menunjukkan suhu permukaan lahan tertinggi pada tahun 2018 sebesar 35, 4^oC ditemukan di Kecamatan Medan Perjuangan dan terendah sebesar 22,5^oC di Kecamatan Medan Belawan. Sampel kerapatan bangunan dengan tingkat kepadatan sebesar 889,17m juga terdapat di Kecamatan Medan Perjuangan sedangkan sample tingkat kerapatan bangunan terendah terdapat di Kecamatan Medan Timur. Analisis regresi linier pengaruh kepadatan bangunan dengan suhu permukaan lahan didapatkan korelasi (R) sebesar 0,64 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,411 dan pemodelan kepadatan bangunan berbasis LST ini memiliki korelasi (R) dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,72 dengan RMSE yang didapat sebesar 0,853.

Kata Kunci: NDBI, LST Landsat 8, Kepadatan Bangunan

Abstract

Land surface temperature (LST) in an area is influenced by conditions of vegetation density, building density, and the number of inhabitants who live in the area. Medan City is one of the largest cities in Indonesia with a high rate of change from vegetation to developed land. This study aims to identify the relationship between the percentage of building density and land surface temperature in Medan City. Pixel image analysis method is carried out to obtain the value of building density in pixel images of Landsat 8 images with the help of WorldView-2 satellite imagery. The results showed the highest land surface temperature in 2018 of 35, 4^oC was found in Medan Perjuangan District and the lowest was 22.5^oC in Medan Belawan District. Building density samples with a density level of 889.17 m were also found in Medan Perjuangan District while the lowest building density sample was found in Medan Timur District. Linear regression analysis of the effect of building density with land surface temperature obtained a correlation (R) was 0.64 and a coefficient of determination (R²) was 0.411 and modeling of building density based on the LST has a correlation (R) and a coefficient of determination (R²) was 0.72 with The RMSE obtained 0.853.

Keywords: Land surface temperature, Landsat imagery, Building density

1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan di kota besar di Indonesia adalah urbanisasi. Urbanisasi dan industrialisasi mengakibatkan perubahan lahan seperti peningkatan kepadatan tutupan lahan terbangun dan kondisi atmosfer di sekitar wilayah tersebut yang akan memicu berbagai macam

persoalan lingkungan seperti keterbatasan sumber daya alam [1], kemacetan [2], polusi udara [3] dan persoalan lainnya. Penyediaan data yang mutakhir merupakan hal yang penting dalam menyelesaikan permasalahan perkotaan tersebut.

Data penginderaan jauh dapat membantu penyediaan data spasial yang mutakhir serta

ekonomis untuk mendapatkan informasi kepadatan bangunan yang mana berguna untuk mengkaji perkembangan morfologi kota, urbanisasi, identifikasi daerah kumuh dan sebagainya [4]

Penelitian penggunaan pengindraan jauh dalam mengkaji kepadatan bangunan sudah banyak dilakukan di Indonesia [5] menggunakan lima indeks lahan terbangun untuk mengkaji kepadatan bangunan [6] menggunakan UI (*urban index*) [7] menggunakan indeks lahan terbangun NDBI [8] menggunakan indeks lahan terbangun, vegetasi, air serta suhu permukaan daratan.

Penelitian ini akan mencoba mengidentifikasi kepadatan bangunan menggunakan pengindraan jauh. Adapun transformasi yang digunakan adalah indeks lahan terbangun NDBI dan LST. NDBI dan termal merupakan transformasi yang memiliki koefisien determinasi tertinggi terhadap kepadatan bangunan di DKI Jakarta [8]

Perbedaan penelitian ini dengan adalah penelitian ini hanya menggunakan 2 transformasi saja yaitu NDBI dan LST. [8] menggunakan band termal hanya sebatas BT (*brightness temperature*), padahal BT belum mengindikasikan suhu permukaan daratan sehingga penelitian ini melanjutkan pengolahan BT sampai menjadi LST.

Selain itu lokasi penelitian ini dilakukan di Kota Medan yang berbeda wilayah yang diteliti oleh [8], [9] dan [10] yang dilakukan di Pulau Jawa. Bangunan di Kota Medan sebagian besar menggunakan material atap berupa seng [11]. Perbedaan material bangunan ini bisa menjadi perbedaan mengingat di Pulau Jawa sebagian besar bangunan menggunakan material atap berupa genteng tanah liat.

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Daerah kajian pada penelitian ini adalah Kota Medan, Sumatera Utara yang secara geografis terletak antara $2^{\circ} 27'$ - $2^{\circ} 47'$ Lintang Utara dan $98^{\circ} 35'$ sampai dengan $98^{\circ} 44'$ Bujur Timur. Kota Medan berbatasan langsung dengan Selat Malaka di sebelah utaranya. Kota yang merupakan ibukota Provinsi Sumatera Utara ini merupakan salah satu kota besar di Indonesia.

Kota Medan memiliki luas kawasan sebesar 26.510 Ha dan populasi penduduk lebih dari 6 juta jiwa dan memiliki 21 Kecamatan. Unit pembahasan dalam penelitian ini tidak berdasarkan unit administrasi kecamatan tetapi berdasarkan BWK (Bagian Wilayah Kota) untuk mempermudah. Pembagian BWK merujuk pada Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan sebagai berikut :

1. BWK Belawan terdiri dari Kecamatan Medan Belawan
2. BWK Medan Labuhan terdiri dari Kecamatan Medan Labuhan
3. BWK Medan Marelan, terdiri dari Kecamatan Medan Marelan
4. BWK Medan Perjuangan terdiri Kecamatan Medan Perjuangan dan Kecamatan Medan Tembung
5. BWK Medan Area terdiri dari Kecamatan Medan Area, sebagian Kecamatan Medan Kota, Kecamatan Medan Denai, dan Kecamatan Medan Amplas.
6. BWK Pusat Kota terdiri dari Kecamatan Medan Polonia, Kecamatan Medan Maimun, sebagian Kecamatan Medan Baru, sebagian Kecamatan Medan Petisah (Kelurahan Petisah Tengah dan Sekip), Sebagian Kecamatan Medan Barat, sebagian Kecamatan Medan Timur dan sebagian Kecamatan Medan Kota.
7. BWK Medan Helvetia, terdiri dari Kecamatan Medan Helvetia, sebagian Kecamatan Medan Petisah dan Kecamatan Medan Sunggal.
8. BWK Medan Selayang terdiri dari Kecamatan Medan Tuntungan, sebagian Kecamatan Medan Baru, Kecamatan Medan Selayang dan Kecamatan Medan Johor.
9. BWK Medan Timur terdiri dari Kecamatan Medan Deli, sebagian Kecamatan Medan Timur dan sebagian Kecamatan Medan Barat.

2.2. Data Penelitian

Data citra satelit landsat 8 *full scene* diperoleh dari website www.earthexplorer.usgs.gov. Dengan akuisi pada tanggal 13 Februari 2018. Citra resolusi tinggi yang digunakan adalah citra satelit WorldView-2 tahun 2018 ESRI *imagery* untuk mengalkulasi persentase dari lahan terbangun sebagai data sample yang diambil sebanyak 100 buah pixel yang tersebar di seluruh kawasan Kota Medan.

2.3. Transformasi Citra

2.3.1 Indeks lahan terbangun NDBI

Tahapan ini meliputi koreksi radiometri, koreksi atmosferik dan transformasi indeks lahan terbangun NDBI. Pada penelitian ini, koreksi radiometri adalah kalibrasi reflektan dan koreksi atmosferik yang digunakan adalah DOS (*dark of subtraction*). Kedua proses ini dilakukan secara otomatis menggunakan plug-in Semi-automatic classification di QGIS. Tahapan terakhir adalah membangun indeks lahan terbangun NDBI dengan persamaan sebagai berikut [12]:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (1)$$

Keterangan:

- NDBI = *Normalized Differential Build Index*
- NIR = *Kanal Near Infra Red*
- SWIR = *Kanal Short Infra Red 1*

2.3.2 Land surface temperature (LST)

Tahapan ini meliputi konversi radian, konversi radian menjadi BT, membuat *Land Surface Emissivity (LSE)* dari indeks vegetasi NDVI lalu membuat LST. Tahapan pertama adalah konversi radian. Konversi ini merupakan proses koreksi radiometrik yang bertujuan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer terhadap suhu absolut karena objek sebenarnya berada di permukaan bumi, sedangkan sensor satelit berada di luar angkasa. Formulasi perhitungan konversi dirumuskan sebagai berikut :

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Keterangan:

- L_{λ} = Nilai radian spektral
- M_L = *Band multiplicative rescaling*
- Q_{cal} = *Digital number*
- A_L = *Band additive rescaling*

Tahapan selanjutnya adalah menghitung TB. TB dihitung dengan mengubah nilai digital number (DN) yang terdapat pada band termal TIR kemudian dikonversi ke nilai *Brightness Temperature* menggunakan konstanta termal yang disediakan dalam file metadata Landsat 8 yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus [13] :

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

Keterangan:

- T_b = Suhu kecerahan
- L_{λ} = Spektral radiance kanal ke-l
- K_1 = *Band termal conversion (K₁)*
- K_2 = *Band termal conversion (K₂)*

Tahapan selanjutnya adalah menghitung LSE yang dibangun dari *Fractional Vegetation Cover (FVC)* yang sebelumnya didapat dari NDVI. NDVI merupakan metode pengukuran kerapatan vegetasi atau biomassa yang menutupi permukaan dengan menggunakan citra satelit. NDVI memiliki nilai dengan antara -1 sampai +1, semakin mendekati -1

maka permukaan tidak bervegetasi, semakin mendekati +1 maka permukaan memiliki vegetasi yang semakin rapat. Sebelum membangun transformasi NDVI citra satelit Landsat di kalibrasi reflektan dan koreksi atmosferik DOS menggunakan plug-in *Semi-Automatic Classification* di QGIS. NDVI dihitung dengan menggunakan rumus:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (4)$$

Keterangan :

- NDVI = *Normalized Differential Vegetation Index*
- NIR = *Kanal Near Infra Red*
- Red = *Kanal Red*

Nilai FVC dapat diestimasi menggunakan nilai NDVI yang sebelumnya telah diperoleh serta nilai *NDVIsoil* (tanah) dan nilai *NDVIveg* (vegetasi). FVC berfungsi untuk mengestimasi besaran fraksi dari suatu area yang tertutup vegetasi dengan formula sebagai berikut :

$$FVC = \frac{NDVI - NDVIsoil}{NDVIveg - NDVIsoil} \quad (5)$$

Keterangan:

- FVC = *Fractional Vegetation Cover*
- NDVI = NDVI yang sebelumnya diperoleh
- NDVIsoil = Nilai NDVI untuk tanah (0,2)
- NDVIveg = Nilai NDVI untuk vegetasi

Nilai LSE dapat diestimasi menggunakan nilai FVC hasil perhitungan sebelumnya. Metode ini dikembangkan oleh [14] dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = 0,004 \times Fv + 0,986 \quad (6)$$

Keterangan:

- E = *Emissivity*
- Fv = *Practical vegetation*

LST dihitung dengan menerapkan algoritma matematika terstruktur atau *LSTit Window Alogaritm (SWA)*. Algoritma tersebut menggunakan nilai *brightness temperature* dari dua band pada sensor TIRS citra Landsat, nilai rata-rata dan nilai selisih LSE untuk memperkirakan LST di lokasi amatan. LST dengan menggunakan metode SWA dirumuskan sebagai berikut :

$$LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11}) + C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)(1 - m) + (C_5 + C_6W)\Delta m \quad (7)$$

Keterangan:

- LST = Suhu Permukaan Lahan (K)
- C_{0-6} = LST it Window Coefficient
- TB_{10}, TB_{11} = Nilai BT band 10 dan 11
- m = Rerata LSE band 10 dan 11
- W = Atmospheric Water Vapour Content (0,013)
- Δm = Selisih LSE band 10 dan 11

2.4 Perhitungan Kepadatan Bangunan

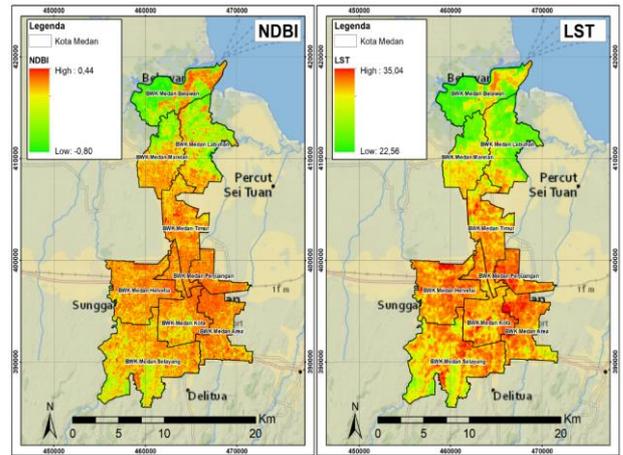
Analisis hubungan antara LST dengan kepadatan bangunan dibuat dari LST yang dianalisis statistik berupa regresi linier. Analisis regresi linier dimaksudkan untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel Y yang berisi kerapatan bangunan hasil interpretasi citra satelit WorldView-2 variabel X yang merupakan NDBI dan LST. Besar hubungan kedua data ditentukan oleh nilai korelasi (R), sedangkan besar pengaruh ditentukan dan koefisien determinasi (R²) yang dihasilkan. Persamaan regresi linier diterapkan pada LST untuk mendapatkan sebaran kerapatan bangunan.

Uji akurasi kerapatan bangunan dilakukan dengan mencocokkan data yang diperoleh dari hasil pengolahan data penginderaan jauh dengan data yang diperoleh dari interpretasi citra. Uji ini menggunakan metode RMSE (*Root Means Square Error*). Apabila nilai RMSE semakin besar maka akurasi akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Transformasi citra

Transformasi citra dalam penelitian ini meliputi NDBI dan LST. Hasil transformasi citra untuk NDBI di Kota Medan memiliki nilai tertinggi sekitar 0,44 dan terendah sekitar -0,80. Hasil transformasi citra untuk LST di Kota Medan berkisar antara 22,5 °C - 35,4°C. Pada Gambar 1 terlihat bahwa gradasi warna jingga sampai merah adalah wilayah dengan nilai NDBI dan LST tertinggi, sedangkan gradasi warna kuning sampai hijau adalah wilayah dengan nilai NDBI dan LST terendah (Gambar 1).

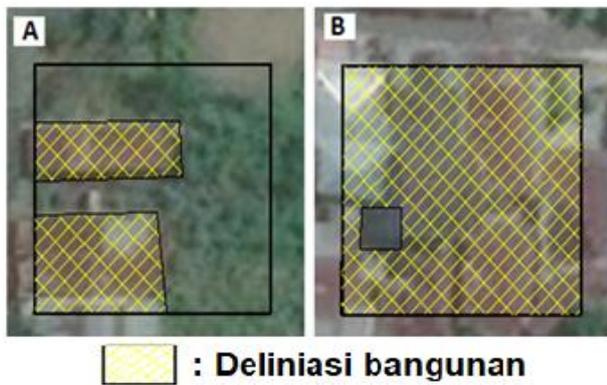


Gambar 1. Perbandingan nilai NDBI dan LST Kota Medan

BWK Medan Perjuangan merupakan wilayah dengan nilai rata-rata tertinggi untuk NDBI yaitu sekitar 0,04 dan LST yaitu sekitar 30,8°C, sedangkan BWK Medan Belawan merupakan wilayah dengan nilai rata-rata terendah untuk NDBI yaitu sekitar -0,30 juga LST yaitu sekitar 25,9°C. BWK Medan perjuangan memiliki nilai rata-rata NDBI dan LST tertinggi dikarenakan BWK Medan Perjuangan difungsikan sebagai kawasan peruntukan perdagangan, bisnis serta pelayanan olahraga dan banyak terdapat kompleks perumahan [15]. Kecamatan Medan perjuangan adalah wilayah dengan 2,5% daerahnya tergolong kawasan kumuh [16] BWK Medan Belawan memiliki nilai rata-rata NDBI dan LST terendah dikarenakan BWK ini difungsikan sebagai kawasan pelabuhan, industri dan perikanan, ketersediaan lahannya terbatas karena sebagian besar merupakan tutupan lahan tubuh air berupa tambak [15].

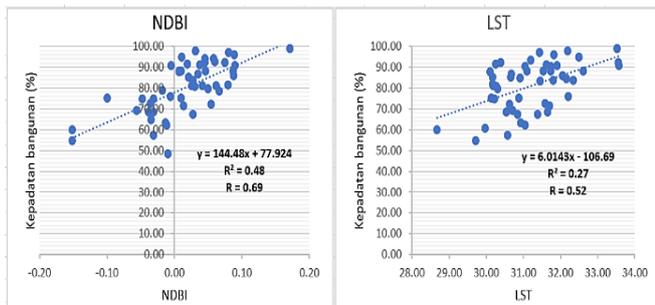
3.2 Kepadatan Bangunan

Perhitungan kepadatan bangunan menggunakan interpretasi visual pada citra satelit WorldView-2. Proses interpretasi dilakukan pada setiap grid berukuran 30m yang merepresentasikan citra satelit Landsat-8. Persentasi kepadatan bangunan didapat dengan membagi luasan lahan terbangun yang diinterpretasi dengan luas grid. Pengambilan sampel sebanyak 100 buah piksel yang tersebar merata di wilayah Kota Medan (Gambar 2).



Gambar 2. Deliniasi Bangunan Terpadat dan Terjarang

Regresi linier antara NDBI dengan kepadatan bangunan mendapatkan korelasi (R) sebesar 0,69 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,48, nilai ini lebih besar dibandingkan hasil regresi linier antara LST dengan kepadatan bangunan (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa baik NDBI maupun LST memiliki hubungan dan pengaruh yang cukup erat terhadap kepadatan bangunan, walaupun NDBI memiliki nilai yang sedikit lebih baik dibandingkan LST.



Gambar 3. Regresi linier NDBI dan LST terhadap kepadatan bangunan

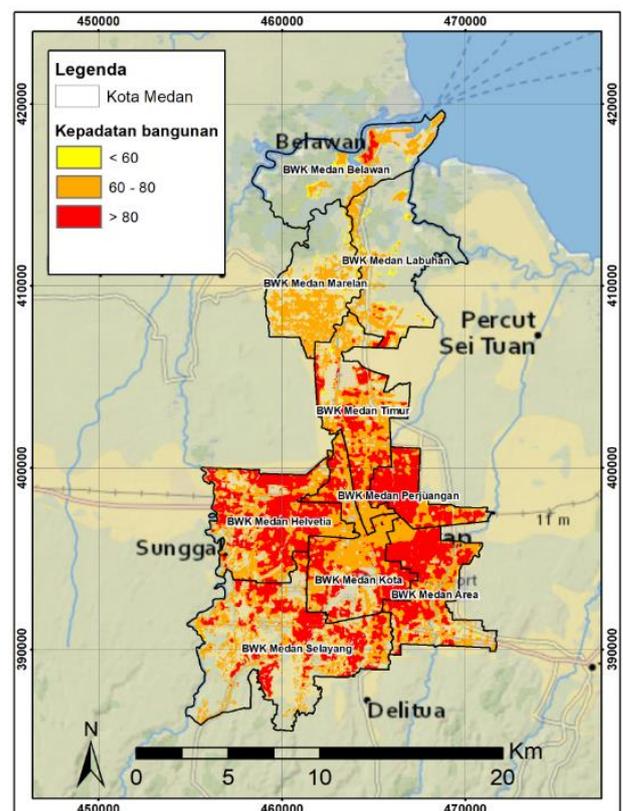
Persamaan yang didapat dari analisis regresi linier diterapkan ke masing-masing transformasi citra yaitu NDBI dan LST. Hasil dari transformasi citra yang dimasukkan persamaan regresi linier menjadi model kepadatan bangunan. Model kepadatan bangunan kemudian diuji akurasi menggunakan perhitungan kepadatan bangunan dari interpretasi citra satelit WorldView-2. Jumlah sampel yang digunakan untuk uji akurasi sebanyak 25 sampel dan selanjutnya pengujian akurasi berdasarkan perhitungan RMSE.

Tabel 1. Akurasi model kepadatan bangunan dari NDBI dan LST

Transformasi	Nilai rata-rata (%)	Std	RMSE
NDBI	78,5	14,9	11,51
LST	77,7	8,2	8,55

Model kepadatan bangunan berbasis LST memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan model yang dibangun dari NDBI. RMSE model kepadatan bangunan dari 8,55, lebih baik dibandingkan dengan model kepadatan bangunan dari NDBI yang memiliki RMSE 11,51. Faktor yang mungkin menjadi penyebabnya adalah karakteristik bangunan di lokasi penelitian.

Bangunan di Kota Medan sebagian besar menggunakan material atap berupa seng [11] yang mana material atap berupa seng adalah material atap dengan nilai albedo tertinggi yaitu sebesar 0,3 sampai 0,5 [16]. Albedo merupakan nilai perbandingan antara energi yang dilepaskan dengan energi yang diserap. Semakin rendah nilai albedo yang dimiliki, maka semakin rendah suhu permukaan yang dihasilkan [17]. Sebaran model kepadatan bangunan di Kota Medan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Kepadatan Bangunan di Kota Medan

Model kepadatan bangunan yang dibangun oleh LST kemudian dikelaskan menjadi tiga kelas untuk membuat peta kepadatan bangunan di Kota Medan. Hasil pemetaan ini menunjukkan bahwa BWK Medan Helvetia merupakan wilayah dengan kepadatan bangunan tertinggi terluas di Kota Medan dengan luas sekitar 1493 Ha atau sekitar 5,3% dari wilayah Kota Medan. Kecamatan Helvetia yang merupakan bagian dari BWK Medan Helvetia termasuk salah satu wilayah prioritas dari

Walikota dalam hal penanganan kawasan kumuh [18]. Sehingga secara umum model kepadatan bangunan yang dibangun dari LST ini cukup merepresentasikan kondisi kepadatan bangunan di Kota Medan.

Model yang dibangun dalam penelitian ini masih terdapat banyak keterbatasan. Pertama adalah transformasi yang digunakan hanya LST saja, seharusnya transformasi yang digunakan berjumlah lebih dari satu seperti [8] yang menggunakan NDWI, NDBI serta SAVI. Kedua adalah LST yang dibangun hanya satu transformasi saja, sebaiknya juga membandingkan beberapa transformasi yang melibatkan koreksi atmosferik seperti [19]. maupun teknik pengolahan LST yaitu antara *LSTit-window* dan *single channel* seperti [20]. Selain itu penggunaan indeks lahan terbangun yang menggunakan kanal termal juga bisa diujikan di penelitian selanjutnya seperti indeks lahan terbangun DBI (*Dry Built-Up Index*) yang dikembangkan oleh [21].

4. KESIMPULAN

Indeks lahan terbangun NDBI dan LST secara umum memiliki hubungan dan pengaruh yang cukup erat terhadap kepadatan bangunan. Tetapi setelah dibangun menjadi model kepadatan bangunan, model yang dibangun dari LST memiliki akurasi yang lebih baik dari model yang dibangun dari NDBI. Hasil pemetaan kepadatan bangunan berdasarkan LST menunjukkan bahwa BWK Medan Helvetia merupakan wilayah dengan kepadatan bangunan yang tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Liu, Y., Wen, C., Liu, X., 2013. China's food security soiled by contamination. *Science* 339 (6126), 1382–1383.
- [2] Evans, G.W., Carrère, S., 1991. Traffic congestion, perceived control, and psychophysiological stress among urban bus drivers. *J. Appl. Psychol.* 76 (5), 658–663
- [3] Yuan, M., Song, Y., Huang, Y., Hong, S., Huang, L., 2017. Exploring the association between urban form and air quality in China. *J. Plan. Educ. Res.* (24), 0739456X1771151.
- [4] Sobrino, A. J & Leonardo P. 2004 "Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5" *Remote Sensing of Environment* 90 (2004) 434 – 440
- [5] Latifa, Md S. 2014. "Land Surface Retrival of Landsat-8 Data Using LSTit Window Algorithm – A case Study of Ranchi District", *International Journal of Engineering Development and Research*, 2014, Volume 2, Issue 4, p-1
- [6] Yanidar R., dan Rokhmatuloh.R. 2018. Percent of building density (PBD) of urban environment: a multi-index approach based study in DKI Jakarta Province. *Indonesia Journal of Geography.* Vol 50, No-2.
- [7] Fariz, T.R., 2017. OBIA classification and built-up land indices NDBI for estimation of settlement density in Pontianak City. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, v.14, n 2, p. 36-44
- [8] Ardiansyah. A, Hernina.R., Suseno.W., Zulkarnain.F., Yanidar R., dan Rokhmatuloh.R. 2018. Percent of building density (PBD) of urban environment: a multi-index approach based study in DKI Jakarta Province. *Indonesia Journal of Geography.* Vol 50, No-2.
- [9] Nugroho, M.A. 2011. A Preliminary Study of Thermal Environment in Malaysia's Terraced Houses, *Journal and Economic Engeneering* : 2(1), 25-28.
- [10] Geiger R, Aron RH, Todhunter PE. 1995. *The climate near the ground.* Friedr Vieweg & Sohn, Wiesbaden
- [11] Ruiliang, P., Peng, G., Ryo, M., Todashi, S., 2006. Assessment of multi-resolution and multi-sensor data for urban surface temperature retrieval. *Remote Sensing of Environment* 104, 211–225.
- [12] Zha, Y. Gao, J.Ni, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing.* 24 (3), pp. 583-594
- [13] Chun, B., Guldmann, J.M., 2014. Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities. *Landsc. Urban Plan.* 125 (3), 76–88
- [14] Geiger R, Aron RH, Todhunter PE. 1995. *The climate near the ground.* Friedr Vieweg & Sohn, Wiesbaden
- [15] Roth, M., Oke, T., & Emery, W. (1989). Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing*, 10(11), 1699–1720
- [16] Pinem, M. 2011. Persebaran Permukiman Kumuh Di Kota Medan. *Jurnal Geografi.* Universitas Negeri Medan. Vo.l 3 No. 1.
- [17] Roth, M., Oke, T., & Emery, W. (1989). Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing*, 10(11), 1699–1720

- [18] Assefa, M.M., 2004. Spatiotemporal dynamics of land surface parameters in the Red River of the North Basin. *Physics and Chemistry of the Earth* 29, 795–810.
- [19] Kalinda, I., Sasmito, B., Sukmon, B. 2018. Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Deteksi Land Surface Temperature Menggunakan Citra Landsat 8 Di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi. Universitas Diponegoro*. Volume 7, Nomor 3.
- [20] Voogt, J. A. 2004. Thermal remote sensing of urban climates. *Journal Remote sensing of environment*, 86, 370-384.
- [21] Ellis, F.P., Nelson, F., Pincus, L., 1975. Mortality during heat waves in New York City July, 1972 and August and September, 1973. *Environmental. Res.* 10 (1), 1–13.