

Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan dan Pola Berdasarkan Citra Landsat Multi Waktu dengan *Land Change Modeler* (LCM)

Herlawati^{1*}, Fata Nidaul Khasanah², Prima Dina Atika³, Rafika Sari⁴,
Rahmadya Trias Handayanto⁵

^{1,2,3,4}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

⁵Fakultas Teknik, Universitas Islam 45

*email: herlawati@ubharajaya.ac.id

DOI:<https://doi.org/10.31603/komtika.v5i1.5139>

Received: 10-04-2021, Revised: 30-04- 2021, Accepted:13-05- 2021

ABSTRACT

Land use/cover greatly affect the quality of an area. Therefore, many regional planners need assistance by other fields, such as geoinformatics, computer science, environment, and others. Although prediction and forecasting have been widely studied, in regard to real conditions (geospatial) it still need more development, especially those involving a combination of regional types, such as urban and suburban areas. This study uses a remote sensing base and geographic information system in predicting land in the city and district of Bekasi, West Java, Indonesia. With two scenarios compared (business as usual and vegetation conservation), the model that has been created and validated (with an AUC accuracy result of 0.828) is used to predict land use change until 2030. Scenarios with vegetation conservation are able to keep green areas to switch to land types others, such as buildings and industry.

Keywords: *Driving Factors, Land Use Classification, Markov Chain, Multilayer Perceptron Neural Network*

ABSTRAK

Perubahan penggunaan/penutupan lahan sangat mempengaruhi kualitas suatu daerah. Oleh karena itu banyak perencana wilayah yang membutuhkan bantuan bidang lain, seperti geoinformatika, ilmu komputer, lingkungan, dan lain-lain. Walaupun prediksi dan peramalan sudah banyak diteliti, namun yang berhubungan dengan kondisi real yang berupa data spasial masih butuh pengembangan, apalagi yang melibatkan kombinasi tipe region, seperti penelitian ini yakni wilayah urban dan suburban. Penelitian ini menggunakan basis *remote sensing* dan sistem informasi geografis dalam memprediksi lahan di kota dan kabupaten Bekasi, Indonesia. Dengan dua skenario yang dibandingkan (*business as usual* dan konservasi vegetasi), model yang sudah dibuat dan divalidasi (dengan akurasi AUC sebesar 0,828) digunakan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan hingga tahun 2030. Skenario dengan konservasi vegetasi mampu menjaga daerah hijau untuk beralih ke tipe lahan lainnya, misalnya bangunan dan industri.

Kata-kata kunci: *Faktor Pengendali, Klasifikasi Penggunaan Lahan, Markov Chain, Multilayer Perceptron Neural Network*

PENDAHULUAN

Daerah perkotaan terbukti memiliki kontribusi yang terbesar dalam menurunkan kualitas lingkungan dibanding dengan kontribusi dari daerah pedesaan. Oleh karena itu dengan penataan kota yang baik dapat menurunkan dampak negatif yang muncul akibat urbanisasi [1], [2]. Kerja sama yang baik kota dengan pedesaan sangat dibutuhkan, terutama kota yang membutuhkan kebutuhan-kebutuhan seperti sandang, pangan, papan, dan juga

tenaga kerja. Namun permasalahan berikutnya yang muncul adalah dengan adanya fenomena pasca urbanisasi, yaitu fenomena dimana peran kota penyangga yang kian penting dari sebelumnya dan juga pertumbuhan lahan yang lebih cepat dibanding kota Jakarta, sebagai pusat metropolitan [3], [4].

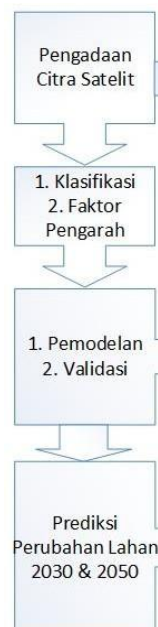
Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai metode berbasis sistem informasi sangat diperlukan dalam mengelola data spasial. Untuk menganalisa urbanisasi, diperlukan SIG yang dapat mensimulasikan perkembangan lahan ke depan dengan beberapa faktor pengarah (*driving factors*). Dengan informasi satelit penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) dapat dibuat model perubahan lahan (*land change modeler*) yang dapat memprediksi perkembangan lahan ke depan dengan bantuan faktor pengarah dan batasan (*constraint*) pertumbuhan lahan.

Dalam penelitian ini skenario yang berbasis pembangunan berkelanjutan digunakan karena diyakini dapat mempertahankan kualitas daya dukung suatu wilayah hingga generasi yang akan datang (tahun 2030 dan 2050). Hasil akhir yang berupa prediksi penggunaan lahan di masa yang akan datang selanjutnya dapat dioptimasi dengan menggunakan aplikasi yang dibuat dari hasil penelitian sebelumnya sebagai kelanjutan dari peta jalan penelitian para peneliti-peneliti yang terlibat dalam penelitian ini [5], [6].

Artikel ini memperbaiki penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya memprediksi satu area penelitian [7], [8], melainkan daerah di sekitarnya yang berbeda karakternya mengingat tingkat akurasi yang lebih baik dengan pendekatan multiskala. Diharapkan hasil penelitian ini akan bermanfaat untuk perencana kota dalam membuat kebijakan terutama dalam menyesuaikan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

METODE

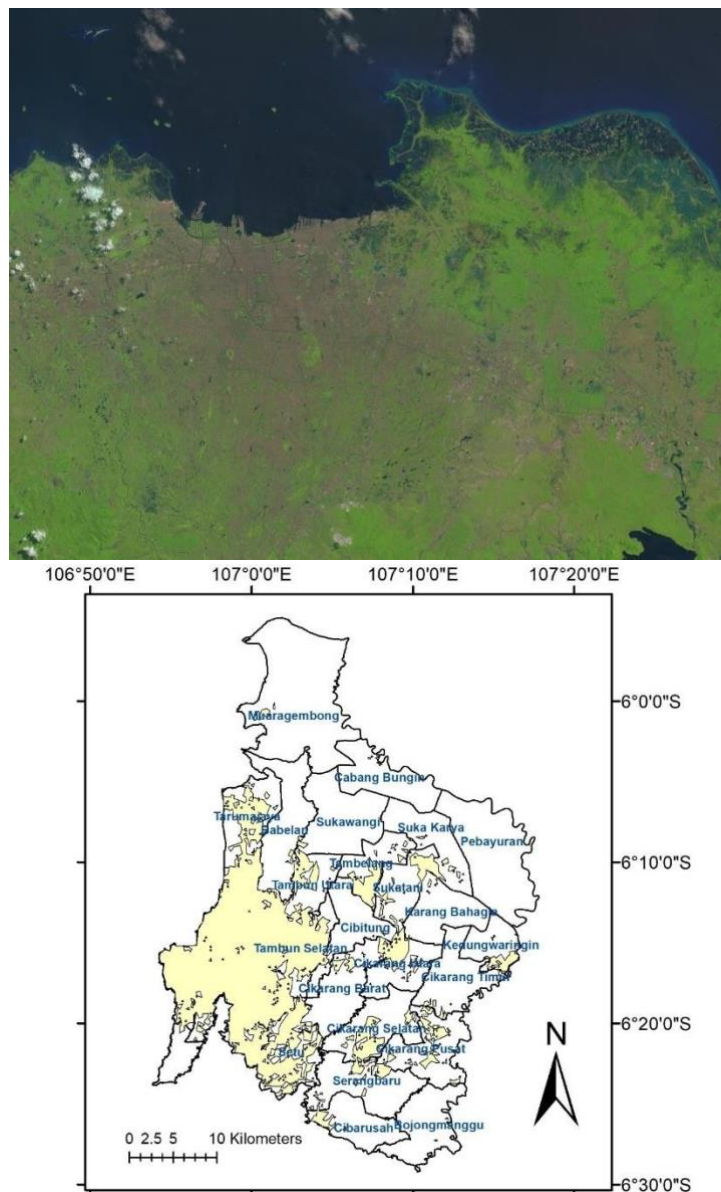
Penelitian ini menerapkan pendekatan penginderaan jarak jauh dan sistem informasi geografis (RS-GIS) dalam pembuatan model perubahan penggunaan lahan (*Land Use Change Model*). Gambar 1 memperlihatkan tahapan penelitian yang rencananya berlangsung selama dua tahun.



Gambar 1. Metodologi

Data

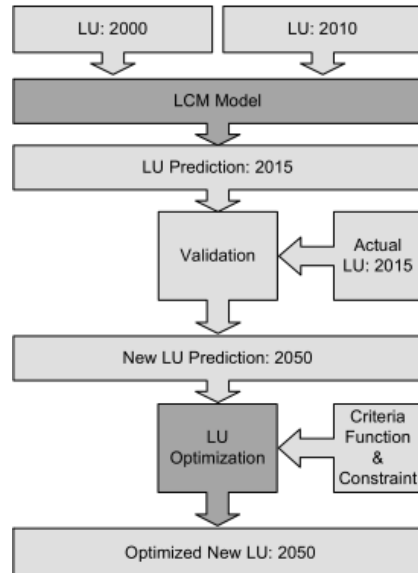
Pertama-tama citra satelit diunduh dari situs resmi milik Amerika Serikat (www.usgs.gov) pada tahun 2000, 2010, 2015 dan 2017. Data ini akan digunakan untuk riset tahun pertama dan kedua. Untuk tahun pertama, citra satelit diklasifikasikan berdasarkan kelas-kelas standar rekomendasi USGS yaitu pertanian, lahan kosong, bangunan, pepohonan, dan air. Hasil klasifikasi divalidasi dengan pengecekan sampel titik dibandingkan dengan hasil klasifikasi, apakah sudah cocok atau tidak. Selanjutnya guna pembuatan model perubahan lahan faktor-faktor pengarah (*driving factors*) disiapkan dengan mendata obyek-obyek yang berpotensi mengarahkan sebaran perubahan penggunaan lahan (geografi, infrastruktur, dan sosial-ekonomi). Selanjutnya dengan faktor-faktor tersebut, dibuat model yang akan digunakan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2030 dan 2050 setelah divalidasi dengan memprediksi lahan pada tahun 2017. Gambar 2 menunjukkan area penelitian yang berlokasi di kota dan kabupaten Bekasi, Jawa Barat, Indonesia.



Gambar 2. Citra Satelit (atas) dan Area Penelitian (bawah)

Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan

Untuk memprediksi perubahan lahan diperlukan data-data penggunaan dua periode waktu. Hasilnya adalah periode ketiga. Dalam penelitian ini dua periode waktu lampau yang digunakan adalah tahun 2000 dan tahun 2010. Gambar 3 memperlihatkan cara kerja proses pemodelan dan prediksi perubahan penggunaan lahan.



Gambar 3. Proses Prediksi

Untuk validasi dapat menggunakan tahun-tahun terkini yang sudah ada datanya, misalnya tahun 2013 dan tahun 2015. Dua aplikasi SIG akan digunakan dalam penelitian ini yaitu ArcGIS untuk membuat faktor pengaruh dan IDRISI Selva untuk membuat model dan memprediksi perubahan penggunaan lahan. Dalam memprediksi penggunaan lahan tahun 2030 dan 2050, dua skenario akan digunakan yaitu *business as usual* (tanpa batasan), dan konservasi vegetasi, yaitu batasan yang mempertahankan aspek lingkungan untuk menggambarkan dampak dari suatu kebijakan yang diterapkan dalam simulasi.

Untuk *training* model digunakan metode jaringan syaraf tiruan layer banyak (*multilayer perceptron neural network*) dengan beberapa parameter antara lain: laju pembelajaran awal, akhir, faktor momentum, konstanta sigmoid, dan jumlah neuron tiap layer berturut-turut 0.01, 0.001, 0.5, 1.0, dan 7.

Markov Chain Analysis

Untuk memprediksi perkembangan lahan, banyak metode yang diterapkan, salah satunya adalah *Cellular Automata* (CA) yang menggambarkan pertumbuhan lahan sebagai pertumbuhan organisme. Hasilnya adalah suatu matriks yang berisi bobot-bobot nilai tertentu yang mengarahkan pergerakan penggunaan lahan seperti bangunan, pertanian, dan sejenisnya berdasarkan faktor-faktor pengaruh yang didefinisikan sebelumnya. Biasanya matriks itu sudah terintegrasi dengan aplikasi pemodelan lahan, misalnya pada modul LCM di IDRISI Selva.

Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) merupakan metode dalam membangun suatu wilayah berdasarkan konsep yang tidak hanya memenuhi kebutuhan

generasi saat ini melainkan juga untuk generasi yang akan datang [2], [9]. Selain menghindari kerusakan lingkungan, prinsip pembangunan berkelanjutan menjaga daya dukung suatu wilayah dalam memenuhi kebutuhan (sandang, pangan, dan papan) dan juga membuang hasil dari proses produksi (pengolahan limbah, daur ulang, dan pengaturan tempat pembuangan akhir).

Citra Satelit

Penginderaan jarak jauh dengan satelit telah dilakukan sejak lama yang dimotori oleh Amerika Serikat dan negara-negara maju di Eropa. Dengan memanfaatkan pantulan dari sinar matahari, satelit menangkap citra muka bumi dalam bentuk gambar berdasarkan rentang panjang gelombang sinar (dari ultraviolet hingga infra merah). Penggunaan panjang gelombang yang berbeda tersebut untuk mengakomodasi klasifikasi lahan berdasarkan obyek tertentu seperti air, bangunan, pepohonan, dan kelas lainnya [10], [11]. Selain itu salah satu keunggulan dari citra satelit adalah luasnya jangkauan pemotretan dibanding dengan citra lewat *quick bird*, *drone*, dan sejenisnya yang hanya terbatas dalam lingkup tertentu. Citra satelit yang terekam tersimpan dengan rapi bahkan untuk waktu-waktu di masa yang lampau. Untuk mengunduh citra satelit, situs United States Geological Surveys (USGS) menyediakan secara cuma-cuma citra satelit sejak tahun 80-an hingga terkini dengan jenis satelit dimulai dari Landsat Thematic Mapper (TM) hingga Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (www.usgs.gov).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Land Change Modeler (LCM)

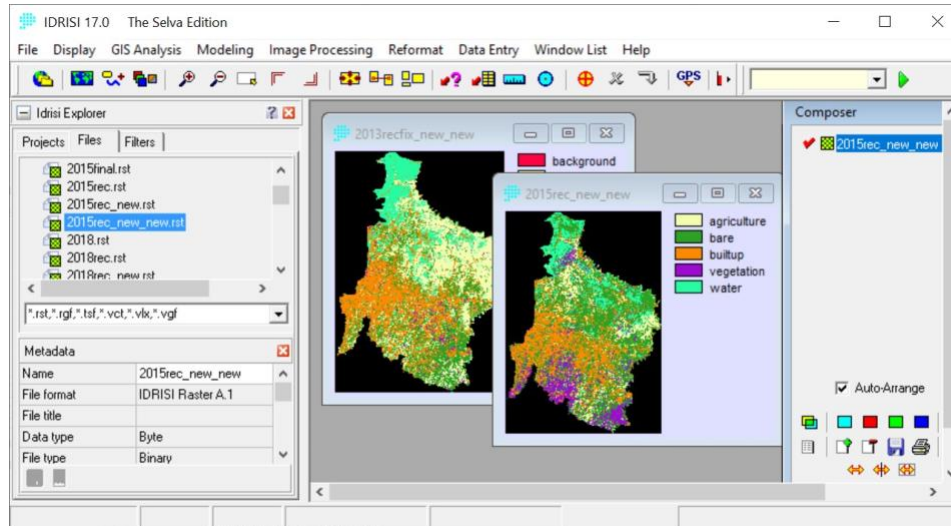
Pemodelan perubahan penggunaan lahan (*Land Change Modeling*) sangat dibutuhkan mengingat pertumbuhan penduduk yang diprediksi sebesar 61 persen. Pertumbuhan yang sangat besar tersebut kebanyakan di negara-negara berkembang seperti Indonesia [12]. Sebagian besar pemodelan menerapkan prinsip dari Von Tunen, namun saat ini banyak model yang dikembangkan berdasarkan lingkup, laju pertumbuhan, dan fenomena-fenomena lainnya. Dikenal dua jenis model yaitu model penjelasan dan model perkiraan. Model penjelasan memberikan gambaran ke perencana kota faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi pertumbuhan wilayahnya, sedangkan model perkiraan mensimulasikan apa yang terjadi terhadap perubahan penggunaan lahan jika suatu kebijakan diterapkan (dalam sistem informasi dikenal dengan istilah “*what if analysis*”) [13]. Kedua jenis pemodelan tersebut akan diimplementasikan dalam penelitian ini.

Penerapan multi-skala (skala kota, periurban dan urban sekaligus) merupakan teknik terkini dalam model perkiraan yang pada penelitian ini disertakan dengan faktor pengaruh tambahan lewat statistika spasial.

Hasil Klasifikasi Penggunaan/Penutupan Lahan

Tanpa klasifikasi, citra satelit akan sulit dibaca dan dibedakan antara jalan, tanah, sungai, dan pemukiman. Oleh karena itu perlu dilakukan proses klasifikasi yang sudah dibakukan secara standar [14], [15]. Metode klasifikasi banyak diterapkan baik secara manual maupun sudah terintegrasi dalam aplikasi perangkat lunak yang dipakai yang terbagi berdasarkan ketegasannya (*hard classification* dan *soft classification*) maupun pemandunya (*supervised*

classification atau *unsupervised classification*). Untuk mengetahui akurasiya perlu dilakukan validasi dengan survei ke titik-titik tertentu atau dengan citra satelit yang lebih akurat di lokasi tertentu. Gambar 4 menunjukkan hasil klasifikasi penggunaan lahan dengan metode *isoclust* pada IDRISI Selva.



Gambar 4. Klasifikasi Citra Satelit dengan IDRISI Selva

Driving Factors (Drivers)

Perubahan lahan mengikuti suatu pola tertentu. Biasanya mengikuti perkembangan faktor-faktor tertentu yang disebut *Driving Factors*. Dalam penelitian ini terdapat beberapa faktor pengendali yang disajikan di Tabel 1.

Tabel 1. Faktor-Faktor Pengendali

No.	Category	Notation	Driving Factors
1	Biophysical	Elev	Surface Elevation
2		Slope	Surface Slope
3		DStr	Distance to stream/canals/waters
4	Infrastructure	DHsc	Distance to housing schemes
5		DRd	Distance to roads
6		DCc	Distance to city centre
7		DBu	Distance to built-up
8		DR	Distance to railways lines
9		DH	Distance to hospitals
10		DS	Distance to schools
11		DWd	Distance to waste disposal
12	Socioeconomic	LPr	Land price
13		Pop	Population density
14	Urban Growth	Dedge	Distance to edge- expansion type
15		Dinfil	Distance to infilling type
16		DBuc	Distance to built-up change from 2010 to 2015

Skenario biasa diterapkan untuk mengetahui akibat dari kebijakan tertentu, misalnya membatasi jumlah bangunan di area tertentu, mempertahankan jumlah vegetasi/*green area*, dan lain-lain.

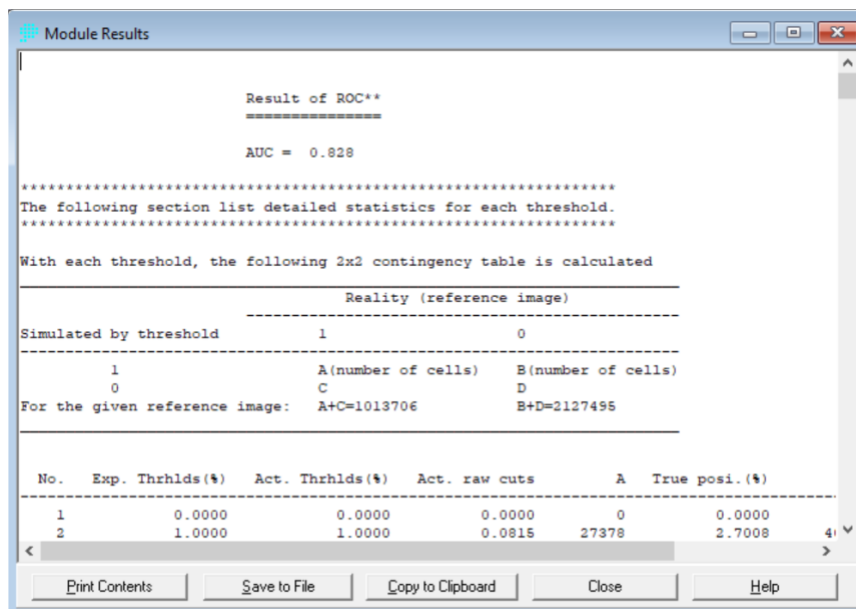
Skenario

Skenario biasa diterapkan untuk mengetahui akibat dari kebijakan tertentu. Dalam penelitian ini skenario yang digunakan adalah dengan mempertahankan vegetasi yang ada. Hasilnya akan dibandingkan dengan skenario tanpa pembatasan perubahan lahan.

Validasi Model

Validasi model perlu dilakukan untuk prediksi model tahun berikutnya agar diperoleh akurasi. Tahun yang dipilih adalah tahun 2018 yang kemudian dibandingkan dengan hasil prediksi model berdasarkan data tahun 2013 dan 2015.

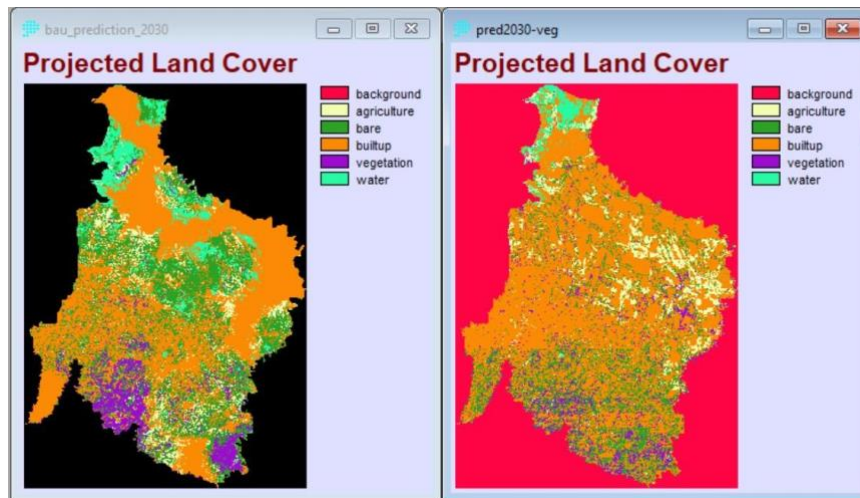
Dalam penelitian ini, validasi menggunakan Area Under the Curve of ROC (AUC) dan diperoleh hasil 0.828. Dengan akurasi tersebut maka model layak untuk digunakan prediksi ke depan. Gambar 5 memperlihatkan hasil validasi.



Gambar 5. Hasil Validasi

Hasil Prediksi 2030

Gambar 6 memperlihatkan hasil prediksi untuk dua skenario, antara lain *Business as Usual* (BAU) dan *Vegetation Constraint* (konservasi vegetasi).



Gambar 6. Hasil prediksi skenario BAU (kiri) dan Konservasi Vegetasi (kanan)

Hasil prediksi BAU menunjukkan peningkatan jumlah bangunan (*builtup*) terutama di lahan-lahan kosong bagian utara (laut) dan perbatasan dengan kabupaten Karawang (timur laut). Vegetasi di bagian selatan dekat kota Bekasi juga bisa dipertahankan, terutama yang berdekatan dengan zona industri Cikarang.

Untuk prediksi tahun-tahun berikutnya, ada baiknya menambahkan rencana tata ruang, terutama jalan raya, mengingat jalan merupakan faktor pengendali utama dalam perubahan lahan.

KESIMPULAN

Manajemen tata ruang melibatkan berbagai instansi dan beragam disiplin ilmu, salah satunya prediksi perubahan penggunaan/penutupan lahan. Penelitian ini menghasilkan model dengan akurasi AUC sebesar 0.828 dan digunakan untuk memprediksi perubahan penggunaan/penutupan lahan hingga tahun 2030. Dua skenario diterapkan yaitu skenario konservasi vegetasi yang setelah dibandingkan dengan skenario *business as usual* tanpa perlakuan memperlihatkan di tahun 2030 mampu mempertahankan prosentasi vegetasi dan daerah hijau yang sangat penting mengingat banyaknya zona industri di wilayah ini, disamping dilakui oleh jalan tol. Untuk prediksi tahun-tahun berikutnya, misalnya 2050 dan seterusnya, ada baiknya menambahkan rencana tata ruang, terutama jalan raya, mengingat jalan merupakan faktor pengendali utama dalam perubahan lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPMP Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Badan Informasi Geografis (BIG), Universitas Islam 45 Bekasi, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, dan yang lainnya yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada para reviewer yang telah memberikan saran-sarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Burton, "The Potential of the Compact City for Promoting Social Equity," in *Achieving Sustainable Urban Form*, London: Taylor & Francis, 2000, pp. 19–29.

- [2] F. Steiner, "The living landscape - An Ecological Approach to Landscape Planning - Second Edition," Washington DC: ISLAND PRESS, 2008.
- [3] T. Firman and F. Z. Fahmi, "The Privatization of Metropolitan Jakarta's (Jabodetabek) Urban Fringes: The Early Stages of 'Post-Suburbanization' in Indonesia," *J. Am. Plan. Assoc.*, vol. 83, no. 1, pp. 68–79, 2017.
- [4] T. Firman, "The continuity and change in mega-urbanization in Indonesia: A survey of Jakarta-Bandung Region (JBR) development," *Habitat Int.*, vol. 33, no. 4, pp. 327–339, 2009.
- [5] R. T. Handayanto, A. S. Srie Gunarti, S. Samsiana, and Herlawati, "A Web-GIS based integrated optimum location assessment tool for gas station using genetic algorithms," *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 3, pp. 1383–1388, 2015.
- [6] R. T. Handayanto, N. K. Tripathi, S. M. Kim, and S. Guha, "Achieving a sustainable urban form through land use optimisation: Insights from Bekasi City's land-use plan (2010-2030)," *Sustain.*, 2017.
- [7] B. Bhatta, *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data*. Canada: Springer, 2012.
- [8] R. B. Thapa and Y. Murayama, "Scenario based urban growth allocation in Kathmandu Valley, Nepal," *Landsc. Urban Plan.*, vol. 105, no. 1–2, pp. 140–148, 2012.
- [9] UN, "Habitat III Issue Papers - Public Space," in *United Nation Conference on Housing and Sustainable Urban Development.*, 2015.
- [10] J. L. Awange and J. B. Kyalo Kiema, "Fundamentals of Remote Sensing," in *Environmental Geoinformatics: Monitoring and Management*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 111–118.
- [11] UN-Spider, "Astrium to provide imagery for Google Maps and Google Earth," *17/09/2013*, 2013. [Online]. Available: <http://www.un-spider.org/news-and-events/news/astrium-provide-imagery-google-maps-and-google-earth>. [Accessed: 19-Sep-2017].
- [12] M. Fragkias and K. C. Seto, "Urban Land-Use Change, Models, Uncertainty, and Policymaking in Rapidly Growing Developing World Cities: Evidence from China," in *Land Use Change: Science, Policy, and Management*, R. J. Aspinall and Hill, Eds. United States of America, 2008, pp. 139–160.
- [13] R. J. Aspinall and M. J. Hill, *Land Use Change: Science, Policy and Management*. United States: CRC Press, 2008.
- [14] J. R. Anderson, E. E. Hardy, J. T. Roach, R. E. Witmer, and D. L. Peck, "A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data," *A Revis. L. use Classif. Syst. as Present. U.S. Geol. Surv. Circ. 671*, vol. 964, p. 41, 1976.
- [15] J. Eastman, "IDRISI selva tutorial. Idrisi production. Clark Labs-Clark Universit," 2012. [Online]. Available: <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/TerrSet-Tutorial.pdf>. [Accessed: 18-May-2019].

