

Dampak Perubahan Iklim Terhadap Siklus Air, Banjir, Dan Erosi Di Hulu Hulu Atas Menggunakan Pemodelan

The Impact Of The Climate Change On Water, Flood And Dan Erosion Cycle In Upper

Citarum Hulu Uding Modeling

Shantosa Yudha Siswanto 1)* , Riskha Mardiana, ST. M.Pd 2)

- 1) Department of Soil Science and Land Resources, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University, Jl. Ir. Soekarno km. 21, Jatinangor, Sumedang, West Java 45363
- 2) Department of Architecture, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Jawa Barat, 40154, Indonesia
 E-mail. shantosa@unpad.ac.id

Abstract

The Cikeruh, Citarik, and Cirasea sub-watersheds are part of the Citarum watershed which is included in the 15 priority watersheds for critical land recovery. One of the causes of land criticality is the conversion of land use that is not in accordance with the capabilities of the available land. The purpose of this study was to determine land use conversion that occurred in the Cikeruh, Citarik, and Cirasea Sub-watersheds during 1990-2015 and to predict land use conditions in the research area in 2029. This research was conducted through a descriptive quantitative analysis approach through the interpretation of Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI satellite imagery supervised classification methods with the maximum likelihood algorithm and Utilization of the IDRISI application, Land Change Modeler (LCM) for predictive modeling of future land use . The types of use of built-up land, paddy fields and open land are predicted to increase by 3,761.26 Ha (29.02%), 441.10 Ha (4.84%), 267.04 Ha (4.55%), respectively.

Keywords: *land use change, remote sensing, land change modeler, logistic regression , multi-layer perceptron*

Abstrak

Sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea merupakan bagian dari daerah aliran sungai Citarum yang termasuk dalam 15 daerah aliran sungai prioritas untuk pemulihan lahan kritis. Salah satu penyebab kritisnya lahan adalah konversi penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan yang tersedia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konversi penggunaan lahan yang terjadi di sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea selama periode 1990-2015 dan untuk memprediksi kondisi penggunaan lahan di wilayah penelitian pada tahun 2029. Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan analisis kuantitatif deskriptif melalui interpretasi citra satelit Landsat 5 TM dan Landsat 8 OLI dengan metode klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma maximum likelihood dan pemanfaatan aplikasi IDRISI, Land Change Modeler (LCM) untuk pemodelan prediktif penggunaan lahan di masa mendatang. Jenis penggunaan lahan terbangun, sawah, dan lahan terbuka diprediksi akan meningkat masing-masing sebesar 3.761,26 Ha (29,02%), 441,10 Ha (4,84%), dan 267,04 Ha (4,55%).

Kata kunci: perubahan penggunaan lahan, penginderaan jauh, pemodelan perubahan lahan, regresi logistik, perceptron multi-layer

Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai Citarum (DAS) termasuk dalam 15 daerah aliran sungai prioritas untuk pemulihan lahan kritis dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) periode 2015-2019 karena kondisi sumber daya lahan dan kondisi hidrologi yang selalu menurun dari tahun ke tahun. Seiring dengan pertumbuhan penduduk, tingkat kebutuhan manusia akan lahan juga meningkat. Menurut Bappenas (2014), kepadatan penduduk di daerah aliran sungai Citarum mencapai 1.272 jiwa/km², angka ini lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan penduduk rata-rata di Jawa Barat yang mencapai 1.198 jiwa/km². Distribusi penduduk yang tidak merata dan tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan kepadatan aktivitas terkonsentrasi di suatu daerah yang menuntut peningkatan eksploitasi sumber daya lahan, tetapi di sisi lain ketersediaan lahan terbatas. Dorongan akan kepadatan penduduk menyebabkan konversi lahan seiring dengan meningkatnya kebutuhan penduduk yang akan berdampak pada kondisi lingkungan di daerah aliran sungai. Hal ini sejalan dengan pernyataan Asdak (2010) bahwa perubahan penggunaan lahan dan jenis vegetasi dalam skala besar dan permanen dapat mempengaruhi hasil air di ekosistem DAS.

Penggunaan lahan atau pemanfaatan lahan merupakan berbagai bentuk manifestasi intervensi manusia terhadap sumber daya lahan dalam upaya memenuhi kebutuhan hidup manusia, baik memenuhi kebutuhan pangan, tempat tinggal, tempat kerja, maupun kebutuhan spiritual. Bentuk penggunaan lahan memiliki sifat dinamis di mana perubahan lahan didasarkan pada dinamika kebutuhan manusia yang berubah seiring waktu (Arsyad, 2010). Faktor-faktor yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan meliputi kondisi sosial ekonomi, politik, kondisi lingkungan, dan peraturan daerah (Zhao dkk, 2018). Konversi lahan dapat mengarah ke arah negatif jika perubahan tersebut melebihi kemampuan lahan dan daya dukung lahan yang tersedia, dan sebaliknya jika konversi lahan didasarkan pada rencana pengelolaan daerah yang tepat dengan mempertimbangkan kemampuan dan daya dukung lahan, perubahan lahan akan mengarah ke arah positif (Hu dkk. 2008).

Daerah aliran sungai Citarum Hulu telah mengalami perubahan signifikan dalam penggunaan lahan dari tahun ke tahun. Selama periode 1983-2002, luas hutan menurun menjadi 39.621 Ha, sawah menurun menjadi 32.382 Ha, lahan terbangun meningkat sebesar 11.521 Ha dan lahan terbuka meningkat sebesar 10.612 Ha (Haryanto dkk., 2007). Berdasarkan analisis peta tutupan lahan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2015, luas hutan di daerah aliran sungai Citarum hanya mencapai 110.211,60 ha (15,96%) yang masing-masing terdistribusi di daerah hulu seluas 34.095,25 ha (4,94%), daerah tengah seluas 57.178,70 ha (8,28%) dan daerah hilir seluas 18.937,65 ha (2,74%) (Salim dkk, 2019). Merujuk pada Pasal 18 ayat 2 Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 yang menetapkan alokasi lahan hutan sebesar 30% dari total luas daerah aliran sungai, kondisi hutan yang hanya mencapai 15,96% di daerah aliran sungai Citarum sangat mengkhawatirkan.

Land Change Modeler (LCM) adalah aplikasi pemodelan perubahan penggunaan lahan yang dapat digunakan untuk menganalisis pola perubahan penggunaan lahan, menganalisis faktor-faktor penyebab perubahan penggunaan lahan, dan memprediksi perubahan penggunaan lahan dengan hasil yang akurat (Mishra dkk., 2014; Kumar dkk., 2015; Ridwan dkk., 2017; Eastman, JR, & Toledano, J., 2018; Gupta, R., & Sharma, LK, 2020). Penggunaan LCM juga telah digunakan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan, mengidentifikasi faktor konversi lahan atau memproyeksikan penggunaan lahan di berbagai daerah DAS Citarum (Ridwan et al., 2017; Siswanto, SY, & Francés, F. 2019; Pitaloka et al., 2020). Identifikasi penggunaan lahan, analisis perubahan penggunaan lahan, analisis faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan, dan analisis kesesuaian penggunaan lahan merupakan serangkaian studi yang belum pernah dilakukan di Sub-DAS Cikeruh, Citarik, dan Cirasea. Sehingga dengan memilih wilayah penelitian yang relatif lebih kecil, diharapkan analisis yang dilakukan dapat lebih terfokus dan lebih detail.

Tujuan penelitian ini meliputi: (1) Mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan yang terjadi di Sub-DAS Cikeruh, Citarik, dan Cirasea pada periode 1990-2015, (2) Memprediksi jenis penggunaan lahan yang akan terbentuk pada tahun 2029 di Sub-DAS Cikeruh, Citarik, dan Cirasea, (3) Membandingkan akurasi prediksi

metode Multi-layer Perceptron Analysis Neural Network (MLP ANN) dan Logistic Regression (Logit). Diharapkan data hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi spasial mengenai kondisi penggunaan lahan di wilayah penelitian dalam tinjauan perencanaan spasial di lingkungan DAS baik dalam hal evaluasi kebijakan maupun perencanaan spasial sehingga penggunaan sumber daya lahan di lingkungan DAS optimal dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

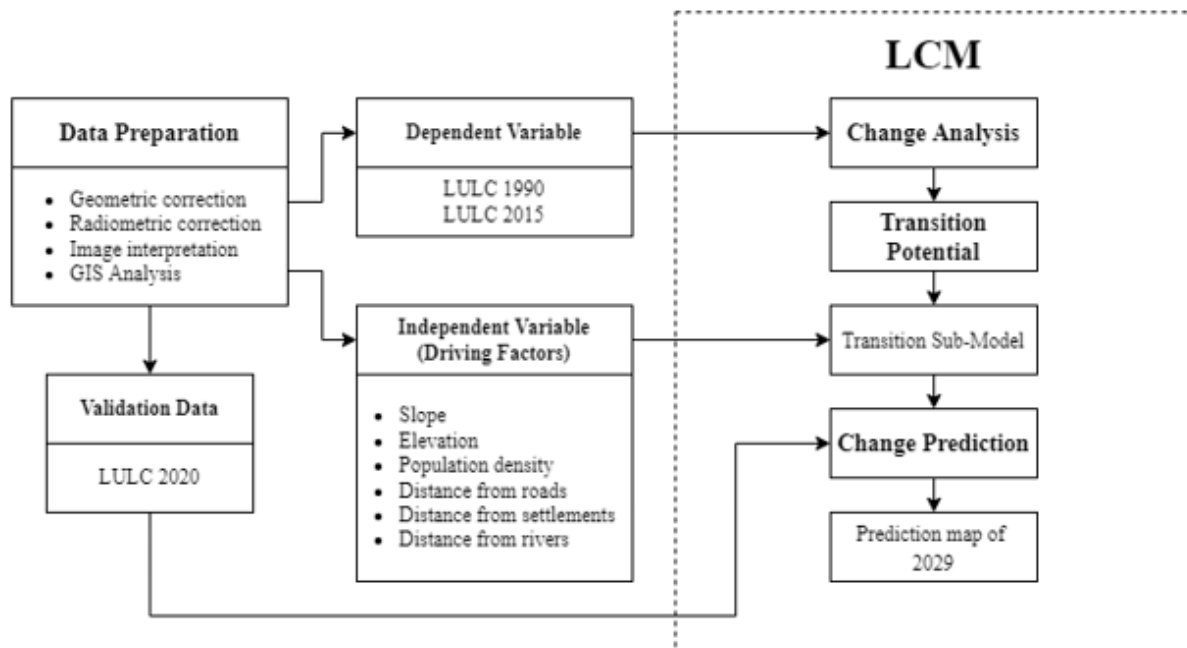
Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 5 TM tahun 1990 dan Landsat 8 OLI tahun 2015 dengan tingkat presisi 1 dan koreksi medan (L1TP) yang memiliki jumlah band tertentu yaitu 8 untuk Landsat 5 TM dan 11 untuk Landsat 8 OLI. Data ini memiliki kuantifikasi data 8 bit untuk Landsat 5 TM dan 12 bit untuk Landsat 8 OLI, kedua data tersebut memiliki resolusi spasial 30 meter dalam format GeoTIFF yang kemudian dikonversi ke format IMG untuk tujuan interpretasi dalam aplikasi ERDAS IMAGINE. Selain data citra satelit, peta kepadatan penduduk, jarak dari jalan, permukiman, dan sungai, peta elevasi dan kemiringan juga diperlukan untuk digunakan sebagai variabel independen dalam pemodelan Land Change Modeler (LCM). Data ini diperoleh dari pengolahan data peta RBI Jawa Barat pada skala 1:25.000, peta DEMNAS dengan resolusi 0,27 detik busur, dan data BAPPENAS. Rekapitulasi spesifikasi data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi spesifikasi data penelitian

No	Material	Specification	Source	Utility
1.	Landsat imagery in 1990, 2015 and 2020	30m resolution	United States Geological Survey (USGS)	Land use interpretation
2.	West Java RBI Map	Scale 1: 25,000	Geospatial Information Agency (BIG)	Base Map, <i>creation of independent variables / driving factors in LCM modeling</i>
3.	NAS DEM data	0.27 Arcsecond (8m)	Geospatial Information Agency (BIG)	<i>Making watershed maps, making independent variables /limiting factors in LCM modeling</i>
<u>4.</u>	Population density data for 2015	District level	Regency/City data in numbers BPS	Independent variables / driving factors in LCM modeling
5.	West Java RTRWP Spatial Pattern Map for the 2009-2029 Period	Scale 1:250,000	BAPPEDA	Evaluation of suitability of spatial patterns

Data referensi lain yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan sampel pelatihan adalah citra maxar yang diakses melalui Google Earth pada tahun 2020 dan data pengecekan lapangan yang dilakukan di 80 titik yang tersebar di sub-daerah aliran sungai Cikaeruh, Citarik, dan Cirasea. Selain digunakan sebagai data referensi, data pengecekan lapangan juga digunakan sebagai data pembanding untuk menguji akurasi hasil interpretasi citra.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi: (1) Persiapan data, (2) Analisis konversi lahan, dan (3) Prediksi penggunaan lahan LCM. Persiapan data meliputi koreksi geometrik, koreksi radiometrik, interpretasi citra, dan analisis GIS (Sistem Informasi Geografis) untuk mempersiapkan data yang dibutuhkan dalam penelitian, baik data variabel independen, data variabel dependen, dan data validasi. Rangkaian tahapan penelitian disajikan dalam bentuk diagram pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alur penelitian

Persiapan data meliputi pra-pemrosesan citra Landsat 5 TM tahun 1990, Landsat 8 OLI tahun 2015 dan 2020, interpretasi penggunaan lahan, dan analisis GIS untuk memenuhi kebutuhan data penelitian. Aktivitas pra-pemrosesan citra yang dilakukan meliputi proses koreksi geometri dengan proses reproyeksi citra yang sebelumnya menggunakan sistem koordinat WGS 1984 menjadi sistem koordinat UTM (Zona 48 S). Sementara itu, koreksi radiometrik dilakukan menggunakan Plugin Klasifikasi Semi-otomatis (SCP) pada aplikasi QGIS 3.16. Interpretasi citra dilakukan pada aplikasi ERDAS IMAGINE 2015 menggunakan metode klasifikasi terawasi dengan algoritma klasifikasi kemungkinan maksimum. Citra satelit untuk tahun 1990, 2015, dan 2020 diklasifikasikan ke dalam 8 jenis kelas penggunaan lahan, yaitu: badan air, hutan, perkebunan, pertanian lahan kering, sawah, padang rumput/hutan kecil, lahan terbangun, dan lahan terbuka.

Analisis GIS dilakukan untuk menghasilkan variabel independen yang kemudian menjadi faktor penggerak yang digunakan dalam setiap sub-model yang telah dibuat. Variabel independen yang digunakan meliputi peta kepadatan penduduk, peta elevasi, peta kemiringan, peta jarak dari jalan, peta jarak dari permukiman, dan peta jarak dari sungai. Peta kepadatan penduduk dibuat dengan memasukkan data kepadatan penduduk yang diperoleh dari BPS ke setiap wilayah kecamatan. Data DEMNAS dengan resolusi 0,27 detik busur digunakan sebagai peta elevasi dan untuk membuat peta kemiringan menggunakan alat Analisis GIS - Analisis Permukaan - Variabel Topografi - Kemiringan pada aplikasi IDRISI Selva 17.0. Sementara itu, peta jarak dari jalan, permukiman, dan sungai dibuat melalui analisis jarak Euclidean dari peta jalan, permukiman, dan sungai yang diperoleh dari peta RBI untuk Wilayah Jawa Barat pada skala 1:25.000.

Pemodelan perubahan penggunaan lahan dilakukan menggunakan aplikasi Land Change Modeler dengan analisis Rantai Markov dan regresi logistik. Kedua metode analitis ini memungkinkan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan saat ini dan memprediksi penggunaan lahan di masa mendatang. Pendekatan metode deskriptif berupa pengumpulan data spasial melalui berbagai sumber yang berkaitan dengan penentu perubahan penggunaan lahan melalui pengolahan data spasial dengan model LCM. Tahapan kerja dalam LCM meliputi:

1. Analisis Perubahan

Tahap awal ini dilakukan dengan memasukkan peta penggunaan lahan tahun 1990 sebagai bahan awal untuk model perubahan penggunaan lahan pada kolom citra tutupan lahan sebelumnya dan peta penggunaan lahan tahun 2015 yang digunakan sebagai proyeksi akhir pemodelan perubahan penggunaan lahan pada kolom citra tutupan lahan selanjutnya. Pada tahap ini, dihasilkan kelas perubahan serta grafik penambahan dan pengurangan luas setiap kategori penggunaan lahan yang akan digunakan sebagai variabel dependen.

2. Potensi Transisi

Potensi transisi adalah nilai kontinu dengan rentang 0–1 yang menyatakan potensi relatif suatu piksel untuk berubah dari satu kondisi ke kondisi lainnya. Tahap ini bertujuan untuk memprediksi lokasi yang berpotensi mengalami konversi lahan berdasarkan data yang telah dimasukkan pada proses sebelumnya. Pada tahap ini, variabel dependen (kondisi transisi terhadap perubahan penggunaan lahan) dimodelkan satu per satu ke dalam sub-model, serta proses memasukkan variabel independen ke dalam sub-model. Variabel independen perlu diuji dengan melihat nilai Cramer's V dengan rentang 0 hingga 1, dengan asumsi variabel independen hanya dapat digunakan jika nilai Cramer's V di atas 0,1 sehingga menunjukkan adanya hubungan dalam mendorong perubahan. Setelah sub-model sesuai, kemudian jalankan model berdasarkan pendekatan Neural Network (ANN) dan regresi logistik (Logit).

3. Prediksi Perubahan

Pada tahap ini, prediksi dibuat mengenai perubahan yang diproyeksikan di masa depan (2029) menggunakan metode Rantai Markov yang akan menghasilkan matriks peluang perubahan penggunaan lahan berdasarkan dinamika perubahan penggunaan lahan 1990-2015 yang telah dijalankan pada proses sebelumnya. Proses ini menggunakan asumsi bahwa perubahan yang akan terjadi di masa depan (2029) akan memiliki pola dan faktor perubahan yang menyerupai pola perubahan pada model sebelumnya (1990-2015). Pemilihan proyeksi 2020 bertujuan untuk memvalidasi data.

4. Validasi Peta Prediktif

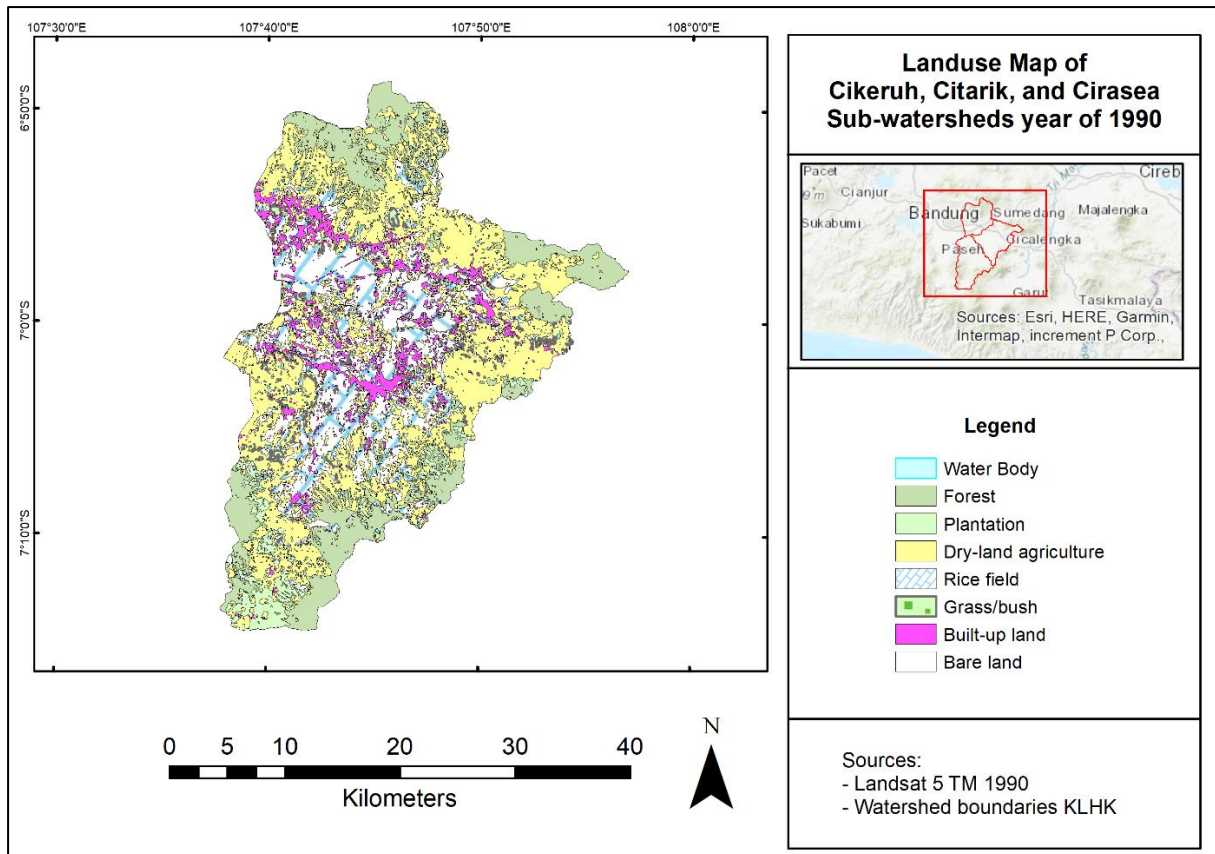
Validasi data dari pemodelan proyeksi penggunaan lahan dapat dianalisis menggunakan metode Crosstab (Getachew dan Kaur, 2021). Crosstab dilakukan antara peta prediksi 2020 dan peta penggunaan lahan aktual 2020 yang dihasilkan dari interpretasi citra Landsat 8 OLI/TIRS. Hasil uji validasi data ini adalah tabulasi silang luas dan indeks nilai Kappa (Ridwan dkk., 2017). Metode ini sama dengan metode pengujian akurasi interpretasi citra dengan perbedaan matriks kontingensi, di mana dalam proses ini matriks kontingensi disajikan dengan membandingkan jumlah piksel untuk setiap kelas peta prediksi dengan peta referensi. Kualitas prediksi dinilai berdasarkan kategori kesesuaian akurasi kappa pada tabel 8. Dalam proses validasi, akan muncul kategori hit (Kesesuaian perubahan antara peta prediksi dan peta referensi), miss (Tidak ada perubahan yang diprediksi tetapi terjadi perubahan aktual), false alarm (Ada perubahan yang diprediksi tetapi tidak terjadi perubahan aktual), dan correct rejection (Kompatibilitas persisten antara peta prediksi dan peta referensi). Setelah uji validasi data dilakukan, dilakukan reproyeksi penggunaan lahan untuk memprediksi kondisi penggunaan lahan di masa mendatang (tahun 2029).

Hasil dan Pembahasan

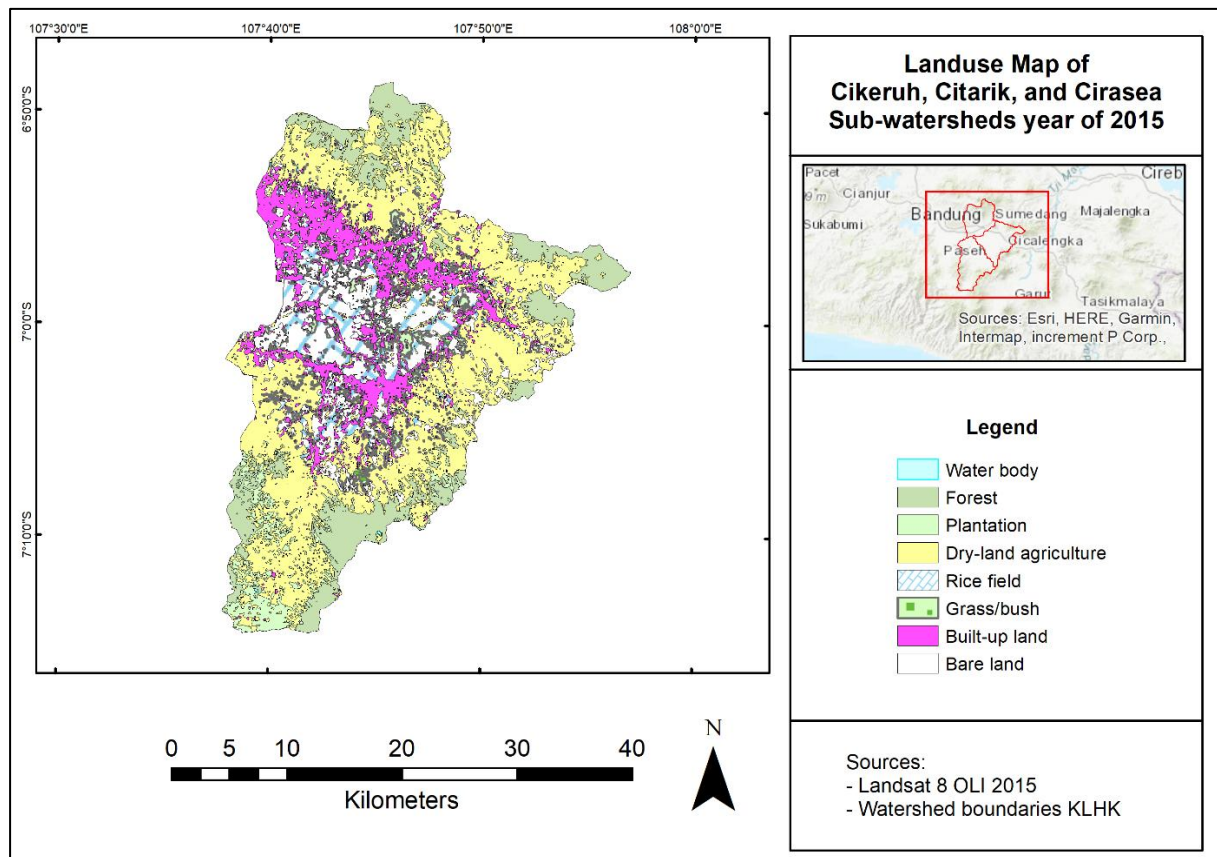
Interpretasi Citra Tahun 1990 dan 2015

Berdasarkan hasil analisis interpretasi citra, luas lahan yang mendominasi wilayah penelitian pada tahun 1990 adalah pertanian lahan kering, diikuti oleh sawah, hutan, dan lahan terbangun. Sedangkan pada tahun 2015, luas lahan yang mendominasi wilayah penelitian masih pertanian lahan kering, diikuti oleh hutan, lahan terbangun, dan sawah. Lahan terbangun merupakan penggunaan lahan yang mengalami peningkatan tertinggi selama periode 1990-2015 dengan peningkatan sebesar 4.595,85 Ha (5,38%), diikuti oleh pertanian lahan kering yang meningkat menjadi 3.546,90 Ha (4,15%). Sementara itu, penurunan tertinggi terjadi pada

penggunaan sawah dengan penurunan luas mencapai 8.754,12 Ha (10,24%), diikuti oleh penurunan lahan hutan yang mencapai 3.225,95 Ha (-3,77%). Peta dan data penggunaan lahan lainnya disajikan pada Gambar 3 dan Tabel 2.



(A)

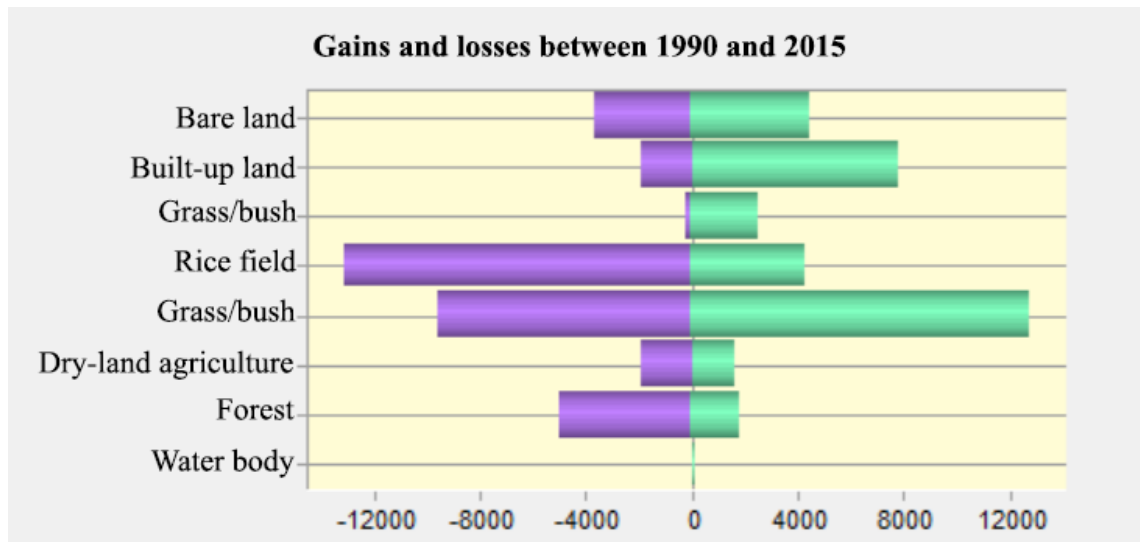


(B)

Figure 3. Land Use Map 1990 (A) and 2015 (B)

Analisis Perubahan

Analisis perubahan dilakukan melalui modul LCM dalam aplikasi IDRISI Selva. Pada tahap ini, analisis kuantitatif dilakukan terhadap perubahan penggunaan lahan di sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea pada tahun 1990 dan 2015 untuk menentukan peningkatan atau penurunan luas setiap kelas penggunaan lahan selama periode 1990-2015. Penambahan dan pengurangan luas kelas penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan hasil analisis perubahan di sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea untuk periode 1990-2015

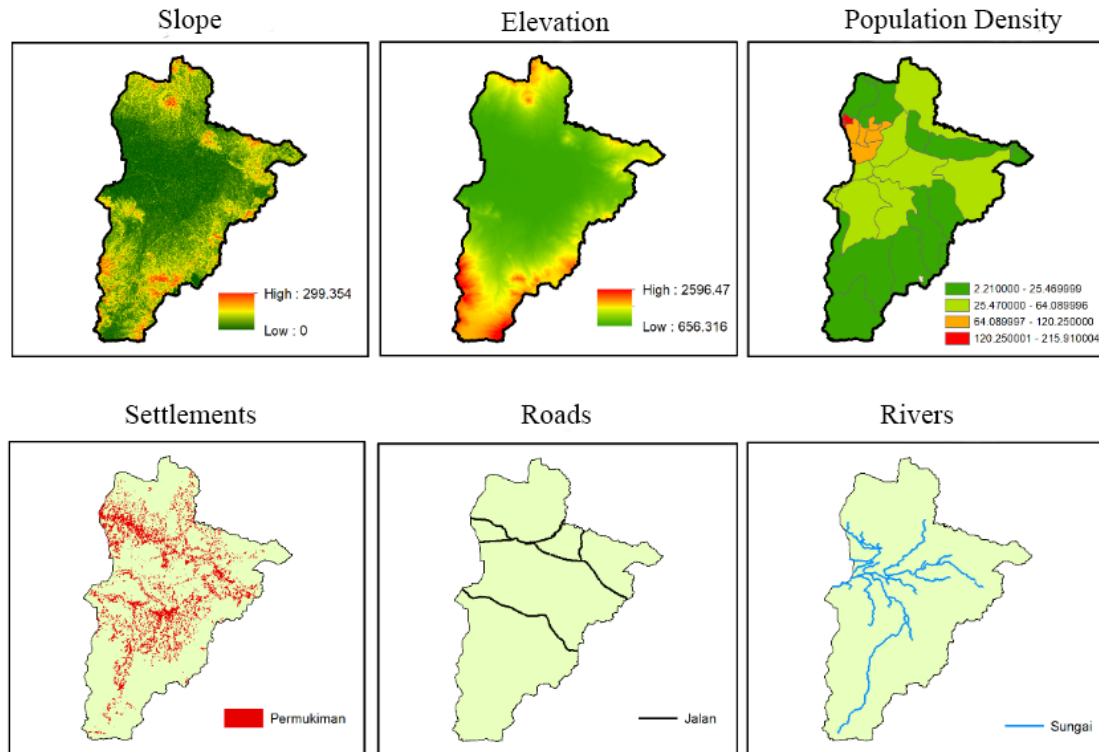
Jenis penggunaan lahan yang mengalami pengurangan penggunaan lahan tertinggi adalah pertanian lahan kering, kemudian sawah, dan hutan. Sedangkan jenis penggunaan lahan yang mengalami pertumbuhan luas tertinggi adalah lahan terbangun, pertanian lahan kering, kemudian sawah. Hal ini menunjukkan tingkat kerentanan yang tinggi terhadap konversi lahan pertanian dan hutan menjadi non-pertanian.

Analisis perubahan penggunaan lahan di sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea membutuhkan analisis lebih lanjut untuk menentukan berbagai jenis perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara khusus melalui pembuatan matriks transisi berdasarkan luas penggunaan lahan yang tumpang tindih antara peta penggunaan lahan tahun 1990 dan 2015. Metode ini dapat dilakukan di aplikasi ArcGIS 10.7 menggunakan modul intersect. Data dari analisis perubahan penggunaan lahan dijelaskan pada Tabel 3.

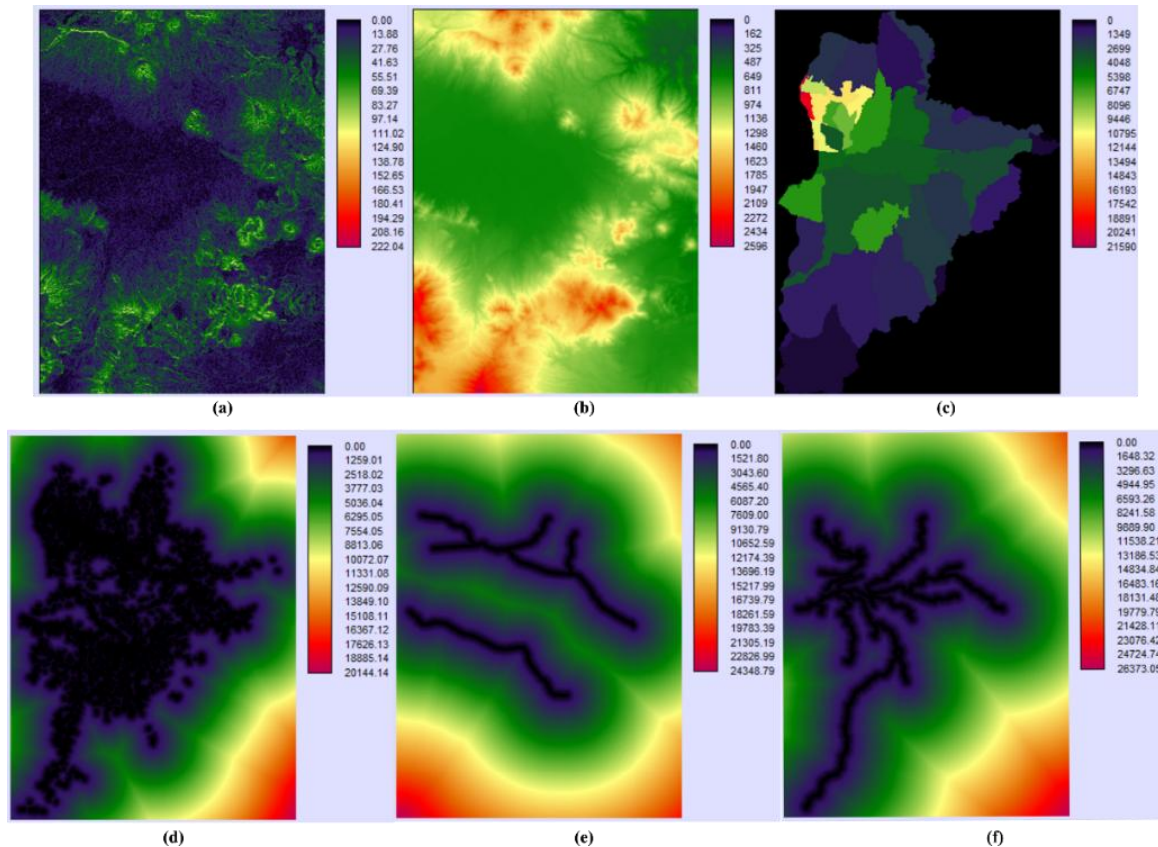
Secara keseluruhan, konversi lahan terjadi dalam bentuk konversi antara sawah dan pertanian lahan kering. Fahmuddin dan Irawan (2011) berpendapat bahwa fenomena konversi lahan lebih sering terjadi di sawah karena 3 faktor, yaitu: pengembangan kegiatan non-pertanian lebih mudah dilakukan di sawah yang lebih datar, kebijakan sebelumnya berfokus pada upaya peningkatan produksi padi sehingga lebih banyak infrastruktur ekonomi tersedia di sawah, dan secara umum sawah lebih dekat dengan daerah konsumen atau daerah perkotaan yang relatif lebih padat penduduknya dibandingkan daerah lahan kering yang sebagian besar terletak di daerah perbukitan dan pegunungan. Selain itu, konversi lahan hutan menjadi pertanian lahan kering/sawah dan konversi sawah/pertanian lahan kering menjadi lahan terbangun terjadi karena peningkatan kepadatan penduduk dan kecenderungan manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (Imansyah, 2012). Kecenderungan mengubah lahan terbuka menjadi sawah, pertanian lahan kering, atau lahan terbangun didorong oleh faktor konversi lahan yang lebih efektif dan efisien dibandingkan jenis penggunaan lahan lainnya yang membutuhkan pembukaan lahan.

Potensi Transisi

Faktor-faktor yang digunakan sebagai variabel penggerak dalam sub-model meliputi: kemiringan, elevasi, kepadatan penduduk, jarak dari permukiman, jarak dari jalan, dan jarak dari sungai. Faktor-faktor ini diproses dari data kemiringan, elevasi, kepadatan penduduk, distribusi permukiman, distribusi jalan, dan distribusi sungai (Gambar 5) yang kemudian diubah menjadi variabel penggerak (Gambar 6) dalam aplikasi IDRISI sehingga dapat digunakan sebagai variabel pemodelan konversi lahan.



Gambar 5. Data tentang kemiringan, ketinggian, kepadatan penduduk, distribusi permukiman, distribusi jalan, dan distribusi sungai yang akan diproses menjadi variabel penggerak LCM.

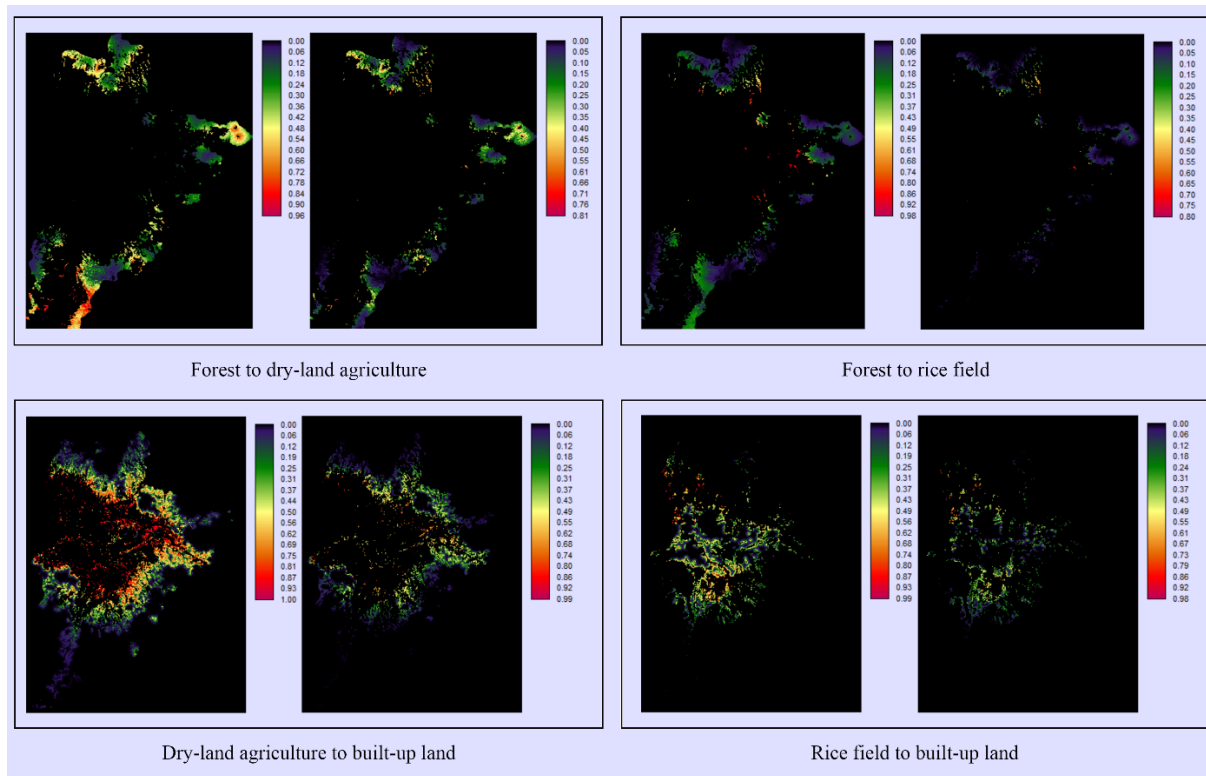


Gambar 6. Variabel penggerak yang siap digunakan dalam pemodelan LCM adalah (a) Kemiringan, (b) Ketinggian, (c) Kepadatan penduduk, (d) Jarak dari permukiman, (e) Jarak dari jalan, (f) Jarak dari sungai di sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea.

Pengujian besarnya pengaruh faktor konversi lahan terhadap konversi lahan yang terjadi dilakukan dengan menggunakan metode Cramer's v yang dapat mengukur hubungan antara dua jenis kategori yang mendefinisikan tabel kontingensi antara 2 kategori tersebut. Hasil uji Cramer's v berupa nilai dengan rentang 0 hingga +1, di mana semakin mendekati 1, semakin tinggi tingkat pengaruh faktor perubahan penggunaan lahan. Nilai Cramer's v di atas 0,15 dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh terhadap konversi lahan yang terjadi pada periode tertentu dan dapat digunakan sebagai variabel prediksi penggunaan lahan yang valid (Eastman, 2016).

Ketinggian merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan, diikuti oleh kepadatan penduduk, kemiringan, jarak dari permukiman, jarak dari jalan raya, dan yang paling kecil pengaruhnya adalah jarak dari sungai. Semua nilai Cramer's v menunjukkan nilai di atas 0,15 sehingga semua variabel penggerak dapat digunakan dalam pembuatan sub-model.

Pada tahap potensi transisi, variabel dependen dimodelkan satu per satu menjadi 4 sub-model, yaitu: Hutan menjadi pertanian lahan kering, hutan menjadi sawah, pertanian lahan kering menjadi lahan terbangun, dan sawah menjadi lahan terbangun. Variabel independen dimasukkan ke dalam masing-masing sub-model yang dibuat, kemudian model yang telah dibuat dianalisis potensi transisinya dengan pendekatan ANN (kiri) dan Logit (kanan) (Gambar . 7) . Pemilihan kedua pendekatan ini bertujuan untuk menguji tingkat akurasi masing-masing metode yang dapat dilihat pada.



Gambar 7. Potensi Transisi Metode ANN (kanan) dan Logit (kiri). Hutan yang menutupi lahan kering (a); Hutan menjadi sawah (b); Pertanian lahan kering menjadi lahan terbangun (c); Sawah menjadi lahan terbangun (d).

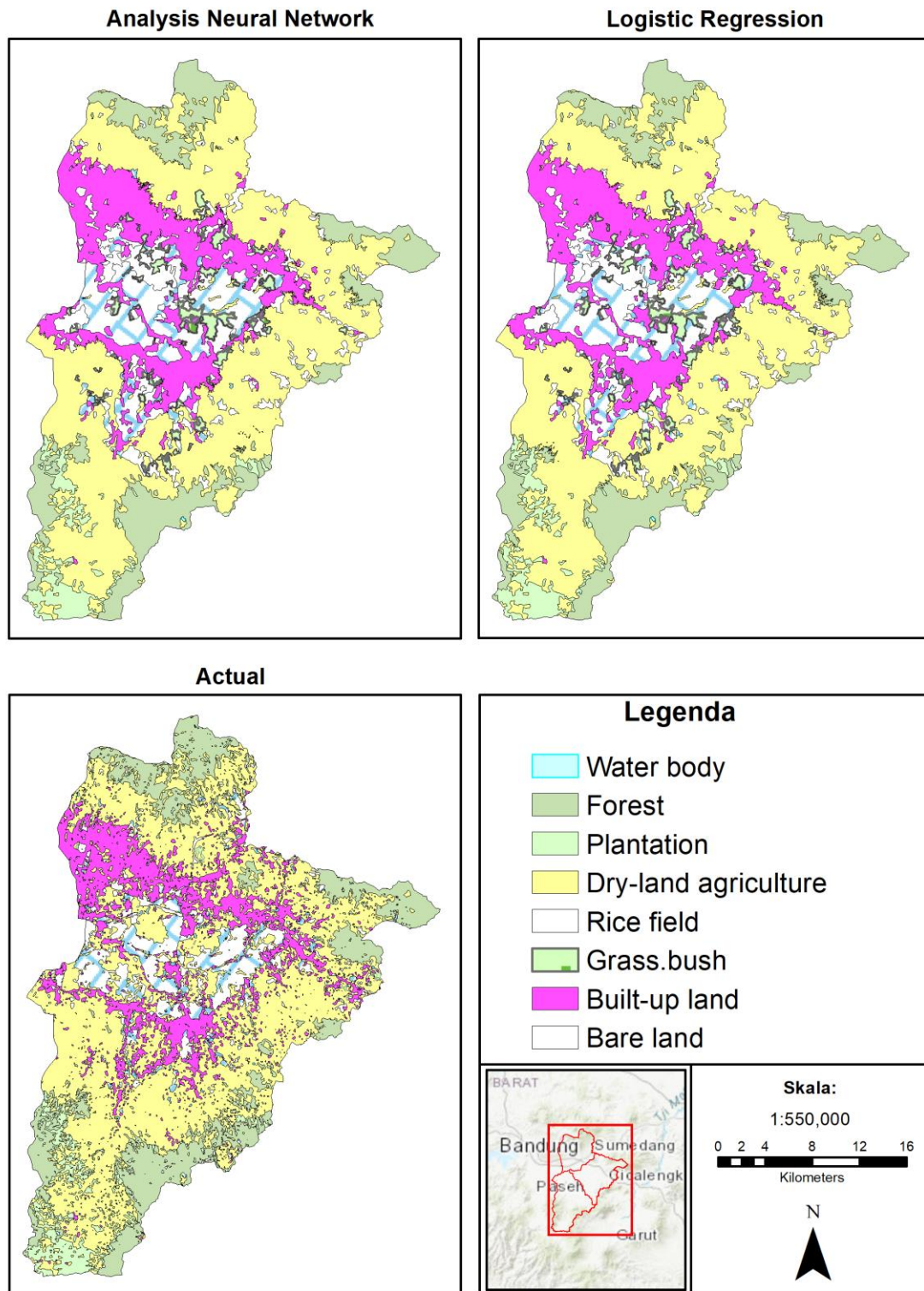
Dari hasil pembuatan sub-model, terlihat bahwa tingkat akurasi metode Logit lebih tinggi daripada metode ANN, di mana Logit menghasilkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 88,14%. Sedangkan metode ANN menghasilkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 73,17%. Kedua sub-model ini masih memenuhi standar akurasi sehingga dapat dilanjutkan ke tahap prediksi perubahan .

Prediksi perubahan

Data tentang itu daerah dari tanah konversi itu muncul selama periode 1990-2015 adalah digunakan sebagai dasar untuk menghitung itu kemungkinan dari tanah konversi transisi di masa depan. Probabilitas analisa adalah telah membawa keluar menggunakan itu Metode Rantai Markov , Di mana itu anggapan dari itu kemungkinan dari perubahan yang akan terjadi di masa depan adalah sebuah ilustrasi dari itu perubahan penggunaan lahan itu terjadi di sebelumnya periode (1990-2015).

Berdasarkan hasil analisis nilai probabilitas, jenis penggunaan lahan yang akan mengalami konversi lahan tertinggi adalah lahan terbuka dengan nilai probabilitas persistensi 0,2673 dan rumput/semak dengan nilai probabilitas persistensi 0,4921. Sementara itu, itu akan pengalaman itu terendah tanah konversi adalah tubuh dari air dengan kegigihan kemungkinan nilai dari 0,9884 dan hutan dengan kegigihan kemungkinan nilai sebesar 0,8746 . Lahan terbuka memiliki paling tinggi potensi untuk perubahan penggunaan lahan jatuh tempo ke itu lebih mudah tanah konversi proses dan lebih rendah biaya dibandingkan ke tanah dengan vegetasi lebat Karena dia memerlukan tanah membersihkan .

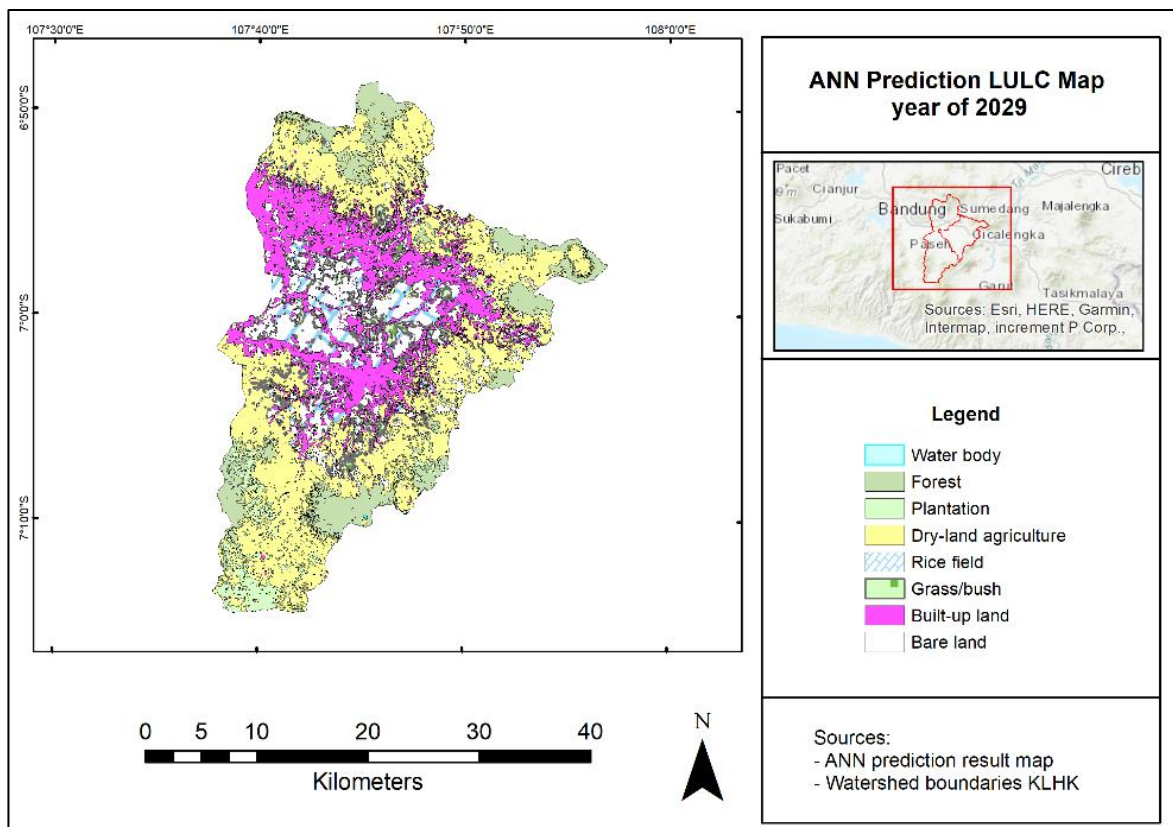
Ramalan dari perubahan penggunaan lahan adalah telah membawa keluar menggunakan dua metode , yaitu itu Jaringan Saraf Buatan (ANN) dan logistik regresi Metode (Logit) . Pemilihan dari 2 prediksi ini metode tujuan untuk menguji ramalan ketepatan nilai dari setiap Metode . Prediksi dari perubahan penggunaan lahan adalah telah membawa keluar 2 kali dengan selisih tahun pemilihan , yaitu pemilihan tahun 2029 dan 2020 untuk ramalan validasi tujuan . Data perbandingan antara itu hasil dari Interpretasi penggunaan lahan aktual tahun 2020 , model ANN , dan Logit disajikan dalam bentuk peta . bentuk pada Gambar 8 dan tanah data area pada Tabel 7 .



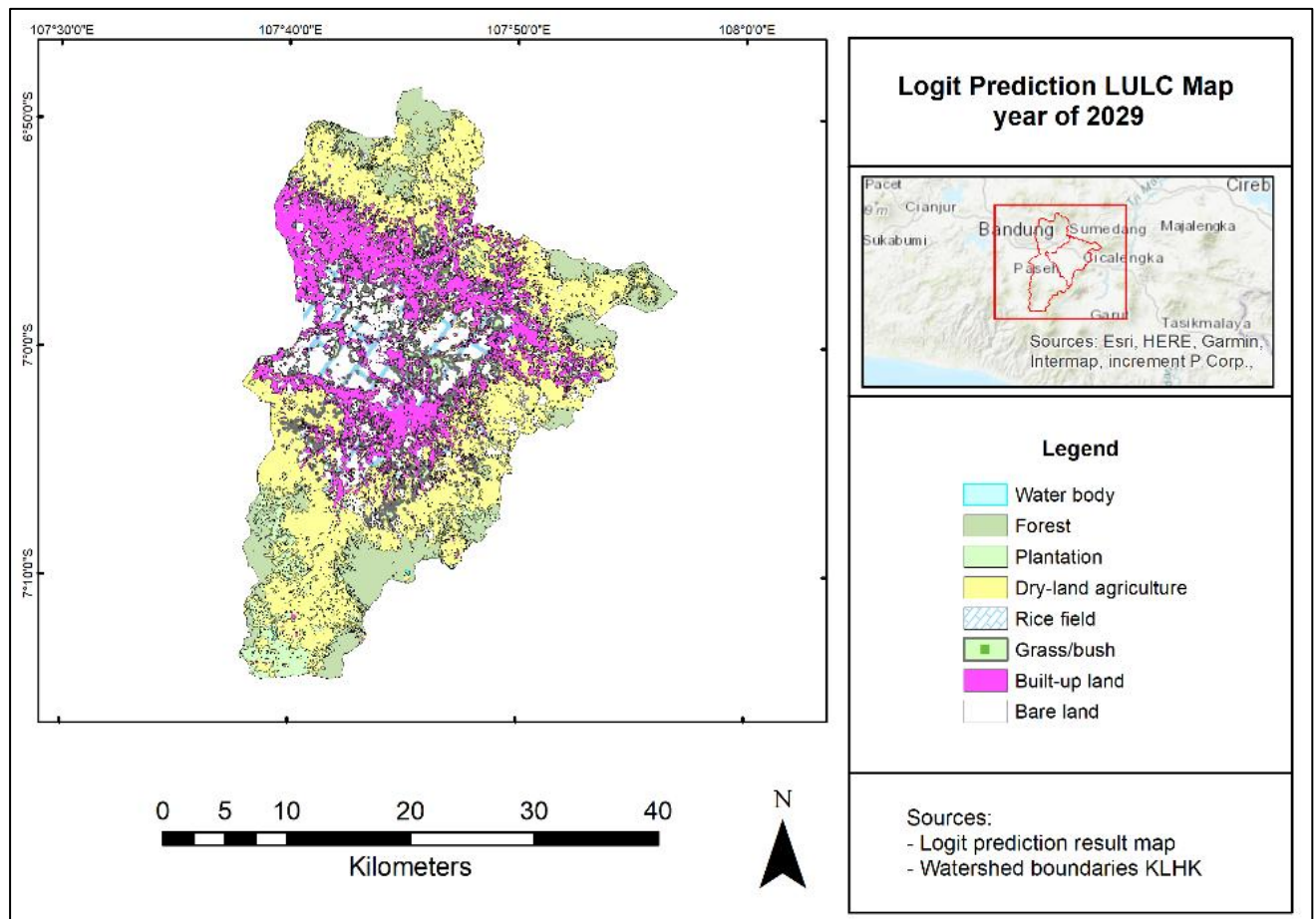
Gambar 8. Peta penggunaan lahan aktual tahun 2020 dan hasil prediksi dari ANN, dan Logit

Prediksi tahun 2020 hasil peta adalah divalidasi melawan peta penggunaan lahan tahun 2020 menggunakan itu Tabel silang metode di dalam IDRISI Aplikasi Selva Hasilnya dari itu ramalan uji akurasi menggunakan itu Tabel silang metode menghasilkan Indeks Kappa nilai dari 0,8353 untuk itu Logit metode dan 0,8349 untuk metode ANN , keduanya nilai- nilai tersebut termasuk dalam sangat Bagus kategori sehingga Ini bisa dilanjutkan dengan membuat prediksi peta dari Penggunaan lahan pada tahun 2029.

Berdasarkan pada Tabel 15 , kecenderungan dari perubahan penggunaan lahan diproduksi oleh ANN atau Logit metode memiliki hasil itu cenderung untuk menjadi sama bahkan meskipun di sana terdapat perbedaan dalam kesalahan prediksi yang cukup tinggi dibandingkan ke tanah sebenarnya konversi . Logit ramalan hasilnya lebih baik dengan perbedaan nilai mencapai 3.610,85 Ha dibandingkan terhadap ANN yang memiliki perbedaan nilai hingga 5.728,39 Ha dibandingkan dengan kondisi aktual . Ini perbedaan terjadi jatuh tempo ke itu perbedaan dalam mekanisme di antara ANN dan Logit metode dalam menerjemahkan tanah konversi faktor-faktor ke dalam variabel independen dalam KPK (Kelipatan Persekutuan Terkecil) model , di mana ANN memproses variabel menjadi transisi peta melalui banyak iterasi dari itu koneksi beban antara variabel dan kemungkinan dari tanah konversi melalui Multi Layer Perceptron analisis . Sedangkan Logit memproses variabel menjadi transisi peta berdasarkan pada Kurva logistik . Perbandingan dari itu distribusi dari penggunaan lahan pada tahun 2020 dan ramalan peta dari Penggunaan lahan pada tahun 2029 dapat dilihat pada Gambar 9.



(A)



(B)

Gambar 9. Peta prediksi penggunaan lahan pada tahun 2029 menggunakan metode ANN (A) dan Logit (B). Dinamika perubahan penggunaan lahan disajikan berdasarkan data penggunaan lahan dari pengolahan interpretasi citra satelit untuk tahun 1990, 2015, 2020, serta data prediksi penggunaan lahan untuk tahun 2029 dengan metode LCM Logit. Metode Logit dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi daripada metode ANN. Dinamika perubahan penggunaan lahan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Tabel 8.

Berdasarkan hasil analisis dinamika perubahan penggunaan lahan, terlihat bahwa selama periode 1990-2020, jenis penggunaan lahan sawah mengalami penurunan sebesar 10.116,81 Ha, lahan hutan menurun sebesar 2.229,34 Ha, dan lahan perkebunan menurun sebesar 393,48 Ha. Sementara itu, lahan terbangun terus meningkat seluas 6.882,70 Ha, luas lahan semak meningkat sebesar 2.918,86 Ha, dan pertanian lahan kering meningkat sebesar 1.837,16 Ha. Penurunan luas lahan hutan di sub-daerah aliran sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea tidak terlepas dari eksploitasi lahan hutan menjadi lahan pertanian sebagai akibat dari upaya memenuhi kebutuhan sehari-hari penduduk sekitar, hal ini sejalan dengan pernyataan Austin dkk. (2019) yang menyatakan bahwa penyebab utama deforestasi tertinggi di pulau Jawa adalah sistem pertanian subsisten masyarakat yang tinggal di sekitar hutan. Sementara itu, hilangnya sawah akibat kepadatan penduduk yang tinggi dan pembangunan infrastruktur di daerah pinggiran sekitar pusat kota yang pada gilirannya mendorong konversi sawah menjadi kawasan terbangun seperti permukiman, industri, dan fasilitas serta infrastruktur (Azadi dkk., 2011).

Berdasarkan prediksi yang dibuat dalam modul LCM, selama periode 2020-2029, luas hutan akan berkurang hingga 1.695,10 hektar. Sementara yang diprediksi mengalami peningkatan luas lahan meliputi kelas sawah yang akan meningkat menjadi 765,09 Ha, lahan terbangun akan meningkat sebesar 576,30 Ha, dan akan terjadi peningkatan luas lahan terbuka mencapai 320,26 Ha, sedangkan pertanian lahan kering akan meningkat menjadi 142,70 Ha. Berdasarkan data perubahan penggunaan lahan, diprediksi bahwa luas hutan akan terus berkurang dan mendekati batas minimum luas hutan untuk daerah aliran sungai, yaitu 15% dari total luas, sehingga perlu dilakukan mitigasi deforestasi melalui kegiatan reboisasi, perencanaan lahan alternatif khusus untuk sektor pertanian, dan peningkatan pengawasan konversi lahan hutan yang terjadi dari tahun ke tahun.

Kesimpulan

Tanah konversi itu terjadi di Sub -daerah Aliran Sungai Cikeruh, Citarik, dan Cirasea daerah selama periode 1990-2020 adalah didominasi oleh itu konversi dari padi ladang ke tanah kering pertanian penutup sebuah daerah dari 6.390,72 Ha (7,48%), hutan ke tanah kering pertanian meliputi 4.325,13 Ha (5,06%), lahan kering pertanian ke tanah terbangun meliputi 3.457,53 Ha (4,05%), lahan kering pertanian untuk lahan terbuka meliputi 2,6 37,90 Ha (3,09%), sawah menjadi daerah terbangun seluas 2.553,39 Ha (2,99%). Hasilnya menunjukkan itu ketinggian dan kemiringan adalah biofisika faktor-faktor itu memiliki itu paling pengaruh pada itu membatasi faktor-faktor untuk tanah konversi . Sementara populasi kepadatan dan kedekatan dari suatu wilayah ke pemukiman adalah paling berpengaruh sosial- ekonomi faktor-faktor sebagai faktor pendorong bagi tanah konversi .

KPK (Kelipatan Persekutuan Terkecil) model adalah mampu ke meramalkan itu gejala dari perubahan penggunaan lahan dengan sebuah ketepatan dari indeks kappa mencapai 0,8353 untuk itu Logit metode dan 0,8349 untuk Metode ANN . Berdasarkan pada itu ramalan hasil dari KPK (Kelipatan Persekutuan Terkecil) menggunakan itu Logit Dengan metode tersebut , pada tahun 2029 luas hutan akan berkurang menjadi 1.695,10 Ha. Sementara itu, yang diprediksi akan mengalami peningkatan luas lahan meliputi lahan sawah yang akan meningkat menjadi 765,09 Ha, lahan terbangun akan meningkat sebesar 576,30 Ha, dan akan terjadi peningkatan luas lahan terbuka mencapai 320,26 Ha, sedangkan pertanian lahan kering akan meningkat menjadi 142,70 Ha. **Ucapan Terima Kasih** [jika ada]

Ucapan Terima Kasih disajikan secara singkat sebagai bentuk apresiasi terhadap pihak-pihak meliputi Lembaga pemberi dana, mitra kerja, dan perorangan yang berkontribusi dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- Asdak, C. 2018. Hidrologi dan Manajemen Daerah Aliran Sungai . Penerbit Universitas Gadjah Mada .
- Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air . Edisi kedua . Pertanian Bogor Institusi : Bogor.
- Zhao, X., Pu, J., Wang, X., Chen, J., Yang, LE, & Gu , Z. 2018. Perubahan spasial -temporal penggunaan lahan dan dampaknya penggerak faktor- faktor dalam hutan buatan wilayah di Tiongkok Barat Daya . Keberlanjutan . 10(11): 4066.
- Hu , D., Yang, G., Wu, Q., Li, H., Liu, X., Niu, X., Wang, Z., & Wang, Q. 2008. Menganalisis perubahan penggunaan lahan di metropolitan jilin kota dari Tiongkok Timur Laut Menggunakan Penginderaan Jauh dan GIS. Sensor . 8(9): 5449-5465.
- Haryanto , ET, Herwanto , T. , & Kendaro , DR 2007. Perubahan bentuk penggunaan lahan dan dampaknya implikasi untuk itu koefisien limpasan air dari Daerah Aliran Sungai Hulu Citarum , Jawa Barat. Bionatura Jurnal . 9(1): 1-15.
- Salim, AG, Dharmawan , IWS , & Narendra, BH 2019. Pengaruhnya dari hutan menutupi pada itu hidrologis karakteristik dari Daerah Aliran Sungai Hulu Citarum . Jurnal Lingkungan Sains . 17(2): 333-340.

- Mishra, VN , Rai, PK , & Mohan, K. 2014. Prediksi dari perubahan penggunaan lahan berdasarkan pada Land Change Modeler (LCM) menggunakan penginderaan jauh : Sebuah studi kasus dari Muzaffarpur (Bihar), India. Jurnal dari itu Geografis Institut "Jovan Cvijic", SASA, 64(1): 111-127.
- Kumar, KS, Bhaskar, PU, & Padmakumari , K. 2015. Aplikasi dari tanah mengubah pemodel untuk ramalan penggunaan lahan di masa depan Sampul : Sebuah studi kasus dari Vijayawada kota . int . J. Adv. Technol . Eng. sci . 3: 773-783.
- Ridwan, F., Ardiansyah , M., & Gandasmita , K. 2017. Pemodelan tanah perubahan sampul /penggunaan menggunakan jaringan saraf tiruan dan logistik regresi pendekatan (Studi kasus : Daerah aliran sungai Citarum , Jawa Barat). Buletin Tanah dan Lahan . 1(1): 30–36.
- Eastman, JR , & Toledano, J. 2018. Presentasi singkat dari Pemodelan Perubahan Lahan (LCM) . Dalam Olmedo, MTC , dkk . (Eds.). Geomatika Pendekatan untuk Pemodelan Skenario Perubahan Lahan . Springer International Publishing. hlm. 499-505.
- Gupta, R., & Sharma, LK 2020. Efektivitas dari spasial tanah mengubah pemodel sebagai peramal indikator untuk antropogenik mengubah dinamika lebih lima dekade : Sebuah studi kasus dari Shoolpaneshwar Margasatwa Cagar Alam , Gujarat , India. Ekologis Indikator , 112(274): 106171.
- Siswanto , SY , & Francés , F. 2019. Bagaimana penggunaan lahan / lahan menutupi perubahan dapat mempengaruhi Air , banjir, dan sedimentasi di daerah aliran sungai tropis : studi kasus. menggunakan didistribusikan pemodelan di daerah aliran sungai Citarum Hulu , Indonesia. Ilmu Bumi Lingkungan , 78(17), 1-15.
- Pitaloka , EF, Karuniasa , M., & Moersidik , SS 2020. Rangkaian waktu hutan tanah menutupi Perubahan di Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu , Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Dalam E3S Web of Konferensi (Vol. 211). EDP Ilmu pengetahuan
- Getachew, D., & Kaur, R. 2021. Pemodelan penggunaan lahan / tutupan lahan perubahan , menggunakan berlapis-lapis perseptron dan Markov rantai analisis : Sebuah studi pada Kota Bahir Dar, Ethiopia . Dalam Membayangkan Kembali Aplikasi Penginderaan Jauh (hlm. 241-260). CRC Press.
- Fahmuddin, A. & Irawan. 2011. Sawah tanah dan pengelolaan teknologi dalam Fahmuddin , A., Adimihardja , A., Hardjowigeno , S., Fagi, AM, Hartatik , W. Soil Riset Institut . Bogor, Indonesia. 304-359
- Imansyah , MF 2012. Kajian Umum dari daerah aliran sungai Citarum masalah dan solusi serta analisis dari pemerintah kebijakan . Jurnal Sositoteknologi , 11 (25): 18-33.
- Eastman, JR 2016. TerrSet geospasial pemantauan dan pemodelan Sistem . Universitas Clark : Worcester, 345-389.
- Austin, KG, Schwantes, A., Gu , Y., & Kasibhatla , PS 2019. Apa penyebab deforestasi di Indonesia?. Lingkungan Surat Penelitian , 14(2), 024007.
- Azadi, H., Ho, P., & Hasfiati , L. 2011. Pertanian tanah Penggerak konversi : Perbandingan di antara lebih sedikit berkembang , sedang berkembang dan berkembang negara . Degradasi Lahan & Pembangunan , 22(6), 596-604.