

PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN SAWAH DI WILAYAH HILIR DAS BILA TAHUN 2036

*(Prediction Of Land Use Changes In Rice Field Land In The Downstream Area Of
The Bila Das By 2036)*

Muh. Arnur Hidayat^{1*)}, Reza Asra^{2*)}, Nining Triani Thamrin^{3*)}, Husnul Mubarak^{4*)}

^{1*)} Muh. Arnur Hidayat, Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang

^{2*)} Reza Asra, Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang

^{3*)} Nining Triani Thamrin, Universitas Muhammadiyah Sidenreng Rappang

^{4*)} Husnul Mubarak, Universitas Hasanuddin Makassar

^{*)} muh.arnur.hidayat@gmail.com, rezaasraahmad@gmail.com, niningtriani1606@gmail.com,
husnul.mubarak@unhas.ac.id

ABSTRACT

The use of rice fields as non-agricultural land if allowed to continue, it is not impossible that agricultural land will become increasingly narrow, agricultural production will decline in the long term and Indonesia will experience a food deficit, so it is important to predict rice fields so that it becomes a consideration for the government and other related agencies in determining policies regarding land use planning in an area to support land resource management and sustainable regional development planning. This study aims to analyze the driving factors of rice field changes based on Geographic Information Systems (GIS) and to determine the projection of rice field changes using the Ca-Markov 2036 model. This study is based on Geographic Information Systems (GIS), a system designed to capture, store, manipulate, analyze, organize and display all types of geographic data. The process of processing driving factors data starts from the weighting classification process, fuzzy analysis to produce output that is a reference for the CA-Markov process. Ca-Markov Method Using Idrisi Selva. from the results of the study of Land Use Changes in 2024-2036 in the downstream area of the Bila watershed, it shows that the land changes that increased on the land were Rice Fields covering an area of 975,247 ha, Plantations covering an area of 594,523, Settlements covering an area of 1641,144 ha, while the land that experienced a significant decrease in area in land use in the downstream area of the Bila watershed was Forest covering an area of 125,623 ha, Vacant Land covering an area of 103,991 ha, Tegalang Fields covering an area of 1809,481 ha, Shrubs covering an area of 594,523 ha.

Keywords: Identification, Characteristics, Technical Rice Fields, SIG

PENDAHULUAN

Penggunaan Lahan merupakan salah satu bagian penting dalam memenuhi kebutuhan manusia sebagai media untuk menanam dalam kegiatan pertanian, membangun pemukiman serta untuk penggunaan lain. Karena jumlah permukiman dan tempat kegiatan semakin bertambah dengan cepat maka lahan menjadi sumber daya yang langka sehingga perubahan penggunaan lahan tidak bisa dihindari akibat jumlah manusia yang semakin meningkat untuk

memenuhi kebutuhan akan penggunaan lahan. Kebutuhan ruang yang semakin meningkat dengan ketersediaan lahan yang terbatas mengakibatkan terjadinya perubahan penggunaan lahan. Penggunaan lahan pertanian sering kali menjadi sasaran untuk dikonversi menjadi lahan terbangun (Wahyudi et al., 2019).

Faktor utama yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi lahan terbangun yaitu pertumbuhan penduduk. Faktor lain pendorong perubahan

penggunaan lahan adalah produktivitas pertanian sawah yang semakin menurun tiap tahunnya, akibatnya banyak pemilih lahan sawah yang mengubah fungsi sawah menjadi peruntukan lain untuk mendapatkan keuntungan ekonomi yang lebih besar. Luasan dan perkembangan areal permukiman dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan luas fasilitas yang dikembangkan, jarak dari jalan utama, akses jalan, seperti jalan arteri dan ketersediaan sarana dan prasarana yaitu pasar dan terminal (Astuti & Lukito, 2020).

Lahan sawah merupakan penggunaan lahan yang banyak mengalami konversi, terutama di sekitar pusat pembangunan perkotaan dan permukiman. Pada umumnya konversi lahan sawah bersifat tidak dapat balik (*irreversible*) karena berubah menjadi lahan perumahan, perkotaan, dan kawasan industri. Perkembangan kepemilikan dan penguasaan lahan di pedesaan, khususnya di wilayah agroekosistem lahan pertanian bergerak dinamis serta ada kecenderungan ke arah kepemilikan yang semakin sempit. konversi lahan pertanian ke non pertanian ini terus dilakukan dan tidak terkendali, maka hal ini tidak hanya menjadi masalah bagi petani di daerah, tetapi hal ini bisa menjadi masalah nasional bangsa Indonesia karena dapat mengganggu ketahanan pangan nasional. Lahan sawah yang telah berubah peruntukannya menjadi non pertanian akan membawa dampak tidak saja bagi ketahanan pangan tetapi juga bagi manusia dan lingkungan di sekitarnya (Firmansyah, 2016).

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan suatu kesatuan sungai dan anak-anak sungai. DAS berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Batas DAS di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. DAS adalah daerah tertentu yang bentuk dan sifat alaminya merupakan suatu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungai yang melaluinya. Sungai dan anak-anak sungai tersebut berfungsi untuk menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan serta sumber air lainnya. Penyimpanan dan pengaliran air dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam di sekelilingnya sesuai dengan keseimbangan daerah tersebut. DAS dapat terdiri dari sub DAS atau sub-sub-DAS. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama dan merupakan bagian wilayah dari

suatu DAS yang berupa bentuk satuan daerah tangkapan air (Staddal *et al.*, 2017).

Daerah Aliran Sungai menjadi 3 bagian utama yaitu hulu, tengah, hilir berdasarkan posisi relatif sungai dalam sistem aliran air. hulu adalah bagian teratas dari suatu DAS, terletak di titik awal aliran sungai. Biasanya terletak di daerah pegunungan, dataran tinggi, atau wilayah yang memiliki ketinggian relatif tinggi. Sumber air di daerah ini dapat berasal dari mata air, hujan, atau salju yang mencair. Bagian hulu berfungsi sebagai tempat pengumpulan air dari mata air dan aliran kecil yang kemudian mengalir menuju bagian sungai yang lebih besar. Tengah terletak di antara bagian hulu dan hilir dari DAS. Wilayah ini biasanya mencakup dataran atau lembah yang lebih luas. Sungai utama di bagian ini mengumpulkan aliran dari berbagai anak sungai dan aliran yang lebih kecil. Bagian tengah adalah area di mana banyak anak sungai bergabung dan volume air meningkat. Ini adalah bagian penting dalam sistem pengaliran karena mengumpulkan dan mengarahkan aliran air dari berbagai sumber. Bagian hilir adalah ujung aliran sungai, di mana sungai bermuara ke laut, danau, atau sungai besar lainnya. Biasanya berada di wilayah dataran rendah dengan aliran yang lebih lambat dan cenderung memiliki area delta atau muara yang luas. Bagian hilir berfungsi sebagai area untuk pengendapan sedimen yang terbawa dari bagian hulu dan tengah. Hal ini membentuk delta atau muara yang penting secara ekologis. Wilayah ini seringkali memiliki kecenderungan untuk mengalami pertumbuhan permukiman dan pembangunan infrastruktur yang dapat mengancam keberadaan lahan sawah dan lingkungan alam. Ada beberapa alasan mengapa ini dapat terjadi yaitu kebutuhan perumahan, urbanisasi, infrastruktur dan jalan raya, perubahan penggunaan tanah, kebijakan pembangunan, banjir dan erosi (Permatasari, 2017).

Cellular Automata (CA) adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial (spatial distributed process) dalam GIS. Data terdiri dari susunan sel-sel (grid), dan masing-masing diatur sedemikian rupa sehingga hanya diperbolehkan berada di salah satu dari beberapa keadaan. *Cellular system* dapat

didefinisikan sebagai suatu koleksi tersusun dari unsur-unsur serupa yang disebut cell. Struktur ini diberikan oleh pilihan dari bentuk pixel. Rantai *Markov* (*Markov Chain*) adalah sebuah teknik perhitungan yang umumnya digunakan dalam melakukan pemodelan bermacam-macam kondisi. Teknik ini digunakan untuk membantu dalam memperkirakan perubahan yang mungkin terjadi di masa mendatang. Perubahan-perubahan tersebut diwakili dalam variabel-variabel dinamis di waktu-waktu tertentu. Sehingga perlu untuk menyimpan nilai dari variabel tertentu. Metode *CA-Markov* bekerja dengan memanfaatkan prinsip perubahan probabilistik yang memperhitungkan kemungkinan perubahan dari satu jenis tutupan lahan ke jenis tutupan lahan lainnya. Model *CA-Markov* merupakan model yang umum digunakan dalam lima tahun terakhir karena kesederhanaannya dan dapat dengan mudah diintegrasikan dengan model lain. Menurut Achmadi *et al.* (2023), *Model CA-Markov* sangat memberikan kemudahan penggunaan dan kesederhanaan implementasi, serta perluasannya dan kemampuan untuk menambahkan variabel yang mempengaruhi dalam proses simulasi Menurut (Nugroho & Handayani, 2021)

Tujuan Penelitian

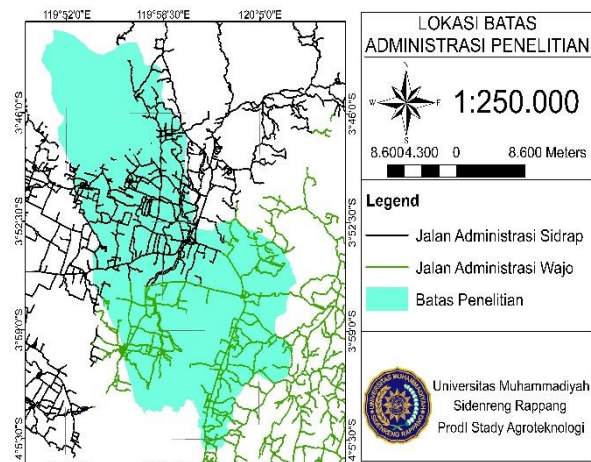
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis *driving factors* (Faktor pendorong) perubahan lahan sawah berbasis GIS.
2. Memproyeksikan perubahan lahan sawah menggunakan model Ca-Markov tahun 2036.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

DAS Bila terdiri dari 3 sub-DAS yaitu hulu, tengah dan hilir. Penelitian ini dilakukan pada wilayah hilir DAS Bila merupakan bagian dari Sub-DAS Cenrana yang berada di antara koordinat 119° 55' 0" - 120° 10' 0" BT dan 3° 33' 20" - 3° 53' 20" LS. Sub-DAS Cenrana berada di sebagian wilayah Kabupaten Sidenreng Rappang dan sebagian di wilayah Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. Penelitian dilakukan dari bulan Januari sampai mei 2024. Untuk lebih jelasnya, lokasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut;



Gambar 1. Lokasi Administrasi Penelitian Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan software ArcGIS 10.8, Ms. Office, Software Idrisi Selva, GPS, kamera dan alat tulis menulis.

Bahan

Bahan penelitian ini berupa data citra citra Landsat 7 ETM+ tahun perekaman 2012 dan data citra Landsat 8 OLI /TIRS perekaman 2018, landsat 8 OLI/TIRS perekaman tahun 2024 yang didapatkan di <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Selain data citra, dibutuhkan data Digital elevation model (DEM) yang didapatkan melalui <https://asf.alaska.edu/> dengan resolusi 12,5m. data peta tutupan lahan yang meliputi peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Skala 1: 50.000 dan data ini didapatkan di situs (BIG) <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>. Data batas DAS didapatkan melalui instansi Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan – Jeneberang.

Prosedur Penelitian

a. Analisis Perubahan Lahan

Data yang digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di wilayah Hilir DAS Bila adalah data citra tahun 2012, 2018 dan 2024 yang sebelumnya sudah dilakukan koreksi radiometrik dan geometrik serta telah dilakukan komposit band RGB. Proses pengolahan data tutupan lahan dimulai dari proses interpretasi visual dan digitasi *on screen* citra satelit yang ada yang dilakukan di software ArcMap 10.8. Digitasi

dilakukan untuk mendapatkan data peta tutupan lahan 2012, 2018 dan 2024. Klasifikasi tutupan lahan di Hilir DAS Bila mengacu pada SNI 7465:2010 (Badan Standarisasi Nasional, 2010) yang terdiri dari hutan, semak belukar, tegalang/ladang, perkebunan/kebun, tanah kosong, sawah, ermukiman, tubuh air. Untuk Peta tutupan lahan tahun 2024 kemudian dilakukan validasi lapangan untuk melihat keakuratan hasil interpretasi. Validasi dilakukan dengan menentukan beberapa titik lokasi yang dianggap dapat mewakili kondisi visual dari tutupan lahan. Kemudian dalam proses ini dimasukkan didalam table confusion matriks untuk selanjut dihitung mulai overall accuracy pengambilan data pada titik validasi pengamatan berdasarkan sabaran dan jangkauan peneliti untuk mempresentasikan tutupan lahan di daerah penelitian.

$$OA = \frac{x}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

X = Jumlah nilai diagonal matriks

N = Jumlah sample matriks

Tabel 1. Confussion Matriks

Data Acuan (Pengecekan Lapangan)			Total	
	A	B	C	Kolom
Data Hasil	A	Xn		Xk+
Klasifikasi	B			
Citra	C		Xkk	
Total Baris	X+k			N

b. Analisis Driving Factors

Data driving factors yang digunakan untuk memprediksi tutupan lahan pada tahun 2036 di Hilir DAS Bila terdiri dari data DEM yang digunakan untuk mengklasifikasi variabel slope. Citra Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2024 yang telah di interpretasi sebelumnya, digunakan untuk mengklasifikasi variabel jarak dari permukiman jarak dari kota dan point of interest (fasilitas ekonomi, kesehatan dan pendidikan) untuk jarak dari jalan, jarak dari peta RBI. Menurut Putri and Supriatna (2021), faktor penggerak (*driving factors*) digunakan untuk mengendalikan pergerakan setiap pixel dalam sebuah pemodelan prediksi tutupan lahan di tahun tertentu.

c. Analisis Prediksi Perubahan Tutupan Lahan

Tahap utama penelitian ini adalah memprediksi penggunaan lahan kedepannya dengan memodelkan perubahan penggunaan lahan sebelumnya. Simulasi model dijalankan dengan modul *Cellular Automata Markov Chain (CA-Markov)* yang merupakan perpaduan antara Markov Chain dan Multi-Objective Land Allocation (MOLA). Simulasi model dilakukan dalam 2 tahapan. Tahap pertama yaitu menghasilkan proyeksi penggunaan lahan tahun 2024 dengan mensimulasikan perubahan penggunaan lahan tahun 2012 dan tahun 2018 yang digunakan untuk validasi keakuratan model. Selanjutnya tahap kedua yang menghasilkan penggunaan lahan tahun 2036 diperoleh dengan membandingkan perubahan yang terekam tahun 2012 dan 2024. Metode proyeksi perubahan penggunaan lahan ini diasumsikan sama atau serupa pada perubahan penggunaan lahan di masa yang akan datang dengan perubahan penggunaan lahan masa yang lalu (Deng et al, 2009). Perubahan penggunaan lahan juga didasarkan pada kelas penggunaan lahan periode sebelumnya dan penggunaan lahan tetangganya (*neighborhood*). Modul Markov Chain menghasilkan transitional /probability area matrix (tabel 1 yakni matriks transisi perubahan dari tahun sebelumnya ke tahun yang diprediksikan. Persamaan Markov dibangun menggunakan distribusi penggunaan lahan pada awal dan akhir pengamatan yang tergambar dalam suatu vektor (matriks satu kolom), serta sebuah matriks transisi (*transition matrix*) (Trisasongko et al, 2009). Hubungan ketiga matriks tersebut dapat diilustrasikan sebagai berikut:

$$MLC. Mt = Mt+1$$

$$\begin{bmatrix} LCuu & LCua & LCua \\ LCau & LCaa & LCaw \\ LCwu & LCwa & LCww \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Ut \\ At \\ Wt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ut + 1 \\ At + 1 \\ Wt + 1 \end{bmatrix} \dots (2)$$

Dimana Ut mempresentasikan peluang setiap titik terklarifikasikan sebagai kelas U pada waktu t. LCua menunjukkan peluang suatu kelas U menjadi kelas lainnya pada rentang waktu tertentu (Trisasongko et al, 2009). Ilustrasi Matriks transisi ditunjukkan dalam Tabel 2 berikut ini

Tabel 2. Ilustrasi Probability Matrix

Penggunaan Lahan 2012	Penggunaan Lahan 2024		
	Pit2	Pit2	Pzt2
Pit1	Xii
Pit1	Xii
.....
Pzt1	Xii

Pit1 : tipe penggunaan lahan ke-i pada tahun t1 t1 : tahun ke-1 (2012)

Pit2 : tipe penggunaan lahan ke-i pada tahun t2 t2 : tahun ke-2 (2024)

Z : jumlah tipe penggunaan lahan

Xii : luas perubahan penggunaan lahan ke-i periode tahun t1-t2

Langkah selanjutnya adalah prediksi perubahan (*change prediction*) dengan menggunakan rantai markov untuk mendapatkan prediksi penggunaan lahan tahun 2036.

D. Validasi Model

Validasi model dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar keakuratan proyeksi yang kita lakukan. Uji validasi dilakukan dengan membandingkan simulasi prediksi penggunaan lahan tahun 2024 dengan penggunaan lahan tahun 2024 aktual. Menurut Jensen (1996), uji validasi diukur dengan *Kappa Index of Agreement* (nilai kappa) sebagai berikut.

$$K = \frac{N * \sigma_{i=1}^z xii - \sigma_{i=1}^z (xi + * x + i)}{N^2 - \sigma_{i=1}^z (xi + * x + i)} \dots \dots \dots (3)$$

K : nilai Kappa

Xii : luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil simulasi yang bersesuaian dengan luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil observasi

Xi+ : luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil simulasi

X+i : luas tipe penggunaan lahan ke-i hasil observasi

N : jumlah luas semua tipe penggunaan lahan

Z : jumlah tipe penggunaan lahan

Cross tabulation, atau tabel silang, adalah teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel kategorikal. Tabel ini menyajikan frekuensi atau jumlah kasus yang termasuk dalam kombinasi kategori dari kedua variabel tersebut. Mengenai penggunaannya dalam uji validasi, cross tabulation dapat berfungsi

Tabel 3. *Counfusion Matrixs*

dalam beberapa uji validasi: 1. Validasi uji klasifikasi, Dalam konteks model klasifikasi, cross tabulation dapat digunakan untuk membandingkan hasil prediksi model dengan nilai aktual. 2. Validasi Konsistensi Data, Cross tabulation juga berguna untuk memvalidasi konsistensi data. Dengan memeriksa tabel silang, kita bisa mengidentifikasi pola yang tidak konsisten atau anomali dalam data, yang mungkin menunjukkan kesalahan dalam pengumpulan atau pengkodean data. 3. Analisis Hubungan Variabel, Untuk uji validasi pada analisis hubungan antara variabel, cross tabulation dapat digunakan untuk memeriksa hipotesis apakah ada hubungan signifikan antara dua variabel kategorikal. (Trihendradi, 2011).

1. Perubahan Tutupan Lahan Hilir DAS Bila tahun 2012, 2018, dan 2024

Hasil interpretasi citra satelit Landsat 7 tahun 2012, dan citra satelit landsat 8 OLI/TIRS tahun 2018 dan citra satelit langdsat 8 OLI/TIRS tahun 2024 serta hasil observasi yang dilakukan dilapangan untuk penggunaan lahan pada sub-DAS Bila, penggunaan lahan pada Sub-DAS Bila dibedakan atas 8 kelas yaitu hutan, semak belukar, tanah kosong, tegalang ladang, perkebuna/kebun, sawah, permukiman, tubuh air. Hasil interpretasi penggunaan lahan tahun 2024 kemudian dilakukan uji ketelitian dari hasil klasifikasi yang didapatkan dengan membandingkan interpretasi penggunaan lapangan dengan melakukan survey lapangan (*groundcheck*) tiap penutupan lahan yang ditentukan. Dari sembilan kelas hasil interpretasi penggunaan lahan tahun 2024, tiap kelas dilakukan pengecekan sebanyak 20 titik untuk membuktikan ketelitian interpretasi peta yang sudah dibuat. Penentuan titik survey lapangan dengan memperhatikan kemampuan aksesibilitas peneliti dalam mengambil titik koordinat. Uji ketelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase kepercayaan data hasil interpretasi citra Landsat yang diperoleh berdasarkan tabel *confusion matrix*, Adapun tabel *confusion matrix* dapat disajikan pada **Tabel 3** .

Data lapangan tahun 2024

Penutupan/ penggunaan lahan	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Jumlah
Data Klasifikasi tahun 2024	P1	17			1	2			20
	P2		16		1	3			20
	P3			16	1	2		1	20
	P4		3		15	2			20
	P5				1	17	2		20
	P6				2		18		20
	P7		3			1	1	15	20
	P8		2			1			17
Jumlah	17	24	16	19	25	26	16	17	160

- P1: Hutan
- P2: Semak Belukar
- P3: Tanah Kosong
- P4: Tegalang Ladang
- P5: Perkebunan/Kebun
- P6: Sawah

- P7: Permukiman
- P8: Tubuh Air

Hasil uji akurasi dari tabel confusion matrix yaitu dari 160 titik survey lapangan, sebanyak 139 titik yang sesuai dengan hasil interpretasi. Presentase keakuratan yaitu $139/160$ titik = 86,87% yang menunjukkan bahwa hasil interpretasi dan klasifikasi citra yang dilakukan dapat diterima sesuai dengan tingkat ketelitian yang disarankan minimal 85% (Lillesand et al, 1993). Dengan demikian, dapat diasumsikan bahwa klasifikasi citra satelit Tahun 2012 dan Tahun 2024 dapat digunakan untuk melakukan skenario dan validasi penggunaan lahan hingga Tahun 2036. Pola penggunaan lahan tahun 2012-2024 mengalami perubahan penggunaan lahan dinamis yang dapat dilihat Pada Tabel 5. Hasil analisis pada tahun 2012, terlihat bahwa hutan lahan kering primer dan

semak belukar merupakan penggunaan lahan yang mendominasi wilayah di sub-DAS Bila. Namun, kedua penggunaan lahan ini mengalami penurunan luas selama periode tahun 2012 sampai tahun 2024. Sedangkan penggunaan lahan Sawah dan lahan perkebunan mengalami peningkatan luas selama periode tahun 2012 sampai tahun 2018. Dari pola penggunaan lahan dapat dilihat bahwa kecenderungan manusia memanfaatkan hutan dan semak belukar untuk digunakan sebagai lahan pertanian. Sementara potensi lahan kritis dan erosi akan terjadi apabila perubahan lahan yang bervegetasi rapat seperti hutan baik primer maupun sekunder ataupun hutan tanaman berubah menjadi lahan yang bervegetasi kurang rapat seperti pertanian lahan kering (Kubangun et al, 2016).

Tabel 4. Tutupan Lahan 2012-2024

Tutupan Lahan	Tahun 2012		Tahun 2024		Perubahan 2012-2024	
	Luas	%	LUAS	%	Luas	%
Hutan	7573,6	10,6	7391,01	10,4	-182,222	-0,26
Semak Belukar	8050,1	11,3	6693,7	9,4	-1356,4	-1,91
Tanah Kosong	407,4704	0,6	202,4437	0,3	-205,027	-0,29

Tegalang/ Ladang	10868,51	15,3	7829,56	11,0	-3038,95	-4,27
Perkebunan/Kebun	5444,824	7,7	7562,41	10,6	2117,587	2,98
Sawah	36206,93	50,9	37252,89	52,4	1045,967	1,47
Permukiman	1427,268	2,0	3046,31	4,3	1619,038	2,28
Tubuh Air	1138,86	1,6	1138,8	1,6	-131,76	0
TOTAL	71117,19	100	71117,19	100		0



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan 2012-2024

Berdasarkan Gambar 2 dan Tabel 4, diketahui jenis tutupan lahan permukiman dan tutupan lahan terbuka terus mengalami penambahan luasan pada setiap tahunnya dan untuk jenis tutupan lahan daerah pertanian dan jenis tutupan lahan daerah bukan pertanian terus mengalami penurunan luasan dan jenis tutupan lahan perairan tidak mengalami penambahan dan pengurangan luasan pada tahun 2012, 2018 sampai 2024.

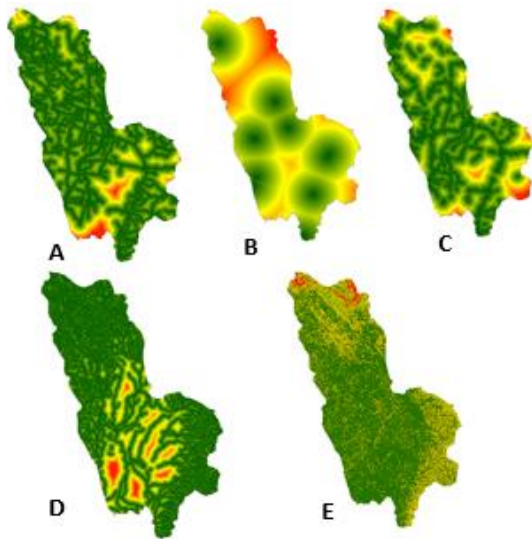
B. Analisis Draving Factors

Proses pengolahan data driving factors dimulai dari proses klasifikasi pembobotan, analisis fuzzy untuk menghasilkan output berupa driving factors (gambar), keseluruhan proses ini dilakukan di software ArcMap 10.8. Menurut Irawan et al. (2019) setiap driving factors mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap setiap jenis perubahan tutupan lahan di suatu daerah tertentu, maka dilakukan weighting atau pembobotan (Tabel 5), untuk menghitung kekuatan driving factor

Tabel 5. *Draving Factors*

NO	Parameter	Klasifikasi	Bobot
1	Kemiringan lereng	0-3 %	4
		3-15 %	3
		15-40 %	2
		>40 %	1

2	Jarak Dari Permukiman	0-25 m	5
		25-50 m	4
		50-100 m	3
		100-1000m	2
		>1000m	1
3	Jarak dari sungai	0-100 m	1
		101-200 m	2
		201-300 m	3
		301-500 m	4
		>500 m	5
4	Jarak dari pusat ekonomi	0-2000 m	3
		2001-2500 m	2
		>2500m	1
5	Jarak dari jalan	0-25 m	5
		25-50 m	4
		50-100 m	3
		100-1000m	2
		>1000 m	1



- A. Jarak dari jalan
- B. Jarak dari pasar
- C. Jarak dari permukiman
- D. Jarak dari sungai
- E. Jarak dari kemiringan lereng

Fuzzy adalah *logical system* yang bertujuan untuk melakukan formalisasi dari perkiraan terhadap penalaran yang direpresentasikan dalam bentuk kadar kepentingan yang memiliki rentang nilai 0-1 (*Boolean*). Menurut Peter et al. (2021) logika dalam *fuzzy* merupakan hal yang sangat baik untuk menafsirkan data yang terjadi terus menerus secara efektif dan efisien. Ini merupakan cara yang baik untuk melakukan pemodelan berbasis *cellular automata* karena menggunakan komputasi secara paralel yang terdiri dari sel yang saling terkoneksi dan memiliki nilai yang kontinu (terus menerus), sehingga pada penelitian ini penulis mengolah data *driving factors* menggunakan konsep logika *fuzzy*. Nilai *fuzzy driving factors* dalam penelitian ditampilkan dalam derajat keabuan dari hitam sampai putih, nilai dijadikan kontinu, sehingga semakin putih nilai fuzzy maka akan semakin sesuai dan semakin hitam semakin tidak sesuai (Akbar and Supriatna 2019).

Sebelum melakukan pemodelan tahun 2036 maka dilakukan pemodelan 2024 untuk memvalidasi keakuratan model. Pemodelan tutupan lahan tahun 2024 dilakukan dengan *Markov Chain Cellular Automata (CA-Markov)*, menggunakan *driving factors* yang

sudah dibuat pada tahap sebelumnya. Proses ini dilakukan pada *software Idrisi Selva Edition 17*. Besarnya kemungkinan terjadi perubahan pada sebuah tutupan lahan disebut dengan *Transition Probability Matrix (TPM)*. Baris pada matriks probabilitas menunjukkan asal dari tutupan lahan, sedangkan kolom menunjukkan tujuan perubahan tutupan lahan.

Given : Probability of changing to :

	P1. 1	P2. 2	P3. 3	P4. 4	P5. 5	P6. 6	P7. 7	P8. 8
Class 1 :	0.9760	0.0000	0.0000	0.0087	0.0093	0.0033	0.0027	0.0000
Class 2 :	0.0000	0.8313	0.0000	0.0032	0.0722	0.0419	0.0513	0.0000
Class 3 :	0.0000	0.0002	0.4994	0.4796	0.0000	0.0000	0.0207	0.0000
Class 4 :	0.0000	0.0000	0.0000	0.6384	0.2768	0.0690	0.0158	0.0000
Class 5 :	0.0000	0.0000	0.0000	0.1114	0.7167	0.0722	0.0996	0.0000
Class 6 :	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9876	0.0123	0.0000
Class 7 :	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.9999	0.0000
Class 8 :	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.9994

Gambar 4. *Probability Matrix*s

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa dari kedelapan tutupan lahan tersebut dapat dilihat Nilai validasi yang tergambar dalam nilai kappa memiliki tingkat kesesuaian antara jumlah baris dan kolom maksimal 1,00. Nilai Kappa > 0,75 menunjukkan adanya kesepakatan/kesesuaian yang sangat bahwa tutupan lahan yang memiliki nilai TPM terbesar untuk kemungkinan berubah menjadi permukiman yaitu lahan pertanian dengan nilai TPM: 0,4994, lahan terbuka memiliki nilai TPM yaitu 0,6384 untuk berubah menjadi permukiman sedangkan daerah bukan pertanian dan perairan memiliki nilai TPM yaitu 0 yang menunjukkan tidak terjadi alih fungsi tutupan lahan. Semakin besar nilai probabilitas pada tutupan lahan tujuan, maka akan semakin besar kemungkinan tutupan lahan untuk berubah.

C. Prediksi Model Penggunaan Tutupan lahan 2036

Sebelum melakukan prediksi penggunaan lahan pada tahun 2036, dilakukan analisis proyeksi penggunaan lahan tahun 2012 hingga tahun 2018 untuk memprediksi penggunaan lahan tahun 2024. Proyeksi ini bertujuan untuk memetakan prediksi tahun 2024 agar dapat divalidasi dengan peta penggunaan lahan tahun 2024 aktual yang telah dibuat sebelumnya. Validasi menggunakan crosstab Menurut (Trihendradi, 2011). Hasil validasi akan memunculkan nilai kappa yang bisa

diperoleh melalui *tools Validate* pada *idrisi selva*.

Cross-tabulation of Modeling_2024 (columns) against Tutupan_Lahan_2024 (rows)

	0	2	3	4	5	6	7	8	Total
0	845499	0	0	0	0	0	0	0	845499
1	82168	1	0	0	0	0	0	0	82169
2	0	64921	0	143	5613	1457	2193	0	74327
3	0	0	1180	1856	0	0	4	0	2240
4	0	0	0	65792	15315	5418	494	0	87019
5	0	0	0	72411	3951	7788	0	0	84070
6	1	1818	0	0	1071	409683	1617	0	414190
7	76	1131	21	816	969	2162	28481	0	33656
8	0	0	0	0	1	0	0	12499	12500
Total	927654	67871	1201	67807	95300	422671	48497	12499	1635580

Chi Square = 8761024.00000
df = 56
P-Level = 0.0000
Cramer's V = 0.8748
Overall Kappa = 0.8696

Gambar 5. Cross-Tabulation

baik, nilai Kappa = 0,04–0,75 kesepakatan/kesesuaian baik dan apabila nilai Kappa < 0,40 maka kesepakatan/kesesuaian dinyatakan lemah (Hapsary et al., 2021). Hasil validasi antara model penggunaan lahan tahun 2024 aktual dengan penggunaan lahan hasil prediksi dapat

Hasil validasi antara prediksi tahun 2024 terhadap interpretasi tahun 2024 menunjukkan nilai overall kappa 0,8. Hal ini berarti antara hasil skenario dengan penutupan lahan sebenarnya memiliki kesesuaian yang sangat baik dalam hal penyebaran luasan maupun spasialnya hingga 75% (Hapsary et al., 2021). Dengan demikian, penggunaan lahan pada tahun 2012 dan tahun 2024 dapat digunakan

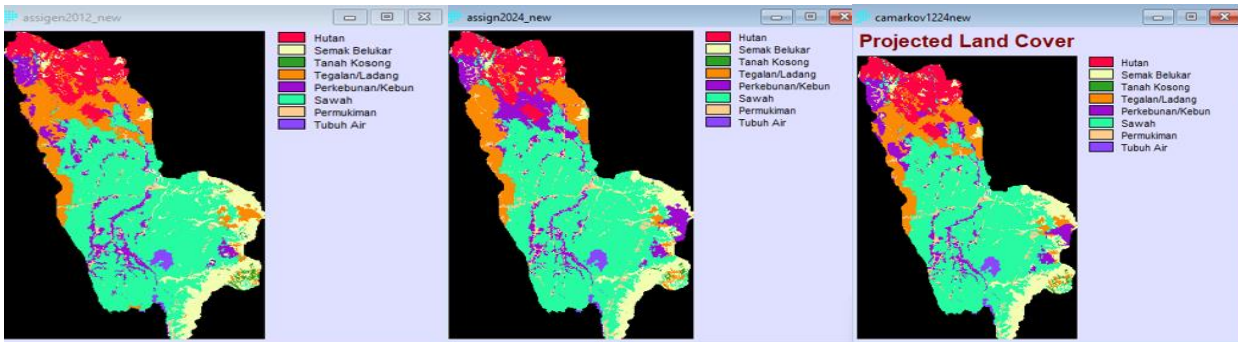
untuk memproyeksikan penggunaan lahan tahun 2036. Proyeksi dari tahun 2024 ke tahun 2036 didasarkan pada keadaan penutupan/penggunaan lahan tahun 2024 dalam transition probabilities yang dihasilkan dari proses markov antara tahun 2012 dan tahun 2024. Nilai *transition probabilities* dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.

given : Probability of changing to :

	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8
Class 1	0.9760	0.0000	0.0000	0.0087	0.0093	0.0033	0.0027	0.0000
Class 2	0.0000	0.8313	0.0000	0.0032	0.0722	0.0419	0.0513	0.0000
Class 3	0.0000	0.0002	0.4994	0.4796	0.0000	0.0000	0.0207	0.0000
Class 4	0.0000	0.0000	0.0000	0.6384	0.2768	0.0690	0.0158	0.0000
Class 5	0.0000	0.0000	0.0000	0.1114	0.7167	0.0722	0.0996	0.0000
Class 6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9876	0.0123	0.0000
Class 7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.9999	0.0000
Class 8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.9994

Gambar 6. Probability Of Changing

Nilai *transition probabilities* atau probabilitas transisi hasil dari Markov Chain digunakan sebagai dasar untuk menentukan lokasi yang diproyeksikan akan mengalami perubahan oleh *CA-Markov (Cellular Automata)*. Hasil Prediksi penggunaan lahan tahun 2036 dengan input data peta penggunaan lahan tahun 2012 dan tahun 2024 dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 7. Proses Permodelan di Idrisi Selva

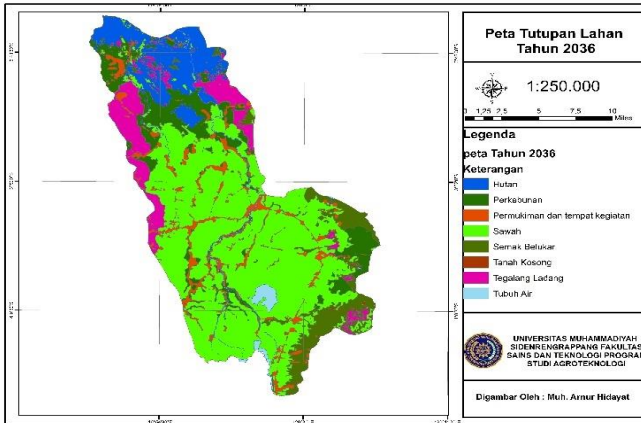
Hasil dari prediksi penggunaan lahan pada tahun 2036 kemudian ditumpang-susunkan (overlay) dengan penggunaan lahan pada

tahun 2024 untuk melihat seberapa besar tingkat perubahan yang terjadi sebagaimana diperlihatkan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. tutupan lahan 2024-2036

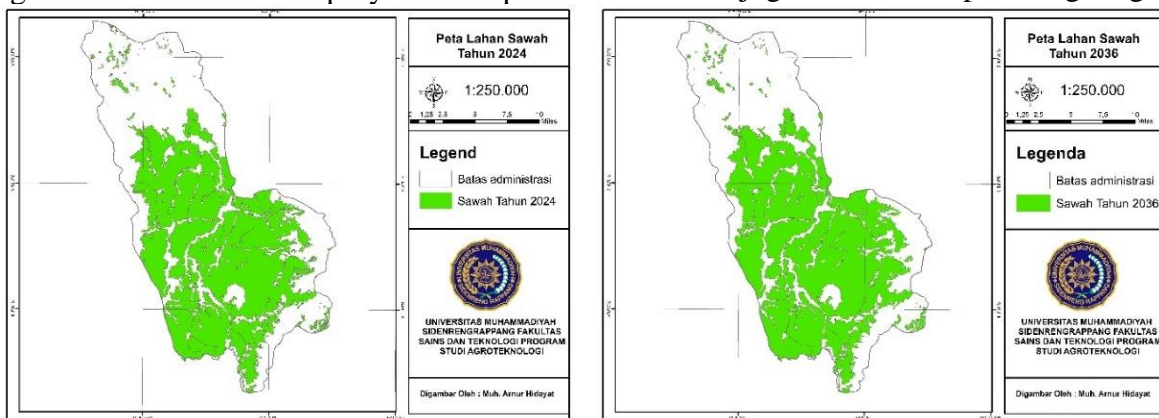
Tutupan Lahan	Tahun 2024		Tahun 2036		Prubahan 2024-2036	
	Luas	%	Luas	%	Luas	%
Hutan	7391,01	10,4	7265,391	10,2	-125,623	-0,177
Semak Belukar	6693,7	9,4	5554,747	7,8	-1138,96	-1,602

Tanah Kosong	202,4437	0,3	98,45291	0,14	-103,991	-0,146
Tegalang/Ladang	7829,56	11,0	6020,08	8,5	-1809,481	-2,544
Perkebunan/ Kebun	7562,41	10,6	8156,933	11,5	594,523	0,836
Sawah	37252,89	52,4	38228,14	53,7	975,247	1,371
Permukiman	3046,31	4,3	4687,45	6,6	1641,144	2,308
Tubuh air	1138,86	1,6	1106,048	1,6	-32,8119	-0,04
TOTAL	71117,19	100	71117,19	100	-0,05116	0



Gambar 8. Tutupan Lahan Tahun 2024-2036 Pada tabel diatas diprediksikan bahwa pada tutupan lahan tahun 2036 lahan yang mengalami penurunan yaitu hutan 125,623 ha, tegalang ladang 1809,48 ha, tanah kosong 103,991 ha, semak belukar 1138,96 ha, tubuh air 32,8119 dan adapun lahan yang mengalami peningkatan pada tutupan lahan 2036 yakni sawah 975,2472 ha, permukiman 1641,144 ha, perkebunan/kebun 594,5226 ha. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dari proyeksi kedepan

akan berkurang lahan hutan, Tanah kosong, Semak Belukar dan Tegalang Ladang yang akan dialihfungsikan menjadi lahan Sawah, Perkebunan, Permukiman dilakukan manajemen lahan dengan baik untuk mengatur jenis penggunaan lahan tertentu agar dapat menekan terjadinya penurunan kualitas lahan Pemanfaatan lahan tanpa memperhatikan kaidah konservasi akan mengakibatkan lahan kritis yang rentan mengalami erosi dan banjir di musim penghujan dan mengalami kekeringan di musim kemarau. Apalagi ketika lahan hutan yang menjadi penyangga akan terus menerus berkurang demi kebutuhan ekonomi. Sementara dalam hutan tropis, tingginya pertumbuhan penduduk dan permintaan untuk komoditas pangan sebagai akibat dari kawasan hutan semakin berkurang (Jiang et al, 2012). Dengan demikian, dalam upaya mempertahankan lahan yang lestari dan berkelanjutan, kegiatan pemanfaatan lahan bukan hanya berorientasi pada ekonomi, namun juga berorientasi pada lingkungan.



Gambar 9. Peta Tutupan Lahan Sawah 2024-2036

Untuk menghasilkan petakan luasan tutupan lahan sawah pada gambar 8 diatas dimana tutupan lahan tahun 2024 dan tahun 2036

Tabel 7. Luas Lahan sawah 2024-2036 dipisahkan dan di export data di aplikasi argics sehingga mendapatkan hasil petakan luasan

	2024		2036		Perubahan	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	&	Luas (Ha)	%
Sawah	37252,89	52,3824	38228,14	53,75373	975,247	1,371324

Pada tabel 7 di atas dapat dilihat hasil dari perbandingan tutupan lahan sawah pada tahun 2024-2036 mengalami peningkatan luas sawah seluas 975,247 ha, dan dapat di prediksi bahwa beberapa tahun yang akan datang luas lahan sawah diwilayah hilir DAS Bila dapat semakin bertambah.

KESIMPULAN

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi antara tahun 2012 hingga 2024 menunjukkan penurunan yang signifikan pada beberapa jenis lahan, yaitu hutan, semak belukar, tanah kosong, serta tegalan dan ladang. Penurunan ini diikuti dengan peningkatan luas lahan sawah, perkebunan, dan permukiman, yang merupakan hasil dari pengurangan luas lahan-lahan tersebut. Dari delapan jenis tutupan lahan yang dianalisis, diketahui bahwa lahan dengan nilai probabilitas transisi terbesar (TPM) untuk berubah menjadi permukiman adalah lahan dengan nilai TPM sebesar 0,4994, sedangkan lahan terbuka memiliki nilai TPM sebesar 0,6384 untuk berubah menjadi lahan sawah. Proyeksi perubahan tutupan lahan untuk periode 2024 hingga 2036 menunjukkan penurunan luas pada beberapa jenis lahan, yakni hutan seluas 125,623 hektar, semak belukar seluas 1138,96 hektar, tegalan dan ladang seluas 1809,48 hektar, tanah kosong seluas 103,991 hektar, serta badan air seluas 32,8119 hektar. Di sisi lain, terdapat peningkatan luas pada lahan permukiman sebesar 1641,144 hektar, lahan sawah sebesar 975,2472 hektar, serta perkebunan/kebun sebesar 594,5226 hektar. Pada perbandingan tutupan lahan, luas lahan sawah diproyeksikan mengalami peningkatan sebesar 975,247 hektar antara tahun 2024 dan 2036. Hal ini

tutupan lahan sawah seperti diatas pada gambar diatas.

mengindikasikan bahwa luas lahan sawah di wilayah hilir Daerah Aliran Sungai (DAS)

Bila diprediksi akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, P. N., Dimiyati, M., Manesa, M. D. M., & Rakuasa, H. (2023). Model Perubahan Tutupan Lahan Berbasis Ca-Markov: Studi Kasus Kecamatan Ternate Utara, Kota Ternate. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(2), 451–460. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.01.0.2.28>

Akbar F and Supriatna. 2019. Land cover modelling of Pelabuhanratu City in 2032 using cellular automata-markov chain method [Proceeding]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science 311.

Astuti, F. A., & Lukito, H. (2020). Perubahan penggunaan lahan di kawasan keamanan dan ketahanan pangan di kabupaten Sleman. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 17(1), 1–6. <https://doi.org/10.15294/jg.v17i1.21327>

Deng, J.S., K. Wang, Y. Hong, and J.G. Qi., 2009. Spatio temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*. 92, 187-198.

Hapsary, M. S. A., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2021). Analisis prediksi perubahan penggunaan lahan dengan pendekatan artificial neural networ dan regresi logistik di kota Balikpapan. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 10(2), 88–97.

<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/godesi/article/view/30637>

- Jiang, D., Huang, Y., Zhuang, D., Zhu, Y., Xu, X., & Ren, H., 2012. A Simple Semi-Automatic Approach for Land Cover Classification from Multispectral Remote Sensing Imagery. *PloS one*, 7(9), e45889.
- Kubangun, S.H., Oteng, H., dan Komarsa, G., 2016. Model Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan Untuk Identifikasi Lahan Kritis Di Kabupaten Bogor, Kabupaten Cianjur, Dan Kabupaten Sukabumi. *Majalah Ilmiah Globè*, 18 (1), 21-32.
- Nugroho, R. A., & Handayani, H. H. (2021). Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Markov Chain dan Citra Satelit Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kota Surabaya). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.54473>
- Permatasari, R. (2017). Effect of Changes in Land Use on Watershed Hydrological Regimes (Case Study: Komerling Watershed). *Jurnal Teknik Sipil*, 24(1), 91–98.
<https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.1.11>
- Putri I M G, Supriatna, Koestoer R H and Siwi S E 2019 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (United Kingdom: IOP Publishing Ltd) 311 012073
- Peter A, Zachariah B, Damuut LP and Abdulkadir S. 2021. Efficient traffic control system using fuzzy logic with priority [Proceeding]. *International Conference on Information and Communication Technology and Applications* 1350: 660–674.
- Staddal, I., Haridjaja, O., & Hidayat, Y. (2017). Analisis debit aliran sungai DAS Bila, Sulawesi Selatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 117–130.
<https://doi.org/10.32679/jsda.v12i2.56>
- Trihendradi, Cornelius. 2011. Step by Step SPSS 18 Analisis Data Statistik. Yogyakarta.
- Trisasongko, B.H., D.R. Panuju, L.S. Iman, Harimurti, A.F. Ramly, V. Anjani, dan H. Subroto., 2009. Analisis Dinamika Konversi Lahan di Sekitar Jalur Tol Cikampek. Publikasi Teknis DATIN. Kementrian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Wahyudi, M. E., Munibah, K., & Widiatmaka, W. (2019). Perubahan penggunaan lahan dan kebutuhan lahan permukiman di kotaBontang, Kalimantan Timur. *Tataloka*, 21(2), 267.
<https://doi.org/10.14710/tataloka.21.2.267-284>