

Vol. 4 No. 1 (2023), Halaman 51-62



GEOGRAPHIA

Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi

ISSN: 2774-6968

MODEL DINAMIKA SPASIAL PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN DAYA DUKUNG LAHAN PERMUKIMAN KOTA AMBON TAHUN 2031

Juan Steiven Imanuel Septory¹, Philia Chisti Latue², Heinrich Rakuasa^{3*}

¹Departemen Informatika Fakultas Ilmu Hayati Universitas Surya, Indonesia

²Departemen Biologi Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Herzen, Rusia

^{3*}Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Email: juansteiven17@gmail.com¹, philiatue04@gmail.com², heinrichrakuasa001@gmail.com^{3*}

Website Jurnal: <http://ejurnal.unima.ac.id/index.php/geographia>

 Akses dibawah lisensi CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

DOI: 10.53682/gjppg.v4i1.5801

(Diterima: 19-03-2023; Direvisi: 29-04-2023; Disetujui: 30-06-2023)

ABSTRACT

The rate of population growth that continues to increase in Ambon city with the availability of suitable land is relatively constant, resulting in inconsistencies between land requirements and available land. This study aims to analyze land cover changes in Ambon City in 2013, 2018, 2023 and predict land cover in 2031 using the Cellular Automata Markov Chain (CAMC) and the carrying capacity index of residential areas. The driving factors used in this study were elevation, slope, distance from the coastline, distance from the main road, distance from the river, distance from the center of economic activity and distance from protected areas. Based on the predictions of the Cellular Automata Markov Chain model in 2031, the built-up land cover has increased in area to 4,958.33 ha or 49,583,268 m², with a predicted population of Ambon City in 2031 of 2,445,961 people. The calculation of the carrying capacity of residential land in 2031 in Ambon City results in the carrying capacity index of residential land of 1.27 m²/capita, meaning that if $DDP_m > 1$ indicates the carrying capacity of residential land is high and still able to accommodate residents to live and build houses in the area. In other words, Ambon City can still accommodate an increase in settlements of 1.27 m²/capita.

Keywords: Ambon city, Cellular Automata Markov Chain, Land carrying capacity, Land cover.

ABSTRAK

Laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di kota Ambon dengan ketersediaan lahan yang sesuai relatif tetap, berdampak pada inkonsistensi antara kebutuhan lahan dengan lahan yang tersedia. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan tutupan lahan Kota Ambon pada tahun 2013, 2018, 2023 serta prediksi tutupan lahan tahun 2031 menggunakan Cellular Automata Markov Chain (CAMC) dan indeks daya dukung kawasan permukiman. Faktor pendorong yang digunakan dalam penelitian ini adalah elevasi, kemiringan, jarak dari garis pantai, jarak dari jalan raya, jarak dari sungai, jarak dari pusat kegiatan ekonomi dan jarak dari Kawasan lindung. Berdasarkan prediksi model Cellular Automata Markov Chain tahun 2031 tutupan lahan terbangun mengalami peningkatan luasan menjadi 4.958.33 ha atau 49.583.268 m², dengan jumlah penduduk Kota Ambon tahun 2031 yang diprediksi berjumlah 2,445,961 Jiwa. Perhitungan daya dukung lahan permukiman tahun 2031

Kota Ambon mendapatkan hasil nilai indeks daya dukung lahan permukiman sebesar $1.27 \text{ m}^2/\text{kapita}$, artinya apabila $DDPm > 1$ menandakan daya dukung lahan permukiman tinggi dan masih mampu menampung penduduk untuk bermukim dan membangun rumah dalam wilayah tersebut. Dengan kata lain, Kota Ambon masih dapat menampung pertambahan permukiman sebesar $1.27 \text{ m}^2/\text{kapita}$

Kata Kunci: Cellular Automata Markov Chain, Daya Dukung Lahan, Kota Ambon, Tutupan Lahan

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan fenomena lanskap yang berperan penting dalam perubahan lingkungan hidup baik itu ditingkat lokal, nasional, dan global (Wu *et al.*, 2021). Fahad *et al.*, (2021) berpendapat bahwa perubahan tutupan lahan yang terjadi adalah sebagai wujud dari proses interaksi yang dinamis antara aktifitas manusia dengan sumberdaya lahan, yang terdistribusi secara spasial. Secara khusus perubahan tutupan lahan yang paling cepat terlihat yaitu daerah disekitar perkotaan (Rakuasa *et al.*, 2022; Latue & Rakuasa, 2023)

Transisi demografis yakni, perpindahan penduduk dari pedesaan ke perkotaan, membawa perubahan substansial dan beragam ke lahan perkotaan, baik dalam penggunaan lahan dan tutupan lahan (Salakory & Rakuasa, 2022; Rakuasa, 2022). Peningkatan jumlah penduduk sejalan dengan Peningkatan kegiatan manusia diberbagai sektor terutama sektor ekonomi, sehingga kebutuhan akan sumberdaya lahan juga akan meningkat, sedangkan keberadaan lahan yang tetap (He *et al.*, 2018) dan pada akhirnya akan mengurangi daya dukung lingkungan (Utami *et al.*, 2019; Rakuasa & Somae, 2022). Daya dukung mencapai kualitas yang baik apabila besaran luas lahan untuk wilayah terbangun berada diantara 30 - 70% dari keseluruhan lahan yang dapat digunakan (Soerjani *et al.*, 1987; Salakory & Rakuasa, 2022).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Ambon pada tahun 2020, dari sebelas Kabupaten/Kota di Provinsi Maluku, kota Ambon adalah yang terbanyak penduduknya, yaitu 25,50 persen dari total 1,74 juta penduduk Provinsi Maluku. Laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat di kota Ambon dengan ketersediaan lahan yang sesuai relatif tetap, akibatnya akan terjadi inkonsistensi pada ketimpangan antara kebutuhan lahan dengan lahan yang tersedia (Salakory & Rakuasa, 2022).

Penelitian ini menggunakan pemodelan *Cellular Automata Markov Chains* untuk

memprediksi daya dukung lahan permukiman. *Cellular Automata* dipercaya sebagai metode yang sangat baik untuk memprediksi pola perubahan spasial kedepan (Ghosh *et al.*, 2017; (Latue & Rakuasa, 2022). *Markov Chains* memiliki kemampuan yang baik untuk memprediksi probabilitas perubahan secara statistik sementara *Cellular Automata* dipercaya sebagai metode yang kuat dalam membaca pola perubahan spasial (Gomes *et al.*, 2019; Rakuasa *et al.*, 2022).

Pemodelan *Cellular Automata Markov Chains* merupakan pemodelan yang paling andal, akurat, dan berguna untuk mensimulasikan dan memprediksi perubahan lahan secara spasial dan temporal di masa yang akan datang dengan akurat (Putri & Supriatna, 2021; Sugandhi *et al.*, 2022). Pemodelan ini didasarkan dari terus meningkatnya pertumbuhan penduduk akan menyebabkan kebutuhan akan lahan semakin tinggi, sedangkan luas lahan yang ada bersifat tetap (Pratami *et al.*, 2019). Pada akhirnya hal ini akan menurunkan daya dukung lingkungan (Asfari & Supriatna, 2017; Rakuasa *et al.*, 2022).

Daya dukung lingkungan merupakan kemampuan bagi suatu daerah untuk mendukung kehidupan. Daya dukung mencapai kualitas yang baik apabila besaran luas lahan untuk wilayah terbangun berada di antara 30-70% dari keseluruhan lahan yang dapat digunakan (Soerjani & Ahmad, 2008). Peningkatan penduduk yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan menurunnya daya dukung lingkungan karena lahan memiliki luasan yang tetap tidak dapat menyokong pertumbuhan penduduk yang melewati batas.

Formula dalam menyusun daya dukung lahan permukiman diperlukan besaran luas lahan permukiman yang layak untuk bermukim dan standar luas kebutuhan lahan tiap penduduk (Muta'Ali, 2015). Standar luas kebutuhan penduduk per kapita menurut Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.11/PERMEN/2008 tentang (a) Kebutuhan Ruang Per-Kapita Menurut Zona Kawasan

bahwa pada Zona Pusat Kota Kebutuhan ruang/kapita adalah 16 m²/kapita. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan pada tahun 2013, 2018, 2023 dan memprediksi tutupan lahan pada tahun 2031 serta memprediksi daya dukung lahan permukiman di kota Ambon pada tahun 2031.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kota Ambon yang mempunyai perkembangan tutupan lahan terutama wilayah terbangun yang tinggi diantara Kabupaten/Kota lainnya di Provinsi Maluku. Kota Ambon secara geografis terletak pada garis lintang 3°34'4,80'' – 3°47'38,4'' Lintang Selatan dan 128°1'33,6'' – 128°18'7,20'' Bujur Timur. Secara administrasi Kota Ambon terdiri dari 5 Kecamatan yaitu; kecamatan Serimau, kecamatan Nusaniwe, kecamatan Leitimur Selatan, kecamatan Teluk Ambon, dan kecamatan Teluk Ambon Baguala dengan total luas wilayah Kota Ambon yaitu 32.573.68 ha (BPS, 2021).

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini terdiri dari interpolasi, klasifikasi tutupan lahan tahun 2013, 2018, 2023, pengolahan faktor pendorong, membuat model

tutupan lahan tahun 2031 serta menghitung daya dukung lahan permukiman Kota Ambon tahun 2031. Proses pengolahan data tutupan lahan multitemporal serta pengolahan data factor pendorong dalam penelitian ini menggunakan software ArcGIS 10.8 dan proses pembuatan model prediksi tutupan lahan tahun 2041 menggunakan *software* IDRISI Selva 17.0.

Proses interpolasi dan klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan mendigitasi secara manual kelas tutupan lahan pada setiap data citra multitemporal dengan mengacu pada SNI 7645: 2010 (Badan Standarisasi Nasional, 2010) yang dibagi secara sederhana menjadi 5 kelas tutupan lahan yaitu, lahan permukiman, lahan terbuka, daerah pertanian, daerah bukan pertanian dan perairan.

Data faktor pendorong perkembangan permukiman yang digunakan diantaranya jarak dari garis pantai, jarak dari jalan, ketinggian wilayah, kemiringan lereng, jarak dari sungai, dan jarak dari pusat kegiatan ekonomi dilakukan pembobotan dan teknik analisis *fuzzy overlay* untuk mengabungkan semua data faktor seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi *Driving Factors*

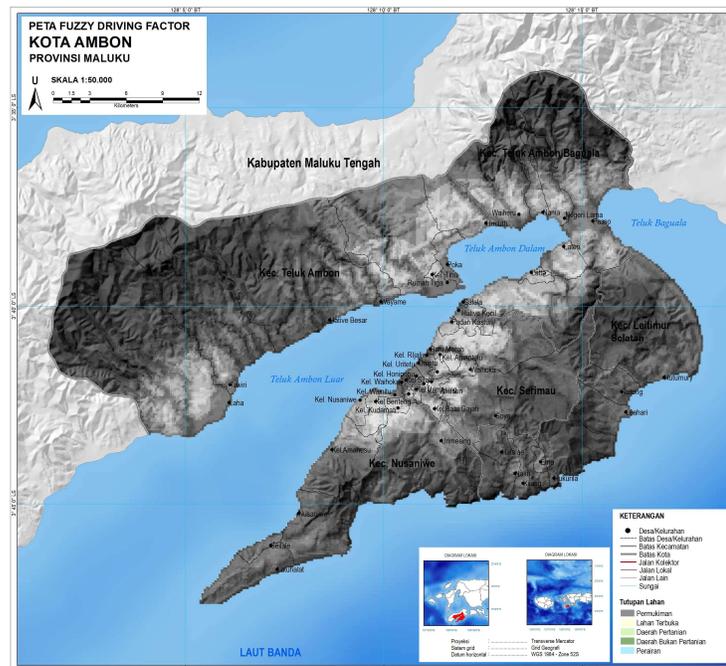
No	Parameter	Klasifikasi	Bobot
1	Kemiringan Lereng	0 – 3 %	4
		3 – 15 %	3
		15-40 %	2
		>40 %	1
	Ketinggian Lahan	0-7 mdpl	2
		7-25 mdpl	3
		25-100 mdpl	4
		100-500 mdpl	5
		>500 mdpl	1
		0-100 m	1
3	Jarak dari Sungai	101-200 m	2
		201-300 m	3
		301-500 m	4
		>500m	5
		<100 m	3
4	Jarak dari Garis Pantai	100-2000 m	2
		>2000 m	1
		0-25 m	5
5	Jarak dari Jalan	25-50	4
		50-100	3
		100-1000	2
		>1000	1

Sumber: Modifikasi dari Salakory & Rakuasa, 2022; Latue & Rakuasa, 2023.

Analisis fuzzy sangat baik digunakan untuk menafsirkan data yang terjadi secara terus menerus secara efektif dan efisien (Chen et al., 2013), 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 continue (Mohamed & Worku, 2020).

Nilai logika fuzzy ditampilkan dengan gradasi warna hitam-putih, dimana semakin

putih gradasi warna yang dihasilkan maka nilainya akan semakin tinggi, artinya akan semakin tinggi terjadinya perkembangan lahan terbangun atau permukiman di daerah tersebut. Ketujuh variable yang sudah dilakukan fuzzy membership kemudian dioverlay dengan logika fuzzy gamma pada aplikasi ArcMap 10.8 yang kemudian dapat dihasilkan gabungan kesesuaian seluruh variabel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Overlay Driving Factor

Pada Gambar 1 menampilkan hasil overlay dari ketujuh parameter, dimana pada gambar tersebut menampilkan derajat keabuan (hitam-putih) yang sama seperti kelima parameter sebelumnya. Semakin hitam warnanya maka semakin rendah perkembangan permukiman dan sebaliknya. Hasilnya dapat diketahui bahwa daerah yang berada dekat dengan sungai dan kawasan lindung memiliki nilai yang lebih rendah sedangkan daerah yang berada dekat dengan jaringan jalan dan pusat kegiatan ekonomi memiliki nilai yang lebih tinggi. Maka potensi berkembangnya permukiman di Kota Ambon berada dekat dengan jaringan jalan dan pusat kegiatan ekonomi.

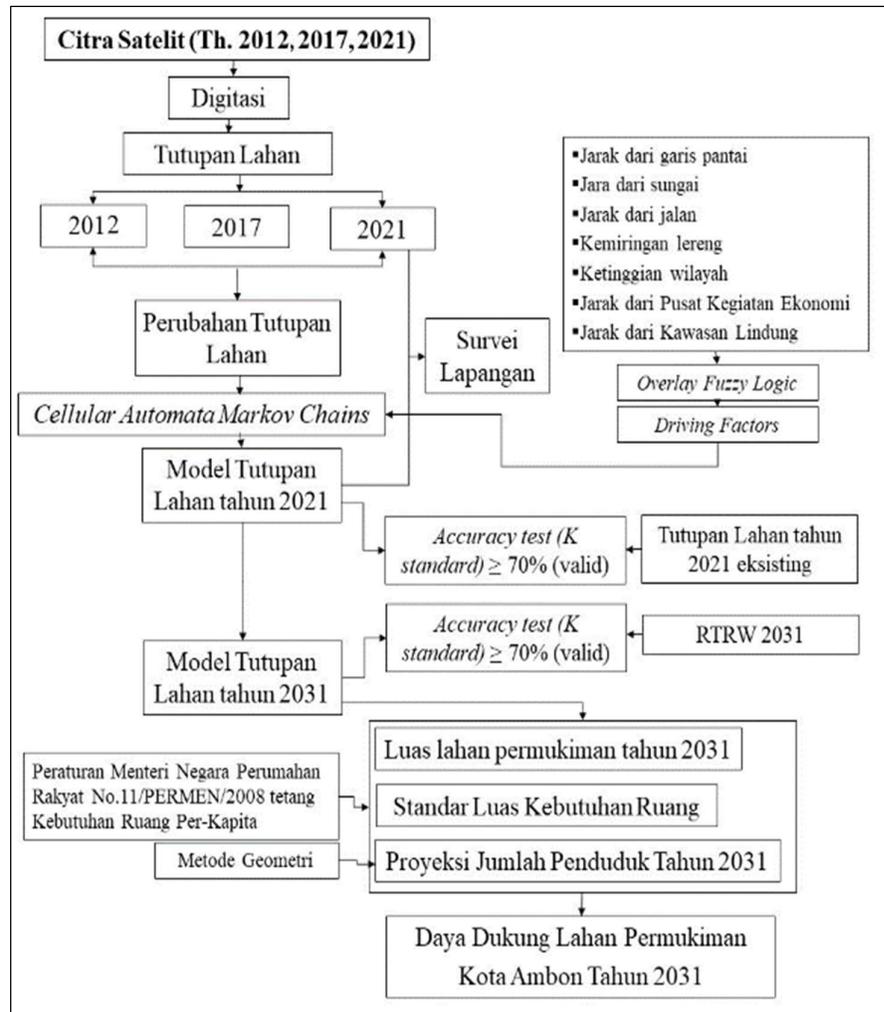
Data tutupan lahan tahun 2012, 2017, 2021 dan data driving factors dianalisis menggunakan Cellular Automata Markov untuk membuat sebuah simulasi tutupan lahan untuk

tahun 2021. Kemudian hasil model dilakukan uji akurasi (accuracy test) dengan melihat nilai kappa untuk menilai keakuratan model sebelumnya. Jika nilai kappa <70% maka proses diulang dengan mengubah driving factors. Jika nilai kappa ≥70% (Munthali et al., 2020), maka dapat lanjut ke tahapan selanjutnya untuk pemodelan tutupan lahan pada tahun 2031.

Analisis daya dukung lahan untuk permukiman dapat dihitung dengan menggunakan rumus Daya Dukung Lahan Permukiman Hasmita et al., (2020), dimana $DDPm = \text{Daya Dukung Lahan Permukiman} / \text{Luas Lahan Permukiman per JP} = \text{Jumlah Penduduk} / \alpha$ = Koefisien Luas Kebutuhan Ruang. Dalam penelitian ini daya dukung lahan permukiman di Kota Ambon dihitung menggunakan hasil

pemodelan *Celular Automata – Markov Chain* luas lahan permukiman tahun 2031, standar luas kebutuhan ruang, dan proyeksi jumlah

penduduk tahun 2031. Selengkapnya alur kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Kerja

PEMBAHASAN

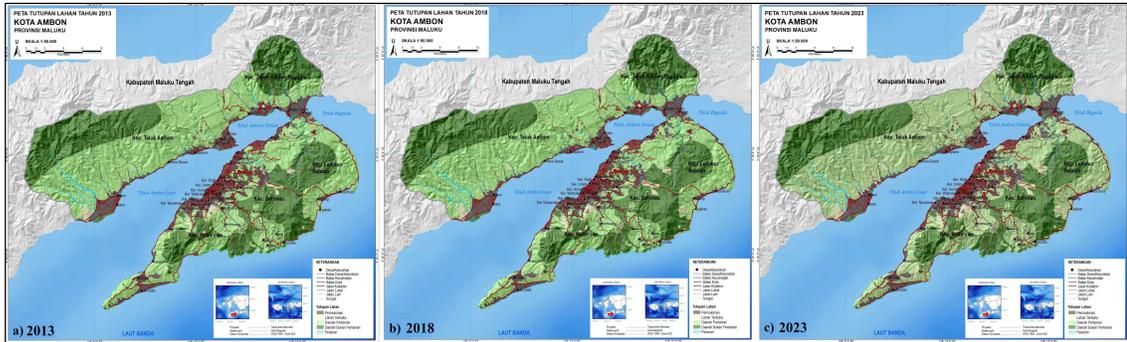
Perkembangan tutupan lahan di Kota Ambon diperoleh dari hasil pengolahan citra satelit resolusi tinggi Kota Ambon tahun 2012, 2017 dan 2021 yang divalidasi dengan obeservasi lapangan. Hasil digitasi dan Interpretasi menjadi dasar untuk melihata perkembangan tutupan lahan di kota Ambon selama 15 tahun terakhir. Data tutupan lahan tersebut dibagi menjadi 5 klasifikasi berdasarkan SNI 7645:2010 yaitu terdiri dari tutupan lahan permukiman, daerah bukan pertanian, daerah pertanian, lahan terbuka, dan perairan. Analisis yang dilakukan untuk melihat perkembangan tutupan lahan ini yaitu secara spasial, tabular, dan deskriptif.

Perkembangan Tutupan Lahan Kota Ambon tahun 2013, 2018 dan 2023

Perubahan tutupan lahan di kawasan pusat kota Ambon periode 2013-2023 menunjukkan peningkatan pada jenis tutupan lahan permukiman dan lahan terbuka, sedangkan jenis tutupan lahan daeah pertanian dan tutupan lahan daerah bukan pertanian mengalami penurunan luasan. Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk di kota Ambon yang sejalan dengan peningkatan kegiatan manusia diberbagai sektor terutama sektor ekonomi, sehingga kebutuhan akan sumberdaya lahan juga akan terus meningkat. Tingginya pertambahan jumlah penduduk di kawasan pusat kota Ambon dapat meningkatkan

kebutuhan lahan yang diwujudkan dalam bentuk pembangunan secara fisik, fasilitas ekonomi ataupun fasilitas sosial. Secara spasial

luasannya perubahan tutupan lahan di Kawasan Pusat Kota Ambon pada tahun 2013, 2018 dan 2023 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1.



Gambar 3. Peta tutupan lahan Kota Ambon tahun 2013, 2018 dan 2023

Tabel 2. Komposisi Tutupan Lahan Kota Ambon Tahun 2013, 2018 dan 2023

Jenis Tutupan Lahan	Luas (Ha)		
	2013	2018	2023
Lahan Terbangun	3.846.42	4.173.81	4.421.33
Lahan Terbuka	471.12	627.36	837.94
Lahan Pertanian	16.659.05	16.272.03	15.865.53
Bukan Lahan Pertanian	11.417.92	11.323.95	11.272.36
Badan Air	176.53	176,53	176,53
Total		32.573,68	

Sumber: hasil analisis, 2023.

Secara grafik, dapat dilihat bahwa tutupan permukiman mengalami peningkatan setiap periodiknya (2013-2018, 2018-2023), dan tutupan lahan jenis lahan terbuka mengalami kenaikan yang serupa, sedangkan penurunannya terjadi pada tutupan lahan daerah bukan lahan pertanian dan daerah lahan pertanian

Model Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2023

Pemodelan tutupan lahan kota Ambon tahun 2023 dilakukan dengan menggunakan *Markov Chains* dan data *driving factors* yang telah dipersiapkan. Besarnya kemungkinan terjadi perubahan tutupan lahan disebut dengan *Transition Probability Matrix* (TPM), sedangkan angka-angka yang terdapat pada Tabel 3 menunjukkan besarnya kemungkinan tutupan lahan yang mengalami perubahan menjadi tutupan lahan yang lainnya.

Tabel 3. *Transition Probability Matrix* (TPM) dari Tahun 2013 - 2023

	Permukiman	Lahan Terbuka	Daerah Pertanian	Bukan Daerah Pertanian	Perairan
Permukiman	0.9930	0.0003	0.0036	0.0031	0
Lahan Terbuka	0.0446	0.9490	0.0064	0	0
Daerah Pertanian	0.0180	0.0079	0.9739	0.0002	0
Bukan Daerah Pertanian	0.0019	0.0045	0.0040	0.9895	0
Perairan	0	0	0	0	1

Sumber: hasil analisis, 2023.

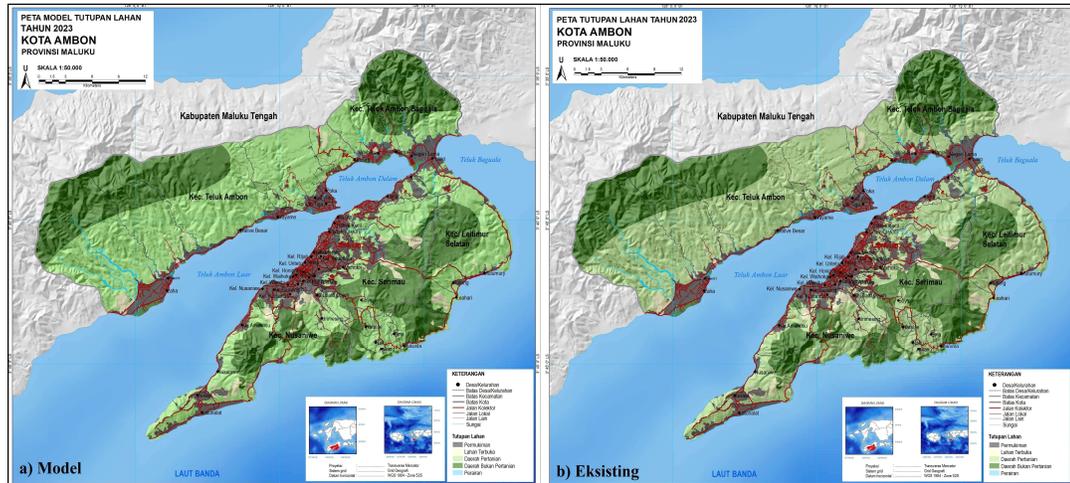
Tabel 3 merupakan *Transition Probability Matrix* (TPM) dari tahun 2013 ke tahun 2023 dimana nilai 0 pada *Transition Probability*

Matrix (TPM) menunjukkan tidak terjadi perubahan tutupan lahan pada suatu wilayah ke tutupan lahan yang lainnya. Sedangkan nilai 1

menunjukkan bahwa tutupan lahan tersebut akan tetap dan tidak berubah ke tutupan lahan lainnya

Dari Tabel 3 menunjukkan bahwa tutupan lahan jenis daerah lahan terbuka memiliki kemungkinan lebih tinggi untuk mengalami perubahan menjadi lahan permukiman dengan nilai *transition probability* sebesar 0.0446, kelas tutupan lahan daerah pertanian memiliki nilai *transition probability* 0.0446 untuk kemungkinan berubah menjadi permukiman,

sedangkan daerah bukan pertanian kemungkinan berubah menjadi permukiman dengan nilai *transition probability* yaitu 0.0019 dan perairan memiliki nilai *transition probability* 0 berarti tidak akan berubah menjadi jenis tutupan lahan lainnya. Secara spasial tutupan lahan perbandingan tutupan lahan *existing* tahun 2021 dan *simulation* 2023 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 4.



Gambar 3. Perbandingan Tutupan Lahan Model Tahun 2021 dan Prediksi 2023

Tabel 4. Perbandingan Luasan Tutupan Lahan 2023 Eksisting dan Model (ha) Tahun 2023 Kota Ambon

Jenis Tutupan Lahan	Tahun 2021 Eksisting (ha)	Tahun 2021 Model (ha)
Permukiman	4421.33	4.670.16
Lahan terbuka	837.94	823.53
Daerah pertanian	15.865.53	15.630.80
Daerah bukan pertanian	11.272.36	11.264.28
Perairan	176.53	176.53
Total	32.573.68	

Sumber: hasil analisis, 2023.

Hasil pemodelan tutupan lahan tahun 2021 pada kelas lahan permukiman lebih luas dibandingkan dengan hasil tutupan lahan 2021 eksisting berbeda dengan jenis tutupan lahan lainnya dimana luasnya lebih luas dibandingkan dengan tutupan lahan hasil pemodelan tahun 2021. Berdasarkan luasan tutupan lahan eksisting tahun 2021 dan hasil simulasi tahun 2021 (Tabel 4), dapat dilihat bahwa terjadi perubahan tutupan lahan secara signifikan di kawasan pusat Kota Ambon, kelas tutupan lahan yang mengalami penambahan luasan yaitu kelas tutupan lahan permukiman dan lahan terbuka, sedangkan tutupan lahan yang mengalami penurunan luasan yaitu kelas

tutupan lahan pertanian sedangkan kelas tutupan lahan daerah bukan pertanian dan perairan tidak mengalami penambahan dan pengurangan luasan.

Setelah pembuatan model 2023 kemudian model tersebut harus dilakukan uji akurasi. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dihasilkan pertama dapat digunakan untuk membuat model prediksi kedua. Uji akurasi dilakukan dengan data tutupan lahan tahun 2023 existing sebagai data dasar (*reference image*) (Kusratmoko et al., 2017 Rakuasa et al., 2022) dan data model prediksi tutupan lahan tahun 2023 sebagai pembandingan (*comparison image*). Hasil uji

akurasi dapat dilihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kappa (K standard) yaitu 0,9860 atau 98,60% yang menunjukkan bahwa nilai akurasi ini dikatakan sangat baik

dan dapat dilanjutkan untuk memodelkan tutupan lahan Kawasan pusat kota Ambon pada tahun 2031.

Multiples of Base Resolution (MBR): 1 x 1				Information of Quantity	
Information of Location		No[n]	Medun[m]	Perfect[p]	
Perfect[P(k)]		0.5513	0.9936	1.0000	
PerfectStratum[K(k)]		0.5513	0.9936	1.0000	
MediumMed[M(x)]		0.5442	0.9916	0.9865	
MediumStratum[H(x)]		0.1667	0.4001	0.3991	
No[N(k)]		0.1667	0.4001	0.3991	

AgreeGndcell = 0.5915	DisagreeQuantity = 0.0064	Kstandard = 0.9860
AgreeStrata = 0.0000	DisagreeStrata = 0.0000	Kno = 0.9899
AgreeQuantity = 0.2334	DisagreeGndcell = 0.0020	Klocation = 0.9966
AgreeChance = 0.1667		KlocationStrata = 0.9966

Gambar 4. Hasil Validasi Uji Akurasi Nilai Kappa model 2021

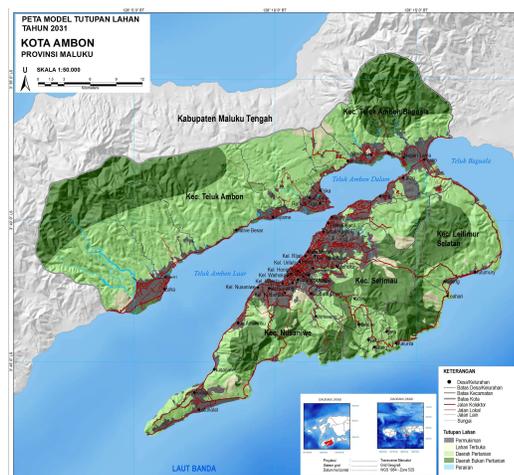
Model Prediksi Tutupan Lahan Tahun 2031

Model prediksi tutupan lahan Kota Ambon di tahun di 2031, merupakan pemodelan kedua dalam tahap ini dengan menggunakan *driving factor* yang sama seperti pada pemodelan pertama di tahu 2021, namun pemodelan kedua ini juga menggunakan metode *Markov Chains* dan juga menghasilkan nilai *Transition Probability Matrix (TPM)* yang berbeda dengan pemodelan pertama dimana *transition probability* yang dilihat memiliki rentang waktu 10 tahun dari tahun 2023 ke 2031 dengan menggunakan skenario RTRW 2031.

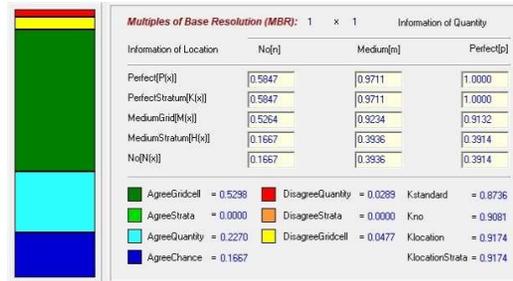
Diketahui bahwa masing-masing kelas tutupan lahan mengalami perubahan ke jenis tutupan lahan lainnya pada tahun 2031. Lahan terbuka memiliki nilai *transition probability* tertinggi untuk kemungkinan berubah menjadi lahan permukiman dengan nilai TMP yaitu

0.0637, lahan terbuka memiliki nilai *transition probability* 0.0172 untuk berubah menjadi lahan permukiman sedangkan daerah bukan pertanian memiliki nilai *transition probability* yaitu 0.0017 dan perairan memiliki nilai *transition probability* 0 yang kemungkinan besar tetap menjadi perairan pada tahun 2031.

Prediksi perubahan tutupan lahan kota Ambon ditahun 2031 dilakukan untuk membandingkan dengan tutupan lahan RTRW Kota Ambon tahun 2011-2031. Dalam Peraturan Daerah RTRW kota Ambon, pemerintah lebih memfokuskan kota Ambon pada pembangunan salah satunya mewujudkan kota Ambon sebagai kota percontohan *water front city*, berdasarkan prediksi *Celuler Automata*, pada tahun 2031 luasan permukiman di Kota Ambon yaitu 4.958.33 ha.



Gambar 5. Model Tutupan Lahan Kota Ambon tahun 2031



Gambar 6. Hasil Validasi Uji Akurasi Nilai Kappa Model 2031

Sama seperti model tutupan lahan ditahun 2022, model prediksi perubahan tutupan lahan tahun 2031 juga dilakukan uji akurasi (Gambar 6). Berbeda dengan uji akurasi pada model 2022, model prediksi 2031 dilakukan uji akurasi menggunakan peta pola ruang RTRW Kota Ambon tahun 2013-2031 yang telah digeneralisasi menjadi peta tutupan lahan. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa model tahun 2031 memiliki nilai akurasi sebesar 0,8736 atau sebesar 87,36%. Artinya model prediksi tutupan lahan tahun 2031 ini dikatakan sangat baik untuk digunakan dalam analisis selanjutnya. Hasil Validasi Uji Akurasi Nilai Kappa model 2031 dapat dilihat pada Gambar 6.

Prediksi Daya Dukung Lahan Permukiman Kota Ambon Tahun 2031

Hasil pemodelan *Cellular Automata Markov Chain* menunjukkan luasan lahan untuk permukiman di tahun 2031 yaitu 4.958.33 ha atau 49.583.268 m² sedangkan koefisien luas kebutuhan ruang mengacu Peraturan Menteri Negara Perumahan Rakyat No.11/PERMEN/2008 tentang (a) Kebutuhan Ruang Per-Kapita Menurut Zona Kawasan bahwa pada Zona Pusat Kota Kebutuhan ruang/kapita adalah 16 m²/Kapita dan jumlah penduduk Kota Ambon di tahun 2031 di dapatkan dari perhitungan proyeksi penduduk menggunakan metode geometri yaitu 2,445,961 Jiwa.

Berdasarkan hasil perhitungan DDPm 2031 didapatkan hasil nilai indeks daya dukung lahan permukiman sebesar 1.27 m²/kapita, artinya apabila DDPm > 1 menandakan daya dukung lahan permukiman tinggi dan masih mampu menampung penduduk untuk bermukim membangun rumah dalam wilayah tersebut. Dengan kata lain, Kota Ambon masih dapat menampung pertambahan permukiman sebesar 1,27 m²/kapita.

KESIMPULAN

Selama 15 tahun terakhir dari tahun 2013, 2018 dan 2023 perubahan tutupan lahan Kota Ambon yang terus mengalami peningkatan yaitu tutupan lahan jenis lahan permukiman dan lahan terbuka, sedangkan tutupan lahan bukan daerah pertanian dan daerah pertanian mengalami penurunan dan untuk tutupan lahan badan air tidak mengalami peningkatan maupun penurunan. Lahan permukiman mengalami peningkatan luasan sebesar 4.421.33 ha ditahun 2023. Perkembangan tutupan lahan terbangun paling banyak mengarah ke timur dan selatan. Kecamatan yang mengalami peningkatan luasan lahan terbangun yang cukup pesat yaitu Kecamatan Serimau 1.140,83 ha dan Kecamatan Nusaniwe sebesar 1,055,65 ha.

Berdasarkan prediksi model *Cellular Automata Markov Chain* tahun 2031 tutupan lahan terbangun mengalami peningkatan luasan menjadi 4.958.33 ha atau 49.583.268 m², dengan jumlah penduduk Kota Ambon tahun 2031 yang diprediksi berjumlah 2,445,961 Jiwa. Perhitungan daya dukung lahan permukiman tahun 2031 Kota Ambon mendapatkan hasil nilai indeks daya dukung lahan permukiman sebesar 1.27 m²/kapita, artinya apabila DDPm > 1 menandakan daya dukung lahan permukiman tinggi dan masih mampu menampung penduduk untuk bermukim dan membangun rumah dalam wilayah tersebut. Dengan kata lain, Kota Ambon masih dapat menampung pertambahan permukiman sebesar 1.27 m²/kapita

SARAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan dan pengembangan evaluasi tata ruang wilayah yang sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

Ammar Asfari, Supriatna Supriatna, N. R. 2017. Model Dinamika Spasial Hubungan

- Pertumbuhan Penduduk dengan Ketersediaan Lahan di Kabupaten Cianjur Bagian Utara, Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 254–260.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.732>
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. *SNI 7645-2010 tentang Klasifikasi Penutup Lahan*.
- BPS. 2021. *Kota Ambon Dalam Angka 2021* (BPS Kota Ambon (ed.)). BPS Kota Ambon. <https://ambonkota.bps.go.id/publication/2020/04/27/0072157fa7d7bf288ceb130a/kota-ambon-dalam-angka-2020.html#:~:text=Kota Ambon Dalam Angka 2020 merupakan seri publikasi tahunan BPS,demografi dan perekonomian di Indonesia.>
- Chen, X., Yu, S.-X., & Zhang, Y.-P. 2013. Evaluation of Spatiotemporal Dynamics of Simulated Land Use/Cover in China Using a Probabilistic Cellular Automata-Markov Model. *Pedosphere*, 23(2), 243–255. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(13\)60013-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60013-2)
- Fahad, S., Li, W., Lashari, A. H., Islam, A., Khattak, L. H., & Rasool, U. 2021. Evaluation of land use and land cover Spatio-temporal change during rapid Urban sprawl from Lahore, Pakistan. *Urban Climate*, 39, 100931. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclm.2021.100931>
- Ghosh, P., Mukhopadhyay, A., Chanda, A., Mondal, P., Akhand, A., Mukherjee, S., Nayak, S. K., Ghosh, S., Mitra, D., Ghosh, T., & Hazra, S. 2017. Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling- A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 5, 64–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsas.2017.01.005>
- Gomes, E., Abrantes, P., Banos, A., & Rocha, J. 2019. Modelling future land use scenarios based on farmers' intentions and a cellular automata approach. *Land Use Policy*, 85, 142–154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.027>
- Hasmita, L., Sekarrini, C. E., & Septiana, K. N. 2020. Study of Environmental Carrying Capacity for Settlement Development in Ranah Batahan District, Pasaman Barat Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 412, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/412/1/012002>
- He, Q., He, W., Song, Y., Wu, J., Yin, C., & Mou, Y. 2018. The impact of urban growth patterns on urban vitality in newly built-up areas based on an association rules analysis using geographical 'big data.' *Land Use Policy*, 78(July), 726–738. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.07.020>
- Heinrich Rakuasa, G. S. 2022. Analisis Spasial Kesesuaian dan Evaluasi Lahan Permukiman di Kota Ambon. *Jurnal Sains Informasi Geografi (J SIG)*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v5i1.1432>
- Kusratmoko, E., Albertus, S. D. Y., & Supriatna. 2017. Modelling land use/cover changes with markov-cellular automata in Komerling Watershed, South Sumatera. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54, 12103. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012103>
- Latue, P. C., & Rakuasa, H. 2023. Analysis of Land Cover Change Due to Urban Growth in Central Ternate District, Ternate City using Cellular Automata-Markov Chain. *Journal of Applied Geospatial Information*, 7(1), 722–728. <https://doi.org/https://doi.org/10.30871/jagi.v7i1.4653>
- Latue, P. C., & Rakuasa, H. 2023. Analisis Spasial Perubahan Tutupan Lahan di DAS Wae Batugantong, Kota Ambon. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 149–155. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.17>

- Mohamed, A., & Worku, H. 2020. Simulating urban land use and cover dynamics using cellular automata and Markov chain approach in Addis Ababa and the surrounding. *Urban Climate*, 31, 100545. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.uclm.2019.100545>
- Mohammad Soerjani, Rofiq Ahmad, R. M. 2008. *Lingkungan: Sumberdaya Alam dan Kependudukan dalam Pembangunan*. UI-Press.
- Munthali, M. G., Mustak, S., Adeola, A., Botai, J., Singh, S. K., & Davis, N. 2020. Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17, 100276. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100276>
- Muta'Ali, L. 2015. *Teknik analisis regional untuk perencanaan wilayah, tata ruang dan lingkungan*. Badan Penerbit Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Novia Utami, N. D., Supriatna, & Anggrahita, H. 2019. Spatial Dynamics Model of Land Availability and Mount Merapi Disaster-Prone Areas in Sleman Regency, Yogyakarta Special Region Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 311(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/311/1/012021>
- Philia Christi Latue, H. R. 2022. Dinamika Spasial Wilayah Rawan Tsunami di Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon, Provinsi Maluku. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing (JGRS)*, 3(2), 77–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jgrs.2022.v3i2.98>
- Putri, R. A., & Supriatna, S. 2021. Land cover change modeling to identify critical land in the Ciletuh Geopark tourism area, Palabuhanratu, Sukabumi Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623, 012081. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/623/1/012081>
- Rakuasa, H., Salakory, M., & Latue, P. C. 2022. Analisis dan Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Model Celular Automata-Markov Chain di DAS Wae Ruhu Kota Ambon. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 285–295. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jt.sl.2022.009.2.9>
- Rakuasa, H. 2022. Analisis Spasial - Temporal Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Maluku Barat Daya. *GEOGRAPHIA: Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 3(2), 115–122. <https://doi.org/10.53682/gjppg.v3i2.5262>
- Rakuasa, H., Sihasale, D. A., & Latue, P. C. 2022. Model Tutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kota Ambon Tahun 2031: Studi Kasus DAS Wai Batu Gantung, Wai Batu Gajah, Wai Tomu, Wai Batu Merah Dan Wai Ruhu. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 473–486. <https://doi.org/10.21776/ub.jt.sl.2022.009.2.29>
- Rakuasa, H., Supriatna, S., Karsidi, A., Rifai, A., Tambunan, M. ., & Poniman K, A. 2022. Spatial Dynamics Model of Earthquake Prone Area in Ambon City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1039(1), 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1039/1/012057>
- Salakory, M., Rakuasa, H. 2022. Modeling of Cellular Automata Markov Chain for predicting the carrying capacity of Ambon City. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (JPSSL)*, 12(2), 372–387. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jpsl.12.2.372-387>
- Soerjani, M., Ahmad, R., & Munir, R. 1987. *Lingkungan: Sumberdaya alam dan kependudukan dalam pembangunan*. Universitas Indonesia.
- Sugandhi, N., Supriatna, S., Kusratmoko, E., & Rakuasa, H. 2022. Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di Kecamatan Sirimau, Kota Ambon Menggunakan Celular Automata-Markov Chain. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 9(2), 104–118.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v9i2.13880>

Wu, H., Lin, A., Xing, X., Song, D., & Li, Y. 2021. Identifying core driving factors of urban land use change from global land

cover products and POI data using the random forest method. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 103, 102475. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102475>