

SIMULASI POLA PERUBAHAN PENUTUPAN/PENGGUNAAN LAHAN PERMUKIMAN DI KECAMATAN TELUK AMBON MENGGUNAKAN GIS DAN *CELLULAR AUTOMATA*

Nahriza Sabtu¹, Pieter Th. Berhиту², Aryanto Boreel³

¹S1 Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email : nahriza.izha@gmail.com

²Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email : patrickberhиту@gmail.com

³Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura
E-mail : boreelarie@gmail.com

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola perubahan penutupan/penggunaan lahan permukiman di Kecamatan Teluk Ambon dengan melakukan simulasi pola perubahan lahan hingga tahun 2032 dengan tiga analisis, yaitu *Analytical Hierarchy Process* (AHP), *Geografi Information System* (GIS), dan *Software LanduseSim* dengan pendekatan *Cellular Automata*. Penelitian ini menggunakan *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada 4 faktor pendorong yang mempengaruhi perubahan penutupan/penggunaan lahan yaitu jalan, permukiman, *central bussines district*, dan sarana prasarana. Hasil *overlay* peta tahun 2012 dan 2020 telah terjadi perubahan pertambahan penutupan/penggunaan lahan permukiman ditahun 2012 dari 482.59 ha atau sekitar 11.35 % menjadi 767.20 ha atau sekitar 55.76 % di tahun 2020 didapati pola penutupan/penggunaan lahan secara terpusat dan memanjang. Hasil simulasi penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon dari tahun 2020 sampai 2032 dengan luasan persentase terbesar yaitu lahan permukiman 44,4 % atau sekitar (467,0 ha), yang sebelumnya di tahun 2020 sebesar 1,053 ha diprediksi tahun 2032 berkembang menjadi 1,520 ha. Untuk pengurangan lahan terdapat pada penutupan/penggunaan lahan hutan lahan primer sekunder sebesar 0,1 % (1,0 ha), semak belukar 8,4 % (77,0 ha), padang rumput /savana 5,6 % (26,0 ha), pertanian lahan kering campuran 5,5 % (211,0 ha), cbd 6,7 % (28,0 ha), dan sarana prasarana 2,9 % (12,0 ha).

Kata Kunci : Simulasi, Pola Perubahan Lahan, Penutupan/Penggunaan Lahan

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang sejalan dengan meningkatnya kegiatan manusia diberbagai sektor, terutama sektor ekonomi. Sehingga kebutuhan akan sumberdaya lahan juga akan meningkat, sedangkan keberadaan lahan yang tetap mengakibatkan terjadinya penurunan daya dukung lingkungan dan kerusakan lingkungan. Dengan pertumbuhan penduduk yang semakin berkembang maka pembangunan akan semakin berkembang juga.

Secara administrasinya Kota Ambon memiliki 5 kecamatan yaitu Kecamatan Sirimau, Kecamatan Teluk Ambon, Kecamatan Teluk Ambon Baguala, Kecamatan Nusaniwe dan Kecamatan Leitimur Selatan (Buku Putih Kota Ambon, 2012) dalam. Kebutuhan lahan tempat hunian/permukiman akan menjadi permasalahan yang akan dihadapi di Kota Ambon.

Pertambahan jumlah penduduk akan memberikan dampak berupa peningkatan kebutuhan lahan untuk permukiman. Kecamatan Teluk Ambon yang mempunyai cakupan wilayah administratif seluas 93,68 km² dengan jumlah penduduk 46.363 jiwa, yang tersebar di 1 kelurahan dan 7 desa, memiliki satuan wilayah pengembangan yang berada di Desa Wayame

sebagai sentra sekunder II, yang direncanakan melayani SWP III; di dalamnya Desa Laha, Desa Tawiri, Desa Hative Besar, Desa Wayame, Desa Rumah Tiga, Kelurahan Tihu, Desa Poka, dan Desa Hunuth. (Peraturan Daerah Kota Ambon Nomor - 24 Tahun 2012 - Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Ambon Tahun 2011-2031), dengan tingkat kepadatan penduduk mencapai 462,88 jiwa/km², dan memiliki ibukota kecamatan yang berada di Desa Wayame.

Daerah dengan sistem pemerintahan yang dipimpin oleh raja ini merupakan daerah yang dikenal sebagai daerah pendidikan, dimana banyaknya bangunan pendidikan seperti SD, SMP, SMA, serta Kampus Universitas Pattimura dan juga banyaknya kantor-kantor seperti Balai Pengkajian Pertanian dan lain-lain.

Dengan keberadaan Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) serta Bandar Udara Internasional Patimura, dimana semua kegiatan terpusat pada Kawasan Teluk Kota Ambon. Peningkatan kegiatan yang terjadi pada kawasan Teluk Ambon, akan meningkatkan kebutuhan lahan, mengakibatkan terjadi masalah pemanfaatan lahan antar berbagai pelaku pembangunan di Kawasan Teluk Ambon. Adanya perubahan dari aspek fisik, ekonomi dan sosial juga mengakibatkan adanya perubahan lahan.

Pengendalian perkembangan fisik permukiman diperlukan guna menghindari dampak negatif yang terjadi akibat perubahan penggunaan lahan menjadi permukiman. Dalam mendukung upaya pengendalian perkembangan permukiman, perlu adanya ketersediaan informasi mengenai perubahan penggunaan lahan secara komperhensif yang dapat dilakukan dengan dukungan SIG.

Teknik SIG yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan adalah *Cellular Automata*. *Cellular Automata* adalah metode simulasi yang dapat menentukan proses perilaku perubahan suatu sistem.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam penelitian deskriptif kuantitatif dengan menggunakan teknik pengambilan sampling *Non-Probability Sampling*. Penelitian ini menjawab prediksi perubahan penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon, yaitu :

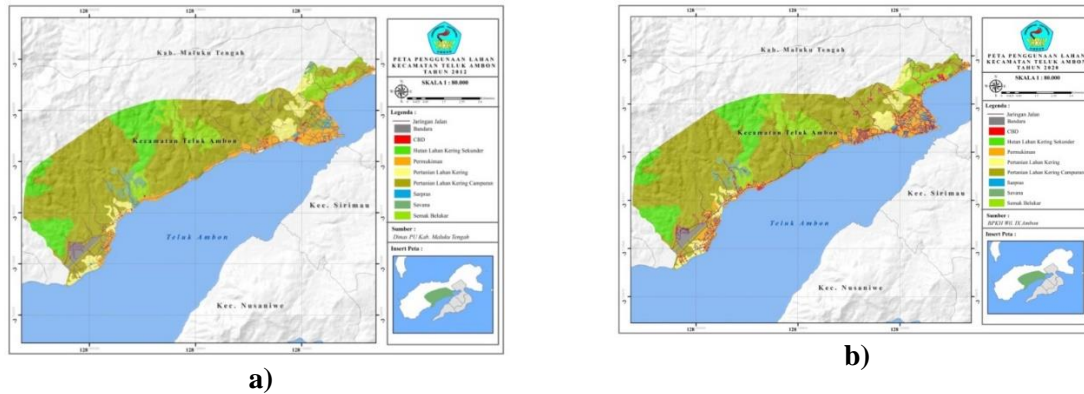
- a. Prediksi simulasi pola perubahan penggunaan lahan permukiman di Kecamatan Teluk Ambon hingga tahun 2032, diprediksi dengan data hasil olah pada analisis (AHP) berupa bobot setiap penggunaan lahan dan hasil pengolahan analisis (SIG) peta penggunaan lahan berupa data matriks perubahan penggunaan lahan pada tahun 2012 dan 2020 dengan pendekatan simulasi *Cellular Automata* pada *software LanduseSim*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prediksi Perkembangan Pola Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon Tahun 2032

Pada aplikasi *LanduseSim*, *Cellular Automata* diproses dengan data penggunaan lahan yang telah ditetapkan sebagai peta awal simulasi dalam penelitian ini adalah peta penggunaan lahan Kecamatan Teluk Ambon tahun 2012 dan 2020.

Pada Analisis Sistem Informasi Geografis, peta Kecamatan Teluk Ambon yang digunakan dengan ukuran skala 1 : 80.000. Data peta yang diambil berupa Peta Penggunaan Lahan Tahun 2012 dan Peta Penggunaan Lahan Tahun 2020 di Kecamatan Teluk Ambon dalam bentuk (*Shapefile/Shp*) :



Gambar 1 Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Teluk Ambon a) Tahun 2012 dan b) Tahun 2020

Hasil identifikasi dan klasifikasi Citra *Google Earth*, diperoleh kelas penggunaan lahan dan telah terbagi ke-9 Klasifikasi Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon dengan kriteria penggunaan lahan yang disesuaikan dengan lahan yang ditematinya.

Tabel 1 Klasifikasi Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon

No	Klasifikasi Penggunaan Lahan	Simbol
1	Hutan Lahan Primer Sekunder	HS
2	Semak Belukar	SB
3	Padang Rumput/Savana	S
4	Pertanian Lahan Kering	PLK
5	Pertanian Lahan Kering Campuran	PLC
6	Permukiman	P
7	Bandar/Pelabuhan	BP
8	Central Bussines District	CBD
9	Sarpras	SR

Sumber : Analisis Peneliti, 2022

Tahapan pada simulasi *LanduseSim* adalah :

a. Pembentukan Peta Potensi Transisi

Dalam pembentukan peta transisi membutuhkan bobot variabel untuk di-*overlay*. Hasil dari AHP menghasilkan variabel dan bobot pengaruh pertumbuhan penggunaan lahan yang diantaranya Jalan (0.350), Permukiman (0.262), CBD (0.229), dan Sarana Prasarana (0.159).

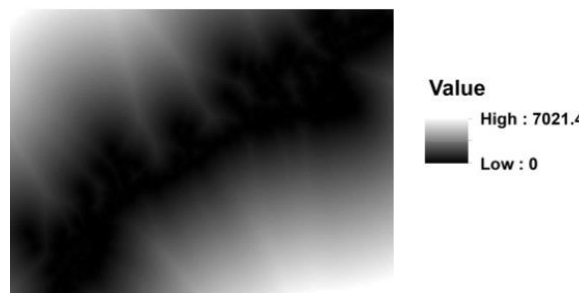
Tabel 2 Kriteria dan Bobot Penggunaan Lahan

Kriteria	Bobot
Jalan	0.350
Permukiman	0.262
CBD	0.229
Sarana Prasarana	0.159
Jumlah	1.000
Consistency Ratio	0.015

Sumber : Hasil Analisis Peneliti (2023)

Laju perubahan penggunaan lahan yang diperoleh masih berupa data *vektor* penggunaan lahan yang dirubah menjadi format *raster* dengan resolusi sekitar 10.000 meter² (100mx100m) untuk setiap sel, sebagai dasar dalam proses simulasi dengan menggunakan

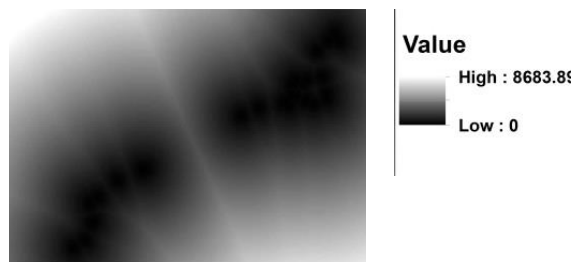
software ArcGIS 10.7. Data *raster* inilah yang akan digunakan dalam proses simulasi penggunaan lahan masa depan. Sehingga hasil dari peta transisi yang berasal dari variabel dan bobot tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



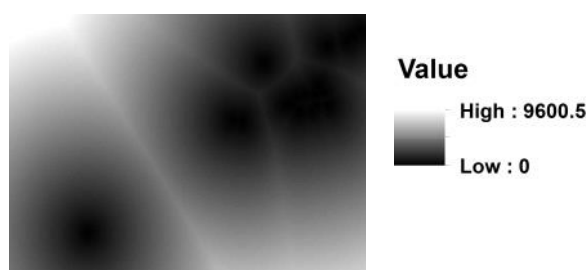
Kedekatan dengan Jalan



Kedekatan dengan Permukiman



Kedekatan dengan CBD



Kedekatan dengan Sarana Prasarana

Gambar 2 Potensi Perkembangan Penggunaan Lahan

Dalam penelitian ini menggunakan *Monotonically Decreasing* (semakin dekat dengan variabel pendorong maka memiliki potensi tinggi untuk mengalami perubahan lahan) atau yang variabelnya bernilai riil dengan potensi perkembangan terbaik jika semakin dekat dengan variabel pendorong. Tabel dibawah ini menunjukkan estimasi pertumbuhan dalam hektar dan luas penggunaan lahan yang diekspektasi untuk tumbuh dalam *cell*.

Ukuran sel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 10 x 10 m (100 m²) untuk setiap selnya. Dalam proses perhitungan luas diwakili dengan jumlah sel untuk setiap jenis penggunaan lahan, dimana setiap sel mewakili luas 100 m². Pertumbuhan lahan dari tahun

2012-2020 untuk penggunaan lahan pertanian lahan kering campuran sebesar 3,410.0 sel, permukiman sebesar 382.0 sel, cbd sebesar 9.0 sel, dan sarana prasarana sebesar 17.0. lebih jelasnya terdapat di dalam tabel sel penggunaan lahan berikut ini :

LU Teluk Ambon	Landuse2020									Grand Total	Berubah (Ha)	Perubahan (%)	
	HS	SB	S	PLK	PLC	P	BP	CBD	SR				
Landuse 2012	HS	737.64								737.64	0.00	0.00	
	SB		532.08		0.41	17.40	26.23		2.23	0.22	578.58	46.50	8.04
	S			91.18	9.92		20.18		0.08	0.09	121.45	30.27	24.92
	PLK				325.50	1.46	14.82		2.97	1.18	345.93	20.43	5.91
	PLC	1.03				3403.53	245.33		4.62	9.04	3663.55	260.02	7.10
	P		0.00			4.28	427.81		20.36	30.14	482.59	54.79	11.35
	BP							71.67			71.67	0.00	0.00
	CBD				0.82	0.12	9.33		9.60	0.10	19.97	10.36	51.90
	SR				0.71	0.08	23.51		0.08	21.26	45.64	24.38	53.42
	Grand Total	738.67	532.08	91.18	337.36	3426.87	767.20	71.67	39.95	62.03	6067.02	446.74	162.63
	Tetap (Ha)	737.64	532.09	91.18	325.50	3403.53	427.81	71.67	9.60	21.26	5620.28		
	Berubah (%)	100.00	100.00	100.00	96.49	99.32	55.76	100.00	24.04	34.27			

Ket : HS (Hutan Lahan Kering Sekunder), SB (Semak Belukar), S (Savana), PLK (Pertanian Lahan Kering), PLKC (Pertanian Lahan Kering Campuran), P (Permukiman), BP (Bandara/Pelabuhan), CBD (*Central Bussines District / Kawasan Pusat Bisnis*), SR (Sarana Prasarana).

Gambar 3 Matriks Penutupan/Penggunaan Lahan Kecamatan Teluk Ambon 2012-2020

Gambar 3 Matriks Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan, telah terjadi perubahan pertambahan penggunaan lahan permukiman ditahun 2012 dari 482.59 ha atau sekitar 11.35 % menjadi 767.20 ha atau sekitar 55.76 % di tahun 2020. Sedangkan untuk masing-masing kriteria yang mengalami perubahan kearah penggunaan lahan permukiman, yaitu penggunaan lahan semak belukar seluas 26.23 ha, savana seluas 20.18 ha, pertanian lahan kering seluas 14.82 ha, dan pertanian lahan kering campuran seluas 245.33 ha.

Dengan pertumbuhan penduduk yang semakin berkembang maka pembangunan akan semakin berkembang juga, sehingga perubahan yang terjadi sesuai dengan bertambahnya jumlah penduduk yang memerlukan lahan untuk berbagai aktivitas penggunaan lahan yang ada di Kecamatan Teluk Ambon.

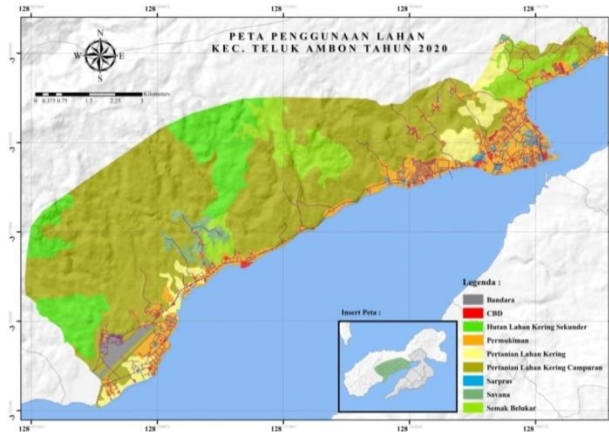
Seperti halnya penelitian untuk perkembangan fisik wilayah permukiman ini mendorong ekspansi penggunaan lahan yang memberikan pengaruh terhadap kawasan di sekitarnya, salah satu hasil dari pengaruh tersebut adalah terjadi pengurangan penggunaan lahan kosong akibat semakin banyaknya pembangunan permukiman. Semakin luas lahan kosong yang ada, maka semakin besar pula peluang terbentuknya permukiman-permukiman baru yang menempati penggunaan fisik wilayah lahan kosong

b. Penentuan *Neighborhood Filter*

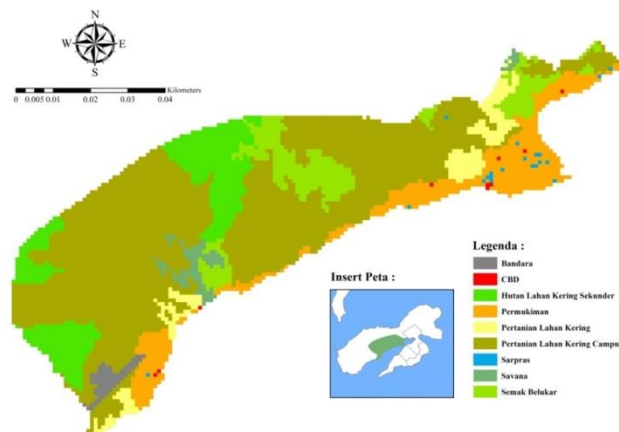
Neighbourhood Filter yang digunakan pada penelitian ini adalah 3x3 yang berarti satu *cell* memiliki 3 baris *grid* dan 3 kolom *grid* dengan bobot yang sama (1) pada semua sel dan mekanisme operasi (SUM) dimana hasil perkalian antara nilai sel dengan *grid* kemudian akan dijumlahkan untuk mendapatkan nilai sel inti. Pemilihan *Neighbourhood* 3x3 dikarenakan memberikan hasil perubahan lahan lebih kompak, yang artinya pada masing-masing inti *cell* hanya akan memberikan pengaruh pada satu *cell* tetangga di sekitarnya.

c. Uji Validitas Model

Uji validitas atau akurasi model diperlukan untuk mengukur tingkat akurasi model prediksi sehingga dapat diketahui tingkat validitasnya. Pada studi ini nilai akurasi (dalam persen) dihitung dari luas *cell* penggunaan lahan hasil simulasi tahun 2020 dengan luas eksisting tahun 2020.



Gambar 4 Penggunaan Lahan Eksisting Tahun 2020



Gambar 5 Hasil Simulasi Penggunaan Lahan Eksisting Tahun 2020

Peta penggunaan lahan hasil simulasi tahun 2020 dengan peta penggunaan lahan eksisting tahun 2020 dilakukan operasi *overlay* untuk mengetahui nilai akurasi dari model yang dibangun. Hasil analisis menunjukkan nilai *overall accuracy* dari model yang dibangun sebesar 94.09 % yang dikatakan sebagai *Map Validation is Best* (validasi peta yang terbaik), dimana dalam sebuah pemodelan tingkat nilai akurasi diatas 70,00 % dapat dikatakan bagus. Dengan hasil akurasi tersebut kemudian model dapat dilakukan untuk analisis selanjutnya yaitu proses simulasi atau prediksi penggunaan lahan tahun 2032.

d. Proses Simulasi Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon 2020-2032

Proses simulasi pada aplikasi *LanduseSim* dilakukan dengan memasukkan peta penggunaan lahan dasar yaitu tahun 2020 sebagai awal simulasi yang akan diiterasi sebanyak 12 kali sehingga menghasilkan peta prediksi tahun 2032.

Selain itu data yang dimasukkan pada proses simulasi adalah *neighbourhood filter* dan aturan transisi yang telah dibuat berdasarkan peta transisi dan perhitungan luas pertumbuhan luas lahan pada tahun 2032. Tabel dibawah ini merupakan tabel perubahan penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon dari tahun 2020-2032.

Tabel 3 Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon Tahun 2020-2032

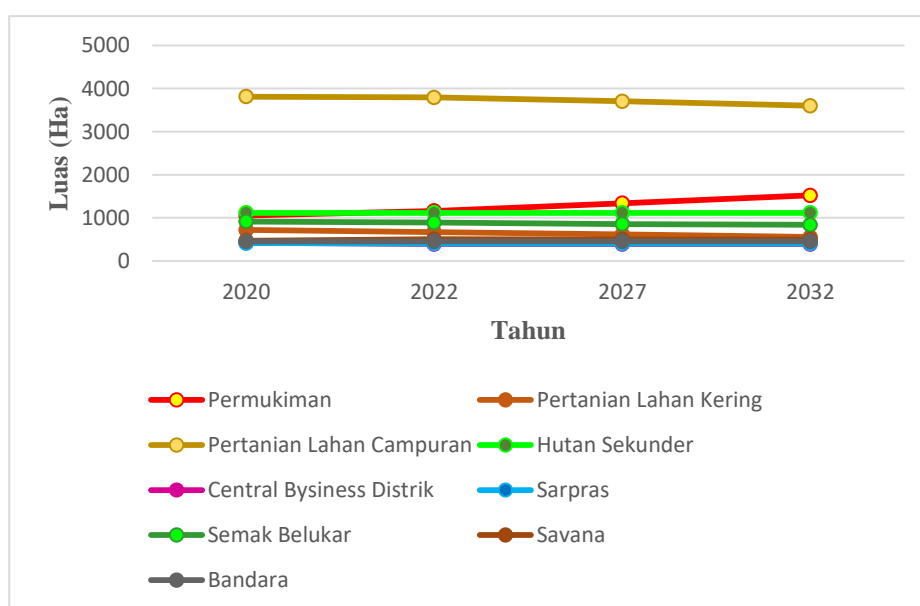
No	PL	Luas (Ha)				Perubahan	
		2020	2022	2027	2032	Ha	%
1	HS	1,117	1,116	1,116	1,116	-1,0	-0,1
2	SB	914	889	855	837	-77,0	-8,4
3	S	468	500	499	494	-26,0	5,6
4	PLK	719	669	612	555	-164,0	-22,8
5	PLKC	3,812	3,791	3,702	3,601	-211,0	-5,5
6	P	1,053	1,158	1,339	1,520	467,0	44,4
7	B/P	455	455	455	455	0	0
8	CBD	391	391	391	391	-28,0	-6,7
9	SR	401	401	401	401	-12,0	-2,9
Total		9368	9368	9368	9368		

Ket : HS (Hutan Lahan Kering Sekunder), SB (Semak Belukar), S (Savana), PLK (Pertanian Lahan Kering), PLKC (Pertanian Lahan Kering Campuran), P (Permukiman), BP (Bandara/Pelabuhan), CBD (*Central Bussines District* / Kawasan Pusat Bisnis), SR (Sarana Prasarana).

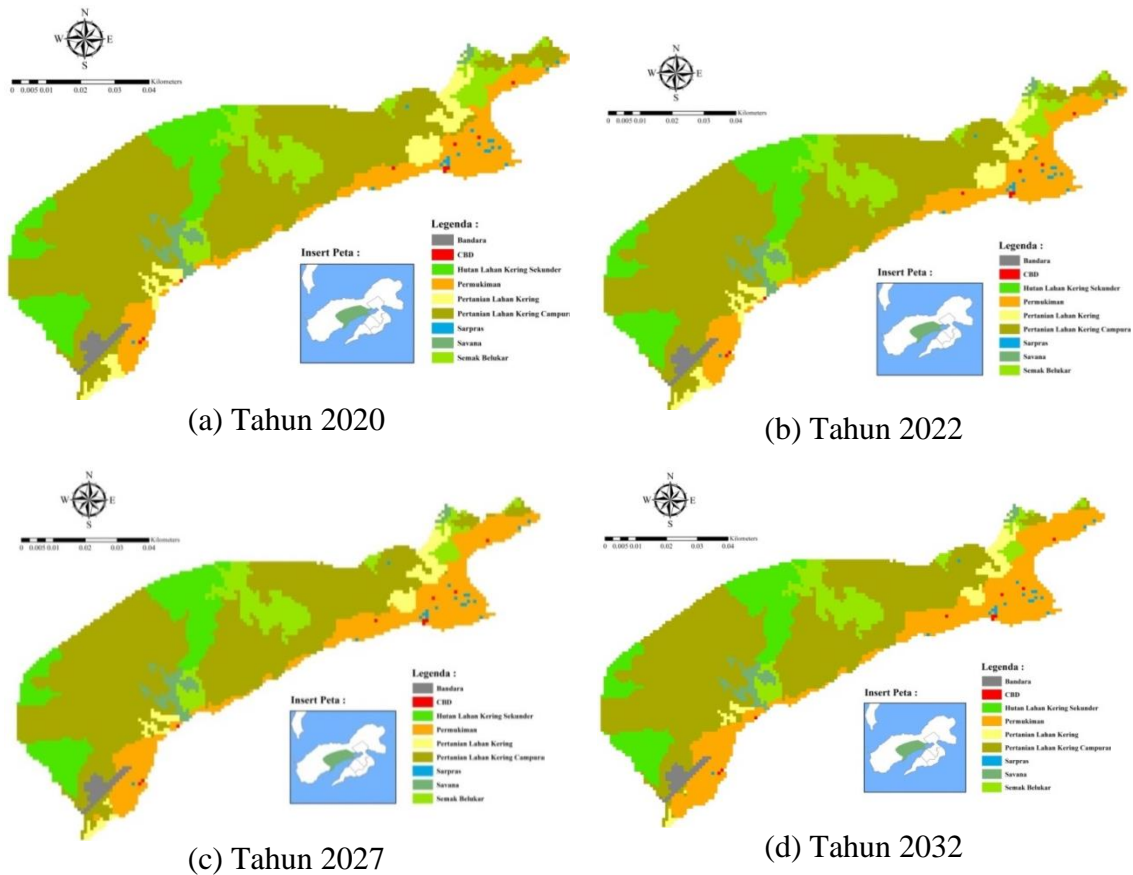
Dari Tabel 3 dapat dilihat telah mengalami perubahan luasan penutupan/penggunaan lahan dari tahun 2020-2032, perubahan dengan luasan persentase terbesar yaitu penutupan/penggunaan lahan permukiman 44,4 % atau sekitar (467,0 ha), yang sebelumnya di tahun 2020 sebesar 1,053 ha diprediksi tahun 2045 berkembang menjadi 1,520 ha.

Untuk pengurangan lahan terdapat pada penutupan/penggunaan lahan hutan lahan primer sekunder sebesar 0,1 % (1,0 ha), semak belukar 8,4 % (77,0 ha), padang rumput /savana 5,6 % (26,0 ha), pertanian lahan kering campuran 5,5 % (211,0 ha), cbd 6,7 % (28,0 ha), dan sarana prasarana 2,9 % (12,0 ha). Penutupan/penggunaan lahan yang mengalami perkembangan yaitu permukiman, yang mana semakin luas lahan kosong yang ada, maka semakin besar pula peluang terbentuknya permukiman-permukiman baru yang menempati penutupan/penggunaan fisik wilayah lahan kosong [16], sedangkan penutupan/penggunaan lahan yang tetap tidak mengalami perubahan yaitu bandara.

Grafik prediksi perubahan penutupan/penggunaan lahan dan peta proyeksi penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon tahun 2020-2032 ditampilkan dalam Gambar berikut ini :



Gambar 3 Grafik Prediksi Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon Tahun 2020-2032



Gambar 4 Prediksi Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan di Kecamatan Teluk Ambon
(a) Tahun 2020, (b) Tahun 2022, (c) Tahun 2027, (d) Tahun 2032

e. Perkembangan Wilayah Permukiman yang Bertumbuh/Berkembang di Kecamatan Teluk Ambon Tahun 2020-2032

Berdasarkan prediksi perubahan penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon, kelas lahan yang paling dominan adalah permukiman, permukiman diprediksi akan bertambah sekitar 362 ha dilihat dari Tabel 4 Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan Tahun 2020-2032, dengan arahan perubahan memasuki kawasan pertanian lahan kering campuran dan pertanian lahan kering di tahun 2020 sampai 2032.

Perubahan penggunaan lahan tentu saja akan menyebabkan terjadinya tidak tertatanya permukiman, masalah lingkungan yaitu banjir yang dapat terjadi akibat penyempitan drainase, dan masalah kepadatan bangunan di sepanjang jalan utama. Jadi untuk selanjutnya dibutuhkan suatu kajian dan aturan yang tegas perihal perubahan penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon. Diharapkan hasil penelitian ini menjadi dasar maupun rekomendasi dalam kajian perubahan penutupan/penggunaan lahan dan dapat menjadi acuan dalam membuat kebijakan terkait penutupan/penggunaan lahan di Kecamatan Teluk Ambon pada masa yang akan datang

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi pola perubahan penutupan/penggunaan lahan permukiman di Kecamatan Teluk Ambon yang dilakukan dengan proses *LanduseSim* dengan pendekatan *Cellular Automata* menghasilkan perubahan yang sesuai dengan kondisi eksisting dengan memerhatikan faktor pendorong maupun penghambat menjadikan wilayah Kecamatan Teluk Ambon kedepannya masih bisa diterapkan sebuah pembangunan yang lebih ke arah perlindungan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- H. Rakuasa, M. Salakory, and P. C. Latue, "Analisis Dan Prediksi Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Model Celular Automata-Markov Chain Di Das Wae Ruhu Kota Ambon," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 9, no. 2, pp. 285–295, 2022, doi: 10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.9.
- R. F. Putri, A. W. Abadi, and U. Kafafa, "The Correlation Analysis Between Urbanization Phenomena And Landuse Change In Jakarta Special Province," *E3S Web Conf.*, vol. 200, 2020.
- M. Zulkifli, R. Wikantari, and Mahyuddin, "Evaluasi Penentuan Pusat Kegiatan Pada Satuan Wilayah Pengembangan di Kota Ambon," *Plano Madani*, vol. 9, no. April, pp. 1–9, 2020.
- H. Rakuasa, F. Halawa, and D. A. Sihasale, "Pemodelan Spasial Ketersediaan Lahan Terbangun Dengan Kawasan Rawan Tsunami Di Kota Ambon," *J. Geo Image*, vol. 9, no. 2, pp. 76–81, 2015.
- V. H. Makarau, "Penduduk, Pemukiman Perkotaan Dan Pendekatan Kebijakan," *J. Sabua*, vol. 3, no. 1, pp. 53–57, 2011.
- K. T. A. BPS, "Kecamatan Teluk Ambon Dalam Angka Tahun 2021," 2021.
- I. Kustamar and S. Surbakti, "Evaluasi Dan Perencanaan Saluran Drainase Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon," no. 2, 2017.
- Asyawati, Y. F, D. R, S. SRP, and S. Sb, "Status Ekosistem Pesisir Bagi Perencanaan Tata Ruang Wilayah Pesisir Di Kawasan Teluk Ambon," *J. Perenc. Wil. dan Kota*, vol. 10, no. 1, pp. 56–62, 2010.
- Rahmawati and Pratomoatmojo, "Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Cellular Automata pada Wilayah Peri Urban Kota Surabaya di Kabupaten Sidoarjo," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, 2019.
- Paharuddin, "Simulasi Geospasial Berbasis Cellular Automata Perubahan Penggunaan Lahan Untuk Prediksi Sedimentasi," 2012.