

## **Perancangan Model Spasial Kawasan Permukiman Perkotaan Berbasis *Cellular Automata* Di Kabupaten Minahasa Selatan**

### ***Spatial Model Design of Urban Settlement Areas Cellular Automata Based in South Minahasa Regency***

**Francis Andreas Tarumingkeng <sup>(1)(\*)</sup>, Gene H. M. Kapantow <sup>(2)</sup>, Sandra Engelin Pakasi <sup>(2)</sup>**

1) Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Ilmu Perencanaan Pembangunan Wilayah, Universitas Sam Ratulangi, Manado

2) Staff Pengajar dan Peneliti pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pembangunan, Universitas Sam Ratulangi, Manado

\*Penulis untuk korespondensi: fatarumingkeng@gmail.com

---

Naskah diterima melalui e-mail jurnal ilmiah agrisocioekonomi@unsrat.ac.id

: Sabtu, 05 November 2022

Disetujui diterbitkan

: Sabtu, 28 Januari 2023

---

#### **ABSTRACT**

*The purpose of this research is to design a spatial model of urban settlement areas using the Cellular Automata approach in South Minahasa Regency. The research location is located in a sub-district in South Minahasa Regency which has a delineation of urban settlement areas namely Tumpaan, Tareran, Amurang Timur, Amurang, Amurang Barat, Tenga and Sinonsayang Districts, covering an area of 656.6 Km<sup>2</sup>. Primary data collection methods are: Field observation and distribution of questionnaires to academics, government and local communities. Secondary data collection methods, namely: literature review and data request survey. The method of analysis is quantitative analysis using AHP and spatial analysis based on Cellular Automata. The results of the research show that the direction of modeling starts towards the east and south of the research location. Urban residential land in the research location experienced a growth of 4.19% from the previous year in 2014 covering an area of 11.96 Km<sup>2</sup> increasing by 15.26 Km<sup>2</sup> to 27.22 Km<sup>2</sup> in 2034. The modeling results also show that in the 2014-2019 range is the range in which growth the highest settlement that occurred was 5.7%. The development of settlements resulted in the conversion of several land uses, namely along-alang land and mixed gardens. Urban settlements in Tareran District are settlements that experience greater growth among settlements in other districts with a percentage reaching 9.1%.*

*Keywords : design; spatial models; settlement; urban*

#### **ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini untuk merancang model spasial kawasan permukiman perkotaan dengan pendekatan Cellular Automata di Kabupaten Minahasa Selatan. Lokasi penelitian terletak pada Kecamatan di Kabupaten Minahasa Selatan yang memiliki deliniasi kawasan permukiman perkotaan yaitu Kecamatan Tumpaan, Tareran, Amurang Timur, Amurang, Amurang Barat, Tenga dan Sinonsayang, seluas 656,6 Km<sup>2</sup>. Metode pengumpulan data primer yaitu observasi lapangan dan pembagian kuesioner kepada kalangan akademisi, pemerintah dan masyarakat setempat. Metode pengumpulan data sekunder yaitu kajian pustaka dan survei permohonan data. Metode analisis yaitu analisis kuantitatif dengan menggunakan AHP dan analisis spasial berbasis Cellular Automata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah pemodelan mulai menuju timur dan selatan lokasi penelitian. Lahan permukiman perkotaan di lokasi penelitian mengalami pertumbuhan 4.19% dari sebelumnya pada tahun 2014 seluas 11,96 Km<sup>2</sup> bertambah sebanyak 15,26 Km<sup>2</sup> menjadi 27,22 Km<sup>2</sup> pada tahun 2034. Hasil pemodelan pula menunjukkan bahwa pada rentang tahun 2014-2019 adalah rentang dimana pertumbuhan permukiman tertinggi yang terjadi yaitu sebesar 5.7%. Perkembangan permukiman mengakibatkan terjadinya alih fungsi beberapa penggunaan lahan yaitu lahan alang-alang dan kebun campuran. Permukiman perkotaan di Kecamatan Tareran adalah permukiman yang mengalami pertumbuhan yang lebih besar di antara permukiman di kecamatan yang lain dengan persentase mencapai 9.1%.

Kata kunci : perancangan; model spasial; permukiman; perkotaan

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Penataan Ruang menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Penataan Ruang adalah suatu sistem/proses yang menyangkut dengan ruang khususnya dalam hal Perencanaan, Pemanfaatan, dan Pengendalian terhadap Pemanfaatan Ruang tersebut. Penataan ruang penting untuk dilaksanakan sebab kondisi ruang yang masih dapat dimanfaatkan sampai saat ini semakin terbatas. Kondisi ketersediaan ruang berbanding terbalik dengan kondisi demografis kependudukan yang terus meningkat sehingga akan memengaruhi kebutuhan manusia akan ruang (Makarau, 2011).

Kebutuhan manusia terhadap ruang dengan berbagai aktivitas mereka menjadi tidak terbatas dan beraneka ragam, seperti kebutuhan ruang untuk mereka bermukim, bekerja, rekreasi bahkan untuk tempat yang akan dijadikan lahan pekuburan (Sutanto, 2021). Penataan ruang perlu dilakukan sebab selain untuk aktivitas manusia, ruang juga dibutuhkan oleh hewan dan tumbuhan untuk aktivitas mereka sehingga keseimbangan alam dapat tercipta. Kompleksitas pemanfaatan ruang menjadi beberapa faktor yang penting mengapa penataan ruang perlu untuk dilakukan dalam sebuah wilayah (Sutanto, 2021).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2021 pasal 6 mengatur salah satu bentuk penyelenggaraan penataan ruang, dimana unsur pemerintah mulai dari tingkat Nasional sampai Kabupaten/Kota wajib untuk menyusun dan menyediakan dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), sesuai standar yang sudah ditentukan oleh peraturan pemerintah/kementerian terkait. RTRW wajib disusun karena memiliki peran sebagai “guidance of future actions” atau pedoman/intervensi yang dilakukan sehingga interaksi manusia dalam hal pemanfaatan ruang dapat berjalan dengan baik dan berdampak pada lingkungan sekitar seperti kesejahteraan makhluk hidup, kelestarian lingkungan serta keberlanjutan pembangunan dapat terlaksana (Mahi, 2016).

Penyelenggaraan tata ruang di Kabupaten Minahasa Selatan diatur lewat Peraturan Daerah Kabupaten Minahasa Selatan Nomor 3 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah

Kabupaten Minahasa Selatan tahun 2014-2034. Kawasan permukiman adalah salah satu jenis ruang yang diatur dalam dokumen tersebut dan terbagi menjadi 3 (tiga) jenis kawasan yaitu: Kawasan Permukiman Perdesaan, Permukiman Perkotaan dan Permukiman Baru skala KASIBA (Kawasan Siap Bangun) atau LISIBA (Lingkungan Siap Bangun). Arahan pengembangan kawasan permukiman baru perkotaan dalam RTRW berada di 6 (enam) kecamatan yaitu Kecamatan Sinonsayang, Kecamatan Tenga, Kecamatan Amurang, Kecamatan Tumpaan, Kecamatan Amurang Timur dan Kecamatan Amurang dengan luas alokasi kawasan permukiman baru sebesar  $\pm$  1525,995 Ha. Arahan terhadap pengembangan kawasan permukiman baru berupa lokasi dan luas deliniasi tersebut harus dapat direalisasikan oleh pemerintah Kabupaten Minahasa Selatan dalam/atau selama jangka waktu/periode RTRW tersebut berlaku (selama 20 Tahun) atau dapat menjadi masukan dan informasi ketika RTRW tersebut akan melewati proses revisi.

Lahan permukiman merupakan jenis pemanfaatan ruang yang menjadi kebutuhan pokok manusia (Husain, 2016), sehingga permukiman seperti pada kawasan perkotaan Kabupaten Minahasa Selatan harus direncanakan, dilaksanakan serta dikelola dengan memperhatikan status atau kondisi yang ada. Wilayah deliniasi perancangan kawasan permukiman perkotaan Kabupaten Minahasa Selatan berdasarkan RTRW adalah Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) dan Pusat Kegiatan Lokal (PKL) sehingga sebagai kawasan perkotaan, wilayah tersebut diarahkan untuk melayani kegiatan skala provinsi dan skala kabupaten (Permen ATR BPN Nomor 14 Tahun 2021). Wilayah eksisting permukiman perkotaan Kabupaten Minahasa Selatan berdasarkan deliniasi peta spasial pola ruang RTRW selain sebagai pusat kegiatan juga berada di sekitar wilayah kawasan lindung seperti: kawasan rawan bencana, kawasan hutan lindung, kawasan pantai berhutan bakau dan kawasan perlindungan setempat yaitu sempadan sungai dan pantai. Kawasan lindung di sekitar wilayah eksisting permukiman perkotaan akan membatasi perkembangan kawasan permukiman tersebut, karena kawasan lindung hanya dapat dimanfaatkan untuk perlindungan dan pelestarian

lingkungan hidup dan bukan untuk dibudidayakan sesuai dengan potensi yang tersedia (Permen ATR BPN Nomor 11 Tahun 2021). Status wilayah sebagai pusat kegiatan yang harus dapat mendukung perekonomian, kegiatan terkait pelayanan sosial, pemusatan serta distribusi pelayanan jasa pemerintahan dengan tetap menyesuaikan keberadaan kawasan lindung disekitarnya akan memengaruhi kebutuhan ruang permukiman di kawasan perkotaan tersebut.

Kebutuhan terhadap lahan untuk dimanfaatkan sebagai permukiman yang terus meningkat sebagai dampak dari perkembangan kawasan perkotaan namun dengan tetap memperhatikan keberadaan kawasan lindung disekitarnya dapat direncanakan dengan memanfaatkan teknologi berbasis sistem informasi geografis (SIG) yaitu lewat proses pemetaan dan pemodelan spasial (Rusman, 2018). Teknologi SIG sering diterapkan dalam praktek perencanaan wilayah seperti pembuatan dokumen tata ruang. Pemodelan spasial penggunaan lahan kawasan permukiman perkotaan dapat menjawab bentuk keterbatasan yang sering dialami dalam proses perancangan kawasan permukiman perkotaan seperti sulitnya melakukan identifikasi secara langsung kondisi lapangan yang dapat dikembangkan atau tidak dikarenakan beberapa faktor seperti keterbatasan aksesibilitas menuju lokasi dan luasan kawasan perencanaan yang terlalu besar. Perumusan model kawasan permukiman perkotaan yang disesuaikan dengan Standar atau Kriteria kawasan permukiman, dapat mewujudkan arahan target pengembangan yang sudah ditetapkan di dalam RTRW dan dapat memperhitungkan kondisi spasial setempat yang bisa saja memengaruhi pengembangan kawasan permukiman seperti faktor sosial ekonomi, biofisik wilayah serta interaksi dan karakteristik penggunaan lahan sekitarnya (Dendoncker, 2007).

Teknologi SIG yang dapat digunakan untuk melaksanakan perancangan kawasan permukiman perkotaan adalah lewat pendekatan Cellular Automata (Wijaya, 2015). Pemodelan dengan pendekatan Cellular Automata adalah pemodelan atau komputasi spasial yang memperhatikan unsur seperti : ruang dan keadaan yang dimiliki sel, sel ketetanggaan yang dapat memengaruhi status sel lainnya, aturan perubahan status sel dan waktu (Liu, 2009). Pemodelan dengan pendekatan *Cellular Automata* memiliki kelebihan di

antaranya kemampuan untuk memprediksi pertumbuhan lahan permukiman secara matematis, sehingga pemodelan yang dihasilkan dapat memiliki nilai akurasi yang lebih baik dibandingkan hasil pemodelan dengan pendekatan deskriptif. Kelebihan pemodelan kawasan permukiman dengan pendekatan Cellular Automata lainnya adalah efisiensi dalam perencanaan tata ruang. Pendekatan Cellular Automata dapat membantu perencana untuk melakukan prediksi pemodelan terhadap wilayah atau lokasi yang sulit untuk dijangkau namun berpotensi untuk dikembangkan menjadi kawasan permukiman. Bentuk efisiensi adalah dalam hal pemanfaatan waktu dan anggaran dimana dalam perencanaan tata ruang lewat pemodelan kawasan permukiman dengan pendekatan Cellular Automata, tahapan awal perencanaan konvensional seperti survei pengamatan atau pengukuran di lokasi secara langsung dan pengolahan data dari hasil survei tersebut dapat ditiadakan, sebab pemodelan dengan pendekatan Cellular Automata menggunakan masukan data-data spasial yang dapat menggambarkan kondisi wilayah tersebut sehingga perencana tidak perlu untuk pergi ke lokasi penelitian yang sulit dijangkau tersebut. Survei pengamatan dalam pemodelan dengan pendekatan Cellular Automata akan digunakan sebagai bentuk validasi terhadap arah perkembangan permukiman sebagai hasil pemodelan, sehingga perencana dapat menetapkan usulan rencana selanjutnya.

Penelitian ini mencoba untuk menyelesaikan masalah yang seringkali dialami oleh pemerintah atau penyusun rencana tata ruang. Masalah yang dihadapi ketika mereka mencoba untuk menggambarkan arahan untuk wilayah yang diprediksi akan berkembang sesuai dengan faktor-faktor pendorong pengembangan wilayah dan kondisi keruangan setempat seperti kemampuan lahan berdampak pada ketidakselarasan antara arahan pengembangan wilayah kawasan permukiman perkotaan dalam dokumen RTRW Minahasa Selatan dengan produk spasial yang dihasilkan. Penelitian ini berupaya untuk merancang model spasial kawasan permukiman perkotaan di Kabupaten Minahasa Selatan sampai tahun 2034 melalui pendekatan Cellular Automata. Pemodelan yang dilakukan melibatkan kajian teoritis dalam menetapkan variabel-variabel pendorong

pengembangan kawasan permukiman dan analisis AHP untuk menetapkan nilai bobot/kepentingan dari variabel yang sudah ditetapkan sebelumnya dimana hasil pembobotan tersebut akan menjadi masukan dalam pembuatan peta transisi (Pratomoatmojo & Lestari, 2020). Penelitian ini mengungkapkan permasalahan penelitian terkait dengan kebutuhan akan perumusan atau perancangan pemetaan kawasan permukiman perkotaan indikatif sesuai dengan arahan RTRW Kabupaten Minahasa Selatan, sehingga diperlukan sebuah metode pemodelan spasial berdasarkan target dalam jangka waktu tertentu. Rumusan masalah berdasarkan uraian tersebut adalah bagaimana perancangan model spasial kawasan permukiman perkotaan dengan menggunakan Cellular Automata di Kabupaten Minahasa Selatan.

#### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini untuk merancang model spasial kawasan permukiman perkotaan dengan pendekatan Cellular Automata di Kabupaten Minahasa Selatan.

#### **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat pada bidang pengembangan infrastruktur dan tata ruang dalam penetapan kebijakan mengenai penyediaan dan analisis lahan permukiman perkotaan sesuai arahan RTRW bagi pihak terkait dalam ilmu perencanaan wilayah. Secara khusus, manfaat yang diharapkan adalah:

##### **1. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis pada ilmu pengetahuan khususnya pada bidang perencanaan dan pengembangan wilayah, terkait dengan pemodelan kawasan permukiman perkotaan yang sesuai dengan arahan target dokumen tata ruang.

##### **2. Manfaat Praktis**

a. Bagi peneliti, menjadi sarana untuk mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama proses studi sekaligus untuk mengembangkan metode analisis yang tergolong baru di Sulawesi Utara. Penulis mendapatkan pengetahuan berdasarkan proses eksperimen yang dilakukan;

b. Bagi akademisi, kajian diharapkan mampu menjadi bahan diskusi dan dasar

kajian lebih lanjut mengenai pemodelan kawasan permukiman dengan pendekatan *Cellular Automata*;

c. Bagi pemerintah, kajian diharapkan menjadi sumber acuan untuk menciptakan perencanaan dan penetapan kebijakan karena hasil dari penelitian ini dapat menjadi gambaran terkait proyeksi terhadap perencanaan wilayah ke depan; dan

d. Bagi Masyarakat, kajian diharapkan menjadi sumber informasi terkait pengembangan permukiman perkotaan di Kabupaten Minahasa Selatan.

### **METODE PENELITIAN**

#### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan. Penelitian dimulai dari kegiatan survei pendahuluan, dengan kegiatan pembimbingan proposal, seminar proposal, pengumpulan data, pembimbingan serta ujian tesis. Lokasi penelitian terletak pada kecamatan-kecamatan di Kabupaten Minahasa Selatan

#### **Metode Pengumpulan Data**

##### **1. Metode Pengumpulan Data Primer**

###### **a. Observasi Lapangan**

Observasi adalah pengamatan terhadap suatu objek atau fenomena secara langsung di lapangan dengan tujuan menggali informasi yang sebenarnya. Observasi dalam penelitian ini terbagi dalam dua tahapan, yaitu: observasi persiapan penelitian dan observasi pasca pemodelan, dimana dalam kedua bentuk observasi ini, penulis turun langsung ke lapangan, melakukan pengamatan dan checklist data serta mengambil beberapa dokumentasi foto guna memperkuat fakta di wilayah studi.

###### **b. Kuesioner**

Metode kuesioner digunakan dalam pengumpulan data penelitian ini dikarenakan dengan metode ini, maka data atau informasi yang didapatkan adalah berasal dari pemahaman atau pemikiran dari responden yang dianggap ahli/ menguasai bidang tertentu sehingga

jawaban yang diberikan dapat dipercaya dan dianggap benar. Metode ini digunakan untuk menentukan nilai kepentingan dari setiap variabel yang akan digunakan yaitu variabel yang memengaruhi pengembangan kawasan permukiman perkotaan.

2. Metode Pengumpulan Data Sekunder

a. Kajian Pustaka

Kajian Pustaka adalah metode pengumpulan data yang dilakukan lewat telaah dan identifikasi literatur, peraturan dan sumber data lainnya yang terkait. Metode ini digunakan oleh penulis untuk menetapkan variabel-variabel yang memengaruhi pengembangan kawasan permukiman dengan menggunakan literatur atau peraturan yang berisi Norma Standar Peraturan Kriteria (NSPK), informasi, arahan dan teori terkait pengembangan kawasan permukiman perkotaan itu sendiri.

b. Survei Permohonan Data

Survei permohonan data dilakukan untuk mendapatkan literatur pendukung yang tidak bisa didapatkan/diakses secara langsung oleh penulis. Instansi tempat survei permohonan data akan disesuaikan dengan jenis data yang diperlukan.

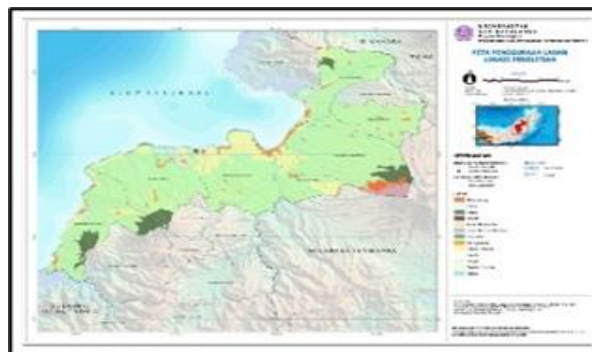
**Teknik Analisis Data**

Analisis utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial menggunakan perangkat lunak berbasis Sistem Informasi Geografis dan *Cellular Automata*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Lokasi penelitian adalah kawasan permukiman perkotaan di Kabupaten Minahasa Selatan yang berdasarkan RTRW tahun 2014-2034 berada di kecamatan sekitar pesisir kabupaten serta dilintasi oleh Jalan Trans Sulawesi sebagai Jalan Nasional Arteri Primer antar provinsi. Kecamatan dengan deliniasi kawasan permukiman perkotaan adalah Kecamatan Tumpaan (9 Desa), Tareran (7

Desa), Amurang Timur dengan (4 Desa/Kelurahan), Amurang (8 Desa/Kelurahan), Amurang Barat (5 Desa), Tenga (9 Desa) dan Sinonsayang (12 Desa).



Gambar 1. Guna Lahan Tahun 2014 Lokasi Penelitian

Sumber: Olahan Penulis, 2022

Deliniasi lokasi penelitian pada tahun 2014 memiliki 13 jenis penggunaan lahan, dimana lahan yang mendominasi adalah Kebun Campuran (510,67 Km<sup>2</sup>) atau 77.67% dari luas deliniasi lokasi penelitian. Tutupan lahan permukiman sendiri memiliki luas deliniasi sebesar 15,2 Km<sup>2</sup> (permukiman perkotaan 11,96 Km<sup>2</sup> & permukiman perdesaan 3,24 Km<sup>2</sup>).

**Tabel 1. Penggunaan Lahan Tahun 2014**

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (Km <sup>2</sup> )	Persentase (%)
1.	Alang-alang	6,31	0.96
2.	Danau	0,013	0.0019
3.	Hutan	33,26	0.49
4.	Industri	0,56	0.08
5.	Kebun Campuran	510,67	77.67
6.	Lahan Terbuka Kaldera	8,19	1.24
7.	Mangrove	2,45	0.37
8.	Pemukiman	15,2	2.35
9.	Ruang Terbuka Publik	0,19	0.02
10.	Sawah	7,84	1.13
11.	Sungai	1,49	0.22
12.	Tegalan/Ladang	70,68	10.82
13.	Telaga	0,14	0.02
<b>Jumlah</b>		<b>656,6</b>	<b>100</b>

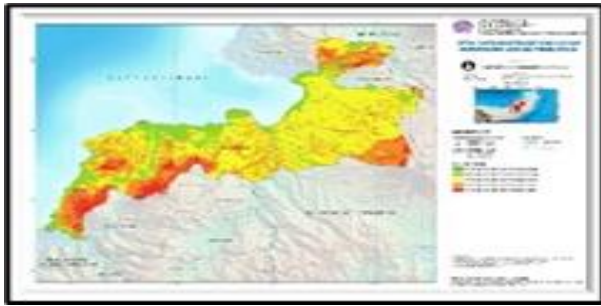
Sumber : Olahan Penulis, 2022

**Kemampuan Lahan Lokasi Penelitian**

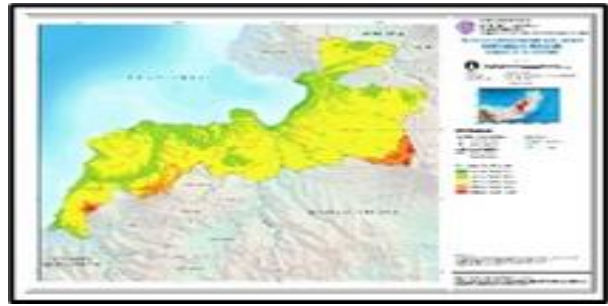
Analisis SKL terdiri dari beberapa satuan analisis. Hasil analisis setiap SKL:

**SKL Morfologi**

Kemampuan lahan morfologi sedang adalah mendominasi lokasi penelitian yaitu 51.21% dari total luas lokasi penelitian.



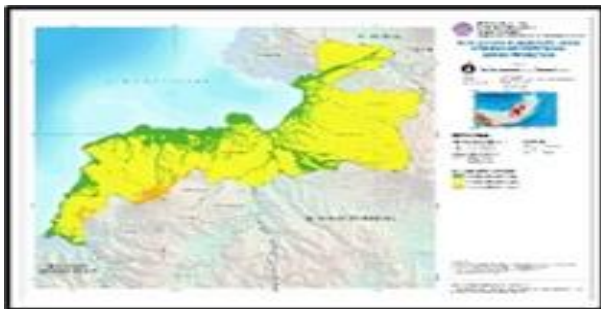
Gambar 2. Peta SKL Morfologi  
Sumber: Olahan Penulis, 2022



Gambar 5. Peta SKL Kestabilan Pondasi  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

**SKL Kemudahan Dikerjakan**

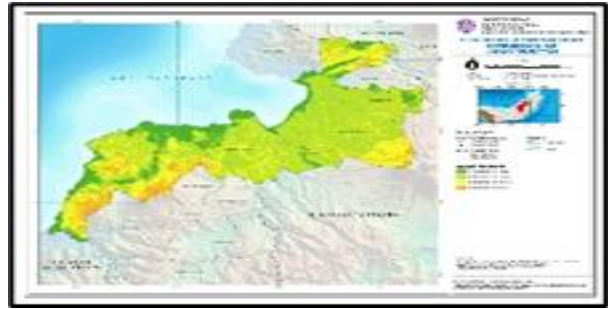
Kemampuan lahan kemudahan dikerjakan sedang adalah mendominasi lokasi penelitian yaitu 83.9% dari total luas lokasi penelitian.



Gambar 3. Peta SKL Kemudahan Dikerjakan  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

**SKL Ketersediaan Air**

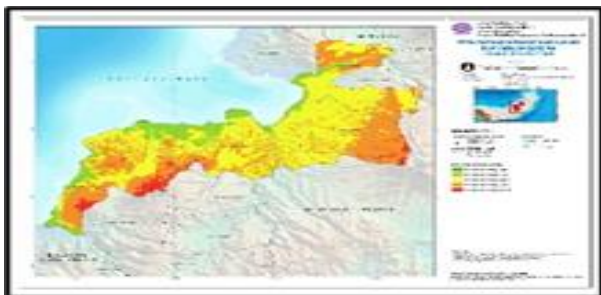
Kemampuan lahan ketersediaan air cukup adalah mendominasi lokasi penelitian 51.2% dari total luas lokasi penelitian.



Gambar 6. Peta SKL Ketersediaan Air  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

**SKL Kestabilan Lereng**

Kemampuan lahan kestabilan lereng sedang adalah mendominasi lokasi penelitian yaitu 50.7% dari total luas lokasi penelitian.



Gambar 4. Peta SKL Kestabilan Lereng  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

**SKL Drainase**

Kemampuan lahan drainase cukup adalah mendominasi lokasi penelitian yaitu 61.9% dari total luas lokasi penelitian.



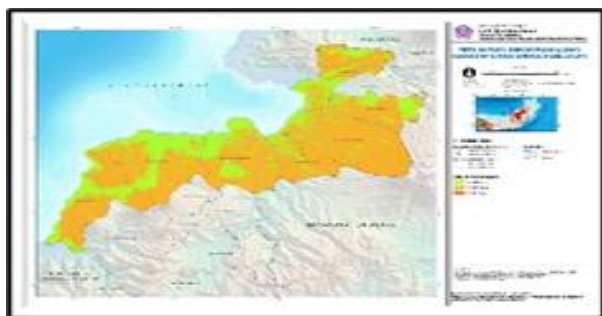
Gambar 7. Peta SKL Drainase  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

**SKL Kestabilan Pondasi**

Kemampuan lahan kestabilan pondasi sedang adalah mendominasi lokasi penelitian yaitu 67.8% dari total luas lokasi penelitian.

**SKL Erosi**

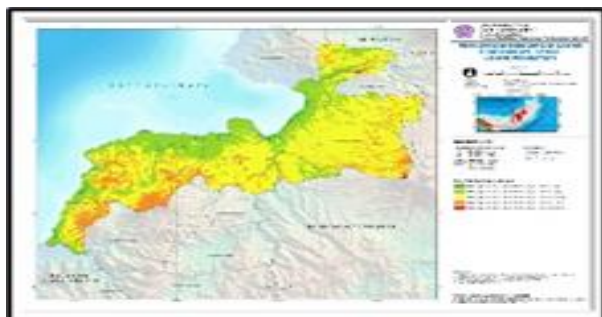
Kemampuan lahan Erosi cukup adalah mendominasi lokasi penelitian yaitu 71% dari total luas lokasi penelitian.



Gambar 8. Peta SKL Erosi  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

### SKL Pembuangan Limbah

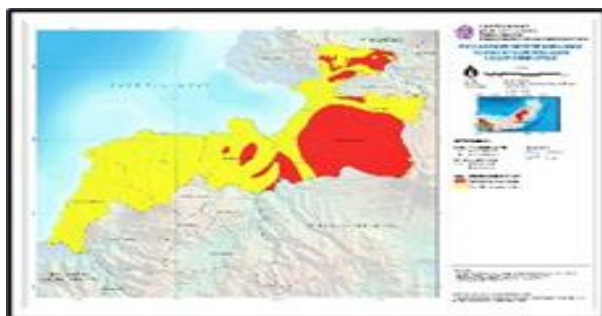
Kemampuan lahan Pembuangan Limbah sedang mendominasi lokasi penelitian yaitu 59.7% dari total luas lokasi penelitian.



Gambar 9. Peta SKL Pembuangan Limbah  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

### SKL Bencana Alam

Kemampuan lahan Bencana Alam sedang mendominasi lokasi penelitian yaitu 68.1% dari total luas lokasi penelitian.



Gambar 10. Peta SKL Bencana Alam  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

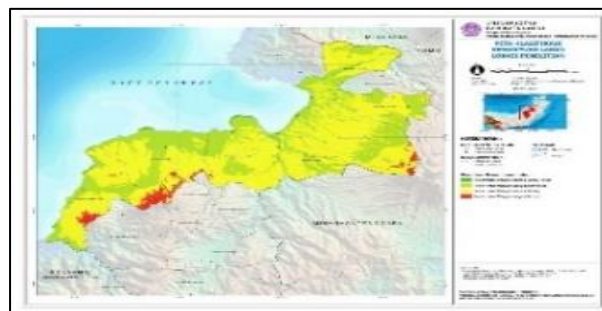
Kemampuan lahan lokasi penelitian yang mendominasi adalah sedang seluas 411,27 Km<sup>2</sup> (62.66% dari luas lokasi penelitian). Permukiman eksisting sendiri berdiri pada lahan dengan kemampuan agak tinggi.

**Tabel 2. Hasil SKL Lokasi Penelitian**

No.	Kriteria	Luas (Km <sup>2</sup> )	Persentase (%)
1.	Kemampuan Pengembangan Sangat Tinggi	2.3	0.35
2.	Kemampuan Pengembangan Agak Tinggi	223.46	34.04
3.	Kemampuan Pengembangan Sedang	411.27	62.66
4.	Kemampuan Pengembangan Rendah	19.32	2.94
<b>Jumlah</b>		<b>656,3</b>	<b>100</b>

Sumber : Olahan Penulis, 2022

Kecamatan Tenga adalah kecamatan dengan deliniasi kemampuan lahan sangat tinggi sampai agak tinggi terbesar, yaitu 49,89 Km<sup>2</sup>. Informasi kemampuan lahan sedang-rendah seluas 430,59 Km<sup>2</sup> menjadi masukan tahap analisis pemodelan permukiman karena dibatasi pengembangannya.



Gambar 11. Peta SKL  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

## Pemodelan Permukiman Berbasis Cellular Automata

### Menentukan Faktor yang Memengaruhi Pengembangan Kawasan Permukiman

Hasil kajian Pustaka untuk memperoleh faktor yang memengaruhi dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Kajian Literatur**

No.	Pakar	Variabel
1.	Sadana, 2014	a. Prasarana Jaringan Jalan b. Prasarana Jaringan Drainase c. Prasarana Jaringan Air Bersih d. Prasarana Jaringan Air Limbah e. Prasarana Jaringan Persampahan f. Prasarana Jaringan Listrik g. Prasarana Jaringan Telepon h. Prasarana Jaringan Transportasi Lokal
2.	Napitupulu, 2015	a. Kedekatan dengan Pusat Kegiatan : Perkantoran, Perdagangan dan Sejenisnya

- b. Pendapatan Rumah Tangga
- c. Tipologi Kawasan : Jalan, Bantaran Sungai, Pesisir
- 3. Sarosa, 2020
  - a. Jauh dari Kawasan Rawan Bencana/Kebakaran
  - b. Terhubung dengan Transportasi Publik
- 4. Joga, 2014
  - c. Ketersediaan RTH
  - a. Kedekatan Fasilitas Pendidikan
  - b. Kedekatan Fasilitas Peribadatan
  - c. Kedekatan Fasilitas Perkantoran
  - d. Kedekatan Fasilitas Perbelanjaan/Pasar
  - e. Ketersediaan Jaringan Infrastruktur yang Memadahi : Jalan, Listrik dan Air Bersih
- 5. Mahi, 2015
  - a. Ketersediaan Sumber Air
  - b. Kedekatan dengan Kawasan Hunian yang Telah Berkembang
  - c. Tidak Terletak di Kawasan Tanaman Pangan Lahan Basah
  - d. Tingkat Kelerengan
- 6. Rahardian (2015) dalam Wahyu, 2018
  - a. Ketinggian Lahan Kawasan
  - b. Tingkat Kelerengan Lahan
  - c. Menjauhi Daerah Potensi Rawan Bencana Alam
  - d. Menjauhi Lokasi Aktivitas Industri
  - e. Mendekati Pusat Perdagangan Kawasan
  - f. Mendekati Jalan Arteri
  - g. Mengikuti Jalan Lingkungan Yang Ada
  - h. Menjauhi Jaringan Sungai
- 7. SNI 03-1733-2004 Tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan
  - a. Sarana pemerintahan dan pelayanan umum
  - b. Sarana pendidikan dan pembelajaran
  - c. Sarana Kesehatan
  - d. Sarana peribadatan
  - e. Sarana perdagangan dan niaga
  - f. Sarana kebudayaan dan rekreasi
  - g. Sarana ruang terbuka, taman dan lapangan olah raga
  - h. Prasarana/Utilitas – Jaringan jalan
  - i. Prasarana/ Utilitas – Jaringan drainase
  - j. Prasarana/ Utilitas – Jaringan air bersih
  - k. Prasarana/ Utilitas – Jaringan air limbah
  - l. Prasarana/ Utilitas – Jaringan persampahan
  - m. Prasarana/ Utilitas – Jaringan listrik
  - n. Prasarana/ Utilitas – Jaringan telepon
  - o. Prasarana/ Utilitas – Jaringan transportasi lokal

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2021

Selanjutnya validasi nilai derajat kepentingan faktor terhadap pengembangan kawasan permukiman kepada *stakeholder* terkait lewat komputasi berbasis AHP. Faktor Kedekatan dengan Prasarana Jalan adalah variabel paling berpengaruh (0,2365). Nilai konsistensi hasil komputasi AHP adalah 0,051 (dibawah 0,1), sehingga hasil komputasi derajat kepentingan dapat digunakan.

**Tabel 4. Derajat Kepentingan Faktor**

Variabel	Bobot	Derajat Kepentingan
Sarana Pemerintahan	0.0361	8
Sarana Pendidikan	0.0772	6
Sarana Kesehatan	0.0942	4
Sarana Peribadatan	0.0301	9
Sarana Perdagangan	0.0882	5
Sarana Ruang Terbuka	0.0230	10
Prasarana Jalan	0.2365	1
Prasarana Air Bersih	0.2355	2
Prasarana Transportasi	0.1142	3
Permukiman Eksisting	0.0651	7
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>(Nilai Konsistensi : 0,051)</b>

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2022

### Pemodelan Kawasan Permukiman

Tahapan pemodelan menurut Pratomoatmojo & Lestari (2018):

- a. Menetapkan Kebutuhan Lahan Permukiman
 

Kebutuhan lahan terbangun berdasarkan target RTRW Minahasa Selatan yang menyebutkan luas kawasan permukiman perkotaan baru yang dapat diakomodir mengingat arahan pengembangan kota adalah sebesar  $\pm 1.526$  Ha. Apabila disesuaikan dengan ukuran sel  $30 \times 30$ , maka target jumlah sel permukiman adalah 16.956 sel.
- b. Membuat Analisis Jangkauan Faktor yang Berpengaruh
 

Hasil analisis adalah Peta Aksesibilitas Jarak/Kedekatan Variabel Pendorong. Analisis dilakukan karena setiap variabel yang berpengaruh bersifat spasial/menempel dalam wilayah penelitian. Semakin dekat deliniasi variabel berpengaruh, permukiman semakin cepat tumbuh.



Gambar 12. Peta Aksesibilitas Jarak Variabel Pendorong

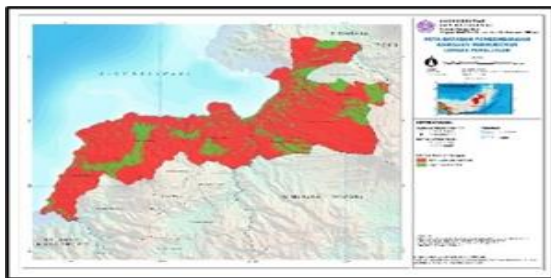
Sumber: Olahan Penulis, 2022

- c. Menentukan Wilayah Batasan Pengembangan
 

Wilayah batasan dimaksudkan supaya kawasan lindung atau dengan ketentuan khusus tertentu tidak beralih fungsi menjadi

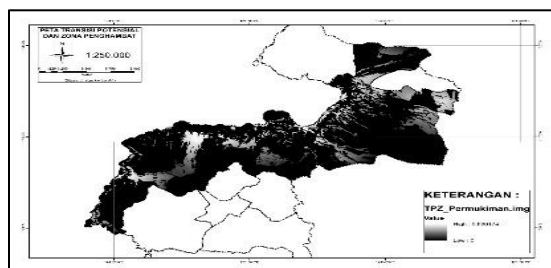


penggunaan lahan lain. Luas wilayah yang dibatasi adalah 529,65 Km<sup>2</sup> (Gambar 13) yang terdiri atas : Kawasan Lindung (175,48 Km<sup>2</sup>), LP2B (8,62 Km<sup>2</sup>), DAWASJA (6,81 Km<sup>2</sup>), Kemampuan Lahan Sedang-Rendah (430,59 Km<sup>2</sup>) dan Permukiman Perdesaan (3,05 Km<sup>2</sup>).



Gambar 13. Peta Aksesibilitas Jarak Variabel Pendorong  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

d. Membuat Peta Transisi dengan Batasan Pengembangan Peta Transisi dibuat dengan melakukan overlay Peta Potensi Pertumbuhan Permukiman (Hasil AHP sebelumnya) dan peta batasan wilayah pengembangan. Hasil dari overlay disebut Peta Zona Kesesuaian Lahan untuk Permukiman yang memiliki batasan pengembangan. Semakin berwarna putih maka potensi konversi menjadi permukiman semakin tinggi dan sebaliknya.



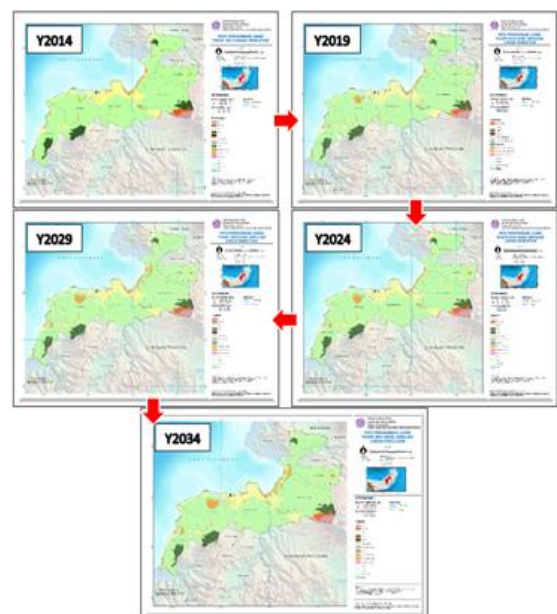
Gambar 14. Peta Transisi  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

e. Menetapkan Nilai Elastisitas Penggunaan Lahan Hasil komputasi menunjukkan Lahan Alang-Alang memiliki nilai elastisitas yang tinggi untuk beralih fungsi menjadi permukiman yaitu 0,2464 diikuti kebun campuran (0,1702). Nilai konsistensi 0,071, sehingga hasil komputasi derajat kepentingan dapat digunakan.

f. Menetapkan Aturan Transisi Dalam proses ini memperhatikan beberapa hal, yaitu:

- Jenis lahan disimulasikan: Permukiman;
  - Luasan lahan permukiman diekspektasikan tumbuh 1.526 Ha (16.956 Sel);
  - Daftar lahan dibatasi pengembangannya: Danau, Industri, Mangrove dan Sungai.
- g. Validasi Hasil Pemodelan menunjukkan persentase kesesuaian antara permukiman hasil pemodelan dan eksisting pada tahun 2021 adalah > 70%, sehingga model tersebut masih dapat diterima (Shahfahad, 2020; Pigawati, 2020; Putri, 2020; Putra, 2018).

Arah pemodelan menuju timur dan selatan lokasi penelitian. Lahan permukiman mengalami pertumbuhan 4.19% dari tahun 2014 seluas 11,96 Km<sup>2</sup> menjadi 27,22 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Hasil pemodelan menunjukkan rentang tahun 2014-2019 adalah rentang pertumbuhan permukiman tertinggi yang terjadi sebesar 5.7%. Tahun 2014-2034 terdapat 2 lahan yang mengalami alih fungsi jadi permukiman yaitu alang-alang dan kebun campuran. Lahan Kebun Campuran Tahun 2014 seluas 510,66 Km<sup>2</sup> mengalami alih fungsi hingga pada tahun 2034 menjadi 495,42 Km<sup>2</sup>. Lahan lain dengan nilai elastisitas tinggi namun tidak mengalami alih fungsi diakibatkan beberapa hal seperti masuk dalam deliniasi zona penghambat atau berada jauh dari variabel pendorong.



Gambar 15. Peta Hasil Pemodelan Tahun 2014-2034  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

**Tabel 5. Perubahan Luas Penggunaan Lahan**

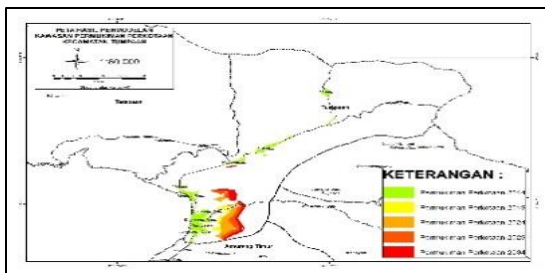
Lahan	Luas (Km <sup>2</sup> )					%
	2014	2019	2024	2029	2034	
Alang-Alang	6,315	6,301	6,301	6,301	6,301	0.96
Kebun Campuran	510,66	506,87	503	499,24	495,42	75.45
Permukiman Perkotaan	11,96	15,78	19,59	23,41	27,22	4.15

Sumber : Olahan Penulis, 2022

Laju perkembangan permukiman pada seluruh kecamatan yang mengalami peningkatan, adalah:

a. Kecamatan Tumpa

Hasil pemodelan bergerak ke arah timur. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 1,67 Km<sup>2</sup> menjadi 4 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan 4.46%. Lahan kebun campuran terokupasi menjadi permukiman sebesar 2,4 Km<sup>2</sup>. Perkembangan terjadi sekitar Desa Lelema, Popontolen, Tumpa Baru sampai Tumpa Dua, disebabkan karena pada Kecamatan Tumpa terdapat ruas Jalan Trans Sulawesi, memiliki sarana perdagangan dan jasa skala besar seperti Pasar Tumpa, beberapa Minimarket, Ruko dan Rumah Makan. Perkembangan terpisah dari permukiman eksisting karena zona batasan pengembangan.

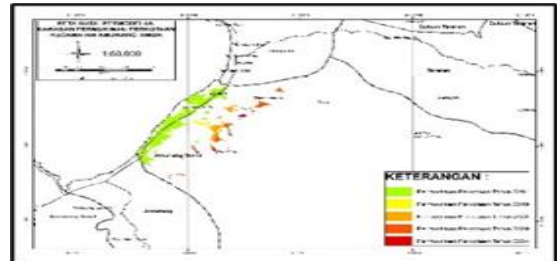


Gambar 16. Pemodelan Kecamatan Tumpa  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

b. Kecamatan Amurang Timur

Hasil pemodelan bergerak ke arah tenggara. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 1,77 Km<sup>2</sup> menjadi 2,47 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan 1.68%. Lahan kebun campuran terokupasi menjadi permukiman sebesar 0,73 Km<sup>2</sup>. Perkembangan terjadi sekitar Desa Lopana dan Lopana Satu, disebabkan karena terdapat ruas Jalan Trans Sulawesi, kawasan perdagangan jasa skala besar seperti Hotel, Minimarket, Ruko dan Rumah Makan serta dekat dengan kawasan pemerintahan yaitu Kantor Bupati Minahasa Selatan. Perkembangan yang terpisah dari

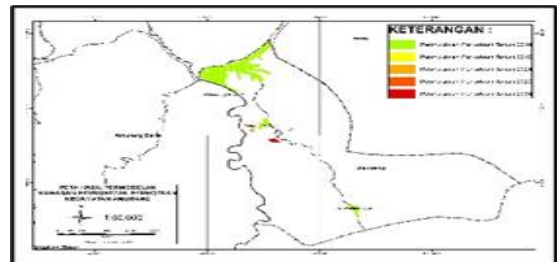
permukiman eksisting karena zona batasan pengembangan.



Gambar 17. Pemodelan Kecamatan Amurang Timur  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

c. Kecamatan Amurang

Hasil pemodelan bergerak ke arah selatan. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 1,76 Km<sup>2</sup> menjadi 1,85 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan 0.25%. Perkembangan terjadi tidak disekitar permukiman perkotaan karena berdasarkan RTRW telah terokupasi zona batasan pengembangan: kawasan lindung Rawan Gelombang dan Tanah Longsor. Sebaliknya pada Desa Kilometer Tiga berkembang deliniasi permukiman baru karena terdapat sarana peribadatan dan pendidikan, ruas jalan Kolektor dan Lokal Primer.

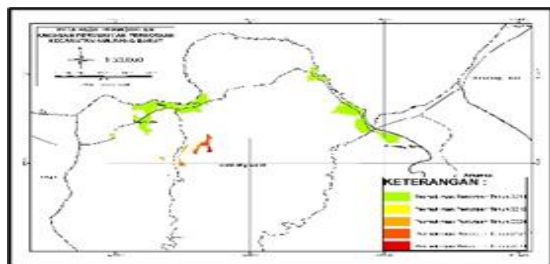


Gambar 18. Pemodelan Kecamatan Amurang  
Sumber: Olahan Penulis, 2022

d. Kecamatan Amurang Barat

Hasil pemodelan bergerak ke arah tenggara. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 1,78 Km<sup>2</sup> menjadi 1,97 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan 0.51%. Perkembangan terjadi sekitar Desa Teep dan Tawasen, disebabkan karena terdapat faktor pendorong seperti dilintasi Jalan Kolektor Primer serta jarak yang tidak terlalu jauh menuju Desa Kapitu dengan berbagai sarana perdagangan jasa yang ada. Walaupun Kondisi eksisting menunjukkan

deliniasi yang akan berkembang 2024-2034 berada diantara wilayah dengan kelerengan landai-sedang, namun dapat dipertimbangkan karena kemampuan lahan yang agak tinggi serta rekayasa teknis yang dapat dilakukan.

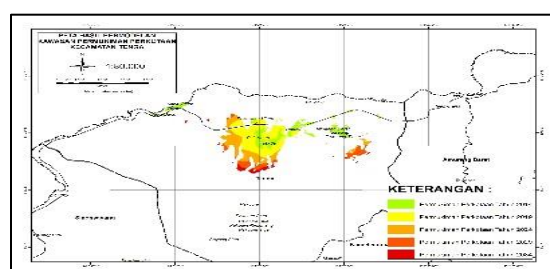


Gambar 19. Pemodelan Kecamatan Amurang Barat

Sumber: Olahan Penulis, 2022

e. Kecamatan Tenga

Hasil pemodelan bergerak ke arah Selatan. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 1,86 Km<sup>2</sup> menjadi 8,04 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan 7.59%. Lahan kebun campuran yang terokupasi menjadi permukiman sebesar 6,23 Km<sup>2</sup>. Perkembangan terjadi sekitar Desa Pakuweru, Pakuweru Utara, Tenga, Radey, Tawaang, Tawaang Timur serta Tawaang Barat, disebabkan karena Desa Tenga merupakan ibukota Kecamatan sehingga terdapat beberapa sarana perdagangan: Pasar Tenga, ruko, minimarket, rumah makan; sarana peribadatan dan pendidikan; dilintasi oleh Jalan Arteri dan Lokal Primer.



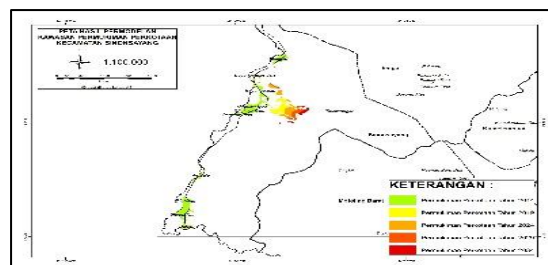
Gambar 20. Pemodelan Kecamatan Tenga

Sumber: Olahan Penulis, 2022

f. Kecamatan Sinonsayang

Hasil pemodelan bergerak ke arah Tenggara. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 2,27 Km<sup>2</sup> menjadi 4,16 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan

3.08%. Perkembangan terjadi sekitar Desa Boyongpante Dua sampai Ongkaw Tiga. Hal ini disebabkan karena telah berkembang kawasan perdagangan jasa skala besar: Pasar Ongkaw, Minimarket dan Rumah Makan, Puskesmas Sinonsayang, Jalan Arteri dan Lokal Primer. Perkembangan yang terjadi terpisah dari permukiman eksisting karena dibatasi zona batasan pengembangan, sehingga memunculkan permukiman yang mengarah ke prasarana pengolahan air bersih SPAM Sinonsayang antara Desa Boyongpante dan Tiniawanko.

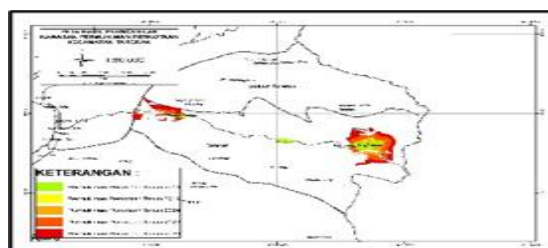


Gambar 21. Pemodelan Kecamatan Sinonsayang

Sumber: Olahan Penulis, 2022

g. Kecamatan Tareran

Hasil pemodelan bergerak ke setiap arah. Tahun 2014 luas kawasan permukiman 0,82 Km<sup>2</sup> menjadi 4,68 Km<sup>2</sup> tahun 2034. Persentase pertumbuhan 9.1%, tertinggi dari Kecamatan lain. Perkembangan terjadi sekitar Desa Rumoong dan Pinamorongan karena telah berkembang kawasan perdagangan dan jasa skala besar: Pasar Tareran, Minimarket, Rumah Makan serta Puskesmas Tareran, Ruas Jalan Arteri dan Lokal Primer serta Desa Pinamorongan yang tergolong dekat dengan pusat perdagangan Kecamatan Tumpaan.



Gambar 22. Pemodelan Kecamatan Tareran

Sumber: Olahan Penulis, 2022

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diambil terkait Perancangan model spasial kawasan permukiman perkotaan berbasis *cellular automata* di kabupaten minahasa selatan adalah:

Hasil perancangan sukses memodelkan bentuk deliniasi kawasan permukiman berdasarkan target arahan dokumen RTRW Minahasa Selatan dengan tingkat akurasi >70%. Hasil pemodelan mengikuti faktor pendorong yang ada seperti Jalan, Prasarana Sarana dan Permukiman Eksisting, serta menghindari kawasan yang dibatasi pengembangannya seperti Kawasan Lindung, LP2B dan Lahan dengan Kemampuan Rendah. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa arah pemodelan mulai menuju timur dan selatan lokasi penelitian. Pertumbuhan lahan permukiman hasil pemodelan adalah sebesar 4.19%, dimana sebelumnya pada tahun 2014 seluas 11,96 Km<sup>2</sup> bertambah sebanyak 15,26 Km<sup>2</sup> menjadi 27,22 Km<sup>2</sup> pada tahun 2034. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pada rentang tahun 2014-2019 adalah rentang dimana pertumbuhan permukiman tertinggi yang terjadi yaitu sebesar 5.7%. Permukiman perkotaan di Kecamatan Tareran adalah permukiman yang mengalami pertumbuhan yang lebih besar di antara permukiman di kecamatan yang lain dengan persentase mencapai 9.1%.

### Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan yaitu:

1. Penelitian yang dibuat memiliki beberapa keterbatasan seperti prediksi yang dilakukan hanya terhadap 1 jenis penggunaan lahan sehingga hasil yang didapat hanya pertumbuhan permukiman. Maka diharapkan pada penelitian selanjutnya memperhatikan perkembangan penggunaan lahan lainnya.
2. Perlu penataan dokumen dan data spasial RTRW Minahasa Selatan yang mengacu pada kebutuhan lahan dengan memperhitungkan faktor pendorong maupun penghambat. sehingga perencanaan

penataan ruang di Minahasa Selatan dapat berjalan sesuai dengan kondisi eksisting wilayah, potensi yang ada dan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kusrini. 2011. Perubahan Penggunaan Lahan Dan Faktor Yang Memengaruhinya Di Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang. *Majalah Geografi Indonesia*, 25(1), 25-40.
- Pratomoatmojo, N. & W. Lestari. 2020. Pemodelan Spasial Prediksi Perkembangan Kawasan Permukiman Berbasis Cellular Automata dengan Pendekatan Kependudukan di Surabaya Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 150-155.
- Liu, Y. 2009. Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata. Boca Raton, Florida: CRC Press (Taylor & Francis Group).
- Mahi, A.K. 2016. *Pengembangan Wilayah Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Kharisma Putra Utama.