



MODEL PERKEMBANGAN PERMUKIMAN BERBASIS CELLULAR AUTOMATA DI KABUPATEN TAKALAR

SETTLEMENT DEVELOPMENT MODEL BASED ON CELLULAR AUTOMATA IN TAKALAR DISTRICT

Nurhikmah Paddiyatu^{a*}, Fitrawan Umar^a, Salmiah Zainuddin^a, Muhammad Akbar Yeb Arista^a

^aProgram Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar; Makassar

*Korespondensi: nurhikmah@unismuh.ac.id

• Artikel Masuk: 15 May 2021

• Artikel Diterima: 30 August 2021

• Tersedia Online: 30 September 2023

ABSTRAK

Perencanaan tata ruang sangat dibutuhkan guna menghindari pemasalahan tumpang tindih land-use. Status kawasan yang sering beralih fungsi, menyebabkan berbagai kawasan lindung yang seyogianya dilindungi malah sering terabaikan. Hal ini terkait pula dari tingginya permintaan hunian akibat sub-urbanisasi, dimana perkembangan permukiman yang semrawut (sprawl) memiliki dampak yang signifikan terhadap minimnya daya dukung lingkungan dan lahan pada suatu wilayah. Peningkatan jumlah penduduk mengakibatkan alih fungsi lahan, dimana lahan yang belum terbangun dikonversi menjadi lahan terbangun. Perubahan ini seringkali terjadi tanpa memperhatikan prinsip pembangunan berkelanjutan. Tujuan penelitian ini memperlihatkan gambaran tentang kondisi perubahan lahan yang terjadi jika alih fungsi lahan dibiarkan berkembang secara alamiah dan berkembang secara terkendali guna stakeholder terkait dapat menentukan kebijakan penataan ruang yang tepat. Model dan simulasi memiliki andil dalam upaya menyiapkan input untuk menentukan kebijakan tata ruang yang antisipatif dan adaptif. Metode penelitian dengan pendekatan sistematis basis pemodelan menjadi prioritas dalam perencanaan pengembangan khususnya land-use permukiman. Dengan pendekatan pemodelan Cellular Automata, prediksi atau simulasi perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Takalar dilakukan selama 20 tahun kedepan menggunakan dua skema yaitu skema yang memperhatikan faktor pembatas (constraint) dan skema tanpa faktor pembatas (unconstrain). Dari kedua skema tersebut menunjukkan kecenderungan arah perkembangan kota dan menghasilkan luasan kelas perubahan penggunaan lahan yang akan terkonversi akibat ekspansi kawasan terbangun.

Keywords: Cellular Automata, Land-Use, Model Simulasi, Permukiman, Urban-Sprawl

ABSTRACT

Spatial planning is needed to avoid land-use overlapping problems. The area's status that often changes its function causes various protected areas to be protected from being neglected. This is also related to the high demand for housing due to sub-urbanization, where the development of chaotic settlements (sprawl) significantly impacts the lack of environmental and land carrying capacity in an area. Models and simulations have a role in preparing inputs to determine anticipatory and adaptive spatial policies. The research method with a systematic modeling approach is a priority in development planning, especially land-use settlements. In this context, the analysis method uses spatial analysis techniques and a simulation model of settlement development with the Cellular Automata (CA) approach using the LanduseSim modeling application. The model is made with two influencing factors, namely driving factors and constraints, in two schemes. This study aims to calculate the area of change in existing land use to simulate the prediction of settlement development in the next 20 years. The prediction simulation results show a very significant increase in residential land use (the effect of expansion), which has the most significant impact, significantly a decrease in the paddy field use class area. The prediction simulation of settlement development also shows a very contrasting difference in the direction of settlement development between the constraint and unconstraint schemes.

Kata kunci: Cellular Automata, Land-Use, Simulation Model, Settlement, Urban-Sprawl

1. PENDAHULUAN

Suatu wilayah pasti mengalami tantangan dalam proses transformasi perkotaan. Tantangan tersebut yaitu seperti adanya aglomerasi dan polarisasi permukiman, degradasi lingkungan serta penyalahgunaan fungsi lahan. Dimana aglomerasi kawasan terbentuk dimulai dari adanya keterbatasan ruang dalam kota (Sugestiadi & Basuki, 2020). Sehingga jika fungsi kegiatan pusat kota telah sangat dominan, maka daerah pinggiran kota akan menjadi sasaran pusat pelayanan permukiman selanjutnya. Selain itu, tumbuhnya permukiman baru, tentu akan menciptakan pusat-pusat pertumbuhan/lingkungan baru pula. Dimana perkembangan permukiman yang tidak terkontrol atau secara sporadis sangat terkait terhadap pembentukan pola permukiman yang menciptakan kawasan yang tidak mendukung lingkungan. Indikasi ini sangat potensial terjadi di Kabupaten Takalar, mengingat Kabupaten Takalar adalah bagian dari PKN Mamminasata yang salah satu fungsinya sebagai kawasan penyangga PKN Makassar. Sebagai wilayah penyangga, saat ini perkembangan Kabupaten Takalar mulai dominan ke arah wilayah perkotaan Pattalassang, Galesong, Polombangkeng Selatan, dan Polombangkeng Utara. Kabupaten Takalar juga menjadi salah satu wilayah yang dipersiapkan pemerintah pusat sebagai sentra pertumbuhan ekonomi Indonesia Timur. Oleh karena itu, upayaantisipasi fenomena serta karakteristik *urban sprawl* (Glockmann, Li, Lakes, Kropp, & Rybski, 2021) sebagai dampak dari tingginya akan permintaan hunian/preferensi migran bermukim (Song & Zhang, 2020) tanpa diimbangi pula oleh ketersediaan lahan pengembangan kawasan permukiman, sangatlah penting untuk dilakukan.

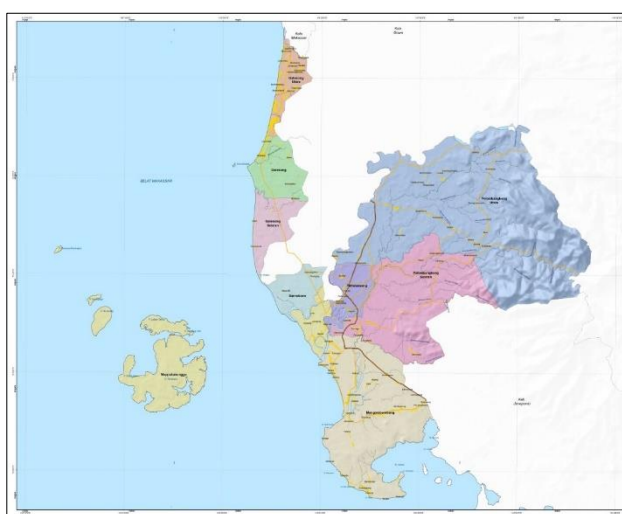
Ekspansi kawasan permukiman yang terjadi cenderung mengkonversi lahan pertanian yang semestinya harus dipertahankan untuk agenda ketahanan pangan. Tidak hanya itu, wilayah-wilayah yang menjadi kawasan yang rentan terhadap bencana pun tidak terlepas dari ancaman ekspansi kawasan permukiman. Oleh karena itu langkah awal untuk mengantisipasi perubahan tersebut adalah menggunakan simulasi perkembangan permukiman sebagai media dan informasi awal guna mengetahui kecenderungan perkembangan alih fungsi lahan akibat ekspansi kawasan permukiman. Model *Cellular Automata* (CA) termasuk model populer yang dapat menangkap proses urbanisasi dari masa lalu ke masa depan (Li et al., 2021). Sehingga simulasi ini menjadi penting dalam penggunaannya pada teknologi penginderaan jauh dengan pendekatan *cellular automata*.

Teknologi penginderaan jauh telah menunjukkan potensi yang cukup besar untuk pemetaan perluasan luas perkotaan di seluruh dunia (*urban sprawl*) selama dekade terakhir 17–19. Dampaknya, pendekatan berbasis model sangat membantu untuk memproyeksikan masa depan atau merekonstruksi *urban sprawl* sebelum pengamatan dan penginderaan jauh menjadi tersedia. Dalam pengembangannya, model ini telah terbukti mampu menilai konsekuensi dari pertumbuhan kota di masa depan dan mereproduksi proses historis pertumbuhan kota (Gharbia, Alfatah, Gill, Johnston, & Pilla, 2016). Dalam prediksi pengembangan permukiman dipengaruhi oleh faktor-faktor pendorong perubahan dan bobot masing-masing faktor serta aturan transisi yang menjadi syarat utama dalam membangun model (Putra & Rudiarto, 2018). Berbagai penelitian yang membahas mengenai prediksi perubahan penggunaan lahan (Putra & Rudiarto, 2018; Sadewo & Buchori, 2018) namun sangat jarang yang mengkaji dengan karakteristik wilayah peri-urban atau penyangga (Mondal & Banerjee, 2021; Rahmawati, Mardiyah & Pratomoatmojo, 2019) dengan meninjau pusat pertumbuhan baru/arah perkembangan permukiman yang terbentuk berdasarkan *constraint* dan area potensial. Selain itu, inovatif teknologi secara efektif digunakan dalam perencanaan wilayah, studi tentang pemodelan permukiman pedesaan-perkotaan telah menjadi perhatian khusus. Penelitian ilmiah aktual dan analisis masalah menjadi *sufferable* dalam mengidentifikasi faktor fundamental untuk menentukan pembangunan permukiman pedesaan: ekonomi, teknologi administratif, geografis, sejarah-budaya dan sosio demografis. Sehingga dalam hal ini dasar metodologi perencanaan kota harus didasarkan pada persyaratan pendekatan sistematis. Pendekatan sistematis berbasis model banyak digunakan di dalam negeri serta penelitian ilmiah asing. Dimana penelitian tersebut dapat berkontribusi langsung pada kemajuan dalam metode pemodelan perkotaan untuk lebih memahami kota (Ibrahim, Haworth, & Cheng, 2021).

Riset ini bertujuan mengembangkan simulasi prediksi perkembangan permukiman di Kabupaten Takalar dalam jangka waktu hingga 20 tahun akan datang, menggunakan konsep model *cellular automata* yang diimplementasikan. Dimana hasil tinjauan prediksi tersebut dapat menjadi pertimbangan atau rekomendasi bagi para *decision-maker* (perumus kebijakan), dan *stakeholder* lainnya dalam perencanaan serta pemanfaatan ruang khususnya rencana pola ruang Kabupaten Takalar.

2. DATA DAN METODE

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah Kabupaten Takalar yang terletak antara 5°031'-5°0381' Lintang Selatan dan antara 119°0221'-119°0391' Bujur Timur. Di sebelah Timur secara administrasi berbatasan dengan Kabupaten Gowa dan Kabupaten Jeneponto, sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Gowa dan di sebelah Barat dan Selatan dibatasi oleh Selat Makassar dan Laut Flores. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pertama yaitu menghitung luasan perubahan lahan atau selisih dari tahun a dan tahun b, kemudian membangun model dengan pendekatan *cellular automata*.



Sumber: RTRW Kabupaten Takalar Tahun 2012-2031

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Ada dua faktor yang berperan dalam proses membangun model dan simulasi yakni faktor pendorong/*driving factors* dan faktor penghambat/*constraint* (Al-Darwish et al., 2018). Faktor pendorong meliputi jarak terhadap area terbangun eksisting, jarak terhadap jalan arteri, jarak terhadap jalan kolektor dan jalan lokal serta jarak terhadap kawasan industri. Sedangkan faktor pembatas meliputi kawasan hutan, sempadan pantai dan sempadan sungai, kawasan rawan bencana, kawasan LP2B, rencana kawasan industri, kawasan TPA, Kemiringan lereng >25%. Pada simulasi, skenario dibuat dalam 2 (dua) skema yaitu model perkembangan permukiman menggunakan *constraint* dan model perkembangan permukiman menggunakan *unconstraint* (tanpa faktor pembatas). Hal ini dibuat guna meninjau arah perkembangan permukiman yang terbentuk baik secara teratur maupun secara alamiah (*sprawl*). Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Pemodelan yang bersifat pendekatan *trend*, membutuhkan paling sedikit dua penggunaan lahan dalam tahun yang berbeda (Gharbia et al., 2016). Penggunaan lahan pertama menggunakan penggunaan lahan dalam dokumen RTRW Kabupaten Takalar tahun 2012-2031 sedangkan penggunaan lahan berikutnya yakni penggunaan lahan tahun 2020 bersumber dari hasil digitasi citra spot 6/7 dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Beberapa data sekunder lainnya misalnya jaringan jalan, sempadan pantai dan sungai, TPA, rencana kawasan industri,

Kemiringan lereng dan LP2B dapat diperoleh dari Bappelitbangda. Kawasan hutan yang bersumber dari KLHK/Dinas Kehutanan Provinsi Sulawesi Selatan mengacu pada SK penetapan kawasan hutan yang diterbitkan pada tahun 2019 yakni SK No. 362/2019 sedangkan data kawasan rawan bencana dapat diunduh melalui laman inarisk yang menjadi kewenangan BNPB. Dalam riset ini, penulis menggunakan metode analisis spasial serta modeling dan simulasi.

Tabel 1. Jenis dan Sumber Data

Jenis Data	Data	Sumber	
Data Primer	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan lahan tahun 2020 	Digitasi Citra Spot 6/7 dari LAPAN, 2020	
Data Sekunder	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan lahan tahun 2011 • Jaringan jalan • Sempadan pantai dan sungai 	Bappelitbangda Takalar	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kawasan TPA 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Rencana kawasan industri 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Kemiringan lereng 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Kawasan LP2B 		Dinas Pertanian Takalar
	<ul style="list-style-type: none"> • Kawasan hutan 		KLHK/Dinas Kehutanan Provinsi
	<ul style="list-style-type: none"> • Kawasan rawan bencana 		BNPB/BPBD

Sumber: Hasil Analisis, 2021

2.1. Analisis Spasial

Analisis spasial merupakan analisis yang sangat direkomendasikan pada pemodelan, penelitian infometrik dan scientometrik, serta menyelidiki hubungan yang mengandalkan konsep ketergantungan dan autokorelasi spasial (Copiello, 2019). Adapun *tools* pada analisis spasial (*overlay-erase, overlay-union, weighted raster, euclidean distance-fuzzy set*), digunakan untuk membangun model dan simulasi dalam menghasilkan perubahan penggunaan lahan pada akhir tahun simulasi dengan *constraint* dan *unconstraint*. Analisis ini juga digunakan untuk melihat arah perkembangan permukiman dengan membandingkan luas area permukiman tahun awal dan tahun akhir simulasi berdasarkan administrasi kecamatan. Dimana seluruh proses penyiapan, pengolahan serta tabulasi data riset ini dianalisis menggunakan *software* ArcGis Pro 2.8.

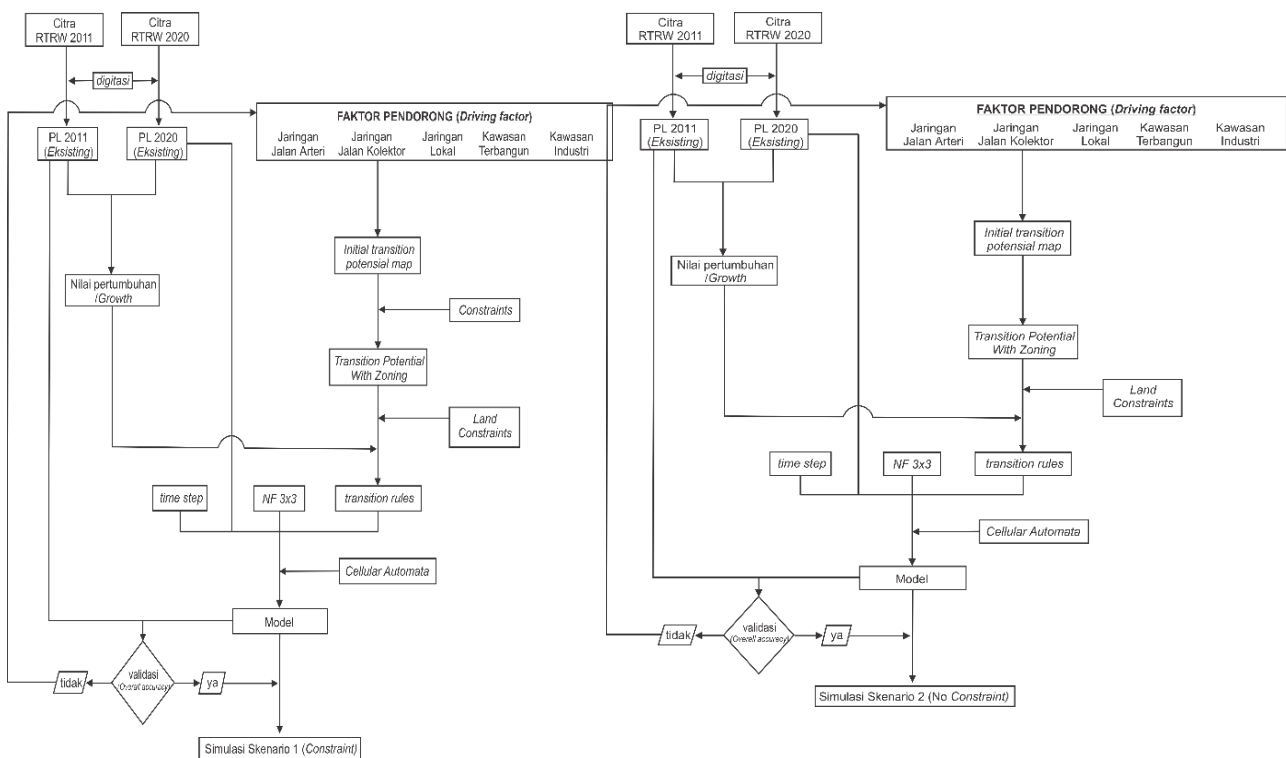
2.2. Modeling dan Simulasi

Implementasi pendekatan pemodelan berbasis kompleksitas menjadi kebutuhan dalam membantu praktisi membuat kebijakan dan rencana pembangunan perkotaan di dunia nyata (Lai, 2018). Dalam konteks ini, pemodelan perubahan lahan atau prediksi pengembangan permukiman menggunakan pendekatan *cellular automata*, dimana semua unit satuan dalam bentuk *cell*. Sehingga semua variabel dalam bentuk shp kemudian dikonversi menjadi raster dengan ukuran 20 x 20 kemudian menjadi data ASCII. Proses modeling diawali dengan identifikasi faktor pendorong yang diberi bobot masing-masing sebagaimana yang dilakukan penelitian sebelumnya (Gharbia et al., 2016) dan (Al-Darwish et al., 2018) yaitu membuat *initial transition potential map*, menentukan *neighborhood filter*, membuat peta *elasticity of landuse change*, membuat *transition rules* dan *LUCC simulation* (Pratomoatmojo, 2018). Semua proses simulasi akan diproses menggunakan aplikasi *LanduseSim* XT versi 2.3.1. *LanduseSim* merupakan aplikasi berbasis raster yang menggunakan algoritma *cellular automata* guna melakukan simulasi spasial yang memungkinkan pengguna dapat mengontrol semua faktor dalam proses simulasi seperti target pertumbuhan, penentuan faktor pendorong, serta membuat beberapa skenario perencanaan baik dengan pendekatan target maupun *trend*. Berikut persamaan dalam melakukan simulasi (*LUCC simulation*) dalam aplikasi *landuseSim* (Pratomoatmojo, 2018) serta kerangka kerja untuk simulasi dengan *constraint* dan tanpa *constraint* (Gambar 2).

$$LU_{i,x,y}^{t+1} = f(LU_{x,y}^t, TP_{i,x,y}, G_{i,x,y}, C_{i,x,y}, E_{i,x,y}, Z_{i,x,y}, TS) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $LU_{i,x,y}^{t+1}$: Pertumbuhan baru (keadaan yang berubah) dari penggunaan lahan i pada waktu $t+1$ pada sel tertentu (x,y)
- $LU_{x,y}^t$: Keadaan kelas penggunaan lahan sebelum simulasi pada sel tertentu (x,y)
- $TP_{i,x,y}$: Peta potensi transisi dari penggunaan lahan i pada sel tertentu (x,y)
- $G_{i,x,y}$: Jumlah pertumbuhan sel yang diharapkan dari penggunaan lahan i pada waktu $t+1$
- $C_{i,x,y}$: Pembatas pertumbuhan lahan yang dapat diwakili dari penggunaan lahan tertentu yang tidak bisa dikonversikan oleh penggunaan lahan i atau zona yang dibutuhkan untuk dilindungi atau dikonservasi. Area pembatas biasanya digunakan untuk mewakili penggunaan lahan tertentu yang tidak memungkinkan untuk dikonversi oleh lahan i
- $E_{i,x,y}$: *Elasticity of change* untuk penggunaan lahan tertentu untuk dikonversikan menjadi penggunaan lahan i
- $Z_{i,x,y}$: Sistem zonasi seperti rencana penggunaan lahan, area bencana, zona pertumbuhan yang dipromosikan
- TS : *Time step* dari iterasi CA

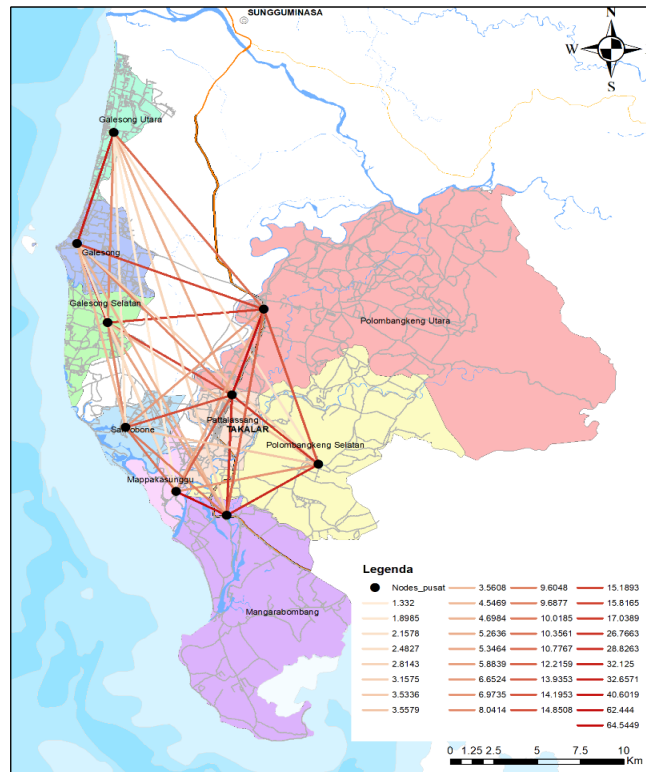


Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gambar 2. Kerangka Kerja Simulasi Dengan Constraint dan Tanpa Constraint Pada LanduseSim

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Takalar merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan, ibu kotanya terletak di Kota Takalar dengan 10 kecamatan yaitu Pattallassang, Polombangkeng Selatan, Polombangkeng Utara, Galesong, Galesong Selatan, Galesong Utara, Mappakasunggu, Manggarabombang, Sanrabone, dan Tanakeke. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 566,51 km² dan berpenduduk sebanyak ±250.000 jiwa. Jarak dari Kota Makassar sebagai ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan sekitar 35 km. Selain itu, berdasarkan analisis *gravity* (Gambar 3) arah perkembangan dengan nilai tertinggi yang menggambarkan interaksi secara spasial menuju pusat pertumbuhan baru alternatif terdapat pada wilayah bagian timur laut, timur dan selatan dari pusat Kota Pattallassang Kabupaten Takalar.



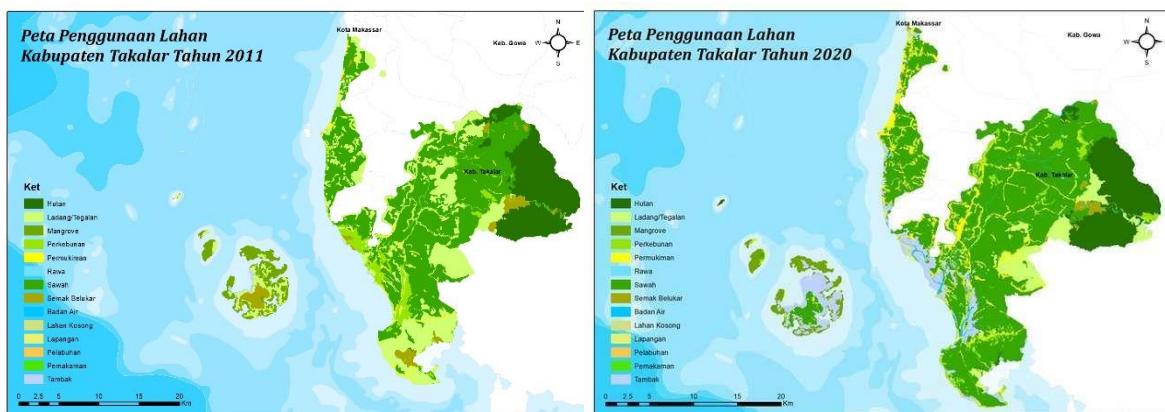
Gambar 3. Peta Gravitasi sebagai Interaksi Antar Wilayah Kecamatan di Kabupaten Takalar

Pada aspek perubahan penggunaan lahan, kelas penggunaan lahan Kabupaten Takalar terdiri dari 14 kelas penggunaan lahan, namun berdasarkan analisis perubahan lahan diketahui yang sangat dinamis perubahannya adalah kelas penggunaan lahan: 1. Ladang/tegalan; 2. Mangrove; 3. Perkebunan; 4. Permukiman; 5. Rawa; 6. Sawah; 7. Semak Belukar; dan 8. Tambak (Gambar 4 dan 5).



Gambar 4. Grafik Perubahan Penggunaan Lahan 2011-2020

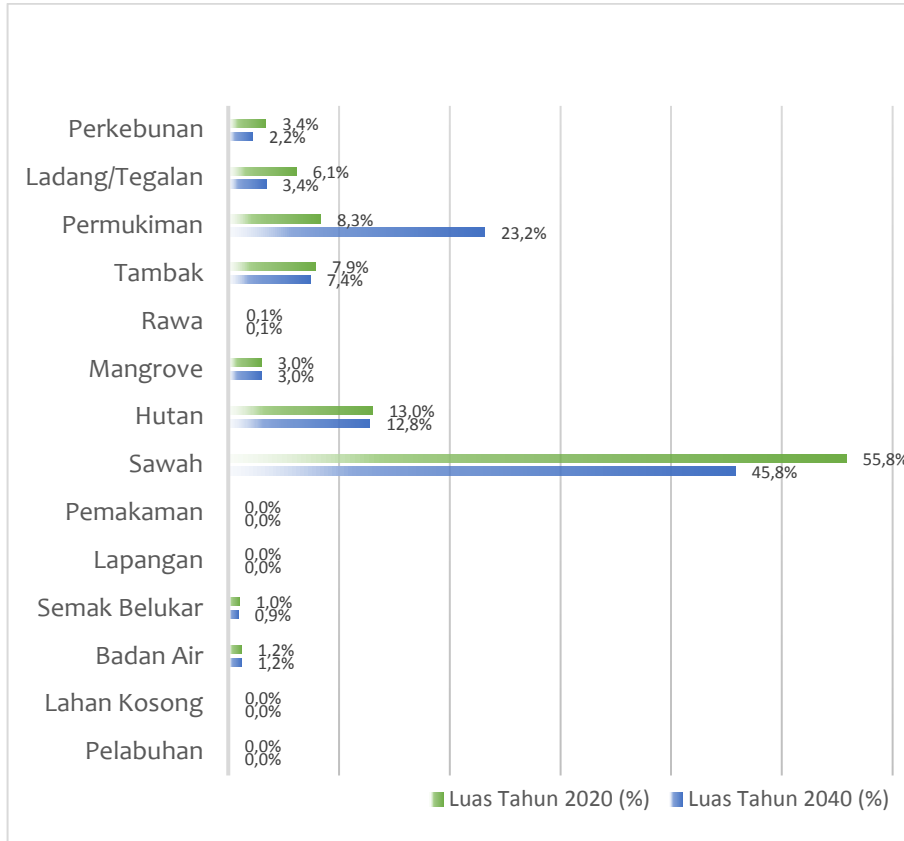
Dengan teknik *overlay-intersect* antara penggunaan lahan 2011 dan 2020 maka dalam rentang waktu tersebut menunjukkan ada kelas penggunaan lahan yang bertambah luas dan ada pula yang sebaliknya mengalami defisit luasan. Dinamika penggunaan lahan yang terjadi kelas penggunaan lahan sawah, tambak, permukiman, dan perkebunan yang terkonfirmasi mengalami peningkatan luasan. Sedangkan ladang/tegalan, semak belukar, rawa, dan mangrove merupakan kelas yang mengalami dampak penurunan luasan. Peningkatan luasan terbesar terjadi pada kelas penggunaan lahan sawah sebesar 6.925,3 ha. Kemudian diikuti oleh kelas penggunaan lahan tambak dengan peningkatan luasan sebesar 4.257,1 ha, kelas penggunaan lahan permukiman bertambah luas sebesar 3.733 ha dan yang terakhir perkebunan juga mengalami hal yang sama yaitu sebesar 1.608,9 ha. Penurunan luasan terbesar akibat konversi ke penggunaan lahan lainnya terjadi pada kelas penggunaan lahan tegalan/ladang sebesar 14.018,1 ha, diikuti oleh semak belukar sebesar 4.418,1 ha, rawa sebesar 14.97,2 Ha dan mangrove seluas 656,5 ha.



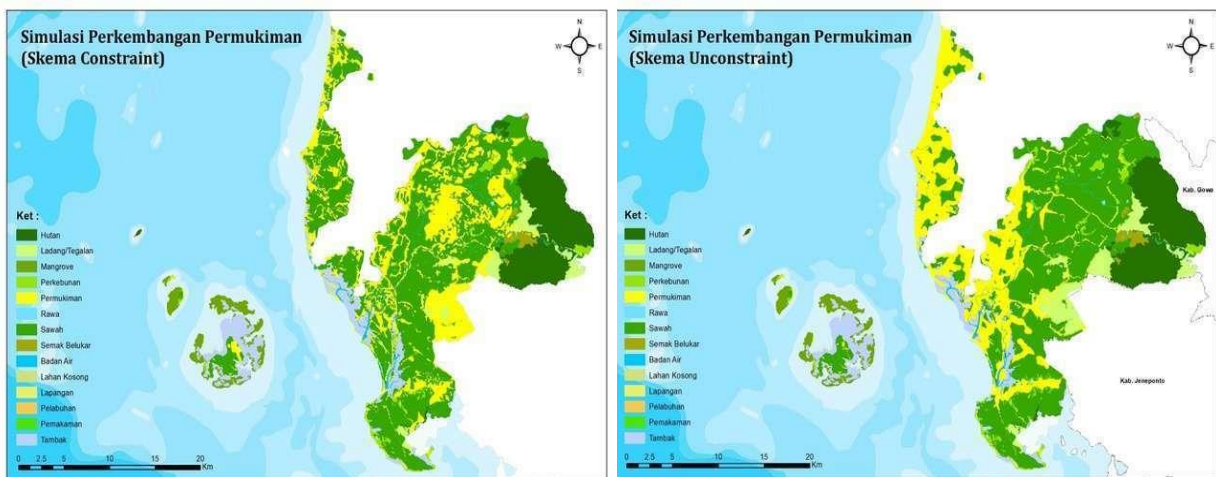
Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2011 dan Tahun 2020

Selanjutnya pada simulasi prediksi perkembangan permukiman, menggunakan skema *constraint* menghasilkan luas kawasan permukiman sebesar 13.000 ha pada tahun 2040 atau bertambah luas sebesar 8316.3 ha. Perubahan masif yang terjadi berdampak pada penurunan luasan pada kelas penggunaan lahan lainnya. Kelas penggunaan lahan lainnya yang terkena dampak paling besar adalah kelas penggunaan lahan sawah yaitu sebesar 5.625.8 ha dari total luas 31.334,88 ha menjadi 25.709,06 ha. Penurunan terbesar kedua terjadi pada ladang/tegalan dengan luas 1535.9 ha atau menyusut 44.5% dari total luasan tahun 2020, penurunan terbesar ketiga pada penggunaan lahan perkebunan yaitu sebesar 667 ha atau berkurang sebesar 35%. Penggunaan lahan tambak juga mengalami penurunan sebesar 280.2 ha atau 6.3 %. Penggunaan

lahan hutan berkurang sebesar 131,9 ha, semak belukar 65,7 ha dan rawa sebesar 9,7 ha (Gambar 6, 7 dan Tabel 2) berdasarkan proporsi distribusi sebaran penggunaan lahan tahun 2040 menunjukkan bahwa luas kawasan permukiman pada tahun 2040 sebesar 23,1% dari total luas wilayah. Lebih sedikit dibawah penggunaan lahan sawah yang memiliki luas sebesar 43,9% dari luas wilayah.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Penggunaan Lahan Tahun 2020-2040



Gambar 7. Simulasi Prediksi Perkembangan Permukiman (Skema Constraint dan Unconstraint) Tahun 2040

Simulasi menggunakan skema *unconstraint* menghasilkan luas kawasan permukiman sebesar 12.988.88 ha pada tahun 2040 atau bertambah luas sebesar 8305.1 ha. Peningkatan yang terjadi pada kelas penggunaan lahan permukiman berdampak pada penurunan luasan pada kelas penggunaan lahan lainnya. Kelas penggunaan lahan lainnya yang terkena dampak paling besar adalah kelas penggunaan lahan sawah yaitu sebesar 6.677.1 ha dari total luas 31.334,88 ha menjadi 24.657,75 ha. Penurunan terbesar kedua terjadi pada tambak dengan luas 830,1 ha atau menyusut 18.7% dari total luasan tahun 2020, penurunan terbesar ketiga pada penggunaan lahan perkebunan yaitu sebesar 453,3 ha atau berkurang sebesar 23,8%. Penggunaan lahan ladang/tegalan juga mengalami penurunan sebesar 131,8 ha atau 3,8%. Penggunaan lahan hutan berkurang sebesar 98,3 ha; semak belukar 82,3 ha; lahan kosong 13,3 ha; rawa sebesar 13,1 ha dan mangrove 5,9 ha. (Tabel 3 dan Gambar 7).

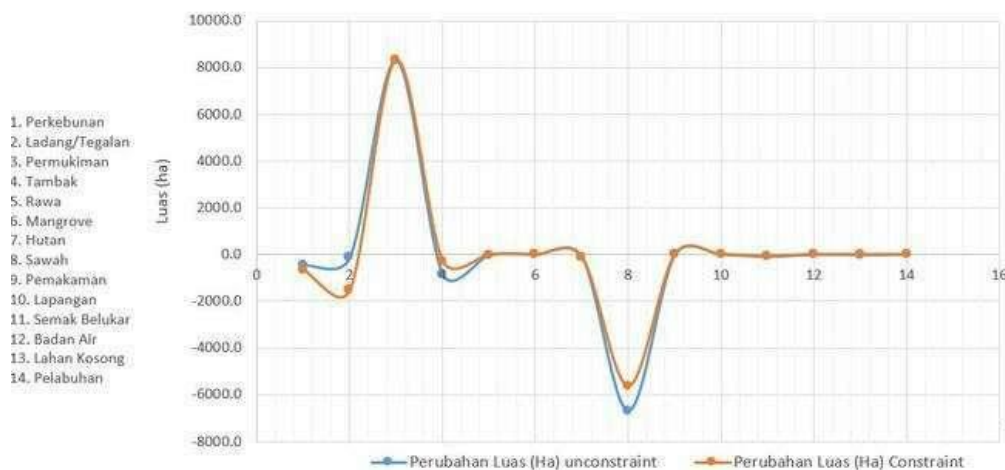
Dalam konteks arah perkembangan permukiman, berdasarkan hasil simulasi prediksi perkembangan permukiman di Kabupaten Takalar pada tahun 2020-2040 dengan menggunakan *constraint* atau faktor pembatas, perkembangan yang terbentuk cenderung konsentris serta mengarah ke timur laut dan tenggara. Perkembangan permukiman dengan peningkatan luasan *built up area* tertinggi berada pada wilayah Polombangkeng Utara dengan penambahan sebesar 38,53% dan 5.001,055 ha. Luasan tersebut merupakan 5 (lima) kali lipat lebih besar dari luas tahun eksisting di tahun 2020 (Tabel 4 dan Gambar 9). Hal ini dikarenakan selain karena Kecamatan Polombangkeng Utara merupakan kecamatan dengan lahan *potential* terluas dibandingkan kecamatan lainnya untuk perkembangan permukiman, Polombangkeng Utara juga termasuk wilayah yang dilalui oleh jalan arteri utama. Dimana jalan arteri di Kabupaten Takalar terbentang mulai dari Kecamatan Galesong Utara hingga di Kecamatan Polombangkeng Utara yang menghubungkan wilayah Provinsi Sulawesi Selatan lainnya. Dimana eksistensi mangrove dalam skema *constraint* tidak mendapat intervensi dari ekspansi permukiman, sebaliknya pada skema *unconstraint* terjadi penurunan luasan sebesar 5,9 ha (Gambar 8).

Tabel 2. Perubahan Penggunaan Lahan Berdasarkan Hasil Simulasi Skema Constraint

No	Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2020 (Ha)	Luas Tahun 2040 (Ha)	Perubahan Luas PL (Ha)	Perubahan Luas PL (%)
1	Perkebunan	1906.75	1239.75	-667.0	-35.0%
2	Ladang/Tegalan	3452.06	1916.13	-1535.9	-44.5%
3	Permukiman	4683.75	13000.00	8316.3	177.6%
4	Tambak	4435.25	4155.06	-280.2	-6.3%
5	Rawa	79.63	69.94	-9.7	-12.2%
6	Mangrove	1666.25	1666.25	0.0	0.0%
7	Hutan	7312.94	7181.00	-131.9	-1.8%
8	Sawah	31334.88	25709.06	-5625.8	-18.0%
9	Pemakaman	5.63	5.63	0.0	0.0%
10	Lapangan	5.81	5.81	0.0	0.0%
11	Semak Belukar	568.50	502.81	-65.7	-11.6%
12	Badan Air	665.56	665.56	0.0	0.0%
13	Lahan Kosong	21.06	21.06	0.0	0.0%
14	Pelabuhan	8.44	8.44	0.0	0.0%

Tabel 3. Perubahan Penggunaan Lahan Berdasarkan Hasil Simulasi Skema *Unconstraint*

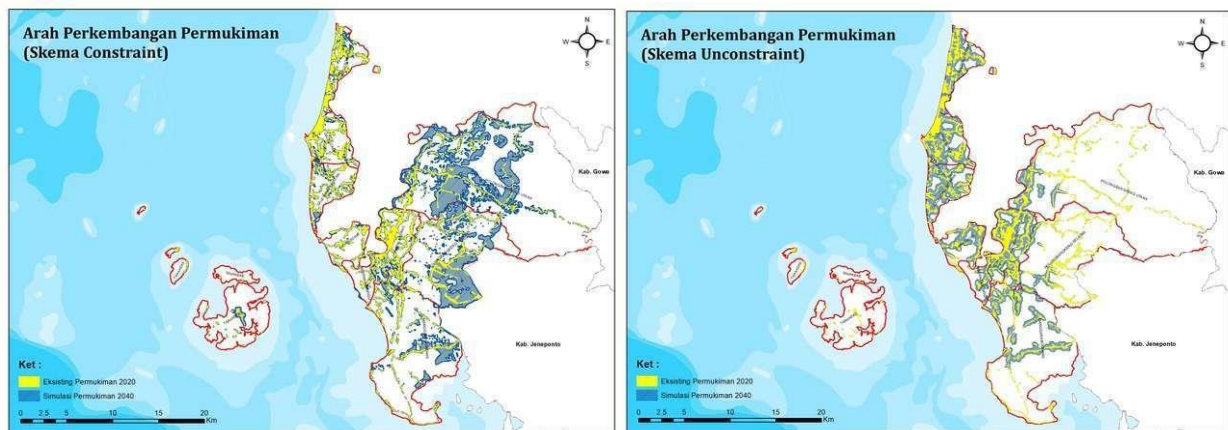
No	Penggunaan Lahan	Luas Tahun 2020 (Ha)	Luas Tahun 2040 (Ha)	Perubahan Luas PL (Ha)	Perubahan Luas PL (%)
1	Perkebunan	1906.75	1453.44	-453.3	-23.8%
2	Ladang/Tegalan	3452.06	3320.31	-131.8	-3.8%
3	Permukiman	4683.75	12988.88	8305.1	177.3%
4	Tambak	4435.25	3605.13	-830.1	-18.7%
5	Rawa	79.63	66.56	-13.1	-16.4%
6	Mangrove	1666.25	1660.31	-5.9	-0.4%
7	Hutan	7312.94	7214.63	-98.3	-1.3%
8	Sawah	31334.88	24657.75	-6677.1	-21.3%
9	Pemukaman	5.63	5.63	0.0	0.0%
10	Lapangan	5.81	5.81	0.0	0.0%
11	Semak Belukar	568.50	486.25	-82.3	-14.5%
12	Badan Air	665.56	665.56	0.0	0.0%
13	Lahan Kosong	21.06	7.81	-13.3	-62.9%
14	Pelabuhan	8.44	8.44	0.0	0.0%



Gambar 8. Grafik Perbandingan Skema *Constraint* dan *Unconstraint*

Tabel 4. Perkembangan Permukiman (Luas Peningkatan *Built up Area*) Berdasarkan *Constraint* dan *Unconstraint*

No	Kecamatan	Luas Wilayah	Skenario Dengan Skema:		CONSTRAINT		UNCONSTRAINT	
			Tahun 2020		Tahun 2040		Tahun 2040	
			Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
1	Galesong	2199.99	616.78	12.12%	674.334	5.20%	1674.279	12.91%
2	Galesong Selatan	2231.95	395.68	7.78%	533.8211	4.11%	1543.86	11.91%
3	Galesong Utara	1865.84	652.43	12.82%	732.3271	5.64%	1465.83	11.30%
4	Manggarabombang	9477.25	570.22	11.21%	1330.19	10.25%	2112.003	16.29%
5	Mappakasunggu	956.67	114.22	2.24%	133.7772	1.03%	362.9718	2.80%
6	Pattalassang	2708.46	822.58	16.17%	957.9419	7.38%	2070.666	15.97%
7	Polombangkeng Selatan	8665.34	735.93	14.46%	3108.48	23.95%	1247.012	9.62%
8	Polombangkeng Utara	22033.57	804.31	15.81%	5001.055	38.53%	1433.552	11.05%
9	Sanrobone	1687.89	273.83	5.38%	299.7202	2.31%	955.2192	7.37%
10	Tanakeke	4322.73	102.55	2.02%	206.4239	1.59%	102.5489	0.79%
Total		56149.68	5088.53	100.00%	12978.07	100.00%	12967.94	100.00%



Sumber: Simulasi Prediksi Skema Constraint dan Unconstraint tahun 2040

Gambar 9. Arah Perkembangan Permukiman

Sedangkan hasil simulasi prediksi perkembangan permukiman di Kabupaten Takalar pada tahun 2020-2040 dengan *unconstraint* atau tanpa faktor pembatas, memperlihatkan bahwa indikasi urban sprawl yang terjadi perembetan ke arah barat daerah pinggiran Kabupaten Takalar (Gambar 9-kanan). Perkembangan permukiman dengan peningkatan luasan *built up* area tertinggi berada pada wilayah Manggarabombang (2.112 ha) hampir 4 (empat) kali lipat dari luas permukiman eksisting yaitu 570.22 ha. Wilayah Manggarabombang menjadi salah satu kecamatan dengan luas area terbangun tertinggi berdasarkan hasil simulasi hal ini terkait pula dengan adanya faktor pendorong rencana kawasan industri pada wilayah tersebut. Potential area merupakan memiliki faktor pembatas paling sedikit. Dapat pula dikatakan sebagai wilayah dengan potensi perkembangan permukiman yang direkomendasikan untuk *built up* area. Dari hasil analisis, menunjukkan bahwa Kecamatan Polombangkeng Utara sangat layak menjadi pusat pertumbuhan baru. Hal ini dikarenakan kecamatan tersebut juga memiliki persentase *constraint* yang paling rendah yaitu 44.3% (Tabel 5). Selain itu, fitur atau kelengkapan (eksisting) yang sudah ada sebelumnya memiliki kapasitas untuk memandu pembentukan jaringan akses yang muncul (Kamalipour & Iranmanesh, 2021) dan untuk menghindari histeresis infrastruktur baru dari dikembangkannya lahan terbangun (Espindola dalam M. Li, Verburg, & van Vliet, 2022). Hal ini terlihat pada Kecamatan Polombangkeng Utara yang memiliki tingkat orde ke 2 (dua) berdasarkan hasil tabulasi skalogram, indeks sentralitas dan jumlah penduduk di Kabupaten Takalar (Bappelitbangda, 2020). Hal tersebut sangat mendukung berkembangnya struktur dan pola ruang yang ada dengan mempersiapkan fasilitas umum dan fasilitas sosial yang memadai.

Tabel 5. Persentase Potensial dan *Constraint Area* berdasarkan Kecamatan

POTENTIAL AREA	KECAMATAN	CONSTRAINT AREA
28.4%	GALESONG	71.6%
27.1%	GALESONG SELATAN	72.9%
35.5%	GALESONG UTARA	64.5%
18.8%	MANGGARABOMBANG	81.2%
10.5%	MAPPAKASUNGGU	89.5%
38.7%	PATTALASSANG	61.3%
48.2%	POLOMBANGKENG SELATAN	51.8%
55.7%	POLOMBANGKENG UTARA	44.3%
13.1%	SANROBONE	86.9%
59.1%	TANAKEKE	40.9%

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan kedua skema simulasi mengkonfirmasi bahwa terjadi lonjakan signifikan untuk penggunaan lahan permukiman. Efek dari ekspansi tersebut berdampak paling besar terutama penggunaan lahan sawah. Namun yang jadi perhatian dari perbandingan kedua skema tersebut yakni ada perbedaan perlakuan terhadap kelas penggunaan lahan mangrove. Oleh karena itu jika perkembangan saat ini dibiarkan tanpa kendali dan tumbuh secara alamiah maka perlu intervensi khusus untuk menekan ekspansi permukiman yang tidak mengkonversi keberadaan mangrove. Selain itu, hasil simulasi prediksi permukiman pada skema *constraint* dan *unconstraint* di tahun 2040 membentuk arah perkembangan permukiman yang berbeda. Hasil simulasi prediksi permukiman dengan skema *constraint* menunjukkan perkembangan yang terjadi tidak mengikuti tren keberadaan permukiman saat ini (eksisting). Arah perkembangan dominan ke arah timur yaitu pada Kecamatan Polombangkeng utara, Polombangkeng Selatan, dan Manggarabombang. Sedangkan simulasi dengan skema *unconstraint* cenderung berkembang ke arah barat (pinggiran Kabupaten Takalar) mendekati kawasan pesisir pantai. Faktor ini dapat pula dipengaruhi oleh keberadaan jaringan jalan arteri yang melintasi dari kawasan *Center Point of Indonesia/CPI* ke wilayah Galesong sekitarnya serta pertumbuhan masif kawasan permukiman eksisting akibat *trickle-down effect* Kota Makassar (CPI).

Perlu adanya konsistensi pada mekanisme serta prosedur perkembangan permukiman di wilayah pinggiran Kabupaten (Kecamatan Galesong Selatan, Sanrobone, Mappakasunggu) dalam bentuk intervensi teknis dalam aspek pengendalian yang mengacu pada rencana tata ruang yang telah ditentukan. Sehingga indikasi *sprawl* pada wilayah tersebut dapat diantisipasi secara dini.

5. PERNYATAAN RESMI

Kami menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat serta Lembaga Penelitian Pengembangan dan Pengabdian (LP3M) Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah mendanai sepenuhnya riset ini melalui hibah penelitian dengan kontrak No. 002/KONTR-PENL/PENGABD/ IV/1442/2021, 10 mei 2021.

6. REFERENSI

- Adisasmita, S. A., & Rauf, S. (2017). Analisis Karakteristik spasial Kabupaten Takalar Berbasis GIS dan Remote Sensing Menggunakan Citra Landsat. 14. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/132584468.pdf>
- Al-Darwish, Y., Ayad, H., Taha, D., & Saadallah, D. (2018). Predicting the future Urban Growth and It's Impacts on The Surrounding Environment Using Urban Simulation Models: Case Study of Ibb City – Yemen. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 2887–2895. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.10.009>
- Bappelitbangda, C. (Pusat U. T. U. (2020). Laporan Fakta dan Analisa Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Takalar Tahun 2012-20131. Kabupaten Takalar.
- Copiello, S. (2019). Peer and Neighborhood Effects: citation Analysis Using a Spatial Autoregressive Model and Pseudo-Spatial Data. *Journal of informetrics*, 13(1), 238–254. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.01.002>
- Dyan Syafitri, R. A. W., & Susetyo, C. (2019). Pemodelan Pertumbuhan Lahan Terbangun Sebagai Upaya Prediksi Perubahan Lahan Pertanian di Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.36453>
- Gharbia, S. S., Alfatah, S. A., Gill, L., Johnston, P., & Pilla, F. (2016). Land Use Scenarios and Projections Simulation Using an Integrated GIS Cellular Automata Algorithms. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(3), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0210-y>
- Glockmann, M., Li, Y., Lakes, T., Kropp, J. P., & Rybski, D. (2021). Quantitative Evidence for Leapfrogging in Urban Growth. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 0(0), 1–16. <https://doi.org/10.1177/2399808321998713>
- Ibrahim, M. R., Haworth, J., & Cheng, T. (2021). URBAN-i: From Urban Scenes to Mapping Slums, Transport Modes, and Pedestrians in Cities Using Deep Learning and Computer Vision. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(1), 76–93. <https://doi.org/10.1177/2399808319846517>
- Kamalipour, H., & Iranmanesh, A. (2021). Morphogenesis of Emerging Settlements: Mapping Incremental Urbanism. *Land*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/land10010089>

- Lai, S. K. (2018). A Simulation Model for Urban Development in China. *Journal of Urban Management*, 7(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2018.04.001>
- Li, M., Verburg, P. H., & van Vliet, J. (2022). Global Trends and Local Variations in Land Take per Person. *Landscape and Urban Planning*, 218(January 2021), 104308. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104308>
- Li, X., Zhou, Y., Chen, W., Hejazi, M., Wise, M., & Vernon, C. (2021). Dynamic Modeling. *Communications Earth & Environment*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00273-w>
- Mondal, D., & Banerjee, A. (2021). Exploring Peri-Urban Dynamism in India: Evidence from Kolkata Metropolis. *Journal of Urban Management*, (June). <https://doi.org/10.1016/j.jum.2021.06.004>
- Pratomoatmojo, N. A. (2018). LanduseSim Algorithm : Land Use Change Modelling by Means of Cellular Automata and Geographic Information System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 0–12. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/202/1/012020/pdf>
- Pratomoatmojo, N. A. (2018). LanduseSim Algorithm: Land use change modelling by means of Cellular Automata and Geographic Information System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 202(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/202/1/012020>
- Putra, M. R. R., & Rudiarto, I. (2018). Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Konsep Celluler Automata Di Kota Mataram. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(2), 174. <https://doi.org/10.14710/jpk.6.2.174-185>
- Rahmawati, Mardiyah dan Pratomoatmojo, N. A. (2019). Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Cellular Automata pada Wilayah Peri Urban Kota Surabaya di Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 200–206.
- Raudina, R. G. (2020). Urban Settlement Patterns in edge of Railroad in Medan City. 04(03), 227–236. <https://doi.org/10.32734/ijau.v4i3.5034>
- Sadewo, M. N. dan Buchori, I. (2018). Deteksi Perubahan Luasan Mangrove Teluk Youtefa Kota Jayapura Menggunakan Citra Landsat Multitemporal Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan Akibat Pembangunan Kawasan Industri Kendal (KIK) Berbasis Cellular Automata. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(2), 13. <https://doi.org/10.22146/mgi.33755>
- Song, Y., & Zhang, C. (2020). City Size and Housing Purchase Intention: Evidence from rural–Urban Migrants in China. *Urban Studies*, 57(9), 1866–1886. <https://doi.org/10.1177/0042098019856822>
- Sugestiadi, M. I., & Basuki, Y. (2020). Pengaruh Interaksi Spasial Antara Kota Surakarta Dengan Kawasan Perkotaan Sekitarnya Terhadap Pertumbuhan Perkotaan. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 16(3), 173–186. <https://doi.org/10.14710/pwk.v16i3.21948>.