

# Analisis Spasial Perkembangan Kawasan Permukiman Perkotaan di Kabupaten Kudus Dengan Model *Cellular Automata Marcov* (Studi Kasus: Kecamatan Kota, Kecamatan Bae, Kecamatan Jati dan Kecamatan Kaliwungu)

Fauzi Janu Amarrohman\*, Yasser Wahyuddin, Elly Indah Novialis

Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

Peningkatan kebutuhan lahan permukiman akan mendorong terjadinya perubahan fungsi penggunaan lahan. Monitoring perkembangan permukiman perkotaan di Kabupaten Kudus, tepatnya di Kecamatan Bae, Jati, Kaliwungu dan Kota perlu dilakukan agar tidak menimbulkan pengalihan fungsi penggunaan lahan yang melenceng dari rencana tata ruang wilayah (RTRW) yang berlaku. Monitoring tersebut dapat dilakukan dengan pemodelan. Pemodelan perkembangan permukiman perkotaan selanjutnya dikombinasikan dengan sistem informasi geografi (SIG) untuk mendukung analisis spasialnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan fungsi penggunaan lahan permukiman perkotaan tahun 2010-2020 dengan metode overlay identity, mengaplikasikan metode CA-Marcov dalam memprediksi penggunaan lahan permukiman perkotaan tahun 2030 dan mencari nilai kesesuaian pemodelan dengan peta RTRW serta pola perkembangannya menggunakan average nearest neighbor. Data yang digunakan berupa citra WordView tahun 2010 dan 2015, citra SPOT-7 tahun 2020 dan Peta RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032. Hasil penelitian menunjukkan perkembangan permukiman perkotaan pada tahun 2010-2015 sebesar 162,375 Ha, sedangkan pada tahun 2015-2020 sebesar 55,978 Ha. Selama tahun 2010 hingga 2020 pada kawasan pertanian tanaman pangan beralih fungsi menjadi permukiman perkotaan sebesar 126,927 Ha. Luas lahan permukiman perkotaan hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2030 sebesar 3323,285 Ha, dimana kawasan pertanian tanaman pangan menjadi lahan terbesar yang dialih fungsikan menjadi permukiman perkotaan sebesar 321,803 Ha. Nilai kesesuaian hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2030 dengan peta RTRW sebesar 71,42%. Pola perkembangan permukiman perkotaan tahun 2030 bersifat acak.

**Kata kunci:** lahan; pemodelan; permukiman; RTRW; SIG

## Abstract

[Title: *Spatial Analysis of Urban Settlement Development in Kudus District with Cellular automata marcov Model (Case Study: Kota District, Bae District, Jati District and Kaliwungu District)*] The increase in the need for residential land will encourage changes in land use functions. Monitoring the development of urban settlements in Kudus Regency, specifically in the Districts of Bae, Jati, Kaliwungu and Kota needs to be carried out so as not to cause a transfer of land use functions that deviate from the applicable regional spatial plan map. Monitoring can be done by modeling. The modeling of urban settlement development is then combined with Geographic Information System (GIS) to support the spatial analysis. This study aims to determine the changes in land use function for urban settlements in 2010-2020 with the overlay identity method, apply the CA-Marcov method in predicting land use for urban settlements in 2030 and find the value of modeling conformity with the regional spatial plan map and its development pattern using the average nearest neighbor. The data used are WordView images in 2010 and 2015, SPOT-7 images in 2020 and the regional spatial plan map of Kudus Regency year 2012-2032. The results showed

\*) Penulis Korespondensi.

E-mail: [fauzijanu@lecturer.undip.ac.id](mailto:fauzijanu@lecturer.undip.ac.id)

that the development of urban settlements in 2010-2015 was 162,375 Ha, while in 2015-2020 it was 55,978 Ha. During 2010 to 2020, the food crop

*agricultural area changed its function into urban settlements amounting to 126,927 Ha. The area of land for urban settlements as a result of the prediction of land use in 2030 is 3323,285 Ha, where the agricultural area for food crops is the largest land converted into urban settlements of 321,803 Ha. The value of the suitability of the predicted land use of 2030 with the spatial regional plan map is 71.42%. The pattern of urban settlement development in 2030 is random.*

**Keywords:** *land use; modeling; settlement; spatial regional plan map; GIS*

## 1. Pendahuluan

Lahan permukiman menjadi kebutuhan dasar bagi penduduk untuk tempat tinggal dan tempat menjalankan aktivitas (Yunus, 2000). Menurut Worldometer tercatat bahwa 56,4% penduduk Indonesia tinggal diperkotaan, sehingga lahan permukiman perkotaan menjadi faktor utama dalam sebuah kota (Worldometer, 2020).

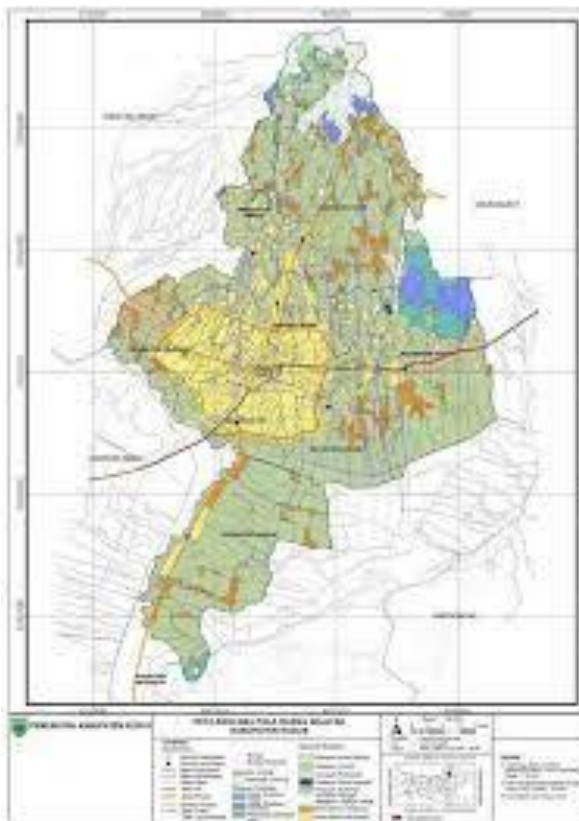
Lahan merupakan sumber daya yang terbatas dan tidak dapat diciptakan atau diperbarui (Djufray dkk, 2019). Lahan relatif tidak bertambah sehingga ketika kondisi pembangunan terus berkembang dapat menyebabkan alih fungsi lahan. Perubahan fungsi penggunaan lahan dalam memenuhi kebutuhan lahan permukiman di kawasan permukiman perkotaan akan mengakibatkan ketersediaan lahan non-permukiman berkurang.

Kebutuhan lahan permukiman berbanding lurus dengan jumlah penduduk disuatu daerah. Berdasarkan

data pada buku Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka 2021, tercatat bahwa kepadatan penduduk tertinggi yaitu Kabupaten Kudus dengan nilai 1.997,38 Km<sup>2</sup> dari 29 total kabupaten yang ada di Jawa Tengah BPS Kudus (BPS, 2020). Hal tersebut diakibatkan karena luas wilayahnya sempit dengan jumlah penduduk yang banyak akan mengakibatkan kepadatan penduduk yang tinggi. Perkembangan penduduk dan semakin meningkatnya arus urbanisasi di kawasan perkotaan Kabupaten Kudus mengakibatkan banyaknya permintaan lahan permukiman untuk menampung penduduk kota yang jumlahnya terus meningkat (Sitana, 1989).

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) pola ruang Kabupaten Kudus peruntukan kawasan permukiman perkotaan berada di Kecamatan Bae, Kecamatan Jati, Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Kota. Pada **Gambar 1** pada keempat kecamatan tersebut area yang mendominasi adalah warna kuning, dimana warna kuning merupakan simbol dari permukiman perkotaan (Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kabupaten Kudus, 2012). Hal tersebut artinya bahwa didaerah tersebut akan banyak dibangun untuk permukiman perkotaan, sebaliknya wilayah hijau akan semakin sempit. Monitoring perkembangan permukiman perkotaan di Kabupaten Kudus perlu dilakukan oleh Pemerintah setempat agar tidak menimbulkan pengalihan fungsi penggunaan yang tidak sesuai dengan RTRW yang berlaku.

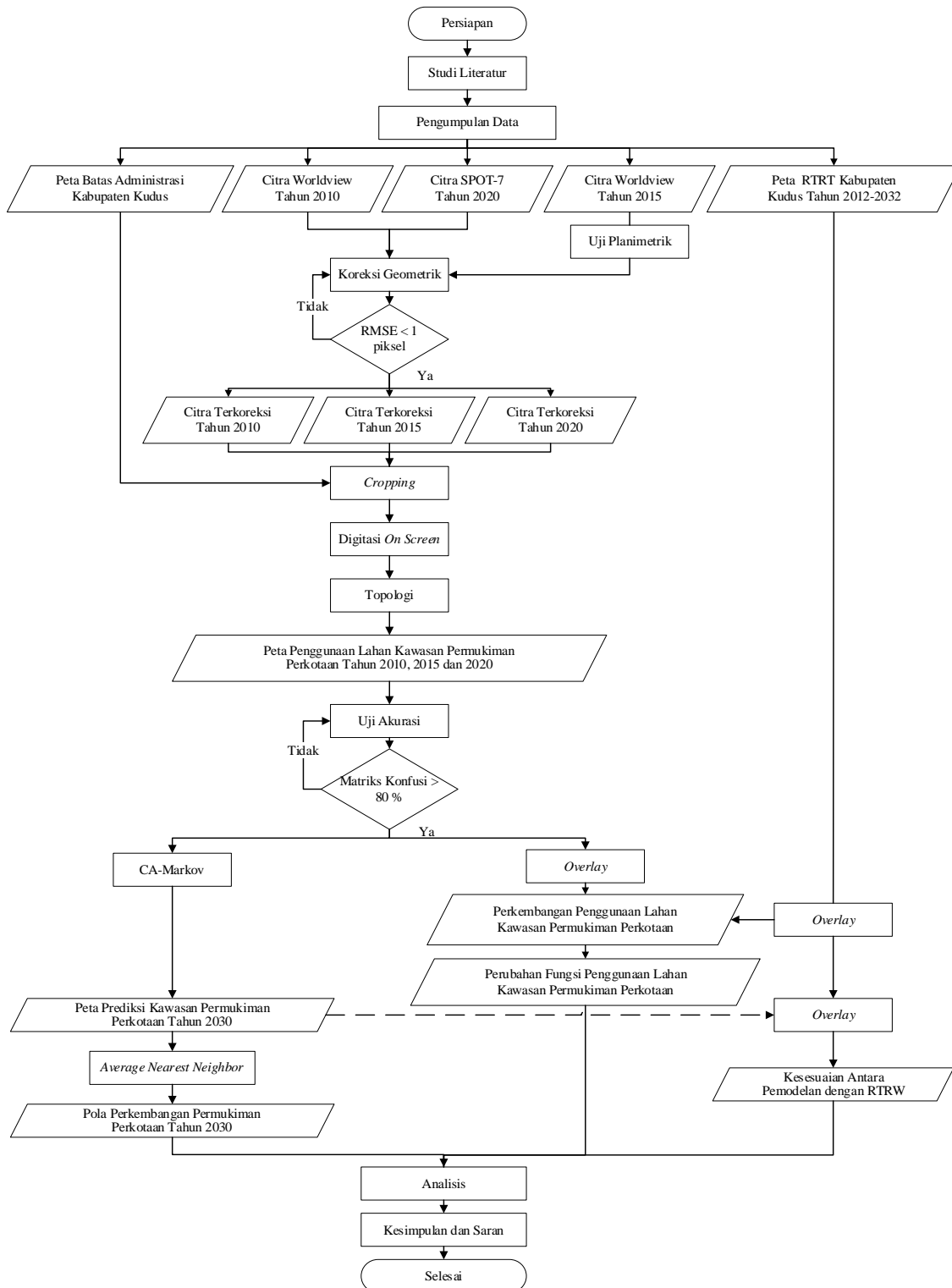
Perkembangan kawasan permukiman perkotaan dapat diprediksi secara spasial, dengan melihat piksel yang menggambarkan penggunaan lahan pada citra satelit. Pada penelitian ini model yang digunakan dalam memprediksi perkembangan kawasan berformat raster. Di dalam RTRW Kabupaten Kudus permukiman perkotaan tahun 2030 adalah *cellular automata marcov*. Pemodelan ini dapat diterapkan untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara bertahap lebih mudah diekspresikan dengan model ini jika analisisnya tahun 2012-2032 tertuang kawasan-kawasan yang diperuntukan untuk permukiman perkotaan dan penggunaan lahan lainnya, penyusunan RTRW diawali dengan menentukan batas wilayah, pola ruang dan tentunya melakukan analisis spasial terlebih dahulu sebelum pada akhirnya didiskusikan di forum. *Cellular automata marcov* merupakan sistem dinamik yang dapat melakukan pemodelan dengan mengintegrasikan suatu



**Gambar 1.** Rencana Pola Ruang Kabupaten Kudus

ruang dan waktu (Baja, 2012), dimana diasumsikan bahwa perkembangan yang akan datang tergantung pada

keadaan saat ini dan tidak tergantung keadaan yang mendahuluinya (Ujjwal & Paramartha, 2017).



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

*Cellular automata marcov* menghasilkan model perkembangan kawasan permukiman perkotaan tahun 2030 yang akan memiliki distorsi dengan RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032. Berdasarkan permasalahan berupa berkembangnya lahan permukiman perkotaan di Kabupaten Kudus yang akan mengakibatkan ketersediaan lahan non-permukiman semakin berkurang, maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan perkembangan kawasan permukiman perkotaan di Kabupaten Kudus pada tahun 2030. Pemodelan tersebut akan dikombinasikan dengan SIG untuk mendapatkan luasan perubahan penggunaan lahan. Dengan adanya analisis perubahan penggunaan lahan, pemerintah setempat dapat mengantisipasi daerah-daerah mana saja yang memungkinkan berubah secara drastis dan mengaturnya agar daerah tersebut tetap terkendali. Hasil pemodelan akan di-*overlay* dengan RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032 untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya. Pentingnya penelitian ini untuk memberikan gambaran terhadap perkembangan kawasan permukiman perkotaan yang telah terjadi saat ini dan sebagai alarm bagi pemerintah setempat dalam rangka evaluasi dan pengendalian tata ruang.

## 2. Bahan dan Metode

Penelitian ini berfokus dalam membahas masalah perkembangan kawasan permukiman perkotaan Kabupaten Kudus. Dalam penyelesaian penelitian dibutuhkan bahan dan metode yang tepat. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Data-data yang digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis penggunaan lahan adalah citra Wordview tahun 2010 dan 2015, citra SPOT-7 tahun 2020 dan Peta RTRW Kabupaten Kudus Tahun 2012-2032. Data tersebut di proses menggunakan *software* pengolahan seperti ArcGIS dan IDRISI Selva.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**. Langkah berikutnya setelah data terkumpul yaitu tahap pengolahan. Dalam tahap pengolahan, proses dibagi menjadi 4 tahap. Tahap *pre-processing* merupakan tahap dimana data mentah diolah terlebih dahulu agar dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Citra WordView tahun 2015 yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Kudus telah terkoreksi geometrik, sehingga koordinat yang ada pada citra sudah sesuai dengan koordinat yang ada di lapangan, sedangkan citra WordView tahun 2010 dan citra SPOT-7 tahun 2020 belum terkoreksi geometrik.

Uji planimetrik dilakukan untuk memastikan apakah citra Wordview tahun 2015 yang sudah terkoreksi geometrik ketepatan posisinya sudah sesuai antara di lapangan dengan di citra. Pengukuran jarak planimetrik menggunakan sampel jalan, jembatan dan lapangan. Koreksi geometrik dilakukan dengan metode *image to image*, dimana *base map* menggunakan citra WordView

tahun 2015 dan *wrap map* merupakan citra WordView tahun 2010 dan citra SPOT-7 tahun 2020. Citra WordView tahun 2010 dan citra SPOT-7 tahun 2020 perlu dilakukan koreksi geometrik untuk memperbaiki kesalahan koordinat pada citra agar sesuai dengan kondisi di lapangan.

Klasifikasi penggunaan lahan dilakukan dengan metode digitasi *on screen*. Kesalahan hasil *digitasi on screen* selanjutnya harus dicek topologinya agar tidak ada tidak ada objek yang menumpuk jadi satu pada satu pada posisi yang sama dan tidak ada kesalahan ruang kosong di dalam poligon (Badan Informasi Geospasial, 2016). Jika hasil digitasi yang sudah bersih dari kesalahan kemudian dicek akurasi dengan melakukan validasi lapangan. Hasil sampel validasi lapangan kemudian dibuat matrik konfusi (Putri dkk, 2020). Hasil digitasi dikatakan sesuai apabila nilai koefisien dari perhitungan matrik konfusi lebih dari 80%. Jika hasil digitasi dinyatakan masih di bawah 80% maka proses digitasi harus diulang kembali. Proses digitasi *on screen* ini menghasilkan klasifikasi penggunaan lahan tahun 2010, 2015 dan 2020.

Tahap pemodelan menggunakan metode *cellular automata marcov* dalam melakukan prediksi penggunaan lahan tahun 2030. Hasil pemodelan selanjutnya ditentukan pola perkembangan permukiman perkotaan tahun 2030 dengan metode *average nearest neighbor*. *Average nearest neighbor* merupakan analisis tetangga terdekat yang dapat menghitung indeks tetangga terdekat berdasarkan jarak rata-rata dari setiap fitur ke fitur tetangga terdekatnya. Hasil pemodelan tahun 2030 di-*overlay* dengan peta RTRW Kabupaten Kudus untuk mengetahui nilai kesesuaiannya. Setelah proses pengolahan data selesai dilakukan maka selanjutnya adalah melakukan analisis dan menarik kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Uji Planimetrik

Uji planimetrik digunakan untuk mengecek kualitas citra WordView tahun 2015 yang sudah terkoreksi dari dinas terkait. Sampel jarak yang diambil untuk perhitungan planimetrik adalah jalan, jembatan dan lapangan dengan total sebanyak 39 sampel. Hasil pengukuran jarak untuk uji planimeterik diperoleh nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,660 meter.

Hasil nilai RMSE kemudian dihitung apakah sudah memenuhi toleransi kesalahan planimetrik jarak. Skala yang digunakan pada penelitian ini adalah skala 1:10.000, sehingga didapatkan nilai dengan Persamaan 1 (Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional, 1997).

$$\begin{aligned} \text{RMSE} &\leq 0,3 \text{ mm} \times \text{skala peta} \\ 0,435 &\leq 3 \text{ meter} \end{aligned} \quad (1)$$

**Tabel 1.** Nilai RMSE Koreksi Geometrik

No.	Citra	RMSE GCP (meter)
1	WordView tahun 2010	0,502
2	SPOT-7 tahun 2020	0,800

RMSE memenuhi toleransi kesalahan planimetrik jarak yaitu dibawah 3 meter pada skala 1:10.000, sehingga citra WordView tahun 2015 dapat digunakan untuk tahap selanjutnya karena ketepatan posisi di lapangan dengan di citra sudah sesuai.

**3.2 Hasil Koreksi Gometrik**

Koreksi geometrik yang digunakan adalah *image to image*, dengan menggunakan citra dasar yang digunakan sebagai acuan adalah citra WordView tahun 2015. *Ground Control Point* (GCP) yang dimaksud adalah titik yang dapat terlihat dan mudah diidentifikasi pada citra (Mather, 1987). Pada proses koreksi geometrik digunakan 12 GCP yang disebar secara acak.

Nilai RMSE hasil koreksi geometri citra WordView tahun 2010 dan citra SPOT-7 tahun 2020 kemudian dihitung ketelitian geometrik menggunakan (*Independent Control Point*) ICP. Jumlah ICP yang digunakan adalah 12 titik. Nilai RMSE ketelitian geometrik citra WordView tahun 2010 adalah 0,313 meter dan citra SPOT-7 tahun 2020 adalah 0,504 meter. Hasil ketelitian geometrik selanjutnya dihitung ketelitian horizontal dengan Persamaan 2 (BIG, 2014).

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE \quad (2)$$

Berdasarkan **Tabel 2** dapat dilihat, bahwa peta skala 1:10.000 yang dihasilkan dari citra WordView tahun 2010 dan SPOT-7 tahun 2020 tersebut memenuhi standar ketelitian peta dasar dengan ketelitian horizontal kelas 1.

**3.3 Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan**

Lokasi penelitian merupakan kawasan permukiman perkotaan Kabupaten Kudus yang yang ada di Kecamatan Bae, Kecamatan Jati, Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Kota. Pada kecamatan tersebut terdapat 7 klasifikasi penggunaan lahan yaitu kawasan industri, kawasan pariwisata, kawasan pertanian tanaman pangan, kawasan hutan rakyat, permukiman perkotaan, permukiman pedesaan dan sempadan sungai. Luas keempat kecamatan tersebut adalah 92,8 km<sup>2</sup>. Dasar klasifikasi yang dilakukan adalah Perda No 16 Tahun 2012 tentang RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032.

Hasil luas klasifikasi penggunaan lahan tahun 2010, 2015 dan 2020 menggunakan metode digitasi *on screen* dapat dilihat pada **Tabel 3**. Berdasarkan **Tabel 3** luas lahan kawasan permukiman perkotaan pada tahun 2010 sebesar 3010,842 Ha, pada tahun 2015 sebesar 3178,867 Ha dan pada tahun 2020 sebesar 3234,839 Ha. Perkembangan penggunaan lahan kawasan permukiman perkotaan pada tahun 2010-2015 sebesar 168,025 Ha.

**Tabel 2.** Ketelitian Horizontal

No	Citra	Hasil Uji CE90 (m)	Ketelitian Peta Skala 1:10.000		
			Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
1	WordView tahun 2010	0,475	2	3	5
2	SPOT-7 tahun 2020	0,765	2	3	5

Pada tahun 2015-2020 penggunaan lahan permukiman perkotaan mengalami peningkatan sebesar 55,972 Ha.

**3.4 Analisis Perubahan Fungsi Penggunaan Lahan Permukiman Perkotaan Tahun 2010-2020**

Pertambahannya kawasan permukiman perkotaan berdampak terhadap berkurangnya kawasan-kawasan yang ada disekitarnya. Penjelasan terkait luas perubahan fungsi penggunaan lahan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Berdasarkan peningkatan lahan permukiman perkotaan dari tahun 2010 hingga tahun 2020 sebesar 223,978 Ha, mengakibatkan perubahan fungsi penggunaan lahan dari kawasan non-permukiman menjadi kawan permukiman perkotaan. Hanya seluas 88,652 Ha dari peningkatan lahan permukiman dari tahun 2010 hingga tahun 2020 yang sesuai fungsi awalnya, sedangkan 135,349 Ha terjadi perubahan fungsi lahan. Selama kurung waktu 2010-2020 perubahan fungsi lahan terbesar terjadi pada kawasan pertanian tanaman pangan menjadi lahan yang beralih fungsi menjadi permukiman perkotaan sebesar 126,927 Ha.

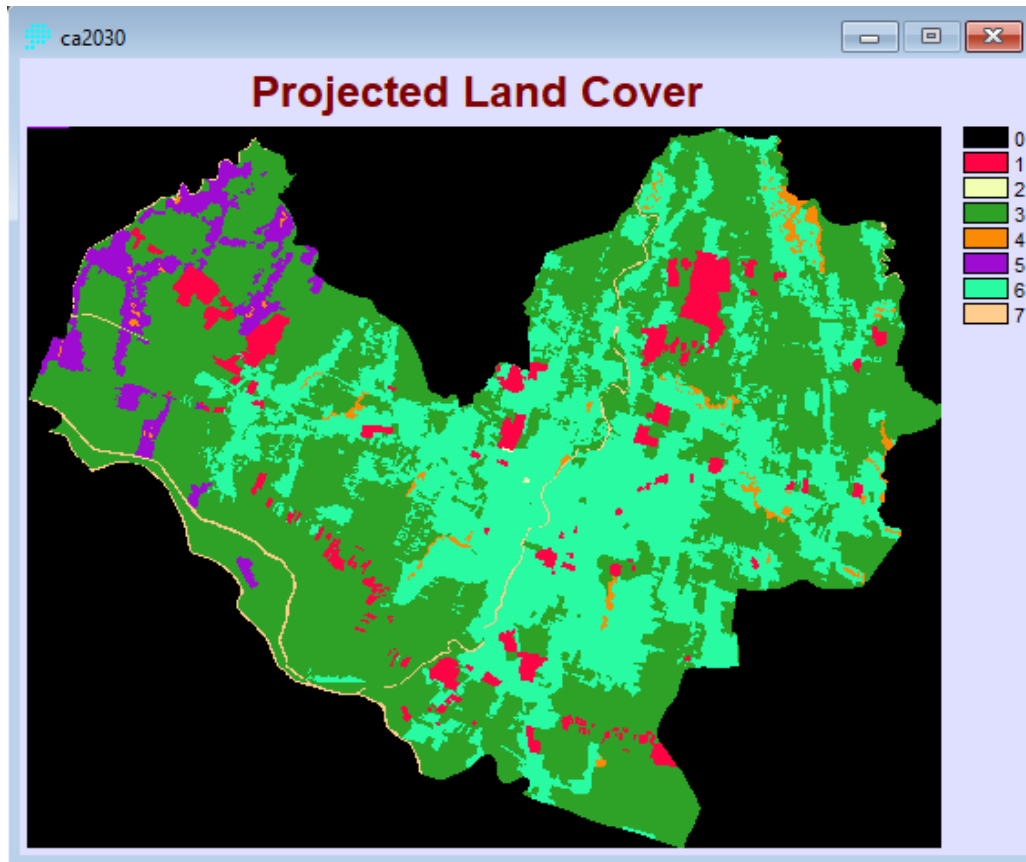
**3.5 Hasil Prediksi Perkembangan Permukiman Perkotaan Tahun 2030**

Hasil dari pemodelan penggunaan lahan tahun 2030 dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Hasil dari pengolahan *cellular automata marcov* adalah model prediksi perkembangan fisik kawasan permukiman perkotaan yang meliputi 4 kecamatan yaitu, Kecamatan Bae, Kecamatan Jati, Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Kota pada tahun 2030.

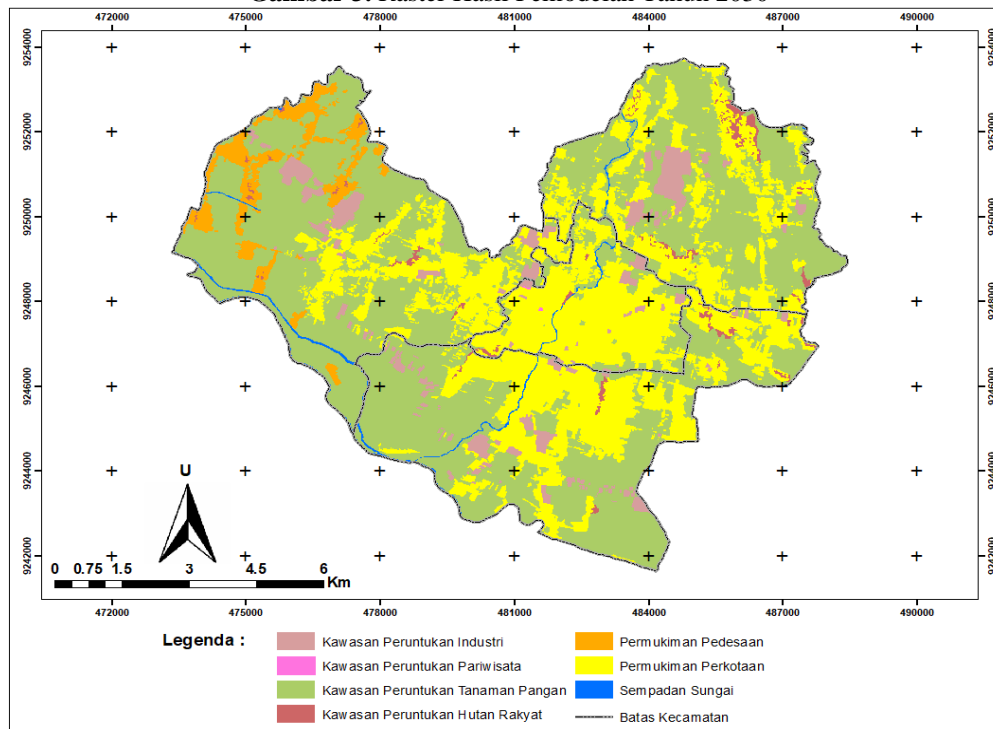
Berdasarkan dari peta penggunaan lahan tahun 2030 hasil pemodelan dapat dihitung luas setiap kelas penggunaan lahanya. Hasil luas pemodelan penggunaan lahan tahun 2030 dapat dilihat pada **Tabel 5**. Pada tahun 2030 perkembangan penggunaan lahan permukiman perkotaan sebesar 3323,285 Ha. Jika dilihat dari tahun 2020 hingga 2030 maka dapat diprediksi bahwa perkembangan penggunaan lahan permukiman perkotaan bertambah seluas 88,446 Ha.

**3.6 Kesesuaian Model *Celullar Automata Marcov* Tahun 2030 dengan RTRW Kabupaten Kudus Tahun 2012-2032**

Berdasarkan pemodelan dari peta penggunaan lahan tahun 2030 dengan peta RTRW Kabupaten Kudus tahun 2010-2032 didapatkan persentase nilai total kesesuaian seperti pada **Tabel 6**. Hasil nilai kesesuaiannya didapatkan dengan metode *overlay identity*.



Gambar 3. Raster Hasil Pemodelan Tahun 2030



Gambar 4. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2030



**Tabel 3.** Luas Penggunaan Lahan Tahun 2010-2020

Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		
	2010	2015	2020
Kawasan Peruntukan Industri	317,875	428,773	446,601
Kawasan Peruntukan Pariwisata	1,631	1,631	1,631
Kawasan Peruntukan Tanaman Pangan	6009,478	5731,733	5655,558
Kawasan Peruntukan Hutan Rakyat	126,142	122,525	119,666
Permukiman Pedesaan	329,092	337,181	342,416
Permukiman Perkotaan	3016,492	3178,867	3234,839
Sempadan Sungai	108,447	108,447	108,447
Jumlah	9909,157	9909,157	9909,157

**Tabel 4.** Perubahan Fungsi Penggunaan Lahan Permukiman Perkotaan 2010-2020

No	Perubahan Fungsi Penggunaan Lahan Permukiman Perkotaan 2010-2020		Luas (Ha)		Jumlah
	Dari	Ke	2010-2015	2015-2020	
1	Permukiman Perkotaan	Permukiman Perkotaan	68,033	20,618	88,652
2	Kawasan Peruntukan Tanaman Pangan	Permukiman Perkotaan	97,038	29,889	126,927
3	Kawasan Peruntukan Hutan Rakyat	Permukiman Perkotaan	1,375	2,399	3,774
4	Kawasan Peruntukan Industri	Permukiman Perkotaan	1,581	3,066	4,647
	Jumlah		168,027	55,973	224

**Tabel 5.** Luas Penggunaan Lahan 2030

No.	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Luas (%)
1	Kawasan Peruntukan Industri	474,450	4,79%
2	Kawasan Peruntukan Pariwisata	1,631	0,02%
3	Kawasan Peruntukan Pertanian Tanaman Pangan	5536,559	55,87%
4	Kawasan Peruntukan Hutan Rakyat	114,469	1,16%
5	Permukiman Pedesaan	350,319	3,54%
6	Permukiman Perkotaan	3323,285	33,54%
7	Sempadan Sungai	108,444	1,09%
	Jumlah	9909,157	100%

Total nilai kesesuaiannya adalah 71,42%. Persentase tersebut berada pada rentang kepercayaan 61%-80% sehingga hasil kesesuaian luas antara CA-Marcov dengan RTRW bersifat baik. Dengan metode *cellular automata-marcov* maka terdapat 71,42% wilayah yang diprediksi akan sesuai dengan RTRW dan terdapat 28,58% wilayah yang diprediksi tidak akan sesuai dengan RTRW.

Berdasarkan pemodelan dari peta penggunaan lahan tahun 2030 dengan peta RTRW Kabupaten Kudus tahun 2010-2032 didapatkan persentase nilai kesesuaian pada setiap kelas penggunaan lahan pada **Tabel 9**. Hasil *overlay* peta penggunaan lahan tahun 2030 dengan peta RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032 bahwa

**Tabel 6.** Total Nilai Kesesuaian Peta Penggunaan Lahan Tahun 2030 dengan Peta RTRW

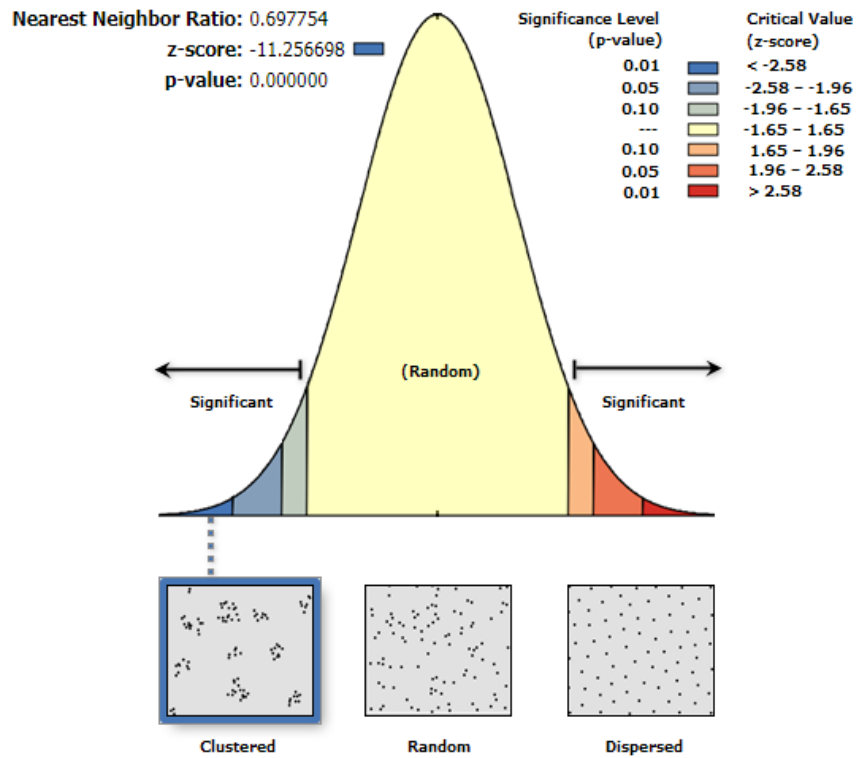
No	Kesesuaian	Luas (Ha)	Luas (%)
1	Sesuai	7077,098	71,42%
2	Tidak Sesuai	2832,047	28,58%
	Jumlah	9909,157	100%

kawasan permukiman perkotaan hanya seluas 2958,884 Ha yang sesuai dengan rencana awal.

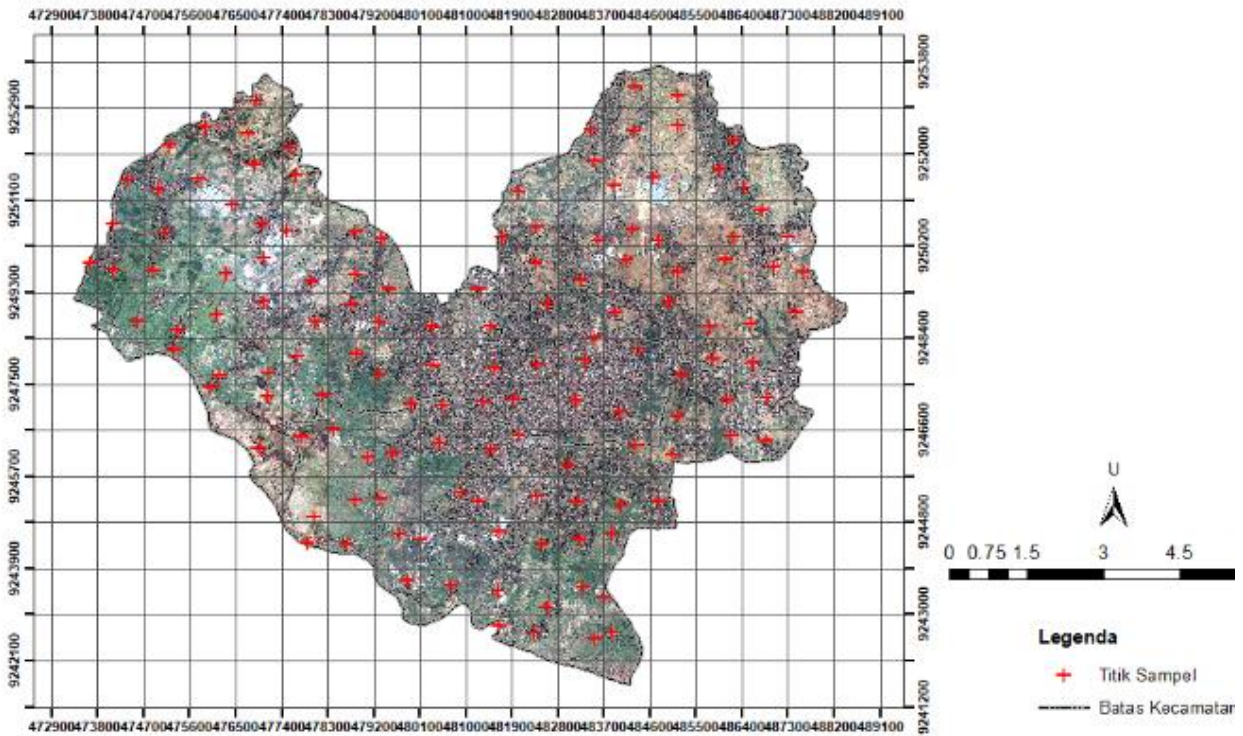
*Cellular automata* yang dikombinasikan dengan *marcov* memiliki keunggulan dalam analisis spasialnya yang kuat. Produk RTRW tidak dapat memberikan analisis perubahan penggunaan lahan, misalnya saja perubahan penggunaan lahan setiap 5 tahun sekali. Padahal peta RTRW dibuat untuk rencana selama 20 tahun kedepan. Dalam jangka waktu yang lama tersebut tidak menutup kemungkinan akan terjadi perubahan fungsi penggunaan lahan. Maka dari itu *cellular automata marcov* menawarkan sebuah kemampuan dapat menganalisis perubahan penggunaan lahan dalam *time series* yang ditentukan.

**Tabel 7.** Nilai Overall Accuracy dan Koefisien Kappa

Keterangan	Nilai
Overall Accuracy	98,52%
Koefisien kappa	98,14%



Gambar 5. Average Nearest Neighbor Summary



Gambar 6. Titik Sampel dengan Metode Grid



**Tabel 8.** Nilai *User's Accuracy* dan *Producer's Accuracy*

Penggunaan Lahan	<i>User's Accuracy</i> (%)	<i>Producer's Accuracy</i> (%)
Kawasan Peruntukan Industri	96%	100%
Kawasan Peruntukan Pariwisata	100%	100%
Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah	100%	100%
Kawasan Peruntukan Hutan Rakyat	93%	100%
Permukiman Pedesaan	100%	94%
Permukiman Perkotaan	100%	97%
Sungai	100%	100%

**Tabel 9.** Persentase Nilai Kesesuaian Kelas Penggunaan Lahan Tahun 2030 dengan Peta RTRW Kabupaten Kudus Tahun 2012-2030

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)		Sesuai	Sesuai (%)
		2030	RTRW		
1	Kawasan Peruntukan Industri	474,450	462,463	259,292	56,07%
2	Kawasan Peruntukan Pariwisata	1,631	0,846	0,845	99,98%
3	Kawasan Peruntukan Tanaman Pangan	5536,559	3855,627	3424,530	88,82%
4	Kawasan Peruntukan Hutan Rakyat	114,469	72,555	40,601	55,96%
5	Permukiman Pedesaan	350,319	306,270	305,040	99,60%
6	Permukiman Perkotaan	3323,285	5081,469	2958,884	58,23%
7	Sempadan Sungai	108,444	129,762	87,905	68,74%
Jumlah		9909,157	9908,991	7077,098	100%

Dengan adanya studi perubahan fungsi penggunaan lahan ini, model *cellular automata marcov* dikombinasikan dengan SIG dapat digunakan sebagai alat dalam memonitoring perubahan fungsi lahan untuk mencegah potensi terjadinya pelanggaran atau penyimangan dimasa yang akan datang. Selain itu, pemodelan dengan *cellular automata marcov* secara sederhana dapat digunakan oleh perencana dapat menentukan kesesuaian dan efisiensi suatu rencana dan memungkinkan perencana dalam pengambilan keputusan terhadap kebijakan disuatu wilayah.

**3.7 Pola Perkembangan Permukiman Perkotaan 2030**

Hasil pola perkembangan kawasan permukiman perkotaan dapat dilihat pada **Gambar 5** yang berupa kurva *spatial pattern* (kurva pola spasial).

Dapat dilihat bahwa pola perkembangan fisik kawasan permukiman perkotaan berdasarkan peta tutupan lahan tahun 2030 menunjukkan nilai *nearest neighbor rasio* adalah *clustered* (mengelompok). Hal tersebut didasarkan pada: (1) Nilai z-score antara 1,65 – >2,58, maka pola perkembangan wilayah tersebut tersebar atau *dispersed*, (2) Nilai z-score antara -1,65 – 1,65, maka pola perkembangan wilayah tersebut acak atau *random*. (3) Nilai z-score -1.65 – <-2.58, maka pola perkembangan wilayah tersebut *clustered*.

**3.8 Hasil Uji Validasi dengan Matrik Konfusi**

Uji validasi dilakukan secara langsung ke lokasi penelitian. Teknik sampling yang dipilih adalah *proportionate stratified random sampling* dengan jumlah dan persebaran titik sampel dilakukan dengan metode grid seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Sistem grid merupakan struktur berbentuk dua dimensi yang

tersusun atas rangkaian perpotongan antara garis bujur (horizontal) dengan garis lintang (vertikal) yang mempartisi suatu wilayah, dimana setiap wilayah diwakili oleh satu titik (Basuki dkk, 2014). Ukuran grid yang dipilih adalah 900x900 M (Sofiyanti, 2010). Validasi lapangan dilakukan dengan menggunakan alat *GPS handheld*.

Hasil validasi lapangan menunjukkan titik sampel yang sesuai sebanyak 133 titik dan titik sampel yang tidak sesuai sebanyak 2 titik dari total keseluruhan titik sampel sebanyak 135 titik. Hasil penyusunan matrik konfusi dapat dihitung nilai *user's accuracy*, *producer's accuracy*, *overall accuracy* dan koefisien kappa. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

Hasil nilai *user's accuracy* untuk tiap penggunaan lahan paling rendah adalah 93%, artinya hasil validasi lapangan kawasan peruntukan hutan rakyat yang telah dilakukan terdapat kesalahan komisi sebesar sebesar 7%. Hasil nilai *producer's accuracy* untuk tiap penggunaan lahan paling rendah adalah 94%, artinya hasil validasi lapangan kawasan permukiman pedesaan yang telah dilakukan terdapat kesalahan omisi sebesar sebesar 6%.

*User's accuracy* digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi berdasarkan hasil interpretasi citra (Badan Informasi Geospasial, 2016). Dari hasil uji validasi lapangan yang dilakukan pada setiap kelas terdapat *user's accuracy* dan *producer's accuracy* sebesar 100%. Nilai terendah dari *user's accuracy* dan *producer's accuracy* melebihi 80%. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan digitasi *on screen* dikatakan sangat baik karena berada diantara

nilai 100%-81% (Kubangun dkk, 2015). Hasil nilai *overall accuracy* klasifikasi penggunaan lahan adalah 98,52%. Hasil nilai koefisien kappa adalah 98,14% atau 0,981, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kappa dikatakan sangat baik.

#### 4. Kesimpulan

Luas lahan kawasan permukiman perkotaan pada tahun 2010 sebesar 3016,492 Ha, pada tahun 2015 sebesar 3178,867 Ha dan pada tahun 2020 sebesar 3234,839 Ha. Pada tahun 2030 diprediksikan bahwa luas penggunaan lahan permukiman perkotaan sebesar 3323,285 Ha. Jika dilihat dari tahun 2020 hingga 2030 maka perkembangan penggunaan lahan permukiman perkotaan bertambah seluas 88,446 Ha. Laju pertumbuhan kawasan permukiman perkotaan pada tahun 2010 hingga 2030 mengalami peningkatan. Dengan metode *cellular automata marcov* maka terdapat 71,42% wilayah yang diprediksi akan sesuai dengan RTRW dan terdapat 28,58% wilayah yang diprediksi tidak akan sesuai dengan RTRW. Meskipun didalam RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032 tertuang kawasan-kawasan yang diperuntukan untuk permukiman perkotaan dan penggunaan lahan lainnya, namun secara metode *cellular automata marcov* mempunyai kelebihan dalam membantu menganalisis perubahan fungsi penggunaan lahan yang terjadi dalam dalam *time series* yang ditentukan, sedangkan RTRW belum bisa menjelaskan hal tersebut. Dengan adanya pemodelan tersebut dapat diprediksi bahwa pola perkembangan permukiman perkotaan tahun 2030 bersifat *clustered* atau mengelompok berdasarkan nilai z-score berada direntang  $-1.65 - <-2.58$  dengan *average nearest neighbor*. Adanya pemodelan dengan *cellular automata marcov* dapat dijadikan masukan bagi pemerintah setempat dalam mengevaluasi tata ruang. Dapat dikatakan bahwa upaya yang dilakukan tersebut bersifat pengendalian.

#### Ucapan Terima Kasih

UcapanTerima kasih penulis sampaikan kepada Departemen Teknik Geodesi yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini dan kepada Dinas PU-PR Kabupaten Kudus dan LAPAN dalam yang telah membantu penulis dalam menyediakan data citra.

#### Daftar Pustaka

- Baja, S. (2012). *Perencanaan tata guna lahan dalam pengembangan wilayah: pendekatan spasial dan aplikasinya*. Yogyakarta: ANDI.
- Basuki, A. Y., Oktaviani, N., & Riqqi, A. (2014). Tata Kelola Basis Data Geospasial Kelautan Berbasis Sistem Grid Skala Ragam (Wilayah Studi : Selat Sunda). *Jurnal Conference on Geospatial Information Science and Engineering*. 1-12.
- Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan Kepala Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Bogor: Badan Informasi Geospasial.
- Badan Informasi Geospasial. (2016). *[DRAFT] Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang I - VI Sumber Data Dan Peta Dasar*. Bogor: Badan Informasi Geospasial.
- Badan Informasi Geospasial. (2016). *Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang Peta Rencana Pola Ruang*. Bogor: Badan Informasi Geospasial.
- Badan Pusat Statistik Kudus. (2020). *Kabupaten Kudus dalam Angka 2020*. Kudus: BPS Kudus.
- Djufry, F., Pasandaran, E., Irawan, B., & Ariani, M. (2019). *Manajemen Sumber Daya Alam dan Produksi Mendukung Pertanian Modern*. Bogor: IPB Press.
- Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kabupaten Kudus. (2012). Peraturan Daerah Nomor 16 Tahun 2012 tentang RTRW Kabupaten Kudus tahun 2012-2032. Kudus: DPRD Kabupaten Kudus.
- Kubangun, S. H., Haridjaja, O. & Gandasasmita, K. (2014). *Model Spasial Bahaya Lahan Kritis Di Kabupaten Bogor. PhD Thesis*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Mather, P. M. (1987). *Computer Processing of Remotely Sensed Data: An Introduction*. 3rd Ed. Chichester: Wiley.
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (1997). Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Peta Dasar Pendaftaran. Jakarta: BPK RI.
- Putri, T., Sudarsono, B., & Amarrohman, F. J. (2020). Analisis Spasial Perkembangan Wilayah Kabupaten Pati Tahun 2030 Menggunakan Model Cellular Automata Markov. *Jurnal Geodesi Undip*. 9. 1-10.
- Sitanala, A. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Sofiyanti. (2010). *Metode Agregasi Sistem Grid Emisi Gas Rumah Kaca untuk Kota Bandung. PhD Thesis*. Fakultas Teknik. Institusi Teknologi Bandung.
- Ujjwal, S. & Paramartha. (2017). *Quantum Inspired Computational Intelligence*. 1<sup>st</sup> Ed. California : Morgan Kaufmann.
- Worldmeter. (2020). *Indonesia Population*: <https://www.worldometers.info/world-population/indonesia-population/>. Diakses Pada 10 November 2021.
- Yunus, H. S. (2000). *Struktur Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pelajar.