

# Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun berbasis Trend dengan Skenario Perlindungan LP2B di Kecamatan Kota Sumenep

Billie Aldero Surya Saputra, Nursakti Adhi Pratomoatmojo, Anoraga Jatayu, Fendy Firmansyah, dan Surya Hadi Kusuma

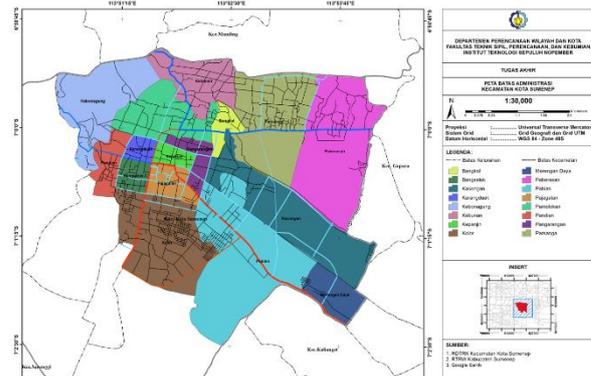
Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail:* pratomoatmojo@urplan.its.ac.id

**Abstrak**—Adanya dinamika yang terjadi pada masyarakat meliputi pertumbuhan penduduk, dan pola pengembangan wilayah terus bertambah, sehingga setiap tahunnya menyebabkan perkembangan lahan terbangun yang tidak dapat dihindari. Lahan pertanian produktif di Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur, makin menyempit. Hal ini, disebabkan oleh tergerusnya lahan pertanian dengan banyaknya perkembangan lahan permukiman. Dengan adanya Peraturan Daerah No. 2 Tahun 2018 Kabupaten Sumenep, tampaknya kondisi LP2B masih diabaikan oleh sejumlah pihak, beberapa dinas masih mengizinkan pengembang untuk membangun perumahan di lahan pertanian yang tergolong LP2B meski PERDA terkait LP2B sudah diresmikan. Tujuan dari penelitian ini untuk memodelkan perkembangan lahan terbangun di Kecamatan Kota Sumenep tahun 2041. Analisis menggunakan pemodelan spasial sangat diperlukan untuk mem-prediksi perkembangan lahan terbangun dengan pendekatan LP2B, sehingga dapat meminimalisir dampak perkembangan lahan terbangun yang akan mengkonversi lahan pertanian pada masa yang akan datang, sebagai gambaran dan masukan kepada pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan. LanduseSim merupakan salah satu perangkat lunak yang memiliki basis pendekatan Cellular Automata yang fungsinya dapat memodelkan perubahan lahan. Dari hasil validasi model didapatkan tingkat akurasi sebesar 89.22 %, dengan kata lain pemodelan yang dilakukan memiliki tingkat akurasi tinggi atau baik. Hasil pemodelan perkembangan lahan menunjukkan Desa Parsanga, Paberasan, dan Kacongan merupakan daerah potensial untuk berkembang. Perkembangan lahan terbangun di Kecamatan Kota Sumenep akan terus bertambah berjalan lurus dengan peningkatan jumlah penduduk. Sehingga eksistensi dari LP2B tetap harus ada, guna menekan tingginya angka konversi terhadap lahan pertanian. Oleh karena itu untuk lokasi LP2B pengganti kedepannya dapat dirumuskan pada desa dengan tingkat potensi berkembang rendah.

**Kata Kunci**—Cellular Automata, LP2B, Perubahan Lahan, Prediksi, Sumenep.

## I. PENDAHULUAN

**A**DANYA dinamika yang terjadi pada masyarakat meliputi pertumbuhan penduduk, dan pola pengembangan wilayah terus bertambah, sehingga setiap tahunnya menyebabkan perkembangan lahan terbangun yang tidak dapat dihindari. Berdasarkan data guna lahan Kecamatan Kota Sumenep tahun 2010-2014, diketahui bahwa guna lahan pertanian produktif di Kecamatan Kota Sumenep mengalami penyusutan sekitar 36,62 Ha dengan rata-rata penyusutan setiap tahunnya sebesar 9,15 Ha atau 1,09% dari luas total [1]. Lahan pertanian produktif di Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur, makin menyempit. Hal ini, disebabkan oleh tergerusnya lahan



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian.

Tabel 1.  
Stakeholder Penelitian

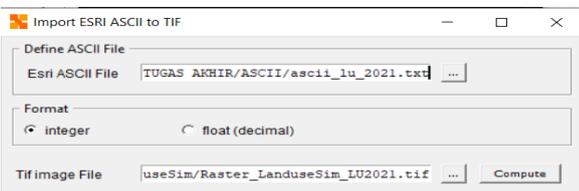
No	Nama	Instansi
1	Suherman	Konsultant CV. Castella
2	Rivan Aji Wahyu Dyan Syafitri	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
3	Hariyanto Effendi	Dinas PU dan Tata Ruang
4	Ilham Akbar Safari	Dinas PU dan Tata Ruang
5	Irfan Nurholis	Bappeda Dinas Pertanian Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan
6	Erfan Evendi	Dinas PU dan Tata Ruang
7	Rifki	Konsultant CV. Castella

pertanian dengan banyaknya perkembangan lahan permukiman. Namun pada kondisi eksistingnya, sektor pertanian di Kabupaten Sumenep masih menjadi sektor utama dan penopang perekonomian masyarakat, berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, sektor pertanian berada pada urutan paling atas dalam kontribusinya terhadap PDRB Kabupaten Sumenep sebesar 33,2%.

Konversi lahan adalah suatu proses perubahan penggunaan lahan dari bentuk penggunaan tertentu menjadi penggunaan lain, contohnya perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun [2]. Perkembangan lahan terbangun pada sebuah umumnya berdampak pada alih fungsi terhadap lahan pertanian, sehingga hal ini merupakan ancaman terhadap kedaulatan pangan, demikian hal tersebut dikhawatirkan akan mengakibatkan penurunan terhadap hasil produksi ketersediaan bahan pangan terutama beras [3]. Alih fungsi lahan pertanian memiliki dampak yang lebih besar terhadap penurunan kapasitas produksi pangan karena proses alih fungsi lahan tersebut biasanya mencakup hamparan lahan yang cukup luas, terutama ditujukan untuk pembangunan Kawasan perumahan [4].

Tabel 2.  
Variabel Diujikan

Indikator	Variabel
	Permukiman
	Perdagangan dan Jasa
	Ketertinggalan
Dinamika Perkembangan Lahan	Pariwisata
	Pendidikan
Karakteristik Masyarakat	Perkantoran
	Pusat Aktivitas Kota
	Tingkat Pendapatan
Infrastruktur	Jaringan Listrik
	Jaringan Jalan Utama (Jalan Arteri, Jalan Kolektor)
	Jaringan Jalan Sekunder (Jalan Lokal, Jalan Lingkungan)
	Jaringan Telekomunikasi
	Jaringan Air Bersih
	Morfologi
	Curah Hujan
Kondisi Kawasan	Jenis Tanah
	Kelerengan
	Ketinggian



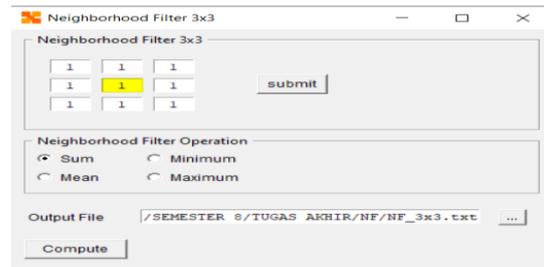
Gambar 2. Konversi Format dari Hasil Analisa Jarak.



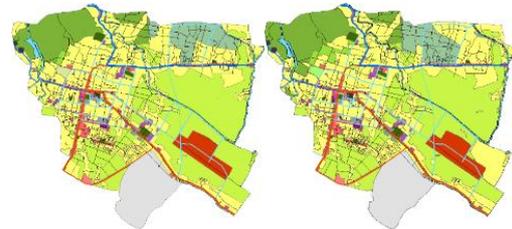
Gambar 3. Hasil *Transition Potential Map with Zoning*.

Penyempitan lahan akan berdampak langsung terhadap volume produksi padi yang dilakukan petani di suatu wilayah. Penyempitan lahan ini juga akan berdampak pada kondisi ekonomi petani [4]. Oleh karena itu, perkembangan lahan terbangun perlu dikendalikan berdasarkan ketentuan dan regulasi setempat, terutama dengan mempertimbangkan untuk melindungi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) yang telah ditetapkan akan potensinya untuk terkonversi menjadi lahan terbangun pada suatu wilayah [5].

Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep No. 2 Tahun 2018 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan pada Kabupaten Sumenep, terdapat sejumlah 14 Kecamatan yang memiliki Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, diantaranya menyebutkan bahwa Kecamatan Kota Sumenep juga memiliki Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan dengan total luas 336 Ha, yang dimana hal ini dilakukan berdasarkan perencanaan lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Penetapan Lahan Pertanian Berkelanjutan pada wilayah tertentu memerlukan perlindungan khusus, dan memungkinkan untuk kawasan tersebut dapat ditetapkan



Gambar 4. *Neighborhood Filter*.



(a) 2021 Eksisting (b) 2021 Simulasi  
Gambar 5. Hasil Validasi Model Simulasi.

Tabel 3.  
Hasil Faktor Berpengaruh terhadap Perkembangan Lahan Terbangun di Kecamatan Kota Sumenep

Indikator	Variabel	
	Permukiman	
	Perdagangan dan Jasa	
	Ketertinggalan	
Dinamika Perkembangan Lahan	Pariwisata	
	Pendidikan	
Karakteristik Masyarakat	Perkantoran	
	Pusat Aktivitas Kota	
	Jaringan Listrik	
Infrastruktur	Jaringan Jalan Utama (Jalan Arteri, Jalan Kolektor)	
	Jaringan Jalan Sekunder (Jalan Lokal, Jalan Lingkungan)	
	Jaringan Air Bersih	
	Morfologi	
	Kelerengan	
	Kondisi Kawasan	Ketinggian

sebagai kawasan startegis daerah. Dengan adanya Peraturan Daerah No. 2 Tahun 2018 Kabupaten Sumenep, tampaknya kondisi LP2B masih diabaikan oleh sejumlah pihak, beberapa dinas masih mengizinkan pengembang untuk membangun perumahan di lahan pertanian yang tergolong LP2B meski PERDA terkait LP2B sudah diresmikan. Meskipun lahan pertanian yang tergolong pada LP2B cenderung sedikit bukan berarti diabaikan, sehingga ditakutkan akan menyebabkan adanya penyusutan lahan pertanian di Sumenep pada kemudian hari. Menurut Kabid Sarpras Dinas Pertanian Kabupaten Sumenep E. Evendi, pada kondisi terkini, pemerintah Kabupaten Sumenep sedang mempertimbangkan untuk menghapuskan keberadaan LP2B di daerah perkotaan yang dimana salah satunya yaitu di Kecamatan Kota Sumenep. Peta wilayah penelitian ada pada Gambar 1.

Dengan adanya fenomena di atas diketahui bahwa analisis menggunakan pemodelan spasial sangat diperlukan untuk mem-prediksi perkembangan lahan terbangun dengan pendekatan LP2B, sehingga dapat meminimalisir dampak perkembangan lahan terbangun yang akan mengkonversi lahan pertanian pada masa yang akan datang [6]. Menimbang perubahan penggunaan lahan yang terus terjadi maka diperlukan pemodelan spasial lahan berbasis prediksi [6–10].

Tabel 4.

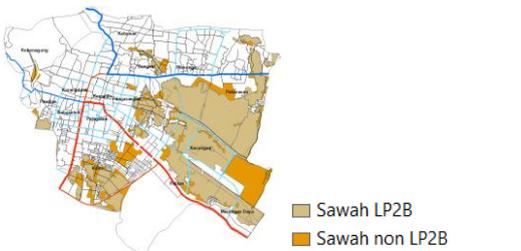
Perbandingan Luas Lahan Permukiman & Perkantoran (2011 – 2021)

Jenis Lahan	Tahun 2011 (Ha)	2021 (Ha)
Permukiman	936.04	1088.84
Perkantoran	31.62	31.62

Tabel 5.

Hasil Perhitungan Kebutuhan Perkembangan Lahan (Cell)

Kode Lahan	Jenis Lahan Terbangun	Jumlah Cell (1 cell = 100 m <sup>2</sup> ) Jenis Pendekatan Trend
11	Perkantoran	0
13	Permukiman	45,840



Gambar 6. Hasil overlay lahan sawah dengan sebaran LP2B.

Cellular Automata (CA) adalah sistem dinamika diskrit dimana ruang dibagi ke dalam bentuk spasial sel teratur dan waktu berproses pada setiap tahapan yang berbeda [11]. Cellular Automata (CA) adalah metode simulasi yang dapat menentukan proses perilaku perubahan suatu sistem. *Cellular Automata* (CA) memiliki lima unsur pembentuk diantaranya sel, kondisi, ketetanggaan, aturan transisi, dan waktu. LanduseSim merupakan salah satu perangkat lunak yang memiliki basis pendekatan *Cellular Automata* yang fungsinya dapat meramalkan / memprediksi perkembangan wilayah melalui simulasi penggunaan lahan [6]. Selain itu LanduseSim juga mampu dalam mengakomodasi pendekatan berbasis *top-down* dan *bottom-up* yang dimana hasil akurasi yang dihasilkan dari hasil simulasi digolongkan tinggi [6], [8], [12].

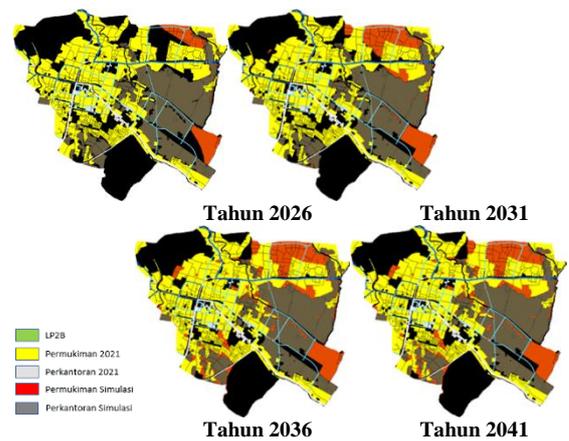
## II. METODE PENELITIAN

### A. Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dibagi menjadi 2 antara lain yaitu, data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melakukan wawancara untuk analisa *Delphi* dan AHP. Sedangkan data sekunder didapatkan dari sumber/badan/instansi penyedia data. Stakeholder penelitian ada pada Tabel 1.

### B. Menemukan faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun di Kecamatan Kota Sumenep

Dalam proses menemukan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lahan terbangun di Kecamatan Kota Sumenep, dilakukan proses pengujian variabel-variabel yang telah diolah dalam bentuk sintesa pustaka, variabel – variabel tersebut diujikan untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya untuk menjadi faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun di wilayah penelitian. Variabel yang diujikan ada pada Tabel 2. Setelah didapatkan faktor – faktor yang berpengaruh selanjutnya faktor tersebut dilakukan pembobotan guna sebagai input pada tahap analisa selanjutnya. Adapun cara dalam menemukan faktor - faktor tersebut adalah menggunakan analisis *Delphi* dan *Analytical*



Gambar 7. Hasil Simulasi Skenario Perlindungan Pendekatan *Trend*.



Gambar 8. Grafik Penurunan Lahan Terkonversi Skenario Perlindungan dengan Pendekatan *Trend* (2021 – 2041).

*Hierarchy Process* (AHP) dengan sasaran analisisnya adalah stakeholder yang telah dianggap sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan [13-14].

### C. Memodelkan kawasan terbangun menggunakan skenario perlindungan dan tanpa perlindungan LP2B

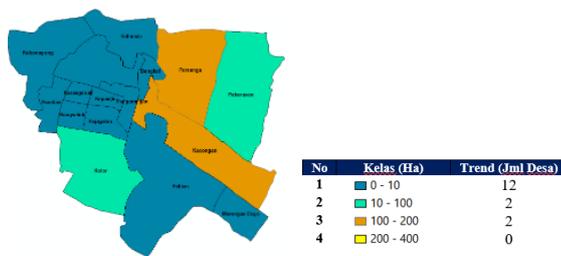
Dalam memodelkan perkembangan lahan terbangun berdasarkan faktor – faktor pendorong digunakan dua skenario utama antara lain yaitu skenario perlindungan dan skenario tanpa perlindungan LP2B, berikutnya akan dilakukan komparasi terhadap arahan LP2B yang ada di Kecamatan Kota Sumenep untuk mengetahui potensi deviasi LP2B di Kecamatan Kota Sumenep. Dalam proses pemodelan dilakukan analisis spasial menggunakan metode *Cellular Automata* dengan bantuan perangkat lunak LanduseSim [15]. Pada saat proses pemodelan nantinya, data penggunaan lahan yang dimodelkan merupakan data penggunaan lahan tahun 2011 dan 2021 Kecamatan Kota Sumenep yang didapatkan dari Dinas terkait. Adapun langkah – langkah yang dilakukan sebagai berikut

#### 1) Prediksi Kebutuhan Lahan

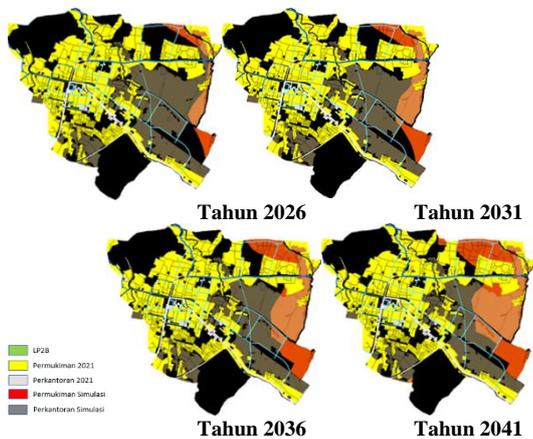
Pada proses ini akan dilakukan analisa prediksi kebutuhan lahan terbangun. Perhitungan kebutuhan lahan terbangun dilakukan dengan melihat trend perkembangan lahan dari tahun 2011 hingga 2021 yang terjadi secara lurus [16–18].

#### 2) Persiapan Data Spasial

Persiapan data spasial yang dimaksud yakni, mengonversi data yang digunakan kedalam format raster dengan besar ukuran cell yang digunakan adalah 10m x 10m = 100m<sup>2</sup>. Ukuran cell dipilih berdasarkan skala wilayah penelitian dan lingkup yang masih bisa di-akomodasi oleh LanduseSim. Langkah selanjutnya yaitu membuat daerah jangkauan melalui analisis berbasis jarak (Euclidian distance).



Gambar 9. Perbandingan Perkembangan Lahan Terbangun berdasarkan Skenario Perlindungan LP2B dengan Pendekatan *Trend*.



Gambar 10. Hasil Simulasi Skenario tanpa Perlindungan Pendekatan *Trend*.

dengan bantuan toolbox LanduseSim berupa *distance of spatial factor*. Setelah itu, data daerah jangkauan dan penggunaan lahan dirubah menjadi bentuk ASCII dengan bantuan toolbox dari LanduseSim berupa Raster to ASCII [15-16].

3) *Import ASCII to TIF*

Pada proses ini data yang digunakan yaitu data ASCII, data tersebut diimport ke TIF, perlu dibedakan formatnya antara integer dan float berdasarkan jenis datanya, dengan tujuan data tersebut dapat diolah pada perangkat lunak LanduseSim. Data penggunaan lahan 2011 dan 2021 menggunakan format integer (bilangan bulat), sedangkan untuk peta berbasis analisa jarak menggunakan format float (desimal) [15]. Konversi format dari hasil Analisa jarak ada pada Gambar 2.

4) *Standarisasi Nilai Fuzzy*

Pada proses ini seluruh faktor yang telah diinput pada proses sebelumnya disertakan nilainya dengan menggunakan *tool fuzzy set* ini. Dengan adanya *tool* ini nilai yang beragam dari analisa jarak bisa disamakan dengan rentang nilai 0 hingga 1. Dalam penelitian ini *tool* yang digunakan yaitu *monotonically decreasing* untuk variabel yang memiliki interpretasi semakin dekat maka akan semakin berpengaruh [15], [16], [18].

5) *Membentuk Suitability Maps*

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan melalui pembobotan dengan rentang 0 – 1 dalam bentuk *cell* raster menggunakan LanduseSim. Semakin besar bobot yang dimiliki, maka semakin besar pula faktor tersebut dalam mempengaruhi perubahan lahan [16].

6) *Membentuk Transition Potential Maps with Zoning*

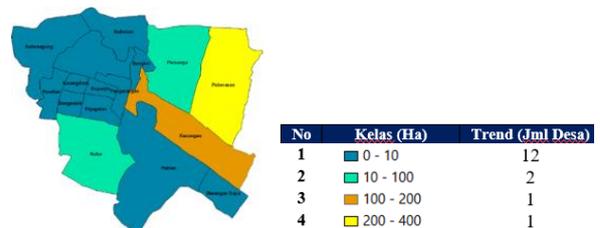
Dalam proses pembentukan peta transisi, bobot dari hasil AHP dan data *fuzzy* dijadikan sebagai input dalam analisis *weighted raster* pada LanduseSim [16], [18]. Karena



Gambar 11. Grafik Penurunan Lahan Terkonversi Skenario Perlindungan dengan Pendekatan *Trend* (2021 – 2041).



Gambar 12. Hasil LP2B Terkonversi berdasarkan Hasil Pemodelan Lahan dengan Skenario Tanpa Perlindungan LP2B berbasis *trend*.



Gambar 13. Perbandingan Perkembangan Lahan Terbangun berdasarkan Skenario tanpa Perlindungan LP2B dengan Pendekatan *Trend*.

berdasarkan hasil analisa *Delphi* didapatkan 17 buah variabel pendorong, maka pada penelitian ini menggunakan *weighted sum* yang ada pada Arcgis 10.3, dengan alasan bahwa perangkat lunak LanduseSim tidak dapat lebih dari 15 data raster untuk mendapatkan hasil peta *suitability*. Hasil *transition potential map with zoning* ada pada Gambar 3.

7) *Membentuk Neighborhood Filter*

Jenis model *neighborhood filter* yang digunakan dalam simulasi ini adalah model 3x3, dimana pada sebuah *cell* memiliki 9 grid yang terdiri dari 3 kolom grid dan 3 baris grid. Pada saat proses pembuatan *neighborhood filter* dilakukan dengan fungsi simulasi SUM, dengan artian bahwa simulasi dilakukan dengan mencari nilai total pada hasil perkalian bobot *neighborhood filter*, nilai peta *suitability neighborhood filter*, dan *neighborhood filter transition potential conversion* [19]. *Neighborhood filter* ada pada Gambar 4.

8) *Membentuk Elastisitas Perubahan Lahan*

Pada proses ini nantinya akan dibentuk nilai elastisitas lahan sebesar 0 (nol) pada masing – masing lahan, hal ini memiliki artian bahwa setiap jenis penggunaan lahan memiliki potensi untuk terkonversi menjadi lahan terbangun yang sama [16].

9) *Menyusun Aturan Transisi*

Pada proses selanjutnya adalah mengatur aturan transisi pada proses simulasi. Aturan transisi memuat antaranya *growth number*, *elasticity land*, dan *weighted raster (Transition Potential Map with Zoning)* [16], [18]. *Growth*

*number* adalah nilai besar pertumbuhan tiap penggunaan lahan yang didapat dari matrix perubahan penggunaan lahan dan pendekatan yang digunakan. Sedangkan *weighted raster* digunakan untuk menginput hasil dari pembobotan variabel terpilih yang diperoleh dari *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang diisi oleh beberapa stakeholder tertentu. *Transition rules* memiliki fungsi sebagai acuan dari adanya transisi perkembangan penggunaan lahan dari tahun ke tahun.

#### 10) Validasi

Teknik validasi yang digunakan dalam hasil pemodelan adalah metode *Event Validity*. *Event Validity* adalah teknik validasi dengan melakukan perbandingan dengan sistem yang telah ada dilapangan [8], [12], [20]. Validasi model lahan terbangun dilakukan dengan membandingkan peta penggunaan lahan eksisting 2021 dengan peta hasil simulasi tahun 2011 yang diproyeksikan ke tahun 2021, yang ada pada Gambar 5. Sehingga akan didapatkan tingkat persentase persamaan pemanfaatan lahan (validasi) dari model, semakin tinggi persentase persamaan pemanfaatan lahan maka semakin valid pula model yang dibuat.

Setelah dilakukan komparasi berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2021 eksisting dengan peta penggunaan lahan 2021 hasil simulasi pemodelan dari tahun 2011, menunjukkan angka validasi sebesar 89.22 %, dengan kata lain bahwa model yang digunakan memiliki tingkat akurasi baik untuk dijadikan sebagian acuan model prediksi perkembangan lahan terbangun di Kecamatan Kota Sumenep kedepannya.

#### 11) Simulasi

Tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi perubahan lahan terbangun berbasis *Cellular Automata* LanduseSim pada penggunaan lahan tahun 2021 dengan *tools LUCC* pada LanduseSim. Algoritma yang bekerja berdasarkan mekanisme penggabungan antara keseluruhan data yang telah didapatkan pada proses sebelumnya mulai dari penggunaan lahan hingga *transition rules* [16]. Hasil dari tahap ini adalah model perkembangan lahan terbangun tahun 2041 di Kecamatan Kota Sumenep.

#### 12) Mengidentifikasi Deviasi LP2B

Tahap terakhir adalah melakukan overlay berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan dengan data sebaran LP2B. Sehingga nantinya diketahui potensi deviasi dari LP2B dari hasil pemodelan yang telah dilakukan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Menemukan Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Lahan Terbangun di Kecamatan Kota Sumenep

Pada bagian ini akan dibahas mengenai faktor yang mempengaruhi lahan terbangun di Kecamatan Kota Sumenep. Faktor didapatkan dari hasil uji variabel – variabel yang telah didapatkan dari berbagai studi literatur tersebut lalu diujikan dengan metode Delphi. Diketahui beberapa faktor yang berpengaruh pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisa *delphi* pada tahap sebelumnya diketahui bahwa, didapatkan faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan terbangun sebanyak 17 faktor. Selanjutnya faktor - faktor tersebut dilakukan pembobotan menggunakan teknik *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Pembobotan ini dilakukan dengan tujuan untuk

mengidentifikasi tingkat pengaruh dari tiap variabel terpilih. Proses pembobotan dilakukan oleh para stakeholder terpilih dari masing – masing instansi sesuai dengan kuisioner sebelumnya.

#### B. Memodelkan Kawasan Terbangun Menggunakan Skenario Perlindungan dan Tanpa Skenario Perlindungan LP2B

Dalam tahap ini akan dilakukan simulasi terkait prediksi perkembangan lahan terbangun yang mencakup penggunaan lahan terbangun perkotaan. Simulasi prediksi perkembangan lahan terbangun dibantu dengan menggunakan perangkat lunak LanduseSim yang berbasis pada penggunaan *cellular automata*. Pada tahap simulasi ini akan memprediksi penggunaan lahan sampai dengan tahun 2041 yang dibagi kedalam 2 skenario, yakni untuk skenario pertama melindungi LP2B dan skenario kedua tanpa perlindungan terhadap LP2B.

##### 1) Analisis Estimasi Kebutuhan Luas Lahan Terbangun

Dalam mendapatkan estimasi kebutuhan luas lahan terbangun pada tahun 2041, dilakukan perhitungan dengan pendekatan berbasis *trend* [7-8]. Pendekatan kebutuhan lahan berbasis *trend* didapatkan dari hasil perubahan lahan dari tahun 2011 hingga 2021 yang ada pada Tabel 4 dengan asumsi lahan terus tumbuh secara lurus. Hasil perhitungan kebutuhan perkembangan lahan (*cell*) ada pada Tabel 5.

##### 2) Hasil perbandingan lahan sawah dengan sebaran LP2B

Data sebaran LP2B yang telah didapatkan dari dinas terkait sebelumnya, selanjutnya dilakukan analisa GIS (*overlay*) untuk mengetahui persentase lahan pertanian yang termasuk dalam zona dilindungi (LP2B). Hasil *overlay* lahan sawah dengan sebaran LP2B ada pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa keberadaan LP2B di Kecamatan Kota Sumenep sebesar 73,71% dari total keseluruhan lahan sawah yang tersedia.

##### 3) Hasil Simulasi Prediksi Spasial Perkembangan Lahan

Pemodelan penggunaan lahan di-analisis menggunakan perangkat lunak LanduseSim dengan iterasi per-tahun sampai pada tahun 2041. Namun peta yang ditampilkan berdasarkan *time series* selama 5 tahun agar terlihat perbedaannya secara signifikan.

#### 1. Skenario Perlindungan Sawah dengan LP2B

##### a. Pendekatan Trend

Hasil simulasi scenario perlindungan pendekatan *trend* ada pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 8, diketahui bahwa lahan sawah pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 185.8 ha. Sedangkan lahan perkebunan pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 133.2 ha. Diketahui bahwa dengan adanya pembatasan perkembangan lahan terbangun pada zona LP2B, adanya perkembangan lahan terbangun berdampak akan mengkonversi terhadap lahan perkebunan dengan skala perbandingan yang hampir sama besarnya dengan lahan sawah, konversi tersebut terjadi di Desa Paberasan dan Parsanga. Rincian lahan tak terbangun yang mengalami penurunan antara lain yaitu, lahan sawah pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 58.26 ha, dan lahan perkebunan pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 54.27 ha.

##### b. Perkembangan Lahan Terbangun per-Desa Tahun 2041

Pada pendekatan berbasis *trend*, desa dengan perkembangan lahan terbangun paling signifikan berada di Desa Parsanga dan Kacongan dengan perkembangan lahan tinggi berkisar sebesar 100 – 200 Ha; lalu Desa Paberasan dan Kolor dengan perkembangan lahan terbangun sedang berkisar sebesar 10 – 100 Ha pada 20 tahun pemodelan. Perbandingan perkembangan lahan terbangun berdasarkan scenario perlindungan LP2B dengan pendekatan *trend* ada pada Gambar 9.

## 2. Skenario tanpa Perlindungan LP2B

### a. Pendekatan Trend

Hasil simulasi scenario tanpa perlindungan pendekatan *trend* ada pada Gambar 10. Berdasarkan Gambar 11, diketahui bahwa lahan sawah pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 347.07 Ha. Sedangkan lahan perkebunan pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 111.62 Ha. Lalu untuk lahan penggarapan pada tahun 2041 mengalami penurunan sebesar 1.23 Ha.

### b. Konversi terhadap LP2B

Pemodelan dengan skenario tanpa perlindungan LP2B berbasis pendekatan *trend* banyak mengkonversi LP2B. Pada hasil simulasi dengan skenario tanpa perlindungan berbasis pendekatan *trend*, pola perkembangannya yang mengkonversi LP2B berpusat pada Desa Paberasan dan sedikit pada Desa Kacongan dengan luas total sebesar 249.33 Ha. Hasil LP2B terkonversi berdasarkan hasil pemodelan lahan dengan scenario tanpa perlindungan LP2B berbasis *trend* ada pada Gambar 12.

### c. Perkembangan Lahan Terbangun per-Desa Tahun 2041

Pada skenario tanpa perlindungan LP2B berbasis pendekatan *trend*, desa dengan perkembangan lahan terbangun paling signifikan berada di Desa Paberasan dengan perkembangan lahan sangat tinggi berkisar sebesar 200 – 400 Ha; Desa Kacongan dengan perkembangan lahan terbangun tinggi berkisar sebesar 100 – 200 Ha; lalu Desa Parsanga dan Kolor dengan perkembangan lahan terbangun sedang berkisar sebesar 10 – 100 Ha pada 20 tahun pemodelan. Perbandingan perkembangan lahan terbangun berdasarkan scenario tanpa perlindungan LP2B dengan pendekatan *trend* ada pada Gambar 13.

## IV. KESIMPULAN

Didapatkan beberapa faktor yang mempengaruhi akan terjadinya perkembangan lahan terbangun antara lain yaitu kedekatan dengan pusat aktivitas kota, permukiman, jaringan jalan utama, pendidikan, transportasi, jaringan listrik, perdagangan dan jasa, perkantoran, harga lahan, jaringan air berish, jaringan jalan sekunder, kelerengan, RTH (taman rekreasi), ketetangaan, morfologi, pariwisata, dan ketinggian.

Hasil dari pemodelan spasial berbasis *cellular automata* di-validasi dengan metode *event validity* dengan membandingkan lahan tahun 2021 eksisting dan lahan tahun 2021 hasil simulasi dari tahun 2011. Dari hasil validasi tersebut didapatkan tingkat akurasi sebesar 89.22 %, dengan kata lain model dapat dikatakan baik. Berdasarkan hasil pemodelan dengan kedua skenario, diketahui bahwa lahan terbangun mengkonversi lahan tak terbangun perkebunan dan

sawah. Sehingga diketahui bahwa terdapat penurunan lahan sawah dan perkebunan pada masing – masing simulasi yang telah dilakukan. Namun pada skenario perlindungan, dengan adanya pembatasan perkembangan lahan terbangun pada zona LP2B mengakibatkan adanya konversi terhadap lahan perkebunan yang skala perbandingannya sama tingginya dengan lahan sawah.

Berdasarkan hasil pemodelan dengan skenario perlindungan LP2B diketahui bahwa keberadaan LP2B pada 20 tahun mendatang tidak akan terkonversi oleh adanya perkembangan lahan terbangun, hal ini disebabkan perkembangan lahan menjauhi zona LP2B. Sedangkan hasil pemodelan tanpa skenario perlindungan LP2B, lahan terbangun menyebabkan tingginya angka konversi terhadap lahan pertanian terutama pada LP2B, hal ini disebabkan oleh perkembangan lahan dapat berkembang secara bebas di zona LP2B.

Berdasarkan hasil pemodelan diketahui bahwa perkembangan lahan terbangun yang signifikan berada di Desa Parsanga, Paberasan, dan Kacongan. Sehingga dapat diketahui bahwa 3 desa tersebut merupakan daerah potensial bagi lahan terbangun untuk berkembang, lalu untuk lokasi penetapan LP2B pengganti dapat dirumuskan pada Desa yang memiliki tingkat potensi lahan terbangun untuk berkembang kecil antara lain yaitu, Desa Pabian, Marengan Daya, dan Kebonagung. Perkembangan lahan terbangun terutama permukiman di kawasan perkotaan akan terus bertambah berjalan lurus dengan meningkatnya jumlah penduduk. Perkembangan lahan terbangun akan terus berdampak dalam mengkonversi lahan tak terbangun. Sehingga eksistensi LP2B tetap harus ada di wilayah penelitian, guna menekan tingginya angka konversi lahan terbangun terhadap lahan tak terbangun terutama pada lahan pertanian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. E. Sasongko, Wisnu and Safari, Ilham Akbar and Sari, "Konversi lahan pertanian produktif akibat pertumbuhan lahan terbangun di kecamatan kota Sumenep," *Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, Universitas Brawijaya, vol. 6, no. 1, pp. 15–26, 2017.
- [2] P. B. Mustopa, Zaenil and Santosa, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Alih Fungsi Lahan Pertanian di Kabupaten Demak," *Departemen Ekonomi*, Universitas Diponegoro, 2011.
- [3] B. Irawan, "Konversi Lahan Sawah: Potensi Dampak, Pola Pemanfaatannya, dan Faktor Determinan," *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 2005, pp. 1–18.
- [4] S. Irawan, Bambang and Friyatno, "Dampak konversi lahan sawah di Jawa terhadap produksi beras dan kebijakan pengendaliannya," *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 2002.
- [5] B. Sumaryanto, S. Friyatno and Irawan, "Konversi Lahan Sawah ke Penggunaan Non Pertanian dan Dampak Negatifnya," *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*, 2005, pp. 1–18.
- [6] N. A. Pratomoatmojo, "LanduseSim sebagai Aplikasi Pemodelan dan Simulasi Spasial Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Sistem Informasi Geografis dalam Konteks Perencanaan Wilayah dan Kota," *Seminar Nasional CITIES 2014*, 2014, pp. 67–79.
- [7] Z. Burhan, Issana Meria and Achmad, Ashfa and Rizkiya, Putra and Hasan, "Forecasting the Land Use Change of Urban Coastal Area in Banda Aceh and Its Impact on Urban Sustainability Using LandUseSIM Cellular Automata Simulation Model," *Aceh International Journal of Science Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 120–131, 2020.
- [8] C. Syafitri, Rivan Aji Wahyu Dyan and Susetyo, "Pemodelan pertumbuhan lahan terbangun sebagai upaya prediksi perubahan lahan pertanian di Kabupaten Karanganyar," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 255–262, 2019.
- [9] N. A. Lestari, Windy and Pratomoatmojo, "Pemodelan spasial prediksi perkembangan kawasan permukiman berbasis *cellular automata* dengan pendekatan kependudukan di Surabaya Timur," *Jurnal Teknik*

- ITS, vol. 8, no. 2, pp. 150–155, 2020.
- [10] N. A. Septawicaksono, Dwiky Satrio and Pratomoatmojo, “Prediksi perkembangan pemukiman berbasis cellular automata dengan batasan kawasan rawan banjir di perkotaan Kabupaten Bojonegoro,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 131–137, 2020.
- [11] P. K. Mondal, Md Surabuddin and Sharma, Nayan and Kappas, Martin and Garg, “Ca markov modeling of land use land cover change predictions and effect of numerical iterations, image interval (time steps) on prediction results,” *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 43, pp. 713–720, 2020.
- [12] D. Al-Darwish, Yazid and Ayad, Hany and Taha, Dina and Saadallah, “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*, vol. 57, no. 4, pp. 2887–2895, 2018.
- [13] R. W. Saaty, “The analytic hierarchy process—what it is and how it is used,” *Mathematical Model*, vol. 9, no. 3–5, pp. 161–176, 1987.
- [14] A. Satryanto, Rizki and Pamungkas, “Analisa Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengembangan Kawasan Wisata Bahari Lhok Geulumpang, Aceh Jaya,” *Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Jurnal Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 6–10, 2015.
- [15] N. A. Pratomoatmojo, “LanduseSim Practice: Spatial Modeling of Settlement and Industrial Growth by Means of Cellular Automata and Geographic Information System,” *Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*, 2016.
- [16] N. A. Pratomoatmojo, “LanduseSim Algorithm: Land Use Change Modelling by Means of Cellular Automata and Geographic Information System,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, p. 012020.
- [17] N. A. Pratomoatmojo, “LanduseSim Methods: Land Use Class Hierarchy for Simulations of Multiple Land Use Growth,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, p. 012023.
- [18] N. A. Pratomoatmojo, “Permodelan perubahan penggunaan lahan berbasis cellular automata dan sistem informasi geografis dengan menggunakan LanduseSim,” *Jurnal Penataan Ruang*, vol. 13, no. 1, pp. 25–29, 2018.
- [19] N. A. Pratomoatmojo, “Land Use Change Modelling Under Tidal Flood Scenario by Means of Markov-Cellular Automata in Pekalongan Municipal,” *Departemen Geografi, Universitas Gadjah Mada*, 2012.
- [20] R. Sargent, “Verification and Validation of Simulation Models,” *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, 2005, vol. 166.