

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Sekitar 50% penduduk dunia tinggal di pusat kota dan diproyeksikan bahwa pertumbuhan penduduk di masa depan akan terjadi di daerah perkotaan (Cohen, 2003; McGranahan & Satterthwaite, 2003; Satterthwaite, McGranahan, & Tacoli, 2010). Pada tahun 2033 diperkirakan jumlah populasi manusia sebanyak 6,29 miliar jiwa (*United Nations*, 2010 dalam Arsanjani, Fibæk, & Vaz, 2018) dan pada 2050 diperkirakan akan meningkat sebesar dua per tiga dengan 90% peningkatan terjadi di daerah perkotaan di Asia dan Afrika (*United Nations Population Division*, 2015 dalam Arsanjani, Fibæk, & Vaz, 2018). Laporan dari Bank Dunia (2010) juga menguatkan kondisi serupa di Indonesia, bahwa diperkirakan penduduk Indonesia yang tinggal di perkotaan sebanyak 68% pada tahun 2025. Kecenderungan masyarakat untuk bertempat tinggal mendekati pusat kota menyebabkan perluasan daerah perkotaan yang mengubah tatanan fisik dan kualitas lingkungan, terutama di daerah peri urban yang merupakan pinggiran kota. Di negara-negara berkembang, pertumbuhan daerah peri urban menjadi isu penting karena laju urbanisasi yang terus meningkat (Cohen, 2006). Saat ini daerah pinggiran kota menjadi tujuan utama masyarakat sebagai lokasi bertempat tinggal dikarenakan ketersediaan lahan yang semakin sedikit dan harga tanah di tengah kota yang semakin mahal (Prihatin, 2015). Urbanisasi pada dasarnya terjadi karena proses pertumbuhan industri dan pembangunan ekonomi, yang menyebabkan aglomerasi kepadatan populasi di lingkungan perkotaan (Wei, Taubenböck, & Blaschke, 2017).

Seiring dengan peningkatan ekonomi dan perbaikan infrastruktur, laju pertumbuhan kota di luar Jawa juga semakin cepat, termasuk ibukota Provinsi Jambi, yaitu Kota Jambi. Pertumbuhan ekonomi Kota Jambi dapat dilihat dari Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang terus mengalami peningkatan. Pada

tahun 2008, nilai PDRB tanpa migas sebesar 6,57%, pada tahun 2012 naik menjadi 7,37%, kemudian naik lagi menjadi 7,47% pada tahun 2015. Akibatnya, pembangunan fisik terus berlanjut dan semakin berkembang hingga menembus batas administrasi Kota Jambi. Hal ini dapat dilihat dari adanya konsentrasi ekonomi baru akibat adanya pusat pertumbuhan yang muncul, seperti Universitas Jambi dan *real estate* Ciputra di Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi. Pembangunan di Kota Jambi juga akan terus meningkat dengan adanya proyek pembangunan jalur kereta api lintas timur yang menghubungkan Palembang – Jambi – Riau. Stasiun kereta api yang akan dibangun direncanakan berada di Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi (www.metrojambi.com). Perluasan fisik kota yang jauh melampaui batas administrasi dikenal dengan *under bounded city* dan dapat menimbulkan permasalahan dalam pengaturan pembangunan di daerahnya.

Kabupaten Muaro Jambi sebagai daerah penyangga Kota Jambi memanfaatkan sebagian daerahnya yang berbatasan dengan Kota Jambi sebagai potensi sektor ekonomi perkotaan. Sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi, yakni dari 5,24% pada tahun 2015 menjadi 5,43% pada tahun 2016, pusat-pusat pemukiman baru telah tumbuh dan mampu meningkatkan aktivitas ekonomi di daerah perbatasan Kota Jambi dan Muaro Jambi. Di sisi lain, Kabupaten Muaro Jambi merupakan penyumbang PDRB tertinggi ketiga untuk sektor pertanian bagi Provinsi Jambi, yakni sebesar 44,55%. Laju perluasan fisik kota yang terus meningkat dapat mengancam keberlanjutan kegiatan pertanian akibat adanya konversi penggunaan lahan. Perubahan kondisi daerah akan terus berlanjut dan yang terpenting adalah keberlanjutan perubahan tersebut harus diperhitungkan sejauh mungkin (Ward, Murray, & Phinn, 2003) karena pertumbuhan yang tidak direncanakan merupakan salah satu faktor yang bertanggungjawab akan timbulnya berbagai permasalahan yang mengarah pada pembangunan yang tidak berkelanjutan (Jat, Choudhary, & Saxena, 2017).

Model ekspansi fisik kota yang dinamis mampu menggambarkan proses urbanisasi, memproyeksikan dinamika spasio temporalnya, dan memberikan informasi yang berguna mengenai implikasi urbanisasi yang akan terjadi (Wu et.al, 2010), serta terbukti bermanfaat untuk pengambilan keputusan perencanaan kota (Fuglsang, et.al. 2013; Gharbia et.al, 2016; Leao et.al., 2004; Lin, 2014). Model

perubahan penggunaan lahan memainkan peran penting dalam mempelajari pengaruh dinamika perkotaan di daerah sekitarnya (Newland et.al., 2018) dan model *Cellular Automata* mampu memodelkan sifat kota yang dinamis ke dalam model yang realistis (Maithani, 2010). Prediksi perkembangan fisik kota diawali dengan penelitian terhadap tren pembangunan dalam kurun waktu tertentu dengan membandingkan citra satelit untuk mengamati perkembangan pola kawasan daerah terbangun. Model spasial perluasan fisik kota dibutuhkan sebagai bahan masukan dasar bagi pembuat kebijakan dalam merencanakan pembangunan di Kota Jambi dengan mempertimbangkan prediksi perkembangan perubahan tutupan lahan.

Dalam memodelkan perkembangan fisik kota tidak terlepas dari pemrosesan dan analisis spasial berbasis perangkat SIG (Al-shalabi et.al., 2013). Dikarenakan pemodelan *Cellular Automata* berbasis pada data raster, maka perangkat SIG berperan untuk menyediakan data masukan bagi *Cellular Automata*. Analisis SIG digunakan untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan pada periode waktu tertentu. Berdasarkan perangkat SIG dan algoritma *Cellular Automata*, penelitian ini bermaksud untuk memodelkan perkembangan fisik Kota Jambi dan memprediksi perluasannya ke daerah perbatasan Kabupaten Muaro Jambi.

1. 2. Pertanyaan Penelitian

Setelah ditetapkannya desentralisasi dan otonomi daerah pasca era reformasi, pembangunan yang awalnya terpusat di Jawa mulai merambah di luar pulau Jawa, salah satunya di Kota Jambi. Kegiatan perekonomian di bidang perdagangan dan jasa mampu meningkatkan pembangunan di Kota Jambi. Pada akhirnya, tingginya laju urbanisasi menyebabkan pertumbuhan kota yang jauh melampaui batas administrasinya sendiri.

Adanya pusat-pusat pertumbuhan baru di pinggiran perkotaan menyebabkan konsentrasi pembangunan tidak hanya di inti kota saja, sehingga diharapkan terjadi pemerataan pembangunan dan ekonomi di beberapa daerah. Di sisi lain, perkembangan perkotaan ke luar batas administrasi juga menimbulkan kekhawatiran mengenai fenomena *under bounded city* yang menyebabkan pemerintah daerah kesulitan dalam mengatur pertumbuhan perkotaan di luar wilayahnya. Posisi geografis Kabupaten Muaro Jambi yang mengelilingi Kota

Jambi juga menumbuhkan potensi sektor ekonomi perkotaan di daerah yang berbatasan dengan Kota Jambi. Pertumbuhan perkotaan tersebut mengancam perubahan penggunaan lahan berupa sawah yang merupakan sektor ekonomi unggulan Kabupaten Muaro Jambi. Kota Jambi dan bagian dari Kabupaten Muaro Jambi yang berbatasan langsung dengan Kota Jambi.

Pada saat ini penyusunan rencana tata ruang di kalangan birokrasi tidak melibatkan proses prediksi perkembangan kota. Dengan semakin baik dalam memprediksi perubahan penggunaan lahan di masa yang akan datang, maka diharapkan *planner*, para ahli, dan *stakeholder* terkait dapat mencegah segala kemungkinan dampak negatif yang akan terjadi. Dengan demikian, suatu pemodelan prediksi perkembangan kota diperlukan untuk memberikan gambaran yang akurat mengenai proyeksi pola perkembangan fisik kota di masa yang akan datang. Berdasarkan uraian tersebut, maka dirumuskan pertanyaan penelitian ini adalah “*Bagaimana pola perkembangan fisik Kota Jambi dan sekitarnya di tahun 2033?*”.

Pemodelan prediksi perkembangan kota dapat diperoleh dengan menerapkan algoritma *Cellular Automata*, yakni dengan memodelkan perubahan tutupan lahan. *Cellular Automata* merupakan suatu algoritma yang memiliki keunggulan dalam kemudahan, kemampuan evolusi sel, dan kesederhanaan struktur dinilai bisa menggambarkan perkembangan dinamis kota. Untuk menghasilkan model yang realistis maka dapat disertakan faktor pendorong dan penghambat perkembangan fisik kota yang melibatkan penilaian ahli dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

Penentuan tahun 2033 sebagai proyeksi perkembangan fisik Kota Jambi dikarenakan sebagai tahun akhir RTRW Kota Jambi yang berlaku untuk tahun 2010 – 2033. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi *tool* bagi *stakeholder* terkait, khususnya dalam lingkup Provinsi Jambi, dalam mengevaluasi susunan RTRW yang telah dan akan dibuat.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan spasial prediksi perkembangan fisik Kota Jambi dengan menerapkan algoritma *Cellular Automata*

dan mengkaji proyeksi pola perkembangan fisik Kota Jambi dan sekitarnya pada tahun 2033. Basis model yang disimulasikan berdasarkan pertumbuhan alami atau berbasis tren dalam rentang waktu tahun 2000 hingga 2016. Pemodelan yang dibangun tidak terlepas dari perangkat SIG. Perangkat SIG yang digunakan berperan sebagai kontrol data masukan dan analisis keluaran dari model *Cellular Automata*. Hasil dari pemodelan spasial prediksi perkembangan fisik Kota Jambi diharapkan dapat menjadi salah satu dasar pertimbangan dalam penyusunan RTRW.

1. 4. Sasaran Penelitian

Terkait dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka ada beberapa sasaran penelitian yang ingin diperoleh, antara lain:

- a. Mengkaji dua peta tutupan lahan pada tahun 2000 dan 2016 untuk menentukan besaran pertumbuhan lahan terbangun.
- b. Melakukan pembobotan terhadap faktor-faktor pendorong pertumbuhan fisik Kota Jambi (*driven factor*) dan mengidentifikasi faktor penghambat (*constraint*) yang menentukan perkembangan fisik kota.
- c. Membangun model spasial prediksi perkembangan fisik Kota Jambi tahun 2033, serta mengkaji kecepatan dan arah kecenderungan perkembangan fisik Kota Jambi.
- d. Mengkaji kesesuaian model prediksi terhadap pola ruang RTRW Kota Jambi pada tahun 2013-2033 dan pola ruang RTRW Kabupaten Muaro Jambi tahun 2014-2034.

1. 5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dua manfaat, yakni sumbangsih bagi lingkungan akademik (teoritis) dan praktis.

1.5.1. Manfaat Teoritis

- a. Memberikan pemahaman mengenai pola pertumbuhan kota yang menembus batas administrasi (*under bounded city*) di Kota Jambi.
- b. Memberikan penjelasan mengenai pembangunan model spasial perkembangan fisik kota berbasis *Cellular Automata*.

- c. Memberikan pemahaman mengenai faktor-faktor pendorong dan penghambat pertumbuhan fisik suatu kota.

1.5.2. Manfaat Praktis

- a. Mengevaluasi RTRW yang telah dibuat berdasarkan model spasial perkembangan fisik Kota Jambi pada tahun 2033, sehingga pemerintah dapat merumuskan kebijakan yang tepat dalam menangani isu urbanisasi yang terus meningkat.
- b. Memberikan pemahaman kepada *stakeholder* terkait mengenai arti penting simulasi prediksi perubahan penggunaan lahan dalam menyusun RTRW agar perencanaan yang disusun lebih akurat.

1. 6. Ruang Lingkup Penelitian

1.6.1. Ruang Lingkup Substansi

Ruang lingkup substansi merupakan batasan-batasan penelitian yang digunakan untuk memperoleh tujuan yang ingin dicapai.

- a. Fokus penelitian ini adalah mengenai perkembangan fisik kota, sehingga obyek yang diidentifikasi adalah lahan terbangun dan dianalisis secara spasial. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 7645:2010 tentang Tutupan Lahan, lahan terbangun terdiri atas permukiman, bangunan, industri, jaringan listrik tegangan tinggi, bandar udara, pelabuhan laut, jaringan jalan, dan jaringan jalan kereta api.
- b. Dalam mendefinisikan faktor pendorong, pusat layanan pendidikan diwakili oleh universitas atau perguruan tinggi, pusat layanan kesehatan diwakili oleh rumah sakit, dan sarana transportasi mencakup terminal, pelabuhan, dan bandara. Sedangkan pusat pemerinthan diwakili oleh kantor gubernur, kantor walikota dan bupati, serta kantor camat.
- c. Data yang digunakan adalah citra satelit Landsat 5 tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2016 dengan ketelitian 30 m x 30 m yang menitikberatkan pada pengamatan pola perkembangan lahan terbangun. Citra satelit Landsat 7 dapat diunduh pada situs www.earthexplorer.usgs.gov.

- d. Algoritma *Cellular Automata* merupakan suatu metode simulasi perubahan tutupan lahan yang berbasis pada sel, sehingga penghitungan luas lahan terbangun didasarkan pada raster.
- e. Model spasial yang dibangun berbasis pada tren pertumbuhan alami sehingga peta tutupan lahan yang digunakan berupa *time series*. Nilai *growth cell* yang digunakan berdasarkan pengamatan terhadap dua buah peta tutupan lahan pada tahun 2000 dan 2016.
- f. Dalam membentuk peta potensi transisi, menggunakan pembobotan yang diperoleh dari penilaian ahli (*expert judgement*) dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*).
- g. Dalam membangun model simulasi, penggunaan lahan yang bersifat fungsi aktif adalah lahan terbangun dan dibatasi oleh variabel faktor penghambat pertumbuhan fisik kota.

1.6.2. Ruang Lingkup Wilayah



Sumber: Bappeda Kota Jambi (2018)

GAMBAR 1.1
POSISI RELATIF KOTA JAMBI

Gambar 1.1 menunjukkan posisi relatif Kota Jambi terhadap Kabupaten Muaro Jambi. Penelitian ini berfokus pada perkembangan fisik Kota Jambi yang memungkinkan adanya pertumbuhan morfologi fisik batas kota yang menembus batas administrasi, sehingga pemodelan tidak sebatas pada batas yuridis administratif Kota Jambi. Daerah yang mengalami pengaruh langsung dan terbesar dari ekspansi fisik Kota Jambi adalah Kabupaten Muaro Jambi, yakni kecamatan-kecamatan yang berbatasan langsung dengan Kota Jambi. Kawasan permukiman

perkotaan akan terus bertumbuh di daerah perbatasan antara Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi dikarenakan adanya kecenderungan masyarakat untuk tinggal di daerah pinggiran kota.

Perkembangan fisik Kota Jambi diprediksi akan meluas hingga Kabupaten Muaro Jambi. Hal ini didukung oleh adanya potensi sektor ekonomi perkotaan di Kabupaten Muaro Jambi yang berada di daerah perbatasan Kota Jambi – Kabupaten Muaro Jambi dan di sepanjang koridor pusat-pusat pemukiman menuju pusat Kota Jambi. Adapun pusat-pusat pemukiman di Kabupaten Muaro Jambi, antara lain berada di Desa Pudak, Jambi Kecil, Kemingking Dalam, Sungai Gelam, Pijoan, Sengeti, dan Sebapo. Pusat-pusat pemukiman tersebut berlokasi paling dekat dengan Kota Jambi dan merupakan ibukota dari Kecamatan Kumpeh Ulu, Maro Sebo, Taman Rajo, Sungai Gelam, Mestong, Sekernan, dan Jambi Luar Kota.



Sumber: Bappeda Kota Jambi (2018)

GAMBAR 1.2
CAKUPAN WILAYAH PENELITIAN

Ibukota kecamatan dan ibukota Kabupaten Muaro Jambi menjadi pusat pelayanan wilayah di mana banyak terdapat fasilitas pelayanan barang dan jasa. Jenis perdagangan dan jasa yang berkembang berupa perdagangan umum yang sering ditemui di kawasan perkotaan, seperti pasar, pertokoan, bengkel, rumah makan, dan lain-lain. Pemerintah Kabupaten Muaro Jambi menetapkan tujuh kecamatan yang telah disebutkan sebagai potensi ekonomi sektor perkotaan dan

dalam penelitian ini ditetapkan sebagai batasan area penelitian perkembangan fisik Kota Jambi yang berpotensi menembus batas yuridis administratif.

Area penelitian didasarkan pada batas administrasi dan tingkat administrasi terkecil berupa desa/ kelurahan. Wilayah penelitian ini mencakup 18 kecamatan dan 102 desa/kelurahan yang berada di Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi. Cakupan wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.2.

1. 7. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan proyeksi spasial dan dinamika perkembangan fisik Kota Jambi di masa yang akan datang dengan pendekatan yang serealistis mungkin, namun ada keterbatasan terkait metode maupun data yang menyebabkan adanya ketidaksesuaian *output* yang diharapkan.

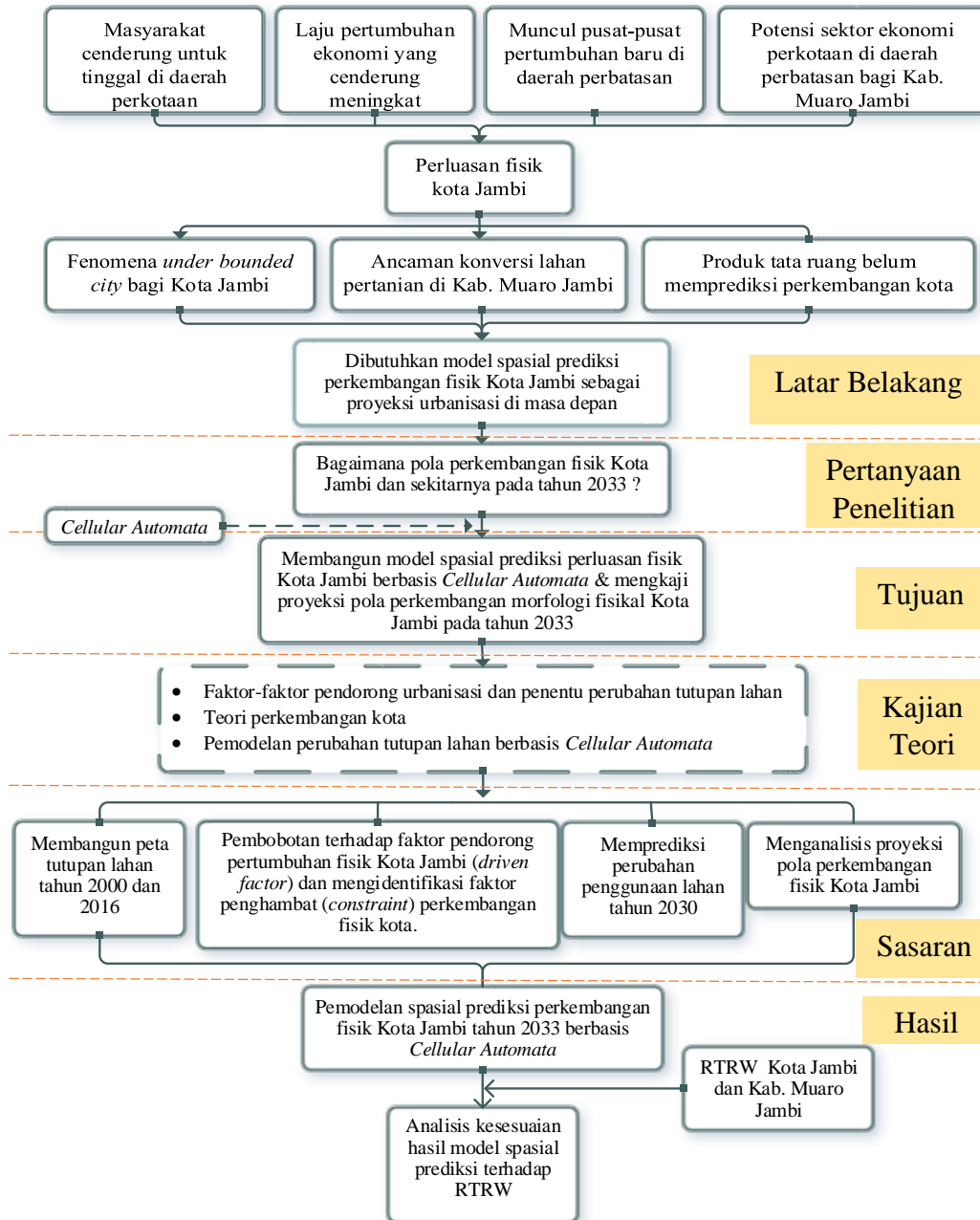
Hasil dari penelitian ini adalah pemodelan spasial perkembangan fisik Kota Jambi dengan data masukan utama yang digunakan adalah citra satelit Landsat dengan resolusi spasial sebesar 30 meter. Dengan ketelitian yang cukup rendah, pemodelan yang dihasilkan tidak mampu menyajikan informasi perubahan penggunaan lahan dalam skala detil, melainkan berupa informasi tutupan lahan yang diwakili oleh lahan terbangun (*builtup*) dan lahan non terbangun (*non builtup*).

Citra satelit Landsat yang digunakan sebagai basis klasifikasi tutupan lahan diunduh dari laman resmi USGS (*United States Geological Survey*) berupa citra *time series*, yakni tahun 2000 dan 2016. Pemilihan tahun tersebut dikarenakan pertimbangan prioritas kualitas citra satelit yang bebas awan. Hal ini berkaitan dengan proses selanjutnya yakni interpretasi citra satelit secara otomatis dengan algoritma NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) sehingga dibutuhkan data masukan yang benar-benar baik dan bebas dari gangguan berupa awan.

Pemilihan tahun 2000 dan 2016 berimbas pada rentang waktu yang cukup jauh dalam mengamati perkembangan fisik Kota Jambi sebagai basis pemodelan. Algoritma *Cellular Automata* mensyaratkan *growth cell* sebagai target pertumbuhan di dalam proses aturan transisi, sedangkan penelitian ini berbasis pada tren pertumbuhan alami, sehingga *growth cell* yang didapat diperoleh dari rata-rata pertumbuhan lahan terbangun tiap tahun dari rentang waktu tahun 2000 hingga tahun 2016. Kemungkinan adanya fluktuasi besaran lahan terbangun di antara

kurun waktu tersebut tidak diperhatikan dan pertumbuhan lahan terbangun dalam proyeksi pemodelan tiap tahun dianggap konstan.

1. 8. Kerangka Pikir Penelitian



Sumber: Hasil Analisis (2018)

GAMBAR 1.3
KERANGKA PIKIR PENELITIAN

1. 9. Keaslian Penelitian

Cellular Automata banyak digunakan oleh peneliti dalam membangun model spasial yang menggambarkan pertumbuhan kota yang realistis. Maithani (2010) menerapkan model *Cellular Automata* untuk mensimulasikan pertumbuhan kota Saharanpur di India menggunakan metode *Multi Criteria Evaluation* (MCE). Metode ini digunakan karena dianggap mampu memodelkan pertumbuhan dinamis perkotaan. Data yang digunakan adalah citra satelit IRS dengan skala 1: 12.500 pada tahun akuisisi 1993 hingga 2001. Penulis mendefinisikan faktor kedekatan terhadap jalan (kurang dari 500 m), jarak ke inti kota (kurang dari 500 m), lingkungan bersebelahan, dan ketersediaan lahan *non-built up* sebagai faktor pendorong. Sedangkan faktor penghambat yang digunakan adalah tanah pemerintah, badan air, dan *restricted area*. Hasil kalibrasi terhadap model simulasi tahun 2011 yang diperoleh sebesar 0,65.

Gharbia et.al, (2016) melakukan simulasi proyeksi penggunaan lahan di River Shannon Basin di Irlandia. Penulis mengamati perubahan penggunaan lahan selama 22 tahun, yakni dari tahun 1990 hingga 2012, menggunakan peta vektor CORINE (*Co-Ordinated Information on the Environment*) yang diperoleh dari EC (*European Community*) dengan resolusi spasial sebesar 100 m. Sedangkan DEM (*Digital Elevation Model*) yang diperoleh dari Eurosat digunakan untuk *generate* peta kemiringan tanah memiliki resolusi spasial sebesar 25 m. Jenis penggunaan lahan yang menjadi obyek simulasi adalah lahan terbangun, badan air, *wetland*, hutan, dan pertanian. Faktor pendorong (*driving factors*) yang digunakan adalah kedekatan terhadap jalan arteri dan lokal, kepadatan penduduk, jarak ke pusat kota, dan kedekatan terhadap daerah pemukiman. Sedangkan faktor penghambat (*constraint*) yang digunakan adalah zonasi, kawasan lindung, daerah rawan bencana, badan air, dan kemiringan lahan. Kalibrasi terhadap model simulasi penggunaan lahan tahun 2000 sebesar 87%.

Jat, Choudhary, & Saxena (2017) melakukan penelitian di kawasan peri urban di kota Ajmer, negara bagian Rajasthan, India akibat tingginya urbanisasi yang berpengaruh pada kualitas lingkungan. Penulis menggunakan metode SLEUTH yang berbasis pada *cellular automata* untuk mengetahui pola perubahan penggunaan lahan di daerah dengan tingkat heterogenitas yang tinggi. Pengamatan

perubahan penggunaan lahan diterapkan pada citra multispektral resolusi menengah pada kurun waktu 20 tahun, yakni tahun 1989 hingga 2009, dan peta topografi yang digunakan memiliki resolusi spasial 25 m. Tujuh kelas penggunaan lahan yang diamati antara lain lahan terbuka, lahan tandus, lahan terbangun, batuan, badan air, sungai, dan vegetasi. Faktor penghambat yang digunakan adalah badan air, hutan lindung, kelerengan tanah yang lebih dari 20%, dan *protected land*. Tingkat akurasi terhadap model kalibrasi tahun 2009 sebesar 89%.

Arsanjani, Fibæk, & Vaz (2018) melakukan penelitian di kota Maputo, Mozambique yang merupakan kota bersejarah sekaligus kota dengan area kumuh terbesar ke empat di dunia. Penulis ingin memprediksi perluasan area perkotaan menggunakan teknologi informasi *open source* yang berbasis pada *cellular automata*. Data yang digunakan berupa citra satelit Landsat tahun 2000 hingga 2015 yang memiliki resolusi spasial sebesar 30 m. Akurasi yang diperoleh terhadap kalibrasi model sebesar 81%. Penulis memberlakukan dua macam skenario, yakni skenario alami dan fungsi lindung untuk mencegah perluasan area perkotaan di daerah lembah sungai dan hutan.

Sufwandika & Umam (2015) melakukan penelitian yang berjudul “Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Perkotaan Yogyakarta Menggunakan Model *Cellular Automata* Dan Regresi Logistik Biner”. Penelitian tersebut dilatarbelakangi oleh tingginya ekspansi lahan terbangun yang sangat pesat di Kota Yogyakarta. Banyak lahan pertanian di pinggiran kota Yogyakarta yang berubah menjadi permukiman, toko, ataupun bangunan lainnya. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perkembangan fisik Kota Yogyakarta dan memprediksi perkembangan fisik Kota Yogyakarta menggunakan model *Cellular Automata* dan Regresi Logistik Biner. Data utama yang digunakan adalah Citra Landsat 7 ETM + tahun 2003 dan Citra Landsat 8 OLI tahun 2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun di Kota Yogyakarta pada tahun 2003-2013 memiliki laju 329 ha/tahun dengan pusat perkembangan ke arah timur laut Kota Yogyakarta, yaitu daerah sekitar Kecamatan Gondomanan dan Kecamatan Depok. *Model Cellular Automata* yang diintegrasikan dengan model Regresi Logistik Biner memprediksi Kota Yogyakarta pada tahun 2013-2023 memiliki laju perkembangan

539 ha/tahun dengan pusat perkembangan ke arah barat daya Kota Yogyakarta, yaitu daerah sekitar Kecamatan Kasihan dan Mantriheron.

Kebanyakan penelitian mengkaji perkembangan fisik kota, namun tidak memperhitungkan ekspansi fisik perkotaan di kawasan sekitarnya. Kota Jambi yang terus berkembang menuju kota besar menjadi menarik untuk diteliti. Timbulnya kecenderungan masyarakat untuk tinggal di pinggiran kota dan adanya pusat-pusat pertumbuhan baru di daerah perbatasan Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi mendorong terjadinya perluasan area perkotaan ke luar batas administrasi Kota Jambi.

1. 10. Metodologi Penelitian

1.10.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang membandingkan dan menghitung besar perubahan penggunaan lahan berdasarkan pada pengamatan dua citra satelit dalam kurun waktu tahun 2000 hingga 2016. Penelitian kuantitatif menganut aliran positivistik yang bermula dari suatu fenomena permasalahan dan hubungan sebab-akibat. Tujuan dari penelitian kuantitatif adalah mendapatkan informasi dari suatu variabel penelitian untuk mengetahui hubungan kausal dengan cara melakukan pengujian.

Citra satelit yang digunakan sebagai obyek pengamatan perkembangan fisik Kota Jambi adalah Landsat TM tahun 2000 dan 2016. Fokus penelitian adalah pada perkembangan fisik Kota Jambi yang diwakili oleh lahan terbangun sebagai fungsi aktif dalam pemodelan spasial perluasan fisik kota. Dalam membangun model, perangkat utama yang digunakan adalah integrasi perangkat lunak *ArcGIS*, *Expert Choice*, dan *LanduseSim*. Sedangkan analisa yang digunakan adalah identifikasi tren perluasan fisik Kota Jambi beserta validasi peta tutupan lahan, simulasi perkembangan fisik Kota Jambi tahun 2033 berbasis *Cellular Automata*, analisis prediksi perkembangan Kota Jambi, dan evaluasi Kesesuaian Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Kota Jambi Tahun 2033 Terhadap RTRW Kota Jambi dan Kabupaten Muaro Jambi.

1.10.2. Kebutuhan Data dan Teknik Perolehan Data

Dalam mengumpulkan data pendukung penelitian, teknik perolehan data yang dominan adalah survei sekunder, yakni dengan pengambilan data langsung di kantor atau dinas terkait dan mengunduh data yang dibutuhkan dari internet. Sedangkan survei primer dibutuhkan untuk mengambil dokumentasi sebagai sampel temuan penelitian dan melakukan wawancara dengan *expert* untuk mengisi kuesioner. Adapun jenis data dan cara perolehannya dapat dilihat pada Tabel I.1 berikut.

TABEL I.1
JENIS DAN PEROLEHAN DATA

No.	Jenis data	Cara perolehan data	Sumber perolehan data
1.	Citra satelit Landsat	<i>Download</i>	<i>www.earthexplorer.usgs.gov</i>
2.	Citra resolusi tinggi	<i>Download</i>	<i>Google Earth</i>
3.	Batas administrasi	Telaah dokumen	Bappeda Kota Jambi dan Muaro Jambi
4.	Sebaran fasilitas dan infrastruktur	Telaah dokumen	- Bappeda Kota Jambi dan Muaro Jambi - Dinas Perumahan dan Permukiman Kota Jambi dan Muaro Jambi - <i>www.tanahair.indonesia.go.id</i>
5.	RTRW Kota Jambi tahun 2010-2033 dan RTRW Kab. Muaro Jambi tahun 2014-2034	Telaah dokumen	Bappeda Kota Jambi dan Bappeda Muaro Jambi
6.	Pembobotan terhadap variabel pendorong perubahan penggunaan lahan	Kuesioner	Bappeda Kota Jambi dan Kab. Muaro Jambi, Dinas Perumahan dan Pemukiman Kota Jambi dan Kab. Muaro Jambi, Dinas PUPR Provinsi Jambi, ATR/BPN Provinsi Jambi, Real Estate Indonesia (REI) Kota Jambi, Pelaku Pengembang Perumahan
7.	Data kependudukan	Telaah dokumen	Badan Pusat Statistik (BPS)

Sumber: Hasil Analisis (2018)

1.10.3. Variabel Penelitian

Berdasarkan kajian literatur, diperoleh variabel penelitian sebagai obyek riset yang akan menentukan hasil dan kesimpulan dalam penelitian. Variabel penelitian dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL I.2
VARIABEL PENELITIAN

No.	Kajian	Variabel
1.	Klasifikasi jenis tutupan lahan	Lahan terbangun dan non terbangun
2.	Faktor pendorong perkembangan fisik kota	Jarak terhadap jalan, permukiman, pusat pendidikan (universitas), fasilitas kesehatan, sarana transportasi, pusat pemerintahan, dan lahan terbangun.
3.	Faktor penghambat perkembangan fisik kota	Badan air, hutan, dan kawasan lindung.
4.	Pertumbuhan fisik kota (luasan)	Perkembangan lahan terbangun
5.	Pertumbuhan fisik kota (raster)	Jumlah sel

Sumber: Hasil Kajian Literatur (2018)

1.10.4. Metode dan Teknik Analisis

1. Analisis Tren Perluasan Fisik Kota Jambi

Peta tutupan lahan diperoleh dari interpretasi terhadap citra satelit Landsat 2006 dan 2016. Proses interpretasi dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan menerapkan transformasi indeks untuk memperoleh informasi berupa lahan terbangun dari data citra satelit, yakni dengan algoritma multi saluran NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*). Zha, et.al (2003) merumuskan suatu formula *band math* untuk mengekstraksi informasi tutupan lahan terbangun dari citra Landsat.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \dots\dots\dots (1.1)$$

Karakteristik citra Landsat berbeda-beda, sehingga penerapan formula tersebut terhadap saluran multispektral tiap spesifikasi citra satelit juga dapat

berbeda pula. Berikut karakteristik citra Landsat yang dihimpun dari situs www.landsat.usgs.gov.

TABEL I.3
KARAKTERISTIK CITRA SATELIT LANDSAT

Jenis Citra Landsat	Band/ Saluran	Panjang Gelombang	Fungsi
Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM) dan Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	Band 1 - <i>blue</i>	0,45 – 0,52	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dari vegetasi gugur dan vegetasi konifer
	Band 2 – <i>green</i>	0,52 – 0,60	Menekankan vegetasi puncak, yang berguna untuk menilai kekuatan tanaman
	Band 3 – <i>red</i>	0,63 – 0,69	Mendiskriminasikan lereng vegetasi
	Band 4 – <i>Near Infra Red (NIR)</i>	0,77 – 0,90	Menekankan konten biomassa dan garis pantai
	Band 5 – <i>Short Wave Infra Red (SWIR)</i>	1,55 – 1,75	Mendiskriminasikan kadar air tanah dan vegetasi; menembus awan tipis
	Band 6 – <i>Thermal Infra Red</i>	10,4 – 12,5	Pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah
	Band 7 - <i>Short Wave Infra Red (SWIR)</i>	2,09 – 2,35	Batuan ubahan hidrotermal berhubungan dengan endapan mineral
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)	Band 8 – <i>Pankromatik (Landsat 7 saja)</i>	0,52 – 0,90	Resolusi 15 meter, definisi gambar yang lebih tajam
	Band 1 – <i>coastal aerosol</i>	0,43 – 0,45	Studi pesisir dan aerosol
	Band 2 - <i>blue</i>	0,45 – 0,51	Pemetaan batimetri, membedakan tanah
	Band 3 – <i>green</i>	0,53 – 0,59	Menekankan vegetasi puncak, yang berguna untuk menilai kekuatan tanaman
	Band 4 – <i>red</i>	0,64 – 0,67	Mendiskriminasikan lereng vegetasi
	Band 5 – <i>Near Infra Red (NIR)</i>	0,85 – 0,88	Menekankan konten biomassa dan garis pantai
Band 6 – <i>Short Wave Infra Red (SWIR) 1</i>	1,57 – 1,65	Mendiskriminasikan kadar air tanah dan vegetasi; menembus awan tipis	

Jenis Citra Landsat	Band/ Saluran	Panjang Gelombang	Fungsi
	Band 7 – <i>Short Wave Infra Red</i> (SWIR) 2	2,11 – 2,29	Peningkatan kadar air tanah dan vegetasi, penetrasi awan tipis
	Band 8 – Pankromatik	0,50 – 0,68	Resolusi 15 meter, definisi gambar yang lebih tajam
	Band 9 – <i>Cirrus</i>	1,36 – 1,38	Peningkatan deteksi kontaminasi awan cirrus
	Band 10 – TIRS 1	10,60 – 11,19	Resolusi 100 meter, pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah
	Band 11 – TIRS 2	11,5 – 12,51	Resolusi 100 meter, Peningkatan pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah

Sumber: www.landsat.usgs.gov

Hasil interpretasi citra menghasilkan tutupan lahan berupa lahan terbangun. Hasil ini masih perlu divalidasi untuk meminimalisir kesalahan sistematik dikarenakan proses interpretasi yang terkadang ambigu dengan tanah kosong. Apabila kesulitan dalam menginterpretasi suatu objek, validasi dapat dilakukan dengan bantuan citra atau foto udara yang dapat diunduh dari *Google Earth*. Setelah divalidasi, kemudian dilakukan identifikasi perluasan fisik perkotaan.

Teknik utama yang digunakan untuk analisis ini adalah *overlay* peta penggunaan lahan pada tahun 2000 dan 2016 berdasarkan batas administrasi. Hal ini diperlukan untuk mengetahui pola perkembangan urbanisasi di tiap bagian wilayah administrasi. Proses analisa ini untuk mengetahui gambaran urbanisasi di Kota Jambi secara umum. Hasil yang diperoleh berupa peta tutupan lahan untuk mengidentifikasi perkembangan pembangunan dalam konteks wilayah dan tiap bagian daerah administrasi, sehingga dapat diketahui tingkat pertumbuhan lahan terbangun di Kota Jambi.

2. Analisis Model Spasial Perluasan Fisik Kota Jambi tahun 2033

a. Analisis Pertumbuhan Sel

Model prediksi perluasan fisik Kota Jambi didasarkan pada pertumbuhan alamiah berbasis pada tren dengan melihat distribusi unit lahan secara temporal. Tren pertumbuhan dapat diperoleh dari analisis perubahan lahan terbangun dalam kurun waktu tertentu, yakni pada rentang tahun 2000 hingga 2016. Besar

pertumbuhan lahan terbangun dalam rentang 16 tahun tersebut dikonversi pada tingkat satuan piksel sehingga diperoleh *growth cell*. Model prediksi dengan metode *Cellular Automata* berbasis pada data raster, sehingga dasar penghitungan harus dikonversi dahulu menjadi satuan piksel.

Perhitungan pertumbuhan sel berdasarkan tren peta penggunaan lahan dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$GC = \frac{BG}{c} \dots\dots\dots (1.2)$$

Keterangan:

GC = *Growth Cell* atau pertumbuhan sel berbasis tren

BG = *Builtup Growth* atau besar pertumbuhan lahan terbangun secara temporal (m^2)

c = nilai resolusi piksel (m^2)

b. Analisis Kedekatan Jarak Variabel Pendorong

Di dalam algoritma *Cellular Automata*, tingkat kedekatan terhadap variabel pendorong pertumbuhan fisik kota ditunjukkan oleh *euclidean distance*. Data yang dibutuhkan berupa titik, garis, ataupun poligon dalam format *shapefile*, sedangkan keluaran dari proses analisis jarak/ kedekatan variabel pendorong berupa data raster dengan format *.IMG. Proses ini dilakukan dalam perangkat ArcGIS.

Hasil proses *euclidean distance* berupa data raster yang menunjukkan gradasi warna yang menggambarkan tingkat kedekatan terhadap suatu variabel pendorong. Nilai keluaran dari proses *euclidean distance* berupa nilai jarak *floating-point* di mana rentang nilai yang didapatkan antara satu variabel dengan variabel yang lain berbeda-beda.

c. Analisis Standarisasi Nilai Jarak Variabel Pendorong

Analisis standarisasi nilai jarak variabel pendorong digunakan untuk mengubah nilai jarak yang dihasilkan oleh *Euclidean Distance* ke skala berkelanjutan (*continuous scale*). Operasi ini dinamakan sebagai *fuzzy set membership*. Di tahap ini, semua jarak *euclidean* untuk setiap faktor-penggerak distandarisasi menjadi bilangan real dalam kisaran 0 - 1. Setiap kelas penggunaan lahan akan mendapatkan nilai standar kelayakan mulai dari 0 (tidak sesuai) hingga 1 (sangat sesuai). Nilai 1 menunjukkan keanggotaan penuh dari set *fuzzy* (*fuzzy set*

membership) dan terus menurun menjadi nilai 0 yang menunjukkan bahwa piksel tersebut bukan bagian dari keanggotaan fuzzy (*ArcGIS help*).

Fuzzy set yang digunakan adalah tipe sigmoidal. Ada dua macam operasi *fuzzy set sigmoidal*, yakni *monotonically decreasing sigmoidal* dan *monotonically increasing sigmoidal*. Nilai *fuzzy set* yang cenderung naik ketika menjauhi *driven factor* (faktor/ variabel pendorong) tergolong sebagai operasi *monotonically increasing sigmoidal*, sedangkan nilai *fuzzy set* yang cenderung turun ketika mendekati *driven factor* tergolong sebagai operasi *monotonically decreasing sigmoidal* (Pratomoatmojo, 2012).

d. Analisis Pembobotan Variabel Perubahan Tutupan Lahan

Terdapat tujuh variabel pendorong yang menentukan pertumbuhan dan perkembangan fisik perkotaan, antara lain kedekatan terhadap lahan terbangun, kedekatan terhadap permukiman, kedekatan terhadap fasilitas kesehatan, pendidikan, sarana transportasi, pusat pemerintahan, serta kedekatan terhadap jalan. Tiap-tiap variabel pendorong tersebut memiliki besaran pengaruh yang berbeda-beda terhadap perkembangan fisik perkotaan. Penentuan besar nilai pembobotan tiap variabel penelitian melalui suatu proses yang dikenal dengan AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

AHP adalah suatu metode yang sederhana dan fleksibel dalam pengambilan keputusan terhadap suatu masalah tertentu. Metode ini menstrukturkan suatu masalah dalam bentuk hierarki dan memasukkan pertimbangan-pertimbangan untuk menghasilkan skala prioritas relatif. AHP memasukkan pertimbangan dan nilai-nilai pribadi secara logis. Proses ini bergantung pada imajinasi, pengalaman, dan pengetahuan untuk menyusun hierarki suatu masalah berdasarkan logika, pengalaman, dan intuisi berupa nilai kuantitatif dan preferensi kualitatif dalam memberikan suatu pertimbangan (Saaty, 1991).

Menurut Saaty (1991), terdapat tiga prinsip dasar dalam proses AHP, antara lain:

1. Menyusun hierarki. Menggambarkan dan menguraikan suatu permasalahan menjadi unsur yang terpisah-pisah secara hierarkis.
2. Menentukan prioritas. Menentukan peringkat elemen-elemen berdasarkan tingkat kepentingannya. Para ahli menetapkan hubungan elemen dari setiap

tingkatan hierarki dengan membandingkan elemen secara berpasangan. Langkah terpenting dalam proses ini adalah pemberian bobot pada setiap unsur elemen penelitian.

3. Konsistensi logis. Hubungan antar unsur permasalahan akan menghasilkan hubungan yang koheren, yakni tiap-tiap pemikiran tersebut akan saling terkait dan hubungan tersebut akan menunjukkan konsistensi. Semua elemen dikelompokkan dan diperingkatkan secara konsisten berdasarkan suatu kriteria tertentu. Konsistensi ditunjukkan oleh tingkat relevansi antar unsur permasalahan dan intensitas relasi antar gagasan pada suatu kriteria tertentu yang saling membenarkan secara logis.

Dalam pelaksanaannya, proses AHP melalui tiga tahapan utama, yakni identifikasi permasalahan dan solusi yang diinginkan, penyusunan struktur hirarki secara menyeluruh, dan perbandingan berpasangan. Perbandingan berpasangan menggambarkan besarnya pengaruh relatif antara dua variabel terhadap suatu fenomena yang dikaji yang menghasilkan data berupa skor dalam suatu skala prioritas. Tabel berikut menjelaskan nilai beserta definisi tingkat prioritasnya.

TABEL I.4
NILAI SKALA PRIORITAS DALAM PERBANDINGAN BERPASANGAN

Skor	Penjelasan
1	Kedua variabel memiliki pengaruh yang sama besar terhadap suatu kajian
3	Salah satu variabel memiliki pengaruh yang sedikit lebih besar dibandingkan variabel yang lain terhadap suatu kajian
5	Salah satu variabel memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan variabel yang lain terhadap suatu kajian
7	Salah satu variabel memiliki pengaruh yang jauh lebih besar dibandingkan variabel yang lain terhadap suatu kajian
9	Salah satu variabel memiliki pengaruh yang mutlak terhadap suatu kajian
2,4,6,8	Merupakan nilai kompromi antar dua variabel

Sumber: Saaty (1991)

e. Analisis Initial Transition Potential Map

Di dalam perangkat *LanduseSim*, analisis *Initial Transition Potential Map* dilakukan dengan memberikan bobot pada setiap faktor pendorong perkembangan lahan terbangun yang telah memiliki nilai jarak yang standar 0 sampai dengan 1. Data yang diperlukan adalah data hasil standarisasi proses analisis jarak/ kedekatan terhadap variabel pendorong, sedangkan keluaran yang diperoleh dari proses ini adalah peta potensi transisi atau biasa disebut juga sebagai peta kesesuaian dengan format data berupa *.tif.

Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$ITP_{x,y} = \sum_{i=0}^n (W_{x,y} \times F_{x,y}) \dots\dots\dots (1.3)$$

Keterangan:

$ITP_{x,y}$ = Nilai *Initial Transition Potential* pada sel x,y

$W_{x,y}$ = Bobot yang ditetapkan untuk tiap variabel

$F_{x,y}$ = nilai *fuzzy set membership*

f. Analisis Faktor Penghambat (*Constraint*)

Faktor penghambat digunakan dalam algoritma *Cellular Automata* untuk membatasi pertumbuhan fungsi aktif agar model yang dihasilkan lebih realistis. Faktor penghambat dapat berupa aspek spasial (misal kawasan rawan bencana, kawasan lindung, dan lain-lain) dan non spasial (misal kebijakan pemerintah dan kependudukan). Dalam membangun model spasial perluasan fisik Kota Jambi, faktor penghambat yang digunakan adalah badan air, kawasan lindung, dan hutan.

g. Analisis Ketetangaan

Analisis ketetangaan disebut juga dengan proses *Neighborhood Filter* (NF). *Neighborhood Filter* merupakan proses perhitungan ketetangaan yang bekerja pada sistem grid. *LanduseSim* v.2.3.1 dilengkapi dengan 2 tipe ukuran *Neighborhood Filter*, yaitu 3x3 dan 5x5.

Beberapa mekanisme operasi pada *Neighborhood Filter* (NF) pada *LanduseSim* v.2.3.2 :

- MEAN, merupakan operasi dengan mencari rata-rata pada perkalian antara bobot NF, Nilai *Suitability* NF, dan *NF Conversion Probability*.

- SUM, merupakan operasi dengan mencari nilai total pada perkalian antara bobot NF, Nilai *Suitability* NF, dan *NF Conversion Probability*. Operasi ini yang digunakan dalam membangun model simulasi perluasan fisik Kota Jambi.
- MAX, merupakan operasi dengan mencari nilai maksimal pada perkalian antara bobot NF, Nilai *Suitability* NF, dan *NF Conversion Probability*.
- MIN, merupakan operasi dengan mencari nilai minimal pada perkalian antara bobot NF, Nilai *Suitability* NF, dan *NF Conversion Probability*.

Adapun formula yang digunakan dalam perhitungan *Neighborhood Filter* berbasis operasi SUM adalah sebagai berikut:

$$FILTER_{SUM_{x,y}} = \sum_{i=1}^n W_{i,x,y} \times S_{i,x,y} \times P_{i_{LC_{x,y}}} \dots\dots\dots (1.4)$$

Keterangan:

W = *Neighborhood Filter*

P_{LC} = Nilai *NF conversion probability*

$S_{x,y}$ = Nilai kesesuaian sel, formula yang digunakan untuk menghitung kesesuaian sel adalah sebagai berikut.

$$S_{x,y} = ITP_{x,y} \times Constraint_{x,y} \dots\dots\dots (1.5)$$

Keterangan:

ITP_{xy} = Nilai *Initial Transition Potential*

$Constraint_{xy}$ = Faktor penghambat pertumbuhan fungsi aktif

h. Analisis Aturan Transisi

Analisis aturan transisi merupakan tahap akhir sebelum dilakukan eksekusi model simulasi perluasan fisik Kota Jambi. Aturan transisi berisi seperangkat set aturan dalam mengatur respon perubahan suatu sel dalam menanggapi kondisi saat ini dan kondisi tetangganya. Proses ini menggabungkan berbagai hasil analisa yang telah dijelaskan di atas, yakni pertumbuhan sel berbasis tren, *initial transition potential map*, dan faktor penghambat. Hasil seperangkat aturan transisi, *Neighborhood Filter*, dan *timestep* akan menghasilkan model spasial simulasi perluasan fisik perkotaan.

3. Analisis Perkembangan Fisik Kota Jambi

Analisis perkembangan kota merupakan tahapan identifikasi pola perembetan fisik perkotaan dalam periode waktu tertentu. Menurut Yunus (1999), terdapat tiga pola perembetan perluasan perkotaan, yaitu perembetan konsentris, perembetan memanjang, dan loncat katak. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kecenderungan pertumbuhan suatu kota dan untuk mengetahui arah kecenderungan perkembangan kota. Hasil yang diperoleh adalah peta prediksi arah perkembangan perkotaan.

4. Evaluasi Kesesuaian Model Spasial Perluasan Fisik Kota Jambi Tahun 2033 Terhadap RTRW

Tahap analisis terakhir dalam penelitian ini adalah evaluasi kesesuaian model spasial perluasan fisik Kota Jambi tahun 2033 terhadap rencana pola ruang di dalam RTRW Kota Jambi tahun 2013-2033 dan RTRW Kabupaten Muaro Jambi tahun 2014-2034. Teknik evaluasi yang dilakukan dengan cara *overlay* hasil model spasial prediksi terhadap peta rencana pola ruang. Hasil yang diperoleh adalah peta kesesuaian lahan terbangun dengan rencana pola ruang.

5. Uji Ketelitian

Pada penelitian ini, uji ketelitian dilakukan pada hasil interpretasi tutupan lahan dan terhadap hasil pemodelan. Berdasarkan interpretasi citra Landsat tahun 2000 dan 2016, diperoleh peta tutupan lahan tahun 2000 dan 2016. Uji ketelitian terhadap peta tutupan lahan diperlukan untuk mengetahui tingkat akurasi peta yang dihasilkan, sehingga peta tutupan lahan yang digunakan dinilai layak untuk dapat dilanjutkan dengan proses analisis selanjutnya hingga pada pemodelan.

Uji ketelitian peta tutupan lahan diawali dengan penentuan jumlah titik sampel. Banyaknya titik sampel yang diambil bergantung pada ukuran grid peta raster yang diwakili oleh jumlah total sel dalam satuan piksel, sedangkan sebaran titik sampel berupa *systematic sampling* dalam sistem grid. Rumus Slovin dapat digunakan untuk menghitung jumlah titik sampel yang diperlukan untuk uji ketelitian. Berikut rumus Slovin untuk menentukan jumlah sampel uji akurasi.

$$n = \frac{N}{1 + N e^2} \dots\dots\dots (1.6)$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel

N = Ukuran peta raster (piksel)
 e = *Margin of error*

Margin of error merupakan tingkat kesalahan yang diharapkan oleh peneliti sehingga didapatkan derajat kepercayaan hasil yang memenuhi syarat sesuai tujuan penelitian. Dalam penelitian ini ditetapkan tingkat kesalahan sebesar 0,1 yang berarti hasil pemodelan memiliki derajat kepercayaan sebesar 90%. Setelah didapatkan jumlah sampel, maka dapat dilakukan uji ketelitian peta tutupan lahan hasil interpretasi citra. Adapun persebaran titik sampel menggunakan algoritma *fishnet* dalam perangkat *ArcGIS* dan tersebar merata di semua cakupan area penelitian untuk menghindari bias dari hasil akurasi yang diperoleh. Validitas titik uji sampel dicocokkan dengan citra satelit unduhan dari *Google Earth* dengan resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra yang digunakan sebagai basis klasifikasi.

Uji ketelitian atau validasi juga diterapkan pada model prediksi. Validasi model prediksi diperlukan untuk memastikan bahwa seperangkat komponen pembentuk model dapat diterapkan pada proyeksi tahun penelitian (tahun 2033). Diharapkan tingkat akurasi peta tutupan lahan dan model di atas 80%. Tabel *confusion matrix* digunakan untuk menghitung kesesuaian antara piksel hasil pemodelan dengan peta tutupan lahan yang menjadi referensi. Hasil dari penghitungan validasi menggunakan tabel *confusion matrix* adalah *overall accuracy*, *user accuracy*, *producer accuracy*, dan *kappa coefficient*. Ilustrasi penghitungan akurasi menggunakan tabel *confusion matrix* dapat dilihat pada Gambar 1.4.

Overall accuracy menunjukkan jumlah piksel yang terverifikasi benar berbanding dengan jumlah keseluruhan sampel. *Overall accuracy* selalu diikuti dengan *user accuracy* dan *producer accuracy*. Selain itu terdapat nilai *kappa* yang menunjukkan konsistensi hasil akurasi dengan membandingkan hasil klasifikasi yang diuji dengan klasifikasi acak. Nilai *kappa* berada di antara 0 dan 1. Apabila nilai *kappa* sama dengan 0 berarti tidak ada kesesuaian antara hasil klasifikasi dengan peta referensi, dan apabila nilai *kappa* bernilai 1 berarti hasil klasifikasi dan peta referensi identik. Hal ini berarti semakin mendekati nilai 1 maka model yang diperoleh semakin terklasifikasi baik.

		Reference image			Total
		A	B	C	
Classified image	a	37	3	7	$\Sigma a = 47$
	b	9	25	5	$\Sigma b = 39$
	c	11	2	43	$\Sigma c = 56$
Total		$\Sigma A = 57$	$\Sigma B = 30$	$\Sigma C = 55$	$N = 142$

Sumber: 50northspatial (2018)

GAMBAR 1.4
CONTOH PENGGUNAAN TABEL *CONFUSION MATRIX*

Berikut rumus dari perhitungan akurasi keseluruhan dengan tabel *confusion matrix* merujuk pada Gambar I.4.

$$Overall Accuracy (\%) = \frac{aA + bB + cC}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (1.7)$$

Terlepas dari akurasi keseluruhan, keakuratan tiap kelas klasifikasi juga dapat diperhatikan. Ada dua macam kesalahan, yaitu omisi dan komisi. Kesalahan komisi terjadi ketika ditemukan suatu piksel di kelas bukan miliknya dalam deret kolom.

$$Komisi = \frac{bA + cA}{\Sigma A} \dots\dots\dots (1.8)$$

Jumlah kesalahan komisi juga dapat dijelaskan oleh *producer accuracy* di mana jumlah piksel yang diidentifikasi benar dibagi dengan jumlah total sel dalam peta referensi.

$$Producer Accuracy = \frac{aA}{\Sigma A} \dots\dots\dots (1.9)$$

Kesalahan omisi dapat terjadi apabila suatu piksel diidentifikasi dalam kelas yang bukan miliknya yang ditunjukkan pada kolom dalam tabel *confusion matrix*.

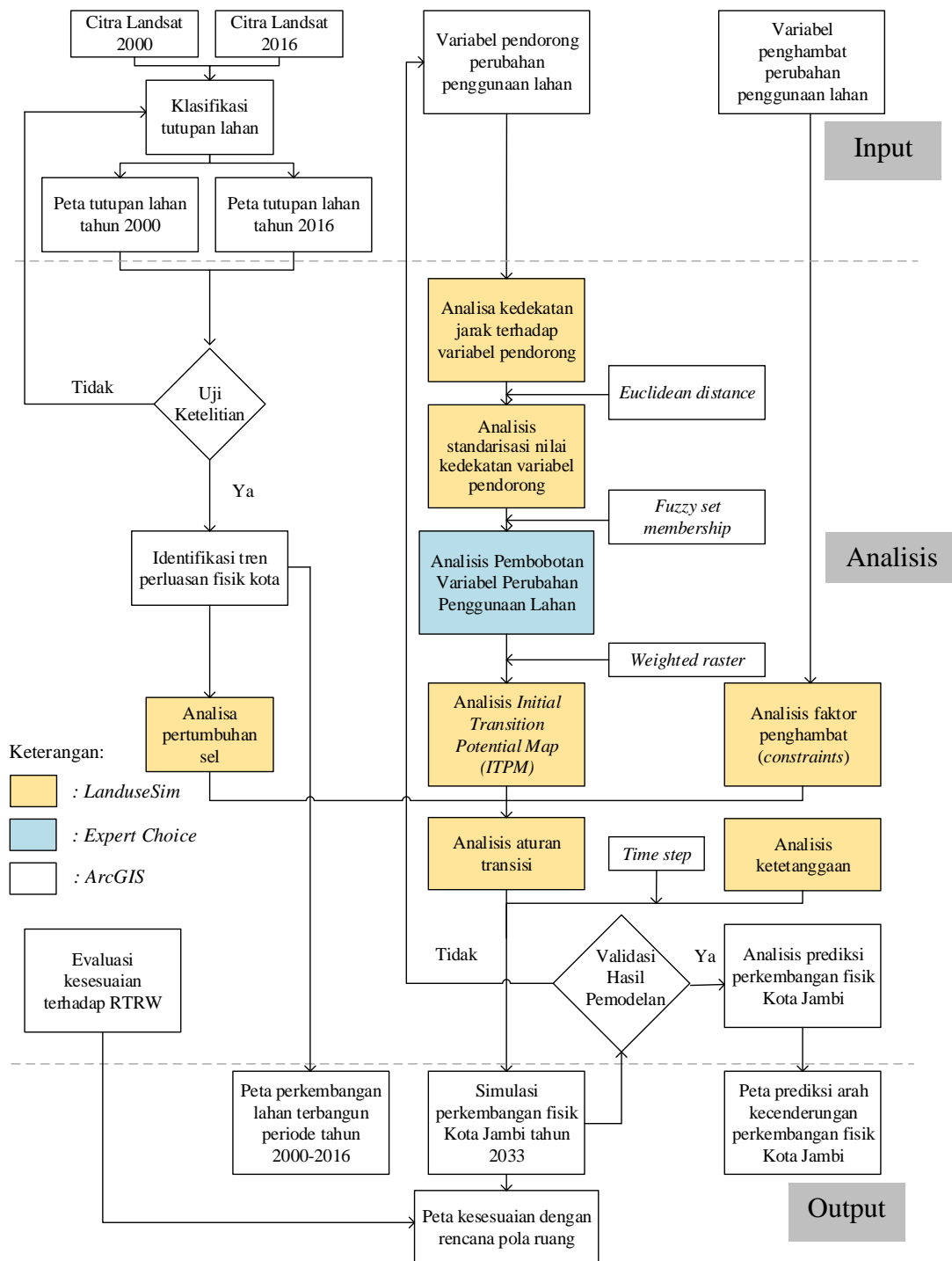
$$Omisi = \frac{aB + aC}{\Sigma a} \dots\dots\dots (1.10)$$

User accuracy menunjukkan kesalahan omisi dengan membandingkan jumlah piksel yang teridentifikasi benar dengan jumlah total piksel dalam peta hasil klasifikasi.

$$User Accuracy = \frac{aA}{\Sigma a} \dots\dots\dots (1.11)$$

1. 11. Kerangka Analisis

Kerangka analisis merupakan perumusan dari *input* penelitian, analisa, dan *output* penelitian berupa diagram. *Input* penelitian berupa data dan variabel yang diperoleh dari sintesa literatur. Analisa merupakan metode penelitian yang digunakan. Proses analisis melalui dua pendekatan, yakni menggunakan perangkat *ArcGIS*, *Expert Choice*, dan *LanduseSim*. *Output* penelitian merupakan hasil yang diperoleh dari serangkaian proses penelitian. Kerangka analisis dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisis (2018)

GAMBAR 1.5
KERANGKA ANALISI

