

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas manusia, menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan lahan dalam mendukung aktivitas-aktivitas manusia. Kebutuhan lahan meningkat berdampak terhadap kegiatan alih fungsi lahan secara menyeluruh. Hal ini menyebabkan terjadi perubahan penggunaan/ penutup lahan untuk memenuhi kebutuhan manusia, tanpa memperhatikan dampak lingkungan yang terjadi. Perubahan lahan yang terjadi secara signifikan harus diprediksi sebagai pengawasan dalam perencanaan dan keberlanjutan lingkungan.

Model perubahan tata guna lahan yang dapat dilakukan adalah Otomata Seluler (*Cellular Automata*). Analisis *Cellular Automata* yang digunakan adalah analisis *Markov- Chain*. Analisis *Cellular Automata- Markov Chain* adalah analisis permodelan stokastik yang digunakan sebagai dinamika perubahan lahan dalam skala waktu yang berbeda (Baker, 1989 dan Muller dan Middleton, 1994). Analisis *Cellular Automata- Markov Chain* juga dapat digunakan untuk memprediksi perubahan rencana seperti infrastruktur jalan, lahan, dan pembangunan daerah baru (Clark labs, 2009). Permodelan menggunakan pendekatan *cellular automata*, banyak digunakan untuk keperluan keberlanjutan lingkungan hidup. Konsep analisis *cellular automata* adalah sel grid yang mempengaruhi sel tetangganya sehingga menghasilkan model stokastik acak dalam kurun waktu yang berbeda.

Permodelan *Cellular Automata- Markov Chain* pada penelitian ini digunakan untuk memprediksi perubahan tutupan lahan hutan sebagai bentuk upaya pencegahan, pengawasan terhadap kebakaran hutan. Metode pembakaran hutan yang dilakukan untuk pembukaan lahan baru menyebabkan perubahan lahan yang luas. Pada umumnya masyarakat membuka lahan hutan menggunakan metode yang mudah untuk dipraktikan (Onrizal, 2005:1). Teknik tebang dan bakar (*slash-and-burn*) merupakan metode yang selalu digunakan dan salah satu metode tradisional yang mudah dan efektif (Van Noordwijk, 2001:3). Efektivitas penggunaan teknik *slash-and-burn* selalu digunakan karena dianggap lebih murah, cepat dan parktis dibandingkan dengan teknik tanpa bakar (Onrizal, 2005:1).

Metode pembakaran yang dilakukan dalam pembukaan lahan baru, berdampak buruk terhadap perubahan ekosistem lingkungan baik lokal maupun global. Perubahan lingkungan yang terjadi adalah meningkatnya suhu bumi (kota semakin panas), musim kemarau yang panjang, kenaikan

muka air laut, dan perubahan iklim lainnya. Salah satu sebab terjadinya perubahan lingkungan adalah meningkatnya emisi karbon sebagai bagian gas rumah kaca yang selanjutnya menimbulkan fenomena perubahan iklim (Ginoga dalam Dwiprabowo, dkk., 2014: iii). Peningkatan emisis karbon sangat berkaitan dengan perubahan penggunaan dan tutupan lahan. Istilah perubahan dan penggunaan lahan pada bidang kehutanan dikenal dengan LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) memiliki peran dan pengaruh yang besar dalam siklus karbon global (Dwiprabowo, dkk., 2014:1). Pengaruh ini dapat dibuktikan melalui penelitian yang dibahas dalam pertemuan *Inter-Governmental Panel on Climate Change* (IPCC). IPCC memperkirakan bahwa akibat penggunaan lahan, sektor degradasi dan deforestasi hutan terjadi pelepasan emisi karbon global terbesar kurang lebih 1,6 milyar ton karbon (Köhl et al., 2009).

Pengelolaan tata ruang yang kurang efektif dalam mengendalikan perubahan penggunaan lahan/ tutupan lahan melalui proses pembakaran, menjadi dasar tugas akhir ini dalam menyelesaikan / mencari solusi permasalahan. Menggunakan analisis *Cellular Automata- Markov Chain* dapat digunakan untuk melihat perubahan tutupan/ penggunaan lahan Kabupaten Pelalawan tahun 2002 hingga tahun 2033 menggunakan data citra Lansat TM (*Land Satellite Thematic Mapper*). Data yang digunakan adalah *open source* yang bersifat data raster dengan analisis spasial statistik. Selain itu, menggunakan teknik Overlay untuk menggambarkan perubahan tutupan lahan dengan berdasarkan interpretasi kombinasi band 543 (merah muda hingga merah tua) yang terjadi dari tahun 2002-2013. Data perubahan tutupan lahan yang diuji ketelitian kemudian dilakukan perhitungan jumlah dan perubahan cadangan karbon yang tersedia pada jenis tutupan lahan hutan. Perkiraan jumlah cadangan karbon berdasarkan tutupan lahan, menggunakan standar Ditjenplan Kemenhut tahun 2012.

Permodelan menggunakan *Cellular Automata Markov-Chain* juga memberikan prediksi perubahan tutupan hutan yang terjadi hingga tahun 2033. Arahan yang dapat diberikan berdasarkan prediksi adalah tutupan lahan berupa hutan memiliki cadangan karbon tinggi, direkomendasikan sebagai arahan kawasan lindung, tutupan lahan hutan dengan cadangan karbon sedang diarahkan sebagai kawasan budidaya bersyarat, dan tutupan lahan hutan dengan cadangan karbon rendah diarahkan dengan kawasan budidaya. Tugas akhir ini diharapkan memberikan gambaran spasial dalam permodelan *Cellular Automata Markov-Chain* untuk menganalisis perubahan tutupan lahan hutan yang terjadi di wilayah kabupaten/ kota. Selain itu, menjadi bahan evaluasi pertimbangan dalam merencanakan wilayah dan kota.

1.2. Perumusan Masalah

Penerapan model *Cellular Automata Markov-Chain* selalu kebanyakan diterapkan untuk menganalisis perubahan lahan permukiman, perdagangan, atau pertumbuhan kota. Penelitian menganalisis perubahan tutupan lahan hutan yang sering terjadi didaerah tropis. Hal ini dikarenakan besarnya dampak negatif yang ditimbulkan akibat perubahan lahan hutan terutama dengan teknik pembakaran. Dampak yang ditimbulkan berimplikasi secara lokal dan global, seperti polusi udara, kerusakan ekosistem lingkungan. Bencana kebakaran hutan merupakan bencana tahunan yang terjadi di Indonesia. Bencana ini terjadi didaerah yang didominasi dengan tata guna lahan hutan, khususnya hutan gambut. Salah satunya adalah kejadian kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan. Luas hutan di Kabupaten Pelalawan sebesar 755.896,10 ha dari luas wilayah 1.315.579,44 ha, berpotensi dalam alih fungsi lahan secara *massive*. Alih fungsi lahan yang terjadi, diperburuk dengan metode pembukaan lahan menggunakan pembakaran yang berdampak buruk bagi lingkungan dan aktivitas perkotaan. Menurut Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Pekanbaru, Sugarin (2015) menyatakan Provinsi Riau terdeteksi ada 186 titik panas, dengan rincian Pelalawan 60 titik, Siak 11 titik, Indragiri Hilir 45 titik, Indragiri Hulu 54 titik, Dumai 6 titik, Bengkalis 5 titik, dan Kampar 3 titik.

Bencana alam berupa kebakaran hutan di Provinsi Riau, khususnya Kabupaten Pelalawan merupakan bencana tahunan yang ancamannya semakin nyata apabila masalah ini tidak diantisipasi secara intensif. Lemahnya penegakan hukum dan kurangnya pengawasan terhadap tata ruang, menjadi salah satu sebab bencana tahunan ini terus terjadi. Kurangnya pengawasan tata ruang dapat ditinjau dari kebijakan rencana tata ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Pelalawan yang baru disahkan oleh DPR pada 18 Juni 2014. Lemahnya penegakan hukum (RTRW) terhadap daerah-daerah yang akan mengalami perubahan lahan menyebabkan bencana ini selalu terjadi setiap tahun. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dirumuskan masalah penelitian “bagaimana model simulasi *Cellular Automata Markov-Chain* terhadap perubahan tutupan lahan hutan yang digunakan dalam mengendalikan bencana kebakaran hutan?”.

Penelitian ini memberikan gambaran perubahan lahan dan permodelan simulasi perubahan lahan yang terjadi selama beberapa tahun kedepan, dengan mempertimbangkan aspek lingkungan (cadangan karbon). Hal ini dijadikan sebagai rekomendasi dalam penyusunan pola ruang RTRW dalam mengendalikan bencana alam kebakaran hutan kedepan. Penelitian ini juga diharapkan membantu pemerintah dalam mewujudkan pembangunan dan perekonomian hijau.

1.3. Tujuan dan Sasaran

Tujuan dan sasaran penelitian ini menggambarkan arahan yang akan dilakukan serta target yang akan dicapai.

1.3.1. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan penerapan model *Cellular Automata Markov-Chain* untuk perubahan tutupan lahan hutan terhadap pelepasan cadangan karbon dalam arahan tata ruang tahun 2013-2033 di Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Dengan demikian, pada akhirnya penelitian ini menghasilkan arahan dan rekomendasi tata ruang dalam mengendalikan bencana kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan.

1.3.2. Sasaran

Untuk mencapai tujuan, adapun sasaran yang akan dicapai adalah

1. Mengidentifikasi dan Klasifikasi tutupan Lahan Kabupaten Pelalawan tahun 2002-2013
2. Mengidentifikasi dan analisis luas konversi tutupan lahan tahun 2002-2013
3. Menghitung cadangan karbon dan analisis peta rawan bencana berdasarkan tutupan lahan
4. Aplikasi model simulasi *Cellular Automata Markov-Chain* perubahan tutupan lahan
5. Memberikan arahan dan rekomendasi skenario pola ruang dalam penyusunan tata ruang Kabupaten Pelalawan.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini juga bertujuan untuk bisa memberikan manfaat terhadap ilmu pengetahuan baik secara teoritis dalam mengkaji keterkaitan teori dan manfaat praktis dalam implementasi teori yang terjadi di lapangan.

1.4.1. Manfaat Teoritis

Penerapan aplikasi Cellular Automata merupakan aplikasi yang sedang dikembangkan dalam berbagai pemanfaatan. Prinsip model Cellular Automata berupa stokastik statistik merupakan metode baru yang dapat dikembangkan dalam berbagai kasus. Hal ini dapat dilihat dari berbagai penelitian, seperti prediksi dan proyeksi kebutuhan listrik berdasarkan jumlah penduduk dan perubahan lahan di China (He, Y.X. et al, 2015), Perubahan Guna Lahan dan Prediksi Perubahan Guna Lahan daerah aliran Sungai Huluka, Ethiopia (Gebreslassie, 2014).

Seiring banyaknya kejadian alih fungsi lahan hutan di daerah yang dalam tahap pembangunan menyebabkan munculnya permasalahan lingkungan dan sosial. Permasalahan

lingkungan yang berakibat buruk, apabila metode yang digunakan dengan pembakaran. Pembakaran hutan yang terjadi menyebabkan degradasi lingkungan (asap, rusaknya ekosistem, dsb.), gangguan kesehatan, dan gangguan sosial-ekonomi. Besarnya dampak yang terjadi akibat pembakaran hutan melalui alih fungsi lahan, memberikan tambahan kajian terhadap berbagai ilmu pengetahuan, salah satunya adalah ilmu perencanaan wilayah dan kota. Secara teoritis, adanya permasalahan alih fungsi lahan menggunakan metode pembakaran, merupakan kajian yang dimodifikasi dari perubahan tata guna lahan. Selama ini, ilmu perencanaan mempelajari perubahan tata guna lahan dalam menentukan perkembangan kawasan kota dan wilayah.

Kajian terhadap bencana tahunan berupa perubahan tata guna lahan menggunakan teknik pembakaran dapat menjadi tambahan ilmu dalam memberikan intervensi terhadap tata ruang. Intervensi tersebut dapat berupa tambahan analisis rawan bencana atau mitigasi bencana kebakaran hutan terhadap tata guna lahan dalam kajian perubahan tata guna lahan. Adanya intervensi dalam tata ruang diharapkan dapat membantu mengendalikan bencana kebakaran hutan tahunan.

1.4.2. Manfaat Praktis

Secara praktis, adanya permasalahan alih fungsi lahan dengan metode pembakaran hutan, ilmu perencanaan wilayah dan kota memberikan intervensi langsung dalam rencana tata ruang wilayah atau detail kota. Intervensi ini merupakan implementasi terkait teori/ analisis dalam menentukan daerah rawan kebakaran hutan dan status kawasan (pola ruang). Intervensi ini diharapkan memberikan kontrol yang terjadi dilapangan terkait perizinan dalam pembukaan lahan hutan. Hal ini dikarenakan, terjadinya pembukaan hutan dengan status hutan lindung berdasarkan informasi adalah lemahnya kebijakan tata ruang terkait kontrol perizinan lahan.

1.5. Ruang Lingkup

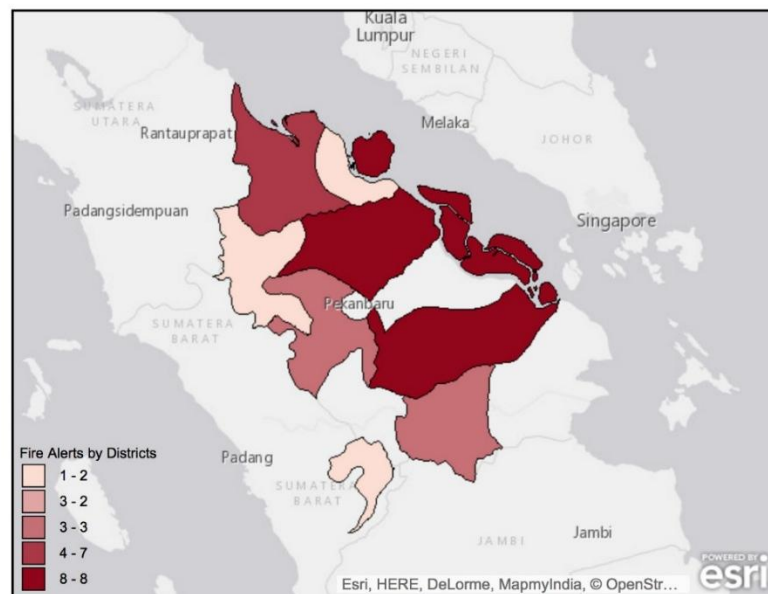
Ruang lingkup penelitian ini merupakan contoh studi kasus penerapan model *Cellular Automata Markov Chain* untuk kawasan hutan. Ruang lingkup yang digunakan mencakup ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi, yaitu

1.9.1 Ruang Lingkup Wilayah

Kabupaten Pelalawan berada di Provinsi Riau, dengan ibu kota Pangkalan Kerinci. Secara geografis, kabupaten pelalawan terletak antara $00^{\circ} 48' 32''$ LU– $00^{\circ} 24' 14''$ LS dan $101^{\circ} 30' 40''$ – $103^{\circ} 23' 22''$ BT di pesisir timur pulau sumatra dengan wilayah daratan yang membentang disepanjang bagian hilir Sungai Kampar serta berdekatan dengan selat Malaka.

Berdasarkan dokumen RTRW Kabupaten Pelalawan tahun 2009 luas daratan Kabupaten Pelalawan sebesar kurang lebih 13.155,79 Km² atau 1.315.579,44 ha. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Pelalawan Nomor 06 Tahun 2005, maka Kabupaten Pelalawan terdiri atas 12 kecamatan.

Kabupaten Pelalawan dijadikan sebagai studi kasus dalam permodelan ini dikarenakan daerah ini memiliki luas hutan gambut yang luas serta sering terjadinya kebakaran hutan. Kabupaten Pelalawan memiliki jumlah kejadian kebakaran hutan setiap tahun mencapai 0,45- 3,51 hektar/ Tahun (Dinas Kehutanan dan Perkebunan Provinsi Riau, 2011). Kebakaran hutan gambut yang terjadi di Kabupaten Pelalawan sebagai cara yang dilakukan dalam pembukaan lahan untuk perkebunan dan industrialisasi telah terdeteksi sejak tahun 1997. Kebakaran hutan pada lahan gambut yang terjadi di Kabupaten Pelalawan dapat dipastikan merupakan rangkaian dari kegiatan pembukaan lahan (*land clearing*) untuk perkebunan skala sedang dan besar (perusahaan), Hutan Tanaman Industri (HTI), usaha pertanian rakyat serta kegiatan kehutanan lainnya. Terjadinya kebakaran hutan mengakibatkan dampak buruk bagi lingkungan dan aktivitas perkotaan lingkup lokal dan global. Dampak buruk kebakaran hutan yang terjadi pada lingkungan adalah peningkatan emisi karbon yang menyebabkan kota semakin panas, kabut asap sebagai polusi udara, dan degradasi kualitas kesehatan. Dampak buruk kebakaran hutan yang terjadi terhadap perkotaan adalah menurunnya aktivitas utama perkotaan, seperti ekonomi, sosial, dan politik.



Sumber: globalforestwatch.org

Gambar 1.1
Peringatan Titik Api Tanggal 24 Juni-1 Juli 2015 di Provinsi Riau

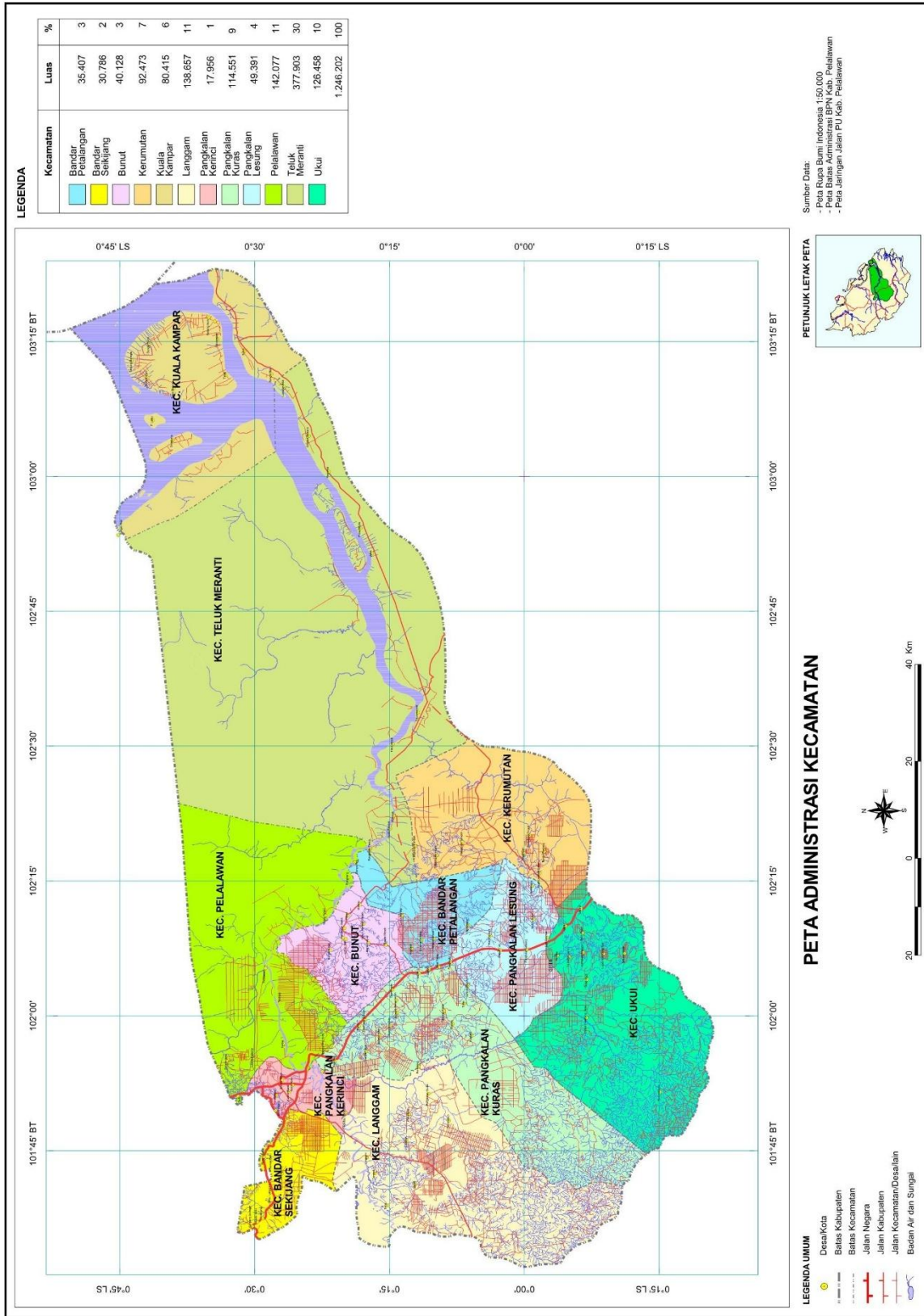
Alih fungsi lahan dengan metode pembakaran hutan, murni disebabkan oleh faktor kesengajaan manusia dengan alasan ekonomi dan sosial seperti yang dijelaskan Kepala BNPB, (Syamsul Ma'arif, 2013). Faktor penyebab utama terjadinya deforestasi dan degradasi hutan di Kabupaten Pelalawan serta timbulnya berbagai konflik dalam pengelolaan/pengusahaan hutan adalah perencanaan tata ruang dan manajemen hutan yang tidak efektif serta tata kelola dan penegakan hukum yang lemah. Minimnya data dan informasi yang akurat serta keterbatasan sumberdaya manusia baik kualitas maupun kuantitas menyebabkan perencanaan tata ruang dan manajemen hutan tidak efektif (Dinas Kehutanan dan Perkebunan Provinsi Riau, 2011).

Selengkapnya wilayah administratif kelurahan dan desa Kabupaten Pelalawan dapat dilihat pada tabel I.1 dibawah ini dan secara spasial pada peta I.1

Tabel I. 1
Wilayah Administratif Kabupaten Pelalawan

Kecamatan	Ibu Kota Kecamatan	Luas Daerah Km²
Langgam	Langgam	1.453,06
Bandar Sei Kijang	Sei Kijang	306,87
Pangkalan Kerinci	Pangkalan Kerinci	195,32
Bunut	Pangkalan Bunut	423,00
Pelalawan	Pelalawan	1.482,65
Bandar Petalangan	Rawang Empat	372,31
Pangkalan Kuras	Sorek Satu	1.200,08
Pangkalas Lesung	Pangkalan Lesung	509,29
Ukui	Ukui Satu	1.345,20
Kuala Kampar	Teluk dalam	697,76
Kerumutan	Kerumutan	956,84
Teluk Meranti	Teluk Meranti	4.212,81

Sumber: Laporan Inventarisasi Potensi SDA Kab. Pelalawan , 2009



Gambar 1.2
Peta Administrasi Kabupaten Pelalawan

Kabupaten Pelalawan memiliki potensi sumber daya alam hutan dan perairan. Potensi sumber daya hutan yang ada di Kabupaten Pelalawan memiliki luas 755.896,10 Ha (Dinas Kehutanan Kab. Pelalawan, 2006). Pemanfaatan tata guna lahan berupa hutan banyak dimanfaatkan sebagai hutan produksi terbatas, hutan produksi tetap, hutan konservasi, dan hutan lindung.

2.9.1 Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi yang dibahas dalam penelitian ini adalah membahas tentang peran teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dalam permodelan perubahan lahan. Pembahasan rinci tentang aspek yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Identifikasi dan klasifikasi citra tutupan lahan Kabupaten Pelalawan Tahun 2002 dan 2013

Proses identifikasi menggunakan teknik interpretasi citra pada setiap tata guna lahan di Kabupaten Pelalawan. Interpretasi citra berdasarkan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) terhadap citra satelit Landsat TM tahun 2002 dan 2013. Alat yang digunakan adalah aplikasi penginderaan jauh ER Mapper dan ArcGIS dengan dasar pengolahan data citra digital.

2. Identifikasi dan analisis indeks vegetasi hijau (*Normalized Difference Vegetation Index*) serta menghitung jumlah cadangan karbon lanskap tutupan lahan tahun 2013.

Menurut Prahasta (2008:295) menyatakan bahwa analisis vegetasi hijau (NDVI) merupakan analisis untuk mencari tingkat kehijauan melalui nilai-nilai piksel dalam band citra yang digunakan. Nilai indeks vegetasi dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band infra-merah pada spektrum gelombang elektromagnetik (Prahasta, 2008:297). Alat yang digunakan adalah ER Mapper dengan rumus $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$. Hasil analisis indeks vegetasi, dijadikan dasar dalam perhitungan jumlah cadangan karbon tutupan lahan diatas permukaan tanah menggunakan standar karbon ditjenplan Kemenhut tahun 2012 dan Puslitbang perubahan iklim dan kebijakan tahun 2010.

Pendugaan biomassa/ karbon diatas permukaan tanah merupakan penelitian yang penting dilakukan untuk mengukur efek dari kerusakan hutan serta cadangan karbon dalam keseimbangan karbon secara lokal dan global (Ketterings et al., 2001). Siklus karbon terjadi setiap tahun selalu mengalami transformasi kepada karbon yang ekosistem tanah dan massanya lebih muda (Hairiah et al., 2001). Hal ini menjadikan karbon diatas permukaan

tanah/ lanskap merupakan karbon muda yang mengalami transformasi dari karbon dibawahnya.

3. Melakukan analisis permodelan dan simulasi yang berbasis spasial dengan pendekatan *Cellular Automata*.

Analisis permodelan spasial ini digunakan untuk memprediksi perubahan tutupan lahan yang akan datang hingga 20 tahun. Permodelan Cellular Automata merupakan permodelan dinamik terhadap data yang akan datang yang berbasis trend/ kejadian yang telah berlalu, sehingga dapat memprediksi kondisi waktu yang akan datang (Vera, dkk., 2012). Otomata seluler (*cellular automata*) adalah model sederhana dari proses terdistribusi spasial dalam GIS. Data terdiri dari susunan sel-sel (grid), dan masing-masing diatur sedemikian rupa sehingga hanya diperbolehkan berada di salah satu dari beberapa keadaan (Vera, dkk., 2012). *Cellular automata* bekerja dengan tahapan waktu yang diskrit, dimana nilai variabel sel dipengaruhi oleh nilai variabel sel tetangganya ditahapan waktu sebelumnya. Tetangga dari suatu sel yaitu sel-sel yang berdekatan dengan sel itu sendiri. Variabel sel diperbaharui secara simultan, berdasarkan kepada nilai variabel yang dimiliki sel tersebut dan tetangganya ditahapan waktu sebelumnya (Wolfram, 1983 dalam Koomen E. et.al., 2007)

4. Membuat skenario arahan pola ruang dalam tata ruang (RTRW)

Skenario pola ruang bertujuan untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Pembangunan berkelanjutan adalah proses (lahan, kota, bisnis, dsb) yang berprinsip “memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan” (Brundtland Report dari PBB, 1987). Pembangunan berkelanjutan memiliki empat dimensi yaitu, dimensi ekologis, dimensi sosial-ekonomi-budaya, dimensi sosial politik dan dimensi hukum-kelembagaan (Cahyandito, 2006: 2-5). Skenario pola ruang yang dibangun berdasarkan model simulasi perubahan tutupan lahan tahun 2020 dengan mempertimbangkan cadangan karbon yang tersimpan serta kerawanan bencana kebakaran hutan yang terjadi.

Skenario dan arahan yang dibangun berupa lahan berupa tutupan hutan yang diprediksi mengalami konversi ke lahan non-hutan serta memiliki jumlah karbon yang tinggi, maka diarahkan kepada kawasan lindung. Apabila lahan berupa tutupan hutan dengan cadangan karbon sedang, dan diprediksi terjadi konversi lahan terbuka, maka diarahkan kepada kawasan budidaya bersyarat.

Skenario ini diharapkan mampu mengendalikan alih fungsi lahan dan pembukaan lahan dengan metode pembakaran melalui tata ruang (RTRW).

1.6. Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian memberikan perbandingan dan gambaran terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terhadap penelitian yang sedang dilakukan penulis. Hal ini bertujuan untuk menghindari plagiasi materi atau substansi penelitian. Keaslian Penelitian yang disusun dalam bagian ini adalah penelitian yang pernah dilakukan terkait perubahan lahan yang dilakukan di Indonesia dengan ruang lingkup Universitas Diponegoro dan beberapa penelitian lainnya. Keaslian penelitian ini menggambarkan perbedaan –perbedaan penelitian yang pernah dilakukan dengan apa yang saat ini penulis lakukan.

Tabel I.2
Keaslian Penelitian

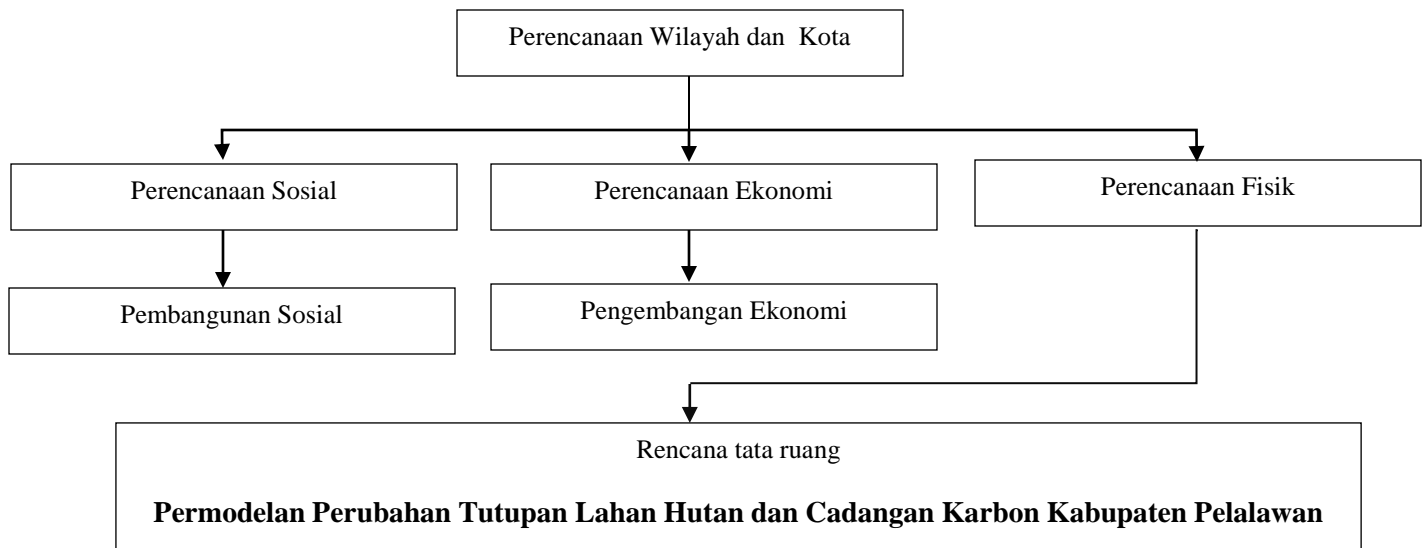
No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian dan Tahun	Lokasi Penelitian	Pertanyaan Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian
1.	Melisa Oktaviani. A	Kajian Perubahan Penggunaan Lahan, 2010	Kota Gorontalo	Bagaimana perubahan penggunaan lahan Kota Gorontalo serta faktor-faktor?	Mengkaji Perubahan penggunaan lahan Kota Gorontalo serta faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lahan tsb.	Metode yang digunakan adalah Deskriptif, dengan teknik analisis Overlay Peta
2.	Lailatus Syarifah	Perubahan Penggunaan Lahan di Sekitar Kampus Universitas Diponegoro, 2011	Kota Semarang, Kampus Undip Tembalang	Bagaimanakah perubahan penggunaan lahan yang terjadi dan faktor-faktor?	Mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan dan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan di Kawasan pinggiran Kota	Metode kuantitatif keruangan dengan analisis spasial overlay
3.	Wahyu Ady Prasetyo	Identifikasi Prakiraan Alih Fungsi Perubahan Penggunaan Lahan dengan SIG Tahun 2006-2018	IKK Bawang Kabupaten Batang	Bagaimana Prakiraan Penggunaan Lahan terhadap padatnya ruang perkotaan tahun 2018?	Mengidentifikasi Prakiraan alih fungsi perubahan penggunaan lahan tahun 2006-2018	Metode Kuantitatif dengan analisis proyeksi
4.	Pangi	Pola Penggunaan Lahan pada daerah peri urban dengan pendekatan Model Dinamis	Kecamatan Umbulharjo, Yogyakarta	Bagaimana Model dinamis penggunaan lahan terhadap perkembangan kawasan periurban ?	Membuat model dinamis dalam penentuan pola penggunaan lahan di kawasan periurban	Metode Kuantitatif Spasial.

5.	N. Wijaya	Deteksi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Citra Landsat dan SIG	Wilayah Metropolitan Bandung, Indonesia	Bagaimana Memanfaatkan data penginderaan jauh dan analisis sederhana untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan?	Mengidentifikasi Perubahan Penggunaan Lahan menggunakan analisis spasial sederhana	Metode Kuantitatif Spasial temporal
6.	Vera, T.D.P, dkk.	Model Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Cellular Automata-Markov Chain	Kawasan Mamminasata, Kota Makassar	Bagaimana model perubahan penggunaan menggunakan peta penggunaan lahan tahun 2004 dan 2009?	Menganalisis perubahan penggunaan lahan 2029 melalui peta penggunaan lahan kawasan Mamminasata tahun 2004 dan 2009	Metode Kuantitatif Statistik Cellular Automata-Markov Chain.
7.	Apri Zulmi Hardi (Peneliti)	Model Simulasi Perubahan tutupan lahan dan cadangan karbon terhadap RTRW pada daerah rawan kebakaran hutan	Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau	Bagaimana model simulasi perubahan tutupan lahan yang digunakan dalam mengendalikan bencana kebakaran hutan melalui intervensi tata ruang yaitu RTRW?	Mengembangkan model simulasi perubahan tutupan lahan kedepan terhadap pelepasan cadangan karbon dalam arahan tata ruang tahun 2015-2033	Metode Kuantitatif Spasial temporal dengan Analisis Statistik Cellular Automata-Markov Chain

Sumber: Analisis Peneliti, 2015

1.7. Posisi Penelitian

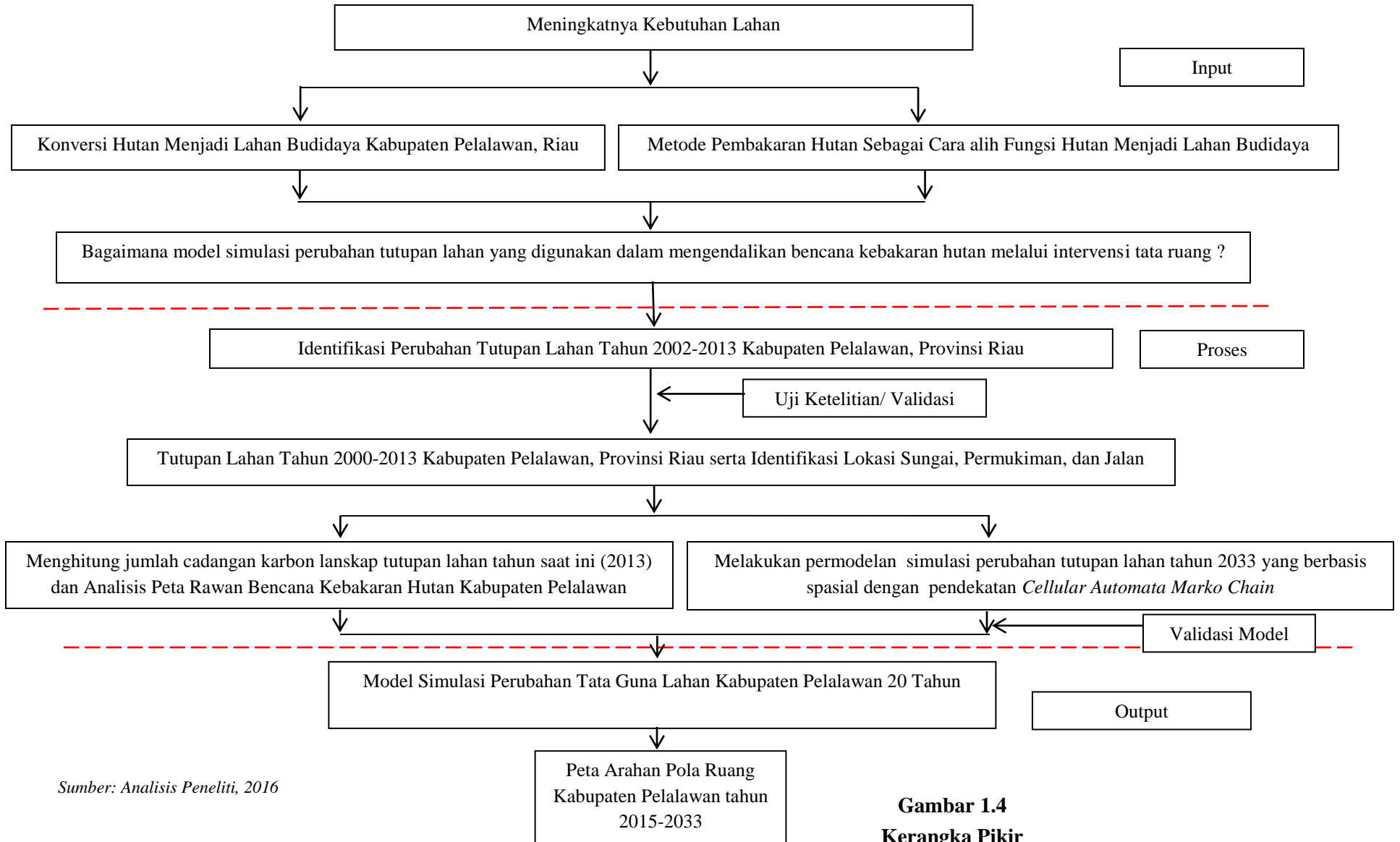
Penelitian yang dilakukan, secara substantif masuk dalam lingkup perencanaan fisik yaitu perubahan penggunaan lahan dan perkembangan kawasan/ wilayah. Adanya alih fungsi lahan, secara ilmu perencanaan wilayah dan kota menandakan adanya karakter perkembangan kawasan. Penelitian ini termasuk dalam perencanaan wilayah dan melihat perubahan tutupan lahan secara makro dengan intervensi melalui rencana tata ruang wilayah dalam bentuk pola ruang. Secara sistematis, dapat dilihat pada gambar I.2 dibawah ini



Sumber: Analisis Peneliti, 2015

Gambar 1.3
Posisi Penelitian dalam Ilmu Perencanaan Wilayah dan Kota

1.8. Kerangka Pikir



Sumber: Analisis Peneliti, 2016

Gambar 1.4
Kerangka Pikir

1.9. Metode Penelitian

Metode Penelitian merupakan pendekatan penelitian yang digunakan untuk menemukan pemecahan masalah yang dirumuskan.

1.9.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang menghasilkan model prediksi perubahan lahan dan cadangan karbon tutupan lahan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pemodelan spasial temporal. Menurut Sugiyono (2013:8) penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang memiliki kategori jelas serta positivistik berdasarkan asumsi permasalahan dan gejala kausal (sebab-akibat). Penelitian kuantitatif berhubungan erat dengan variabel sebagai indikator penelitian yang digunakan. Penelitian kuantitatif bertujuan untuk mengetahui informasi dari variabel-variabel dengan pengujian, menemukan hubungan, serta sebab-akibat yang terjadi. Sumber yang dijadikan dasar dalam penelitian kuantitatif adalah permasalahan yang berhubungan dengan konsep dan teori yang relevan.

Obyek penelitian ini adalah perubahan tutupan lahan yang terjadi dari tahun 2002-2013 dengan subyek penelitian Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Unit analisis penelitian ini adalah tutupan lahan dengan unit observasi jenis tutupan lahan, terutama lahan hutan. Model spasial temporal sistem informasi geografis diterapkan dalam analisis perubahan lahan dan prediksi perubahan lahan kedepan dalam luasan tertentu dengan menggunakan aplikasi, salah satunya Er Mapper, ArcGIS, dan Idrisi Selva. Metode analisis yang dilakukan dalam penelitian terdiri dari analisis perubahan lahan, analisis vegetasi/ perhitungan karbon dan analisis model perubahan tutupan lahan hutan. Analisis perhitungan karbon menggunakan teknik analisis carbon calculator berdasarkan jenis tutupan lahan

1.9.2. Data Penelitian

Penelitian sangat berkaitan dengan data/ informasi. Hal ini merupakan dasar dalam membangun penelitian. Sebelum menghasilkan penelitian, maka diperlukan data sebagai informasi dalam penelitian. Data adalah fakta/ informasi yang didapat dari hasil pengamatan / wawancara, kuesioner yang berupa angka, huruf, lambang atau sifat (tampomas, 2013: 32). Data yang digunakan dalam penelitian adalah data yang bersifat keruangan/ spasial, dalam bentuk raster atau vektor. Data yang digunakan adalah data raster citra Landsat TM 8 tahun 2002 dan 2013 multi temporal, data tata guna lahan, data infraskruktut jalan, sungai, dan data kelerengan wilayah.

Setelah mengetahui metode pengumpulan data dalam penelitian ini, maka disusun kebutuhan data yang akan digunakan untuk menguji hipotesis dan bahan analisis. Kebutuhan data yang disusun berdasarkan pengumpulan data primer dan data sekunder. Berikut ini adalah kebutuhan data yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel I.3
Kebutuhan Data

No.	Nama Data	Tipe Data	Jenis Data	Cara Pengumpulan Data	Tahun	Sumber Data
1.	Administrasi Kabupaten Pelalawan dan Sekitarnya	Spasial Vektor (Peta)	Sekunder	Telaah Dokumen	Terbaru	Bappeda Kabupaten Pelalawan
2.	Citra Landsat TM, OLI dan TIRS Kabupaten Pelalawan Tahun 2002-2013	Spasial Raster (Peta)	Sekunder	Telaah Dokumen	Time Series 2002-2013	United State Geological Survei (USGS).
3.	Peta Kelengkapan Dasar Fisik (Sungai, Jalan, Permukiman, Kelerengan,)	Spasial Raster (Peta)	Sekunder	Telaah Dokumen	Terbaru	Bappeda Kabupaten Pelalawan
4.	Data Distance Jalan, Sungai, Permukiman, dan Kelerengan	Spasial Raster (Peta)	Sekunder	Analisis	Terbaru	Bappeda Kabupaten Pelalawan

Sumber: Analisis Penulis, 2015

1.9.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini diperoleh melalui 2 sumber yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data yang dilakukan harus berdasarkan kemampuan memperoleh seperti biaya, waktu, dan kemudahan memperoleh sumber data (Kothari, 1985:17). Berikut adalah penjabaran sumber data yang digunakan. Pengumpulan data primer yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan wawancara. Penelitian ini menggunakan jenis wawancara yang tidak memiliki prosedur baku menggunakan form wawancara. Proses wawancara yang dilakukan hanya berupa pertanyaan langsung ketika hasil pengamatan/ observasi tidak memberikan gambaran yang sesuai dengan tujuan observasi. Responden yang akan menjadi obyek wawancara adalah pihak pemerintah terkait perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Pelalawan.

Penelitian ini menggunakan secara dominan data-data sekunder. Data sekunder yang digunakan berasal dari kajian literatur dan data instansi. Kajian literatur penelitian ini bersumber dari artikel ilmiah, jurnal, publikasi, dan hasil diskusi. Sedangkan data instansi diperoleh dengan pengiriman dan peminjaman berkas data yang dibutuhkan. Data bersifat kuantitatif dan kualitatif terkait perubahan tutupan lahan di Kabupaten Pelalawan.

1.9.4. Metode Analisis

Teknik analisis merupakan tahapan analisis yang bertujuan untuk mengolah berbagai variabel-variabel yang telah ditentukan dalam menguji hipotesis dan menghasilkan kesimpulan. Adapun tahapan analisis dalam penelitian ini, yaitu:

1. Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan yang dilakukan terdiri dari tahapan sub-analisis yang mendukung dalam melakukan analisis perubahan tutupan lahan. Data dasar dalam menganalisis perubahan tata guna lahan adalah data citra satelit Landsat TM, OLU dan TIRS tahun 200 dan 2015 yang didapat dari <http://earthexplorer.usgs.gov/> dengan menggunakan aplikasi pengolahan data spasial salah satunya adalah ArcGIS. Adapun tahap analisis dalam melakukan perubahan tutupan lahan adalah:

a. Koreksi Geometrik

Data dasar berupa citra memiliki beberapa kekurangan yang disebabkan adanya perbedaan sensor saat perkaman. Perbedaan-perbedaan ini disebabkan karena adanya perbedaan yang berbeda terkait geografis dan kondisi satelit. “*Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor: arah lintasan, gerakan lokal satelit (pitch, roll, dan yaw), dan kelengkungan bumi*” (Prahasta, 2008: 154). Kesalahan geometri harus dikoreksi menggunakan analisis koreksi geometri (Rektifikasi, geocoding, Registrasi). Menurut Prahasta (2008:156) “*koreksi geometri/ rektifikasi adalah suatu proses yang mentransformasikan geometri (unsur-unsur spasial) citra digitalnya sedemikian rupa sehingga setiap pikselnya memiliki posisi didalam sistem koordinat dunia nyata*”. Sistem koordinat yang ditransformasikan dapat berupa koordinat geodetik (λ, φ) ataupun koordinat proyeksi peta (x, y). Koreksi geometri dapat dilakukan pada beberapa aplikasi pengolahan data citra satelit, seperti Er Mapper, ArcGIS, ERDAS, dsb.

Proses ini memerlukan ikatan yang disebut titik kontrol medan (*ground control point/ GCP*). GCP diperoleh dari citra/ peta yang sudah terkoreksi atau data tabel koordinat. GCP ini harus mudah dikenali dengan tanda-tanda fisik di lingkungan seperti, aliran tubuh air/sungai/danau, jalan raya, sudut-sudut bangunan, dan tanah kosong (tergantung keadaan yang terlihat jelas pada citra). Akurasi koreksi geometri ditunjukkan dengan nilai RMS- error (*root mean square-error*) yang menunjukkan

tingkat ketepatan pengambilan titik terhadap peta yang digunakan. Semakin kecil nilai RMS-error atau semakin mendekati 0, maka ketepatan titik GCP yang diambil semakin tinggi.

Untuk menguji keakuratan citra hasil koreksi geometrik, maka dihitung besar penyimpangan terhadap peta referensi. Citra hasil koreksi geometrik dapat diterima apabila penyimpangan posisi tidak melebihi satu pixel.

b. Penggabungan/ Penajaman Citra

Penggabungan citra digital dilakukan untuk mendapatkan tingkat kecerahan dari objek permukaan bumi dengan mengkombinasikan beberapa band/ kanal citra menjadi citra komposit warna merah, hijau, dan biru (Red, Green, and Blue/ RGB). Penggabungan citra ini dikarenakan beberapa citra Landsat, OLI, TIRS terdiri dari tujuh band/kanal yang setiap band hanya mempresentasikan 1 warna, sehingga harus digabung menjadi satu komposit. Komposit citra yang digunakan adalah 432, 654, 543, 753, dan 562. Komposit ini memberikan gambaran vegetasi hijau pada hijau dalam memberikan kontras terhadap tutupan lahan yang ada.

Penajaman citra dalam istilah lain disebut juga koreksi radiometrik, *pre-processing, restoration*. Menurut Prahasta (2008:174) “*koreksi radiometrik adalah suatu koreksi yang perlu diberikan akibat kesalahan atau distorsi yang bersifat radiometrik pada data citra produk perekaman sensor*”. Terjadinya kesalahan geometrik disebabkan adanya perbedaan sensor dan energi tidak sampai secara terukur terhadap obyek, yang menyebabkan obyek berbeda dengan koordinat sebetulnya. “*Kesalahan ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah kondisi atmosfer, sudut (azimuth dan ketinggian) matahari dan topografi, sensitivitas sensornya*” (Prahasta: 2008:174). Semua faktor-faktor tersebut dapat ditangani dengan menggunakan koreksi radiometri yang implementasi dan fungsinya untuk memodifikasi nilai-nilai digital (DN) setiap piksel bands suatu citra. Nilai-nilai DN tersebut, sebagai fungsi dari pengaruh kondisi atmosfer, geometri matahari-sensor, dan sensor itu sendiri. Tahapan yang dilakukan dalam koreksi radiometri diantaranya adalah

- Mengurangi nilai DN Band Citra

Menurut Prahasta (2008:177) “*mengurangi nilai DN Band Citra dilakukan pada citra- citra yang mengidap pengaruh kondisi atmosfer, seperti kabut, asap, gas, awan, dan sejenisnya. Adapun persamaannya*” adalah:

```

For i= 1 to MaxBaris
For j= 1 to Maxkolom
DNakhir (i,j)=DNawal (i,j)-K
Next i
Next j

```

Keterangan:

“ $DN_{akhir} (i,j)$ adalah bilangan citra digital piksel-piksel band citra yang terbebas dari pengaruh atmosfer, $DN_{awal} (i,j)$ adalah bilangan digital piksel-piksel band citra yang belum terkoreksi (raw) , dan K adalah bilangan digital piksel-piksel tubuh air pada saat band citra yang bersangkutan belum terkoreksi” (Prahasta, 2008:178).

- Meregangkan Band Citra

Meregangkan citra dapat diistilahkan dengan *stretching* histogramnya secara linear. *Stretching* digunakan guna untuk menajamkan citra yang mana wilayah yang gelap seperti tubuh air akan semakin gelap sementara yang terang akan nampak lebih terang.

```

For i= 1 to MaxBaris
For j= 1 to Maxkolom
DNakhir (i,j)=(DNawal (i,j)- Min) x 255/ (Max-Min)
Next i
Next j

```

Keterangan:

Min adalah bilangan digital terkecil yang dimiliki oleh band citra yang belum terkoreksi, dan Max adalah bilangan digital terbesar yang dimiliki band citra yang belum terkoreksi (Prahasta, 2008:182).

Bentuk koreksi radiometrik diatas adalah koreksi yang disebabkan oleh *haze* (atmosfir, sensor matahari, dan sensornya). Selain itu, penelitian ini adalah penelitian yang menganalisis perubahan tutupan lahan terutama tutupan lahan hutan, maka diperlukan analisis khusus dalam mendeteksi vegetasi hutan. Salah satu bentuk penajaman citra dalam mendeteksi vegetasi hutan adalah indeks vegetasi. Indeks vegetasi bertujuan untuk mengidentifikasi dan invetigasi terhadap penutup lahan (*landcover*) dan cadangan karbon. Informasi yang dihasilkan dinyatakan dalam terminologi indeks vegetasi (VI). Indek vegetasi memberikan gambaran kerapatan vegetasi tumbuhan yang ada di area pengamatan. Semakin besar kerapatan/ nilai indeks vegetasi maka semakin rapat vegetasinya (Prahasta, 2008:296).

Konsep indeks vegetasi yang dapat digunakan diantaranya adalah *Enhance Vegetation Index* (EVI) dan *Normalize Differential Vegetation Index* (NDVI), serta konsep persamaan Brovey untuk melihat perbedaan tutupan lahan. Penelitian ini menggunakan konsep indeks vegetasi NDVI yang dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band infra-merah (didekati oleh band NIR) pada spektrum gelombang elektromagnetik. Menurut Parahasta (2008:297) kedua band ini dipakai karena hasil ukurannya paling dipengaruhi oleh penyerapan klorofil daun/vegetasi hijau. Persamaan rumus yang digunakan adalah

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Berdasarkan rumus tersebut nilai indeks vegetasi akan berdomain bilangan real antara -1.0 hingga +1.0. Sementara itu, di dalam pengolahan citra digital, nilai-nilai piksel, minimal, akan berdominan 8-bit (0-255), dengan bentuk persamaan

$$NDVI_{akhir} = 100 * (NDVI + 1.0)$$

Berdasarkan rumus ini, maka nilai indeks vegetasi akan berdominan 0, hingga +200 (Prahasta, 2008:299).

c. *Klasifikasi Citra*

Beragamnya nilai-nilai spektral yang ada pada nilai-nilai piksel, maka mengakibatkan citra tersebut sulit untuk diinterpretasikan apalagi, jika piksel-piksel memiliki nilai-nilai digital yang sama/berdekatan (tidak terclusterkan sama sekali). Berdasarkan permasalahan ini, maka diperlukan teknik klasifikasi citra digital yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk menyederhanakan proses pengenalan pola-pola unsur spasial yang terdapat didalamnya (Prahasta, 2008:226).

Menurut Prahasta (2008:226) klasifikasi citra digital adalah suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel yang terdapat didalam bands citra yang bersangkutan ke dalam beberapa kelas (kelompok) berdasarkan suatu kriteria atau kategori tertentu sehingga menghasilkan peta tematik dalam raster. Proses klasifikasi citra digital terbagi menjadi dua kelompok metode yaitu; klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*) dan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Metode klasifikasi tidak terbimbing digunakan untuk mengelompokkan (meng-clusterkan) piksel-piksel citra berdasarkan aspek statistik (matematis) semata, sedangkan metode klasifikasi terbimbing digunakan apabila pengguna mengetahui keberadaan kelas-kelas (*training sites/ areas*). Kelas-kelas yang dimaksud akan berisi sampel-sampel yang diasumsikan homogen dan dapat mengakomodasikan aspek-aspek variabilitas anggota-anggota kelas yang bersangkutan.

Penelitian ini menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) yang menggunakan *training sites/ areas* sebagai sampel klasifikasi. Tool yang digunakan dalam klasifikasi terbimbing adalah *maximum likelihood*. Aplikasi yang digunakan diantaranya adalah Er Mapper, ArcGIS, dsb. Hasil klasifikasi tutupan lahan terbagi kedalam 5 kelas, yaitu tubuh air, ruang terbangun (permukiman), hutan, pertanian/ perkebunan, industrial dan komersial (He, Y.X. et al., 2015:78).

d. Uji Ketelitian

Uji ketelitian sangat diperlukan sebagai validasi dari hasil klasifikasi citra yang telah dilakukan dengan kondisi eksisting dilapangan. Uji ketelitian dilakukan setelah melakukan survei lapangan terhadap hasil klasifikasi. Uji yang dilakukan dapat melalui 2 cara, yaitu observasi langsung kelapangan (*area sampling accuracy*) atau menggunakan nilai piksel (*confusion matrix*) (Bagus, I.K.W., 2013:52). Penelitian ini menggunakan uji ketelitian berdasarkan area contoh yang dapat dilakukan menggunakan matrik kekeliruan (*confusion matrix*). Matrix ini didapat dengan cara membandingkan antara jumlah piksel hasil klasifikasi citra dengan jumlah piksel dalam training area pada pada proses klasifikasi yang mempresentasikan data ground truth dari kelas yang sama sebagai test piksel. Contoh tabel matrik kekeliruan

Tabel I.4
Tabel Matrik Kekeliruan

		Pengambilan area contoh di citra				Total Baris	Prosedur Akurasi
		Kelas A	Kelas B	Kelas C	Kelas D		
Hasil Klasifikasi Citra	Kelas A	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₊	X ₁₁ /X ₁₊
	Kelas B	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₊	X ₂₂ /X ₂₊
	Kelas C	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₊	X ₃₃ /X ₃₊
	Kelas D	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₊	X ₄₄ /X ₄₊
Total Kolom		X ₊₁	X ₊₂	X ₊₃	X ₊₄	N	
Akurasi Pengguna		X ₁₁ /X ₊₁	X ₁₂ /X ₊₂	X ₁₃ /X ₊₃	X ₁₄ /X ₊₄		

Sumber: Bagus, I.K.W., 2013

Keterangan;

$$\text{Keteilitian Akurasi (Validasi)} = \frac{\text{Hasil Interpretasi Benar}}{\text{Total Sampel}} \times 100\%$$

Menurut Anderson et al. (1976) hasil validasi uji ketelitian yang dapat diterima dan disarankan pada citra skala 1:100.000 adalah minimal 85%.

e. Analisis Perubahan lahan

Hasil klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah time-series yaitu tahun 2000-2015. Data *time-series* ini dapat digunakan dalam analisis perubahan lahan dalam mendeteksi kecenderungan perubahan yang terjadi terutama pada tata guna lahan. Analisis ini dapat menggunakan aplikasi penginderaan jauh, salah satunya adalah Er Mapper dengan nama analisis *Image Differencing* dan *Image ratioing*. Selain itu, juga dapat menggunakan overlay citra tahun 2000-2015, kemudian perubahan yang terlihat dirumuskan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan dalam melihat perubahan tutupan lahan yang terjadi. Data mengenai perubahan penutupan lahan dianalisis dengan persamaan;

$$\Delta LC = \frac{K2 - K1}{K1} \times 100\%$$

Keterangan:

ΔLC = Perubahan Tutupan Lahn

K1 = Luas Penutupan Lahan tahun ke 1 (Ha)

K2 = Luas Penutupan Lahan Tahun Ke 2 (Ha)

Berdasarkan persamaan tersebut, maka data perubahan lahan akan didapat dalam bentuk luas (ha) dan data spasial.

2. Analisis Perhitungan Karbon Lanskap

Perhitungan perubahan dan cadangan karbon lanskap merupakan bagian dari rencana aksi nasional dalam mengurangi emisi gas rumah kaca berdasarkan Peraturan Presiden RI Nomor 61 Tahun 2011. Analisis perhitungan karbon lanskap yang dilakukan berdasarkan sektor kehutanan dan lahan gambut berupa tutupan lahan tahun 2000 dan 2015. Analisis ini termasuk dalam perhitungan emisi GRK sektor AFOLU (Hutan, Ternak, Budidaya Padi, dll). Data yang digunakan sebagai variabel analisis dalam menghitung perubahan dan cadangan karbon tutupan lahan adalah luas tutupan lahan tahun 2000 dan tahun 2015. Variabel luas tutupan lahan tersebut bisa didapat dari data statistik Kabupaten Pelalawan atau hasil analisis perubahan tutupan lahan tahun 2000-2015.

Alat yang digunakan adalah *Carbon Calculator* yang dikeluarkan oleh *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Alat ini merupakan implementasi dari rencana aksi daerah dalam mengurangi emisi GRK dengan menghitung emis karbon sesuai sektor-sektor yang telah ditentukan. Jenis tutupan lahan yang menjadi kategori dalam perhitungan menggunakan kalkulator karbon adalah lahan hutan, pertanian, padang rumput, lahan basah,

permukiman, dan lahan lainnya. Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung cadangan karbon secara lanskap adalah

$$C_{tc} = \left(\frac{\sum C_{plot}}{n_{plot}} \right) \times \text{Luas tutupan Lahan (ha)}$$

Sumber: Bagus, I.K.W, 2013

Keterangan:

C_{tc} = total cadangan karbon dalam lanskap (Ton C/ha)

N_{plot} = jumlah plot dalam lanskap

C_{plot} = total cadangan karbon per hektare pada plot dalam tipe tutupan lahan

3. Analisis Prediksi Perubahan Tata Guna Lahan

Analisis prediksi perubahan tata guna lahan yang digunakan adalah analisis *cellular automata-Markov (CA-M)*. Analisis *cellular automata* merupakan permodelan spasial dengan sifat dinamik, sehingga dapat memprediksi kondisi waktu yang akan datang (Vera, T.D., dkk.,2013). Analisis *cellular automata-Markov chain* adalah permodelan stokastik dalam memprediksi perubahan lahan yang dinamik pada skala waktu tertentu (Baker, 1989; Muller & Middleton, 1994) . Analisis ini merupakan analisis sederhana dalam prediksi perubahan tata guna lahan dalam skala yang besar yang tidak bergantung pada asumsi data statistik berupa regresi, melainkan bergantung pada data spasial tutupan lahan (Overmars, de Koning, & Veldkamp, 2003).

Metode analisis *cellular automata* diawali dengan membangun matrik probabilitas yang bertujuan untuk estimasi setiap piksel dari perubahan tutupan lahan yang terjadi ke dalam kelas-kelas lain sebagai prediksi tutupan lahan (Eastman, 2009). Adapun tahapan analisis terdiri dari;

a. *Analisis Probabilitas dari Markov Chain*

Analisis ini menggunakan data tutupan lahan tahun 2000 dan 2015 yang mejadi dasar dalam prediksi perubahan tutupan lahan hingga tahun 2020 (Nurmiaty, dkk., 2014:63). Matrik probabilitas dan Matrik Transisional Area merupakan matrik yang mengandung peta tutupan lahan dari 2 tahun yang berbeda dengan persamaan (Waseem, M et al., 2015:105)

$$P\{X(tn) \leq Xn \mid X(t), t \leq tn-1\} = P\{X(tn) \leq Xn \mid X(tn-1)\}$$

b. *Model Kappa-Validasi*

Validasi model Kappa sering digunakan untuk menguji kualitas hasil klasifikasi tutupan lahan berbasis data penginderaan jauh (Jensen, 2007). Data yang digunakan adalah data tutupan lahan eksisting tahun 2015 yang sudah diklasifikasikan. Perhitungan kappa didasarkan pada tabel kontingensi yang memberikan persyaratan hasil model validasi kappa yang bisa digunakan dalam prediksi tutupan lahan tahun 2020 adalah lebih dari 75% (Nurmiaty, dkk., 2014:63). Adapun persamaan koefisien Kappa adalah (koomen, 1996 dalam Nurmiaty, dkk., 2014:63)

$$K = \frac{P(A) - P(E)}{1 - P(E)}$$

Keterangan:

P(A) = Proporsi Klasifikasi Benar Berdasarkan Obersevasi

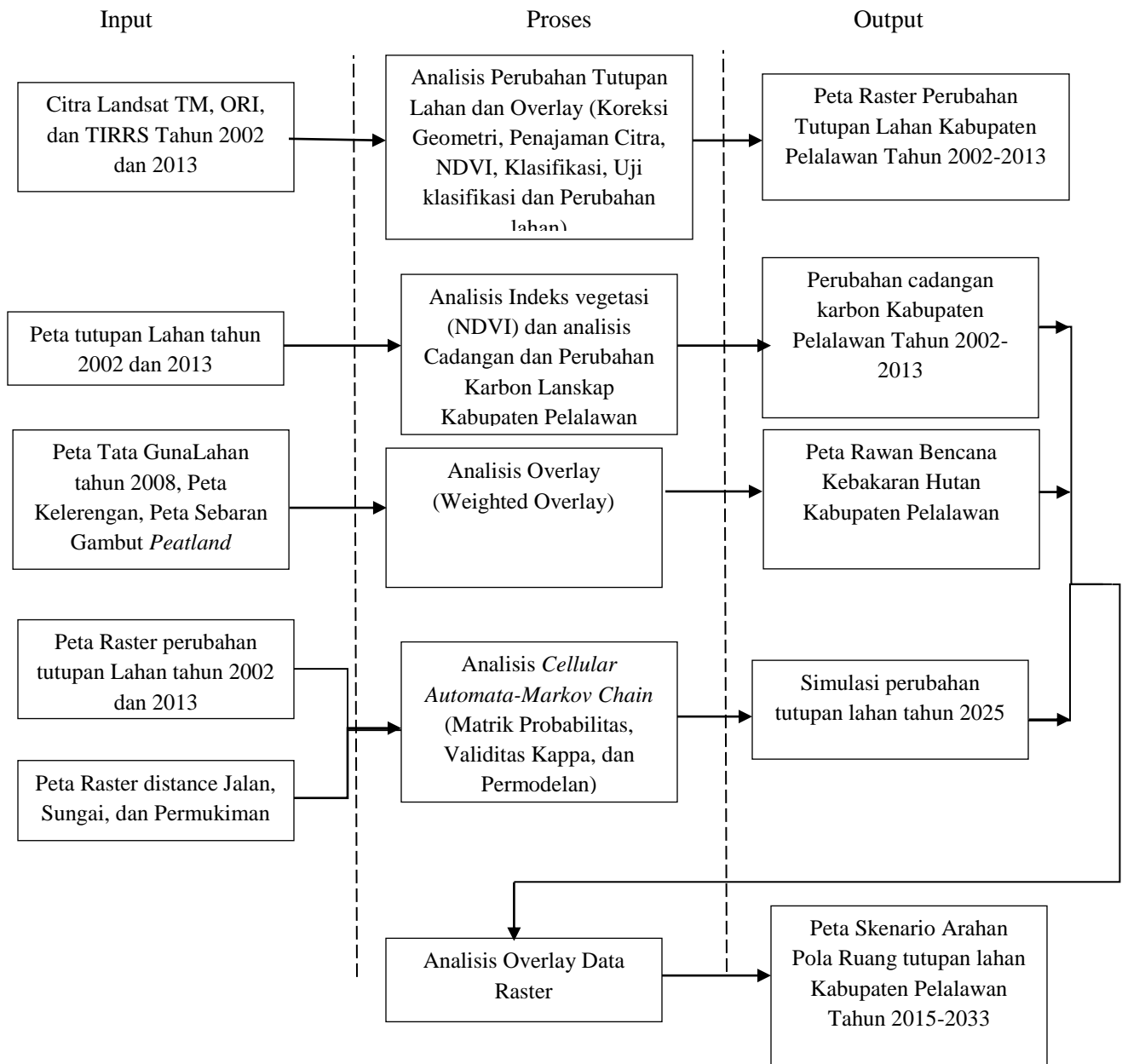
P(E) = Proporsi Klasifikasi yang dianggap Benar Berdasarkan Ekspetasi

c. *Permodelan Simulasi Menggunakan Cellular Automata-Markov chain*

Tahun prediksi tutupan lahan adalah tahun 2020 yang menggunakan analisis cellular automata-Markov-Chain. Data dasar yang digunakan adalah data tahun 2000 dan 2015 sebagai faktor penentu dari pola perkembangan aktivitas tutupan lahan yang terjadi kedepan. Analisis ini akan dihasilkan sel-sel acak yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan yang nantinya disimpulkan hasil prediksi tutupan lahan berdasarkan sel-sel tersebut.

4. Kerangka Analisis

Kerangka analisis adalah proses tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yang bertujuan sebagai panduan penelitian. Kerangka analisis terdiri dari input, analisis, dan output. Input berisi data dasar yang akan dianalisis, sedangkan analisis adalah nama proses yang akan dilakukan terhadap data tersebut, dan output adalah hasil akhir dari proses analisis. Adapun proses analisis penelitian ini adalah



Sumber: Analisis Peneliti, 2015

Gambar 1.5
Kerangka Analisis

1.10. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini memuat tentang penjelasan mengenai latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan dan sasaran, manfaat penelitian, ruang lingkup spasial dan substansial, keaslian penelitian, posisi penelitian dalam bidang ilmu perencanaan wilayah dan kota, kerangka pikir, dan metode penelitian.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab dua berisi mengenai usulasan teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini, terkait konsep dan praktik yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini berkaitan dengan perubahan tutupan lahan dan karbon sehingga mempunyai kaitannya dengan tema keterkaitan perubahan tutupan dan spasial statistik. Pada bab ini juga dipaparkan beberapa ringkasan teori dari jurnal/ artikel ilmiah terkait penelitian ini.

BAB III GAMBARAN UMUM KABUPATEN PELALAWAN

Pada bab tiga ini berisi tentang kondisi wilayah Kabupaten Pelalawan yang berhubungan dengan tema penelitian yaitu perubahan tutupan lahan. Pada bab ini juga ditampilkan data fakta berupa kondisi fisik dan non-fisik dalam mendukung data penelitian. Selain itu, hasil penelitian berupa observasi dan pengumpulan data primer dan sekunder ditampilkan pada bab ini. Pengumpulan data yang ditampilkan bertujuan untuk mengumpulkan sumber informasi dalam mendukung analisis yang nantinya dilakukan.

BAB IV ANALISIS MODEL CELLULAR AUTOMATA DAN PERUBAHAN LAHAN

Pada bab empat berisi terkait perhitungan dan pengukuran yang telah dilakukan terhadap data yang ditampilkan pada bab tiga. Pada penelitian ini analisis utama yang dilakukan adalah analisis model simulasi perubahan tutupan lahan *Cellular Automata Markov-Chain*. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk menemukan dan membuktikan hipotesis atau pertanyaan penelitian. Hasil analisis akan digunakan sebagai jawaban dari penelitian ini.

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Pada bab lima berisi terkait ringkasan keseluruhan tahapan yang dilakukan dalam pemecahan masalah penelitian. Penelitian ini berisi tentang hasil analisis yang diimplikasikan melalui praktik perencanaan dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

