

POLA PERKEMBANGAN KOTA PEKANBARU DAN FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S1)



Oleh
Veronicha Briliani
NIM 17136107

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI
JURUSAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

Persetujuan Pembimbing Skripsi

Judul : Pola Perkembangan Kota Pekanbaru dan Faktor yang
Memengaruhinya
Nama : Veronicha Briliani
NIM / TM : 17136107/2017
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Ilmu Sosial

Padang, September 2021

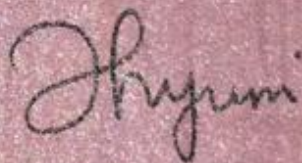
Disetujui Oleh :

Ketua Jurusan Geografi



Dr. Arie Yulfa, ST/M.Sc
NIP. 19800618 200604 1 003

Pembimbing



Arsyad S.T., M.Si
NIP. 19690323 200504 2 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Padang
Pada hari Rabu, Tanggal 18 Agustus 2021 Pukul 15.00

POLA PERKEMBANGAN KOTA PEKANBARU DAN FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA

Nama	Veronicha Briliant
TM/NIM	2017 / 17136107
Program Studi	Geografi
Jurusan	Geografi
Fakultas	Fakultas Ilmu Sosial

Padang, September 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua Tim Penguji	Dr. Arie Yulfa, S.T., M.Sc	
Anggota Penguji	Dra. Endah Purwaningsih, M.Sc	



Mengesahkan
Dekan FIS UNP

Dr. Siti Fatmahan, M.Pd., M.Hum.
NIP. 19620503 198603 2 001



UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS ILMU SOSIAL
JURUSAN GEOGRAFI

Jalan. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang – 25131 Telp 0751-7875159

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Veronicha Briliani
NIM/BP : 17136107/2017
Program Studi : Geografi
Jurusan : Geografi
Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul :

“POLA PERKEMBANGAN KOTA PEKANBARU DAN FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh:
Ketu Jurusan Geografi

Dr. Arie Yulfa, ST, M.Sc.
NIP. 19800618 200604 1 003

Padang, September 2021
Saya yang Menyatakan

Veronicha Briliani
NIM. 17136107/2017

ABSTRAK

Veronicha Briliani, 2021. “Pola Perkembangan Kota Pekanbaru dan Faktor yang Mempengaruhinya” Skripsi. Padang: Program Studi Geografi, Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola perkembangan Kota Pekanbaru menggunakan analisis *spatial metric* dan faktor yang mempengaruhi perkembangan Kota Pekanbaru menggunakan metode *cellular automata* yang digunakan dalam permodelan bersifat eksperimental.

Pola perkembangan dengan metode *spatial metric* dikuantitatifkan menggunakan software Arcgis dan Fragstats. Hasil dari pengolahan perubahan kawasan terbangun mengalami peningkatan tiap tahunnya. Sedangkan untuk pola perkembangan kota disimpulkan berdasarkan temuan dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *spatial metric*. *Metrics* yang digunakan adalah *Number of Patch*, *Patch Density*, *Largest Patch Size*, *Landscape Shape Index*, *Mean Patch Size*, *Shannon's Diversity Index*, dan *Shannon's Evenness Index*.

Kota Pekanbaru memiliki pola yang berfragmentasi atau cenderung menyebar (*Sprawl*) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor pendorong yaitu aksesibilitas yang terdiri dari jarak terhadap jalan primer, jarak terhadap jalan sekunder dan jarak terhadap permukiman. Pada penelitian ini software *LanduseSim* digunakan untuk melakukan simulasi perkembangan lahan di Kota Pekanbaru untuk melihat pengaruh dari *driving factor* yang disimulasikan.

Kata kunci : Kawasan Terbangun, Pola, *Spatial Metric*, Sistem Informasi Geografis, *Cellular Automata*.

ABSTRACT

Veronicha Briliani, 2021. *“Pattern of Pekanbaru City Development and Factors Affecting”* Essay. Padang: Geography Study Program, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, State University of Padang.

This study aims to determine the pattern of development of the city of Pekanbaru using spatial metric analysis and the factors that influence the development of the city of Pekanbaru using the cellular automata method used in experimental modelling.

The pattern of development using the spatial metric method was quantified using Arcgis and Fragstats software. The results of processing changes in the built-up area have increased every year. As for the pattern of urban development, it is concluded based on the findings of research conducted using spatial metrics. The metrics used are Number of Patch, Patch Density, Largest Patch Size, Landscape Shape Index, Mean Patch Size, Shannon's Diversity Index, and Shannon's Evenness Index.

Pekanbaru City has a pattern that is fragmented or tends to spread (Sprawl) which is influenced by several driving factors, namely accessibility which consists of distance to primary roads, distance to secondary roads and distance to settlements. In this study, LanduseSim software was used to simulate land development in Pekanbaru City to see the effect of the simulated driving factor.

Keywords—*Built-Up Area, Pattern, Spatial Metric, Geographic Information System, Cellular Automata*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur peneliti ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan segala izin-Nya yang telah diberikan kepada peneliti sehingga pada akhirnya dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “Pola Perkembangan Kota Pekanbaru dan Faktor yang Mempengaruhinya” sebagai salah satu syarat bagi setiap mahasiswa yang akan memasuki tahap pengerjaan skripsi dan menyelesaikan studi Program Sarjana di Program Studi Geografi, Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang. Dalam proses penyelesaian proposal, tentunya peneliti mendapat dukungan dari berbagai pihak. Dengan demikian penulis ingin menyampaikan terima kasih terkhusus kepada:

1. Ayahanda Herizal, Bunda Nola Randa, Ibunda Ellya Gusnita, dan kakak serta adik tersayang Tiana Fransischa, Salwa Zahratun Nisa, dan Nasha Lutfun Nisa yang selalu mendukung secara materi, dukungan mental, hingga doa yang selalu diberikan kepada penulis
2. Ibu Ahyuni, S.T, M.Si, selaku Pembimbing skripsi, yang telah banyak memberikan bimbingan berupa kritik, saran, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini
3. Bapak Dr. Arie Yulfa, selaku Penguji 1 skripsi, yang telah banyak memberikan bimbingan berupa masukan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini

4. Ibu Dra. Endah Purwaningsih, M.Sc, selaku Penguji 2 skripsi, yang telah banyak memberikan bimbingan berupa kritik dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
5. Ketua Jurusan Geografi, Ketua Prodi Geografi, beserta seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Geografi yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama berada di Kampus

Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari kesalahan. Penulis mengharapkan kritik dan saran demi sebuah kesempurnaan sehingga akhirnya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang ilmu spasial dan bisa dikembangkan lebih lanjut, Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Padang, Agustus 2021

Penulis

(Veronicha Briliani)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Pustaka.....	7
1. Pengertian Kota.....	7
2. Kawasan Terbangun.....	10
3. Pola Perkembangan Kota	11
4. Aplikasi SIG dalam Perkembangan Kota	21
5. Penginderaan Jauh.....	22
6. NDBI, NDVI, dan BUI Pada Kawasan Terbangun	23
7. Spatial Metric.....	25
8. Cellular Automata	26
9. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Kota.....	30
B. Penelitian Relevan.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	39
B. Lokasi Penelitian.....	39
C. Populasi.....	40
D. Variabel Penelitian	40

E. Metode Pengumpulan Data	42
F. Teknik Analisis Data.....	43
G. Tahapan Penelitian	53
H. Diagram Alir	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Gambaran Umum Wilayah Kota Pekanbaru.....	56
B. Hasil Penelitian	58
1. Pola Perkembangan Kota Pekanbaru	58
a. Perubahan kawasan terbangun di Kota Pekanbaru dalam periode tahun 2000 – 2020	58
b. Pola Perkembangan Kota Pekanbaru dengan Pendekatan Spatial Metric	71
2. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Kota Pekanbaru.....	85
C. Pembahasan.....	91
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	94
B. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampilan umum <i>compact urban development</i> dan <i>sprawl urban development</i>	12
Gambar 2.2. Tiga bentuk utama <i>urban sprawl</i> oleh Harvey dan cark (1965)	14
Gambar 2.3. Urutan Perkembangan Kota Pola <i>Sprawl</i>	15
Gambar 2.4. Algoritma <i>Cellular automata</i> pada <i>LanduseSim</i>	29
Gambar 3.1. Peta Administrasi Kota Pekanbaru	40
Gambar 3.2. Alur proses kerja berbasis Sistem Informasi Geografis dan <i>Cellular Automata</i> menggunakan <i>LanduseSim</i>	51
Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian.....	55
Gambar 4.1. Peta Perkembangan Kota Pekanbaru Tahun 2000 – 2020.....	59
Gambar 4.2. Grafik Perkembangan Kawasan Terbangun Kota Pekanbaru Tahun 2000 – 2020.....	63
Gambar 4.3. Peta Tutupan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2000	64
Gambar 4.4. Peta Tutupan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2005	65
Gambar 4.5. Peta Tutupan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2010	66
Gambar 4.6. Peta Tutupan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2015	67
Gambar 4.7. Peta Tutupan Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2020	68
Gambar 4.8. Perubahan Luas <i>Land Cover</i> Kota Pekanbaru Tahun 2000 – 2020	69
Gambar 4.9. Grafik <i>Metric NP</i>	72
Gambar 4.10. Grafik <i>Metric PD</i>	72
Gambar 4.11. Grafik <i>Metric MPS</i>	74

Gambar 4.12. Grafik <i>Metric</i> LPI	75
Gambar 4.13. Grafik <i>Metric</i> LPI	76
Gambar 4.14. Diagram <i>Metric</i> SHDI	77
Gambar 4.15. Diagram <i>Metric</i> SHEI.....	78
Gambar 4.16. Peta Fungsi Lahan Kota Pekanbaru Tahun 2020.....	79
Gambar 4.17. Peta Hasil Ground Check	81
Gambar 4.18. Peta Jarak sebagai faktor pendorong (<i>Driving-Factors</i>)	87
Gambar 4.19. Peta proses dan hasil simulasi perkembangan penggunaan lahan 2015 – 2020.....	89
Gambar 4.20. Peta LU awal dan Hasil Simulasi	89
Gambar 4.21. Perbandingan peta eksisting dengan peta hasil simulasi.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Metric</i> pada pengukuran pola <i>sprawl</i>	16
Tabel 2.2. <i>Matric</i> pada pengukuran pola <i>compact</i>	19
Tabel 2.3. Penelitian Relevan	32
Tabel 3.1. Variabel Penelitian	41
Tabel 3.2. Teknik Pengumpulan Data Sekunder	42
Tabel 3.3. Teknik Analisis Data	43
Tabel 4.1. Perubahan luas kawasan terbangun Kota Pekanbaru rentang tahun 2000 – 2020	59
Tabel 4.2. Komposisi <i>Land cover</i> Kota Pekanbaru	60
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan <i>Spatial Metric</i>	62
Tabel 4.4. Nilai Perhitungan <i>Spatial Metric</i> SHDI dan SHEI Kota Pekanbaru Tahun 2020	71
Tabel 4.5. Aturan transisi untuk landuse yang diekspektasi tumbuh	77
Tabel 4.6. Analisis Titik Hasil GroundCheck	82
Tabel 4.7. Peralihan perubahan penggunaan lahan Hasil Simulasi	86
Tabel 4.8. Tabel Perbandingan Sel	89
Tabel 4.9. Aturan transisi untuk landuse yang diekspektasi tumbuh	90
Tabel 4.10. Generalisasi Hasil Penelitian.....	91

LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai hasil pengolahan koreksi Radiometrik.....	99
Lampiran 2. Peta Pengolahan NDBI Kota Pekanbaru Tahun 2000 – 2020	107
Lampiran 3. Peta Pengolahan NDVI Kota Pekanbaru Tahun 2000 – 2020	112
Lampiran 4. Pengolahan Spatial Metric dengan Software Fragstats.....	117
Lampiran 5. Pengolahan <i>LanduseSim</i>	118
Lampiran 6. Dokumentasi Groundcheck Lapangan.....	124

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota sebagai *region* atau suatu ruang yang akan selalu tumbuh dan berkembang seiring dengan berjalannya waktu. Sebagai pusat perekonomian dan pemerintahan wilayah perkotaan akan terus tumbuh dan berkembang. Proses perubahan keadaan perkotaan dari suatu keadaan ke keadaan yang lain didasarkan pada waktu yang berbeda namun dalam analisis ruang yang sama merupakan definisi perkembangan kota yang dapat disebabkan oleh perubahan fisik maupun campur tangan manusia (Bakaruddin, 2012).

Perkembangan kota tersebut tidak lepas dari interaksi antara manusia dengan lingkungannya. Berdasarkan hasil pertemuan *United Nation Human Settlements Program Habitat (UN Habitat)* dalam pertemuan Habitat I pada 1976, PBB mencatat 34% penduduk hidup di perkotaan. Selang 20 tahun kemudian, pada pertemuan pertemuan Habitat II jumlah penduduk perkotaan diperkirakan telah mencapai 54% dan menurut BPS di Indonesia persentase penduduk daerah perkotaan mencapai 56,7% artinya, jumlah penduduk kota sudah melampaui jumlah penduduk kota sudah melampaui jumlah penduduk yang tinggal di pedesaan.

Kota – kota di Indonesia mengalami perubahan yang berlangsung sangat pesat, terutama di wilayah kota metropolitan yang diindikasikan dengan bertambahnya proporsi penduduk perkotaan tersebut dan terus meningkat dari tahun ke tahun. Keadaan ini akan menyebabkan semakin tinggi dan meningkatnya permintaan kebutuhan guna lahan.

Pesatnya pertumbuhan perkotaan dari area terbangun memiliki dampak langsung terhadap penggunaan lahan perkotaan menurut *Feng, 2019* yang menyebabkan peningkatan tuntutan ruang untuk lokasi sarana dan prasarana kegiatan, selain itu dapat mempengaruhi kota dengan meluasnya wilayah terbangun dan kepadatan penduduk yang tinggi di beberapa bagian kota. Perkembangan tersebut menyebabkan kota semakin berkembang hingga ke pinggiran kota untuk memenuhi kebutuhan untuk lahan masyarakat, sehingga sebagian penduduk berupaya untuk mencari lahan kearah wilayah pinggiran kota dalam rangka memenuhi kebutuhan kehidupan sosial dan ekonominya.

Kota Pekanbaru sebagai Ibukota Provinsi Riau telah berkembang dengan pesat seiring dengan kemajuan pembangunan. Luas wilayah Kota Pekanbaru meliputi 632,26 km² dengan jumlah penduduk berdasarkan hasil proyeksi penduduk oleh Badan Pusat Statistik adalah 1.149.359 Jiwa. Peningkatan kegiatan pembangunan menyebabkan peningkatan pada kegiatan penduduk disegala bidang yang pada akhirnya meningkatkan pula tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap penyediaan fasilitas dan utilitas perkotaan serta kebutuhan lainnya.

Teknologi SIG dalam perkembangan kota banyak digunakan untuk analisis pertumbuhan perkotaan dan pola kota yang memiliki potensi besar untuk mengklasifikasikan jenis perubahan penggunaan lahan kota dan juga mempelajari dinamika lahan kota. Salah satu analisis spasial terkait perkembangan dalam spasial kota adalah *spatial metric*. *Spatial metric* merupakan suatu pengukuran kuantitatif yang berasal dari analisis peta tematik berbasis digital yang dapat menunjukkan heterogenitas spasial pada skala dan resolusi tertentu (Herold dkk., 2003), sedangkan Murayama dan Thapa, 2011 menyatakan ketika digunakan untuk *multi temporal*, *spatial metric* dapat menggambarkan perubahan tingkat heterogenitas spasial dalam kurun waktu tertentu. Dengan demikian *spatial metric* dapat digunakan untuk analisis perkembangan perkotaan, termasuk Kota Pekanbaru sebagai kota yang berada di Pulau Sumatera.

Sejak tahun 2010, Pekanbaru telah menjadi kota ketiga berpenduduk terbanyak di Pulau Sumatera, setelah Medan dan Palembang. Laju pertumbuhan ekonomi Pekanbaru yang cukup pesat, menjadi pendorong laju pertumbuhan penduduknya. Namun perkembangan kota yang mengubah fungsi lahan menjadi kawasan perkantoran dan bisnis mendorong masyarakat mencari lahan pengganti sehingga banyak terjadi ekspansi wilayah pinggiran yang begitu cepat dan terus berlanjut tanpa kontrol perencanaan. Kota Pekanbaru sebagai pusat kegiatan mengalami penyatuan fungsional dan munculnya densifikasi permukiman kota.

Untuk mengetahui lebih lanjut yang penulis gambarkan dari uraian permasalahan diatas, maka penulis mengangkat permasalahan ini dalam

sebuah penelitian yang berjudul “*Pola Perkembangan Kota Pekanbaru dan Faktor yang Mempengaruhi*”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pada uraian yang dikemukakan pada latar belakang maka dapat di identifikasikan beberapa permasalahan terkait dengan perkembangan Kota Pekanbaru sebagai berikut:

1. Meningkatnya jumlah penduduk sehingga berdampak pada peningkatan jumlah bangunan di kota serta sangat menentukan terjadinya pertumbuhan dan perkembangan kota juga dapat berpengaruh terhadap pengaturan kota dan kemungkinan perluasan kota.
2. Perkembangan kota yang meluas menyebabkan masalah seperti penyediaan infrastruktur yang tidak efisien.
3. Secara spasial terjadi perubahan fisik kota dan mekanisme pergerakannya ditinjau berdasarkan perkembangan permukiman penduduk dan aspek keruangan yang menyebabkan permasalahan perkotaan secara fisik.
4. Kompleksitas perkotaan dapat dikarakteristikkan berdasarkan pola spasial yang merupakan salah satu indikator perkembangan wilayah. Pola perkotaan seperti dalam studi ekologi lanskap dapat menunjukkan ciri dan proses dari perkembangan suatu oerkotaan sehingga perlu diketahui bagaimana perkembangan ciri dan proses tersebut.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi kompleksnya permasalahan yang ada serta keterbatasan peneliti, maka peneliti membatasi masalah mengenai pola perkembangan kota yang dapat dilihat dari perkembangan area terbangun kota (*Urban Build up Area*). *Urban Build up area* adalah lahan berkembang dimana terdapat bangunan dan fasilitas perkotaan lainnya. Ini ditampilkan sebagai tutupan lahan yang dibangun dari citra satelit. Pada penelitian ini pola perkembangan Kota Pekanbaru diukur dalam jangka waktu tertentu yaitu dari tahun 2000 sampai 2020 ditinjau dari area kawasan terbangun, yang karakteristik bangunan didefinisikan sebagai *patch* yang merupakan *polygon* individual (satu *feature polygon*).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah serta batasan masalah maka rumusan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana Pola Perkembangan Kota Pekanbaru pada kurun waktu 2000 – 2020 ?
2. Bagaimana faktor pendorong dalam mempengaruhi perkembangan Kota Pekanbaru?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pernyataan penelitian yang telah diungkapkan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengungkapkan:

1. Pola Perkembangan Kota di Kota Pekanbaru
2. Faktor pendorong dalam mempengaruhi perkembangan Kota di Kota Pekanbaru

F. Manfaat Penelitian

1. Secara Teoritis

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan masukan serta kepustakaan untuk penelitian lanjutan dalam mengidentifikasi sejumlah konsep yang berkaitan terkait dengan tema dan topic penelitian ini.

2. Secara Praktis

- a. Bagi Penulis

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Strata Satu (S1) pada Program Studi Geografi NK, Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Padang.

- b. Bagi Pemerintah

Penelitian ini sebagai bahan masukan bagi Pemerintah Kota Pekanbaru dalam pengambilan kebijakan untuk usaha mengatasi perkembangan kota di Kota Pekanbaru.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pengertian Kota

Kota merupakan tempat bergabungnya berbagai hal yang merupakan kumpulan keanekaragaman banyak hal. Berbagai strata masyarakat bergabung dalam satu tempat yang dinamakan kota. begitu juga dengan kegiatan ekonomi saling melengkapi dan saling bergantung. Kota juga merupakan simbol dari kesejahteraan, kesempatan berusaha serta dominasi terhadap wilayah sekitarnya namun, kota juga merupakan sumber polusi, kemiskinan dan perjuangan untuk berhasil (Zahnd, 2006).

Kamus Besar Bahasa Indonesia menuliskan bahwa kota ialah daerah permukiman sebagai pemusatan penduduk yang terdiri atas bangunan rumah yang merupakan kesatuan tempat tinggal dari berbagai lapisan masyarakat dengan kepadatan tinggi serta fasilitas modern dan sebagian besar penduduknya bekerja sebagai non pertanian.

Hartshorn dalam bukunya, *Interpreting The City* (1992), menjelaskan bahwa kota dapat digambarkan sebagai suatu pemusatan penduduk disuatu daerah yang memiliki gaya hidup dan pola tenaga kerja yang beraneka ragam. Karakteristik kota antara lain memiliki luas wilayah yang besar, serta jumlah dan kepadatan penduduk yang tinggi. Sementara jumlah penduduknya besar, tingkat heterogenitas penduduknya juga

tinggi, seperti kelas sosial dan ekonomi. Kegiatan ekonominya terkonsentrasi di industri daripada kegiatan pertanian. Menurut Amos Rapoport, kota adalah pemukiman yang relatif besar, padat dan permanen, terdiri dari kelompok-kelompok sosial yang heterogen.

Menurut Amos Rapoport dalam Zahnd (2006), ada sepuluh kriteria yang secara lebih spesifik untuk merumuskan kota, yaitu sebagai berikut:

1. Ukuran dan jumlah penduduknya yang lebih besar terhadap massa dan tempat
2. Bersifat permanen
3. Kepadatan minimum terhadap massa dan tempat
4. Struktur dan tata ruang perkotaan seperti yang ditunjukkan oleh jalur jalan dan ruang – ruang perkotaan yang nyata.
5. Tempat dimana masyarakat tinggal dan bekerja
6. Fungsi perkotaan minimum yang terperinci, yang meliputi sebuah pasar, sebuah pusat administratif atau pemerintahan, sebuah pusat militer, sebuah pusat keagamaan atau sebuah pusat aktivitas intelektual bersama dengan kelembagaan yang sama
7. Heterogenitas dan perbedaan yang bersifat hirarki pada masyarakat
8. Pusat ekonomi perkotaan yang menghubungkan sebuah daerah pertanian ditepi kota dan memproses bahan mentah untuk pemasaran yang lebih luas
9. Pusat pelayanan bagi daerah – daerah lingkungan setempat

10. Pusat penyebaran, memiliki suatu falsafah hidup perkotaan pada masa dan tempat itu

Berdasarkan beberapa definisi yang telah diungkapkan maka secara garis besar kota dicirikan sebagai berikut:

- a. Luas wilayah yang besar
- b. Jumlah dan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi, diBandingkan dengan daerah sekitarnya.
- c. Heterogenitas sosial ekonomi penduduknya yng tinggi
- d. Kegiatan perekonomian yang utama bukan di bidang pertanian, namun lebih terkonsentrasi ke sektor industry dan keuangan
- e. Jenis penggunaan tanah yang beragam

Sehingga dari pengertian kota diatas dapat disimpulkan bahwa kota adalah suatu wilaya yang mempunyai batas – batasan tertentu dan berhak mengatur wilayahnya secara mandiri, yang mempunyai ciri khas (karakteristik) fisikall suatu kota yang bersifat non agraris serta merupakan pusat pertumbuhan, baik pertumbuhan penduduk maupun ekonomi.

2. Kawasan Terbangun

Setiap kota menunjukkan bentuk dan pola penggunaan lahan yang sangat formal yang tertata dengan cermat hingga koleksi bangunan, ruang, dan aktivitas yang tampaknya acak. Pola yang tepat ditentukan oleh banyak faktor, termasuk usia, gaya dan skala pembangunan, permintaan untuk berbagai jenis tanah, dan karakteristik tanah.

Secara fisik, kota didefinisikan sebagai suatu kawasan yang terdiri dari bangunan-bangunan yang berdekatan di atas atau di dekat tanah, fasilitas bawah tanah, dan aktivitas di ruang-ruang "kosong" di langit. Bangunan merupakan tempat yang memberikan perlindungan bagi kelangsungan hidup manusia. Oleh karena itu, setelah air dan makanan tersedia, arsitektur adalah elemen konstruksi pertama di kota.

Selain tersusun atas bangunan seperti kategori diatas, kota juga berisikan struktur atau bangunan yang lain selain gedung, yaitu : jembatan, gardu – gardu listrik, pengilangan minyak, dan berbagai instalasi lain yang tidak lazim disebut sebagai bangunan karena struktur bangunan tersebut tidak sebagaimana bangunan pada umumnya dalam hal menutupi tanah yang ada dibawahnya. Struktur – struktur yang bukan berupa bangunan juga memiliki fungsi yang penting bagi sebuah kota, sebagaimana pentingnya bangunan gedung. Kota tersusun atas jaringan utilitas yang berada di bawah permukaan tanah. Bangunan gedung di atas yang digunakan untuk permukiman, komersil, industri, pemerintahan maupun transportasi akan terhubung dengan jaringan utilitas umum seperti kabel telepon, saluran air, saluran irigasi dan pengendali banjir (Branch, 1996).

3. Pola Perkembangan Kota

Perluasan kota adalah istilah paling umum dalam perkembangan kota. Prediksi spasial perkembangan perkotaan diperlukan dalam pembuatan kebijakan terkait pengendalian perkembangan kota serta aspek pendorongnya. Kota selalu tumbuh dengan bermacam aspek dan dibutuhkan pengendalian terpaut perihal tersebut. Upaya manajemen spasial kota bisa digunakan untuk menghasilkan keadaan spasial kota yang mengarah kepada pembangunan berkelanjutan. Pada dasarnya terdapat 2 wujud macam bentuk pola spasial kota yaitu, bentuk yang kompak dan bentuk yang tidak kompak (Yunus, 2005).

Dalam penelitian ini, penggunaan *spatial metric* bisa mengungkapkan ciri bentuk pola perkotaan dan dapat menunjukkan ciri serta proses dari perkembangan suatu perkotaan (Aguilera, dkk., 2011). *Spatial metric* bisa didefinisikan sebagai suatu pengukuran heterogenitas spasial peta – peta tematik pada skala serta resolusi tertentu. *Spatial metric* juga bisa digunakan selaku perlengkapan dalam mengkuantitatifkan struktur perkotaan dari informasi geospasial (Minh Hai dan Yamaguchi, 2007).

Pendekatan ini diadaptasi dari *landscape metric* untuk mengungkapkan ciri spasial pola perkotaan (Reis dkk., 2005). Penggunaan *spatial metric* bisa mengungkapkan karakteristik wujud perkotaan seperti dalam studi ekologi *landscape* serta bisa menampilkan karakteristik serta proses dari perkembangan suatu perkotaan (Aguilera dkk., 2011). Menurut Herold, dkk (2003) *spatial metric* bisa dihubungkan dengan bermacam

model perkotaan serta berfungsi dalam proses pola spasial penggunaan lahan. *Spatial metric* secara eksplisit bisa dihitung selaku indeks *patch* seperti ukuran, bentuk, panjang tepi, kepadatan, ataupun selaku *pixel* selain itu juga digunakan untuk berbagai tujuan yang berbeda, seperti karakteristik pola perkotaan dalam rangka mendukung kebijakan perencanaan, membandingkan pola fisik kota atau wilayah yang berbeda, serta menguasai pola spasial – temporal pembangunan perkotaan (Reisdijk, 2015).

Setiap jenis *metric* memiliki perhitungan serta interpretasi tertentu. Perhitungan tiap jenis *metric* merupakan cara untuk mengidentifikasi pola spasial yang sesuai dengan fungsi *metric*nya. Untuk algoritma perhitungan setiap *metric* (McGarigal dkk., 2012).

Pola perkembangan kota dilihat dari *patch* kawasan terbangun (*build up area*) yang akan tampak perbedaan di tiap tahunnya menggunakan *spatial metric* dimana hasilnya menampilkan perubahan tingkat fragmentasi ataupun kekompakan (*diversity*) kawasan terbangun berdasarkan kepadatan *patch* nya.

Gambar 2.1. Tampilan umum *compact urban development* dan *sprawl urban development*



(a) *Compact urban development*, dan (b) *Sprawl urban development*

Sumber : Biswajeet Pradhan (2017) dalam buku *Spatial Modeling and Assessment of Urban Form*.

Pada dasarnya pola perkotaan terdiri dari dua tipe utama, yaitu *compact* dan *sprawl* yang merupakan pola perkembangan yang dilihat dari *patch* kawasan terbangun perkotaan.

a. *Sprawl*

Definisi *urban sprawl* merupakan pola perkembangan yang tidak terencana serta tidak menyeluruh, didorong oleh banyak proses serta menuju pada pemanfaatan sumber energi yang tidak efektif. Implikasi langsung dari *sprawl* tersebut merupakan perubahan penggunaan lahan serta tutupan lahan di wilayah tersebut karena *sprawl* menimbulkan peningkatan pada kawasan terbangun serta beraspal (Sudhira dan Ramachandra, 2007).

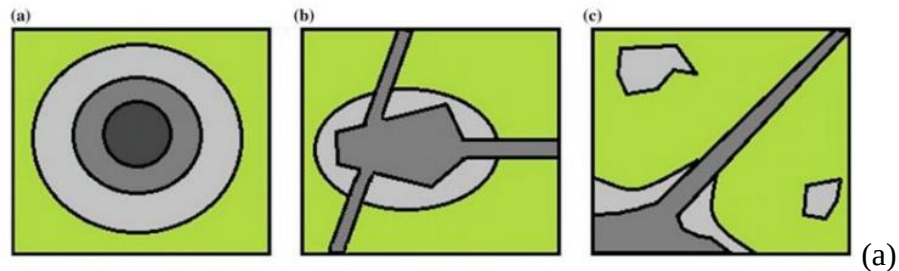
Urban sprawl merupakan hasil yang tidak kompak dari suatu kawasan inti perkotaan melebihi laju pertumbuhan penduduk serta memiliki karakter yang berdampak pada keberlanjutan lingkungan dan manusia. *Urban sprawl* sebuah jenis perkembangan kota yang tidak diinginkan, yang merupakan salah satu perhatian utama para perencana kota dan *administrator*.

Pola perkembangan kota yang tidak terkendali ini telah dianggap sebagai *urban sprawl* (Zhang, 2004). Konsep *sprawl* muncul dan tidak terencana dalam pembangunan, biasanya di daerah pinggiran kota terutama pembangunan rumah sembarangan dan sedikit demi sedikit, kawasan komersial, kawasan industri dan lainnya. Penggunaan lahan yang tidak sesuai umumnya muncul disepanjang jalur komunikasi

utama dan jalan yang berdekatan dengan batas kota tertentu maka keadaan tersebut disebut sebagai *urban sprawl* (Rahman dkk, 2008).

Harvey dan Clark (1965) telah mengidentifikasi tiga bentuk utama *urban sprawl*.

Gambar 2.2. Tiga bentuk utama *urban sprawl* oleh Harvey dan Clark (1965)



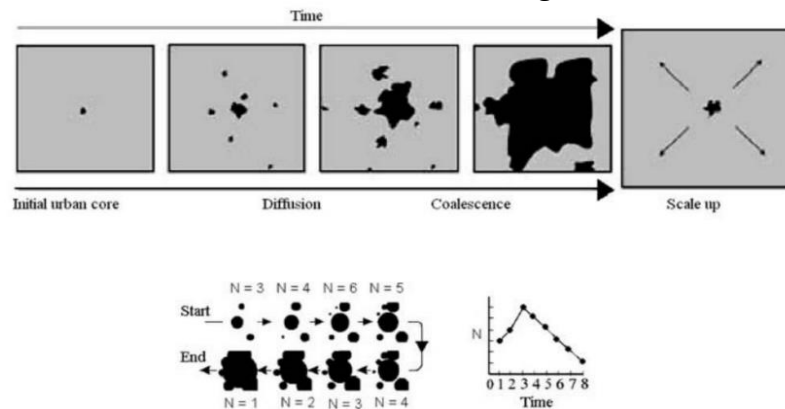
Pertama, *low-density continuous development sprawl*, (b) kedua, *ribbon development sprawl*, dan (c) ketiga, *leap-frog development sprawl*.

Sumber : Biswajeet Pradhan (2017) dalam buku *Spatial Modeling and Assessment of Urban Form*.

Pertama *low-density continuous development sprawl*, kedua *ribbon development sprawl*, dan ketiga adalah *leap-frog development sprawl*. Jika *sprawl* dianggap sebagai pola maka dapat di lihat dalam distribusi spasialnya. Dinamika proses *sprawl* dapat dipahami dari kerangka teoritis proses perkembangan kota berdasarkan waktu temporal (Harvey dan Clark, 1965).

Herold dkk (2005) menyajikan skema hipotesis untuk proses *sprawl* dalam buku *Spatial Modelling dan Assessment of Urban Growth* pada gambar (2.3).

Gambar 2.3. Urutan Perkembangan Kota Pola *Sprawl*



Sumber : Herorld, 2005 dalam buku *spatial modeling and assessment of urban growth*.

Galster dkk (2001) berpendapat bahwa *sprawl* sebagai pola atau proses harus dibedakan dari penyebab yang menyebabkan pola tersebut muncul maupun dari konsekuensi pola tersebut. Dampak pembangunan menghadirkan pola pembangunan tertentu. Oleh karena itu, baik atau buruknya suatu pola harus dianalisis dari perspektif konsekuensinya. Penyebabnya juga sama pentingnya untuk mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi dan penyebab pola terbentuk.

Beberapa *statistic* dan *spatial metric* telah ditemukan untuk mengevaluasi dan mengukur perkembangan perkotaan. *Spatial metric* adalah angka *numeric* yang menentukan pola spasial dari kelas tutupan lahan, *patch* tutupan lahan, atau *mosaic landscape* keseluruhan dari suatu zona geografis. *Spatial metric* juga memiliki aplikasi yang signifikan dalam mengidentifikasi dan mengukur perkembangan kota, perluasan dan fragmentasi. *Matric* kelas dihitung untuk setiap kelas di lanskap, *Matric patch* dihitung untuk setiap *patch* di lanskap, dan

Matric lanskap dihitung untuk seluruh *mosaic patch* (McGarigal dan Marks 1995).

Urban sprawl dapat dianalisis menggunakan *spatial metric* dengan menyelidiki dan menganalisis pola spasial temporal *urban sprawl* di wilayah studi berdasarkan *patch* dan untuk menilai *sprawl* dari berbagai tempat. McGarigal dan Marks (2002) mendeskripsi *Matric* yang dapat digunakan untuk menyelidiki dan mengukur pola perkembangan perkotaan.

Tabel 2.1. *Metric* pada pengukuran pola *sprawl*

<i>Landscape metics</i>	<i>Description</i>
<i>Edge density (ED)</i>	$ED = \frac{E}{A} (10,000)$ $ED \geq 0$, without limit (in hectares) <i>E</i> = total legth (m) of edge in landscape <i>A</i> = total landscape area (m ²)
<i>Largest patch index (LPI)</i>	$LPI = \frac{MAX a_{ij}}{A} (100)$, $0 < LPI < 0$ <i>a_{ij}</i> = area (m ²) of patch <i>ij</i> <i>A</i> = total landscape area (m ²)
<i>Shape index (SHAPE)</i>	<i>SHAPE</i> equals patch parimeter (m) divided by the square root of patch area (m ²), adjusted by a constant to adjust for a square standard. $SHAPE = \frac{0.25 P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$ $SHAPE \geq 1$, without limit. <i>SHAPE</i> = 1 when the patch is square and increases without limit as patch shape becomes more irregular
<i>Landscape Shape index (LSI)</i>	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$ $LSI \geq 1$, without limit <i>E</i> = total legth (m) of edge in landscape ; includes the entire landscape boundary and some or all background edge segments <i>A</i> = total landscape area (m ²)
<i>Patch density (PD)</i>	$PD = \frac{N}{A} (10,000)(100)$, $PD > 0$, constrained by cell size <i>N</i> = total nuber of patches in the landscape <i>A</i> = total landscape area (m ²)
<i>Simpson's evenness index (SIEI)</i>	$SIEI = \frac{1 - \sum_i p_i^2}{1 - (\frac{1}{m})}$, $0 \leq SHIE \leq 1$ <i>P_i</i> = proportion of the landscape occupied by patch types (classes) present in the landscape, excluding the landscape bordr if present

Sumber: (McGarigal et al. 2002).

b. Compact

Compact city merupakan bentuk pengembangan dengan melakukan pemusatan intensitas kegiatan di pusat kota *urban* dan *sub urban*, peningkatan aksesibilitas melalui transportasi publik. Pola ini pada akhirnya akan mampu mengurangi biaya transportasi dan emisi karbon, meningkatkan aksesibilitas, sosial *diversity*, dan *urban vitality*.

Compact memiliki arti bahwa kawasan perkotaan perlu ditetapkan pada suatu batas tertentu dengan ukuran dan kepadatan yang bisa dikendalikan. *Compact city* dikenal sebagai salah satu bentuk perkotaan yang paling berkelanjutan. Konsep dari *compact city* adalah penataan fitur perkotaan di kawasan perkotaan seperti desain spasial dan distribusi kategori penggunaan lahan maupun jaringan transportasi.

Kekompakan fisik mengacu pada tampilan fisik dan konfigurasi spasial kawasan perkotaan (kawasan terbangun), dalam hal ini menentukan apakah kawasan tersebut terlihat mengelompok atau terpecah. *Compact city* dengan *matric* struktural dapat mengukur komposisi fisik atau konfigurasi mozaik *patch*. Perspektif ini sebenarnya memperhitungkan kompleksitas bentuk kota tanpa mempertimbangkan secara detail perspektif fungsional, aktivitas, dan pola penggunaan lahan. Secara umum, area terkonsentrasi atau berkerumun menyiratkan kepadatan yang tinggi. Sebaliknya, pembangunan *sprawl* mengubah lanskap kota dari waktu ke waktu dengan meningkatkan fragmentasi dan menghasilkan beberapa *patch* kota kecil.

Logika utama di balik *Matric* ini adalah untuk menghitung beberapa pengukuran statistik untuk setiap *patch*, jenis penggunaan lahan (tingkat kelas), dan lanskap secara keseluruhan. Dengan demikian, memahami setiap *matric* dalam kaitannya dengan aspek pola lanskap yang dikuantifikasi sangatlah penting.

Indeks *patch* mewakili fragmentasi kecil dalam lanskap terlepas dari jenis dan kelasnya. Indeks kelas merepresentasikan pola dan distribusi spasial dalam lanskap dari satu tipe *patch*, sedangkan indeks lanskap merepresentasikan pola spasial seluruh mosaik lanskap, dengan mempertimbangkan semua tipe *patch* secara bersamaan.

Terdapat banyak sekali *metric* dalam *spatial metric* untuk menentukan *compact city* seperti *Number of Patch* (NP) dan *patch density* (PD) memberikan informasi mengenai aspek subdivisi agregasi. Namun dalam hal ini, mempertimbangkan kelas *patch* (tipe penggunaan lahan) sangatlah penting. Dengan demikian, kerapatan *patch* yang tinggi di suatu kawasan tertentu tidak selalu menunjukkan kepadatan yang tinggi. Kepadatan tambalan yang dibangun tinggi menyiratkan kepadatan yang tinggi. Sebaliknya, kepadatan petak lahan pertanian yang tinggi tidak menyiratkan kepadatan kota. Informasi detail tentang *matric* lanskap dalam menilai *compact city*.

Tabel 2.2. *Matric pada pengukuran pola compact*

<i>Landscape martrics</i>	<i>Abbreviation</i>	<i>Descriptions</i>
<i>Shape index</i>	<i>SHAPE</i>	<i>SHAPE equals patch parimeter (m) divided by the square root of patch area (m²), adjusted by a constant to adjust for a square standard.</i> $SHAPE = \frac{0.25 P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad SHAPE \geq 1, \text{ without limit.}$ <i>SHAPE = 1 when the patch is square and increases without limit as patch shape becomes more irregular</i>
<i>Landscape shape Index</i>	<i>LSI</i>	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}} \quad LSI \geq 1, \text{ without limit}$ <i>E = total leghth (m) of edge in landscape ; includes the entire landscape boundary and some or all background edge segments</i> <i>A = total landscape area (m²)</i>
<i>Edge Density</i>	<i>ED</i>	$ED = \frac{E}{A} (10,000) \quad ED \geq 0$ <i>E = total length (m) of edge in landscape</i> <i>A = total landscape area (m²)</i>
<i>Largest Patch Index</i>	<i>LPI</i>	$LPI = \frac{MAX(a_{ij})}{A} (100),$ $0 \leq LPI \leq 100\%$ <i>a_{ij} = area (m²) of patch ij</i> <i>A = total landscape area (m²)</i>
<i>Related circumscribing circle</i>	<i>CIRCLE</i>	$CIRCLE = 1 - \left(\frac{a_{ij}}{a_{ij}} \right),$ $0 \leq CIRCLE \leq 1 \text{ without limit}$
<i>Patch Density</i>	<i>PD</i>	$PD = \frac{N}{A} (10,000)(100), \quad PD > 0, \text{ constrained by cell size}$ <i>N = total nuber of patches in the landscape</i> <i>A = total landscape area (m²)</i>
<i>Simpson's Evenness Index</i>	<i>SIEI</i>	$SIEI = \frac{1 - \sum_i p_i^2}{1 - \left(\frac{1}{m} \right)}, \quad 0 \leq SHIE \leq 1$ <i>P_i = proportion of the landscape occupied by patch types (classes) present in the landscape, excluding the landscape bordr if present</i>
<i>Aggregation Index</i>	<i>AI</i>	$AI = \left(\frac{g_{ij}}{\max g_{ij}} \right) (100), \quad 0 \leq AI \leq 100$ <i>With percent unit</i>
<i>Proportion og like adjacencies</i>	<i>PLADJ</i>	$PLADJ = \left(\frac{\sum_{i=1}^m g_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m g_{ij}} \right) (100),$ $0 \leq PLADJ \leq 100$ <i>With percent unit</i>
<i>Radius of gyration</i>	<i>GYRATE</i>	$R_g^2 = \frac{1}{2N^2} \sum_{k=1}^N (r_i - r_j)^2$

Sumber: (McGarigal et al. 2002).

Konsep *compact city* terkait dengan bentuk dan pola fitur perkotaan, seperti sebaran spasial, kategori penggunaan lahan, dan pola spasial jaringan jalan. Selain itu, terkait dengan aktivitas dan perilaku penduduk lokal suatu wilayah perkotaan. Secara umum, pembangunan kompak dapat didefinisikan sebagai permukiman perkotaan dengan kepadatan tinggi yang mendorong revitalisasi kawasan pusat, pengembangan penggunaan lahan campuran, penahanan pembangunan pedesaan, fasilitas transportasi umum, dan pengembangan terkonsentrasi di sekitar stasiun transportasi (Burton dkk., 2003). Jenis pola perkotaan ini memiliki beberapa keunggulan:

1. Lebih sedikit ketergantungan pada mobil, sehingga emisi lebih rendah.
2. Konsumsi energi berkurang.
3. Layanan transportasi umum yang lebih baik.
4. Meningkatnya kebiasaan berjalan kaki dan bersepeda, sehingga masyarakat sehat.
5. Peningkatan aksesibilitas keseluruhan.
6. Penggunaan kembali infrastruktur dan lahan yang dikembangkan sebelumnya.
7. Regenerasi kawasan perkotaan dan vitalitas perkotaan yang ada.
8. Kualitas hidup yang lebih tinggi.
9. Pelestarian ruang hijau.

10. Penciptaan lingkungan yang tepat untuk meningkatkan aktivitas bisnis dan perdagangan, dan sebagainya.

4. Aplikasi SIG dalam Perkembangan Kota

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System/GIS*) adalah sistem informasi berbasis komputer dengan data spasial dan geografis. (Raharjo dan Ikhsan, 2015). Penggunaan SIG sangat tepat untuk melihat segala bentuk perubahan yang terjadi di permukaan bumi, termasuk untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan untuk kawasan terbangun di suatu wilayah.

Penggunaan SIG dalam pengolahan data spasial akan sangat berguna bagi analisis lahan terbangun dan dinamika pola spasialnya. Dalam hal ini perubahan lahan terbangun dapat diidentifikasi secara spasial melalui *ArcGIS*. Perubahan lahan terbangun umumnya dapat diamati dari dimensi waktu yang berbeda dengan menggunakan data-data spasial dari peta dan data-data hasil proses penginderaan jauh (Nilda, 2014).

Aplikasi SIG dalam perkembangan kota berpengaruh pada analisis spasial perubahan lahan terbangun untuk menentukan daerah yang mengalami perubahan diselesaikan melalui hasil studi dengan teknik *spatial matrix* untuk mengetahui pola perkembangan perkotaan berdasarkan *patch/polygon*.

5. Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh adalah suatu ilmu dan seni memperoleh data serta informasi dari suatu objek dipermukaan bumi dengan menggunakan alat yang tidak berhubungan secara langsung dengan objek yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Jika disimpulkan penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk mengindera maupun menganalisi permukaan bumi dari jarak yang jauh, dimana perekaman dilakukan di udara atau di angkasa dengan menggunakan sebuah alat (sensor) dan wahana.

Penginderaan Jauh terdiri dari 4 sistem komponen dasar yaitu target, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Komponen dalam sistem ini saling bekerja sama untuk mengukur dan mencatat informasi dari target. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi yang berinteraksi dengan target sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi kepada sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik.

6. NDBI, NDVI, dan BUI Pada Kawasan Terbangun

NDBI yang disebut juga *Normalized Difference Built-up Index*. Indeks lahan terbangun (*built-up*) merupakan suatu algoritma untuk menunjukkan kerapatan lahan terbangun/*barren soil* (Friedl & Brodley, 1997). NDBI sangat sensitif terhadap lahan terbangun atau lahan terbuka.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

Dimana:

SWIR = Saluran Inframerah tengah (Pada *Landsat 7* berada pada saluran 5, sedangkan pada *Landsat 8* berada pada saluran 6)

NIR = Saluran Inframerah dekat (Pada *Landsat 7* berada pada saluran 4, sedangkan pada *Landsat 8* berada pada saluran 5)

Nilai hasil dari ekstraksi indeks lahan terbangun akan menghasilkan angka-angka seperti berikut -1 hingga 1. Nilai angka mendekati 1 berarti daerah tersebut merupakan lahan terbangun dengan tingkat kepadatan tinggi. Nilai angka jika mendekati 0 berasosiasi dengan objek vegetasi tumbuhan hijau. Sebaliknya jika nilai mendekati -1 berarti daerah tersebut bukan lahan terbangun dengan nilai kepadatan rendah, nilai tersebut berasosiasi dengan objek air atau perairan (Zha, Gao, & Ni, 2003).

NDVI yang disebut juga *Normalized Difference Vegetation Index* merupakan indeks rasio yang paling umum digunakan untuk vegetasi. NDVI dihitung berdasarkan per-*pixel* dari selisih normalisasi antara *Band* merah dan inframerah dekat pada citra.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

(Tucker, 1986, dalam Danoedoro, 1996)

Dimana:

NIR = *Near Infrared*, saluran inframerah dekat (Pada *Landsat 7* berada pada saluran 4, sedangkan pada *Landsat 8* berada pada saluran 5)

RED = *Red Band*, saluran merah (Pada *Landsat 7* berada pada saluran 3, sedangkan pada *Landsat 8* berada pada saluran 4)

NDVI memiliki nilai berkisar antara - 1.0 hingga +1.0 (Guo et al. 2015) . Nilai yang lebih besar dari 0.1 biasanya menandakan peningkatan derajat kehijauan dan intensitas dari vegetasi.

Untuk memperoleh nilai *index* keterbangun lahan dapat digunakan formula :

$$Bul_c = NDBI_c - NDVI_c$$

Dimana :

Bul_c = *Build-up Index*

$NDBI_c$ = Nilai lahan terbangun

$NDVI_c$ = Vegetasi lahan

7. *Spatial metric*

Salah satu analisis spasial terkait perkembangan dalam spasial kota adalah *spatial metric*. *Spatial metric* merupakan suatu pengukuran kuantitatif yang berasal dari analisis peta tematik berbasis digital yang dapat menunjukkan heterogenitas spasial pada skala dan resolusi tertentu (Herold, 2003) serta dapat menilai karakteristik spasial dan struktur perkotaan.

Penggunaan *spatial metric* dapat mengungkapkan ciri bentuk perkotaan seperti dalam studi ekologi lanskap dan dapat menunjukkan ciri dan proses dari perkembangan suatu perkotaan (Aguilera, 2011). *Spatial metric* dapat dihubungkan dengan berbagai pola perkotaan dan berperan dalam proses pola spasial penggunaan lahan. *Spatial metric* dihitung sebagai indeks *patch* seperti ukuran, bentuk, panjang tepi, kepadatan, ataupun sebagai indeks berbasis *pixel*. *Spatial metric* telah digunakan untuk berbagai tujuan yang berbeda, seperti karakteristik pola perkotaan dalam rangka mendukung kebijakan perencanaan, membandingkan pola fisik kota atau wilayah yang berbeda, dan memahami pola spasial-temporal pembangunan perkotaan (Reis dkk., 2015).

Aspek yang menjadi prinsip dalam representatif sampel dalam penghitungan *spatial metric* adalah *patch*, *class*, dan *landscape* yang merupakan tingkatan *metric*. Terkait perkembangan kota, terdapat berbagai *metric* spasial dalam menangani beberapa pola spasial yang paling penting untuk diidentifikasi. Namun istilah yang penting dalam

analisis menggunakan *spatial metric* adalah *patch* yang merupakan komponen dalam perhitungannya. *Patch* didefinisikan sebagai polygon terkecil dengan karakteristik yang homogen dalam suatu wilayah, seperti lahan industri, taman, atau sepetak sawah (Murayama & Thapa, 2011). *Patch* merupakan unit dasar dalam analisis dan bisa memiliki batas yang jelas atau tidak jelas.

8. *Cellular Automata*

Cellular automata (CA) merupakan suatu sistem dinamika diskrit yang membagi ruang kedalam bentuk spasial sel teratur dengan waktu berproses pada setiap tahapan yang berbeda – beda. Pada setiap sel didalam sistem ini memiliki suatu kondisi dimana kondisi tersebut akan selalu diupdate mengikuti aturan lokal, waktu yang diberikan, keadaannya sendiri, dan keadaan tetangganya pada saat sebelumnya (Wolfram, 1984).

Konsep *cellular automata* (CA) sudah dikenalkan semenjak tahun 1940 oleh Von Neuman serta Ulam (1976). *Cellular automata* merupakan suatu sistem otomatis yang memproses data dengan program yang terdapat di dalamnya yang tercipta unsur – unsur antara lain *cell*, *state cell*, *neighborhood*, *transition rules* serta *time-step*.

Cellular automata terdiri dari 5 unsur menurut Liu (2009), yaitu sebagai berikut:

1. Sel (*Cell*), yang merupakan bagian unit dasar spasial dalam ruang seluler. Sel tersebut merupakan sebuah grid 2 dimensi dari sel yang memiliki bentuk paling umum dari

CA yang diatur dalam *spatial tessellation*. Sel merupakan bagian yang digunakan dalam permodelan pertumbuhan maupun perkembangan kota dan alih fungsi lahan.

2. Kondisi (*State*), yang merupakan definisi attribute dari suatu sistem dan kondisi mewakili jenis penggunaan lahan. Pada setiap sel hanya dapat mengambil satu kondisi dari serangkaian kondisi pada waktu tertentu.
3. Ketetanggaan (*Neighborhood*), yang merupakan serangkaian sel yang saling berinteraksi dengan 2 tipe dasar lingkungan yaitu lingkungan Von Neuman (4 sel, meliputi utara, selatan, timur, dan barat) dan ketetanggaan Moore (8 sel).
4. Aturan Transisi (*Transition Rules*), yaitu didefinisikan sebagai respon perubahan suatu sel dalam menanggapi kondisi saat ini dan kondisi tetangganya dalam proses simulasi.
5. Waktu (*Time-Step*), adalah periode iterasi merupakan suatu variabel yang dapat menentukan dimensi waktu selama proses perhitungan yang digunakan dan kalkulasi yang didasarkan pada proses *cellular automata*.

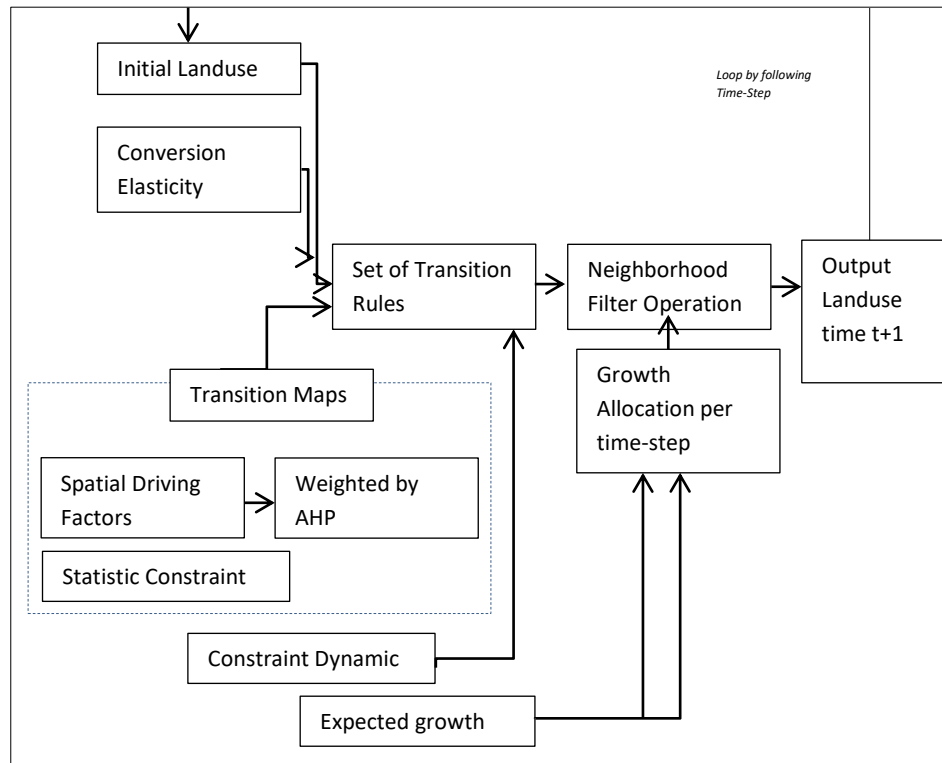
Cellular automata dapat menstimulasikan sistem lingkungan menjadi simple meskipun begitu CA sanggup untuk melakukan perhitungan universal dan memodelkan proses spasial temporal yang

kompleks (Liu and He, 2009). Dengan konsep CA kondisi tiap sel tergantung pada kondisi sel awal dalam area yang bersumber pada ketentuan transisi. Lapisan sel –sel tersebut bisa membentuk grid persegi maupun berupa segi 6 (heksagonal). Aplikasi CA diperkenalkan dalam perencanaan landuse dan perencanaan wilayah kota (Engelen dkk, 1999).

CA terbukti sebagai suatu metode unggulan yang dapat memprediksikan penggunaan lahan secara spasial. Tobler (1979) memperkenalkan aplikasi CA pada permodelan geografis dan mulai berkembang penerapannya ke permodelan bentuk kota serta perkembangan fisik perkotaan dan perencanaan wilayah dan kota (Engelen, 2000).

LanduseSim merupakan aplikasi berbasis raster yang memakai algoritma *cellular automata* untuk melaksanakan simulasi spasial serta membolehkan pengguna mengendalikan seluruh aspek dalam proses simulasi seperti sasaran perkembangan, penentuan aspek pendorong serta membuat sebagian *scenario* perencanaan baik berbasis sasaran ataupun *trend*.

Gambar 2.4. Algoritma *Cellular automata* pada *LanduseSim*.



Aplikasi *LanduseSim* dapat membantu mensimulasikan dinamika pola ruang yang meliputi pembentukan dan pemekaran kota dimasa yang akan datang atas dasar faktor – faktor yang mempengaruhinya berdasarkan proses eksperimen yang dilakukan.

9. Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Kota

Kota dimanapun di belahan dunia mempunyai unsur – unsur universal yang berlaku yang pengaruhi perkembangannya. Kota bisa tumbuh secara alamiah maupun maupun tertata sesuai dengan rencana kota.

Pertumbuhan serta perkembangan yang bekerja pada suatu kota dapat meningkatkan serta menumbuhkan kota pada suatu arah tertentu. Secara umum perubahan lahan kota dapat disebabkan oleh banyak faktor (*Driving Factors*) terutama faktor yang memiliki hubungan terhadap suatu jenis penggunaan lahan kota.

Dengan mengetahui faktor – faktor pendorong perubahan suatu jenis penggunaan lahan maka juga dapat ditentukan estimasi maupun prediksi untuk langkah antisipasi perubahan dalam konteks spasial.

Dalam konteks memastikan pola perkembangan kota ada sebagian aspek yang bisa mempengaruhi pemekaran suatu kota baik dari segi aspek ekonomi, regulasi sosial, kemampuan investasi, akses, serta pusat kegiatan *Center Business District* (CBD).

Pratomoatmojo, N.A (2014) melaporkan variabel spasial pendorong perkembangan lahan perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Interelasi atau kedekatan terhadap permukiman eksisting.
Seperti pada kondisi eksisting dilapangan jika perkembangan lahan permukiman baru memiliki kecenderungan dekat dengan kawasan permukiman yang sudah ada.

2. Interelasi atau kedekatan terhadap jaringan jalan utama.
3. Interelasi atau kedekatan terhadap jaringan jalan sekunder.

Terkait dengan kebutuhan dalam konteks permodelan pertumbuhan atau perkembangan kota dan dinamika perkembangan lahan kota secara spasial seperti :

1. Faktor pendorong (Aksesibilitas)
2. Faktor penghambat (Rencana Tata Ruang)
3. Kesesuaian dan Kemampuan Lahan

Faktor – faktor pengaruh tersebut dilihat dalam periode waktu tertentu sehingga didapat aspek yang terjadi secara terus menerus ataupun situasional. Perkembangan Kota Pekanbaru serta faktor – faktor yang mempengaruhinya ditemui dalam riset ini dengan *driving factor* berdasarkan Pratomoadmojo N.A yang diperoleh dari analisis CA.

B. Penelitian Relevan

Tabel 2.3. Penelitian Relevan

No	Nama	Judul	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1	Ahyuni, dkk (2020)	<i>Patterns Of Built-Up Area Change In Small Cities Of West Sumatra Province - Indonesia</i>	Kuantitatif	Pola perubahan area terbangun dihasilkan dengan menggabungkan pengukuran matric, ditemukan bahwa hubungan antara ukuran geometri spasial dan ukuran laju pertumbuhan lemah. Pola perubahan area terbangun terdiri dari tiga yaitu : <i>edge expansion with low density development</i> , <i>infilling with low development</i> , dan <i>edge expansion with scattered/ leapfrogging development</i> .	Menggunakan metode <i>spatial metric</i> untuk menentukan pola area terbangun.	Penelitian ini tidak menentukan faktor yang mempengaruhi pola perubahan area terbangun, dan penelitian ini hanya menentukan pola perubahan area terbangun saja.
2	Citra Andinasari dan Cahyono Susetyo (2018)	Analisis Karakteristik Spasial Kawasan Permukiman dengan <i>Spatial metric</i> di Distrik Jayapura Selatan, Kota Jayapura	Kuantitatif	Kawasan yang menjadi objek penelitian memiliki karakteristik spasial yang berbeda. Kawasan Permukiman Jaya Asri memiliki nilai <i>metric</i> PD, LPI, AREA_MN yang lebih besar dan nilai <i>metric</i> LSI	Kesamaan dalam mengkaji kawasan berdasarkan <i>spatial metric</i> .	Penelitian ini menggunakan <i>Spatial metric</i> untuk menentukan karakteristik permukiman antara Jaya Asri dengan Polimak.

				yang lebih sedikit diBandingkan Polimak. Dengan kata lain Jaya Asri yang merupakan salah satu permukiman terencana di Kota Jayapura memiliki karakteristik spasial yakni pola bangunan yang lebih kompak, memiliki rata-rata bangunan yang lebih luas dan berbentuk lebih regular jika diBandingkan dengan Polimak yang merupakan salah satu permukiman tidak terencana di Kota Jayapura.		
3	Anoraga Jatayu Dkk, (2020)	<i>A Quantitative Approach to Characterizing the Changes and Managing Urban Form for Sustaining the Suburb of a Mega-Urban Region: The Case of North Cianjur</i>	Kuantitatif	Dinamika bentuk perkotaan di Cianjur Utara menunjukkan kecenderungan bentuk yang lebih kompak di kawasan perkotaan sedangkan di luar kawasan perkotaan semakin terhampar dan tersebar. Hal ini menyiratkan bahwa kebijakan penataan ruang tidak mampu menahan dan mengelola kekuatan pemekaran besar-besaran yang datang dari wilayah	Menggunakan metode <i>spatial metric</i> untuk menentukan bentuk kota.	Penelitian ini mengkarakterisasi wilayah yang terkena dampak perluasan kota dan dinamika bentuk kota di Cianjur Utara menggunakan pendekatan klaster spasial dan <i>metric</i> spasial.

				metropolitan Jakarta, metropolitan <i>Bandung</i> , maupun perkotaan Cianjur itu sendiri.		
4	H.S. Sudhira, Dkk (2003)	<i>Urban sprawl: Martrics, Dynamics And Modelling Using GIS</i>	Kuantitatif	Analisis statistik membantu dalam mengukur dan memodelkan yang sama. Persentase perubahan pembangunan selama hampir 30 tahun adalah 145,68% dan pada tahun 2050, luas kawasan terbangun di wilayah tersebut akan meningkat menjadi 127,7 km ² , yang merupakan pertumbuhan hampir 106% dalam perubahan di terbangun dengan luas saat ini seluas 61.7703 km ² di atas wilayah tersebut.	Kesamaan dalam mengkaji perubahan kawasan terbangun dan penggunaan <i>spatial metric</i> untuk dinamika kota.	Penelitian ini hanya menggunakan <i>landscape metric</i> yang diperlukan untuk mengukur <i>sprawl</i> dan fenomena serta faktor yang menjadi penyebab terjadinya <i>sprawl</i> .
5	Aguilera, Dkk, (2011)	<i>Landscape Martrics In The Analysis Of Urban Land Use Patterns: A Case Study In A Spanish Metropolitan Area</i>	Kuantitatif	Wilayah metropolitan Spanyol mengkarakterisasi penurunan agregasi penggunaan lahan perumahan kepadatan tinggi dalam satu skenario (S1) dan pola pertumbuhan linier dalam penggunaan lahan	Penggunaan <i>spatial metric</i> untuk melihat perubahan perkembangan kota dan penggunaan <i>cellular automata</i>	Penelitian menggunakan <i>scenario</i> yang dievaluasi dengan metric untuk mengukur perubahan karakteristik spasial dari perkembangan kota.

				industri dalam skenario lain (S2) sehingga <i>metric</i> spasial ditemukan berguna untuk evaluasi perencanaan kota.	untuk simulasi perkembangan kota.	
6	James Magidi (2019)	<i>Assessing Urban sprawl Using Remote Sensing And Landscape Martrics: A Case Study Of City Of Tshwane, South Africa (1984–2015)</i>	Kuantitatif	Hasil <i>Patchiness, shape index and built-up density landscape martrics</i> pemahaman spasial tren dan pola <i>urban sprawl</i> . Terjadi peningkatan 109,14% di area terbangun antara 1984 dan 2015.	Kesamaan dalam menganalisis perubahan lahan terbangun serta perkembangan lahan kota dengan <i>spatial metric</i> .	Penelitian ini lebih mengarah teknik deteksi perubahan pasca klasifikasi yang digabungkan dengan <i>metric</i> lanskap membantu menilai dan mengukur tren dan pola <i>urban sprawl</i> .
7	Seta Samsiana, (2017)	<i>Spatial metric Untuk Analisa Perkembangan Lahan Urban Di Bekasi</i>	Kuantitatif	Hasil perhitungan <i>spatial metric</i> bekasi menunjukan pola yang sama untuk beberapa <i>metric</i> walaupun besarnya berbeda. Efek skala pada perhitungan <i>spatial metrics</i> hanya pada besaran saja, bukan pada polanya.	Kesamaan dalam menganalisis perkembangan lahan kota dengan <i>spatial metric</i>	Penelitian ini menghitung semua parameter hanya berbasis raster sedangkan penelitian yang akan dilakukan berbasis <i>polygon</i> dan raster.
8	Nursakti Adhi Pratomoatmojo (2018)	Permodelan Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis <i>Cellular automata</i> dan Sistem Informasi	Kuantitatif	<i>LanduseSim</i> mampu menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan pendekatan trend atau kecendrungan sebagaimana ditunjukkan Nugroho (21) sebesar 89%	Kesamaan dalam menggunakan <i>Cellular automata</i> untuk melihat perubahan dan implikasi	Penelitian ini tidak membahas mengenai <i>spatial metric</i> hanya membahas mengenai analisis CA dan kaitan faktornya.

		Geografis dengan Menggunakan <i>LanduseSim</i>		dan Garbia dkk (11) sebesar 87-89%. Dengan kemampuan prediksi berbasis target (pada penelitian ini) atau dengan trend, menunjukkan <i>LanduseSim</i> sangat sesuai untuk kegiatan perencanaan wilayah dan kota.	terhadap <i>trend</i> yang diinginkan.	
9	Dwiky Satrio Septawicaksono dan Nursakti Adhi Pratomoatmojo (2019)	Prediksi Perkembangan Permukiman Berbasis <i>Cellular automata</i> dengan Batasan Kawasan Rawan Banjir di Perkotaan Kabupaten Bojonegoro	Kuantitatif	Metode <i>Cellular automata</i> menghasilkan prediksi perkembangan permukiman tahun 2038 pada bertambah menjadi 576,6 Ha dengan prosentase pertambahan keseluruhannya sebesar 30%. Jika dilihat prosentase pada Kecamatan Bojonegoro, Kecamatan Kapas, dan Kecamatan Dander prosentase pertumbuhannya masingmasing sebesar 21,48%; 13,95%; dan 18,72% dari tahun 2006. Hasil dari pemodelan tahun 2016 memiliki overall accuracy sebesar 97%, yang termasuk kedalam kategori model yang sangat baik.	Kesamaan dalam menggunakan metode <i>cellular automata</i> untuk memprediksi perkembangan dan faktor yang berpengaruh pada suatu lahan.	Penelitian dalam artikel ini lebih berfokus pada daerah yang terdampak bencana dan permodelan untuk wilayah terdampak.

10	Mehebab Sahana, dkk (2018)	<i>Analyzing urban spatial patterns and trend of urban growth using urban sprawl matrix: A study on Kolkata urban agglomeration, India</i>	Kuantitatif	<i>Metrics</i> perubahan penggunaan lahan/tutupan lahan menunjukkan bahwa wilayah terbangun telah berkembang sebesar 16,6% selama 1990-2000 dan 24,5% selama 2000-2015. Ekspansi perkotaan adalah hasil transformasi lahan dari lahan pertanian sebesar 153,1% selama 1990-2000 dan 66,9% selama 2000–2015. Pendekatan terintegrasi dari penginderaan jauh, GIS dan <i>metrics urban sprawl</i> telah terbukti berperan dalam menganalisis perluasan kota dan mengidentifikasi area prioritas untuk perencanaan dan pengelolaan yang efektif.	Kesamaan dalam analisis perkembangan wilayah terbangun dan perkembangan kota menggunakan <i>spatial metric</i> .	Penelitian ini lebih mengarah pada analisis besaran dan arah ekspansi perkotaan.
----	----------------------------	--	-------------	--	--	--

Dari penelitian relevan diatas terlihat untuk menentukan pola perkembangan kota terdapat beberapa keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dan untuk menentukan pola perkembangan perkotaan metode *spatial metric* telah banyak digunakan untuk berbagai tujuan yang berbeda. Keterkaitan tersebut dapat berupa tujuan dari penelitian yang berkaitan, metode analisis yang digunakan, dan hasil penelitian yang ada. Keterkaitan tersebut nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penelitian ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan:

1. Hasil dari pengolahan perubahan kawasan terbangun Kota Pekanbaru mengalami peningkatan tiap tahunnya. Sedangkan untuk pola perkembangan kota dapat disimpulkan berdasarkan temuan dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *spatial Metric*. *Metrics yang digunakan adalah Number of Patch, Patch Density, Largest Patch Size, Landscape Shape Index, Mean Patch Size, Shannon's Diversity Index, dan Shannon's Evenness Index*. Kota Pekanbaru berdasarkan perhitungan memiliki pola yang berfragmentasi atau cenderung menyebar (*Sprawl*).
2. Kota Pekanbaru di pengaruhi oleh beberapa faktor pendorong yaitu aksesibilitas yang terdiri dari jarak terhadap jalan primer, jarak terhadap jalan sekunder dan jarak terhadap permukiman. Pada penelitian ini metode *cellular automata* digunakan untuk melakukan simulasi perkembangan lahan (kawasan terbangun) menggunakan *LanduseSim* di Kota Pekanbaru untuk melihat pengaruh dari *driving factor* yang di simulasikan.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah untuk menentukan pola perkembangan kota lebih disarankan untuk menggunakan citra resolusi tinggi hal ini akan mempengaruhi proses pengolahan. Penelitian ini menggunakan citra *Landsat 7* untuk tahun 2000 – 2010 dan citra *Landsat 8* tahun 2015 dan 2020, namun sebaiknya melakukan beberapa transformasi citra untuk mendapatkan ketelitian kawasan terbangun. Penelitian pola perkembangan kota ini sangat berguna bagi pemerintah kedepannya, untuk mengamati dinamika dan faktor yang terjadi karena diketahui bahwa Kota Pekanbaru merupakan ibukota Provinsi Riau yang mempunyai peran penting sebagai ibukota provinsi sehingga perubahan dan perkembangan kota akan mempengaruhi wilayah Kota Pekanbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abudu, D., dkk. 2019. *Spatial assessment of urban sprawl in Arua Municipality, Uganda*. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 22(3), 315-322.
- Aguilera, F., dkk. 2011. *Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area*. Landscape and Urban Planning, 99(3-4), 226-238.
- Ahyuni dan Hamdi Nur. 2020. *Patterns Of Built-Up Area Change In Small Cities Of West Sumatra Province – Indonesia*. International Journal of GEOMATE, Vol.18,156-163.
DOI: <https://doi.org/10.21660/2020.65.ICGEO11>
- Badan Pusat Statistik, 2020. *Persentase Penduduk Daerah Perkotaan menurut Provinsi, 2010-2035*. Badan Pusat Statistik.
- Bakaruddin. 2012. *Pengantar Geografi Desa dan Kota*. Padang : UNP Press.
- Barredo, dkk. 2003. *Modelling Dynamic Spatial Processes: Simulation of Urban Future Scenarios Through Cellular Automata*. Landscape and Urban Planning.
- Brian, B. 2016. *Temporal and spatial patterns of urban sprawl and their implications on environmental planning in Mbarara Municipality*. Applied Geomatics, 8(3), 201-216.
- Feng, L. 2009. *Applying Remote Sensing and GIS on Monitoring and Measuring Urban Sprawl – A Case Study of China. II International Conference on Sustainability Measurement and Modelling (pp. 1-10)*. Barcelona: CIMNE.
- Galster, G. dkk. 2001. *Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an exclusive concept*. Housing Policy Debate.
- Guite, L. S. 2019. *Assessment of urban sprawl in Bathinda city, India*. Journal of Urban Management, 8(2), 195-205.
- Hartshorn. TA. 1992. *Interpreting the City, an Urban Geography*. New York: John Wiley & Sons. Kleniewski, N. 2006. *Cities, Change and Conflict: A Political Economy of Urban Life*. USA: 3rd Thomson Wadworth Belmont, CA.
- Herold, dkk. 2003. *The Role of Spatial Metrics In The Analysis and Modeling of Urban Land Use Change*. Computers, Environment and Urban Systems, 29(4)

- Liu, Y., dan He, J. 2009. *Developing a Web-based Cellular Automata Model for Urban Growth Simulation*. Artikel dipresentasikan di *International Symposium on Spatial Analysis, Spatial-temporal Data Modeling, and Data Mining*, Wuhan, China.
- Longley, P., dan Batty, M. 2003. *Advanced Spatial Analysis: the CASA Book of GIS*. London: ESRI, Inc.
- Magidi, J., dan Ahmed, F. 2019. *Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (1984–2015)*. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(3), 335-346.
- McGarigal, dkk. 2012. *Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. University of Massachusettes, Amherst, MA.
- Mohammadi, J., Zarabi, A., dan Mobaraki, O. 2012. *Urban sprawl pattern and effective factors on them: The case of Urmia City, Iran*. *Journal of Urban and Regional Analysis*, 4(1), 77.
- Nilda. 2014. *Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Dampak nya Terhadap Hasil Air di Daerah Aliran Sungai Cisadane Hulu*. Denpasar. Universitas Udayana.
- Noor, N. M., dan Rosni, N. A. 2013. *Determination of spatial factors in measuring urban sprawl in Kuantan using remote sensing and GIS*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*.
- Pradhan, Biswajeet. 2017. *Spatial Modeling and Assessment of Urban Form*. Springer.
- Pratomoatmojo, N. A. 2018. *LanduseSim Methods: Land Use Class Hierarchy for Simulations of Multiple Land Use Growth*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Rahman, dkk. 2008. *Environmental Impact Assessment of Twin-City, Hyder-abad-Secundrabad Using Remote Sensing and GIS Techniques*. PilotProject CSSTEAP-UN.
- Rapoport, Amos. 1977. *Human Aspects of Urban Form: Towards A Man-. Enviromental Approach to Urban Form And Design*. Pergamon Press:New York.
- Reis, dkk. 2015. *Spatial Metrics to Study Urban Patterns In Growing and Shrinking Cities*. *Urban Geography*, 3638(October), 1–26.
- Samsiana, S., dkk. 2017. *Spatial Metric Untuk Analisa Perkembangan Lahan Urban di Bekasi*. *Journal Of Informatics*, 2(1), 1-10.
- Schwarz, dkk. 2010. *The stability of ultra-compact planetary systems*. *Astronomy & Astrophysics*.

- Sudhira, dkk. 2003. *Urban sprawl pattern recognition and modelling using GIS*. Paper presented at Map India, 2003, New Delhi. January 28–31, 2003.
- Sudhira, H. S., Ramachandra . 2004. *Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 5(1), 29-39.
- Sujarto, Djoko. 1990. *Aspek Kepenataan Pembangunan Kota baru*. Jurusan Teknik Planologi FTSDP, ITB Soemarno, Analisis Dampak Lingkungan Cet Ke9.
- White, dkk,. 1997. *The Use of Constrained Cellular Automata for High-Resolution Modelling of Urban Land-Use Dynamics*. Environment and Planning B: Planning and Design.
- Wolfram, S. 1982. *Cellular Automata as Simple Self-Organizing Systems*. Caltech preprint.
- Y Murayama, R B Thapa, 2011. *Spatial Analysis and Modeling in Geographical Transformation*. Process: GIS-based Applications.
- Yamaguchi, Minh. 2008. *A Case Study on The Relation Between Urban Growth And City Planning Using Remote Sensing And Spatial Metrics*. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences.
- Yunus, H. S. 2005. *Manajemen Kota Dari Perspektif Spasial*. Yogyakarta.
- Zahnd, Markus. (2006). *Perancangan Kota Secara Terpadu*. Yogyakarta: Kanisius.