LAPORAN
PENELITIAN MANDIRI
UNIVERSITAS LAMPUNG

DETEKSI HOTSPOT COVID-19 DI PROPINSI LAMPUNG

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021

LAPORAN PENELITIAN MANDIRI
UNIVERSITAS LAMPUNG

JudulPenelitian	: Deteksi Hotspot Covid-19 di Propinsi Lampung
Manfaat Sosial Ekonomi	: Penelitian ini bermanfaat dalam menentukan model pendugaan
Jenis Penelitian	: Penelitian Mandiri
Ketua Peneliti	
a. Nama Lengkap	: Widiarti, S.Si., M.Si.
b. NIDN	: 0002058003
c. SINTA ID	: 6141017
d. Jabatan Fungsional	: Lektor
e. Program Studi	: Matematika
f. Nomor HP	: 085783855825
g. Alamat surel (e-mail)	: widiarti08@gmail.com
Anggota Peneliti (1)	
a. Nama Lengkap	: Prof. Mustofa Usman, Ph.D.
b. NIDN	: 0001015705
c. SINTA ID	: 6166055
d. Program Studi	: Matematika
Jumlah mahasiswa yang terlibat	: -
Jumlah alumni yang terlibat	: 1
Jumlah staf yang terlibat	: -
Lokasi kegiatan	: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung
Lama kegiatan	: 6 (Enam) Bulan
Biaya Penelitian	: -
Sumber dana	: Mandiri

Bandar Lampung, 25-10-2021

Mengetahui,
Dekan FMIPA Unila,

Dr. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP 197407052000031001

Ketua Peneliti,

Widiarti, S.Si., M.Si.
NIP 198005022005012003

Menyetujui
Ketua LPPM Universitas Lampung,

Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIP 196505101993032008

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

Judul Penelitian : Deteksi Hotspot Covid-19 di Propinsi Lampung

1. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1.	Widiarti, S.Si., M.Si.	Ketua	Statistika	Matematika	10 jam/minggu
2.	Prof. Mustofa Usman, Ph.D.	Anggota 1	Statistika	Matematika	8 jam/Minggu
3.	Anggun September, S.Si.	Anggota 2	Statistika	Matematika	8 jam/Minggu

2. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian):
   Kajian Hotspot penyebaran penyakit Covid-19 di Propinsi Lampung
3. Masa Pelaksanaan
   Mulai : bulan Mei, tahun 2021.
   Berakhir : bulan Oktober, tahun 2021.
4. Usulan Biaya : -
5. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan) Jurusan Matematika FMIPA, UNILA.
6. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontributornya)
   Tidak ada.
7. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu :
   Hotspot penyebaran penyakit ini selanjutnya dapat digunakan sebagai pemetaan penyebaran penyakit Covid-19 di Propinsi Lampung.
8. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran untuk setiap penerima hibah (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah internasional bereputasi, dan tahun rencana publikasi) : Artikel ini akan dipublikasikan pada Jurnal Nasional terindeks Sinta 3.

RINGKASAN

Deteksi Hotspot Covid-19 di Propinsi Lampung

Oleh:
Widiarti, Mustofa Usman, Anggun September

Hotspot adalah intensitas yang paling tinggi pada suatu lokasi atau daerah tertentu atau sering disebut sebagai kejadian luar biasa. *Hotspot* ini erat kaitannya dengan lokasi yang berupa titik koordinat, sehingga untuk mengetahui dan mempelajari keberadaan *hotspot* dibutuhkan data spatial. *Hotspot* diperoleh dengan melakukan proses *scanning* pada sebuah *window* atau daerah yang diteliti. Metode statistika yang dapat mendeteksi *hotspot* yaitu *Spatial Scan* Statistics. Pada 11 Februari 2020, *World Health Organization* (WHO) mengumumkan penyakit *Coronavirus Disease* 2019 (COVID-19). Penyakit ini disebabkan oleh virus SARS-CoV-2, yang sebelumnya disebut 2019-nCoV, dan dinyatakan sebagai pandemik pada tanggal 12 Maret 2020 (Susilo dkk., 2020).

Berdasarkan laporan WHO pada tanggal 24 Februari 2021, terdapat 111,762,965 kasus konfirmasi COVID-19 di seluruh dunia dengan 2,479,678 kematian. Berdasarkan https://covid19.lampungprov.go.id/ tanggal 21 Februari 2021, di Propinsi Lampung tercatat 11.995 kasus terkonfirmasi dengan angka kematian 623. *Hotspot* dari penyebaran COVID-19 di Propinsi Lampung ditentukan melalui resiko relatif terjangkit pada *sub-region* (dalam penelitian ini *sub-region* adalah kabupaten/kota di Propinsi Lampung). Pendeteksian *hotspot* berbentuk lingkaran (*circular window*) dilakukan dengan metode *Spatial Scan Statistics* dengan model Poisson. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *hotspot* kasus positif Covid-19 di Provinsi Lampung pada bulan maret 2020 hingga September 201 terdapat pada Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro dengan kasus positif Covid-19 sebanyak 20707 kasus.

Keywords: Hotspot, Spatial Scan Statistics, COVID-19.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Deteksi Hotspot Covid-19 di Propinsi Lampung” dengan baik.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Lampung yang telah mendorong kegiatan penelitian dilingkungan Universitas Lampung.
2. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas
3. Lampung yang telah mensupport penelitian ini.
4. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
5. Ketua Jurusan Matematika.
6. Rekan-rekan dosen Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung.
7. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu yang telah membantu dan terlibat dalam penelitian ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan pada penelitian ini, oleh karenanya kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 25 Oktober 2021

Ketua Tim Peneliti,

Widiarti, S.Si., M.Si.

NIP. 198005022005012003

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hotspot adalah intensitas yang paling tinggi pada suatu lokasi atau daerah tertentu atau sering disebut sebagai kejadian luar biasa. *Hotspot* erat kaitannya dengan lokasi yang berupa titik koordinat, sehingga untuk mengetahui dan mempelajari keberadaan *hotspot* dibutuhkan data spasial. *Hotspot* diperoleh dengan melakukan proses *scanning* pada sebuah *window* atau daerah yang diteliti. Metode statistika yang dapat mendeteksi *hotspot* yaitu *Spatial Scan Statistics.*

Spatial Scan Statistics (Statistik Pemindai Spasial) adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk mendeteksi *hotspot* dalam wilayah yang signifikan secara statistik terhadap risiko kasus tertentu. *Hotspot* didefinisikan sebagai sesuatu hal luar biasa, aneh dan pengelompokan suatu kasus pada area kritis yang memiliki risiko tinggi (Patill dan Taillie, 2004). *Spatial scan statistics* dapat digunakan diberbagai bidang ilmu, seperti: bidang astronomi untuk mendeteksi pengelompokan kepadatan bintang, bidang ekologi kehutanan untuk mendeteksi pengelompokan jenis pohon tertentu, bidang kesehatan untuk mendeteksi pengelompokan daerah terjadi suatu penyakit (Kulldorf, 1997). Kulldorf, *et al*. (1998) melakukan penelitian tentang kanker otak di New Mexico menggunakan *Spatial Scan Statistics.* Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi banyaknya individu yang terkena kanker otak pada masyarakat lokal di tingkat gabungan 32 negera. Pendeteksian menggunakan *circular scanning window* (pemindaian dengan bentuk lingkaran) dengan pusat lingkaran adalah pusat kota.

Kasus pneumonia yang tidak diketahui penyebabnya pertama kali dilaporkan di Wuhan, Provinsi Hubei, Cina pada Desember 2019. Penyakit ini berkembang sangat pesat dan telah menyebar ke berbagai provinsi lain di Cina, bahkan menyebar hingga ke Thailand dan Korea Selatan dalam kurun waktu kurang dari satu bulan. Pada 11 Februari 2020, *World Health Organization* (WHO) mengumumkan nama penyakit ini sebagai *Coronavirus Disease* 2019 (COVID-19) yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2, yang sebelumnya disebut 2019-nCoV, dan dinyatakan sebagai pandemik pada tanggal 12 Maret 2020 (Susilo dkk., 2020).

Berdasarkan laporan dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada tanggal 31 Januari

2021, terdapat 1.078.314 kasus terkonfirmasi COVID-19 di Indonesia dengan 29.998 kematian (CFR 2,8%), dan 873.221 kasus sembuh. Indonesia menjadi negara dengan kasus konfirmasi terjangkit tertinggi se-ASEAN. Kasus COVID-19 di Propinsi Lampung dilaporkan mencapai 10.009 kasus terkonfirmasi dengan angka kematian 511 kasus dan 7.032 kasus sembuh (Kemenkes RI, 2021).

Penelitian ini difokuskan untuk mendeteksi pengelompokan daerah *hotspot* suatu kasus COVID-19 di Propinsi Lampung. Penelitian ini dilakukan pada kabupaten/kota yang ada di Propinsi Lampung. *Hotspot* dari penyebaran COVID-19 di Propinsi Lampung ditentukan melalui resiko relatif terjangkit penyakit COVID-19 di kabupaten/kota. Pendeteksian *hotspot* berbentuk lingkaran (*circular window*) dilakukan dengan metode *Spatial Scan Statistics* dengan model Poisson.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan rasio *likelihood* untuk setiap *scanning window* dari metode *Spatial Scan Statistics* dengan model Poisson dan mendeteksi *hotspot* penyakit COVID-19 di Propinsi Lampung dengan metode *Spatial Scan Statistics*.

1.3. Luaran (Output)

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan memberikan informasi tentang *hotspot* penyebaran penyakit COVID-19 di Propinsi Lampung.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Spasial

Menurut Yousman (2004), data spasial adalah suatu data yang berorientasikan geografis dan memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Sebagian besar data yang akan ditangani dalam Sistem Informasi Geografis merupakan data spasial yaitu data yang memiliki dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data yang lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Informasi lokasi (spasial) merupakan informasi yang berkaitan dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (*latitude and longitude*) maupun koordinat Cartesian XYZ, termasuk diantaranya sistem proyeksi.
2. Informasi deskriptif (atribut) atau informasi non-spasial merupakan informasi suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengan lokasi tersebut, contohnya jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan lain-lain.

Informasi lokasi milik objek spasial dapat dimasukkan ke dalam beberapa bentuk, seperti:

1. Titik (dimensi nol-*point*), yang merupakan representasi grafis atau geometri yang paling sederhana bagi objek spasial.
2. Garis (satu dimensi-*line* atau *polyline*), yang akan menghubungkan paling sedikit dua titik dan digunakan untuk merepresentasikan objek-objek yang berdimensi satu.
3. Poligon (dua dimensi-area), yang merepresentasikan objek-objek dua dimensi.
4. Permukaan (3D), yang setiap fenomena terkait fisik (spasial) memiliki lokasi dalam ruang.

Data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu :

1. Data vektor, yang merupakan bentuk bumi yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir di titik yang sama), titik dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis).
2. Data raster, yang merupakan data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh.

2.2. Proses Poisson

Menurut Taylor dan Kerlin (1998), sebuah proses Poisson dengan intensitas atau *rate* $\lambda > 0$ merupakan sebuah proses stokastik $\{X(t); t \geq 0\}$, dengan $X(t)$ berharga bulat, dan mempunyai ciri-ciri berikut.

1. Untuk saat-saat $t_0 = 0 < t_1 < t_2 < \cdots < t_m$, pertambahan (*increments*) $X(t_1) - X(t_0)$, $X(t_2) - X(t_1)$, ... , $X(t_n) - X(t_{n-1})$, merupakan peubah-peubah acak idependen.
2. Untuk $s \geq 0$ dan $t \geq 0$, peubah acak $X(s+t) - X(s)$ berdistribusi Poisson.

$$P\{X(s+t)-X(s)\} = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}$$

3. $X(0) = 0$

Menurut Taylor dan Kerlin (1998), *rate* λ dalam proses Poisson $X(t)$ merupakan konstanta proporsionalitas dalam peluang terjadiya sebuah peristiwa dalam interval waktu singkat. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P\{X(t+h)-X(t)=1\} &= \frac{\lambda h e^{-\lambda h}}{1!} \\ &= \lambda h\left(1-\lambda h+\frac{1}{2}\lambda^2 h^2 \ldots\right) \\ &= \lambda h + o(h) \end{aligned}$$

$o(h)$ menyatakan sebuah suku sisa dalam order yang lebih kecil dari h $\left(\frac{o(h)}{h} \to 0 \ apabila\ h \to 0\right)$. Dalam prakteknya λ bisa bervariasi menurut waktu, jadi $\lambda = \lambda(t)$. Proses dengan λ seperti ini disebut proses Poisson non-homogen atau non-stasioner. Jika $X(t)$ proses Poisson non-homogen dengan *rate* $\lambda(t)$, maka *increment* $X(t)-X(s)$ menyatakan banyaknya kejadian dalam interval $(s,t]$, berdistribusi Poisson dengan parameter $\int_s^t \lambda(u)du$, dan *increment-increment* dalam interval terpisah merupakan peubah acak independen.

2.3. *Spatial Scan Statistics*

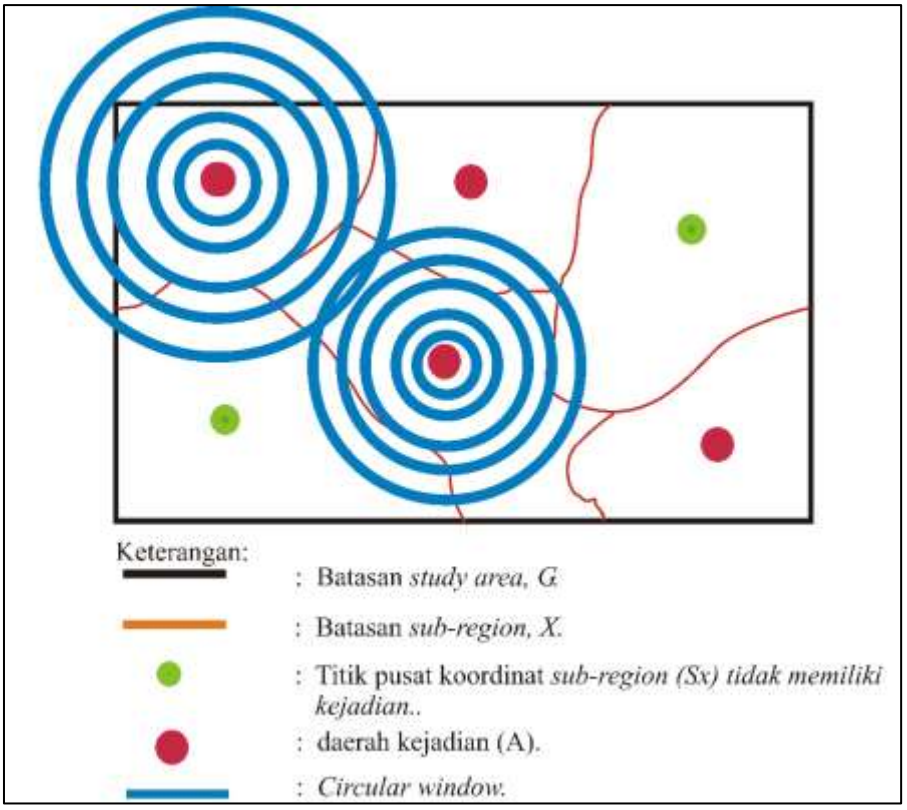
Menurut Kulldorf (1999), *Spatial Scan Statistics* adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi pengelompokan daerah yang memiliki intensitas yang paling tinggi dari suatu kejadian dan mengevaluasi signifikansinya secara statistik. Pada metode *spatial scan statistics* menggunakan bantuan data spasial. Data spasial adalah hasil pengukuran yang memuat informasi mengenai lokasi pengukuran.

Adapun istilah-istilah yang digunakan dalam metode *spatial scan statistics*, yaitu :

1. *Study area* adalah keseluruhan daerah yang akan diteliti, dinotasikan dengan G.
2. *Sub-region* adalah *study area* yang dipartisi ke dalam beberapa wilayah tertentu, dinotasikan dengan X.
3. Setiap *sub-region* diwakili oleh suatu titik pusat koordinat dari *sub-region* tersebut. Titik pusat koordinat dinotasikan oleh S_X.

4. Daerah kejadian adalah daerah dalam *study area* yang di dalam daerah tersebut terdapat minimal satu kejadian yang akan diteliti, dinotasikan dengan $A, A \subseteq G$.
5. *Circular window* adalah lingkaran yang membentuk *scanning window*.
6. *Scanning window* adalah kumpulan daerah yang potensial untuk menjadi *hotspot*. *Scanning window* dinotasikan dengan Z, dimana $Z \subseteq G$.
7. Kumpulan *scanning window* atau zona-zona dinotasikan oleh $\boldsymbol{Z}$, dan $Z \subseteq \boldsymbol{Z}$
8. *Hotspot* adalah *scanning window* yang memiliki nilai rasio *likelihood* tertinggi.
9. $\mu(X)$ adalah jumlah keseluruhan populasi penduduk di dalam *sub-region* X, $\mu(A)$ adalah jumlah keseluruhan kejadian tindak pidana di daerah kejadian A, $\mu(G)$ adalah keseluruhan penduduk di dalam *study area*, dan $\mu(Z)$ adalah jumlah keseluruhan penduduk dalam *scanning window*.

Gambar 1 menyajikan gambaran dari istilah-istilah yang telah dibahas sebelumnya.



Gambar 1. *Study area, sub-region,* titik pusat koordinat *sub-regio,* dan *circular window*.

Langkah-langkah metode *spatial scan statistics*, yaitu:

1. Mendeteksi *hotspot* dengan membentuk kumpulan *scanning window* dengan suatu *circular window*.

2. Membuat hipotesis H_0 dan H_1 untuk model Poisson.
3. Membentuk rasio *likelihood* berdasarkan hipotesis.
4. Menghitung rasio *likelihood* dari setiap *scanning window*.
5. Mencari *hotspot* yang memiliki nilai rasio *likelihood* yang paling maksimum.

2.4. *Scanning Window*

Menurut Kulldorf (1999), kelompok daerah *hotspot* diperoleh melalui *scanning window* yang dihasilkan dari suatu *circular window.* Algoritma yang digunakan untuk mendapatkan *scanning window* dengan menggunakan *circular window* dibagi menjadi dua tahapan, yaitu menentukan jarak dan membuat *circular window*.

Menentukan jarak

1. Pilih sembarang *sub-region* yang diwakili oleh titik pusat koordinat. Hitung jarak *sub-region* tersebut ke *sub-region* lainnya. Jarak yang dihitung adalah jarak *Euclidean* antara titik pusat koordinat yang mewakili *sub-region*.

$$d_{ij} = \sqrt{\left(a_i - a_j\right)^2 + \left(b_i - b_j\right)^2}$$

dengan:

d_{ij} : jarak *Euclidea*n antara *sub-region* ke-i dan *sub-region* ke-j ; $i \neq j$.

a_i : koordinat x untuk *sub-region* ke-i.

a_j : koordinat x untuk *sub-region* ke-j.

b_i : koordinat y untuk *sub-region* ke-i.

b_j : koordinat y untuk *sub-region* ke-j.

Membuat *Circular Window*

1. Pilih sembarang *sub-region* yang diwakili oleh titik pusat koordinat.
2. Buat suatu lingkaran (*circular window*) yang berpusat di titik pusat koordinat tersebut dan kemudian perbesar jari-jari lingkaran secara kontinu. Untuk setiap titik pusat koordinat yang masuk ke dalam lingkaran, hitung banyaknya kejadian n_Z dan populasi di dalam lingkaran tersebut $\left(\mu(Z)\right)$.
3. Ulangi langkah 1 dan 2 untuk setiap lokasi. Hitung rasio *likelihood* dari masing-masing pasangan $\left(n_Z, \mu(Z)\right)$.

4. Ulangi kembali langkah 1 sampai 3 untuk membentuk setiap *replicate* data dengan Monte Carlo.

2.5. *Maximum Likelihood Estimator*

Menurut Hogg, *et al.* (2005), misalkan $X_1, \dots, X_n$ adalah peubah acak iid dengan *probability density function* (pdf), $f(x;\theta)$, $\theta \in \Omega$. Fungsi *likelihood* didefinisikan oleh

$$L(\theta; x) = \prod_{i=1}^{n} f(x_i, \theta)\,, \quad \theta \in \Omega$$

dimana $x = (x_1, \dots, x_n)'$. Karena diperlukan L sebagai fungsi dari θ, ubah x_i dan θ ke dalam fungsi likelihood yang sering ditulis sebagai $L(\theta)$. Log dari fungsi ini biasanya lebih mudah untuk dikerjakan secara matematis, dan dilambangkan $\log L(\theta)$ dengan

$$\log L(\theta) = \sum_{i=1}^{n} \log f(x_i; \theta), \quad \theta \in \Omega$$

Misalkan θ_0 melambangkan nilai sebenarnya dari θ. Teorema 1 memberikan alasan teoritis untuk fungsi likelihood yang maksimum, yang menyatakan bahwa maksimum dari $L(\theta)$ secara asimptotik memisahkan model yang sebenarnya di θ_0.

2.6. *Likelihood Ratio Test*

Misalkan $X_1, \dots, X_n$ iid dengan pdf $f(x;\theta)$ untuk $\theta \in \Omega$. Pertimbangkan hipotesis dua sisi

$$H_0: \theta = \theta_0 \text{ dengan } H_1: \theta \neq \theta_0$$

Dimana θ_0 adalah nilai yang ditentukan.

Ingat bahwa fungsi *likelihood* dan log-nya adalah

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^{n} f(X_i; \theta)$$

$$l(\theta) = \sum_{i=1}^{n} \log f(X_i; \theta)$$

Misalkan $\hat{\theta}$ melambangkan *maximum likelihood estimation* dari θ. Untuk mendukung uji ini, pertimbangkan Teorema 1 yang mengatakan bahwa jika θ_0 adalah nilai sebenarnya dari θ maka asimptotik, $L(\theta_0)$ adalah nilai maksium dari $L(\theta)$. Maka rasio dari dua fungsi *likelihood* adalah

$$\nabla = \frac{L(\theta_0)}{L(\hat{\theta})}.$$

Nilai $\nabla \leq 1$, tetapi jika H_0 benar ∇ harus besar (mendekati 1), sedangkan jika H_1 benar ∇ harus lebih kecil. Untuk tingkat signifikansi α tertentu, ini mengarah ke intuitif aturan keputusan, tolak H_0 mendukung H_1 jika $\nabla \leq c$ dengan c sedemikian rupa sehingga $\alpha = P_{\theta_0}[\nabla \leq c]$. Uji ini disebut sebagai *likelihood ratio tets* (Hogg, *et al*, 2005).

2.7. Uji Signifikansi Berdasarkan Pengujian Hipotesis Monte Carlo

Menurut Kulldorf (1999), nilai rasio *likelihood* yang tertinggi yang didapatkan dari setiap *scanning window* akan menentukan apakah *scanning window* tersebut merupakan calon dari *hotspot*. Penentuan ini dilakukan dengan menghitung p_{value} dari *scanning window* tersebut. Calon *hotspot* yang akan terbentuk memiliki p_{value} lebih kecil dari suatu tingkat signifikansi α yang telah ditentukan. Dalam uji hipotesis Monte Carlo, titik kritis atau p_{value} diperoleh dari

$$p_{value} = \frac{banyaknya\ (T(x) \geq t_0)}{m+1}$$

dimana t_0 adalah nilai rasio *likelihood* tertinggi yang dimiliki suatu *scanning window* Z dari data riil, $T(x)$ adalah nilai rasio *likelihood* dari data acak yang dibangun di bawah kondisi H_0, m adalah banyaknya simulasi untuk membangun data dibawah kondisi H_0.

Berikut ini adalah langkah pengujian hipotesis Monte Carlo untuk *spatial scan statistics* adalah :

(i) Menghitung nilai rasio *likelihood* tertinggi t_0 untuk data riil.

(ii) Membangun data acak yang ukurannya sama dengan data riil yang dibangun berdasarkan kondisi H_0.

(iii) Melakukan proses pembentukan *scanning window* Z dari data acak yang dibangun berdasarkan kondisi H_0.

(iv) Mencari nilai rasio *likelihood* untuk setiap *scanning window* Z yang terbentuk, kemudian mengurutkan nilai rasio *likelihood* dari yang terbesar hingga yang terkecil. Langkah selanjutnya, mendapatkan nilia rasio *likelihood* yang tertinggi dari simulasi pertama pembangunan data acak tersebut.

(v) Mengulangi langkah (ii), (iii), dan (iv) sebanyak m kali pengulangan simulasi, sehingga memperoleh m nilai rasio *likelihood* tertinggi dari tiap simulasi. Kemudian mengurutkan m nilai rasio *likelihood* tertinggi dari data acak dan data riil.

(vi) Hitung p_{value} dengan Persamaan (19). Nilai p_{value} diperoleh dari banyaknya nilai rasio *likelihood* yang dibangun dari data acak yang nilainya melebihi nilai rasio *likelihood* dari data riil t_0 dibagi $m + 1$.

BAB III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan mengkaji *hotspot* penyebaran penyakit COVID-19 di Propinsi Lampung. Data yang digunakan adalah data COVID-19 di Propinsi Lampung yang dipublish oleh Dinas Kesehatan Propinsi Lampung, data populasi penduduk Lampung tahun 2019, dan data koordinat kabupaten/kota di Propinsi Lampung yang diakses secara online melalui satelit Google Earth Pro. Metode penelitian yang digunakan untuk mendeteksi pengelompokan daerah *hotspot* COVID-19 adalah dengan metode *Spatial Scan Statistics* dengan model Poisson. Langkah-langkah penentuan *hotspot* dengan metode *Spatial Scan Statistics*, yaitu:

1. Menentukan daerah yang akan diteliti. Daerah yang akan diteliti adalah kabupaten/kota yang ada di Propinsi Lampung.
2. Membuat *scanning window* untuk masing-masing kabupaten/kota. *Scanning window* dibuat dengan data spasial sebagai pendukung data kasus COVID-19, khusunya pada pengukuran jarak yang menggunakan jarak *Euclidean*. Jarak *Euclidean* digunakan untuk mempermudah menentukan daerah yang terdekat untuk masuk ke dalam *scanning window*.
3. Menentukan hipotesis H_0 dan H_1 untuk model yang digunakan, yaitu model Poisson.

   $H_0 \ : \ p = q$

   $H_1 \ : \ p > q$

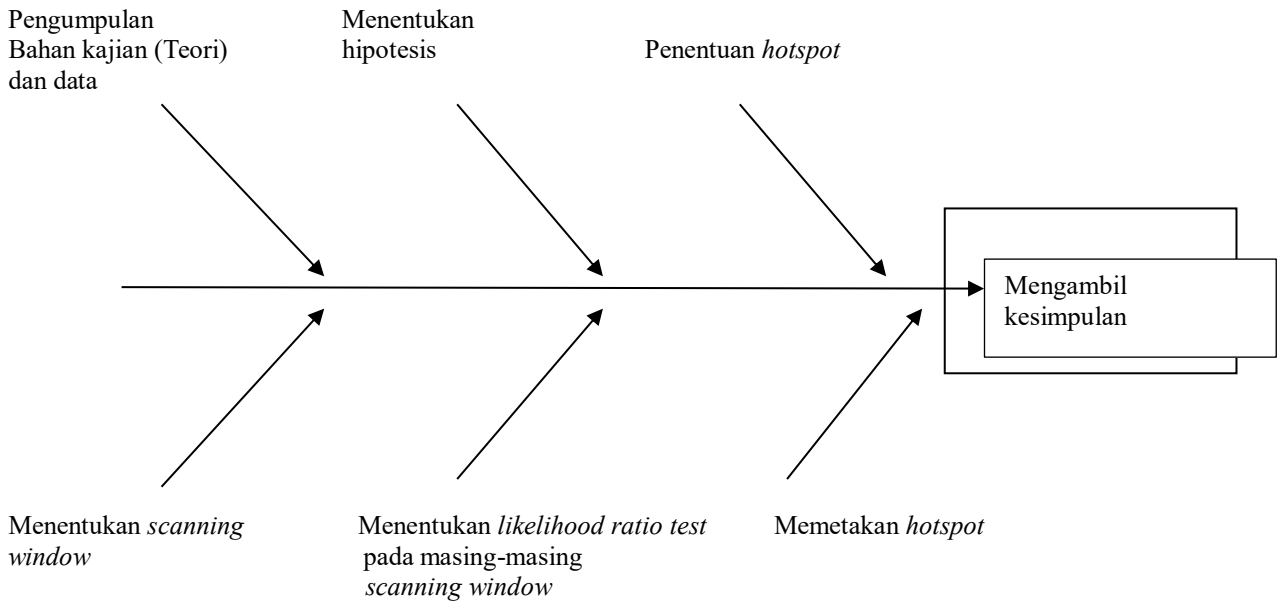
   dengan p adalah resiko terjangkit COVID-19 di dalam *scanning window* dan q adalah resiko terjangkit COVID-19 di luar *scanning window*.
4. Membentuk rasio *likelihood* berdasarkan hipotesis H_0 dan H_1.

$$\nabla = \sup_{z \in Z} \frac{\left(\frac{n_Z}{\mu(Z)}\right)^{n_Z} \left(\frac{n_G - n_Z}{\mu(G) - \mu(Z)}\right)^{n_G - n_Z}}{\left(\frac{n(G)}{\mu(G)}\right)^{n_G}}$$

5. Menghitung rasio *likelihood* dari masing-masing *scanning window* yang memiliki minimal satu kejadian pada pusat *circular window* dan *circular window* tidak melebihi 50% dari total populasi penduduk di daerah yang diteliti (G).
6. Menguji nilai rasio *likelihood* yang diperoleh dengan pendekatan Monte Carlo. Pengujian dilakukan untuk menguji rasio *likelihood* tersebut merupakan nilai rasio yang paling maksimum atau bukan di dalam setiap *scanning window* dengan melihat p_{value} pada $\alpha = 0{,}05$.
7. Menentukan *hotspot*. *Scanning window* yang akan menjadi *hotspot* adalah *scanning window* yang memiliki nilai rasio *likelihood* yang paling tinggi. Penentuan *hotspot*

dideteksi dengan aplikasi SaTScan yang terhubung langsung dengan koneksi internet pada Google Earth Pro. Daerah *hotspot* yang diperoleh dapat dipetakan dengan aplikasi ArcView 3.3 dengan memberi warna pada daerah *hotspot*.

Langkah-langkah proses penelitian yang dilakukan disajikan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Langkah-langkah dalam Proses Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas penyebaran penyakit Covid-19 di Propinsi Lampung menggunakan metode *Spatial Scan Statistics* model Poisson. Model ini akan diterapkan pada kasus positif, Covid-19 di Propinsi Lampung. Daerah yang akan dideteksi adalah seluruh kabupaten/kota yang berjumlah 15 kabupaten/kota. Tabel 1 menunjukkan data kasus positif Covid-19 periode Maret 2020 sampai dengan September 2021 di 15 kabupaten/kota yang ada di Propinsi Lampung.

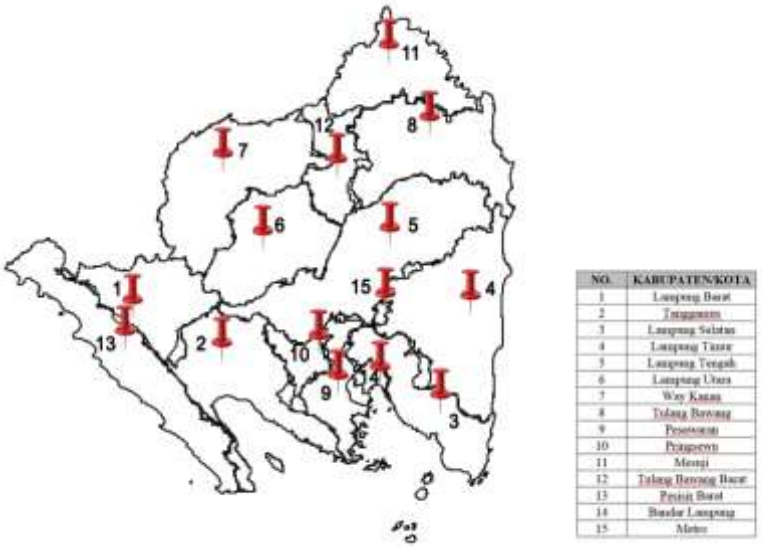
Tabel 1. Data Jumlah Kasus Positif Covid-19 di Provinsi Lampung

NO.	KABUPATEN/KOTA	Mar'20	Apr'20	May'20	Jun'20	Jul'20	Aug'20	Sep'20	Oct'20	Nov'20	Dec'20
1	Lampung Barat	0	2	2	0	0	4	20	13	4	28
2	Tanggamus	0	0	2	0	1	1	33	26	101	137
3	Lampung Selatan	0	6	10	0	11	10	39	50	84	171
4	Lampung Timur	0	0	0	0	1	3	18	28	94	118
5	Lampung Tengah	0	1	25	5	2	9	77	96	368	337
6	Lampung Utara	0	4	1	8	2	14	79	67	155	222
7	Way Kanan	0	2	4	0	0	14	0	6	29	12
8	Tulang Bawang	0	0	1	0	0	0	10	13	8	36
9	Pesawaran	0	2	4	2	4	0	14	36	118	98
10	Pringsewu	0	1	0	1	2	1	14	10	55	78
11	Mesuji	0	0	0	0	0	1	9	0	24	11
12	Tulang Bawang Barat	0	4	0	0	6	1	3	16	6	21
13	Pesisir Barat	0	0	3	2	4	38	8	5	9	24
14	Bandar Lampung	8	20	28	37	30	43	156	526	956	982
15	Metro	0	0	5	1	1	1	19	39	82	98

NO.	KABUPATEN/KOTA	Jan'21	Feb'21	Mar'21	Apr'21	May'21	Jun'21	Jul'21	Aug'21	Sep'21	Total
1	Lampung Barat	191	129	81	92	148	154	1122	628	236	2854
2	Tanggamus	193	41	16	39	25	197	937	691	79	2519
3	Lampung Selatan	234	138	100	126	208	322	1315	1561	147	4532
4	Lampung Timur	384	292	113	201	232	465	2207	1438	242	5836
5	Lampung Tengah	420	586	291	194	251	275	667	665	197	4466
6	Lampung Utara	314	169	99	286	286	328	1246	527	126	3933
7	Way Kanan	32	14	0	22	23	29	64	575	33	859
8	Tulang Bawang	36	48	47	38	50	23	161	212	26	709
9	Pesawaran	170	93	48	151	186	260	764	573	99	2622
10	Pringsewu	131	90	82	145	178	407	1227	1338	234	3994
11	Mesuji	37	11	7	23	27	22	98	244	40	554
12	Tulang Bawang Barat	108	10	22	30	43	39	331	466	72	1178

13	Pesisir Barat	37	60	77	28	10	68	353	172	19	917
14	Bandar Lampung	1176	730	417	392	354	444	2234	2107	586	11226
15	Metro	255	115	84	189	201	245	566	710	254	2865

Proses *scan statistics* dilakukan dengan bantuan data spasial yang berupa titik koordinat *latitude* dan *longitude* pusat dari masing-masing kabupatan/kota, yang disebut dengan *spatial scan statistics*. *Spatial scan statistics* dilakukan dengan aplikasi SaTScan dan dipetakan dengan ArcView 3.3. Berdasarkan Tabel 1, kabupaten/kota yang berpotensi untuk membentuk *scanning window* adalah kabupaten/kota yang memiliki minimal satu kejadian. Apabila digambarkan kabupaten/kota yang berpotensi untuk membentuk *scanning window* akan tampak seperti Gambar 2.



Gambar 2. Kabupaten/kota yang berpotensi membentuk *scanning window*.

Kecamatan yang berpotensi membentuk *scanning window* tersebut akan dihitung nilai rasio *likelihood* beserta ukuran radius *circular window* dari masing-masing *scanning window* yang terbentuk. Perhitungan tersebut menggunakan aplikasi SaTScan, dengan hasil sebagai berikut.

```
SaTScan v10.0

Program run on: Tue Oct 12 21:16:14 2021

Purely Spatial analysis
scanning for clusters with high rates
using the Discrete Poisson model.
Iterative analysis performed.
--------------------------------------------------------------------------------

SUMMARY OF DATA

Study period.......................: 2020/3/1 to 2021/9/30
Number of locations................: 15
Population, averaged over time.....: 8697321
Total number of cases..............: 49064
Annual cases / 100000..............: 355.9
--------------------------------------------------------------------------------

MOST LIKELY CLUSTER

1.Location IDs included.: Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, Metro
  Coordinates / radius..: (5.493245 S, 105.079123 E) / 48.76 km
  Population............: 2132184
  Number of cases.......: 20707
  Expected cases........: 12028.24
  Annual cases / 100000.: 612.6
  Observed / expected...: 1.72
  Relative risk.........: 2.25
  Log likelihood ratio..: 3676.742858
  Monte Carlo rank......: 1/1000
  P-value...............: < 0.00000000000000001
```

Gambar 3. *Scanning window* pertama.

Gambar 3 memberikan informasi bahwa metode *Spatial Scan Statistics* yang diterapkan pada data kasus positif Covid-19 di 15 kabupaten/kota yang ada di Provinsi Lampung dari bulan Maret 2020 hingga September 2021 memiliki kasus sebanyak 4.9064 kasus, yang terjadi di tengah populasi penduduk 8.697.321 jiwa.

Kelompok daerah *scanning window* pertama yang berpotensi terjadinya kasus positf Covid-19 adalah Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro. Kelompok kabupate/kota tersebut dihasilkan dari suatu *scanning window* yang berpusat pada koordinat (5.493245 S, 105.079123 E) dengan jari-jari radius sebesar 48,76 km. Pada *scanning windows*

terdapat 2.0707 kasus postitif Covid-19 pada jumlah populasi penduduk 2.132.184 jiwa, dan memiliki nilai log rasio *likelihood* sebesar 3676,742858.

Selanjutnya untuk mengetahui apakah *scanning window* yang dibentuk oleh Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro merupakan calon *hotspot* dari kasus positif Covid-19, maka dilakukan pendekatan Monte Carlo dengan membangkitkan data acak sebanyak 9.999 dengan kondisi dibawah H_0. Pada pendekatan Monte Carlo nilai log rasio *likelihood* tertinggi dari masing- masing data bangkitan tersebut dan data log rasio *likelihood* yang riil diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar. Hipotesis yang digunakan dalam pendekatan Monte Carlo adalah

H_0 : *Scanning window* dari Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro bukan calon *hotspot* dari kasus positif covid di Provinsi Lampung

H_1 : *Scanning window* dari Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro adalah calon *hotspot* dari kasus postitif covid di Provinsi Lampung

dengan melihat nilai p_{value}, H_0 ditolak jika $p_{value} < \alpha$ atau tidak tolak H_0 jika p-$value > \alpha$ pada $\alpha = 0{,}05$..

Pada Gambar 2 diperoleh nilai Monte Carlo Rank senilai $\frac{1}{1000}$ sehingga didapat $p_{value} = 0{,}001$. $p_{value} < \alpha$ artinya tolak H_0. Keputusan tolak H_0 menyimpulkan bahwa *scanning window* dari Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro adalah calon *hotspot* dari kasus positif Covid-19 di Provinsi Lampung

Cara perhitungan *scanning window* pertama pada Gambar 3 akan berlaku untuk semua *scanning window*, yang nantinya akan terbentuk 8 *scanning window* pada 15 Kabupaten/Kota yang ada di Provinsi Lampung. Berikut 8 *scanning window* yang terbentuk beserta hasil keterangannya.

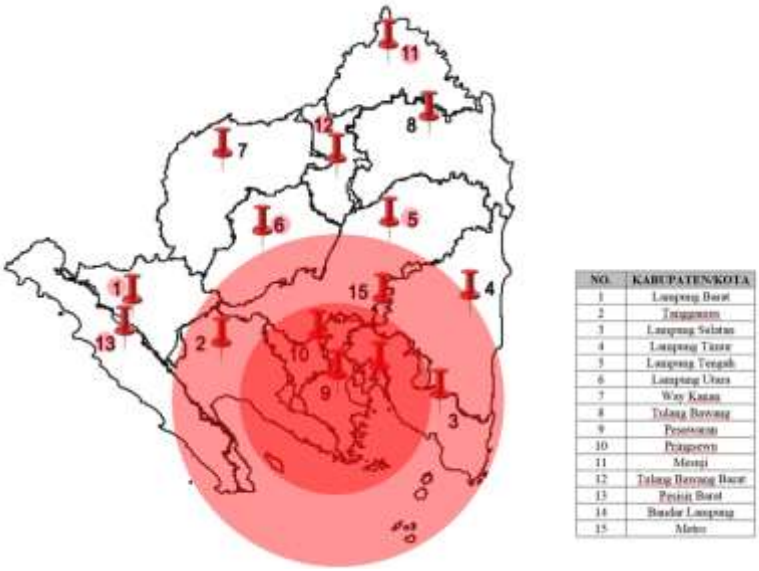
Tabel 2. Pembentukan *Scanning Window*

Scanning Window	Pusat *Scanning Window*	Pusat Koordinat *Scanning Window*		Radius	Banyak kecamatan yang masuk ke dalam *scanning window*
		Latitude	Longitude		
1	Pesawaran	-5.493245	105.079123	48,76	4
2	Lampung Barat	-5.115772	104.147507	0	1
3	Lampung Utara	-5.115772	104.147507	0	1
4	Lampung Selatan	-5.562261	105.547437	79,51	3
5	Pesisir Barat	-5.292819	104.123367	0	1
6	Lampung Tengah	-4.800809	105.313119	0	1
7	Tulang Bawang Barat	-4.525657	105.079141	0	1
8	Mesuji	-4.004478	105.313119	0	1

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Scanning Window*

Scanning Window	Kabupaten/Kota	Log Rasio Likelihood	*p-value*	Jumlah Kasus Positif Covid	Populasi Penduduk
1	Pesawaran	3676.742858	< 0.00000000000000001	20707	2132184
	Bandar Lampung				
	Pringsewu				
	Metro				
2	Lampung Barat	727.423285	< 0.00000000000000001	2854	302522
3	Lampung Utara	368.835079	< 0.00000000000000001	3933	624118
4	Lampung Selatan	56.826779	< 0.00000000000000001	12887	2725653
	Tanggamus				
	Lampung Timur				
5	Pesisir Barat	176.185072	< 0.00000000000000001	917	158374
6	Lampung Tengah	102.192054	< 0.00000000000000001	4466	1360954
7	Tulang Bawang Barat	218.32255	< 0.00000000000000001	1178	278981
8	Mesuji	31.515758	< 0.00000000000000001	554	212373

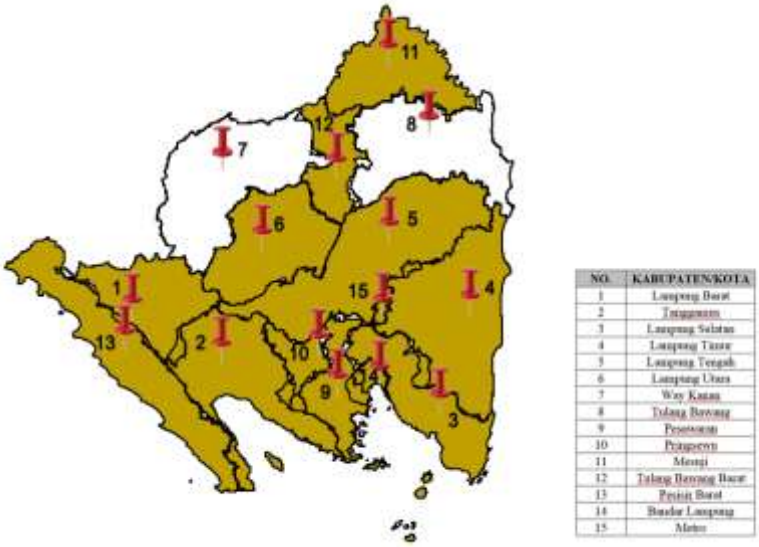
Delapan *scanning window* yang telah terbentuk dengan nilai radius *circular window* dan log rasio *likelihood* yang berbeda-beda pada Tabel 2 dan 3, jika digambarkan akan terlihat seperti Gambar 4.



Gambar 4. *Scanning window* yang terbentuk.

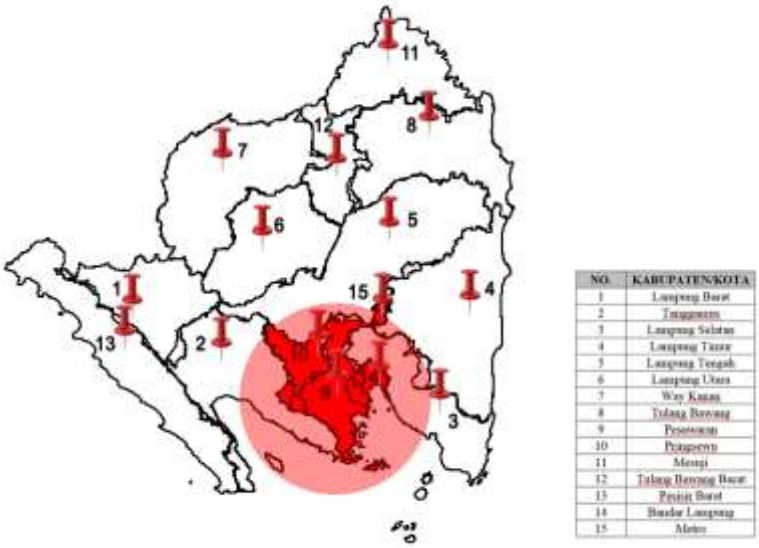
Gambar 4 menunjukkan bahwa *scanning window* yang berbentuk *circular window* memiliki radius atau jari-jari yang terus bergerak hingga ke sebagian kabupaten/kota disekitarnya. Namun pada penelitian ini yang termasuk ke dalam *scanning window* hanya daerah yang koordinat pusatnya termasuk ke dalam *circular window*. Apabila koordinat pusat tidak masuk ke dalam *scanning window,* maka daerah tersebut bukan anggota dari *scanning window* yang terbentuk.

Nilai rasio log *likelihood* pada masing-masing *scanning window* akan diuji signifikansinya dengan pendekatan Monte Carlo. Pengujian ini untuk menentukan apakah *scanning window* tersebut merupakan calon *hotspot*. Penentuan calon *hotspot* dapat dilihat dari nilai p_{value} masing-masing *scanning window*. *Scanning window* disebut calon *hotspot* apabila memiliki nilai $p_{value} < \alpha$. Berikut kabupaten/kota yang menjadi calon *hotspot*.



Gambar 5. Daerah calon *hotspot*.

Kabupaten/kota yang menjadi calon *hotpsot* dibentuk dari *scanning window* dimana masing-masing *scanning window* mempunyai nilai rasio log *likelihood* yang berbeda-beda. Nilai rasio log *likelihood* dari masing-masing *scanning window* yang terbentuk akan diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil. Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa *scanning window* yang memiliki nilai rasio log *likelihood* tertinggi adalah *scanning window* pertama, yang tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. *Hotspot* kasus positif Covid-19 di Provinsi Lampung.

Gambar 6 merupakan s*canning window* yang memiliki nilai rasio log *likelihood* tertinggi yang kemudian terpilih menjadi *hotspot* dari kasus positif Covid-19 di Provinsi Lampung. Nilai rasio log *likelihood* tertinggi adalah 3676,742858 yang berpusat pada koordinat (5.493245 S, 105.079123 E) dengan jari-jari radius sebesar 48,76 km. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *hotspot* kasus positif Covid-19 di Provinsi Lampung pada bulan maret 2020 hingga September 201 terdapat pada Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro dengan kasus positif Covid-19 sebanyak 20707 kasus.

KESIMPULAN

Hotspot kasus positif Covid-19 di Provinsi Lampung pada bulan maret 2020 hingga September 201 terdapat pada Kabuaten/Kota Pesawaran, Bandar Lampung, Pringsewu, dan Metro dengan kasus positif Covid-19 sebanyak 20707 kasus.

REFERENSI

Hogg, R.V., McKean, J.W., and Craig, A.T. 2005. *Introduction Mathematical Statistics*. 6th Edition. Pearson Education, New Jersey.

Kemenkes RI. 2021. Situasi Terkini Perkembangan Novel Coronavirus (COVID-19). GERMAS. https://infeksiemerging.kemkes.go.id/. Diakses pada 2 Maret 2021.

Kulldorff, M. 1997. A Spatial Scan Statistic. *Communication in Statistics: Theory and Methods.* 26(6): 1481-1496.

Kulldorff, M., Athas, W. F., Feuer, E. J., Miller, B. A. and Key, C. R. 1998. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos. *American Journal of Public Health.* 88(9): 1377-1380.

Kulldorf, M. 1999. *Spatial Scan Statistics: Models, Calculations, and Application*. Springer Science, New York.

Patill & Taillie. 2004. Upper Level Set Scan Statistic for Detecting Arbitrarily Shaped Hotspots. *Environmental and Ecological Statistics*. 11(1):183-197.

Susilo, A., Rumende, C.M., Pitoyo, C.W., Santoso, W.D., Yulianti, M., Sinto, R., Yunihastuti, E. (2020). Coronavirus disease 2019 : Tinjauan Literatur Terkini. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 7(1), 45-67.

Taylor, H.M. and Karlin, S. 1998. *An Introduction to Stochastic Modeling*. 3rd edition. Academic Press, California.

Yousman, Y. 2004. *Sistem Informasi Geografis dengan ArcView 3.3 Profesional.* Andi Offset, Yogyakarta.