

MODEL OPTIMASI *SPATIAL DATA WAREHOUSE* DALAM SISTEM OLAP UNTUK DATA TITIK PANAS KARHUTLA DI INDONESIA

RAHMADI WIJAYA



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Model Optimasi *Spatial Data Warehouse* dalam Sistem OLAP untuk Data Titik Panas Karhutla di Indonesia” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Rahmadi Wijaya
G6601221006

RINGKASAN

RAHMADI WIJAYA. Model Optimasi *Spatial Data Warehouse* dalam Sistem OLAP untuk Data Titik Panas Karhutla di Indonesia. Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG, IRMAN HERMADI dan ANNISA

Kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terjadi secara berulang di Indonesia dan memberikan dampak yang luas terhadap aspek ekologi, ekonomi, kesehatan masyarakat, serta keberlanjutan pembangunan. Sistem Informasi Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan (SiPongi) memanfaatkan data *hotspot* sebagai sumber informasi utama dalam mendukung sistem peringatan dini dan pengambilan keputusan. Penyajian data *hotspot* pada SiPongi saat ini telah mendukung analisis hingga tingkat kabupaten, sedangkan pengembangan analisis hingga tingkat desa memerlukan visualisasi dan analisis data spasial yang melibatkan ribuan poligon batas desa dengan kompleksitas geometri yang tinggi. Kondisi tersebut meningkatkan kompleksitas data spasial dan mempengaruhi performa eksekusi *query* pada sistem *Online Analytical Processing* (OLAP), sehingga diperlukan suatu model optimasi yang mampu meningkatkan performa sistem tanpa mengurangi kualitas representasi data spasial.

Urgensi penelitian ini adalah mengembangkan model analisis *hotspot* hingga tingkat desa yang mampu mendukung visualisasi data spasial dan analisis multidimensi secara efisien. Untuk itu, diperlukan penyederhanaan poligon guna mengurangi kompleksitas data spasial dengan tetap mempertahankan jumlah hotspot dan bentuk poligon, serta optimasi *query* pada *Spatial Data Warehouse* melalui integrasi *Extract Transform Load* (ETL), *Online Analytical Processing* (OLAP), *Materialized View* (MV), dan *quadtree index*. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada penentuan nilai *threshold* yang terbaik, pengembangan algoritma penyederhanaan poligon, dan pengembangan model optimasi *spatial data warehouse* untuk meningkatkan performa analisis *hotspot*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi *spatial data warehouse* dalam sistem OLAP untuk analisis data *hotspot* kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengembangkan algoritma penentuan nilai *threshold* berdasarkan metrik *perimeter*, *area*, *Diagonal Bounding Box* (DBB), dan persentase sebagai parameter penyederhanaan poligon; (2) melakukan penyederhanaan poligon desa menggunakan algoritma Douglas-Peucker (DP) berdasarkan *threshold* hasil pendekatan metrik; (3) mengoptimalkan *query spatial data warehouse* menggunakan pendekatan *materialized view* dan *quadtree index* sehingga mampu meningkatkan kinerja analisis *hotspot* berbasis OLAP.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data *hotspot* karhutla periode 2014–2024 yang diperoleh dari *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS) serta data batas administrasi desa tahun 2023 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Wilayah studi penelitian adalah provinsi Sumatera Selatan, dengan unit analisis berupa batas administrasi desa yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis distribusi *hotspot* secara spasial dan multidimensi.

Metode penelitian diawali dengan pengembangan algoritma penentuan *threshold* menggunakan kombinasi metrik *perimeter*, *area*, dan *Diagonal Bounding Box* (DBB) yang dikalikan dengan nilai persentase tertentu sehingga menghasilkan *threshold* yang terbaik terhadap karakteristik setiap poligon. Nilai *threshold* tersebut digunakan pada algoritma DP untuk melakukan penyederhanaan poligon desa. Selanjutnya dilakukan pembangunan *spatial data warehouse* menggunakan *star schema* yang diintegrasikan melalui proses ETL menggunakan PostgreSQL. Data yang telah dimuat ke dalam *spatial data warehouse* selanjutnya dianalisis menggunakan operasi OLAP berupa *roll-up*, *drill-down*, *slice*, dan *dice*. Tahap akhir penelitian adalah optimasi *query* menggunakan *materialized view* dan *quadtree index* untuk mempercepat proses agregasi data dan pencarian spasial.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *threshold* terbaik diperoleh menggunakan metrik DBB dengan nilai persentase 0,15, dimana penyederhanaan poligon batas desa mampu mempertahankan jumlah *hotspot* dan bentuk geometri sebesar 72.375, serta mengurangi jumlah titik koordinat dari 917.467 menjadi 190.009 (79,3%) titik koordinat dihilangkan dan 20,7% titik koordinat tetap dipertahankan, dan mengurangi ukuran file GeoJSON sehingga kompleksitas data spasial dapat dikurangi tanpa mengurangi kualitas representasi spasial.

Hasil pembangunan *Spatial Data Warehouse* berhasil mengintegrasikan data *hotspot* dan batas administrasi desa ke dalam skema multidimensi yang mendukung analisis OLAP. Pada tahap optimasi *spatial data warehouse*, penggunaan *materialized view* dan *quadtree index* berhasil meningkatkan performa *query* secara signifikan, yaitu menurunkan rata-rata waktu eksekusi *query* dari 0,073 detik menjadi 0,007 detik, mengurangi jumlah baris data yang diproses lebih dari 17.000 baris, serta mengurangi ukuran data *query* sekitar 150 KB. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model optimasi yang dikembangkan mampu meningkatkan performa sistem, mempercepat proses analisis multidimensi, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat pada sistem analisis *hotspot* kebakaran hutan dan lahan hingga tingkat desa.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan algoritma penentuan *threshold* terbaik berbasis metrik *perimeter*, *area*, dan *Diagonal Bounding Box* (DBB) sebagai parameter algoritma Douglas-Peucker, berbeda dengan pendekatan *threshold* tetap yang umum digunakan pada penelitian sebelumnya. Selain itu, penelitian ini mengusulkan model optimasi *Spatial Data Warehouse* yang mengintegrasikan penyederhanaan poligon, proses ETL, analisis OLAP, *Materialized View*, dan *Quadtree Index* dalam satu kerangka kerja terpadu. Integrasi tersebut memperluas pendekatan optimasi yang sebelumnya mengembangkan komponen-komponen tersebut secara terpisah sehingga mampu mendukung analisis *hotspot* hingga tingkat desa secara lebih efisien.

Penelitian ini memberikan manfaat melalui pengembangan metode optimasi *spatial data warehouse* dan meningkatkan efisiensi pengelolaan data spasial, performa sistem, analisis multidimensi, serta pengambilan keputusan dalam pemantauan dan mitigasi kebakaran hutan dan lahan di Indonesia.

Kata kunci: Data Warehouse, Douglas–Peucker, *Materialized View*, Optimasi, *Quadtree Index*

SUMMARY

RAHMADI WIJAYA. Optimization Model of Spatial Data Warehouse in an OLAP System for Forest and Land Fire Hotspot Data in Indonesia. Supervised by IMAS SUKAESIH SITANGGANG, IRMAN HERMADI, and ANNISA.

Forest and land fires (Karhutla) are recurring environmental disasters in Indonesia that have significant impacts on ecological systems, economic activities, public health, and sustainable development. The Forest and Land Fire Control Information System (SiPongi) utilizes hotspot data as a primary information source to support early warning and decision-making processes. Currently, hotspot information in SiPongi supports analysis at the regency level, whereas extending the analysis to the village level requires spatial visualization and multidimensional analysis involving thousands of village boundary polygons with highly complex geometries. This increased spatial complexity degrades the performance of query execution in Online Analytical Processing (OLAP) systems, highlighting the need for an optimization model that improves system performance while preserving the quality of spatial data representation.

The primary motivation of this study is to develop a village-level hotspot analysis model that supports efficient spatial visualization and multidimensional analysis. To achieve this objective, polygon simplification is employed to reduce spatial data complexity while preserving hotspot counts and polygon geometry, and query optimization is implemented in the spatial data warehouse through the integration of Extract, Transform, and Load (ETL), Online Analytical Processing (OLAP), Materialized Views (MV), and a quadtree index. Accordingly, this study focuses on determining the terbaik threshold value, developing a polygon simplification algorithm, and proposing a spatial data warehouse optimization model to improve the performance of hotspot analysis.

This study aims to develop a spatial data warehouse optimization model within an Online Analytical Processing (OLAP) environment for forest and land fire hotspot analysis in Indonesia. Specifically, the objectives of this study are to: (1) develop a threshold determination algorithm based on perimeter, area, Diagonal Bounding Box (DBB), and percentage metrics as polygon simplification parameters; (2) simplify village boundary polygons using the Douglas–Peucker (DP) algorithm with threshold values derived from the proposed metric-based approach; and (3) optimize spatial data warehouse queries through the integration of materialized views and a quadtree index to improve the performance of OLAP-based hotspot analysis.

The datasets used in this study consist of forest and land fire hotspot data for the 2014–2024 period obtained from the Fire Information for Resource Management System (FIRMS) and village administrative boundary data for 2023 obtained from the Geospatial Information Agency (BIG) of Indonesia. The study was conducted in South Sumatra province, with village administrative boundaries serving as the spatial analysis units for identifying and analyzing hotspot distributions from both spatial and multidimensional perspectives.

The proposed methodology begins with the development of a threshold determination algorithm based on a combination of perimeter, area, and Diagonal Bounding Box (DBB) metrics multiplied by a predefined percentage value,



producing adaptive threshold values that reflect the geometric characteristics of individual polygons. The resulting thresholds are then applied to the Douglas–Peucker (DP) algorithm to simplify village boundary polygons. Subsequently, a spatial data warehouse is developed using a star schema and integrated through an Extract, Transform, and Load (ETL) process implemented in PostgreSQL. The loaded data are analyzed using Online Analytical Processing (OLAP) operations, including roll-up, drill-down, slice, and dice. Finally, query optimization is performed by integrating materialized views and a quadtree index to accelerate data aggregation and spatial retrieval.

The results showed that the optimal threshold was obtained using the DBB metric with a percentage value of 0.15%. At this threshold, village boundary polygon simplification successfully preserved all 72,375 hotspot locations and the geometric shape, while reducing the number of coordinate points from 917,467 to 190,009 (79.3%) of coordinate points were removed, while 20.7% were retained. In addition, the simplification reduced the GeoJSON file size, thereby decreasing the complexity of the spatial data without compromising the quality of its spatial representation.

During the spatial data warehouse optimization stage, the integration of Materialized Views and a quadtree index significantly improved query performance by reducing the average query execution time from 0.073 seconds to 0.007 seconds, decreasing the number of processed rows by more than 17,000, and reducing the query data size by approximately 150 KB. These results demonstrate that the proposed optimization model enhances system performance, accelerates multidimensional analysis, and supports faster and more accurate decision-making for village-level forest and land fire hotspot analysis.

The novelty of this study lies in two main contributions. First, unlike previous studies that commonly employ fixed thresholds, this study develops an adaptive threshold determination algorithm based on perimeter, area, and Diagonal Bounding Box (DBB) metrics for the Douglas–Peucker algorithm. Second, unlike existing studies that optimize polygon simplification or query performance independently, this study proposes an integrated Spatial Data Warehouse optimization model that combines polygon simplification, ETL, OLAP, Materialized Views, and a Quadtree Index into a unified framework for efficient village-level hotspot analysis.

This study contributes to the advancement of spatial data warehouse optimization by improving the efficiency of spatial data management, enhancing system performance, supporting multidimensional analysis, and facilitating more effective decision-making for forest and land fire monitoring and mitigation in Indonesia.

Keywords: Data Warehouse, Douglas–Peucker, Materialized View, Optimization, Quadtree Index



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

MODEL OPTIMASI SPATIAL DATA WAREHOUSE DALAM SISTEM OLAP UNTUK DATA TITIK PANAS KARHUTLA DI INDONESIA

RAHMADI WIJAYA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Doktor pada
Program Studi Doktor Ilmu Komputer

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Rina Trisminingsih, S.Kom., M.T., Ph.D.
- 2 Dr. Eng. Alfian Akbar Gozali, S.T., M.T.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Rina Trisminingsih, S.Kom., M.T., Ph.D.
- 2 Dr. Eng. Alfian Akbar Gozali, S.T., M.T.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul : Model Optimasi *Spatial Data Warehouse* dalam Sistem OLAP
untuk Data Titik Panas Karhutla di Indonesia
Nama : Rahmadi Wijaya
NIM : G6601221006

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom.

Pembimbing 2:
Irman Hermadi, S.Kom, M.S., Ph.D.

Pembimbing 3:
Dr. Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom.
NIP 197501301998022001

Dekan Sekolah Sains Data, Matematika, dan Informatika:
Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.
NIP 196607021993011001

Tanggal Ujian:
29 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak tahun 2023 sampai tahun 2025 ini adalah Model Optimasi *Spatial Data Warehouse* dalam sistem OLAP untuk Data Titik Panas Karhutla di Indonesia.

Penulis menyampaikan penghormatan dan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua tercinta, Alm. Bapak Kiagus Ahmad Abdurrohim dan Almh. Ibu Nurhasanah. Kasih sayang, doa, pengorbanan, didikan, serta nilai-nilai kehidupan yang telah beliau berdua tanamkan semasa hidup menjadi sumber inspirasi, kekuatan, dan motivasi bagi penulis dalam menempuh perjalanan akademik hingga akhirnya disertasi ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Komisi pembimbing, Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom. selaku ketua komisi pembimbing, Associate Profesor Irman Hermadi, S.Kom, M.S., Ph.D. selaku anggota komisi pembimbing dan Dr. Eng. Annisa, S.Kom., M.Kom. selaku anggota komisi pembimbing, yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingannya kepada penulis dengan penuh kesabaran.
2. Dekan Sekolah Sains Data, Matematika dan Informatika, Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom.
3. Rina Trisminingsih, S.Kom., M.T., Ph.D., dan Dr. Eng. Alfian Akbar Gozali, S.T., M.T., selaku penguji 1 dan 2 luar komisi ujian tertutup dan ujian terbuka.
4. Prof. Dr. Anang Kurnia, S.Si., M.Si., selaku pimpinan sidang ujian tertutup dan ujian terbuka.
5. Ketua Program Studi S3 Ilmu Komputer SSMI IPB, Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom., dan Sekretaris Program Studi S3 Ilmu Komputer, Dr. Hendra Rahmawan, S.Kom., M.T., beserta segenap dosen yang telah banyak memberikan ilmu dan pencerahan serta arahan selama masa perkuliahan.
6. Tenaga Kependidikan Program Studi S3 Ilmu Komputer SSMI IPB Ibu Nining Rohaniah dan Bapak/Ibu di SPS IPB yang telah banyak membantu penulis dalam masalah administrasi dan informasi.
7. Rektor Universitas Telkom Prof. Dr. Suyanto, S.T., M.Sc., Dekan Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom Prof. Dr. Dedy Rahman Wijaya, S.T., M.T., layanan SDM Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom, civitas akademika Universitas Telkom, Yayasan Pendidikan Telkom, terima kasih atas dukungan finansial, moril dan keuangan waktu selama masa studi lanjut S3.
8. Istri penulis Leni Syarifah Aeni dan anak-anak tercinta Risyia Syaira Wijaya, Rizqa Qayla Wijaya, Rezan Arsyil Wijaya yang telah memberi dukungan dan do'a secara terus-menerus untuk penulis.
9. Teman-teman angkatan 5 tahun 2022 S3 Program Studi Ilmu Komputer SSMI IPB yang telah bersama-sama berjuang menimba ilmu dan saling menyemangati selama studi.
10. Perpustakaan IPB Kampus Dramaga yang senantiasa memberikan tempat residensi dalam menyelesaikan penelitian S3.
11. Pihak lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, namun turut mendukung dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini tentunya masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Namun, penulis berharap disertasi dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Rahmadi Wijaya

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Kebaruan Penelitian	6
II TINJAUAN PUSTAKA	8
1.1 Sistem Informasi Pemantauan Kebakaran Hutan dan Lahan	8
1.1.1 Tingkat Kepercayaan <i>Hotspot</i>	8
1.2 Data Spasial	8
1.2.1 Data Vektor	9
1.3 Pemrosesan Data Spasial	10
1.3.1 <i>Overlay</i>	10
1.3.2 <i>Spatial Join</i>	11
1.3.3 PostGreSQL dan PostGIS	12
1.4 <i>Data warehouse</i>	12
1.4.1 <i>Spatial Data Warehouse</i>	13
1.4.2 <i>Extract Transform Load</i>	14
1.4.3 Aplikasi <i>Extract Transform Load</i> (ETL)	14
1.4.4 <i>Online Analytical Processing</i>	16
1.4.5 Sistem OLAP	18
1.5 <i>Spatial Online Analytical Processing</i> (SOLAP) <i>Hotspot</i>	20
1.6 Optimasi <i>Query</i>	20
1.6.1 <i>Materialized View</i>	21
1.6.2 <i>Refresh</i> pada <i>Materialized View</i>	21
1.6.3 Mode <i>Refresh</i>	21
1.6.4 Sintaks <i>Materialized View</i>	22
1.6.5 Jenis <i>Materialized View</i>	22
1.7 <i>Spatial Index</i>	23
1.7.1 R-tree	24
1.7.2 <i>Quadtree</i>	24
1.7.3 KD-tree (<i>Extention Dimensional-tree</i>)	26
1.8 Algoritma Penyederhanaan Poligon	27
1.8.1 Algoritma Ramer Douglas-Peucker	28
1.8.2 Algoritma Visvalingam-Whyatt	29
III METODE PENELITIAN	32
3.1 Tahapan Penelitian	32
3.2 Pengumpulan data	33
3.3 Penentuan <i>threshold</i> menggunakan metrik <i>perimeter, area, diagonal bounding box</i>	36

3.4	Penyederhanaan/Simplifikasi poligon	38
3.4.1	Evaluasi Penyederhanaan Poligon	41
3.5	Perancangan data <i>warehouse</i>	50
3.5.1	Pengujian <i>Data Warehouse</i>	57
3.6	Optimasi <i>Query</i> menggunakan <i>MV</i> dan <i>Quadtree Index</i>	61
3.6.1	Pembuatan Struktur <i>Materialized View</i> (MV)	62
3.6.2	Pembuatan Struktur <i>Quadtree Index</i>	62
3.7	Analisis Statistik Pengujian	72
3.8	Analisis Signifikansi Statistik	73
3.9	Validasi Model Optimasi Terpadu	73
3.10	Lingkungan pengembangan	73
IV	SIMPLIFIKASI POLIGON BERBASIS METRIK <i>PERIMETER</i> , <i>AREA</i> , DAN <i>DIAGONAL BOUNDING BOX</i>	75
4.1	Hasil Penyederhanaan Poligon Desa	75
4.1.1	Jumlah koordinat dan ukuran file GeoJSON sebelum dan sesudah penyederhanaan	75
4.1.2	Jumlah <i>hotspot</i> sebelum dan sesudah penyederhanaan	77
4.2	Analisis hasil simplifikasi poligon	79
V	PERANCANGAN <i>DATA WAREHOUSE</i> DAN OLAP	82
5.1	Hasil Perancangan <i>Data Warehouse</i> dan OLAP	82
5.2	Hasil Implementasi <i>Extract Transform Load</i> (ETL)	83
5.3	Hasil Pengujian <i>Data Warehouse</i>	86
5.3.1	Hasil Pengujian Fungsional <i>Data Warehouse</i> (DW)	87
5.3.2	Pengujian Struktur Geometri dan Integritas <i>Data Warehouse</i>	88
5.4	Analisis hasil perancangan <i>data warehouse</i> dan OLAP	91
VI	OPTIMASI <i>QUERY</i> MENGGUNAKAN <i>MATERIALIZED VIEW</i>	93
6.1	Hasil Optimasi <i>Query</i>	93
6.1.1	Implementasi penggunaan <i>Materialized View</i> (MV)	93
6.1.2	Implementasi penggunaan <i>Quadtree Index</i> (<i>quadkey</i>)	97
6.2	Hasil analisis statistik hasil pengujian	100
6.3	Analisis Optimasi <i>Query</i> Menggunakan <i>MV</i> dan <i>Quadtree Index</i>	102
6.4	Generalisasi model	103
VII	SIMPULAN DAN SARAN	104
7.1	Simpulan	104
7.2	Saran	106
	DAFTAR PUSTAKA	107
	LAMPIRAN	115
	RIWAYAT HIDUP	193



DAFTAR TABEL

1.1	Ringkasan kesenjangan penelitian (<i>research gap</i>)	3
2.1	Klasifikasi tingkat kepercayaan titik panas	8
3.1	Atribut <i>hotspot</i>	34
3.2	Atribut administrasi desa (BPS 2023)	35
3.3	<i>Library</i> yang digunakan di <i>tools</i> Phyton	39
3.4	Tabel fakta <i>hotspot</i>	52
3.5	Tabel dim_lokasi	52
3.6	Tabel dim_waktu	52
3.7	Tabel dim_confidence	52
3.8	Tabel dim_satelit	52
3.9	Pembagian Kuadran provinsi Sumatera Selatan	64
3.10	Empat kuadran berdasarkan <i>lonmid</i> dan <i>latmid</i>	66
3.11	Ilustrasi urutan pembagian kode <i>quadkey</i> '13'	67
3.12	Perbandingan ukuran dan estimasi jumlah kuadran per desa	69
4.1	Hasil penyederhanaan poligon desa	75
4.2	Perbandingan jumlah koordinat dan ukuran <i>file</i> GeoJSON desa	75
4.3	Perbandingan jumlah <i>hotspot</i> penyederhanaan poligon desa	78
5.1	Hasil <i>extract</i> atribut <i>acq_date</i> dan <i>acq_time</i>	84
5.2	Atribut tabel <i>hotspot</i> sesuai hasil proses <i>extract</i>	84
5.3	Atribut tabel hasil <i>spasial join</i>	85
5.4	Hasil pengujian fungsional <i>data warehouse</i>	87
5.5	Hasil pengujian struktur geometri <i>data warehouse</i>	89
5.6	Hasil pengujian struktur integritas <i>data warehouse</i>	90
6.1	Perbandingan <i>query</i> tanpa dan dengan MV	94
6.2	Perbandingan <i>query</i> tanpa dan dengan <i>quadkey</i>	97

DAFTAR GAMBAR

2.1	Data vektor <i>point</i> , <i>line</i> dan <i>polygon</i>	9
2.2	<i>Overlay</i> titik dalam poligon (diakses dari	10
2.3	<i>Overlay</i> garis dalam poligon (diakses dari	10
2.4	<i>Overlay</i> poligon dalam poligon (diakses dari	11
2.5	Arsitektur <i>data warehouse</i> (Mousa 2014)	13
2.6	OLAP <i>process</i> (Kovacic <i>et al.</i> 2022)	17
2.7	Posisi GIS dan OLAP dalam kaitannya dengan tiga sumbu	19
2.8	SOLAP dan <i>J-pivot</i> yang menampilkan titik panas	20
2.9	<i>Minimum Bounding Rectangles of 2D objects (a) and 3D objects (b)</i>	23
2.0	Struktur <i>R-tree</i> dan variannya (Wang 2019)	24
2.11	Representasi <i>quadtree</i> (Park 2019)	25
2.12	Contoh pembangkitan <i>quadtree</i> secara acak peta poligon	26
2.13	Representasi <i>KD-tree</i> (Liu 2021)	27
2.14	Ilustrasi algoritma Douglas-Peucker (Tang 2021)	28
2.15	Algoritma Douglas-Peucker (Barillot <i>et al.</i> (2001))	29
2.16	Ilustrasi algoritma Visvalingam-Whyatt (Shi dan Cheung 2006)	30
2.17	Algoritma Visvalingam-Whyatt (Visvalingam 2016)	31
3.1	Tahapan penelitian	32
3.2	Pengambilan data <i>hotspot</i> provinsi Sumatera Selatan	33
3.3	Data <i>hotspot</i> seluruh desa di provinsi Sumatera Selatan	33
3.4	Data batas administrasi desa di provinsi Sumatera Selatan	35
3.5	<i>Workflow</i> penentuan <i>threshold</i>	38
3.6	<i>Workflow</i> pembuatan algoritma simplifikasi poligon	40
3.7	<i>Workflow</i> menghitung jumlah koordinat poligon	44
3.8	<i>Workflow</i> konversi <i>shapefile</i> ke GeoJSON	46
3.9	<i>Workflow</i> menghitung jumlah <i>hotspot</i>	50
3.10	Rancangan skema <i>data warehouse</i>	53
3.11	<i>Workflow</i> perancangan ETL <i>spatial data warehouse</i>	54
3.12	<i>Workflow</i> integrasi data PostgreSQL ke tabel di ClickHouse	55
3.13	<i>Workflow</i> pengujian fungsional <i>data warehouse</i>	58
3.14	<i>Workflow</i> pengujian struktur geometri <i>data warehouse</i>	60
3.15	<i>Workflow</i> pengujian integritas struktur <i>data warehouse</i>	61
3.16	Tahapan pembuatan <i>Materialized View (MV)</i>	62
3.17	Pembagian wilayah	63
3.18	Tahapan pembuatan struktur <i>quadtree index</i>	64
3.19	Pembagian kuadran Q1, Q2, Q3, Q4	66
3.20	Ilustrasi pembagian kuadran <i>quadkey</i> '13'	67
3.21	<i>Workflow</i> pembentukan level kuadran	70
3.22	<i>Workflow</i> pembentukan dan pemanfaatan indeks <i>quadkey</i>	71
4.1	Perbandingan jumlah koordinat poligon desa berdasarkan	76
4.2	Perbandingan ukuran file GeoJSON berdasarkan	76
4.3	Perbandingan jumlah <i>hotspot</i> berdasarkan	78
5.1	Skema <i>data warehouse</i>	82
5.2	<i>Entity Relationship (ERD)</i> fakta <i>hotspot</i> dengan tabel dimensi	85
5.3	Tampilan <i>hotspot</i> per desa berdasarkan bulan	88
6.1	Perbandingan <i>query</i> waktu eksekusi	96

6.2	Perbandingan <i>query</i> jumlah data yang dibaca (<i>rows</i>)	96
6.3	Perbandingan ukuran data yang dibaca (KB)	97
6.4	Perbandingan <i>query</i> waktu eksekusi (<i>elapsed time</i>)	99
6.5	Perbandingan <i>query</i> jumlah baris yang dibaca (<i>rows</i>)	99
6.6	Perbandingan ukuran data yang dibaca (KB)	100



DAFTAR LAMPIRAN

1	<i>Workflow</i> detil perhitungan metrik <i>perimeter</i> , <i>area</i> , dan <i>diagonal bounding box</i>	116
2	<i>Workflow</i> detil penentuan nilai <i>threshold</i>	119
3	Contoh bentuk poligon menggunakan titik koordinat	120
4	<i>Workflow</i> detail penyederhanaan poligon desa	122
5	<i>Workflow</i> detil menghitung jumlah koordinat poligon sebelum dan sesudah disederhanakan	123
6	<i>Workflow</i> detil konversi <i>shapefile</i> ke GeoJSON dan perhitungan ukuran file	124
7	<i>Workflow</i> detil perhitungan jumlah <i>hotspot</i>	125
8	<i>Workflow</i> detil perancangan <i>Extract Transform Load (ETL)</i>	126
9	<i>Workflow</i> detil pengujian fungsional <i>data warehouse</i>	130
10	<i>Workflow</i> detil pengujian struktur geometri pada <i>data warehouse</i>	131
11	<i>Workflow</i> detil pengujian struktur integritas <i>data warehouse</i>	132
12	<i>Workflow</i> detil pembuatan struktur <i>materialized view</i>	133
13	<i>Workflow</i> detil pembentukan struktur <i>quadtree index</i>	134
14	Visualisasi perbandingan ukuran dan luas level kuadran	135
15	Visualisasi peta posisi nilai <i>quadkey</i> level 16	137
16	Tabel pembentukan <i>quadkey</i> level	138
17	Tabel pemanfaatan indeks <i>quadkey</i> pada tabel fakta <i>_hotspot</i> dan dimensi lokasi	140
18	Hasil penyederhanaan poligon desa	141
19	Pengujian <i>data warehouse</i>	150
20	<i>Query</i> kebutuhan jumlah <i>hotspot</i> tanpa dan dengan menggunakan <i>materialized view</i>	163
21	<i>Query</i> kebutuhan jumlah <i>hotspot</i> tanpa dan dengan menggunakan <i>quadtree index</i>	180
22	Integrasi penggunaan <i>Materialized View</i> dan <i>Quadtree Index</i> untuk kebutuhan jumlah <i>hotspot</i>	187

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.