



Evaluasi Model Data Spasial Topologi Dan Non-Topologi (*Spaghetti*) Dalam Pemeliharaan Kualitas Data Batas Wilayah Administrasi

(Evaluation Of Topological And Non-Topological (Spaghetti) Spatial Data Models In Maintaining Administrative Boundary Data Quality)

Ririn Threesiana, Deni Suwardhi

Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

Penulis Korespondensi: Ririn Threesiana | **Email:** ririn.threesiana@gmail.com

Diterima (*Received*): 07/Jan/2026 Direvisi (*Revised*): 09/May/2026 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 11/May/2026

ABSTRAK

Batas wilayah merupakan informasi geospasial dasar yang berperan sebagai data rujukan nasional dalam mendukung perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya, serta integrasi data geospasial lintas sektor. Pengelolaan batas wilayah yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan dan tingkat administrasi menuntut mekanisme penyimpanan dan pengelolaan data yang mampu menjaga konsistensi geometri antar tingkat administrasi dan mendukung efisiensi pemutakhiran secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model data topologi dan model data spaghetti dalam pengelolaan batas wilayah administrasi, dengan fokus pada efisiensi alur kerja dan dukungannya terhadap tata kelola data yang berorientasi dalam pemeliharaan kualitas data. Penelitian dilakukan melalui implementasi model data topologi pada basis data spasial PostgreSQL/PostGIS menggunakan tipe data TopoGeometry. Evaluasi dilakukan melalui beberapa skenario pengujian yang mencakup evaluasi kinerja operasional model data, pengaruh nilai toleransi terhadap kualitas geometri, serta kebutuhan kapasitas penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model data topologi hierarki memiliki kinerja yang lebih unggul pada sebagian besar operasi pengelolaan batas wilayah, khususnya pada proses pemutakhiran batas bersama yang melibatkan berbagai tingkat administrasi. Pemanfaatan kueri relasional berbasis topologi terbukti efektif dalam mendukung integrasi data garis batas, termasuk automasi segmentasi batas, pengisian atribut wilayah berbatasan, dan klasifikasi segmen batas. Model data topologi dapat direkomendasikan sebagai model utama dalam pengelolaan batas wilayah nasional karena kemampuannya dalam menjaga konsistensi geometri dan relasi hierarkis secara terstruktur, meningkatkan efisiensi alur kerja pemutakhiran, serta mendukung integrasi data lintas tingkat administrasi secara berkelanjutan.

Kata Kunci: batas wilayah administrasi, model data spasial, topologi hierarki, model spaghetti, TopoGeometry, kualitas data spasial

ABSTRACT

Administrative boundaries are fundamental geospatial information elements that serve as national spatial reference data for spatial planning, resource management, and cross-sectoral geospatial data integration. The management of administrative boundaries involving multiple stakeholders and administrative levels requires data storage and management mechanisms that are capable of maintaining geometric consistency across administrative levels and supporting efficient, sustainable update processes. This study evaluates the performance of topological and non-topological (spaghetti) data models in administrative boundary management, with a particular focus on workflow efficiency and their support for data governance aimed at maintaining data quality. The research was conducted through the implementation of a topological data model in a PostgreSQL/PostGIS spatial database using the TopoGeometry data type. The evaluation employed several testing scenarios, including assessments of operational performance, the effects of tolerance values on geometric quality, and storage capacity requirements. The results indicate that the hierarchical topological data model outperforms the spaghetti data model in most administrative boundary management operations, particularly in boundary update processes involving shared boundaries across multiple administrative levels. The use of topology-based relational queries was also shown to be effective in supporting boundary data integration, including automated boundary segmentation, attribute assignment for adjacent administrative units, and boundary segment classification. The topological data model can be recommended as the primary model for national administrative boundary management due to its ability to maintain geometric consistency and hierarchical relationships in a structured manner, improve the efficiency of update workflows, and support sustainable data integration across administrative levels.

Keywords: administrative boundaries, spatial data model, hierarchical topology, spaghetti model, TopoGeometry, spatial data quality

© Author(s) 2026. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

1. Pendahuluan

Batas wilayah merupakan salah satu unsur dalam informasi geospasial dasar yang berperan strategis sebagai referensi spasial dalam perencanaan dan pembangunan wilayah, pengelolaan sumber daya alam, pengembangan infrastruktur, penanganan bencana, serta penyusunan dan integrasi berbagai informasi geospasial tematik (Abidin dkk., 2021; Republik Indonesia, 2011). Dalam perannya sebagai data rujukan nasional, batas wilayah mendukung keterpaduan dan interoperabilitas data geospasial lintas sektor, sehingga kualitas data menjadi hal yang krusial. Inkonsistensi pada data batas wilayah berpotensi menimbulkan ketidaksinkronan antar data sektoral, perbedaan luas wilayah, hingga permasalahan administratif dan hukum (Kurniawan & Kurniawan, 2023; Nurwadjadi, 2020). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kualitas data batas wilayah tidak hanya berdampak pada aspek teknis pemetaan, namun berimplikasi langsung pada tata kelola data dan pengambilan keputusan di tingkat daerah dan nasional (Adaviruku, 2025; Barai dkk., 2025; Eagleson, 2003). Untuk itu, penyimpanan dan pengelolaan data batas wilayah yang akurat, konsisten, dan efisien menjadi aspek krusial dalam menjamin kualitas informasi geospasial secara keseluruhan (BSN, 2015; Longley dkk., 2015).

Dalam konteks tata kelola data nasional, kebijakan Satu Data Indonesia (SDI) menekankan pentingnya penyediaan data pemerintah yang berkualitas, mudah diakses, dan dapat dibagipakaikan secara konsisten antar instansi pusat dan daerah. Kerangka ini menuntut pengelolaan data geospasial yang mampu menjamin keseragaman referensi spasial serta meminimalkan inkonsistensi antar data sektoral. Kebutuhan tersebut sejalan dengan prinsip-prinsip standar internasional, seperti ISO 19157, yang menekankan pentingnya kualitas data spasial yang meliputi akurasi posisi, konsistensi logis, serta kelengkapan. Elemen konsistensi logis, khususnya konsistensi topologi, merupakan salah satu parameter krusial dalam mengevaluasi kualitas data batas wilayah dalam peta dasar (Riqqi dkk., 2018).

Pengelolaan batas wilayah secara nasional melibatkan berbagai pemangku kepentingan, yang menyediakan dan mengelola data batas wilayah dengan cakupan dan tingkat administrasi berbeda. Kementerian Dalam Negeri berperan sebagai walidata batas daerah yang menghimpun dan mengelola data batas provinsi dan kabupaten/kota yang telah ditegaskan, Pemerintah Daerah menyediakan data batas desa/kelurahan yang telah ditegaskan, dan Badan Informasi Geospasial (BIG) menyediakan batas wilayah sebagai bagian dari peta dasar (BIG, 2025; Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, 2011). Dalam penyediaan batas wilayah sebagai bagian dari peta dasar tersebut, data batas yang bersumber dari berbagai pemangku kepentingan perlu dikompilasi dan diintegrasikan untuk membentuk representasi wilayah administrasi yang utuh dan konsisten pada berbagai

tingkat administrasi (Republik Indonesia, 2021). Hal ini menuntut mekanisme pengelolaan data yang mampu menjaga konsistensi spasial dan relasi antar tingkat administrasi dalam proses integrasi data.

Pengelolaan data batas wilayah saat ini umumnya masih menggunakan model data non-topologi (*spaghetti*) karena memiliki kesederhanaan struktur, kemudahan dalam pembuatan dan pengeditan, efisiensi dalam visualisasi, serta dukungan berbagai perangkat lunak SIG (Egenhofer & Herring, 1991; Longley dkk., 2015; Sabi'u dkk., 2015; Theobald, 2001a). Seiring dengan dinamika administrasi, penegakan, dan pendetailan batas, batas wilayah sebagai data dasar juga perlu dimutakhirkan secara berkelanjutan. Pemutakhiran batas wilayah pada suatu tingkat administrasi tidak hanya berdampak pada perubahan geometri secara lokal, namun juga berdampak pada perubahan segmentasi garis batas serta penyesuaian geometri wilayah administrasi pada tingkat hierarki lainnya. Akan tetapi, penggunaan model data *spaghetti* menimbulkan tantangan dalam pengelolaan batas wilayah karena keterbatasannya dalam merepresentasikan dan mengelola relasi spasial secara eksplisit, sehingga unsur-unsur batas disimpan secara independen. Kondisi tersebut menjadikan proses pemutakhiran data dan integrasi garis batas antar tingkat administrasi menjadi lebih kompleks serta meningkatkan risiko inkonsistensi geometris dan topologi apabila tidak dikelola secara terintegrasi (Burrough dkk., 1998; Longley dkk., 2015).

Untuk mengatasi keterbatasan model data *spaghetti* dalam menjaga kualitas spasial, berkembang pendekatan topologi berbasis aturan (*rule-based topology*) yang menerapkan seperangkat aturan untuk memvalidasi hubungan spasial antar fitur. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan kualitas data melalui proses pemeriksaan dan validasi geometris tanpa mengubah struktur penyimpanan data secara fundamental. Namun demikian, dalam pendekatan ini relasi topologi antar unsur tidak disimpan secara eksplisit di dalam basis data (Baars dkk., 2004; Martinez-Llario dkk., 2017). Akibatnya konsistensi geometri masih sangat bergantung pada proses pengelolaan dan pemeliharaan data pasca editing. Keterbatasan ini menjadi semakin signifikan dalam pengelolaan batas wilayah yang bersifat hierarkis dan multi-level, dimana perubahan pada satu tingkat administrasi berpotensi mempengaruhi konsistensi geometri pada tingkat lainnya.

Selain model penyimpanan *spaghetti*, terdapat model penyimpanan data vektor lainnya yaitu model data topologi. Berbagai literatur klasik menunjukkan bahwa model ini memiliki banyak keunggulan dalam menjaga integritas data spasial. Goodchild (1992) bahkan menyebut pendekatan ini sebagai terobosan intelektual dalam representasi data spasial karena efisiensi dan kekuatan analisis yang ditawarkan. Berbeda dengan model *spaghetti*, model data topologi menyimpan hubungan spasial antar fitur secara eksplisit, sehingga mampu menjaga integritas geometris, mencegah duplikasi garis batas, tumpang tindih, celah

antar poligon, serta memastikan keterhubungan antar fitur garis (Longley dkk., 2015; Sabi'u dkk., 2015; Theobald, 2001a; Van Oosterom dkk., 2002; Zlatanova dkk., 2003). Keunggulan ini menjadikan model topologi bertahan selama beberapa dekade dalam pengelolaan data spasial (Yeung & Hall, 2007), termasuk dalam pengembangan produk Rupabumi Indonesia (RBI) digital pertama di Indonesia pada tahun 1999 (Rais, 2009).

Secara konseptual, data batas wilayah direpresentasikan melalui primitif geometri titik, garis, dan area yang saling berelasi. Titik batas sebagai penanda garis batas, sedangkan garis batas membangun wilayah administrasi dalam bentuk poligon (BIG, 2019; Kemendagri, 2016; Kemendagri, 2017). Keterkaitan antar unsur juga bersifat hierarkis, karena wilayah pada tingkat administrasi yang lebih tinggi dibentuk dari agregasi wilayah pada tingkat di bawahnya (Republik Indonesia, 2014). Berdasarkan struktur datanya tersebut, karakteristik batas wilayah lebih sesuai dengan penyimpanan model topologi yang mampu mempertahankan relasi antar unsur secara konsisten.

Pemilihan model data tidak dapat hanya didasarkan pada aspek kemudahan implementasi, melainkan perlu mempertimbangkan karakteristik unsur dan kebutuhan pengelolaan (Theobald, 2001b). Dalam literatur terdahulu, model topologi sering dikaitkan dengan kompleksitasnya yang lebih tinggi dalam pembaruan data, karena perubahan geometri dapat memengaruhi relasi topologi di sekitarnya, sehingga memerlukan pembaruan topologi atau bahkan pembangunan ulang struktur topologi (Martinez-Llario dkk., 2017). Namun seiring dengan berkembangnya teknologi basis data spasial, hal tersebut perlu ditinjau kembali dalam konteks implementasi saat ini. Dalam ISO 19107, hubungan antara geometri dan topologi didefinisikan melalui realization, dimana struktur topologi direalisasikan di atas representasi geometri. Konsep ini diimplementasikan dalam basis data spasial modern melalui tipe data *TopoGeometry*, yang memungkinkan penyimpanan relasi topologi secara eksplisit tanpa menghilangkan representasi geometrinya serta mendukung penyimpanan topologi hierarki (Obe & Hsu, 2021).

Karakteristik data batas wilayah yang menuntut kualitas data dan pemeliharaan relasi hierarki antar unsur menjadikan pemilihan model data sebagai aspek penting dalam mendukung tata kelola batas wilayah yang efisien. Dalam pengelolaan data batas wilayah nasional yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, integrasi lintas tingkat administrasi, serta proses pemutakhiran, dan pemeliharaan secara berkelanjutan, diperlukan mekanisme penyimpanan data yang tidak hanya mendukung representasi geometri, tetapi juga mampu memelihara relasi spasial dan hierarkis secara konsisten. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi komprehensif untuk menentukan relevansi dan kinerja model data topologi, khususnya topologi hierarki, dibandingkan dengan model *spaghetti* dalam mendukung pengelolaan, yang mencakup proses

integrasi dan pemutakhiran batas wilayah dalam basis data geospasial nasional. Meskipun perbandingan antara model data topologi dan *spaghetti* telah banyak dibahas dalam literatur, kajian terkait evaluasi implementasi dan efisiensi alur kerja kedua model dalam konteks pengelolaan batas wilayah nasional masih relatif terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan model data topologi dan *spaghetti* dalam pengelolaan batas wilayah nasional, khususnya dalam pemeliharaan kualitas data. Evaluasi ini mencakup analisis keunggulan, keterbatasan, dan dampak praktis dari masing-masing model terhadap kualitas geometri, integritas topologi, serta efisiensi alur kerja pengelolaan dan pemutakhiran data dalam mendukung pemeliharaan kualitas data. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan teknis dan konseptual dalam pemilihan model data yang lebih sesuai untuk pengelolaan data batas wilayah yang berkualitas secara nasional dan berkelanjutan.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini menggunakan dataset batas wilayah administrasi yang mencakup fitur garis batas wilayah desa, garis batas wilayah kabupaten/kota, poligon wilayah administrasi desa dan kabupaten, serta data garis pantai. Data tersebut berupa data vektor edisi tahun 2025 yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial. Adapun, wilayah studi dalam penelitian ini meliputi wilayah administrasi di Provinsi Jawa Barat.

2.2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif berbasis eksperimen untuk mengevaluasi penggunaan model data spasial topologi dan *spaghetti* dalam pengelolaan batas wilayah administrasi. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi pembangunan model data, pengujian kinerja operasional, pengujian kualitas geometri, serta evaluasi kualitas dan kapasitas penyimpanan data. Hasil pengujian seluruh skenario akan dianalisis secara komparatif untuk menilai keunggulan, keterbatasan, dampak penggunaan masing-masing model data terhadap pemeliharaan kualitas data, serta implikasi praktis dari kedua model data dalam pengelolaan batas wilayah administrasi.

2.2.1 Pembangunan Model Data

Model data batas wilayah dibangun dalam dua skema, yaitu model data topologi dan model data *spaghetti*, pada lingkungan basis data spasial PostgreSQL/PostGIS. Model data topologi diimplementasikan menggunakan tipe data *TopoGeometry* dengan pendekatan topologi hierarki yang memanfaatkan relasi antara *node*, *edge*, dan *face*. Sementara itu, model data *spaghetti* diimplementasikan

menggunakan tipe data *geometry* tanpa menyimpan relasi topologi.

Selain pada PostgreSQL/PostGIS, data batas wilayah juga disimpan pada lingkungan ArcGIS Geodatabase sebagai pembanding dalam evaluasi kapasitas penyimpanan. ArcGIS Geodatabase dipilih karena merupakan salah satu lingkungan basis data spasial yang umum digunakan dalam pengelolaan data geospasial.

Pada tahap ini dilakukan perancangan skema konseptual dan pembangunan struktur tabel batas wilayah administrasi. Struktur atribut yang digunakan mengacu pada standar Katalog Unsur Geografi Indonesia, dengan penyederhanaan pada beberapa atribut yang dinilai tidak berpengaruh signifikan terhadap proses pengujian maupun kinerja model data.

2.2.2 Pengujian Kinerja Operasional

Pengujian kinerja operasional model data dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi pengelolaan data pada model topologi dan *spaghetti*. Pengujian dilakukan melalui beberapa skenario operasional yang merepresentasikan aktivitas pengelolaan data batas wilayah, meliputi CRUD (*Create, Read, Update, Delete*), serta operasi yang berkaitan dengan dinamika batas wilayah berupa pemekaran dan penggabungan wilayah administrasi.

Parameter evaluasi meliputi waktu eksekusi dan jumlah tabel yang mengalami modifikasi geometri pada setiap skenario. Pengukuran waktu eksekusi dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi proses pengelolaan data, sedangkan jumlah tabel yang dimodifikasi digunakan untuk mengevaluasi kompleksitas pemutakhiran geometri pada masing-masing model data.

2.2.3 Pengujian Pengaruh Toleransi Topologi

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi toleransi terhadap perubahan geometri batas wilayah dan jumlah kesalahan topologi atau poligon *sliver* yang terkoreksi. Pada pengujian ini, terdapat 2 (dua) jenis nilai toleransi yang digunakan yaitu 0.0000005° (± 5 cm) dan 0.0000001° (± 1 cm).

Evaluasi perubahan geometri dilakukan dengan membandingkan geometri hasil pembangunan model topologi terhadap geometri awal. Pemeriksaan dilakukan secara visual dan kuantitatif. Pemeriksaan kuantitatif dilakukan dengan membandingkan nilai luas dan keliling setiap wilayah desa untuk mengidentifikasi besaran perubahan geometri yang terjadi.

2.2.4 Evaluasi Kapasitas Penyimpanan Data

Evaluasi kebutuhan kapasitas penyimpanan bertujuan untuk membandingkan efisiensi penyimpanan antara model data topologi dan non-topologi. Pengujian dilakukan

dengan membandingkan ukuran basis data hasil implementasi pada PostgreSQL/PostGIS dan ArcGIS Geodatabase.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembangunan Model Data

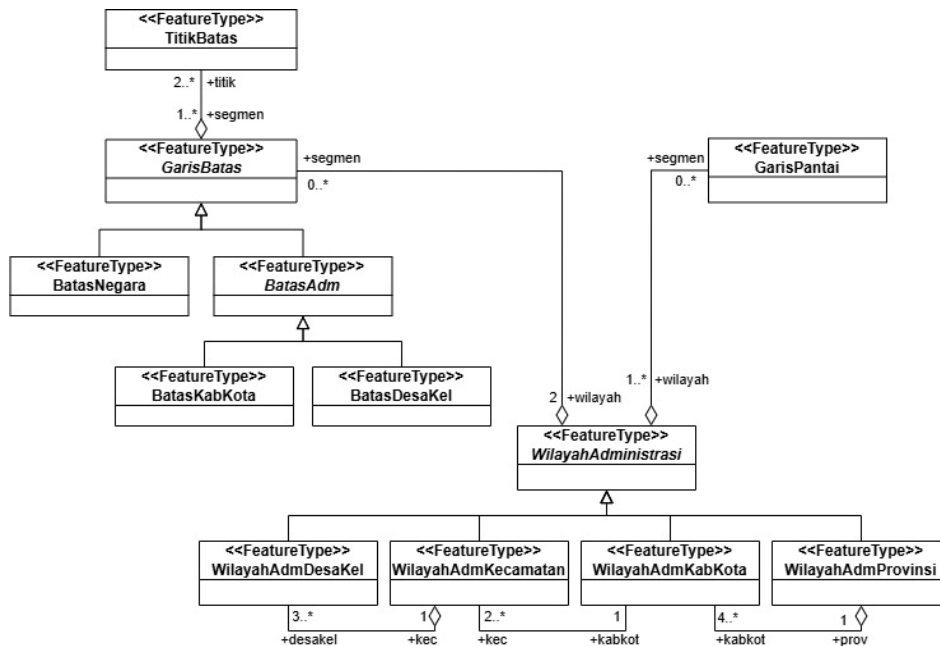
Pembangunan model data didasarkan pada skema konseptual batas wilayah administrasi yang disintesis berdasarkan peraturan perundang-undangan terkait batas wilayah (Gambar 1).

Implementasi batas wilayah pada model data *spaghetti* direalisasikan dalam bentuk tabel-tabel unsur yang menyimpan geometri dan atribut yang dikelola secara terpisah. Setiap tabel merepresentasikan satu jenis unsur batas wilayah, antara lain garis batas kabupaten, garis batas desa, wilayah administrasi desa, wilayah administrasi kecamatan, wilayah administrasi kabupaten, wilayah administrasi provinsi, dan titik batas wilayah (**Error! Reference source not found.**).

Sementara itu, implementasi batas wilayah dalam model data topologi terdiri dari tabel-tabel unsur batas wilayah yang menyimpan geometri topologi (*TopoGeometry*) dan atribut, serta tabel primitif topologi yang berisikan tabel *node*, *edge*, *face*, dan tabel relasi (Tabel 2). Pada model data topologi ini, diterapkan topologi hierarki untuk unsur wilayah administrasi, mulai dari wilayah administrasi desa hingga provinsi. Setiap unsur wilayah pada tingkat administrasi yang lebih rendah berperan sebagai *child* yang secara topologis membentuk unsur wilayah pada tingkat di atasnya sebagai *parent* melalui mekanisme agregasi berbasis relasi topologi. Dengan struktur ini, perubahan geometri pada wilayah administrasi tingkat yang lebih rendah secara konsisten direfleksikan pada wilayah administrasi tingkat atas tanpa memerlukan rekonstruksi geometri secara terpisah. Ilustrasi topologi hierarki wilayah administrasi ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Tabel hasil implementasi model data non-topologi

No	Jenis Tabel	Nama Tabel	Keterangan
1	Unsur	adminln_kab	Batas kabupaten
2	Unsur	adminln_desa	Batas desa
3	Unsur	garpan	Garis pantai
4	Unsur	adminar_desa	Wilayah administrasi desa
5	Unsur	adminar_kec	Wilayah administrasi kecamatan
7	Unsur	adminar_kab	Wilayah administrasi kabupaten
8	Unsur	adminar_prov	Wilayah administrasi provinsi
9	Unsur	titikbatasadm	Titik batas wilayah



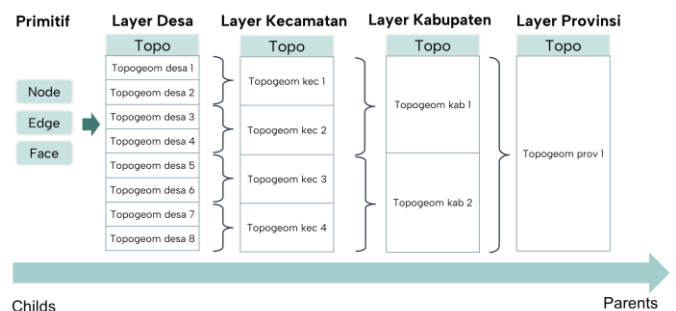
Gambar 1 Skema konseptual batas wilayah administrasi

Tabel 2. Tabel hasil implementasi model data topologi

No	Jenis Tabel	Nama Tabel	Keterangan
1	Unsur	adminln_kab_topo	Batas kabupaten
2	Unsur	adminln_desa_topo	Batas desa
3	Unsur	garpan_topo	Garis pantai
4	Unsur	adminar_desa_topo	Wilayah administrasi desa hasil pembentukan <i>face</i>
5	Unsur	adminar_kec_topo	Wilayah administrasi kecamatan (agregasi TopoGeometry desa)
6	Unsur	adminar_kab_topo	Wilayah administrasi kabupaten (agregasi TopoGeometry kecamatan)
7	Unsur	adminar_prov_topo	Wilayah administrasi provinsi (agregasi TopoGeometry kabupaten)
8	Unsur	titikbatasadm_topo	Titik batas wilayah
9	Primitif topologi	<i>node</i>	Simpul topologi
10	Primitif topologi	<i>edge</i>	Sisi/garis topologi
11	Primitif topologi	<i>face</i>	Area hasil pembentukan topologi
12	Primitif topologi	<i>relation</i>	Relasi antara objek dan elemen topologi

Dari hasil pembangunan model data ini, dilakukan pengujian untuk memastikan konsistensi unsur pada setiap tingkat administrasi dengan membandingkan hasil agregasi luas wilayah administrasi pada tingkat yang lebih rendah terhadap luas wilayah pada tingkat administrasi di atasnya. Perhitungan luas dilakukan pada sistem proyeksi

Cylindrical Equal Area. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tingkat administrasi desa dan kecamatan tidak terdapat selisih antara hasil agregasi luas wilayah desa dan luas wilayah kecamatan. Hasil yang sama juga diperoleh untuk tingkat administrasi kabupaten dan provinsi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dinilai bahwa pembangunan data dengan model topologi hierarki dapat menjaga konsistensi antar unsur wilayah yang ditunjukkan dengan kesuaian luas wilayah antar tingkat administrasi. Konsistensi ini dicapai karena seluruh wilayah administrasi di setiap tingkatnya dibangun dari elemen batas yang sama.

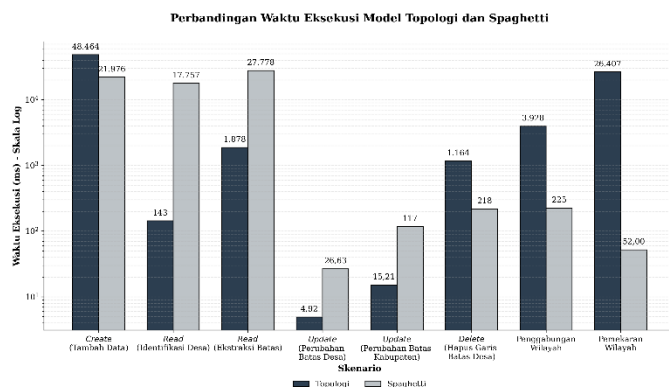


Gambar 2 Ilustrasi topologi hierarki wilayah adminisitrasi

3.2. Perbandingan Kinerja Operasional Model Data

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model data topologi dan *spaghetti* memiliki perbedaan kinerja pada setiap skenario pengujian. Berdasarkan Gambar 3, model data topologi memerlukan waktu eksekusi lebih tinggi pada operasi *Create*, *Delete*, penggabungan wilayah, dan pemekaran wilayah. Operasi-operasi tersebut melibatkan

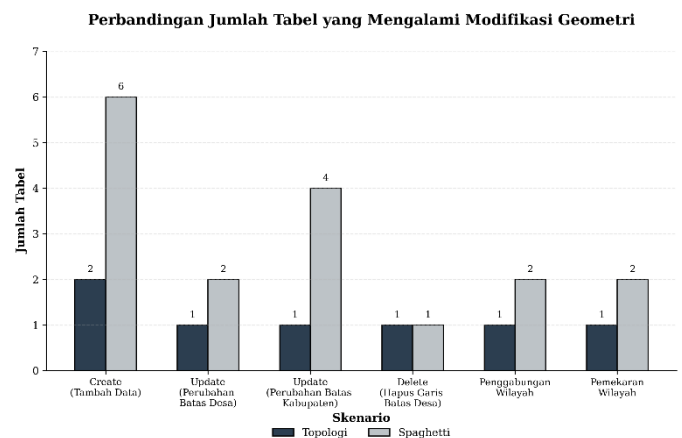
pembentukan serta pemeliharaan relasi topologi yang terintegrasi sehingga memerlukan proses tambahan dalam pengelolaan struktur datanya. Sebaliknya, pada operasi *Read* dan *Update*, model data *spaghetti* memerlukan waktu eksekusi yang lebih tinggi dibandingkan model data topologi. Kondisi ini menunjukkan bahwa model data topologi lebih efisien dalam proses analisis yang membutuhkan relasi spasial, khususnya pada identifikasi desa dan ekstraksi garis batas terintegrasi, karena keterhubungan antar wilayah telah tersimpan secara eksplisit dalam struktur data. Selain itu, pada operasi *Update*, model data topologi dapat lebih efisien terutama pada operasi pemutakhiran batas bersama yang digunakan oleh lebih dari satu unit wilayah pada tingkat administrasi yang berbeda. Perubahan geometri cukup dilakukan pada elemen batas berupa garis yang disimpan secara terpusat, sehingga perubahan tersebut secara otomatis direfleksikan pada wilayah administrasi yang berbagi batas. Sebaliknya, pada model data non-topologi, pemutakhiran batas mengharuskan rekonstruksi geometri pada setiap unsur wilayah yang terdampak, sehingga alur kerja menjadi lebih kompleks.



Gambar 3 Perbandingan waktu eksekusi model topologi dan *spaghetti* pada berbagai skenario operasi data.

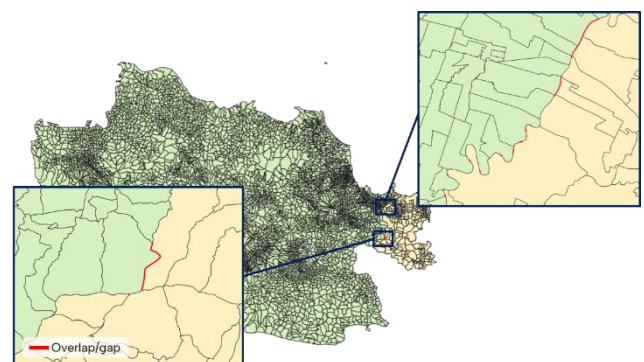
Selain berdasarkan waktu eksekusi, evaluasi kinerja operasional juga dilakukan berdasarkan jumlah tabel yang mengalami modifikasi geometri sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model data topologi melibatkan lebih sedikit tabel dalam proses modifikasi geometri dibandingkan model data *spaghetti*. Kondisi tersebut disebabkan oleh mekanisme penyimpanan geometri pada model topologi, dimana perubahan geometri hanya dilakukan pada tabel unsur atau primitif yang merepresentasikan garis batas, sedangkan geometri wilayah administrasi direkonstruksi secara otomatis melalui relasi topologi yang tersimpan dalam struktur data. Sebaliknya, pada model data *spaghetti*, perubahan batas wilayah memerlukan modifikasi pada lebih banyak tabel karena setiap objek menyimpan geometri secara independen tanpa keterhubungan topologi yang terintegrasi. Dengan demikian, model data topologi

dapat meningkatkan efisiensi proses pemutakhiran data sekaligus menjaga konsistensi geometri antar tingkat wilayah administrasi.



Gambar 4 Perbandingan jumlah table yang mengalami modifikasi geometri pada berbagai skenario.

Operasi *Create* pada skenario penambahan data diuji untuk merepresentasikan proses integrasi data baru sebagai bagian dari pemutakhiran basis data batas wilayah. Pada model data *spaghetti*, penambahan data baru dilakukan secara terpisah pada masing-masing tabel unsur. Kondisi tersebut menimbulkan adanya kesalahan topologi berupa sejumlah celah (*gap*) dan tumpang tindih (*overlap*) pada pertemuan data eksisting dengan data baru (Gambar 5). Sedangkan pada model topologi, kesalahan topologi ini tidak ditemukan karena proses penambahan data dilakukan dengan memanfaatkan elemen batas bersama yang dikelola secara terpusat, sehingga konsistensi geometri antar wilayah tetap terjaga selama proses integrasi data.

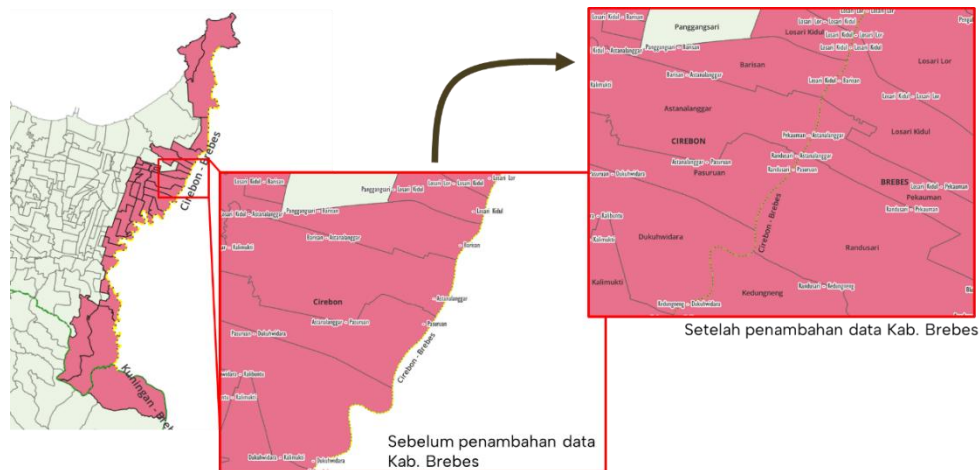


Gambar 5 *Overlap* dan *gap* hasil penambahan data pada model data *spaghetti*

Pada operasi *Read* dilakukan uji untuk identifikasi area desa yang berada pada segmen batas tertentu dan ekstraksi garis batas terintegrasi. Dari waktu eksekusi, model data topologi unggul pada kedua skenario. Hal ini karena

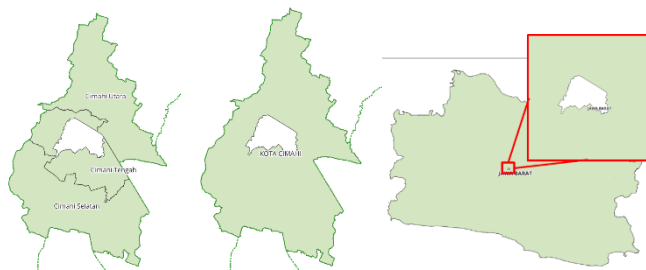
kemampuan model topologi dalam menyimpan dan memanfaatkan relasi spasial secara eksplisit, sehingga proses identifikasi dan ekstraksi data dapat dilakukan melalui kueri relasional tanpa memerlukan operasi geometri tambahan. Pada pengujian ini juga ditemukan bahwa kueri relasional berbasis topologi, dapat dimanfaatkan untuk mengintegrasikan data batas wilayah antar tingkat administrasi, serta mengotomasi proses segmentasi, pengisian atribut wilayah berbatasan, hingga penentuan kelas batas wilayah. Sebagaimana terlihat pada

Gambar 6, penambahan data yang dilakukan pada Kabupaten Brebes dapat memicu struktur topologi diperbarui secara sistematis sehingga sistem dapat mengenali dan mengintegrasikan segmen batas antar-secara otomatis. Hasilnya, objek segmen batas yang dihasilkan tersegmentasi dengan tepat dan mengandung atribut yang sesuai dengan desa yang saling berbatasan, dalam hal ini antara wilayah administrasi desa di Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Brebes.



Gambar 6 Visualisasi hasil kueri ekstraksi garis batas wilayah

Pada pemutakhiran yang hanya melibatkan wilayah administrasi pada tingkat hierarki terendah, model data topologi tetap memerlukan pemutakhiran unsur wilayah pada tingkat hierarki yang lebih tinggi melalui penyesuaian komposisi agregasi wilayah. Hal ini disebabkan karena perubahan objek pada wilayah dengan tingkat hierarki terendah dapat memengaruhi referensi relasi topologi yang digunakan untuk membentuk wilayah pada tingkat di atasnya. Apabila proses pemutakhiran tersebut tidak dilakukan, perubahan geometri dapat menyebabkan ketidakkonsistenan struktur topologi, yang ditunjukkan dengan terbentuknya celah (*gap*) pada area wilayah administrasi tingkat yang lebih tinggi akibat hilangnya referensi hierarki dalam struktur topologi (Gambar 7).



Gambar 7 Unsur kecamatan, kabupaten, dan provinsi yang belum dimutakhirkan pasca perubahan desa

3.3. Pengaruh Nilai Toleransi Topologi terhadap Kualitas Geometri

Evaluasi visual menunjukkan bahwa model topologi yang dibangun dengan nilai toleransi 0.0000005° (± 5 cm) mengalami perubahan geometri lebih signifikan dibandingkan dengan model yang dibangun menggunakan nilai toleransi 0.0000001° (± 1 cm) sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.

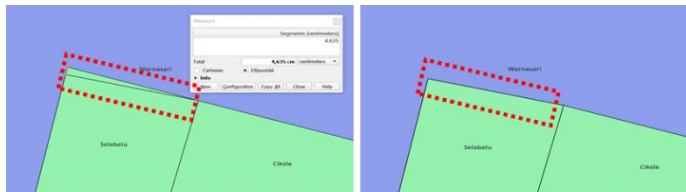
Berdasarkan hasil evaluasi kuantitatif, sebesar 88% atau 5.219 dari 5.957 desa mengalami perubahan geometri pada model topologi dengan nilai toleransi 0.0000005° (± 5 cm), dengan rata-rata perbedaan luas sebesar 0.097 m² dan keliling sebesar 0.072 m. Model ini juga mampu mereduksi poligon *sliver* yang memiliki lebar koridor 4 cm (Gambar 8).

Sementara itu, pada model topologi dengan nilai toleransi 0.0000001° (± 1 cm), perubahan geometri terjadi pada 86% atau 5.103 dari 5.957 desa, dengan rata-rata perbedaan luas sebesar 0.064 m² dan keliling sebesar 0.069 m.

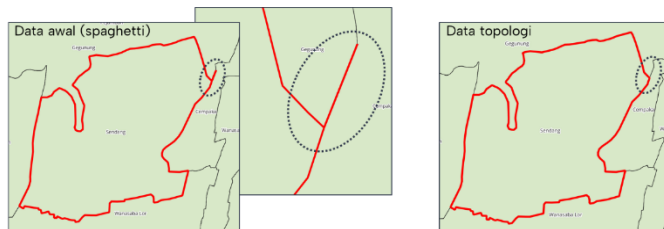
Pada kedua model topologi yang dibangun ini, ditemukan juga bahwa data yang disimpan dalam model topologi, dapat mereduksi anomali bentuk geometri wilayah yang mungkin disebabkan oleh proses digitasi atau integrasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi nilai toleransi berpengaruh terhadap perubahan geometri dan kemampuan model topologi dalam mengoreksi ketidakkonsistenan spasial. Oleh karena itu, nilai toleransi

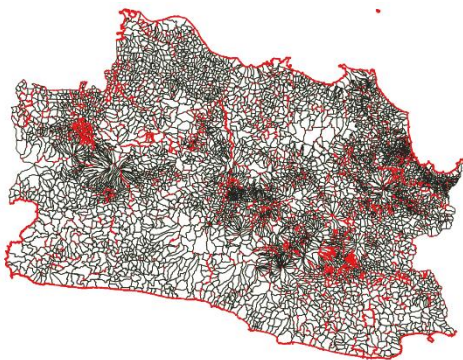
yang diterapkan dalam pembangunan model topologi perlu disesuaikan dengan spesifikasi unsur yang dikelola dan tujuan pengelolaan data.



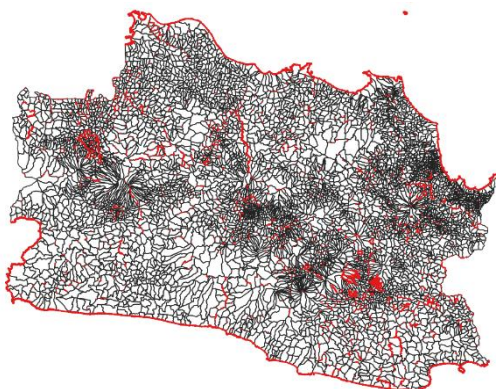
Gambar 8 Poligon *sliver* yang dapat direduksi oleh model topologi dengan nilai toleransi 0.0000005° (± 5 cm)



Gambar 9 Anomali bentuk wilayah desa yang direduksi oleh model topologi



Gambar 10 Visualisasi perbedaan geometri data awal dengan data topologi dengan toleransi 0.0000005° (± 5 cm)



Gambar 11 Visualisasi perbedaan geometri data awal dengan data topologi dengan toleransi 0.0000001° (± 1 cm)

3.4. Kebutuhan Kapasitas Penyimpanan

Perhitungan kapasitas penyimpanan dilakukan pada model data topologi dan *spaghetti* yang disimpan pada PostgreSQL/PostGIS, dan model data *spaghetti* yang disimpan pada geodatabase ArcGIS. Kapasitas penyimpanan dihitung berdasarkan total ukuran tabel data dan indeks yang terkait pada masing-masing model data. Pada model topologi, kapasitas mencakup tabel unsur serta tabel primitif topologi (*node*, *edge*, *face*, dan *relation*). Berdasarkan Tabel 3, model data topologi memiliki kapasitas penyimpanan paling besar dibandingkan dengan model *spaghetti*. Peningkatan kebutuhan penyimpanan tersebut terutama berasal dari penyimpanan objek *edge* sebagai primitif topologi yang merepresentasikan segmen batas dan digunakan secara bersama oleh berbagai unsur wilayah.

Tabel 3. Perbandingan kapasitas penyimpanan data

Model Data	Lingkungan Penyimpanan	Total Kapasitas (MB)
Topologi	PostgreSQL/PostGIS	443
<i>Spaghetti</i>	PostgreSQL/PostGIS	162
<i>Spaghetti</i>	ArcGIS Geodatabase	138

3.5. Model Data Batas Wilayah Terhadap Kualitas Data

Penilaian kualitas data spasial pada data batas wilayah mencakup beberapa elemen yaitu kelengkapan, konsistensi logis dan akurasi posisi (INSPIRE, 2024; Riqqi dkk., 2018). Dari aspek kelengkapan, penggunaan model data topologi dan *spaghetti* menunjukkan perbedaan karakteristik dalam mengendalikan kesalahan *omission* dan *commission*. Pada model data topologi, potensi *omission* dapat diminimalkan melalui validasi keterhubungan garis pembentuk wilayah yang memastikan terbentuknya area (*face*) wilayah administrasi secara utuh. Selain itu, model data topologi mengendalikan potensi *commission* karena redundansi garis dan wilayah dapat dikontrol secara struktural melalui relasi topologi. Sementara itu, pada model data *spaghetti*, potensi *omission* dan *commission* ini dapat diminimalkan dengan penerapan aturan validasi (*rule-based topology*) yang ketat pada tahap pasca-*editing*.

Dari aspek konsistensi logis, model topologi dapat meningkatkan konsistensi logis (Bolstad, 2016) karena relasi spasial serta hierarki wilayah didefinisikan secara eksplisit dalam struktur data. Representasi *face* yang dibentuk oleh *edge* tertutup sebagai wilayah administrasi, memungkinkan sistem mengontrol tumpang tindih wilayah, mendeteksi celah antar wilayah, dan menjamin kesesuaian antara garis batas dan wilayah administrasi. Wilayah yang berbagi batas direpresentasikan melalui *edge* yang sama (*shared edge*), sehingga tidak ada duplikasi geometri dan kesamaan koordinat batas bersama dapat dijaga secara struktural. Selain itu, validasi keterhubungan *node* dan *edge* memungkinkan identifikasi kesalahan topologi seperti *dangle* atau *edge* yang tidak membentuk wilayah secara

utuh (*undershoot*). Konsistensi logis pada data batas wilayah dalam model data topologi dapat dijaga melalui struktur data sehingga pelanggaran aturan logis dapat dikontrol secara sistematis bahkan dicegah saat tahap pengelolaan data. Sebaliknya, pada model data *spaghetti*, pemenuhan aturan logis tidak dijamin oleh struktur data, melainkan bergantung pada penerapan aturan validasi pasca-editing. Jika aturan validasi antar unsur dan antar tingkat administrasi tidak diterapkan secara ketat, potensi terjadinya pelanggaran aturan logis batas wilayah akan meningkat.

Dari aspek akurasi posisi, perbedaan penggunaan model data topologi dan *spaghetti* tidak berpengaruh secara langsung terhadap ketelitian geometri batas wilayah. Namun, penggunaan model data topologi berkontribusi secara tidak langsung dalam menjaga integritas objek yang berbagi batas melalui pengelolaan geometri bersama. Selain itu, nilai toleransi juga menjadi salah satu parameter penting yang mempengaruhi kualitas geometri. Nilai toleransi berperan dalam menentukan jarak maksimum untuk penggabungan simpul dan pembentukan *edge*, sehingga berpengaruh langsung terhadap pembentukan jaringan topologi dan wilayah administrasi. Nilai toleransi yang terlalu besar dapat menyebabkan perubahan geometri batas secara signifikan dan menurunkan akurasi data, sedangkan nilai toleransi yang terlalu kecil menurunkan kemampuan sistem dalam mereduksi kesalahan seperti *undershoot*, *dangle*, dan poligon *sliver*. Oleh karena itu, penetapan nilai toleransi perlu dipertimbangkan secara teknis dan disesuaikan dengan spesifikasi data batas wilayah agar dapat menjaga akurasi posisi sekaligus menjamin konsistensi spasial antar unsur dan tingkat administrasi.

Berdasarkan penelitian ini, terdapat elemen kualitas lain yang penting dalam pengelolaan data batas wilayah yaitu akurasi tematik. Berdasarkan SNI ISO 19157:201, akurasi tematik didefinisikan sebagai akurasi atribut kuantitatif dan kebenaran atribut nonkuantitatif serta klasifikasi fitur dan hubungannya. Akurasi tematik pada data batas wilayah berkaitan dengan kebenaran atribut wilayah seperti kode wilayah dan nama wilayah administrasi, yang digunakan sebagai dasar proses agregasi wilayah antar tingkat administrasi. Akurasi atribut tersebut menjadi penentu terhadap integritas hasil agregasi wilayah baik pada model data topologi maupun non-topologi. Kesalahan pada kode dan nama wilayah dalam menyebabkan kegagalan proses agregasi, pengelompokan wilayah tidak tepat, serta inkonsistensi hubungan hierarkis antar tingkat administrasi, meskipun geometri batas wilayah telah tersimpan dengan benar. Dengan demikian, temuan ini menegaskan bahwa untuk menghasilkan data batas wilayah yang berkualitas, pemeliharaan kualitas data tidak hanya mencakup akurasi posisi, konsistensi logis, dan kelengkapan, tetapi juga mencakup akurasi tematik.

3.6. Evaluasi Komparatif Model Data Topologi dan *Spaghetti*

Berdasarkan hasil pengujian, model data topologi dan model data non-topologi (*spaghetti*) memiliki perbedaan karakteristik dalam pengelolaan batas wilayah. Pada model data topologi, geometri batas disimpan dalam bentuk elemen primitif berupa garis (*edge*) yang digunakan bersama oleh beberapa unsur wilayah administrasi. Struktur ini memungkinkan pengelolaan batas bersama dilakukan secara terpusat pada unsur garis batas wilayah administrasi. Perubahan geometri pada satu segmen batas secara otomatis mempengaruhi wilayah administrasi yang terkait. Mekanisme tersebut menjadikan pemutakhiran yang melibatkan berbagai tingkat administrasi lebih efisien. Selain itu, model data topologi mendukung integrasi garis batas, dimana segmentasi dan atribut segmen dapat dihasilkan dan diperbarui otomatis melalui *view* berbasis relasi topologi.

Sebaliknya, pada model data *spaghetti*, karena setiap unsur wilayah disimpan secara independen, pemutakhiran batas mengharuskan rekonstruksi geometri pada seluruh unsur wilayah yang terdampak, sehingga meningkatkan jumlah tabel yang diedit serta berpotensi menimbulkan inkonsistensi spasial. Model data *spaghetti* juga memiliki keterbatasan dalam integrasi garis batas antar tingkat administrasi. Namun, model data *spaghetti* memiliki keunggulan pada kesederhanaan struktur dan kemudahan visualisasi karena geometri wilayah tersimpan secara eksplisit dalam satu objek.

Dari aspek penyimpanan data, model data topologi memerlukan kapasitas yang lebih besar dibandingkan model data *spaghetti*. Hal ini disebabkan oleh penyimpanan elemen *edge* dan relasi topologi secara eksplisit untuk mendukung keterhubungan antar unsur wilayah. Berbeda dengan model *spaghetti* yang telah didukung oleh berbagai perangkat lunak SIG, antarmuka pengguna untuk proses pengolahan, visualisasi, dan pengeditan model topologi masih terbatas sehingga implementasinya memerlukan kemampuan teknis yang lebih tinggi. Namun, tambahan kebutuhan penyimpanan dan keterbatasan antarmuka pada model topologi sebanding dengan kemampuannya dalam menjaga konsistensi geometri, relasi spasial antar tingkat administrasi, serta meningkatkan efisiensi alur kerja pemutakhiran data batas wilayah secara berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model data topologi, khususnya topologi hierarki, memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan model data non-topologi (*spaghetti*) pada sebagian besar operasi pengelolaan batas wilayah, terutama pada proses pemutakhiran batas bersama yang digunakan oleh beberapa unit wilayah pada tingkat administrasi yang berbeda. Pada model topologi perubahan geometri batas dapat diterapkan secara terpusat pada elemen batas yang sama. Sementara itu, model data *spaghetti* memiliki keunggulan pada

kemampuan visualisasi serta lebih efisien dalam pemutakhiran yang tidak melibatkan berbagai tingkat administrasi.

Pemanfaatan kueri relasional berbasis topologi mendukung integrasi data garis batas antar tingkat administrasi melalui automasi segmentasi batas, pengisian atribut wilayah berbatasan, dan penentuan klasifikasi segmen batas secara konsisten sehingga secara signifikan meningkatkan efisiensi pengelolaan data dan meminimalkan potensi kesalahan pengisian atribut, khususnya pada proses pemutakhiran batas wilayah yang berkelanjutan.

Selain itu, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kualitas data batas wilayah ditentukan oleh empat elemen, yaitu kelengkapan, konsistensi logis, akurasi posisi, dan akurasi tematik. Keempat elemen tersebut saling terkait dan berperan dalam menjamin integritas data batas wilayah, khususnya pada agregasi wilayah administrasi.

Berdasarkan temuan tersebut, model data topologi dapat direkomendasikan sebagai model utama dalam pengelolaan batas wilayah nasional karena kemampuannya dalam proses integrasi serta menjaga integritas geometri dan relasi spasial antar tingkat administrasi secara terstruktur. Temuan ini menegaskan pemilihan model data dapat dievaluasi berdasarkan spesifikasi data dan kebutuhan tata kelola data, sehingga dapat mendukung pengelolaan data batas wilayah nasional yang lebih efisien, terintegrasi, dan berkualitas.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

- Abidin, H. Z., Sarbini, N., Rosalina, L., Riyadi, D. S., Utomo, W., & Wijanarto, A. B. (2021). One Map Policy of Indonesia: Status, Challenges, and Prospects. *Smart Surveyors for Land and Water Management-Challenges in a New Reality*.
- Adaviruku, P. E. (2025). Assessment Of Geometric Consistency Of The Nigerian Administrative Boundaries Datasets From Different Sources: The Need For Data Harmony And Standardization. *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*, 9(3), 88–93. <https://doi.org/10.33003/fjs-2025-0903-3289>
- Baars, M., Stoter, J., van Oosterom, P., & Verbree, E. (2004). Rule-based or explicit storage of topology structure: A comparison case study. *Proceedings of the 7th Conference on Geographic Information Science*, 765–769.
- Barai, S. A., Marimin, M., Suharnoto, Y., Muslim, G. O., Rotinsulu, W. C., Walangitan, H. D., Paat, F. J., Yuniawati, E. I., Muslim, F. N., Fahira, G. H., & Tuanany, N. K. (2025). Geospatial Data Integration for Enhanced Local Governance: A Case Study of Bogor and Bekasi Regencies. Dalam A. Arif, A. Hidayat, C. T. Handoko, S. Khoiriyah, & H. Saptaningtyas (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Multidisciplinary Studies (ICoMSi 2024)* (Vol. 926, hlm. 145–166). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-406-8_12
- Bolstad, P. (2016). *GIS fundamentals: A first text on geographic information systems* (5th edition). XanEdu.
- BSN. (2015). *SNI ISO 19157:2015 Informasi Geografis-Kualitas Data*. Badan Standardisasi Nasional.
- Burrough, P. A., McDonnell, R., & Burrough, P. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Eagleson, S. (2003). *GIS applied to administrative boundary design*. The University of Melbourne.
- Egenhofer, M. J., & Herring, J. R. (1991). High-level spatial data structures for GIS. *Geographical information systems*, 1, 227–237.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31–45. <https://doi.org/10.1080/02693799208901893>
- INSPIRE. (2024). *D2.8.I.4 Data Specification on Administrative Units – Technical Guidelines*. INSPIRE Maintenance and Implementation Group (MIG).
- Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 130 tahun 2025 tentang Wali Data Informasi Geospasial Tematik (2025).
- Kurniawan, R., & Kurniawan, T. (2023). Comparison of Geospatial Data Management between Indonesia's One Data and One Map Policy. *Jurnal Ad'ministrare*, 10(1), 39. <https://doi.org/10.26858/ja.v10i1.40536>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (Fourth edition). Wiley.
- Martinez-Llario, J., Coll, E., Núñez-Andrés, M., & Femenia-Ribera, C. (2017). Rule-based topology system for spatial databases to validate complex geographic datasets. *Computers & Geosciences*, 103, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.03.013>
- Nurwadjedi, N. (2020). Optimalisasi Implementasi Kebijakan Satu Peta Untuk Penyelesaian Konflik Penggunaan Lahan di Indonesia. *Jurnal Pembangunan dan Administrasi Publik*. <https://doi.org/10.32834/jpap.v2i2.227>
- Obe, R. O., & Hsu, L. S. (2021). *PostGIS in action* (Third edition). Manning.
- Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2019 Tentang Metode Kartometrik Pada Penetapan dan Penegasan Batas Desa/Kelurahan, 15/2019 (2019).

- Peraturan Menteri dalam Negeri Nomor 45 Tahun 2016 Tentang Pedoman Penetapan dan Penegasan Batas Desa, 45/2016 (2016).
- Peraturan Menteri dalam Negeri Nomor 141 Tahun 2017 Tentang Penegasan Batas Daerah, 141/2017 (2017).
- Peraturan Pemerintah Nomor 45 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Informasi Geospasial, Legis. No. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 55 (2021).
- Rais, J. (with Indonesia & Masyarakat Penulis Ilmu Pengetahuan dan Teknologi). (2009). *Survei dan pemetaan nusantara* (Cetakan pertama). Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan nasional bekerjasama dengan Masyarakat Penulis Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Riqqi, A., Taradini, J., & Effendi, A. E. (2018). Pemodelan Kualitas Informasi Geospasial Dasar di Indonesia. *GEOMATIKA*, 24(1), 13. <https://doi.org/10.24895/JIG.2018.24-1.773>
- Sabi'u, N., Muhammed, S., Zakaria, N., & Khalil, M. (2015). Vector data model in GIS and how it underpins a range of widely used spatial analysis techniques. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(1), 122.
- Theobald, D. M. (2001a). Topology revisited: Representing spatial relations. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(8), 689–705. <https://doi.org/10.1080/13658810110074519>
- Theobald, D. M. (2001b). *Understanding Topology and Shapefiles*. <https://www.esri.com/news/arcuser/0401/topo.html>
- Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, Legis. No. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 49 (2011).
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah, Legis. No. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 244 (2014).
- Van Oosterom, P., Stoter, J., Quak, W., & Zlatanova, S. (2002). The Balance Between Geometry and Topology. Dalam D. E. Richardson & P. Van Oosterom (Ed.), *Advances in Spatial Data Handling* (hlm. 209–224). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56094-1_16
- Yeung, A. K. W., & Hall, G. B. (Ed.). (2007). *Spatial Database Systems* (Vol. 87). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/1-4020-5392-4>
- Zlatanova, S., Tijssen, T., Van Oosterom, P., & Quak, C. (2003). Research on usability of Oracle Spatial within the RWS organisation. *GISt Report No. 21, Delft, 2003, 74 p.*