UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGEMBANGAN MODEL INTEROPERABILITAS SEMANTIK DATA BANGUNAN DAN PERTANAHAN BERBASIS VIRTUAL KNOWLEDGE GRAPH DAN STANDAR GEOSPARQL
ERIC KURNIAWAN, Prof. Ir. Trias Aditya K.M., S.T., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pertumbuhan tata ruang di Kota Yogyakarta ditandai dengan meningkatnya kepadatan bangunan vertikal serta keragaman fungsi ruang yang saling beririsan. Kondisi ini menuntut sistem informasi geospasial yang tidak hanya akurat, tetapi juga mampu mengintegrasikan berbagai sumber data. Namun, dalam praktiknya, data geospasial berasal dari berbagai instansi dengan format dan standar yang berbeda, sehingga sulit untuk diintegrasikan. Permasalahan tidak hanya terletak pada perbedaan struktur data, tetapi juga pada kesenjangan makna antara data bangunan tiga dimensi (3D) dan data pertanahan dua dimensi (2D). Kesenjangan ini membatasi integrasi lintas domain serta analisis spasial secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan model ontologi lintas domain serta kerangka integrasi berbasis *Virtual Knowledge Graph* (VKG) untuk mendukung keterpaduan data bangunan dan pertanahan.

Metode penelitian disusun secara bertahap, dimulai dari pengolahan data spasial hingga pembentukan kerangka semantik. Tahap awal meliputi pengayaan semantik model bangunan 3D LoD2 dan konversinya ke format CityGML. Selanjutnya, data pertanahan, objek pajak, dan *OpenStreetMap* diintegrasikan ke dalam basis data spasial *PostgreSQL*/PostGIS. Model ontologi kemudian dikembangkan untuk merepresentasikan entitas dan hubungan antar objek, sekaligus menjembatani perbedaan makna antar data. Ontologi tersebut dihubungkan dengan data sumber melalui aturan pemetaan untuk membentuk VKG dengan pendekatan *Ontology-Based Data Access* (OBDA), sehingga data dapat diakses secara semantik tanpa duplikasi. Pengujian sistem dilakukan melalui skenario kueri GeoSPARQL untuk mengevaluasi kemampuan integrasi dan kinerja analisis spasial lintas domain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka kerja VKG mampu mengintegrasikan data bangunan 3D dan data pertanahan 2D dalam satu sistem yang terpadu secara semantik. Model ontologi yang dikembangkan berhasil merepresentasikan hubungan antar entitas secara konsisten, termasuk keterkaitan antara karakteristik fisik bangunan, status legal bidang tanah, dan atribut perpajakan. Sistem ini juga mendukung kueri spasial-semantik lintas domain yang kompleks, sehingga memungkinkan analisis yang sulit dilakukan dengan pendekatan basis data relasional konvensional. Berbeda dengan pendekatan relasional yang memerlukan penggabungan data secara manual dan bergantung pada struktur skema yang kaku, VKG memungkinkan integrasi dilakukan secara virtual tanpa memindahkan data dari sumbernya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kueri GeoSPARQL dapat dieksekusi dengan waktu rata-rata di bawah 20 detik, yang menunjukkan kinerja sistem yang efisien. Secara keseluruhan, pendekatan VKG terbukti efektif dalam mengatasi perbedaan data, meningkatkan keterpaduan informasi, serta mendukung pengembangan sistem administrasi pertanahan berbasis tiga dimensi yang lebih terintegrasi.

Kata Kunci: *Interoperabilitas Semantik, CityGML, Virtual Knowledge Graph, GeoSPARQL, Administrasi Pertanahan 3D.*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PENGEMBANGAN MODEL INTEROPERABILITAS SEMANTIK DATA BANGUNAN DAN PERTANAHAN BERBASIS VIRTUAL
KNOWLEDGE GRAPH DAN STANDAR GEOSPARQL**
ERIC KURNIAWAN, Prof. Ir. Trias Aditya K.M., S.T., M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

The rapid spatial development of Yogyakarta City is characterized by increasing vertical building density and complex land-use patterns. This condition requires a geospatial information system that is not only accurate but also capable of integrating heterogeneous data from multiple sources. However, in practice, geospatial data are produced by different institutions using various acquisition technologies, formats, and standards, leading to significant data heterogeneity. The challenge extends beyond structural differences to semantic discrepancies between three-dimensional (3D) building models and conventional two-dimensional (2D) land administration data. This semantic gap limits cross-domain integration and constrains comprehensive spatial-semantic analysis, which is essential for modern urban management and the transition toward 3D land administration systems. Therefore, this study aims to develop a cross-domain ontology model and design a data integration framework based on a Virtual Knowledge Graph (VKG) to support semantic interoperability between building and land data.

The methodology consists of several integrated stages, including semantic enrichment of Level of Detail 2 (LoD2) 3D building models, conversion into the CityGML format, and integration of heterogeneous datasets from land administration, taxation, and OpenStreetMap into a PostgreSQL/PostGIS spatial database. A domain ontology is then developed to represent spatial and legal relationships among entities. The ontology is linked to the underlying data using R2RML mapping rules, enabling the construction of a VKG based on the Ontology-Based Data Access (OBDA) approach. This framework allows semantic querying without requiring physical data replication. System performance is evaluated through GeoSPARQL queries to assess cross-domain spatial-semantic analysis capabilities.

The results demonstrate that the proposed VKG framework successfully integrates 3D building and 2D land data into a unified semantic system. The developed ontology effectively represents relationships between physical building characteristics, land tenure status, and taxation attributes. Furthermore, the system supports complex cross-domain queries that are difficult to achieve using conventional relational database approaches, which typically rely on rigid schemas and manual data integration processes. In contrast, VKG enables virtual integration through semantic mappings, allowing data to remain at their sources while being accessed in a unified conceptual framework. Query evaluation shows that complex GeoSPARQL queries can be executed with an average processing time of under 20 seconds. Overall, this study demonstrates that the VKG approach effectively addresses data heterogeneity, enhances semantic interoperability, and provides a flexible foundation for developing integrated and knowledge-based 3D land administration systems.

Keywords: *Semantic Interoperability, CityGML, Virtual Knowledge Graph, GeoSPARQL, 3D Land Administration.*