

SEMANTIC WEB IMPLEMENTATION FOR ENHANCING BUDGET TRANSPARENCY IN YOGYAKARTA CITY GOVERNMENT: AN ONTOLOGY AND RDF-BASED FRAMEWORK

Dzul Fadli Rahman¹, Ramadhana Setiyawan², Herjuna Artanto³

1,2,3) Departemen Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Article history:

Received: 20 Agustus 2025

Revised: 05 November 2025

Accepted: 03 Desember 2025

ABSTRACT

Abstrak

Penerapan teknologi Semantic Web dalam pengelolaan data pemerintah menjadi strategi penting untuk meningkatkan transparansi dan keterbacaan mesin terhadap data terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk mentransformasikan data Anggaran Murni Kota Yogyakarta tahun 2022 dari format tabular ke dalam representasi semantik menggunakan Resource Description Framework (RDF) dan Web Ontology Language (OWL). Ontologi dikembangkan dengan mendefinisikan lima kelas utama, yaitu Anggaran, Daerah, Kategori Anggaran, Kelompok Anggaran, dan Jenis Anggaran, serta dilengkapi dengan object property dan data property yang menggambarkan relasi dan atribut antarentitas. Representasi RDF kemudian diuji menggunakan beberapa query SPARQL untuk mengekstraksi informasi, seperti total anggaran, surplus atau defisit, dan identifikasi entitas tanpa alokasi. Visualisasi struktur ontologi dilakukan menggunakan plugin OWLViz untuk memastikan konsistensi logis antar kelas dan properti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ontologi yang dikembangkan mampu merepresentasikan struktur anggaran secara terstruktur, konsisten, dan mendukung kueri semantik. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap upaya keterbukaan data pemerintah daerah dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk integrasi lintas wilayah serta visualisasi interaktif berbasis Web Semantik.

Kata Kunci: Semantic Web, RDF, Ontologi, Data Anggaran, Kota Yogyakarta, SPARQL

Abstract

The application of Semantic Web technology in government data management is a key strategy to enhance transparency and machine-readability of open data. This study aims to transform the 2022 Budget Data of Yogyakarta City from a tabular format into a semantic representation using the Resource Description Framework (RDF) and Web Ontology Language (OWL). The developed ontology defines five main classes: Budget, Region, BudgetCategory, BudgetGroup, and BudgetType, supported by object properties and data properties that describe relationships and attributes among entities. The RDF model is evaluated using SPARQL queries to extract meaningful insights, such as total budget values, fiscal surplus or deficit, and identification of unallocated entities. The ontology structure is visualized using the OWLViz plugin to ensure logical consistency between classes and properties. The results demonstrate that the developed ontology can represent the budget structure in a well-organized, consistent, and semantically queryable manner. This research contributes to the enhancement of local government data openness and may be extended for cross-regional integration and interactive visualization using Semantic Web technologies.

Keywords: Semantic Web, RDF, Ontology, Budget Data, Yogyakarta City, SPARQL

Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi oleh Universitas Dharmawangsa Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan dengan Lisensi Internasional Creative Commons Attribution NonCommercial ShareAlike 4.0 ([CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)).



Corresponding Author:

E-mail : dzulfadlirahman@uny.ac.id

1. PENDAHULUAN

Keterbukaan data pemerintah (*Open Government Data* atau OGD) telah menjadi pilar utama dalam tata kelola pemerintahan modern karena memungkinkan peningkatan transparansi, partisipasi publik, dan inovasi berbasis data. Pemerintah yang menyediakan akses terhadap data publik—seperti anggaran, pengadaan, transportasi, dan kesehatan—dapat mendorong kolaborasi lintas sektor dan memperkuat akuntabilitas layanan publik. Luna-Reyes et al. [1] menunjukkan bahwa inisiatif OGD merupakan fondasi dari transformasi digital pemerintahan, sementara Wirtz et al. [2] dalam tinjauannya menyoroti dampak positif OGD terhadap efisiensi administrasi dan pelayanan masyarakat. Studi Petrović et al. [3] juga menegaskan bahwa pemanfaatan OGD yang berkualitas dapat memicu pertumbuhan ekonomi baru dan mendorong pengembangan solusi digital berbasis kebutuhan masyarakat. Secara lebih spesifik, Quarati dan Albertoni [4] menjelaskan bahwa penerapan *Linked Open Government Data* (LOGD) memungkinkan integrasi lintas domain dan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap proses pemerintahan.

Di Indonesia, konsep keterbukaan data telah diimplementasikan melalui portal seperti data.go.id, termasuk publikasi anggaran pemerintah daerah. Namun, publikasi tersebut umumnya masih terbatas pada format tabel sederhana tanpa struktur semantik, sehingga belum optimal untuk eksplorasi otomatis atau pemanfaatan lanjutan dalam pengambilan keputusan.

Format non-struktural seperti CSV dan PDF masih mendominasi publikasi data pemerintah dan hanya dapat dibaca oleh manusia. Durmaz et al. [5] menunjukkan bahwa format seperti ini tidak menyediakan struktur formal maupun anotasi semantik yang diperlukan untuk pemrosesan otomatis. Maratsi et al. [6] menemukan bahwa sebagian besar portal data terbuka pemerintah masih menggunakan skema metadata yang sangat terbatas, menyebabkan elemen data tidak terhubung secara konseptual satu sama lain.

Hoseini et al. [7] menegaskan bahwa ketiadaan representasi semantik menyebabkan data sulit digabungkan maupun diakses melalui mekanisme penalaran mesin. Kondisi ini sangat nyata di Indonesia, di mana banyak dataset anggaran daerah di portal data.go.id hanya tersedia dalam bentuk tabel mentah tanpa dokumentasi struktur atau relasi fiskal. Ansari et al. [8] menyatakan bahwa data pemerintah tanpa struktur semantik cenderung kurang berguna untuk aplikasi analitik lanjutan, diperkuat oleh Catone [9] yang menunjukkan bahwa *machine-readability* merupakan prasyarat utama untuk pemrosesan dan penafsiran otomatis data publik.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan *Semantic Web* menawarkan solusi melalui penggunaan RDF (*Resource Description Framework*) dan OWL (*Web Ontology Language*) sebagai standar representasi data semantik. RDF memungkinkan representasi data dalam bentuk triple—subjek, predikat, objek—yang mendukung pencarian berbasis semantik melalui SPARQL serta memfasilitasi keterkaitan antarentitas dalam *knowledge graph* global seperti DBpedia dan Wikidata [9], [10]. Garijo dan Poveda-Villalón [11] menekankan pentingnya prinsip FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*) dalam pengembangan ontologi dan vocabulary untuk menjamin interoperabilitas dan keberlanjutan pemanfaatan data publik. Sebagai implementasi, Kirstein et al. [12] mengembangkan *Piveau*, sebuah platform berskala besar untuk manajemen data terbuka yang mengintegrasikan validasi, konversi RDF, dan visualisasi berbasis Semantic Web.

Efektivitas pendekatan Semantic Web telah terbukti dalam berbagai studi. Cifuentes-Silva et al. [13] menerbitkan data anggaran nasional Chile dalam format Linked Open Data, lengkap dengan endpoint SPARQL untuk eksplorasi publik. Ponzo dan Milazzo [14] menunjukkan bagaimana RDF dapat mengintegrasikan data pendanaan Uni Eropa lintas domain. Di Yunani, Serderidis et al. [15] mengembangkan d2kg, ontologi untuk representasi keputusan dan dokumen pemerintahan, sementara Trojahn et al. [16] menyelaraskan *foundational ontologies* dalam proses *ontology matching*. Rajabi et al. [17] menunjukkan bagaimana Nova Scotia berhasil membangun *knowledge graph* dari dataset kesehatan pemerintah daerah melalui pemodelan semantik.

Kendati demikian, sebagian besar implementasi tersebut terjadi di tingkat nasional dan regional [18], [19], sementara adopsi di tingkat pemerintahan lokal, khususnya Asia Tenggara, masih minim. Quarati dan Albertoni [4] mencatat bahwa LOGD masih jarang

diterapkan di level kota atau kabupaten. Studi Consoli et al. [18] dan Penteado et al. [19] menunjukkan bahwa proyek *linked data* masih terpusat di kota besar dan didominasi lembaga nasional. Di Indonesia, meskipun data anggaran daerah tersedia di data.go.id, formatnya berupa tabular mentah tanpa struktur semantik atau metadata eksplisit. Hofer et al. [20] menekankan bahwa RDF merupakan model penting untuk publikasi data terstandar, namun belum banyak diterapkan di tingkat pemerintah lokal karena keterbatasan kapasitas teknis dan kelembagaan.

Melihat kondisi tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pengembangan dan implementasi model transformasi semantik terhadap data anggaran daerah. Penelitian ini secara khusus menargetkan data anggaran Pemerintah Kota Yogyakarta tahun anggaran 2022, yang tersedia dalam format tabular (CSV) dan belum dilengkapi dengan struktur semantik atau metadata deskriptif. Dengan pendekatan ini, rumusan masalah yang menjadi fokus utama adalah: *bagaimana data anggaran daerah yang semula tabular dapat dikonversi menjadi aset semantik yang mendukung keterbacaan mesin dan integrasi lintas domain?* Pertanyaan tersebut diikuti oleh dua subrumusan: *model ontologi seperti apa yang sesuai untuk menggambarkan struktur dan relasi dalam data anggaran daerah?* dan *sejauh mana pendekatan semantik mampu meningkatkan kueri dan visualisasi informasi anggaran yang relevan bagi pengambil kebijakan dan publik?*

Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan ontologi khusus anggaran daerah yang mencakup entitas *Anggaran*, *KategoriAnggaran*, *KelompokAnggaran*, dan *JenisAnggaran*, serta properti semantik seperti *nilaiAnggaran*, *tahun*, dan relasi seperti *bagianDari* dan *tipeAnggaran*. Proses konversi dilakukan melalui perangkat Protégé dan diekspor ke dalam RDF/XML. Dataset semantik ini kemudian diuji pada server Apache Jena Fuseki melalui kueri SPARQL dan divisualisasikan menggunakan OWLViz untuk memvalidasi struktur ontologi dan keterhubungan antarentitas.

Kontribusi dari penelitian ini mencakup tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini menyediakan dataset RDF berbasis ontologi anggaran daerah yang siap diintegrasikan dalam ekosistem *Linked Open Data* (LOD). Kedua, penelitian ini membuktikan bahwa transformasi semantik tidak hanya meningkatkan keterbacaan mesin dan interoperabilitas data publik, tetapi juga membuka kemungkinan baru dalam analisis

fiskal berbasis semantik. Ketiga, penelitian ini menghasilkan panduan teknis dan *best practices* untuk replikasi oleh pemerintah daerah lain di Indonesia, dari tahap perancangan ontologi hingga pengujian kueri SPARQL.

Lebih jauh dari aspek teknis, penelitian ini juga menyoroti pentingnya dimensi sosial dan kelembagaan dalam implementasi OGD berbasis Semantic Web. Kesiapan sumber daya manusia (SDM) di pemerintah daerah, dukungan regulasi internal, serta literasi data bagi pemangku kepentingan menjadi prasyarat penting bagi keberlanjutan sistem. Oleh karena itu, hasil studi ini tidak hanya menghadirkan aset data yang dapat diakses mesin, tetapi juga menyumbangkan kerangka konseptual dan praktis bagi tata kelola data publik yang terbuka, terstruktur, dan berorientasi jangka panjang.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tahapan sistematis untuk mentransformasikan data anggaran murni Kota Yogyakarta tahun 2022 ke dalam format RDF berbasis ontologi. Proses ini dibagi menjadi enam tahap utama, yaitu: pengumpulan data, pra-pemrosesan data, perancangan ontologi, konversi ke RDF, pengujian SPARQL, dan visualisasi ontologi. Diagram alur metode ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari portal resmi data.go.id. Dataset yang dipilih adalah data APBD Tingkat Kabupaten/Kota Tahun Anggaran 2022, dengan format awal berupa *CSV/XLS*. Data ini mencakup informasi alokasi anggaran dari Direktorat Jenderal Perimbangan Keuangan (DJPK), termasuk kode wilayah (kode pmda), nama daerah, jenis belanja, dan jumlah alokasi dana.

2.2. Pra-Pemrosesan Data

Dataset yang diunduh pada tahap sebelumnya tidak dapat langsung diproses dalam sistem semantik karena memiliki berbagai permasalahan seperti:

- Tanda kutip ganda pada string
- Delimiter tidak standar (terpisah oleh karakter |)
- Nilai kosong (missing value) akibat entri spasi atau null

Langkah pra-pemrosesan dilakukan sebagai berikut:

1. Menghapus karakter berlebih dan mengganti delimiter menggunakan regular expression (regex).
2. Menghapus nilai NaN dan duplikat.
3. Memfilter hanya baris dengan `kodePemda = "12.05"` yang merepresentasikan Kota Yogyakarta.

Jika D adalah himpunan data mentah, dan f adalah fungsi filter, maka data yang akan diproses dapat ditulis seperti pada (1).

$$D_{filtered} = f(D) = \{x \in D \mid x[kodePemda] = "12.05" \wedge x \text{ valid}\} \quad (1)$$

2.3. Perancangan Ontologi

Ontologi dibangun menggunakan software *Protégé*, dengan pendekatan *bottom-up* berdasarkan struktur data yang tersedia. Ontologi yang dikembangkan mencakup lima kelas utama:

- Anggaran
- Daerah
- KategoriAnggaran
- KelompokAnggaran
- JenisAnggaran

Relasi antar kelas diatur dengan tiga *object property*:

- BagianDari: relasi hierarkis antara kategori–kelompok–jenis
- DaerahAnggaran: relasi anggaran ke entitas daerah
- TipeAnggaran: relasi anggaran ke jenis/kategori

Serta tiga *data property*:

- kodePemda (xsd:string)
- nilaiAnggaran (xsd:integer)
- tahun (xsd:integer)

Dengan ontologi ini, setiap entitas dan hubungan dapat direpresentasikan secara semantik dan logis. Sebagai contoh, *BelanjaBarangJasa* merupakan instance dari *JenisAnggaran* yang *BagianDari* *BelanjaOperasional*.

2.4. Konversi ke RDF

Ontologi yang telah dirancang dikonversi ke format *RDF/XML* menggunakan fitur ekspor dari *Protégé*. Representasi RDF yang dihasilkan memungkinkan data divisualisasikan dalam bentuk triple:

(subjek, predikat, objek) $\Rightarrow$ (Anggaran_001, TipeAnggaran, BelanjaBarang)

Format *RDF/XML* digunakan karena kompatibel dengan sebagian besar triplestore dan engine SPARQL seperti Apache Jena Fuseki.

2.5. Pengujian SPARQL

Data RDF yang telah disimpan kemudian diuji menggunakan *query SPARQL* untuk menjawab pertanyaan analitis, seperti:

- Total anggaran berdasarkan kategori (SUM(nilaiAnggaran))
- Belanja yang di atas rata-rata
- Surplus atau defisit tahun berjalan
- Kesenjangan (gap) dalam entri PAD

Sebagai contoh, berikut adalah format query SPARQL untuk menghitung total anggaran:

```
SELECT (SUM(?nilai) AS ?TotalAnggaran)
WHERE {
    ?anggaran a :Anggaran ;
              :DaerahAnggaran :KotaYogyakarta ;
              :nilaiAnggaran ?nilai .
}
```

2.6. Visualisasi Ontologi

Akhirnya, struktur ontologi divisualisasikan menggunakan plugin *OWL Viz* dalam *Protégé*. Visualisasi ini membantu dalam memahami relasi antar kelas dan instance serta digunakan untuk verifikasi konseptual apakah ontologi telah sesuai dengan domain yang dituju.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem representasi semantik data anggaran pemerintah daerah berbasis RDF dan ontologi yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak *Protégé*. Hasil akhir mencakup struktur ontologi konseptual, relasi

antarentitas menggunakan object dan data properties, serta RDF serialization yang dapat diakses melalui query SPARQL.

3.1. Struktur Ontologi: Entitas, Kelas, dan Properti

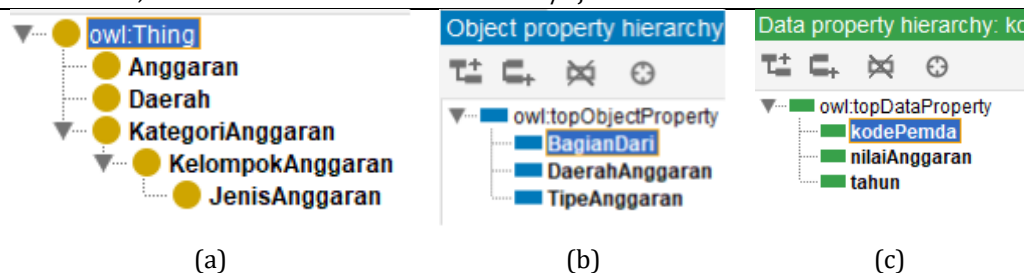
Struktur ontologi anggaran daerah Kota Yogyakarta dirancang dengan mengacu pada pendekatan klasikal dalam Web Semantik, dengan mendefinisikan entitas, kelas, dan properti secara hierarkis. Ontologi ini dibangun menggunakan perangkat lunak Protégé untuk memodelkan konsep-konsep yang berkaitan dengan data anggaran.

Pada Gambar 2(a), ditampilkan struktur hirarki kelas ontologi yang disusun dari entitas paling umum owl:Thing, yang kemudian diturunkan menjadi kelas-kelas utama yaitu Anggaran, Daerah, dan KategoriAnggaran. Selanjutnya, KategoriAnggaran memiliki subclass KelompokAnggaran, yang kemudian diturunkan lagi menjadi JenisAnggaran. Pendekatan ini menggambarkan struktur klasifikasi berlapis yang mencerminkan jenis dan kelompok dalam struktur belanja dan pendapatan daerah.

Gambar 2(b) memperlihatkan hierarki *object property*, yang digunakan untuk menghubungkan antar entitas. Terdapat tiga properti utama, yaitu BagianDari, DaerahAnggaran, dan TipeAnggaran. Properti BagianDari mendefinisikan relasi hierarkis antara jenis, kelompok, dan kategori anggaran. Sementara itu, DaerahAnggaran menghubungkan entitas Anggaran dengan Daerah, dan TipeAnggaran menghubungkan Anggaran dengan JenisAnggaran.

Adapun Gambar 2(c) menampilkan struktur *data property*, yang menghubungkan entitas ke nilai literal. Tiga data property utama adalah kodePemda, nilaiAnggaran, dan tahun. Properti kodePemda menghubungkan entitas Daerah dengan nilai string sebagai identifikasi daerah, sedangkan nilaiAnggaran dan tahun menghubungkan entitas Anggaran dengan nilai numerik anggaran dan tahun pelaksanaan.

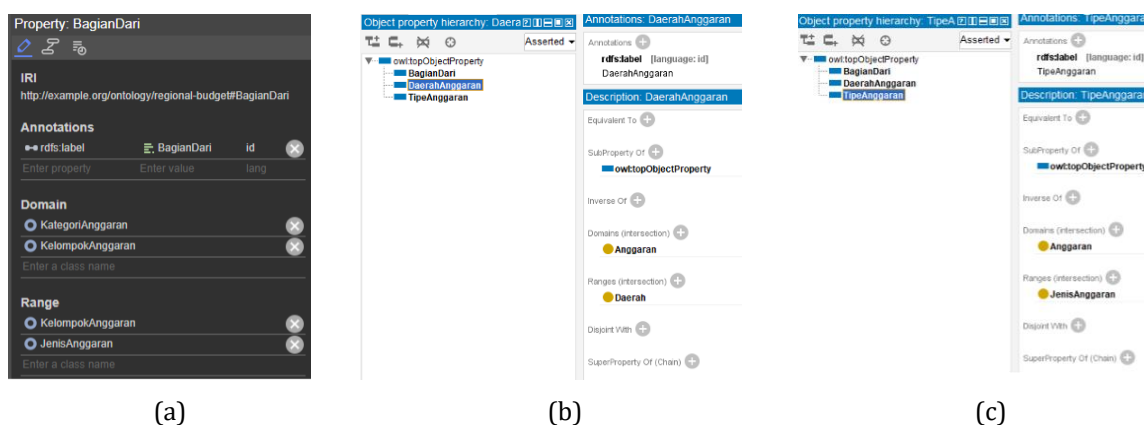
Struktur ontologi ini memberikan dasar konseptual untuk mengintegrasikan dan mengekstraksi data anggaran daerah secara semantik melalui format RDF dan kueri SPARQL.



Gambar 2. (a) Hierarki Kelas Ontologi dalam Protégé, (b) Hirarki Object Property, (c) Hirarki Data Property

Struktur ontologi yang dibangun dalam studi ini tidak hanya mencakup kelas-kelas utama, tetapi juga mendetailkan relasi antarentitas melalui *object property* dan keterkaitannya dengan nilai literal melalui *data property*.

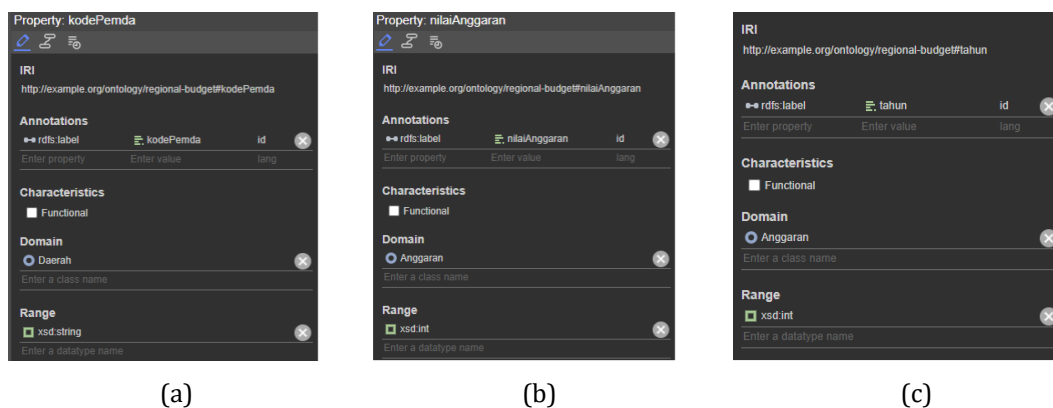
Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3, terdapat tiga *object property* utama, yaitu BagianDari, DaerahAnggaran, dan TipeAnggaran. Properti BagianDari memiliki domain KategoriAnggaran dan KelompokAnggaran, serta range KelompokAnggaran dan JenisAnggaran, yang menggambarkan struktur hierarkis dalam kategori anggaran seperti pada Gambar 3(a). Sementara itu, DaerahAnggaran memiliki domain Anggaran dan range Daerah, serta TipeAnggaran menghubungkan Anggaran dengan JenisAnggaran, sebagaimana terlihat pada Gambar 3(b) dan Gambar 3(c).



Gambar 3. (a) Properti objek BagianDari, (b) Properti objek DaerahAnggaran, (c) Properti objek TipeAnggaran

Pada Gambar 4, diperlihatkan tiga *data property* yaitu kodePemda, nilaiAnggaran, dan tahun. Properti kodePemda menghubungkan kelas Daerah dengan literal bertipe xsd:string, yang merepresentasikan kode unik untuk masing-masing daerah. Properti nilaiAnggaran menghubungkan Anggaran dengan nilai numerik (xsd:int) yang menunjukkan besarnya anggaran, sedangkan properti tahun menghubungkan Anggaran dengan tahun anggaran yang juga bertipe xsd:int. Seluruh properti ini memiliki

karakteristik *functional*, yang berarti setiap instansi subjek hanya memiliki satu nilai unik untuk properti tersebut. Hal ini penting untuk menjaga konsistensi data dan struktur semantik yang rapi dalam proses query dan reasoning.



Gambar 4. (a) Properti data kodePemda, (b) Properti data nilaiAnggaran, (c) Properti data tahun

Seluruh properti ini memiliki karakteristik *functional*, yang berarti setiap instansi subjek hanya memiliki satu nilai unik untuk properti tersebut. Hal ini penting untuk menjaga konsistensi data dan struktur semantik yang rapi dalam proses query dan reasoning.

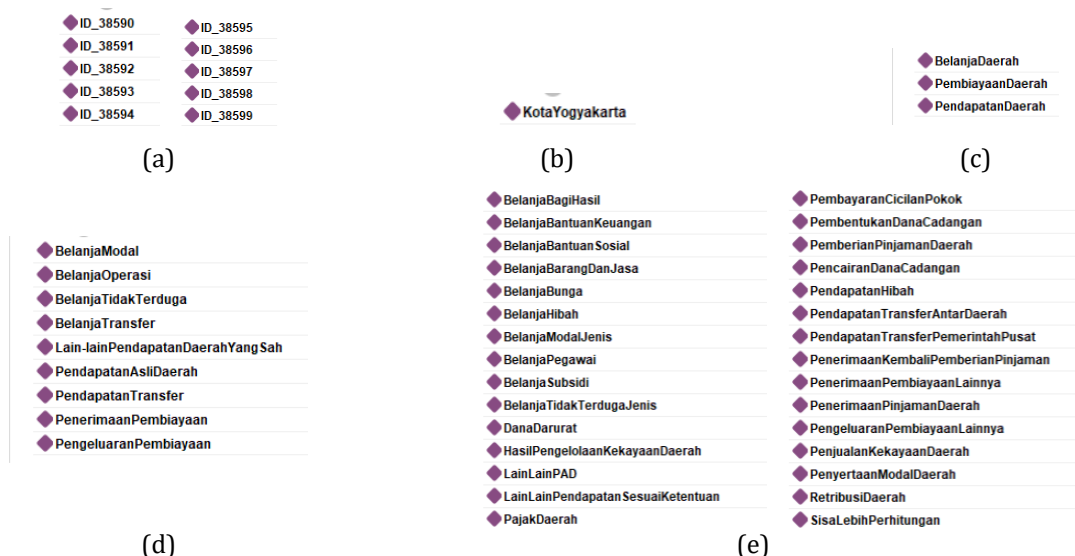
3.2. Instansiasi Ontologi (Individual)

Setelah merancang struktur kelas dan properti dalam ontologi, langkah selanjutnya adalah melakukan instansiasi, yaitu menambahkan individu (*instance*) ke dalam masing-masing kelas untuk merepresentasikan data nyata dari anggaran daerah.

- Kelas Anggaran memiliki instance dengan ID unik seperti ID_38590, ID_38591, dan seterusnya, yang masing-masing mewakili entitas anggaran pada tahun dan daerah tertentu.
- Kelas Daerah mencakup instance seperti KotaYogyakarta, yang merepresentasikan lokasi atau wilayah administratif dari anggaran yang direkam.
- Kelas KategoriAnggaran mencakup instance seperti BelanjaDaerah, PenerimaanPembiayaan, dan PendapatanDaerah, yang menjadi tiga kategori besar dalam struktur keuangan pemerintah daerah.
- Kelas KelompokAnggaran memiliki instance seperti BelanjaModal, BelanjaOperasi, BelanjaTidakTerduga, dan lain sebagainya, yang mengelompokkan anggaran berdasarkan fungsi atau penggunaan utama.

- Kelas JenisAnggaran memuat sejumlah besar instance yang sangat spesifik, seperti BelanjaBantuanKeuangan, PendapatanTransferAntardaerah, PenerimaanKembaliPemberianPinjaman, PajakDaerah, dan lain-lain. Instance pada kelas ini menggambarkan komponen-komponen anggaran yang paling rinci dan operasional dalam pelaksanaan keuangan daerah.

Visualisasi individu-individu tersebut ditampilkan pada Gambar 5, yang menunjukkan bagaimana instansi masing-masing kelas diisi dengan data konkret untuk keperluan semantik dan analisis berbasis RDF.



Gambar 5. (a) Instance dari kelas Anggaran, (b) Instance dari kelas Daerah, (c) Instance dari kelas KategoriAnggaran, (d) Instance dari kelas KelompokAnggaran, (e) Instance dari kelas JenisAnggaran

3.3. Representasi RDF dan SPARQL Query

Representasi RDF dalam ontologi ini menggunakan format serialisasi OWL (.owl) untuk menggambarkan struktur semantik dari data anggaran Kota Yogyakarta. Salah satu contoh data property adalah kodePemda, yang mendeskripsikan kode wilayah administratif dan dimiliki oleh kelas Daerah. Property ini bertipe string, seperti yang ditampilkan pada Script 1. Selain itu, kelas Anggaran direpresentasikan sebagai entitas utama dalam RDF dan ditandai sebagai owl:Class, seperti terlihat pada Script 2.

```
<owl:DatatypeProperty
rdf:about="http://example.org/ontology/regional-
budget#kodePemda">
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#topData
Property"/>
```

```
<owl:Class
rdf:about="http://example.org/ontology/regional-
budget#Anggaran">
<rdfs:label xml:lang="id">Anggaran</rdfs:label>
</owl:Class>
```

<pre> <rdfs:domain rdf:resource="http://example.org/ontology/regional- budget#Daerah"/> <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#stri ng"/> <rdfs:label xml:lang="id">kodePemda</rdfs:label> </owl:DatatypeProperty> </pre>	
Script 1. Representasi RDF untuk Data Property kodePemda	Script 2. Representasi RDF untuk Class Anggaran

Untuk menguji pemanfaatan ontologi ini dalam pengambilan informasi, digunakan beberapa *SPARQL query* untuk menjawab pertanyaan analitik. Sebagai contoh, satu query digunakan untuk menghitung total nilai anggaran berdasarkan kategori untuk Kota Yogyakarta pada tahun 2022 seperti yang terlihat pada Script 3. Hasil query tersebut menunjukkan bahwa kategori "Belanja Daerah" memiliki total anggaran sebesar 754.074.000 dan "Pendapatan Daerah" sebesar 2.806.600.000 seperti terlihat pada Gambar 6.

<pre> PREFIX : <http://example.org/ontology/regional-budget#> PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> SELECT (STR(?labelKategori) AS ?KategoriAnggaran) (SUM(?nilai) AS ?TotalAnggaran) WHERE { ?anggaran a :Anggaran ; :DaerahAnggaran :KotaYogyakarta ; :tahun "2022"^^xsd:int ; :nilaiAnggaran ?nilai ; :TipeAnggaran ?jenis . </pre>	<pre> # Mencari kategori utama melalui hierarki BagianDari ?jenis :BagianDari* ?kelompok . ?kelompok :BagianDari ?kategori . # Filter hanya kategori utama FILTER(?kategori IN (:PendapatanDaerah, :BelanjaDaerah, :PembiayaanDaerah)) ?kategori rdfs:label ?labelKategori . } GROUP BY ?labelKategori ORDER BY DESC(?TotalAnggaran) </pre>
---	---

Script 3. SPARQL Query untuk Menghitung Total Anggaran per Kategori di Kota Yogyakarta Tahun 2022

KategoriAnggaran	TotalAnggaran
"BelanjaDaerah"	7540740000
"PendapatanDaerah"	2806600000

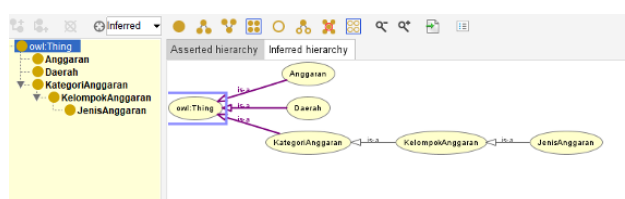
Gambar 6. Hasil Eksekusi Query SPARQL Total Anggaran per Kategori

Contoh-contoh tersebut membuktikan bahwa ontologi tidak hanya berguna untuk representasi struktur data semantik, tetapi juga mendukung pengambilan informasi secara fleksibel dan terstruktur melalui SPARQL. Selanjutnya, berbagai query lain dapat

digunakan untuk menggali hubungan antarentitas, melakukan *gap analysis*, atau menilai distribusi anggaran berdasarkan hierarki dalam ontologi.

3.4. Visualisasi dan Validasi Struktur Ontologi

Untuk memastikan konsistensi, keterbacaan, dan validitas semantik dari struktur ontologi yang telah dibangun, digunakan fitur OWLViz dalam Protégé. Gambar 7 menampilkan hasil visualisasi *inferred hierarchy* yang memperlihatkan relasi antar kelas dan hirarki subclass dalam bentuk graf terstruktur. Visualisasi ini berguna untuk mengidentifikasi keterkaitan semantik antar entitas dan mengonfirmasi apakah struktur kelas yang dirancang telah sesuai dengan hierarki konseptual yang diharapkan.



Gambar 7. Visualisasi Struktur Kelas Ontologi
Menggunakan OWLViz (*Inferred Hierarchy*)

4. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan ontologi berbasis Semantic Web untuk merepresentasikan data Anggaran Murni Pemerintah Kota Yogyakarta tahun 2022. Melalui pendekatan RDF dan OWL, struktur data yang semula bersifat tabular dan statis berhasil diubah menjadi model semantik yang kaya akan relasi dan dapat diproses oleh mesin. Ontologi yang dibangun mencakup lima kelas utama serta relasi antarkelas melalui object property dan data property yang terstruktur. Proses konversi ke RDF dilakukan menggunakan Protégé dan Jena Fuseki, serta divalidasi dengan visualisasi OWLViz dan kueri SPARQL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan RDF dan SPARQL tidak hanya mempermudah eksplorasi dan analisis data anggaran, tetapi juga membuka peluang integrasi dengan sistem dan platform data lain yang menerapkan prinsip *Linked Open Data* (LOD). Penggunaan SPARQL memungkinkan pengambilan informasi kompleks seperti total anggaran, identifikasi belanja di atas rata-rata, serta surplus atau defisit fiskal, yang sebelumnya sulit dilakukan pada data konvensional.

Keunggulan dari pendekatan ini terletak pada fleksibilitas, interoperabilitas, dan skalabilitasnya. Model ontologi yang telah dibangun dapat dengan mudah diadaptasi untuk dataset anggaran tahun berikutnya atau wilayah lain di Indonesia. Selain itu,

struktur semantik yang dihasilkan juga dapat digunakan sebagai fondasi untuk membangun dashboard interaktif berbasis SPARQL yang mendukung pengambilan keputusan publik secara lebih transparan dan terukur.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam menjembatani kesenjangan antara konsep keterbukaan data dan penerapannya pada level pemerintahan daerah. Di masa mendatang, penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan data dari berbagai sektor lain, seperti pendidikan, kesehatan, atau lingkungan, untuk memperkaya ekosistem data semantik daerah secara menyeluruh.

REFERENCES

- [1] L. F. Luna-Reyes, J. C. Bertot, and S. Mellouli, "Open Government, Open Data and Digital Government," *Gov Inf Q*, vol. 31, no. 1, pp. 4–5, 2014, doi: 10.1016/j.giq.2013.09.001.
- [2] B. W. Wirtz, J. C. Weyerer, M. Becker, and W. M. Müller, "Open government data: A systematic literature review of empirical research," *Electronic Markets*, vol. 32, no. 4, pp. 2381–2404, 2022, doi: 10.1007/s12525-022-00582-8.
- [3] N. Petrović, P. Milić, and B. Prlinčević, "Using open government data for economic development," *The European Journal of Applied Economics*, vol. 19, no. 2, pp. 129–141, 2022, doi: 10.5937/EJAE19-39004.
- [4] A. Quarati and R. Albertoni, "Linked Open Government Data: Still a Viable Option for Sharing and Integrating Public Data?," *Future Internet*, vol. 16, no. 3, p. 99, 2024, doi: 10.3390/fi16030099.
- [5] A. R. Durmaz, A. Thomas, L. Mishra, R. N. Murthy, and T. Straub, "An ontology-based text mining dataset for extraction of process-structure-property entities," *Sci Data*, vol. 11, no. 1, p. 1112, 2024, doi: 10.1038/s41597-024-03926-5.
- [6] M. I. Maratsi, C. Alexopoulos, and Y. Charalabidis, "On the Semantic Analysis of Open (Government) Data Portals' Metadata Provision and Schema," in *Proceedings of the 17th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 2024, pp. 147–157. doi: 10.1145/3680127.3680130.
- [7] S. Hoseini, J. Theissen-Lipp, and C. Quix, "A survey on semantic data management as intersection of ontology-based data access, semantic modeling and data lakes," *Journal of Web Semantics*, vol. 81, p. 100819, 2024, doi: 10.1016/j.websem.2024.100819.
- [8] B. Ansari, M. Barati, and E. G. Martin, "Enhancing the usability and usefulness of open government data: A comprehensive review of the state of open government data visualization research," *Gov Inf Q*, vol. 39, no. 1, p. 101657, 2022, doi: 10.1016/j.giq.2021.101657.
- [9] M. C. Catone, "The role of open data in digital society: The analysis of scientific trending topics through a bibliometric approach," *Frontiers in Sociology*, vol. 8, 2023, doi: 10.3389/fsoc.2023.1134518.
- [10] M. Färber, F. Bartscherer, C. Menne, and A. Rettinger, "Linked data quality of DBpedia, Freebase, OpenCyc, Wikidata, and YAGO," *Semant Web*, vol. 9, no. 1, pp. 77–129, 2017, doi: 10.3233/SW-170275.
- [11] D. Garijo and M. Poveda-Villalón, "Best Practices for Implementing FAIR Vocabularies and Ontologies on the Web," 2020. doi: 10.3233/SSW200034.
- [12] F. Kirstein, K. Stefanidis, B. Dittwald, S. Dutkowski, S. Urbanek, and M. Hauswirth, "Piveau: A Large-Scale Open Data Management Platform Based on Semantic Web Technologies," in *Lecture Notes in Computer Science*, 2020, pp. 648–664. doi: 10.1007/978-3-030-49461-2_38.
- [13] F. Cifuentes-Silva, D. Fernández-Álvarez, and J. E. Labra-Gayo, "National Budget as Linked Open Data: New Tools for Supporting the Sustainability of Public Finances," *Sustainability*, vol. 12, no. 11, p. 4551, 2020, doi: 10.3390/su12114551.
- [14] I. Ponzo and E. Milazzo, "Exploring the impact of EU funding on the local governance of migrant integration: the rise of project-driven governance," *Local Government Studies*, pp. 1–20, 2025, doi: 10.1080/03003930.2024.2447880.

-
- [15] K. Serderidis, I. Konstantinidis, G. Meditskos, V. Peristeras, and N. Bassiliades, "d2kg: An integrated ontology for knowledge graph-based representation of government decisions and acts," *Semant Web*, vol. 15, no. 5, pp. 1677–1699, 2024, doi: 10.3233/SW-243535.
 - [16] C. Trojahn, R. Vieira, D. Schmidt, A. Pease, and G. Guizzardi, "Foundational ontologies meet ontology matching: A survey," *Semant Web*, vol. 13, no. 4, pp. 685–704, 2022, doi: 10.3233/SW-210447.
 - [17] E. Rajabi, R. Midha, and J. F. de Souza, "Constructing a knowledge graph for open government data: the case of Nova Scotia disease datasets," *J Biomed Semantics*, vol. 14, no. 1, p. 4, 2023, doi: 10.1186/s13326-023-00284-w.
 - [18] S. Consoli *et al.*, "Producing Linked Data for Smart Cities: The Case of Catania," *Big Data Research*, vol. 7, pp. 1–15, 2017, doi: 10.1016/j.bdr.2016.10.001.
 - [19] B. E. Penteado, J. C. Maldonado, and S. Isotani, "Methodologies for publishing linked open government data on the Web: A systematic mapping and a unified process model," *Semant Web*, vol. 14, no. 3, pp. 585–610, 2023, doi: 10.3233/SW-222896.
 - [20] M. Hofer, D. Obraczka, A. Saeedi, H. Köpcke, and E. Rahm, "Construction of Knowledge Graphs: Current State and Challenges," *Information*, vol. 15, no. 8, p. 509, 2024, doi: 10.3390/info15080509.