

Perancangan dan Evaluasi Struktural Model Geodatabase Identifikasi Wilayah Pengiriman Berbasis Wilayah Administrasi, Kode Pos, dan Kode Lokasi

Sumarno¹, Nada Nafisyah Nurulhakim²

¹Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung

²EFORT Digital Multisolution

*Koresponden email: sumarno@itenas.ac.id

Diterima: 14 Agustus 2026

Disetujui: 21 Agustus 2026

Abstract

Address data exchange in logistics services involves administrative areas, postal codes, organizational location codes, and service zones. In the initial model, these references were stored as combined codes and permanent attributes of area entities, potentially causing redundancy, update anomalies, and ambiguity between location identity and its role as shipment origin or destination. This study aims to design and structurally evaluate a geodatabase model that separates location identity, code schemes, external codes, administrative areas, postal areas, service zones, and location roles in shipment transactions. The study applies the Design Science Research Methodology through problem identification, requirements formulation, artifact design, demonstration, and evaluation. The evaluation was conducted formatively using eight design requirements, six synthetic scenarios, and conceptual mapping to relevant standards. The results show that the model can separate location identity from transaction roles, represent relationships between administrative and postal areas, and manage zone classifications, reference versions, and validity periods. The artifact has not been implemented in a physical database or evaluated for location-identification accuracy and logistics performance in an operational environment.

Keywords: *geodatabase; geographic information system; interoperability; location code; service zone*

Abstrak

Pertukaran data alamat dalam layanan logistik melibatkan informasi wilayah administrasi, kode pos, kode lokasi organisasi, dan zona layanan. Pada model awal, referensi tersebut disimpan sebagai kode gabungan dan atribut permanen pada entitas wilayah sehingga berpotensi menimbulkan redundansi, anomali pemutakhiran, dan ambiguitas antara identitas lokasi dengan perannya sebagai asal atau tujuan pengiriman. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi model geodatabase yang memisahkan identitas lokasi, skema kode, kode eksternal, wilayah administrasi, wilayah pos, zona layanan, dan peran lokasi dalam transaksi. Penelitian menggunakan *Design Science Research Methodology* melalui identifikasi masalah, perumusan persyaratan, perancangan model, demonstrasi, dan evaluasi. Evaluasi dilakukan secara formatif melalui delapan persyaratan desain, enam skenario sintesis, dan pemetaan konseptual terhadap standar terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model dapat memisahkan identitas dan peran transaksi, merepresentasikan hubungan wilayah administrasi dan wilayah pos, serta mengelola klasifikasi zona, versi, dan masa berlaku referensi. Penelitian belum menerapkan artefak pada basis data fisik atau menguji ketepatan identifikasi lokasi dan kinerja logistik pada lingkungan operasional.

Kata Kunci: *geodatabase; sistem informasi geospasial; interoperabilitas; kode lokasi; zona layanan*

1. Pendahuluan

Transformasi digital pada sektor logistik meningkatkan penggunaan pertukaran data antarsistem dalam pengelolaan kiriman, meskipun interpretasi alamat secara manual masih digunakan pada bagian tertentu dari proses operasional. Dalam proses tersebut, data lokasi digunakan untuk memvalidasi alamat, menentukan pusat distribusi, mendukung penyortiran, menyusun rute, melacak pergerakan barang, dan mengarahkan pengantaran. Pemanfaatan data tersebut membutuhkan pengenalan lokasi yang konsisten, dapat ditelusuri sumbernya, dan dapat dipertukarkan antarplatform dalam rantai pasok digital [1], [2].

Dalam sistem logistik, satu alamat pengiriman dapat dikaitkan dengan beberapa referensi lokasi, seperti wilayah administrasi, kode pos, kode lokasi organisasi, dan zona layanan. Referensi tersebut memiliki fungsi, sumber, versi, dan masa berlaku yang berbeda. Jika seluruh referensi disimpan sebagai

atribut tetap pada entitas wilayah, perubahan pada salah satu referensi dapat memerlukan pembaruan pada banyak rekaman. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan redundansi dan ketidaksesuaian data.

Pada model awal penelitian, kode asal (OOO) dan kode tujuan (DDD) disimpan sebagai atribut tetap pada entitas wilayah. Padahal, satu lokasi dapat menjadi asal pada satu pengiriman dan menjadi tujuan pada pengiriman lainnya. Dengan demikian, asal dan tujuan merupakan peran lokasi dalam suatu transaksi, bukan atribut tetap dari lokasi. Pemodelan keduanya perlu ditempatkan pada data pengiriman dan dihubungkan dengan identitas lokasi yang digunakan.

Pemisahan tersebut sejalan dengan konsep dalam ISO 19160-1:2015 yang memodelkan informasi alamat, termasuk identitas, siklus hidup, metadata, dan alias alamat. Standar ini menyediakan model konseptual yang dapat digunakan untuk menghubungkan informasi alamat dari spesifikasi yang berbeda tanpa mengharuskan seluruh organisasi menggunakan struktur data yang sama. Dalam penelitian ini, konsep tersebut digunakan untuk memisahkan identitas lokasi dari berbagai referensi alamat yang digunakan [3]. ISO 19112:2019 juga menjelaskan penggunaan pengenalan geografis untuk menghubungkan suatu pengenalan dengan lokasi. Berdasarkan konsep tersebut, `location_code` dalam penelitian ini digunakan sebagai pengenalan yang merujuk pada `location_entity`. `Location_entity` dapat merepresentasikan wilayah administrasi, pusat distribusi, zona layanan, atau jenis lokasi lainnya. Pada data pengiriman, `origin_location_id` dan `destination_location_id` digunakan untuk menunjukkan lokasi asal dan tujuan. Dengan cara ini, kode eksternal dapat dikelola sebagai data referensi dan tidak perlu disimpan berulang pada setiap transaksi [4].

Pengelolaan referensi kode pos dan kode lokasi juga perlu dilakukan berdasarkan sumbernya. UPU S42 membedakan komponen alamat pos dari templat khusus negara yang mengatur susunan alamat. Dalam penelitian ini, kode pos disimpan sebagai data referensi, sedangkan susunan alamat untuk label, pesan elektronik, atau antarmuka aplikasi dibentuk pada lapisan aplikasi [5]. Selain itu, SNI 7657:2023 yang memuat singkatan nama kota digunakan sebagai salah satu sumber kandidat kode lokasi. Kode tersebut dikaitkan dengan atribut `code_scheme` untuk mencatat informasi penerbit, versi, dan masa berlakunya. Kode tiga huruf digunakan sebagai salah satu pengenalan alternatif dan tidak menggantikan identitas internal maupun kode wilayah administrasi resmi [6].

Data awal penelitian memiliki atribut kode pos dengan panjang tujuh karakter. Namun, sumber dan spesifikasi teknis atribut tersebut belum dapat diverifikasi. Oleh karena itu, pola tujuh karakter tersebut tidak ditetapkan sebagai standar nasional dalam penelitian ini. Nilai kode pos disimpan sebagai karakter agar angka nol di awal tetap dipertahankan. Aturan panjang dan pola kode ditentukan berdasarkan sumber resmi yang dicatat dalam `code_scheme`.

Pengelolaan beberapa referensi lokasi dalam satu basis data memerlukan struktur yang dapat menyimpan atribut, hubungan, dan aturan integritas data. Basis data geospasial menyediakan fasilitas tersebut, tetapi integrasi data dari berbagai sumber tetap memerlukan harmonisasi, dokumentasi sumber, dan validasi [7]. Pemutakhiran juga perlu mempertahankan data yang masih berlaku dan memperbarui data yang mengalami perubahan [8]. Dalam penelitian ini, kebutuhan tersebut diterapkan melalui identitas internal, masa berlaku, dan hubungan antar wilayah.

Beberapa penelitian telah membahas pemodelan alamat dan geocoding. Sutanta dkk mengembangkan model alamat dan kerangka geocoding yang menyesuaikan struktur alamat dengan hierarki wilayah di Indonesia [9]. Hristov dkk membahas kebutuhan rekonsiliasi alamat dan pemilihan metode geocoding berdasarkan karakteristik data [10]. Penelitian tersebut menjadi dasar dalam memahami struktur alamat dan proses penghubungan alamat dengan lokasi. Namun, belum dibahas secara khusus pemodelan beberapa referensi lokasi yang digunakan dalam transaksi logistik, seperti wilayah administrasi, kode pos, kode lokasi organisasi, dan zona layanan, sekaligus dengan peran lokasi sebagai asal atau tujuan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini membahas tiga pertanyaan, yaitu bagaimana merancang model geodatabase yang memisahkan identitas lokasi dari perannya sebagai asal atau tujuan dalam transaksi pengiriman; bagaimana memodelkan hubungan antara wilayah administrasi, kode pos, kode lokasi, dan zona layanan dengan mengurangi penyimpanan data berulang serta mempertahankan informasi versi dan masa berlaku; dan sejauh mana rancangan tersebut memenuhi persyaratan desain dan dapat dipetakan terhadap konsep dalam standar informasi alamat dan referensi geografis yang digunakan?

2. Metode Penelitian

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan *Design Science Research Methodology* (DSRM) karena luaran utama penelitian berupa model geodatabase sebagai artefak penelitian. Model tersebut dirancang untuk menangani permasalahan pemisahan identitas lokasi, referensi kode, zona layanan, dan peran lokasi dalam transaksi

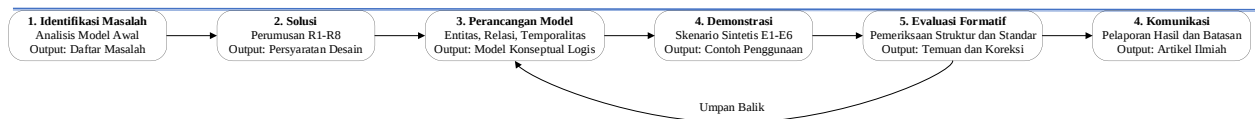
pengiriman. Dalam paradigma *design science*, pengetahuan mengenai permasalahan dan solusi diperoleh melalui proses perancangan, pembangunan, dan evaluasi artefak [11], [12]. Kerangka penelitian mengadaptasi tahapan DSRM Peffers dkk. [13] dengan menyesuaikannya pada proses perancangan dan evaluasi struktural model geodatabase.

Berdasarkan masalah pada model awal, standar yang relevan, dan penelitian terdahulu, penelitian menetapkan delapan persyaratan desain, yaitu identitas internal yang unik dan stabil; representasi hierarki dan masa berlaku wilayah; pemisahan identitas lokasi dari peran transaksi; dukungan beberapa skema kode; relasi administrasi dengan pos yang tidak dibatasi satu ke satu; klasifikasi zona layanan multidimensi; keterlacakan sumber; serta pemutakhiran setiap referensi secara independen. Setiap persyaratan diterjemahkan ke dalam elemen model dan kriteria penerimaan yang dirangkum pada Tabel 1 sebagai dasar perancangan dan evaluasi model geodatabase.

Tabel 1. Persyaratan Desain Model

ID	Persyaratan Desain	Masalah yang Ditangani	Kriteria Penerimaan Struktural
R1	Identitas internal unik dan stabil	Perubahan kode atau nama mengubah identitas objek	Setiap lokasi mempunyai <code>location_id</code> permanen; kode eksternal dikelola terpisah dan berversi.
R2	Hierarki, masa berlaku, dan riwayat perubahan wilayah	Riwayat hilang ketika terjadi pemekaran, penggabungan, atau perubahan nama	Tersedia <code>parent_area_id</code> , <code>valid_from</code> , <code>valid_to</code> , dan relasi <code>area_lineage</code> .
R3	Pemisahan identitas lokasi dan peran transaksi	Lokasi diperlakukan tetap sebagai asal atau tujuan	<code>origin_location_id</code> dan <code>destination_location_id</code> hanya disimpan pada shipment.
R4	Dukungan beberapa skema kode	Satu kode dipaksa menggantikan seluruh pengenalan lainnya	Kode dihubungkan dengan <code>code_scheme</code> ; beberapa kode atau alias dapat merujuk pada satu lokasi.
R5	Relasi wilayah administrasi-pos yang fleksibel	Sistem memaksakan asumsi satu wilayah terhadap satu kode pos	Relasi disimpan melalui tabel penghubung; kardinalitas mengikuti sumber resmi.
R6	Klasifikasi zona layanan multidimensi	Fungsi kawasan, tipe permukiman, dan kepadatan bercampur dalam satu kategori	Dimensi klasifikasi disimpan terpisah; CCC hanya merupakan kode turunan.
R7	Keterlacakan sumber dan proses derivasi	Asal data dan proses pembentukan objek tidak dapat diketahui	Setiap objek atau hasil derivasi dapat ditelusuri ke dataset sumber, versi, tanggal, metode, dan lisensi.
R8	Pemutakhiran referensi secara independen	Perubahan satu referensi memaksa perubahan seluruh kode gabungan	Wilayah, kode, kode pos, dan zona mempunyai identitas serta masa berlaku masing-masing.

Penelitian dilakukan melalui enam tahap. Tahap pertama mengidentifikasi masalah melalui pemeriksaan struktur model awal, dependensi atribut, redundansi, kardinalitas hubungan, dan pemisahan data referensi dari transaksi. Tahap kedua merumuskan tujuan model dan persyaratan desain R1-R8 berdasarkan masalah model awal, standar yang relevan, dan penelitian terdahulu. Tahap ketiga merancang model konseptual dan logis yang mencakup entitas, atribut, kunci, hubungan, domain nilai, aturan temporal, dan keterlacakan sumber. Tahap keempat mendemonstrasikan model menggunakan enam skenario sintesis. Tahap kelima mengevaluasi model secara formatif dalam lingkungan artifisial melalui pemeriksaan struktur, penelusuran skenario, dan pemetaan konseptual terhadap standar. Tahap keenam mengomunikasikan model, hasil evaluasi, keterbatasan, dan agenda pengujian berikutnya dalam artikel ilmiah. Keenam tahap tersebut disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Tahapan *Design Science Research Methodology* pada Penelitian

2.2. Data dan Ruang Lingkup Model

Perancangan model menggunakan standar, dokumen referensi, model awal, dan skenario sintetis. Penelitian tidak menggunakan data transaksi aktual untuk menguji kinerja model. Contoh batas wilayah, kode pos, dan raster kepadatan yang terdapat pada model awal tidak digunakan sebagai bukti empiris karena metadata sumber, versi, tanggal, skala atau resolusi, sistem koordinat, metode prapengolahan, dan ketentuan penggunaannya belum tersedia secara lengkap. Oleh karena itu, evaluasi penelitian dibatasi pada struktur model, aturan relasi, dan skenario sintetis. Bahan dan data yang menjadi dasar perancangan serta evaluasi model disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan dan Data yang Digunakan

No.	Bahan atau Data	Fungsi dalam Penelitian	Sumber	Status Penggunaan
1	Model awal identifikasi wilayah pengiriman	Objek analisis masalah dan dasar perubahan model	Dokumen kerja penelitian	Digunakan
2	ISO 19160-1:2015	Konsep alamat, siklus hidup, metadata, dan alias	ISO	Acuan konseptual
3	ISO 19112:2019	Pengenalan geografis dan konsep gazetteer	ISO	Acuan konseptual
4	UPU S42	Komponen dan templat alamat pos	Universal Postal Union	Acuan konseptual
5	SNI 7657:2023	Kandidat sumber singkatan nama kota	Badan Standardisasi Nasional	Acuan; cakupan dan keunikan belum diuji
6	Skenario sintetis E1-E6	Demonstrasi dan evaluasi struktur	Disusun peneliti	Digunakan

2.3. Perancangan Model Geodatabase

Model geodatabase dirancang dengan memisahkan data referensi lokasi dan data transaksi pengiriman. `location_entity` menjadi identitas internal yang stabil dan digunakan sebagai rujukan bagi berbagai informasi lokasi. Wilayah administrasi disimpan pada `administrative_area` dengan atribut nama, tingkat administrasi, hierarki, masa berlaku, dan geometri. Pemisahan ini memungkinkan perubahan nama, kode, atau karakteristik wilayah dilakukan tanpa mengubah identitas internal lokasi.

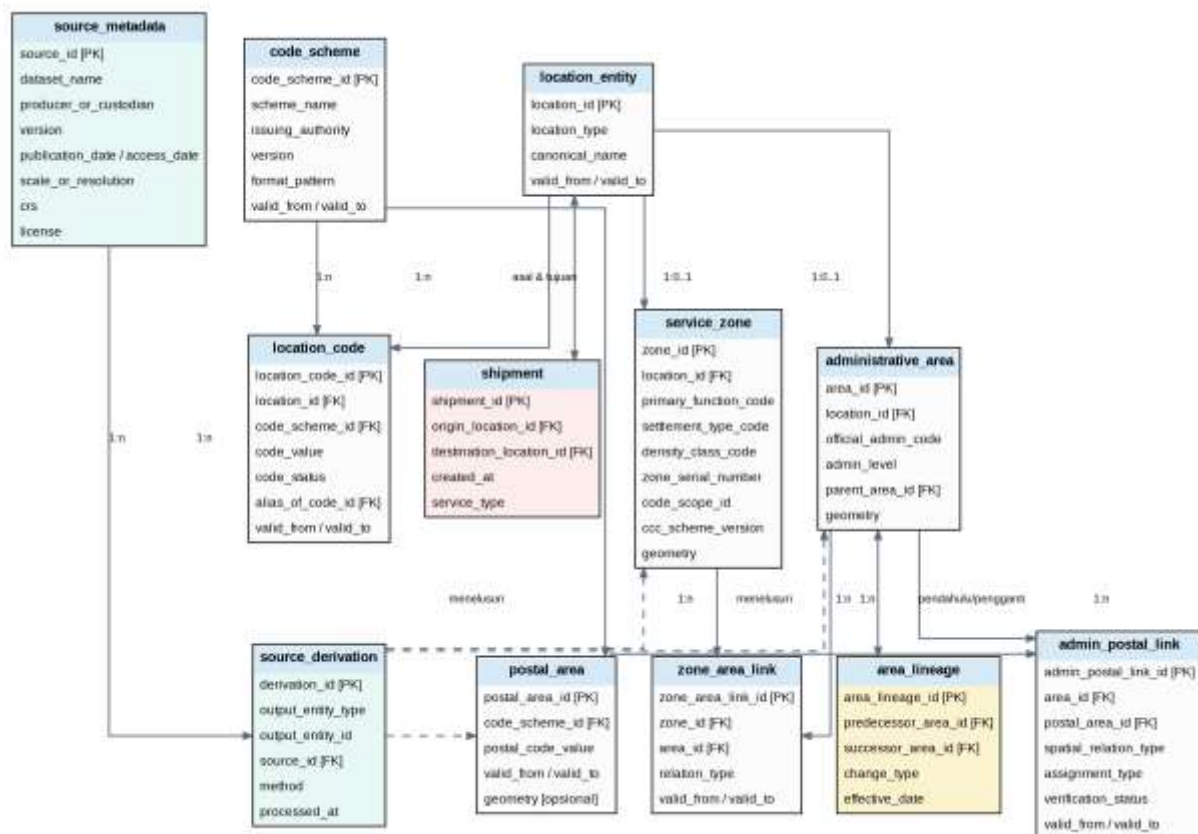
Referensi kode dimodelkan melalui `code_scheme` dan `location_code`. `code_scheme` mencatat penerbit, versi, pola, dan masa berlaku skema, sedangkan `location_code` menyimpan nilai kode yang merujuk pada `location_entity`. Satu lokasi dapat memiliki beberapa kode atau alias dari skema yang berbeda. Wilayah pos direpresentasikan melalui `postal_area`, sedangkan hubungan dengan wilayah administrasi disimpan pada `admin_postal_link`. Struktur tersebut memungkinkan satu wilayah administrasi memiliki beberapa hubungan dengan wilayah pos tanpa menetapkan kardinalitas satu-ke-satu.

Zona layanan direpresentasikan melalui `service_zone` dan dihubungkan dengan wilayah administrasi menggunakan `zone_area_link`. Zona dapat mencakup satu atau beberapa wilayah administrasi dan memiliki klasifikasi serta masa berlaku sendiri. Sementara itu, `shipment` menyimpan `origin_location_id` dan `destination_location_id` sebagai foreign key ke `location_entity`. Asal dan tujuan dengan demikian diperlakukan sebagai peran lokasi dalam transaksi, bukan sebagai atribut permanen pada data referensi.

Keterlacakan data dikelola melalui `source_metadata` dan `source_derivation`. `source_metadata` mencatat informasi sumber, versi, tanggal, skala atau resolusi, sistem koordinat, metode pengolahan, dan ketentuan penggunaan. `source_derivation` digunakan untuk mencatat sumber dan proses pembentukan objek yang berasal dari satu atau beberapa dataset. Atribut `valid_from` dan `valid_to` digunakan pada data yang memiliki masa berlaku, sedangkan perubahan hubungan antarwilayah dicatat melalui `area_lineage`.

Struktur tersebut membentuk pemisahan antara identitas lokasi, referensi kode, wilayah, zona layanan, transaksi, dan sumber data. Hubungan antar entitas digunakan untuk menjaga keterkaitan tanpa

menyimpan referensi yang sama secara berulang. Model konseptual beserta hubungan antar entitas ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Model Konseptual Geodatabase

2.4. Aturan Pengelolaan Kode Lokasi, Kode Pos, dan Kode CCC

Entitas `location_code` menyimpan kode eksternal yang digunakan untuk mengenali suatu `location_entity` berdasarkan skema kode tertentu. Sumber kode dapat berupa skema resmi atau skema internal organisasi yang telah didokumentasikan. SNI 7657:2023 diperlakukan sebagai kandidat sumber singkatan nama kota dan harus diuji cakupan serta keunikannya sebelum digunakan sebagai skema kode lokasi. Informasi mengenai penerbit, versi, pola format, dan masa berlaku skema disimpan pada `code_scheme`, sedangkan `location_code` menyimpan nilai kode, status kode, periode berlaku, dan hubungan dengan kode utama apabila nilai tersebut merupakan alias.

Label OOO dan DDD tidak disimpan sebagai atribut permanen pada data referensi lokasi. Keduanya hanya menyatakan peran lokasi dalam suatu transaksi. Entitas `shipment` menyimpan `origin_location_id` dan `destination_location_id`, sedangkan nilai kode yang ditampilkan diperoleh dari `location_code` berdasarkan skema dan versi yang berlaku. Apabila kode yang tercetak pada label atau dikirim melalui pesan elektronik harus dapat direkonstruksi, transaksi perlu menyimpan referensi terhadap versi kode yang digunakan ketika transaksi dibuat.

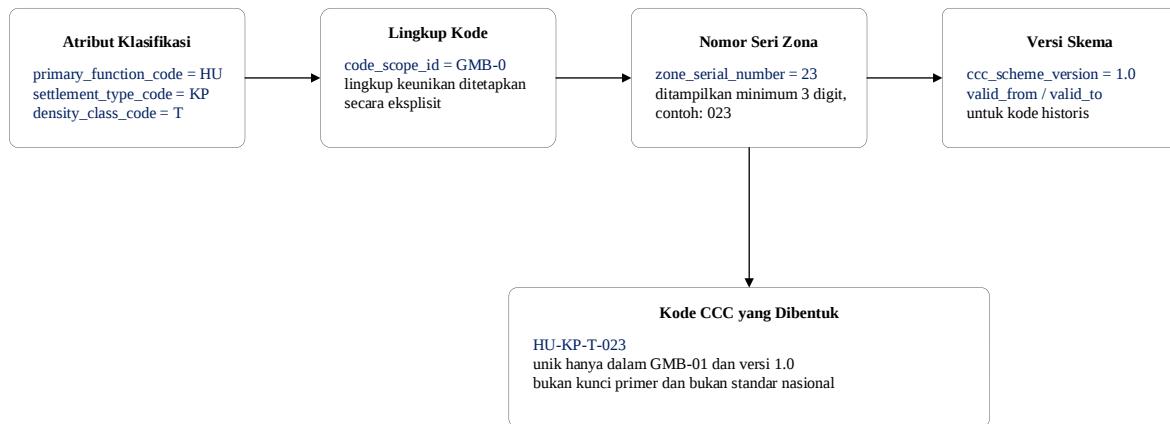
Atribut `postal_code_value` disimpan menggunakan tipe data karakter agar angka nol pada posisi awal tetap dipertahankan dan nilai kode tidak diperlakukan sebagai bilangan. Panjang serta pola kode divalidasi berdasarkan `code_scheme` yang menjadi sumbernya. Hubungan antara `administrative_area` dan `postal_area` disimpan melalui entitas `admin_postal_link`. Entitas penghubung mencatat relasi spasial, dasar penetapan hubungan, periode berlaku, dan status verifikasi dalam atribut yang terpisah karena relasi spasial, hubungan pelayanan, dan status historis merupakan dimensi yang berbeda.

Kode CCC dirancang sebagai kode operasional yang diturunkan secara deterministik dari atribut klasifikasi pada `service_zone`. Model awal menggabungkan fungsi kawasan, tipe permukiman, dan kelas kepadatan ke dalam satu kategori serta menggunakan satu huruf sebagai pembeda objek, sehingga setiap kombinasi kategori hanya menyediakan 26 nilai. Model memisahkan `primary_function_code`, `settlement_type_code`, `density_class_code`, dan `zone_serial_number`. Nomor seri ditetapkan satu kali, tidak digunakan kembali, dan harus unik dalam lingkup kode yang dinyatakan melalui `code_scope_id`.

Sebagai ilustrasi, kode HU-KP-T-023 menunjukkan fungsi utama hunian (HU), tipe permukiman perkampungan (KP), kelas kepadatan tinggi (T), dan nomor seri zona 023. Kode tersebut hanya berlaku dalam lingkup dan versi skema klasifikasi yang ditetapkan serta tidak dimaksudkan sebagai standar nasional. *zone_id* tetap digunakan sebagai *primary key* dan tidak berubah ketika klasifikasi zona diperbarui. Kode CCC disimpan bersama *ccc_scheme_version*, *valid_from*, dan *valid_to* agar kode lama tetap dapat ditelusuri apabila nomenklatur atau aturan pembentukannya berubah. Proses pembentukan kode CCC dari atribut zona layanan ditunjukkan pada **Gambar 3**. Komponen pembentuk kode dan aturan pengelolaannya dirangkum pada **Tabel 3**.

Proses Pembentukan Kode CCC dari Atribut Zona Layanan

zone_id tetap menjadi identitas utama: CCC merupakan kode operasional turunan



Gambar 3. Proses Pembentukan Kode CCC dari Atribut Klasifikasi Zona Layanan

Tabel 3. Atribut Klasifikasi dan Aturan Pembentukan Kode CCC

Atribut	Contoh	Fungsi	Aturan Pengelolaan
primary_function_code	PM, PJ, FU, HU	Fungsi utama zona	Ditetapkan berdasarkan aturan dominansi yang terdokumentasi; fungsi tambahan disimpan melalui relasi <i>zone_function</i> .
settlement_type_code	AP, PR, KP	Tipe permukiman	Dipisahkan dari fungsi kawasan; status tidak berlaku, tidak diketahui, dan belum dinilai dicatat terpisah.
density_class_code	T, S, R	Kelas kepadatan	Ambang, unit, wilayah perhitungan, tahun data, dan versi metode harus didokumentasikan.
zone_serial_number	23, ditampilkan 023	Nomor seri zona	Disimpan sebagai bilangan bulat, ditetapkan satu kali, dan unik dalam <i>code_scope_id</i> .
code_scope_id	GMB-01	Lingkup keunikan kode CCC	Lingkup dapat berupa wilayah administrasi, zona pelayanan induk, atau lingkup organisasi yang dinyatakan secara eksplisit.
ccc_scheme_version	1.0	Versi aturan pembentukan kode	Memungkinkan kode lama direkonstruksi setelah nomenklatur atau aturan klasifikasi berubah.
ccc_code	HU-KP-T-023	Kode operasional turunan	Bukan <i>primary key</i> ; dibentuk dari atribut klasifikasi dan hanya unik dalam <i>code_scope_id</i> .

2.5. Rancangan Klasifikasi Kepadatan dan Pembentukan Zona Layanan

Dalam demonstrasi konseptual, raster kepadatan ditempatkan sebagai salah satu masukan untuk membentuk atribut `density_class`. Variabel, satuan, tahun, resolusi, cakupan, dan metode pembentukan raster harus ditetapkan sebelum klasifikasi dilakukan. Metode Natural Breaks (Jenks) dapat digunakan pada tahap eksplorasi untuk mengelompokkan nilai berdasarkan pola distribusi data [14]. Batas kelas yang dihasilkan bergantung pada distribusi data sehingga dapat berubah ketika cakupan wilayah, periode data, resolusi, atau jumlah kelas diubah. Lingkup klasifikasi harus ditetapkan sebelum pengolahan dilakukan. Klasifikasi nasional diperlukan apabila kelas akan dibandingkan antarwilayah, sedangkan klasifikasi lokal hanya menggambarkan posisi relatif di dalam wilayah analisis. Apabila digunakan ambang tetap, dasar penetapan setiap ambang harus dijelaskan. Jumlah kelas, nilai batas, lingkup perhitungan, tahun data, dan versi metode harus disimpan sebagai metadata analisis.

Hasil klasifikasi dapat ditumpangsusunkan dengan unit analisis yang telah ditetapkan, misalnya wilayah administrasi atau wilayah pelayanan eksisting, untuk menghasilkan kandidat `service_zone`. Hasil penumpangsusunkan belum merupakan zona layanan operasional sebelum diverifikasi menggunakan kriteria jaringan, kapasitas, beban pelayanan, dan aturan organisasi. Untuk raster kategoris, komposisi setiap kandidat zona dihitung sebagai proporsi luas masing-masing kelas. Untuk raster kontinu, ringkasan dapat dihitung melalui statistik zonal, seperti rata-rata, median, atau persentil.

Pembentukan zona layanan memerlukan kriteria operasional yang terukur, seperti fungsi kawasan, aksesibilitas jaringan, cakupan pusat distribusi, kapasitas pelayanan, dan batas wilayah kerja. Setiap kriteria harus dihubungkan dengan dataset, metode pengukuran, bobot, dan aturan keputusan yang terdokumentasi. Karena data tersebut belum tersedia dalam penelitian ini, pembentukan zona layanan diperlakukan sebagai rancangan konseptual dan tidak menjadi dasar klaim empiris.

2.6. Strategi Evaluasi

Evaluasi model dilakukan secara formatif dalam lingkungan artifisial dengan mengadaptasi prinsip *Framework for Evaluation in Design Science* (FEDS) [15]. Evaluasi bertujuan menemukan kelemahan pada struktur entitas, hubungan, kardinalitas, pengelolaan waktu, keterlacakan sumber, dan pemisahan antara data referensi dan transaksi sebelum model diterapkan pada basis data fisik. Evaluasi mencakup tiga kegiatan. Pertama, pemeriksaan statis terhadap kelengkapan entitas, atribut, kunci, hubungan, dan aturan temporal. Kedua, pemetaan konseptual elemen model terhadap konsep yang relevan dalam ISO 19160-1:2015, ISO 19112:2019, UPU S42, dan SNI 7657:2023. Ketiga, penelusuran enam skenario sintesis E1-E6. Pemetaan konseptual tidak ditafsirkan sebagai bukti kepatuhan terhadap standar.

Setiap skenario mencakup tujuan evaluasi, data uji sintesis, prosedur penelusuran, kriteria penerimaan, dan persyaratan desain yang disajikan dalam **Tabel 4**. Karena model belum diterapkan pada sistem manajemen basis data, evaluasi dilakukan melalui pemeriksaan model konseptual dan logis. Penelitian belum menguji pelaksanaan aturan integritas, transaksi basis data, atau kinerja kueri secara langsung. Pemeriksaan dilakukan oleh tim peneliti dan belum melibatkan evaluator independen atau pengguna dari penyelenggara logistik.

Tabel 4. Skenario Evaluasi Struktural

ID	Tujuan	Data Uji Sintesis	Prosedur	Kriteria Penerimaan	Persyaratan
E1	Pemisahan identitas dan peran	Dua lokasi sintesis dan dua transaksi berlawanan	Membentuk lokasi satu kali; membuat transaksi A-B dan B-A	Rekaman lokasi tetap; asal dan tujuan hanya berubah pada shipment	R1, R3
E2	Fleksibilitas relasi administrasi-pos	Dua wilayah, dua wilayah pos, tiga hubungan	Menyimpan seluruh hubungan melalui <code>admin_postal_link</code>	Tidak ada kolom kode pos berulang; kardinalitas tidak dipaksa satu-ke-satu	R5, R7
E3	Riwayat perubahan wilayah	Satu wilayah lama dan dua wilayah baru	Mengakhiri wilayah lama; membentuk wilayah baru; mencatat <code>area_lineage</code>	Wilayah lama tidak dihapus; masa berlaku dan riwayat perubahan wilayah tercatat	R2, R8

ID	Tujuan	Data Uji Sintetis	Prosedur	Kriteria Penerimaan	Persyaratan
E4	Kemampuan kode CCC	120 zona dalam satu code_scope_id	Memberi nomor seri 1-120 dan membentuk kode	Semua nomor unik; tidak dibatasi 26 huruf; kode dapat direkonstruksi	R6, R8
E5	Perubahan versi kode	Satu lokasi dengan kode lama dan kode baru	Mengakhiri kode lama; menambah kode baru pada versi lain	location_id tetap; kode lama dan baru dapat ditelusuri	R1, R4, R8
E6	Keterlacakan derivasi	Satu zona yang berasal dari dua sumber sintetis	Menelusuri objek ke sumber dan proses pembentukan	Sumber, versi, tanggal, dan metode dapat dicatat	R7

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Perancangan Model Geodatabase

Artefak penelitian berupa model konseptual dan logis geodatabase yang dirancang untuk mengelola identitas lokasi, wilayah administrasi, skema kode, kode lokasi, wilayah pos, zona layanan, transaksi pengiriman, riwayat perubahan wilayah, dan metadata sumber. Entitas yang merepresentasikan objek geografis dapat menyimpan geometri sesuai jenis objeknya. Entitas administrative_area dan service_zone umumnya direpresentasikan sebagai poligon, sedangkan postal_area menyimpan geometri hanya apabila batas wilayah pos tersedia dari sumber yang dapat diverifikasi.

Entitas code_scheme, location_code, dan source_metadata berfungsi sebagai tabel referensi. Entitas admin_postal_link, zone_area_link, area_lineage, dan source_derivation digunakan untuk menyimpan hubungan antardata dan keterlacakan sumber. Entitas shipment menyimpan transaksi pengiriman. Setiap entitas memiliki *primary key*, sedangkan hubungan antartabel menggunakan *foreign key* sesuai dengan fungsi masing-masing.

Perubahan utama dari model awal adalah pemisahan identitas lokasi dari perannya dalam transaksi. Pada model yang dihasilkan, OOO dan DDD tidak disimpan sebagai atribut permanen pada entitas referensi lokasi. Keduanya digunakan sebagai label peran pada struktur pesan, label kiriman, atau antarmuka aplikasi. Entitas shipment menyimpan origin_location_id dan destination_location_id sebagai *foreign key* yang mengacu pada location_entity. Kode yang digunakan untuk penyajian atau pertukaran data diperoleh melalui location_code dan code_scheme.

Model tidak menggunakan gabungan kode lokasi, kode pos, dan kode CCC sebagai *primary key* karena ketiga referensi tersebut mempunyai sumber, fungsi, lingkup, dan masa berlaku yang berbeda sehingga perlu dikelola secara terpisah. Gabungan kode tetap dapat dibentuk untuk label kiriman atau struktur pesan pada lapisan aplikasi, tetapi tidak disimpan sebagai identitas utama lokasi.

Tabel 5. Ringkasan Kamus Data Model Geodatabase

Entitas	Fungsi	Primary Key	Hubungan Utama	Aturan Integritas
location_entity	Identitas internal lokasi	location_id	Dirujuk oleh kode, zona, wilayah, dan transaksi	Identitas tidak berubah ketika nama atau kode eksternal berubah.
administrative_area	Wilayah administrasi dan geometri	area_id	Merujuk location_id; terhubung dengan pos, zona, dan riwayat perubahan wilayah	Kode resmi tidak digunakan sebagai <i>primary key</i> internal.
code_scheme	Penerbit, versi, pola, dan masa berlaku skema	code_scheme_id	Dirujuk location_code dan postal_area	Penerbit, nama skema, dan versi harus dapat dibedakan.
location_code	Kode eksternal atau alias lokasi	location_code_id	Merujuk location_id dan code_scheme_id	Keunikan diperiksa dalam skema dan periode berlaku yang sama.

Entitas	Fungsi	Primary Key	Hubungan Utama	Aturan Integritas
postal_area	Kode pos dan geometri opsional	postal_area_id	Terhubung dengan wilayah administrasi	Kode disimpan sebagai tipe karakter.
admin_postal_link	Hubungan wilayah administrasi-pos	admin_postal_link_id	Merujuk area_id, postal_area_id, dan sumber	Relasi spasial, dasar hubungan, masa berlaku, dan verifikasi dipisahkan.
service_zone	Zona pelayanan dan klasifikasi	zone_id	Merujuk location_id; terhubung dengan wilayah	CCC bukan <i>primary key</i> dan hanya unik dalam lingkup serta versi tertentu.
zone_area_link	Hubungan zona dengan wilayah	zone_area_link_id	Merujuk zone_id dan area_id	Mendukung zona yang melintasi batas administrasi.
shipment	Transaksi dan peran asal-tujuan	shipment_id	Merujuk origin_location_id dan destination_location_id	Asal dan tujuan hanya disimpan sebagai peran transaksi.
area_lineage	Riwayat perubahan wilayah	area_lineage_id	Menghubungkan wilayah pendahulu dan pengganti	Mendukung pemekaran, penggabungan, dan penggantian wilayah.
source_metadata	Metadata sumber	source_id	Dirujuk oleh entitas dan derivasi	Sumber, versi, tanggal, sistem koordinat, metode, dan lisensi dicatat.
source_derivation	Keterlacakan objek turunan	derivation_id	Menghubungkan objek hasil, sumber, dan proses	Objek turunan dapat ditelusuri ke sumber dan metode pembentukannya.

3.2. Hasil Evaluasi Struktural

Evaluasi struktural dilakukan menggunakan beberapa skenario sintetis untuk memeriksa kemampuan model dalam merepresentasikan kebutuhan utama. Pada skenario E1, dua lokasi sintetis (LOC-A dan LOC-B) digunakan sebagai referensi. Pada transaksi pertama LOC-A berperan sebagai asal dan LOC-B sebagai tujuan, sedangkan pada transaksi kedua perannya dibalik. Kedua transaksi dapat direpresentasikan tanpa mengubah rekaman referensi lokasi. Hasil ini menunjukkan bahwa pemisahan identitas lokasi dan peran transaksi dapat diterapkan pada tingkat model konseptual. Pengujian tersebut belum mencakup integritas referensial pada basis data fisik maupun kinerja pada volume transaksi yang besar.

Pada E2, tiga rekaman sintetis pada admin_postal_link digunakan untuk menghubungkan dua administrative_area dengan dua postal_area. Struktur tersebut dapat menyimpan lebih dari satu hubungan antara wilayah administrasi dan wilayah pos tanpa menambahkan kolom kode pos pada administrative_area. Hasil ini menunjukkan kemampuan representasi model, tetapi belum dapat digunakan untuk menetapkan kardinalitas hubungan yang sebenarnya pada data kode pos Indonesia.

Pada E3, valid_from dan valid_to digunakan untuk mencatat masa berlaku wilayah, sedangkan area_lineage digunakan untuk menghubungkan wilayah pendahulu dan wilayah pengganti. Struktur ini memungkinkan riwayat perubahan tetap disimpan tanpa menghapus rekaman wilayah yang sudah tidak berlaku.

Pada E4, sebanyak 120 zona sintetis diberi zone_serial_number yang unik dalam satu code_scope_id. Nomor disimpan sebagai bilangan bulat dan ditampilkan dengan lebar minimum tiga digit. Dengan pendekatan tersebut, kapasitas kode tidak dibatasi oleh jumlah huruf alfabet atau tiga digit yang ditentukan secara tetap. Kode CCC juga tidak digunakan sebagai identitas utama sehingga perubahan skema tidak mengharuskan perubahan pada identitas zona.

Pada E5, perubahan kode direpresentasikan dengan mempertahankan location_id, mengakhiri masa berlaku kode lama, dan menambahkan kode baru pada skema atau versi yang sesuai. Pada E6,

source_metadata dan source_derivation dapat digunakan untuk menyimpan sumber dan proses pembentukan data. Namun, keterlacakan aktual belum dapat diuji karena metadata dataset empiris yang diperlukan belum tersedia.

Tabel 6. Ringkasan Hasil Evaluasi Struktural

Skenario	Bukti yang Diperiksa	Temuan	Status	Batas Interpretasi
E1	location_entity dan asal-tujuan pada shipment	Dua lokasi digunakan dalam dua arah transaksi tanpa mengubah data referensi	Memenuhi pada model konseptual	Belum diuji pada basis data fisik atau transaksi besar.
E2	admin_postal_link	Lebih dari satu hubungan dapat disimpan tanpa menambah kolom kode pos	Memenuhi pada model konseptual	Kardinalitas aktual harus ditentukan dari data resmi.
E3	valid_from, valid_to, area_lineage	Wilayah lama dan pengganti dapat dipertahankan	Memenuhi pada model konseptual	Aturan pemekaran, penggabungan, dan perubahan nama perlu dibedakan.
E4	zone_serial_number, code_scope_id, ccc_scheme_version	120 zona dapat diberi nomor unik dalam lingkup yang sama	Memenuhi pada model konseptual	Keunikan lintas lingkup tidak dijamin oleh CCC saja.
E5	code_scheme, location_code, masa berlaku	Kode lama dan pengganti merujuk pada lokasi yang sama	Memenuhi pada model konseptual	Belum diuji menggunakan daftar kode aktual.
E6	source_metadata dan source_derivation	Struktur dapat mencatat sumber dan proses derivasi	Memenuhi sebagian	Metadata dataset aktual dan bukti penelusuran belum tersedia.

Hasil evaluasi tersebut masih terbatas pada pemeriksaan model konseptual dan logis. Model belum diterapkan pada sistem manajemen basis data, menjalankan aturan integritas secara otomatis, atau menguji kinerja kueri dan transaksi.

3.3. Pemetaan Konseptual terhadap Standar dan Referensi

Tabel 7 menunjukkan pemetaan beberapa konsep dalam model terhadap standar dan referensi yang digunakan. Pemetaan tersebut bertujuan untuk menjelaskan dasar konseptual model dan bukan merupakan penilaian kepatuhan terhadap keseluruhan ketentuan setiap standar. ISO 19160-1:2015 digunakan sebagai rujukan bagi pengelolaan masa berlaku, metadata, dan alias alamat. ISO 19112:2019 digunakan sebagai rujukan bagi hubungan antara pengenalan geografis dan entitas lokasi. UPU S42 menjadi rujukan untuk membedakan komponen alamat dari format penyajiannya. SNI 7657:2023 diperlakukan sebagai kandidat sumber singkatan nama kota, bukan sebagai skema kode lokasi yang telah terbukti cakupan dan keunikannya.

Tabel 7. Pemetaan Konseptual Model Terhadap Standar dan Referensi

Referensi	Konsep yang Dirujuk	Representasi dalam Model	Tingkat Pemetaan	Batas Klaim
ISO 19160-1:2015	Model alamat, siklus hidup, metadata, dan alias	valid_from, valid_to, source_metadata, hubungan kode utama dan alias	Sebagian	Belum menerapkan seluruh kelas, atribut, dan hubungan dalam standar.
ISO 19112:2019	Pengenalan geografis dan gazetteer	location_code menghubungkan code_scheme dengan location_entity	Sebagian	Belum membangun layanan gazetteer atau uji kesesuaian.

Referensi	Konsep yang Dirujuk	Representasi dalam Model	Tingkat Pemetaan	Batas Klaim
UPU S42	Komponen alamat dan templat format	Komponen referensi dipisahkan dari format label atau struktur pesan	Terbatas	Belum menerapkan templat alamat Indonesia atau pengujian S42.
SNI 7657:2023	Singkatan nama kota	Kandidat masukan bagi code_scheme dan location_code	Belum diuji	Cakupan, keunikan, perubahan versi, dan kelayakan sebagai kode belum diperiksa.
Kode wilayah administrasi Indonesia	Identitas dan hierarki wilayah	official_admin_code, tingkat, masa berlaku, dan hierarki	Belum dapat ditetapkan	Dataset, lembaga penerbit, versi, dan dasar resmi harus dikunci.

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa hubungan antara model dan standar masih berada pada tingkat sebagian atau terbatas. Model belum menerapkan seluruh kelas dan hubungan dalam ISO 19160-1, belum membangun layanan gazetteer berdasarkan ISO 19112, dan belum menerapkan templat alamat khusus negara berdasarkan UPU S42. Sumber kode wilayah administrasi dan daftar singkatan kota juga masih memerlukan verifikasi versi, cakupan, dan masa berlaku.

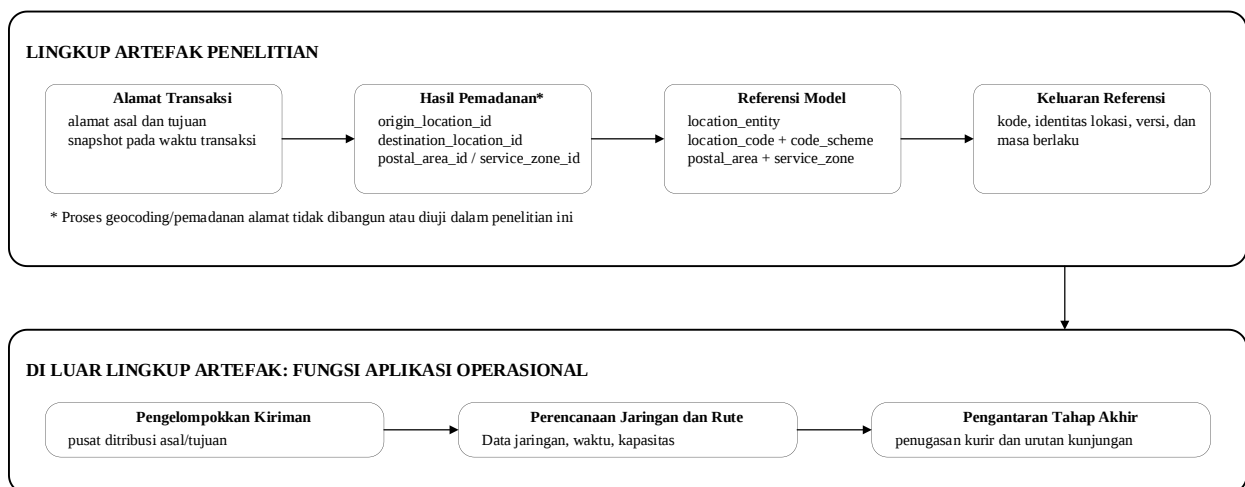
3.4. Demonstrasi Pemanfaatan Referensi Lokasi dalam Transaksi Pengiriman

Dalam skenario demonstrasi, alamat asal dan tujuan diasumsikan telah dipadankan dengan location_entity, postal_area, dan, apabila tersedia, service_zone. Proses pemadanan alamat tidak dibangun atau diuji dalam penelitian ini.

Aplikasi operasional dapat menggunakan origin_location_id dan kode eksternal yang berlaku untuk menentukan pengelompokan awal atau pusat distribusi asal. Pasangan lokasi asal dan tujuan dapat diteruskan kepada aplikasi perencanaan jaringan atau penentuan rute bersama data jaringan dan parameter operasional lain yang tidak menjadi bagian dari model penelitian.

Pada wilayah tujuan, aplikasi operasional dapat menggunakan destination_location_id, referensi kode pos, dan zona layanan yang berlaku untuk menentukan pengelompokan berikutnya. Pada tahap pengantaran akhir, informasi tersebut perlu digunakan bersama alamat transaksi yang tersimpan sebagai rekaman historis. Batas penggunaan model dalam skenario tersebut disajikan pada **Gambar 4**.

Posisi Referensi Lokasi dalam Skenario Transaksi Pengiriman



Gambar 4. Posisi Referensi Lokasi dalam Skenario Transaksi Pengiriman

Model tidak mencakup fungsi geocoding, validasi alamat, pemilihan pusat distribusi, penentuan moda transportasi, penyusunan urutan pusat distribusi, perhitungan rute, atau penugasan kurir. Fungsi-fungsi tersebut perlu disediakan oleh aplikasi operasional lain yang dapat menggunakan identitas dan referensi lokasi dari model sebagai data masukan. Oleh karena itu, demonstrasi hanya menggambarkan pertukaran referensi lokasi antartahap dan tidak menilai kinerja proses logistik.

3.5. Pembahasan

Hasil perancangan menunjukkan bahwa pemisahan identitas lokasi dan peran lokasi dalam transaksi menjadi bagian penting dalam model yang dihasilkan. Pada model awal, kode kota ditempatkan sebagai atribut OOO atau DDD pada entitas wilayah sehingga identitas lokasi bercampur dengan perannya sebagai asal atau tujuan. Model yang dihasilkan menggunakan `location_id` sebagai identitas internal, sedangkan `origin_location_id` dan `destination_location_id` menyatakan peran lokasi pada transaksi. Pendekatan ini memungkinkan satu lokasi digunakan pada transaksi yang berbeda tanpa membuat rekaman lokasi baru untuk setiap peran.

Model juga memisahkan wilayah administrasi, wilayah pos, skema kode, dan zona layanan beserta hubungan dan masa berlakunya. Hubungan antara wilayah administrasi dan wilayah pos ditempatkan pada `admin_postal_link`, sehingga model tidak perlu mengasumsikan hubungan satu-ke-satu. Pendekatan yang sama digunakan untuk zona layanan melalui `zone_area_link`, sehingga suatu zona dapat dikaitkan dengan lebih dari satu wilayah administrasi apabila kondisi pelayanan mengharuskannya. Apabila perubahan hanya terjadi pada hubungan pelayanan pos, rekaman hubungan dapat diperbarui tanpa mengubah objek wilayah administrasi. Perubahan batas wilayah tetap harus dikelola sebagai perubahan geometri dan masa berlaku wilayah.

Pemisahan atribut klasifikasi zona dari kode CCC memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan kode. Model awal menggabungkan fungsi kawasan, tipe permukiman, dan kelas kepadatan dalam satu daftar kategori, padahal ketiga dimensi tersebut dapat berlaku secara bersamaan pada zona yang sama. Model yang dihasilkan menyimpan ketiga dimensi tersebut sebagai atribut terpisah. Kode CCC dibentuk sebagai kode turunan berdasarkan atribut klasifikasi, `code_scope_id`, dan `ccc_scheme_version`. Kode tersebut tidak digunakan sebagai *primary key* dan tidak menggantikan atribut pembentuknya.

Evaluasi struktural menunjukkan bahwa kebutuhan tersebut dapat direpresentasikan pada tingkat model konseptual dan logis. Skenario E1 sampai E5 menunjukkan bahwa model dapat menangani pemisahan peran transaksi, hubungan wilayah administrasi dan wilayah pos, perubahan wilayah, pembentukan kode zona, serta perubahan kode lokasi. Sementara itu, E6 menunjukkan bahwa struktur keterlacakan sumber telah disediakan, tetapi belum dapat diuji menggunakan dataset empiris karena metadata sumber belum tersedia. Hasil ini menunjukkan kemampuan representasi model, tetapi belum menjadi bukti bahwa model tersebut telah memenuhi kebutuhan operasional pada basis data fisik.

Pemetaan terhadap ISO 19160-1, ISO 19112, UPU S42, dan SNI 7657:2023 juga menunjukkan bahwa model memiliki keterkaitan konseptual dengan beberapa konsep dalam standar dan referensi tersebut. Namun, pemetaan tersebut belum dapat digunakan sebagai bukti kepatuhan terhadap keseluruhan standar. Demikian pula, penelitian ini belum membuktikan peningkatan ketepatan identifikasi lokasi, akurasi penyortiran, penurunan kesalahan pengiriman, atau percepatan perhitungan rute karena fungsi dan metrik tersebut berada di luar pengujian yang dilakukan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil. Model geodatabase yang dikembangkan belum diimplementasikan pada sistem manajemen basis data spasial sehingga pengujian aturan *primary key*, *foreign key*, keunikan kode, kardinalitas, masa berlaku, dan keterlacakan sumber masih terbatas pada tingkat model konseptual dan logis. Data demonstrasi spasial juga belum memiliki metadata sumber dan karakteristik dataset yang lengkap sehingga belum digunakan untuk menilai cakupan, akurasi, maupun kinerja model secara empiris. Selain itu, struktur dan karakteristik kode pos tujuh karakter pada data awal belum didukung dokumentasi resmi yang memadai sehingga format tersebut tidak diperlakukan sebagai standar nasional atau diasumsikan memiliki hubungan satu-ke-satu dengan wilayah administrasi. Evaluasi model masih bersifat formatif dan dilakukan dalam lingkungan penelitian tanpa melibatkan evaluator independen maupun pengguna dari lingkungan operasional logistik, sehingga penerimaan dan kegunaannya dalam kondisi nyata belum dapat dinilai secara menyeluruh. Klasifikasi kepadatan dan pembentukan zona layanan juga masih bersifat konseptual karena belum menggunakan variabel operasional seperti aksesibilitas jaringan, cakupan pusat distribusi, kapasitas pelayanan, beban pengiriman, dan batas wilayah kerja. Selanjutnya, pemetaan terhadap ISO 19160-1, ISO 19112, UPU S42, dan SNI 7657:2023 masih dilakukan pada tingkat konsep dan struktur yang relevan, sedangkan mekanisme `source_metadata` dan `source_derivation` belum diuji menggunakan dataset empiris multisumber. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai rancangan model yang masih memerlukan implementasi, validasi empiris, dan pengujian lebih lanjut pada lingkungan operasional.

Evaluasi lanjutan perlu dilakukan dengan kondisi pembandingan dan metrik yang ditetapkan sebelum pengujian. Pada tingkat basis data, pengujian dapat mencakup kode duplikat, rekaman tanpa referensi, konflik masa berlaku, keberhasilan rekonstruksi riwayat, dan waktu pemutakhiran data. Setelah fungsi pemadanan alamat dan aplikasi operasional tersedia, evaluasi dapat mencakup keberhasilan pemadanan

lokasi, waktu pencarian, kesalahan penentuan pusat distribusi dan zona pengantaran akhir, serta kinerja kueri. Evaluasi pengguna juga diperlukan untuk menilai keterbacaan kode, kemudahan pengelolaan data, dan kesesuaiannya dengan proses kerja. Prinsip pemisahan identitas dan peran, pengelolaan beberapa skema referensi, pemodelan hubungan temporal, dan kriteria evaluasi struktural dapat diuji pada kasus logistik lainnya. Penerapannya tetap perlu disesuaikan dengan skema kode, sumber data, aturan pelayanan, dan kebutuhan transaksi pada masing-masing organisasi.

4. Kesimpulan

Penelitian menghasilkan model konseptual dan logis geodatabase yang memisahkan identitas internal lokasi, skema kode, kode eksternal, wilayah administrasi, wilayah pos, zona layanan, dan transaksi pengiriman. Entitas shipment menggunakan `origin_location_id` dan `destination_location_id` untuk merepresentasikan peran lokasi sebagai asal dan tujuan. Struktur tersebut mengoreksi model awal yang menyimpan OOO dan DDD sebagai atribut permanen pada entitas wilayah.

Hubungan antara `administrative_area` dan `postal_area` dimodelkan melalui `admin_postal_link` sehingga model tidak memaksakan asumsi satu-ke-satu. Zona layanan menyimpan fungsi kawasan, tipe permukiman, kelas kepadatan, dan nomor seri sebagai atribut terpisah. Kode CCC dibentuk sebagai kode operasional turunan berdasarkan lingkup dan versi skema tertentu serta tidak digunakan sebagai *primary key*.

Evaluasi struktural menunjukkan bahwa sebagian besar persyaratan desain dapat direpresentasikan pada model konseptual setelah penambahan `location_entity`, `code_scheme`, `area_lineage`, `code_scope_id`, dan `ccc_scheme_version`. Persyaratan keterlacakan sumber baru terpenuhi sebagian karena metadata dataset aktual dan bukti derivasi multisumber belum lengkap. Hasil tersebut tidak membuktikan peningkatan kinerja operasional. Pengujian lanjutan memerlukan implementasi basis data fisik, data terverifikasi, kondisi pembanding, evaluator independen, dan metrik yang ditetapkan sebelum pengujian.

5. Referensi

- [1] M. Cichosz, C. M. Wallenburg, and A. M. Knemeyer, "Digital Transformation at Logistics Service Providers: Barriers, Success Factors and Leading Practices," *The International Journal of Logistics Management*, vol. 31, no. 2, pp. 209–238, 2020, doi: 10.1108/IJLM-08-2019-0229.
- [2] L. Ning and D. Yao, "The Impact of Digital Transformation on Supply Chain Capabilities and Supply Chain Competitive Performance," *Sustainability*, vol. 15, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su151310107>
- [3] International Organization for Standardization, *ISO 19160-1:2015 Addressing — Part 1: Conceptual model*. 2015.
- [4] International Organization for Standardization, *ISO 19112:2019 Geographic information — Spatial referencing by geographic identifiers*. 2019.
- [5] Universal Postal Union, *S42: International postal address components and templates*. 2020.
- [6] BSN, *SNI 7657:2023 Singkatan Nama Kota*. Indonesia, 2023.
- [7] F. Noardo, "Multisource Spatial Data Integration for Use Cases Application," *Transactions in GIS*, vol. 26, no. 7, pp. 2874–2913, Nov. 2022, doi: 10.1111/tgis.12987.
- [8] Z. K. Zhai, J. W. Liu, J. J. Liu, W. H. Zhao, Y. Gao, and J. Che, "Dynamic Updating Method of Geospatial Database with Incremental Data," in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, May 2022, pp. 735–741. doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-735-2022.
- [9] H. Sutanta, N. P. P. Chintya, D. Laksono, D. Atunggal, and Diyono, "Developing Address Model and Geocoding Framework for Urban Area in Indonesia," in *Proceeding Geo-Land-SEA 2023*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2023, pp. 18–29.
- [10] E. Hristov, D. Petrova-antonova, F. De Paoli, I. Krasteva, M. Ciavotta, and R. Avogadro, "Geospatial Data Enrichment through Address Geocoding: Challenges and Solutions," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLVIII, pp. 239–245, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-2024-239-2024>
- [11] J. vom Brocke, A. Hevner, and A. Maedche, "Introduction to Design Science Research," Springer, Cham, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-46781-4_1.
- [12] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, "Design Science in Information Systems Research," *MIS Quarterly*, vol. 28, no. 1, pp. 75–106, 2004, doi: 10.2307/25148625.

-
- [13] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, 2007, doi: 10.2753/MIS0742-1222240302.
 - [14] J. Chen, S. Yang, H. Li, B. Zhang, and J. Lv, "Research on Geographical Environment Unit Division Based on The Method of Natural Breaks (Jenks)," in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2013, pp. 47–50. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-4-W3-47-2013.
 - [15] J. Venable, J. Pries-Heje, and R. Baskerville, "FEDS: a Framework for Evaluation in Design Science Research," *European Journal of Information Systems*, vol. 25, no. 1, pp. 77–89, 2016, doi: 10.1057/ejis.2014.36.