



Evaluasi Format Data CityGML dan CityJSON untuk Kadaster 3D di Indonesia (*Evaluation CityGML and CityJSON Data Format for 3D Cadastre in Indonesia*)

Romanza Wiradinata Putra¹, Trias Aditya²

¹ Mahasiswa Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

² Dosen Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

Penulis Korespondensi: Romanza Wiradinata Putra | **Email:** romanza.w@mail.ugm.ac.id

Diterima (*Received*): 24/Oct/2022 Direvisi (*Revised*): 14/Dec/2022 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 27/Jun/2023

ABSTRAK

Infrastruktur, prosedur serta rangkaian kebijakan perlu disiapkan oleh pemerintah dalam rangka implementasi kadaster 3D di Indonesia. Untuk mendukung upaya pengembangan sistem kadaster 3D di Indonesia, terlebih dahulu perlu menyusun dan mempersiapkan beberapa kebutuhan. Salah satu kebutuhan yang paling mendukung implementasi kadaster 3D di Indonesia adalah terkait dengan penggunaan format data. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi model CityGML dan CityJSON melalui proses konversi IFC menjadi CityGML dan CityGML ke CityJSON berdasarkan hasil pengecekan dan validasi terhadap setiap fitur dan elemen model CityGML dan CityJSON sehingga dapat memberikan rekomendasi kepada pemerintah dalam menentukan format data yang tepat untuk menyimpan dan memvisualisasikan model kadaster 3D. Data yang digunakan adalah elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase* pada model IFC stasiun MRT Bundaran HI dan Blok M Jakarta. Konversi IFC ke CityGML dilakukan di perangkat *eveBIM*, *FME*, dan *FZK*. Pada masing-masing *software* dilakukan percobaan untuk membandingkan representasi geometri fitur dari model CityGML berdasarkan ada tidaknya kesalahan berupa penambahan atau pengurangan geometri fitur. Dengan demikian dapat dievaluasi model CityGML manakah yang memiliki representasi model 3D paling baik dan *software* yang paling tepat digunakan untuk konversi IFC ke CityGML. Dari evaluasi tersebut dapat diketahui pula apakah model CityGML dapat dikonversi menjadi model CityJSON serta apakah model 3D tersebut memiliki kesalahan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa model CityGML yang dikonversi pada perangkat *FME* dan *FZK* memiliki representasi geometri fitur yang baik dan sesuai dengan geometri fitur asalnya yaitu model IFC, sedangkan model CityGML hasil konversi *eveBIM* tidak representatif karena banyak ditemukan kesalahan. Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa visualisasi model CityJSON tidak dapat dilakukan pada elemen CityGML yang direpresentasikan dalam LoD-4. Sampai dengan penelitian ini dilakukan, skema *encoding* CityGML versi 3 belum ditetapkan sebagai standar resmi sehingga perangkat lunak yang menangani konversi IFC ke CityGML masih menggunakan CityGML versi 2.

Kata kunci : Kadaster 3D, Konversi, IFC, CityGML, CityJSON, Kesalahan, Evaluasi

ABSTRACT

Infrastructure, procedures and policies need to be prepared by government in context of implementation 3D cadastral in Indonesia. To support development 3D cadastral system in Indonesia, it is first to prepare and organize several requirements. One of them that most support implementation of 3D cadastral in Indonesia is the use of data format. Therefore, this research aims to evaluate process of converting IFC into CityGML and CityGML to CityJSON. Evaluation conducted by checking and validating each feature and element of CityGML and CityJSON model. Based on evaluation, it can provide an overview to relevant agencies to determine appropriate data format to store and visualize 3D cadastral model. This research was conducted using IfcSpace and IfcWallStandardCase elements on the IFC model of the Bundaran HI and Blok M MRT Jakarta station. IFC to CityGML conversion is done with eveBIM, FME, and FZK software. In each software, experiment was conducted to compare the representation of geometry features of the CityGML model based on errors such as addition or subtraction of feature geometry. Thus it can be evaluated which CityGML model has best representation of 3D model and the most appropriate software to convert IFC to CityGML. From the evaluation, it can also be seen whether CityGML model can be converted into a CityJSON model and 3D model has errors. CityGML model converted in FME and FZK has a complete feature geometry representation and according to original feature geometry in IFC model element, while CityGML model converted in eveBIM is not representative because many errors are found. CityJSON model visualization cannot be performed on CityGML elements represented in LoD-4, as adopted by CityGML 2nd version. Until this research was conducted, the encoding scheme of CityGML 3rd version has not been established as an official standard so software that handles IFC to CityGML conversion is still using CityGML 2nd version.

Keywords: 3D Cadastre, Conversion, IFC, CityGML, CityJSON, Error, Evaluation

1. Pendahuluan

Riset yang dilakukan oleh Tim Kajian Basisdata Kadaster 3D UGM, (2021) menyatakan bahwa salah satu hal yang menjadi kebutuhan untuk mendukung pengembangan kadaster 3D adalah terkait penggunaan format data objek kadaster 3D. Hal tersebut perlu disiapkan guna menghindari permasalahan yang berkaitan dengan interoperabilitas (berbagi pakai) data. Selain itu, format data menjadi hal penting karena turut mendukung kesiapan pengembangan sistem informasi yang mendukung implementasi kadaster 3D. Di Indonesia, saat ini masing-masing instansi masih menggunakan data 3D dengan kepentingan dan formatnya sendiri-sendiri sehingga belum diterapkan prinsip pertukaran data antar instansi. Akibatnya, format data 3D seringkali hanya berlaku untuk instansi tersebut. Dengan demikian, satu objek 3D dapat memiliki lebih dari satu representasi berbeda yang tidak saling *interoperable*. Kedepannya, kebutuhan pertukaran data dari berbagai instansi yang terkait dengan data kadaster 3D sangat mungkin terjadi. Oleh karena itu, kajian mengenai kesepakatan penggunaan format data model kadaster 3D perlu dilakukan guna mewujudkan interoperabilitas data antar instansi.

Untuk keperluan kadaster 3D, perlu dipilih format data 3D yang memenuhi beberapa persyaratan, seperti kemampuan untuk menyimpan geometri, atribut dan topologi 3D, dapat menyajikan model pada tingkat kedetilan yang berbeda-beda, terhubung pada basisdata untuk keperluan *query* serta dapat diimplementasikan pada skema *Land Administration Domain Model* (LADM) (Atunggal et al., 2020; Sulistyawati dkk, 2019; Sulistyawati dkk, 2018). Dari hasil studi literatur, diketahui bahwa bangunan dapat direpresentasikan menggunakan model *Industry Foundation Classes* (IFC) dan *City Geographic Markup Language* (CityGML). Kedua format data tersebut sudah menjadi standar internasional untuk lingkup BIM dan GIS, sehingga penggunaan kedua format data tersebut untuk kadaster 3D akan sangat mendukung upaya berbagi pakai data (Noardo et al., 2021).

IFC merupakan format standar penyimpanan data yang dikembangkan oleh BuildingSMART dalam lingkup BIM. BIM didefinisikan sebagai sistem, manajemen, metode, atau runutan pengerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi terkait dari keseluruhan aspek bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan ke dalam model 3D. Data BIM merupakan sebuah basis data yang berisikan informasi geometri dan semantik mengenai desain dan konstruksi bangunan (Solihin et al., 2017). Sementara itu, CityGML merupakan format standar penyimpanan data yang dikembangkan oleh *Open Geospatial Consortium* (OGC) dalam menyimpan model digital 3D perkotaan (Gröger et al., 2012). CityGML memungkinkan penggunaannya untuk menyimpan dan bertukar data spasial 3D secara efektif untuk berbagai

aplikasi seperti perencanaan kota, kadaster 3D, manajemen fasilitas, dan simulasi lingkungan (Gröger and Plümer, 2012).

Model IFC dan CityGML dapat digunakan untuk identifikasi unit properti yang akurat, representasi batas kadaster yang lebih baik, dan visualisasi bangunan kompleks yang terperinci (Sun et al., 2019). Akan tetapi, perlu digaris bawahi bahwa format data IFC tidak cocok apabila digunakan untuk merepresentasikan model kadaster 3D. Ketidaksesuaian tersebut terkait dengan adanya beberapa objek (fitur) pada elemen bangunan yang tidak diperlukan pada model 3D yang disajikan di lingkup GIS terlebih jika terkait dengan kadaster 3D. Atazadeh dkk., (2021) dan Daum & Borrmann, (2014) juga mengatakan bahwa BIM memiliki keterbatasan dalam hal manajemen, visualisasi data, serta analisis spasial di dalam sebuah bangunan. Pada akhirnya konversi IFC ke CityGML perlu dilakukan guna menyederhanakan dan menghilangkan informasi dari model BIM, dalam hal ini adalah IFC, sehingga lebih sesuai dengan format CityGML dalam konteks kadaster 3D (El-Mekawy dkk., 2011).

Berdasarkan beberapa uraian tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut terkait dengan konversi format data dari model IFC ke dalam CityGML. Akan tetapi, format data CityGML memiliki kelemahan dalam hal visualisasi dan manajemen model data 3D pada sebuah *website* sebab memiliki skema *encoding* yang kompleks dan tidak efektif serta memiliki ukuran data yang besar. Dalam model CityGML, hirarki untuk satu bangunan sederhana dapat menjadi agak dalam (*nested*) karena diterjemahkan ke dalam banyak kelas yang bersarang dan hirarkis dalam format XML (Ledoux et al., 2019). Dengan demikian, perlu dilakukan pula konversi model CityGML menjadi CityJSON. Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi model CityGML dan CityJSON melalui proses konversi berdasarkan hasil pengecekan dan validasi terhadap setiap fitur dan elemen sehingga dapat memberikan rekomendasi kepada pemerintah dalam menentukan format data yang tepat untuk menyimpan dan memvisualisasikan model kadaster 3D.

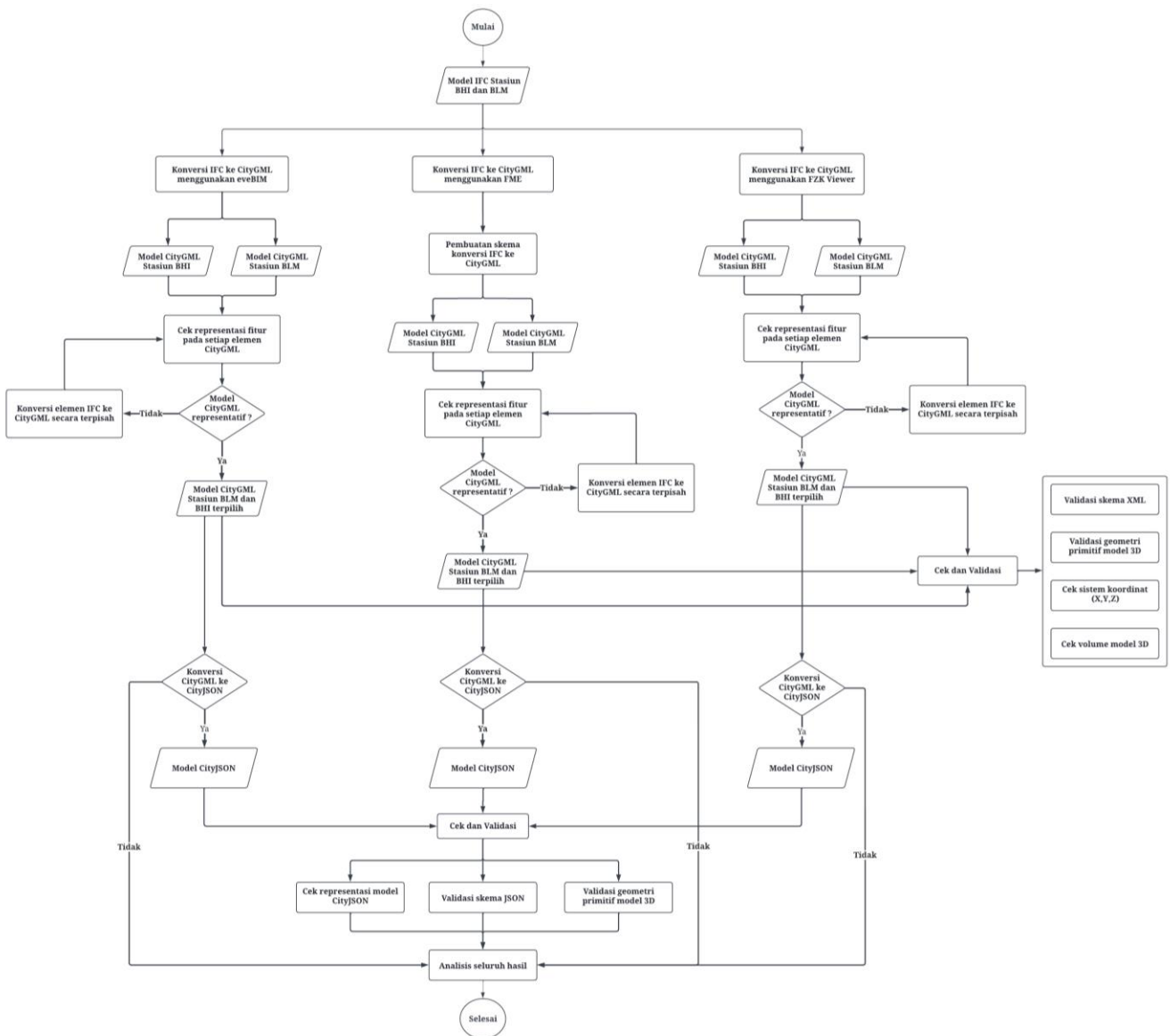
2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Dalam penelitian ini, data IFC yang digunakan adalah model 3D stasiun MRT Bundaran HI (BHI) dan stasiun Blok M (BLM) yang sebelumnya telah dibuat pada penelitian yang dilakukan oleh Atunggal dkk., (2020). Model IFC tersebut dalam format 2x3 dan dibuat dari data *as built drawing* (ABD) yang diperoleh dari PT. MRT Jakarta.

2.2. Metodologi

Berikut ini merupakan diagram alir pelaksanaan penelitian.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Persiapan Data dan Perangkat

Tabel 1 Daftar perangkat lunak

| No | Nama Perangkat Lunak/website | Versi | Sifat | Kegunaan |
|----|---|-----------|------------|---|
| 1 | eveBIM | 3.4.1.414 | Terbuka | Konversi IFC ke CityGML dan 3D viewer |
| 2 | FME Workbench | 2021.2.2 | Berlisensi | Konversi IFC ke CityGML |
| 3 | FME Data Inspector | 2021.2.2 | Berlisensi | 3D viewer |
| 4 | FZK Viewer | 6.4 | Terbuka | Konversi IFC ke CityGML dan 3D viewer |
| 5 | CityGML Tools | 1.4.4 | Terbuka | Validasi XML dan Konversi CityGML ke CityJSON |
| 6 | Val3Dity | 2.2 | Terbuka | Validasi Geometri Primitif Model CityGML dan CityJSON |
| 7 | https://validator.cityjson.org/ | - | Terbuka | Validasi JSON |
| 8 | https://ninja.cityjson.org/# | 0.6.1 | Terbuka | 3D Viewer model CityJSON |
| 9 | Microsoft Office Word 365 | - | Berlisensi | Pembuatan Laporan Akhir |

Data dalam format IFC secara umum dapat memodelkan aspek semantik hingga level yang sangat detail, namun pada penelitian ini semantik yang digunakan sudah disesuaikan dengan kebutuhan kadaster 3D, yaitu elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase*. Pemilihan kedua elemen tersebut mengacu pada penelitian yang telah dilakukan

oleh Hajji dkk., (2021), Atazadeh dkk., (2019), Rashidan dkk., (2021), Sun, (2019), serta Oldfield dkk., (2017).

Konversi IFC ke CityGML

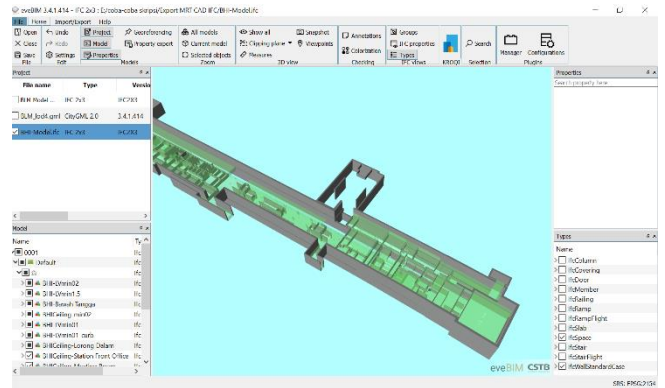
Model CityGML dihasilkan dari proses konversi yang dilakukan di perangkat lunak eveBIM, FME, dan FZK. Penulis menggunakan ketiga perangkat tersebut untuk proses konversi sebab terbukti mampu menangani konversi IFC menjadi CityGML. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya literatur yang menggunakan perangkat lunak FME dan FZK Viewer untuk proses konversi IFC ke CityGML atau bahkan sebaliknya. Akan tetapi, untuk eveBIM sampai saat ini memang masih jarang ditemukan publikasi yang melibatkan perangkat eveBIM untuk proses konversi. Alasan lain yang mendasari pemilihan ketiga perangkat lunak tersebut adalah pengguna dapat dengan mudah memperolehnya di *website* resmi masing-masing

perangkat lunak dengan disertai beberapa publikasi yang menjelaskan metode konversi IFC ke CityGML yang digunakan oleh masing-masing perangkat tersebut. Selain itu, perangkat lunak yang berbasis *Generic User Interface* (GUI) sehingga lebih memudahkan penggunaanya dalam memahami perintah-perintah untuk konversi data beserta dengan model 3D hasil konversinya.

Adapun tujuan konversi IFC ke CityGML yang dilakukan dengan menggunakan 3 (tiga) perangkat lunak adalah untuk mengetahui perangkat lunak manakah yang paling cocok digunakan untuk proses konversi jika ditinjau dari kesalahan yang dihasilkan sehingga dapat ditentukan perangkat lunak dengan model CityGML yang memiliki representasi yang baik dan sedikit kesalahan. Selain itu, penulis dalam penelitian ini juga ingin membuktikan apakah jenis perangkat yang digunakan berpengaruh terhadap ada tidaknya kesalahan yang dihasilkan dari proses konversi format data yang ditujukan untuk kadaster 3D.

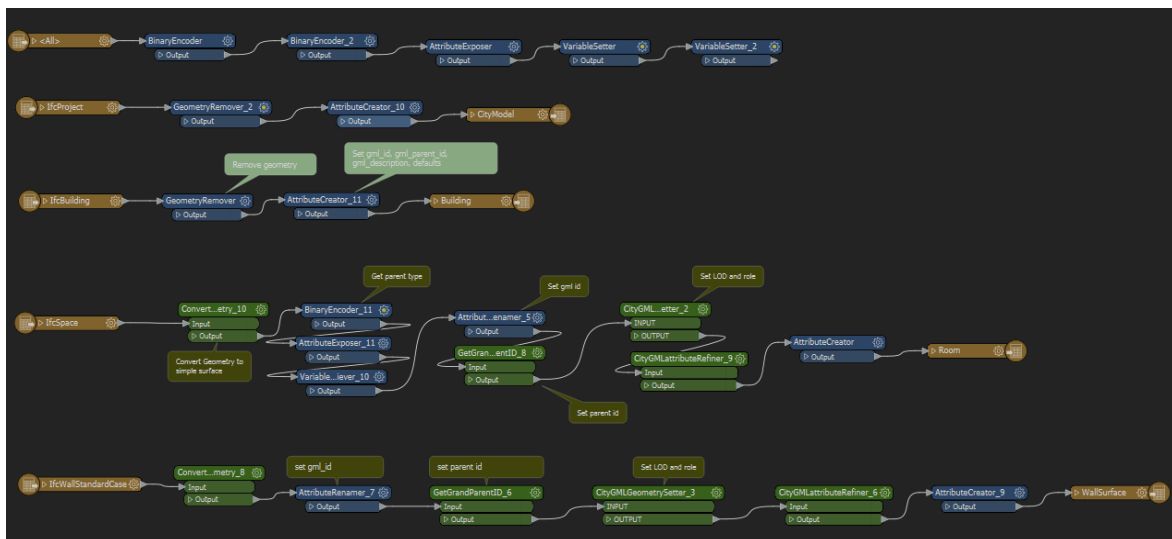
Pada setiap perangkat lunak dilakukan beberapa percobaan konversi terhadap salah satu atau kedua elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase*. Hal ini dilakukan agar diperoleh model CityGML dengan representasi fitur yang baik sehingga meminimalisir beberapa kesalahan. Kesalahan tersebut dapat berupa fitur yang tidak terkonversi dengan benar sebagaimana sesuai dengan geometri pada elemen IFC, data atribut yang tidak lengkap, format penamaan ID fitur yang salah, serta adanya elemen CityGML hasil konversi yang tidak memiliki hubungan semantik dengan elemen IFC. Akan tetapi apabila model CityGML yang dikonversi telah memiliki representasi fitur yang cukup baik, maka tidak perlu dilakukan beberapa kali percobaan. Pada penelitian ini, representasi model CityGML dievaluasi dari ada tidaknya fitur yang tidak lengkap, berkurang, atau bertambah pada setiap elemen CityGML serta terhadap data atribut yang memuat informasi semantik setiap fitur.

1. Konversi model IFC ke CityGML menggunakan eveBIM
Konversi menggunakan perangkat lunak eveBIM dilakukan dengan sangat mudah karena pengguna cukup memilih elemen IFC yang hendak dikonversi dan pada akhirnya model CityGML yang dikehendaki sudah dapat terbentuk. eveBIM tidak menggunakan skema konversi dalam memetakan elemen IFC menjadi CityGML.



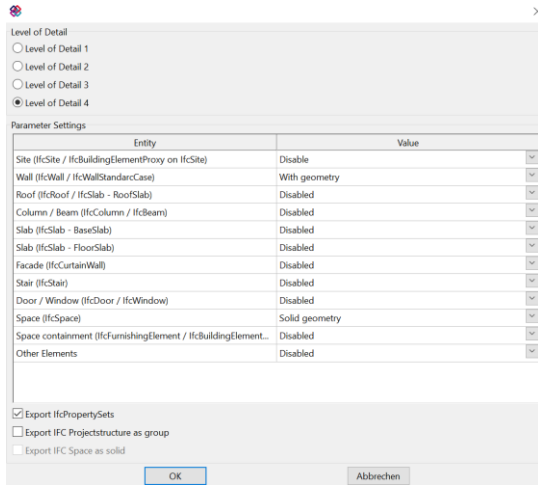
Gambar 2 Tampilan saat akan mengkonversi elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase* pada software eveBIM

2. Konversi model IFC ke CityGML menggunakan FME
Pada penelitian ini, skema konversi diperoleh dari *workbench* yang disediakan secara terbuka oleh *FME Community*, (2020) dan penelitian yang dilaksanakan oleh *GeoBIM benchmark*, (2019). Akan tetapi, penulis tidak sepenuhnya langsung menggunakan *workbench* tersebut untuk proses konversi karena masih harus dimodifikasi terlebih dahulu agar skema konversi yang dibangun dapat sesuai dengan kebutuhan model yang hendak dihasilkan dari proses konversi.



Gambar 3 Tampilan skema konversi elemen IFC menjadi elemen CityGML pada FME *Workbench*

- Konversi model IFC ke CityGML menggunakan FZK
Sebelum melakukan konversi IFC ke CityGML menggunakan perangkat lunak FZK, perlu diperhatikan bahwa pada struktur data CityGML terdapat pembagian tingkat kedetilan objek mulai dari LoD-1 sampai LoD-4. Masing-masing LoD memiliki jenis elemen IFC yang dapat dikonversi disertai dengan tipe geometrinya.



Gambar 4 Elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase* dikonversi menjadi elemen CityGML pada LoD4

Konversi CityGML ke CityJSON

Dari ketiga model CityGML yang dikonversi di perangkat lunak eveBIM, FME, dan FZK, proses konversi kemudian dilanjutkan dengan tahapan konversi ke dalam model CityJSON. Proses tersebut masih belum dapat dipastikan keberhasilannya mengingat format data CityGML yang digunakan masih menggunakan versi 2. Versi tersebut masih mengadopsi konsep LoD yang berbeda dengan konsep LoD yang diadopsi oleh model CityJSON sehingga dalam penelitian ini konversi model CityGML ke CityJSON masih terbatas pada percobaan konversi saja dan bukan ditujukan untuk visualisasi pada sebuah sistem informasi kadaster 3D. Model CityJSON yang telah berhasil dikonversi selanjutnya dilakukan pengecekan untuk mengetahui ada tidaknya kesalahan pada model CityJSON hasil konversi. Pengecekan tersebut berupa cek kelengkapan fitur dan semantik model CityJSON hasil konversi.

Validasi Model CityGML dan CityJSON

Model CityGML dan CityJSON hasil konversi selanjutnya divalidasi terhadap skema XML dan JSON serta terhadap geometri primitif penyusun model 3D tersebut. Validasi hanya dilakukan terhadap elemen ruangan pada masing-masing model CityGML dan CityJSON mengingat elemen tersebut memiliki susunan geometri yang teratur untuk setiap fitur-fiturnya. Sementara itu, elemen dinding tidak divalidasi karena memiliki bentuk geometri yang tidak teratur. Selain itu, dicek pula terkait ada tidaknya perbedaan volume elemen ruangan yang terdapat di model

IFC dan CityGML, serta terkait dengan penggunaan sistem koordinat dan sistem tinggi pada model CityGML. Pada model CityJSON tidak dilakukan pengecekan terhadap volume, sistem koordinat, dan sistem tinggi karena model CityJSON hanya digunakan untuk keperluan visualisasi model 3D pada *website* saja berbeda dengan model CityGML yang dilengkapi dengan data atribut dan perangkat lunak yang mendukung analisis untuk berbagai kebutuhan.

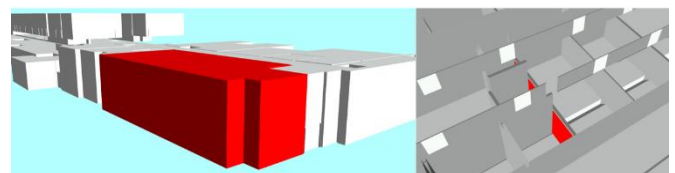
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Konversi Elemen IFC Stasiun Bundaran HI dan Blok M Menggunakan Perangkat Lunak eveBIM

Proses konversi model IFC menjadi model CityGML dilakukan pada perangkat lunak eveBIM dengan 3 (tiga) kali percobaan. Langkah ini dilakukan karena penulis mendapati adanya perbedaan representasi model CityGML walaupun jenis elemen IFC yang dikonversi sama. Pada percobaan pertama dan kedua hanya elemen *IfcSpace* saja yang dikonversi, sedangkan untuk percobaan ketiga elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase* dikonversi secara bersama-sama. Kedua elemen tersebut dipetakan menjadi elemen CityGML secara berturut-turut menjadi elemen *ClosureSurface* dan *WallSurface* serta direpresentasikan pada *LoD3MultiSurface* sebagaimana terlihat pada Tabel 2 Sementara itu, Gambar 5 menyajikan jumlah elemen CityGML yang berhasil dikonversi dari model IFC.

Tabel 2 Komponen hasil konversi dari IFC ke CityGML pada objek stasiun BHI dan BLM

| Elemen IFC | Elemen CityGML Stasiun BHI | Elemen CityGML Stasiun BLM |
|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Percobaan 1 | | |
| <i>IfcSpace</i> (BHI : 108; BLM : 64) | <i>ClosureSurface</i> (274) | <i>ClosureSurface</i> (64) |
| Percobaan 2 | | |
| <i>IfcSpace</i> (BHI : 108; BLM : 64) | <i>ClosureSurface</i> (290) | <i>ClosureSurface</i> (344) |
| Percobaan 3 | | |
| <i>IfcSpace</i> (BHI : 108; BLM : 64) | <i>ClosureSurface</i> (186) | <i>ClosureSurface</i> (148) |
| <i>IfcWallStandardCase</i> (BHI : 1763; BLM : 1730) | <i>WallSurface</i> (1642) | <i>WallSurface</i> (1547) |

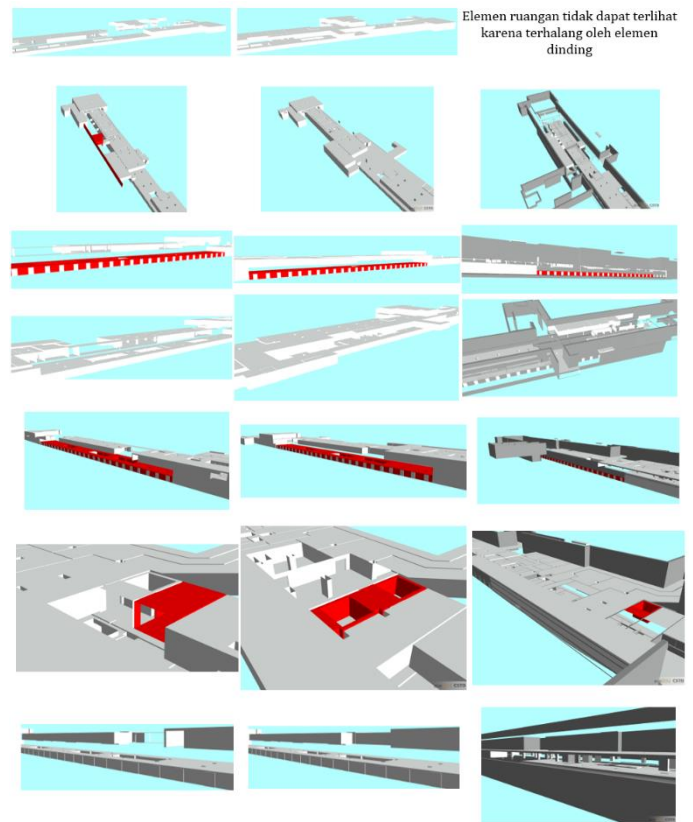
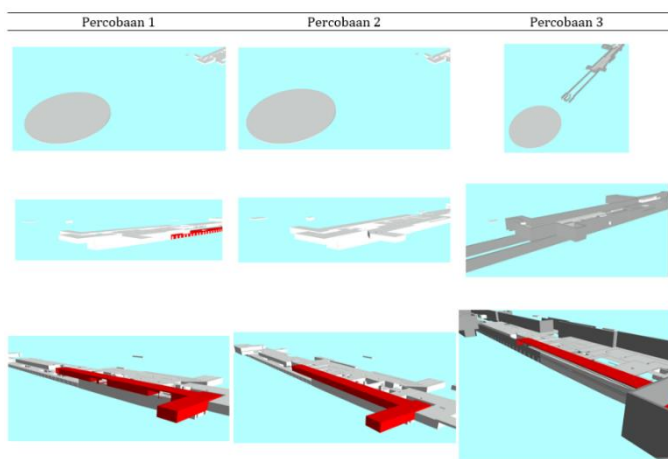


Gambar 5 Elemen *ClosureSurfaces* (kiri) dan elemen *WallSurface* (kanan)

Pada percobaan pertama dan kedua, terlihat adanya perbedaan jumlah elemen yang berhasil dikonversi menjadi elemen CityGML. Perbedaan tersebut terjadi pada

kedua model stasiun BHI dan BLM. Pada model CityGML stasiun BHI, elemen *ClosureSurface* yang mewakili sebuah ruangan memiliki jumlah fitur yang berbeda walaupun telah dilakukan dua kali percobaan konversi terhadap elemen yang sama. Perbedaan jumlah fitur pada model hasil konversi adalah terkait dengan adanya fitur yang bertambah pada model CityGML yang dikonversi pada percobaan pertama dan kedua sebagaimana terlihat pada Tabel 3. Penambahan fitur terjadi karena kesalahan semantik yaitu adanya elemen daun pintu dan elemen lain yang bukan termasuk elemen *IfcSpace* yang ikut terkonversi menjadi elemen *ClosureSurface*. Pada percobaan pertama dan kedua, ditemukan pula beberapa fitur pada elemen *ClosureSurface* yang memiliki bentuk geometri tidak sempurna dan ada beberapa fitur yang hilang. Akan tetapi seperti yang terlihat pada Tabel 3, kedua model 3D yang dihasilkan dari percobaan 1 dan percobaan 2 masih tergolong cukup representatif dalam menyajikan elemen ruangan. Sementara itu, pada percobaan yang ketiga, terjadi penambahan dan pengurangan fitur pada model CityGML. Fitur yang bertambah ada pada elemen *ClosureSurface*, sedangkan fitur yang berkurang ada pada elemen *WallSurface*. Penambahan fitur terjadi karena terdapat beberapa fitur selain *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase* yang ikut terkonversi. Pada Tabel 3, terlihat adanya elemen tiang dan daun pintu yang ikut terkonversi dengan elemen *ClosureSurface* dan *WallSurface*. Sementara itu, pengurangan fitur terjadi karena hampir seluruh fitur dinding memiliki bentuk geometri yang tidak sempurna dan bahkan banyak yang hilang (tidak lengkap). Berikut merupakan gambar-gambar yang menunjukkan ketiga model CityGML stasiun BHI yang dihasilkan dalam percobaan konversi menggunakan perangkat eveBIM.

Tabel 3 Model CityGML Stasiun BHI

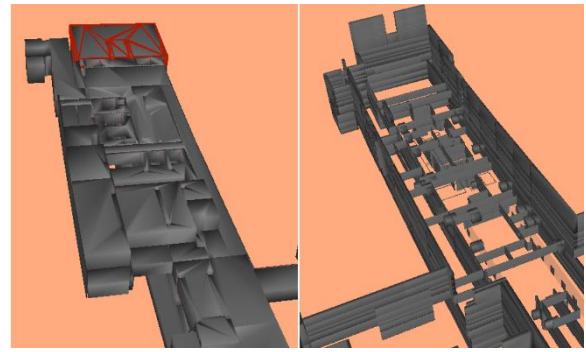
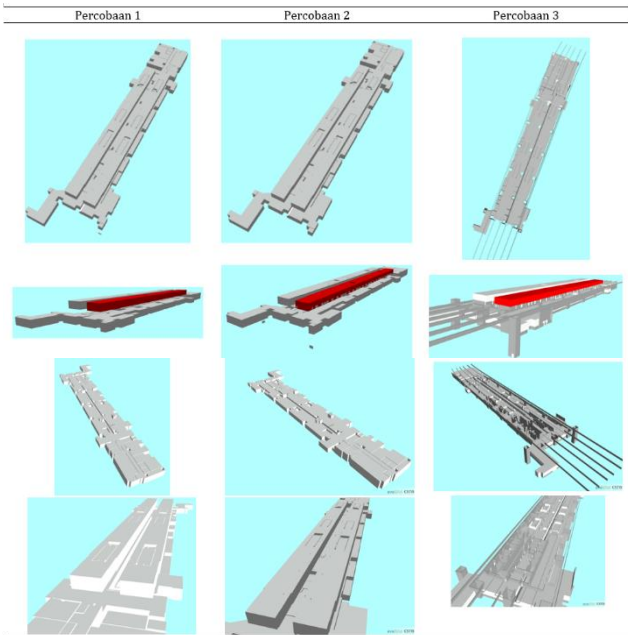


Pada percobaan menggunakan model 3D stasiun BLM sebagaimana tersaji pada Tabel 4, model CityGML yang diperoleh dari hasil percobaan pertama hasilnya cukup representatif dalam mewakili bentuk geometri sebuah ruangan, sedangkan model CityGML yang dihasilkan pada percobaan kedua hasilnya juga cukup representatif hanya saja terdapat kesalahan yaitu adanya fitur daun pintu yang ikut terkonversi menjadi elemen ruangan (*ClosureSurface*). Namun, model CityGML yang dihasilkan pada percobaan ketiga hasilnya sangat tidak representatif dalam menyajikan ruangan beserta dengan batasnya karena banyak ditemukan kesalahan seperti elemen ruang dan dinding yang memiliki bentuk dan geometri tidak lengkap. Oleh sebab itu, penulis menyarankan dalam hal konversi model IFC ke CityGML menggunakan perangkat eveBIM, agar tidak mengkonversi beberapa elemen IFC atau CityGML secara bersamaan karena model 3D yang dihasilkan akan memiliki lebih banyak kesalahan yang pada gilirannya tidak representatif dalam menyajikan ruang dan batas legal.

Kesalahan lain yang ditemukan adalah berkaitan dengan informasi atribut dari model 3D hasil konversi yang juga tidak dapat dipertahankan. Hal tersebut dibuktikan dengan hilangnya informasi yang mendeskripsikan atribut pada masing-masing elemen CityGML. Adanya beberapa kesalahan tersebut bisa jadi disebabkan karena adanya keterbatasan perangkat lunak eveBIM dalam menyimpan dan menangani model IFC yang kaya akan informasi semantik untuk objek bangunan sehingga perangkat lunak

kesulitan dalam menerjemahkan (memetakan) setiap fitur dan elemen IFC ke dalam elemen CityGML secara lengkap.

Tabel 4 Model CityGML Stasiun BLM



Gambar 6 Elemen Room (kiri) dan elemen WallSurface(kanan)

Akan tetapi, penulis mendapati adanya fitur tidak dikenal yang ikut terkonsversi dan dipetakan sebagai elemen dinding (*WallSurface*), padahal jika mengacu pada elemen aslinya yaitu *IfcWallStandardCase*, tidak ada fitur dinding yang memiliki bentuk geometri seperti pada Gambar 7b. Beberapa hal tersebut menunjukkan bahwa model CityGML yang dikonversi pada perangkat lunak FME masih mengandung kesalahan tetapi tidak sebanyak sebagaimana yang terdapat pada model CityGML yang dikonversi menggunakan eveBIM.

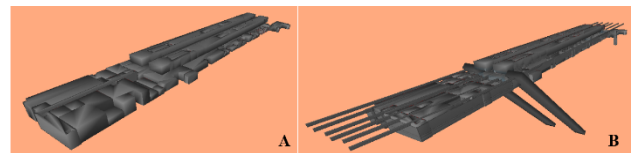
3.2. Hasil Konversi Elemen IFC Stasiun Bundaran HI dan Blok M Menggunakan Perangkat Lunak FME

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, model CityGML yang dikonversi menggunakan FME lebih representatif daripada model CityGML yang dikonversi menggunakan eveBIM. Hal tersebut dapat dilihat dari kelengkapan fitur pada masing-masing elemen model 3D hasil konversi. Setiap fitur dan elemen IFC dapat secara lengkap dan sempurna dikonversi menjadi elemen CityGML. Penulis juga tidak menemukan adanya fitur yang berkurang, hilang atau bahkan memiliki bentuk yang tidak lengkap (terdegradasi) dari model hasil konversi.

Tabel 5 berikut memperlihatkan bahwa jumlah elemen *blgd:Room* dan *blgd:WallSurface* pada model CityGML stasiun BHI dan BLM hasil konversi memiliki jumlah fitur yang sama dengan jumlah fitur aslinya yaitu *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase*. Gambar 6 merupakan elemen *Room* dan *WallSurface* dari model CityGML yang dikonversi pada perangkat FME.

Tabel 5 Komponen Komponen model CityGML stasiun BHI dan BLM

| Elemen IFC | Elemen CityGML Stasiun BHI | Jml Komponen | Elemen CityGML Stasiun BLM | Jml Komponen |
|---|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| <i>IfcSpace</i> (BHI : 108; BLM : 64) | <i>Room</i> (LoD4MultiSurface) | 108 | <i>Room</i> (LoD4MultiSurface) | 64 |
| <i>IfcWallStandardCase</i> (BHI : 1763; BLM : 1730) | <i>WallSurface</i> (LoD4MultiSurface) | 1763 | <i>WallSurface</i> (LoD4MultiSurface) | 1730 |



Gambar 7 (a). Model IFC. (b) model CityGML stasiun BLM

Gambar 8 berikut ini menunjukkan data atribut dari elemen *Room*. Akan tetapi, data atribut yang ditampilkan tidak selengkap sebagaimana yang termuat pada model IFC.

| Property | Value |
|---|--|
| Attributes (15) | |
| <i>citygml.feature_role</i> (string: UTF-16LE) | interiorRoom |
| <i>citygml.level_of_detail</i> (0) (string: UTF-16LE) | 4 |
| <i>citygml.target_uri</i> (string: UTF-16LE) | http://www.opengis.net/citygml/building/ |
| <i>CompositionType</i> (string: UTF-16LE) | ELEMENT |
| <i>fme.feature_type</i> (string: windows-1252) | Room |
| <i>fme.geometry</i> (string: windows-1252) | fme_aggregate |
| <i>fme.type</i> (string: windows-1252) | fme_surface |
| <i>GlobalId</i> (string: UTF-16LE) | 08a7T_0Fr5eR0yBWN1Wlsr |
| <i>gmId</i> (string: UTF-16LE) | ID_08a7T_0Fr5eR0yBWN1Wlsr_15239 |
| <i>gmName</i> (string: UTF-16LE) | 2-13 |
| <i>gmParentId</i> (string: UTF-16LE) | ID_Myran_building_fromIFC_101 |
| <i>InteriorOrExteriorSpace</i> (string: UTF-16LE) | INTERNAL |
| <i>LongName</i> (string: UTF-16LE) | Kantor Peron |
| <i>Name</i> (string: UTF-16LE) | 2-13 |
| <i>xml.type</i> (string: windows-1252) | xml_surface |

Gambar 8 Data atribut dari elemen Room

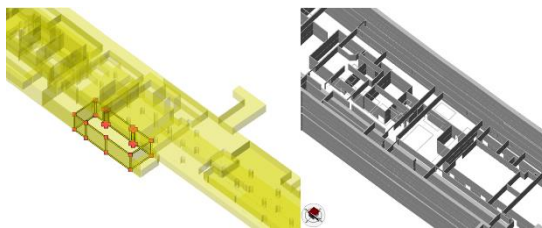
3.3. Hasil Konversi Elemen IFC Stasiun Bundaran HI dan Blok M Menggunakan Perangkat Lunak FZK Viewer

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, model CityGML yang dikonversi dari model IFC menggunakan perangkat lunak FZK Viewer lebih representatif jika

dibandingkan dengan model CityGML yang dikonversi pada perangkat eveBIM dan FME. Hal tersebut dibuktikan dengan tidak ditemukannya fitur yang hilang atau memiliki geometri yang tidak lengkap (terdegradasi) dari model hasil konversi. Sebagaimana yang termuat pada Tabel 6, jumlah elemen *bldg:Room* dan *bldg:WallSurface* yang dikonversi memiliki jumlah fitur yang sama dengan fitur asalnya yaitu *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase*. Elemen *bldg:Room* dan *bldg:WallSurface* yang dikonversi pada perangkat lunak FZK dapat dilihat pada Gambar 9.

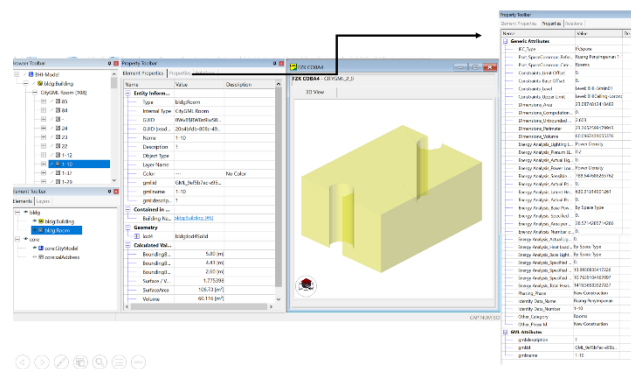
Tabel 6 Komponen model CityGML stasiun BHI dan stasiun BLM

| Elemen IFC | Elemen CityGML Stasiun BHI | Jml Komponen | Elemen CityGML Stasiun BLM | Jml Komponen |
|---|--|--------------|--|--------------|
| <i>IfcSpace</i> (BHI : 108; BLM : 64) | <i>Bldg:Room (LoD4Solid)</i> | 108 | <i>Bldg:Room (LoD4Solid)</i> | 64 |
| <i>IfcWallStandardCase</i> (BHI : 1763; BLM : 1730) | <i>Bldg:WallSurface (LoD4MultiSurface)</i> | 1763 | <i>Bldg:WallSurface (LoD4MultiSurface)</i> | 1730 |



Gambar 9 Elemen *bldg:Room* (kiri) dan *bldg:WallSurface* (kanan)

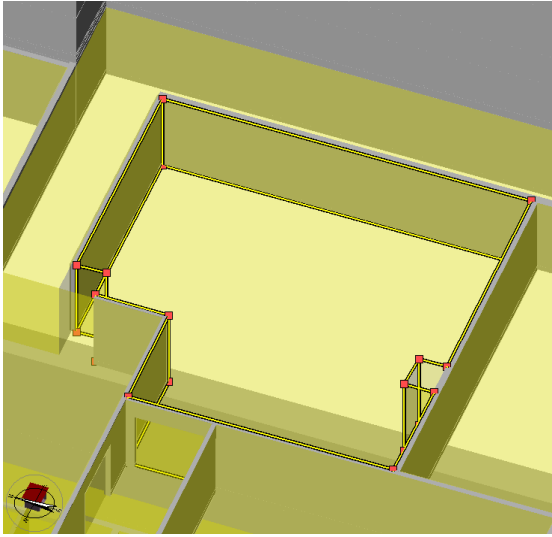
Hal lain yang mendukung model CityGML hasil konversi FZK Viewer memiliki representasi model paling baik adalah data atribut yang memuat informasi semantik dan geometrik dari masing-masing fitur masih dapat dimuat dengan lengkap. Gambar 10 menunjukkan data atribut yang termuat di dalam elemen *Room*. Data atribut tersebut merupakan informasi semantik yang mendeskripsikan atribut dari masing-masing fitur pada elemen CityGML. Seluruh data atribut tersebut diperoleh dari atribut data masukan yaitu model IFC, sedangkan informasi terkait besaran volume dan luasan diperoleh dari hasil perhitungan yang dilakukan oleh perangkat lunak.



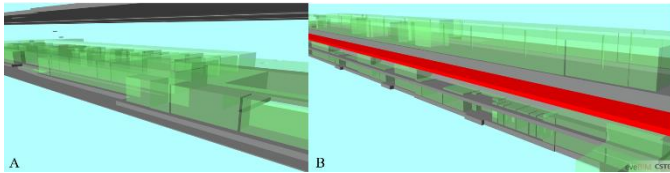
Gambar 10 Informasi semantik berupa data atribut dari setiap fitur pada elemen CityGML

3.4. Hasil Konversi IFC ke CityGML Terkait Aplikasinya Dalam Kadaster 3D

Dalam penelitian ini, ruang legal diwakili oleh elemen *IfcSpace* sehingga tidak memerlukan elemen *IfcWallStandardCase* dan *IfcSlab* sebagai elemen yang digunakan untuk membentuk ruang legal. Kedua elemen tersebut digunakan apabila tidak tersedia elemen *IfcSpace* pada model 3D bangunan. Namun, pada penelitian ini model ruangan sudah diwakili oleh elemen *IfcSpace* sehingga penulis merekomendasikan agar menggunakan elemen *IfcSpace* sebagai elemen utama yang mewakili ruang legal dan *IfcWallStandardCase* sebagai elemen pendukung dalam memvisualisasikan batas antar ruangan. Elemen *IfcSlab* tidak digunakan sebagai elemen penyusun ruang legal yang membatasi ruangan dari sisi vertikal sebab ketinggian ruangan pada masing-masing lantai stasiun BLM menggunakan tinggi sebenarnya yang mengacu pada data potongan melintang ABD. Sementara itu, tinggi ruangan pada model 3D stasiun BHI masih diestimasi dari tinggi masing-masing lantai sehingga wajar apabila seluruh ruangan yang terdapat pada model 3D stasiun BHI terlihat memiliki ketinggian yang seragam, sedangkan ruangan yang terdapat di model 3D stasiun BLM terlihat memiliki tinggi yang berbeda-beda. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 4 Tahun 1988 tentang Rumah Susun dan penelitian yang telah dilakukan oleh Tekavec dkk., (2021), batasan kepemilikan sebuah unit ruangan ditentukan oleh permukaan dinding bagian dalam, permukaan bawah langit-langit struktur, dan permukaan atas lantai struktur. Dalam penelitian ini, batas kepemilikan sebuah ruangan ditentukan pada permukaan dinding bagian dalam sebagaimana terlihat pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11 Elemen ruangan yang dibatasi oleh dinding bagian dalam



Gambar 12 (a). Elemen ruangan pada model IFC stasiun BHI (b). Elemen ruangan pada model IFC stasiun BLM

3.5. Hasil Konversi Model CityGML ke CityJSON

Model CityJSON diperoleh dari model CityGML melalui proses konversi. Dari percobaan yang telah dilakukan, hanya model CityGML hasil konversi perangkat eveBIM yang berhasil dikonversi menjadi model CityJSON. Hal ini disebabkan karena elemen ruangan dimodelkan sebagai elemen *ClosureSurface* pada *LoD3MultiSurface*. Sementara itu, model CityGML yang dikonversi di perangkat lunak FME dan FZK tidak dapat dikonversi menjadi model CityJSON karena seluruh elemen dimodelkan dalam LoD-4. Perangkat lunak FME merepresentasikan elemen *Room* dan *WallSurface* pada *LoD4MultiSurface*, sedangkan FZK memodelkan elemen *Room* dan *WallSurface* pada *LoD4Solid* dan *LoD4MultiSurface*.

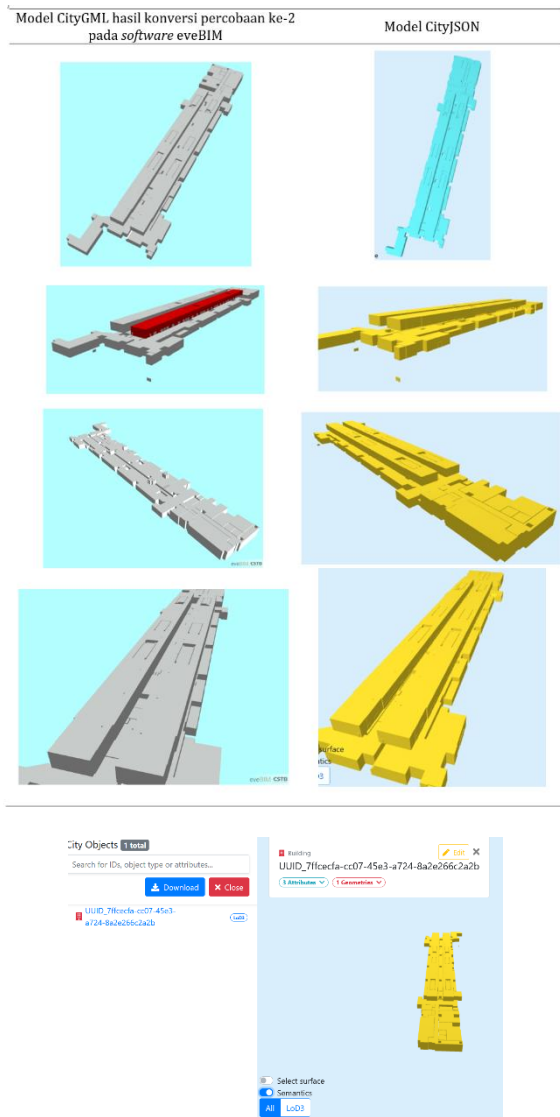
Namun demikian model CityGML yang dikonversi dari perangkat lunak eveBIM memiliki kesalahan yang cukup banyak sebagaimana yang telah dijelaskan pada subbab 3 sehingga model CityJSON yang dikonversi dari model CityGML juga akan memiliki banyak kesalahan. Hal tersebut dapat terlihat pada Tabel 7 dan Tabel 8 yang menyajikan perbandingan model CityGML dengan model CityJSON. Terlihat bahwa model CityJSON memiliki representasi fitur yang sama dengan representasi fitur pada model CityGML yang dihasilkan dari percobaan konversi pada perangkat eveBIM sehingga pada model CityJSON banyak ditemukan fitur ruangan yang bertambah, berkurang, dan memiliki

geometri yang tidak lengkap. Model CityGML hasil percobaan 2 dipilih karena memiliki representasi fitur yang lebih baik (jelas) jika dibandingkan dengan model CityGML hasil percobaan 3 baik pada model 3D stasiun BHI maupun stasiun BLM. Hal lain yang menunjukkan adanya kesalahan semantik adalah seluruh elemen ruang pada model CityJSON hanya memiliki 1 (satu) ID, yaitu pada elemen *Building* saja. Hal tersebut jelas sebuah kesalahan karena seluruh fitur ruangan dianggap sebagai satu kesatuan elemen dan didefinisikan ke dalam satu objek bangunan (*Building*). Kesalahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.

Tabel 7 Model CityGML dan CityJSON stasiun BHI

| Model CityGML hasil konversi percobaan ke-2 pada software eveBIM | Model CityJSON |
|--|----------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Tabel 8 Model CityGML dan CityJSON stasiun BLM



Gambar 13 Seluruh elemen *Room* didefinisikan sebagai satu elemen *Building*

Perlu diketahui bahwa ruangan yang menjadi elemen utama untuk merepresentasikan ruang legal pada model kadaster 3D, hanya dapat dimodelkan pada LoD-4 pada format data CityGML versi 2. Sementara itu, CityJSON tidak mendukung representasi elemen CityGML yang dimodelkan dalam LoD-4 seperti halnya interior ruangan yang dimodelkan sebagai elemen *Room* pada *LoD4Solid*. CityJSON menggunakan konsep LoD sebagaimana yang diadopsi oleh format data CityGML versi 3. Format data CityGML versi 3 menggunakan konsep LoD-0 sampai dengan LoD-3. Elemen interior ruangan pada CityGML versi 3 dapat dimodelkan mulai dari LoD-1 hingga LoD-3 sehingga dapat dengan mudah dikonversi dan ditampilkan menjadi model CityJSON. Namun demikian sampai penelitian ini dilakukan, skema (*encoding*) XML untuk

CityGML versi 3 masih belum ditetapkan sebagai standar resmi, sehingga perangkat yang menangani seluruh proses konversi masih menggunakan CityGML versi 2.

3.6. Validasi Model CityGML dan CityJSON

Tabel 9 memuat hasil validasi XML dan geometri primitif terhadap elemen ruangan model CityGML yang dikonversi pada perangkat eveBIM, FME, dan FZK Viewer. Secara umum, seluruh skema XML di dalam struktur data CityGML stasiun BHI dan BLM hasil konversi perangkat FME dan FZK telah sesuai (*valid*) dengan skema CityGML versi 2. Sementara itu, skema XML yang terdapat di struktur data CityGML stasiun BHI dan BLM hasil konversi perangkat eveBIM masih ditemukan kesalahan. Hal tersebut dapat dibuktikan pada skema XML model CityGML stasiun BHI ditemukan adanya 580 kesalahan, sedangkan pada skema XML model CityGML stasiun BLM terdapat 688 kesalahan. Kesalahan tersebut disebabkan karena perangkat eveBIM masih menggunakan cara yang salah dalam mendefinisikan ID untuk setiap fitur pada elemen CityGML sehingga seluruh ID langsung diperoleh dari IFC GUID yang mana susunan ID tidak diawali oleh abjad melainkan dengan angka.

Ditinjau dari hasil validasi terhadap geometri primitif model 3D, dapat dilihat pada Tabel 9 bahwa seluruh elemen ruangan yang terdapat di model CityGML yang dikonversi di *software* eveBIM memiliki geometri primitif *MultiSurface* yang benar, sedangkan hasil validasi terhadap model CityGML hasil konversi *software* FME masih ditemukan beberapa elemen ruang pada model 3D stasiun BHI dengan geometri primitif yang tidak valid. Hal serupa terjadi pula pada model CityGML stasiun BHI yang dikonversi di *software* FZK. Pada model CityJSON yang diperoleh dari model CityGML hasil konversi eveBIM, seluruh skema JSON yang termuat di dalam model 3D stasiun BHI dan BLM memiliki skema CityJSON yang benar. Sementara itu, seluruh elemen ruang pada model CityJSON memiliki geometri primitif yang tidak valid.

Tabel 9 Hasil validasi skema dan geometri primitif model CityGML dan CityJSON

| | Model CityGML hasil konversi eveBIM | | Model CityGML hasil konversi FME | | Model CityGML hasil konversi FZK | |
|---|-------------------------------------|--------------|---|------------|--|------------|
| | BHI | BLM | BHI | BLM | BHI | BLM |
| Skema XML | Invalid | Invalid | 100% valid | 100% valid | 100% valid | 100% valid |
| Geometri Primitif | 100% valid | 100% valid | Valid : 96 (88,9%), Invalid : 12 (11,1%) | 100% valid | Valid : 98 (90,7%), Invalid : 10 (9,3%) | 100% valid |
| Konversi ke CityJSON (Skema JSON) | 100% valid | 100% valid | - | - | - | - |
| Konversi ke CityJSON (Geometri Primitif) | 100% invalid | 100% invalid | - | - | - | - |

3.7. Pengecekan dan Analisis Hasil Konversi IFC ke CityGML

1. Cek Sistem Koordinat dan Sistem Tinggi Model 3D

Setiap fitur pada elemen IFC, yang mana menjadi format data masukan dalam proses konversi, didefinisikan dalam sistem koordinat TM 3^o. Hal tersebut tentu berdampak pada model CityGML yang dikonversi dari model IFC tersebut, sehingga setiap fitur pada elemen CityGML juga akan terdefinisi pada sistem koordinat TM 3^o. Perangkat lunak eveBIM, FME, dan FZK tidak mengenali sistem koordinat tersebut. Hal tersebut dibuktikan pada Gambar 14 yang menyajikan struktur data CityGML yang dikonversi di perangkat eveBIM. Terlihat bahwa koordinat X dan Y pada masing-masing fitur elemen CityGML tidak mengacu pada sistem koordinat TM 3^o dan koordinat Z juga tidak mengadopsi tinggi geometrik ataupun tinggi ortometrik. Sementara itu, pada model CityGML yang dikonversi pada perangkat lunak FME dan FZK sebagaimana tersaji pada Gambar 15 dan Gambar 16, masih terikat pada sistem koordinat TM 3^o untuk koordinat X dan Y serta menggunakan tinggi geometrik untuk koordinat Z sekalipun perangkat lunak tidak dapat mengenali sistem koordinat TM 3^o.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <core:CityModel xmlns:bridge="http://www.opengis.net/citygml/bridge/2.0" xmlns:tran="http://www.opengis.net/citygml/transportation"
3 <gml:name Project Name/gml:name>
4 <gml:boundedBy>
5 <gml:Envelope srsName="EPSG:32748" srsDimension="3">
6 <gml:lowerCorner>235886.7389833953 814966.3917285269 -16.55</gml:lowerCorner>
7 <gml:upperCorner>235885.519221856 815632.8115211342 12.59805</gml:upperCorner>
8 </gml:Envelope>
9 </gml:boundedBy>
10 </core:CityObjectMember>
11 <core:CityObjectMember xlink:type="simple">
12 <obj:Building>
13 <gml:name Building/gml:name>
14 <obj:boundedBy xlink:type="simple">
15 <obj:ClassAndName gml:isA="http://www.opengis.net/citygml/obj/Building"
16 <obj:MultiSurfaceFace xlink:type="simple">
17 <gml:MultiSurfaceFace>
18 <gml:areaMember xlink:type="simple">
19 <gml:Polygon>
20 <gml:LinearRing>
21 <gml:posList>14482269995433 8.5221812226977 -7.0839898977894 2.28447521789234 8.5128767789293 -7.481
22 </gml:LinearRing>
23 </gml:areaMember>
24 </gml:Polygon>
25 </gml:MultiSurfaceFace>
26 </obj:boundedBy>
27 <gml:areaMember xlink:type="simple">
28 <gml:Polygon>
29 <gml:LinearRing>
30 <gml:posList>15045141446796 8.51245114882378 -7.5335995217881 2.2844751789234 8.518767789293 -7.481
31 </gml:LinearRing>
32 </gml:areaMember>
33 </gml:Polygon>
34 </obj:Building>

```

Gambar 14 Geometri pada struktur data CityGML stasiun BHI hasil konversi software eveBIM

| Name | Value |
|--|--|
| Used Spatial Reference System | EPSG:4326 - World Geodetic System 1984 |
| Min Longitude out of range | 809440 |
| Max Longitude out of range | 80962 |
| Min Latitude out of range | 235969 |
| Max Latitude out of range | 233016 |
| Valid range | |
| Position min | |
| X | 232983.964183424 |
| Y | 809447.5217786437 |
| Z | 37.884 |
| Position max | |
| X | 233017.801166866 |
| Y | 809451.720449485 |
| Z | 37.884 |
| Bounding Box in Longitude / Latitude | |
| Position min | |
| Position max | |
| Bounding Box in UTM Coordinates (Zone 134017) | |
| Model Bounding Box | |

| Name | Value | Description |
|--------------------------|--|-------------|
| Internal Type | CityGML Room | |
| GUID | 0621f6977e4b366... | |
| GUID uuid | 14422659-0962-47... | |
| Name | 1-11 | |
| Description | ? | |
| Object Type | | |
| Layer Name | | No Color |
| Color | | |
| gml:id | GM_06ad51ad-377... | |
| gml:name | 1-11 | |
| gml:descrip... | ? | |
| Contained In... | | |
| Building No. | bldgBuilding490337 | |
| Geometry | | |
| Isolid | bldgIsolid450337 | |
| Calculated Val... | | |
| BoundingB... | 1028 [m] | |
| BoundingB... | 2364 [m] | |
| BoundingB... | 6.30 [m] | |
| Surface / V... | 0.623851 | |
| SurfaceArea | 859.38 [m ²] | |
| Volume | 3272.160 [m ³] | |
| Control | 232978.12614, 809461.157722, 30.184003 | |

Gambar 15 Koordinat X, Y, Z salah satu fitur pada elemen Room hasil konversi software FZK Viewer

```

> coba coba skripsi > BHI_bldg450337.gml
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <core:CityModel xmlns:bridge="http://www.opengis.net/citygml/bridge/2.0" xmlns:tran="http://www.opengis.net/citygml/transportation"
3 <gml:name Project Name/gml:name>
4 <gml:boundedBy>
5 <gml:Envelope srsName="EPSG:32748" srsDimension="3">
6 <gml:lowerCorner>235886.7389833953 814966.3917285269 -16.55</gml:lowerCorner>
7 <gml:upperCorner>235885.519221856 815632.8115211342 12.59805</gml:upperCorner>
8 </gml:Envelope>
9 </gml:boundedBy>
10 </core:CityObjectMember>
11 <core:CityObjectMember xlink:type="simple">
12 <obj:Building>
13 <gml:name Building/gml:name>
14 <obj:boundedBy xlink:type="simple">
15 <obj:ClassAndName gml:isA="http://www.opengis.net/citygml/obj/Building"
16 <obj:MultiSurfaceFace xlink:type="simple">
17 <gml:MultiSurfaceFace>
18 <gml:areaMember xlink:type="simple">
19 <gml:Polygon>
20 <gml:LinearRing>
21 <gml:posList>14482269995433 8.5221812226977 -7.0839898977894 2.28447521789234 8.5128767789293 -7.481
22 </gml:LinearRing>
23 </gml:areaMember>
24 </gml:Polygon>
25 </obj:boundedBy>
26 <gml:areaMember xlink:type="simple">
27 <gml:Polygon>
28 <gml:LinearRing>
29 <gml:posList>15045141446796 8.51245114882378 -7.5335995217881 2.2844751789234 8.518767789293 -7.481
30 </gml:LinearRing>
31 </gml:areaMember>
32 </gml:Polygon>
33 </obj:Building>

```

Gambar 16 Koordinat X, Y, Z pada model CityGML stasiun BHI dan BLM hasil konversi software FME

2. Cek Volume Model CityGML

Ruang pada model IFC maupun CityGML sama-sama direpresentasikan oleh geometri *Solid* yang mana merupakan geometri tertutup. Oleh karena itu, kedua elemen tersebut dapat digunakan untuk mendefinisikan volume sebuah ruang. Hal tersebut menunjukkan bahwa konversi format data IFC menjadi CityGML seharusnya tidak mengurangi besaran volume dari model yang dihasilkan. Akan tetapi hal tersebut tidak dapat dianggap sepenuhnya benar, karena penulis menemukan beberapa ruangan pada model CityGML stasiun BHI dan BLM yang dikonversi dari model IFC ternyata memiliki volume yang sedikit berbeda dengan besaran nilai volume pada model IFC. Akan tetapi, nilai perbedaan (selisih) volume tersebut masih tergolong sangat kecil. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan rata-rata selisih volume antara model IFC dan CityGML stasiun BHI sebesar 0,008 m³, sedangkan rata-rata selisih volume pada model IFC dan CityGML stasiun BLM sebesar 0,589 m³. Pada model CityGML stasiun BHI tidak ditemukan elemen ruang yang memiliki selisih volume melebihi 1 m³, sedangkan pada model CityGML stasiun BLM ditemukan satu ruangan yang memiliki selisih volume sebesar 28,257 m³ dengan volume elemen ruang pada model IFC.

3. Analisis Proses Konversi

Perbedaan metode konversi antara eveBIM, FME, dan FZK menyebabkan perbedaan representasi dan muatan informasi semantik dari model yang dikonversi. Konversi menggunakan FME cenderung lebih sulit dilakukan karena pengguna harus membangun skema konversi antar kedua format data. Pengguna perlu memahami cara kerja perangkat FME dalam mengkonversi format data melalui skema konversi. Hal ini penting agar skema dapat dijalankan dan pada akhirnya menghasilkan model 3D yang dikehendaki. Sementara itu, untuk perangkat eveBIM dan FZK, proses konversi IFC ke CityGML tidak menggunakan skema konversi. Akan tetapi hal tersebut justru cenderung membatasi pengguna (tidak fleksibel) sebab seluruh proses konversi format

data dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak dan pengguna tidak dapat mengatur skema pemetaan elemen format data sehingga model 3D yang berhasil dikonversi dapat saja memiliki semantik yang tidak sesuai dengan semantik format data masukan.

4. Analisis Model CityGML

Penulis tidak menemukan adanya kesalahan pada model CityGML yang dikonversi pada perangkat FME dan FZK Viewer. Penulis menilai bahwa kesalahan tidak selalu terjadi saat proses konversi berlangsung. Kesalahan dapat dihindari jika pengguna mencoba berbagai perangkat lunak yang mampu menangani proses konversi format data BIM dan GIS. Namun, anggapan tersebut juga masih belum dapat dipertanggungjawabkan sebab dalam penelitian ini hanya sebagian kecil dari elemen IFC saja yang dikonversi yaitu *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase*. Hal ini dilakukan mengingat penelitian ini berfokus pada kadaster 3D, sedangkan jika seluruh elemen IFC dikonversi menjadi CityGML maka akan banyak elemen yang tidak digunakan karena tidak berkaitan dengan kadaster 3D atau dengan kata lain tidak lagi menjadi fokus dalam penelitian ini. Akan tetapi jika seluruh elemen IFC dikonversi, akan lebih mudah untuk mengetahui dan membuktikan secara jelas apakah perangkat lunak yang digunakan untuk proses konversi format data IFC mempengaruhi representasi model CityGML yang dihasilkan. Selain itu, semakin banyak elemen IFC yang dikonversi menjadi elemen CityGML, akan semakin mudah pula untuk mengetahui ada tidaknya elemen IFC yang tidak terpetakan sesuai dengan semantik elemen CityGML (Putra 2022).

4. Kesimpulan

Model CityGML yang dikonversi pada perangkat FME dan FZK memiliki representasi geometri fitur yang jelas dan sesuai dengan geometri fitur asalnya yaitu pada elemen model IFC, sedangkan model CityGML hasil konversi eveBIM tidak representatif karena banyak ditemukan kesalahan. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya kesalahan seperti adanya penambahan dan pengurangan fitur serta adanya beberapa fitur yang memiliki bentuk geometri tidak representatif pada model CityGML hasil konversi eveBIM. Ditinjau dari hasil validasi, skema XML model CityGML hasil konversi eveBIM masih ditemukan kesalahan dalam hal penamaan ID, sedangkan model CityGML hasil konversi FME dan FZK memiliki skema XML yang benar. Geometri primitif model CityGML hasil konversi eveBIM, FME, dan FZK juga tergolong sudah benar. Dalam penelitian ini, seluruh elemen IFC dapat terpetakan menjadi elemen CityGML dengan tetap menjaga hubungan semantik antara elemen ruangan dan dinding yang terdapat di model IFC dan CityGML. Hubungan semantik yang dimaksud adalah elemen ruangan (*IfcSpace*) dan dinding (*IfcWallStandardCase*) dapat dipetakan dengan

benar menjadi elemen pada model CityGML yang memiliki semantik serupa dengan elemen *IfcSpace* dan *IfcWallStandardCase*.

Visualisasi model 3D masih belum dapat dilakukan pada format data CityJSON karena tidak mendukung elemen yang direpresentasikan dalam LoD-4 seperti halnya yang diadopsi pada format data CityGML versi 2. Selain itu, visualisasi model 3D dalam format data CityJSON yang diperoleh dari proses konversi model IFC menjadi CityGML belum dapat dilakukan karena sampai dengan penelitian ini dilakukan, skema *encoding* CityGML versi 3 masih belum ditetapkan sebagai standar resmi sehingga perangkat lunak yang menangani proses konversi IFC ke CityGML masih menggunakan CityGML versi 2. Dalam penelitian ini, hanya model CityGML hasil konversi perangkat eveBIM yang dapat dikonversi menjadi model CityJSON sebab elemen ruang dimodelkan dalam LoD-3. Akan tetapi, model 3D tersebut tidak representatif jika digunakan untuk visualisasi di dalam sebuah sistem informasi karena banyak ditemukan kesalahan.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

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

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional serta Tim Kajian Basisdata Kadaster 3D UGM yang telah mendukung dan membantu dalam memberikan data, yaitu berupa model 3D IFC stasiun MRT Bundaran HI dan Blok M, maupun informasi untuk tujuan penelitian ini. Penulis juga tak lupa mengucapkan terimakasih kepada PT. MRT Jakarta (Perseroda) yang telah memberikan izin penggunaan data berupa *as-built drawing* stasiun Bundaran HI dan Blok M BCA sebagai sumber data dalam model 3D IFC yang digunakan di dalam penelitian ini.

7. Referensi

- Asghari, A., Kalantari, M., Rajabifard, A., 2021. Formative and Summative Validation of Building Information Model-Based Cadastral Data. *Land* 10, 822. <https://doi.org/10.3390/land10080822>
- Atazadeh, B., Halalkhor Mirkalaei, L., Olfat, H., Rajabifard, A., Shojaei, D., 2021. Integration of cadastral survey data into building information models. *Geo-spatial Information Science* 24, 387–402. <https://doi.org/10.1080/10095020.2021.1937336>
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., Zhang, Y., Barzegar, M., 2019. Querying 3D Cadastral Information from BIM

- Models. *IJGI* 8, 329.
<https://doi.org/10.3390/ijgi8080329>
- Atunggal, D., Widjajanti, N., Laksono, D., Susanta, F.F., Aditya, T., 2020. Laporan Akhir Pilot Project Kadaster 3D (Lokasi : MRT Jakarta). Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Daum, S., Borrmann, A., 2014. Processing of Topological BIM Queries using Boundary Representation Based Methods. *Advanced Engineering Informatics* 28, 272–286.
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.06.001>
- El-Mekawy, M., Östman, A., Hijazi, I., 2012. An Evaluation of IFC-CityGML Unidirectional Conversion. *IJACSA* 3. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2012.030525>
- El-Mekawy, M., Östman, A., Shahzad, K., 2011. Towards Interoperating CityGML and IFC Building Models: A Unified Model Based Approach, in: Kolbe, T.H., König, G., Nagel, C. (Eds.), *Advances in 3D Geo-Information Sciences, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 73–93.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3_5
- FME Community, 2020.
- GeoBIM benchmark, 2019.
- Gröger, G., Kolbe, T.H., Nagel, C., Häfele, K.-H., 2012. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard 344.
- Gröger, G., Plümer, L., 2012. CityGML – Interoperable semantic 3D city models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 71, 12–33.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.04.004>
- Hajji, R., Yaagoubi, R., Meliana, I., Laafou, I., Gholabzouri, A.E., 2021. Development of an Integrated BIM-3D GIS Approach for 3D Cadastre in Morocco. *IJGI* 10, 351. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050351>
- Ledoux, H., Arroyo Ogori, K., Kumar, K., Dukai, B., Labetski, A., Vitalis, S., 2019. CityJSON: a compact and easy-to-use encoding of the CityGML data model. *Open geospatial data, softw. stand.* 4, 4.
<https://doi.org/10.1186/s40965-019-0064-0>
- Noardo, F., Krijnen, T., Arroyo Ogori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Harrie, L., Eriksson, H., Polia, L., Salheb, N., Tauscher, H., Liempt, J., Goerne, H., Hintz, D., Kaiser, T., Leoni, C., Warchol, A., Stoter, J., 2021. Reference study of IFC software support: The GeoBIM benchmark 2019—Part I. *Transactions in GIS* 25, 805–841.
<https://doi.org/10.1111/tgis.12709>
- Oldfield, J., van Oosterom, P., Beetz, J., Krijnen, T., 2017. Working with Open BIM Standards to Source Legal Spaces for a 3D Cadastre. *IJGI* 6, 351.
<https://doi.org/10.3390/ijgi6110351>
- Putra, R. W., 2022. Evaluasi Format Data CityGML dan CityJSON untuk Kadaster 3D di Indonesia. *Skripsi Program Sarjana Program Studi Teknik Geodesi UGM*, Yogyakarta.
- Rashidan, H., Abdul Rahman, A., Sani, M.J., 2021. Converting BIM Data to CityGML for 3D Cadastre Purposes.
<https://doi.org/10.4233/UUID:443360B5-9333-43D2-AA14-955903C37A14>
- Solihin, W., Eastman, C., Lee, Y.-C., Yang, D.-H., 2017. A simplified relational database schema for transformation of BIM data into a query-efficient and spatially enabled database. *Automation in Construction* 84, 367–383.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.002>
- Sulistyawati, M. N., Aditya, T., & Santosa, P. B. 2018. Development of Spatio-Temporal Database Prototype For Management of 4-Dimensional Cadastre Object In Indonesia. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 1(2), 94-103.
<https://doi.org/10.22146/jgise.41680>
- Sulistyawati, M. N., Aditya, T., & Santosa, P. B. 2019. The Implementation Of Ladm Versionedobject Class For Representing Spatio-Temporal Of Cadastre 4d Objects. *BHUMI: Jurnal Agraria Dan Pertanahan*, 4(2), 249–265.
<https://doi.org/10.31292/jb.v4i2.281>
- Sun, J., 2019. The Integration of 3D Geodata and BIM Data in 3D City Models and 3D Cadastre.
- Sun, Mi, Olsson, Paulsson, Harrie, 2019. Utilizing BIM and GIS for Representation and Visualization of 3D Cadastre. *IJGI* 8, 503.
<https://doi.org/10.3390/ijgi8110503>
- Tekavec, J., Čeh, M., Lisec, A., 2021. Indoor space as the basis for modelling of buildings in a 3D Cadastre. *Survey Review* 53, 464–475.
<https://doi.org/10.1080/00396265.2020.1838761>
- Tim Kajian Basisdata Kadaster 3D UGM, 2021. *Pemodelan 3D Untuk Kadaster 3D*.