



PEMANFAATAN INDOORGML UNTUK ANALISIS AKSESIBILITAS SEBAGAI SALAH SATU FAKTOR KEANDALAN BANGUNAN GEDUNG

Satrio Ramadanto, Shafarina Wahyu Trisyanti, Deni Suwardhi

Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No. 10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132 Telp./Faks: (022) 2500935, email: satrioramadanto@gmail.com

ABSTRAK

Tingkat keandalan bangunan gedung merupakan salah satu persyaratan yang diperlukan untuk menentukan kelaikan sebuah bangunan sebelum digunakan. Bangunan yang memenuhi persyaratan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan bangunan gedung sesuai dengan fungsi yang telah ditetapkan dapat dikatakan andal dan berhak untuk mendapatkan Sertifikat Laik Fungsi (SLF). Salah satu aspek yang perlu untuk dianalisis dalam persyaratan kemudahan bangunan gedung adalah aksesibilitas, yang berkaitan dengan kemudahan hubungan ke, dari, dan di dalam bangunan gedung. Analisis aksesibilitas umumnya dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung ke lapangan, sehingga diperlukan sistem otomatisasi yang dapat menunjang pihak terkait untuk melakukan keseluruhan proses analisis tersebut secara efisien. Saat ini sistem yang umum digunakan dalam sektor *Architecture, Engineering, and Construction/Facility Management* (AEC/FM) adalah *Building Information Modeling* (BIM). Namun BIM memiliki keterbatasan dalam melakukan analisis spasial yang diperlukan untuk menunjang analisis aksesibilitas di dalam bangunan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem lain yang dapat menyimpan informasi bangunan sekaligus melakukan analisis spasial di dalamnya, yaitu *Indoor Geography Markup Language* (IndoorGML). IndoorGML adalah format standar penyimpanan data interior bangunan berbasis *Extensible Markup Language* (XML) pada domain *Geographic Information System* (GIS) yang dapat memberikan informasi spasial untuk melakukan penentuan posisi objek di dalam bangunan beserta pemanfaatannya dalam berbagai aspek. Tujuan dari penelitian ini yaitu membangun mekanisme konversi model 3D bangunan pada format data penyimpanan IFC ke dalam format data penyimpanan IndoorGML dan membangun mekanisme analisis aksesibilitas pada tingkat keandalan bangunan gedung dengan menggunakan IndoorGML. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pembuatan modul ekstensi IndoorGML untuk aksesibilitas, konversi model 3D IFC ke dalam IndoorGML, dan analisis aksesibilitas menggunakan IndoorGML. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, IndoorGML dapat menunjang proses analisis aksesibilitas sehingga proses analisis dapat dilakukan dengan efisien. Namun keputusan akhir mengenai tingkat aksesibilitas pada keandalan bangunan gedung tetap harus diputuskan oleh pihak yang berwenang dalam melakukan penilaian keandalan bangunan gedung.

Kata kunci : aksesibilitas, IFC, IndoorGML, keandalan bangunan gedung

ABSTRACT

The reliability level of a building is one of the requirements needed to determine the worthiness of a building before it is used. Buildings that meet the requirements for safety, health, comfort, and convenience of buildings in accordance with the functions that have been set can be said to be reliable and are entitled to a Certificate of Functional Eligibility. One aspect that needs to be analyzed in terms of building facilities is accessibility, which is related to the ease of connection to, from, and within the building. Accessibility analysis is generally carried out by making direct observations to the field hence an automation system is needed that can support related parties to carry out the entire analysis process efficiently. Currently, the system commonly used in the Architecture, Engineering, and Construction/Facility Management (AEC/FM) sector is Building Information Modeling (BIM). However, BIM has limitations in performing the spatial analysis needed to support the accessibility analysis in buildings. Therefore, another system that can store building information as well as perform spatial analysis is needed, namely Indoor Geography Markup Language (IndoorGML). IndoorGML is a standard format for storing building interior data based on Extensible Markup Language (XML) in the Geographic Information System (GIS) domain which can provide spatial information to determine the position of objects in the building and their use in various aspects. The purpose of this research is to build a mechanism for converting the IFC 3D model into the IndoorGML format and build an accessibility analysis mechanism on the building reliability level using IndoorGML. This research was conducted in three stages, namely the creation of an IndoorGML extension module for accessibility, conversion of the IFC 3D model into IndoorGML, and accessibility analysis using IndoorGML. Based on the research conducted, IndoorGML can support the process of accessibility analysis so that the

analysis process can be carried out efficiently. However, the final decision regarding the level of accessibility on the reliability of the building still has to be decided by the competent authority in conducting the building reliability assessment.

Keywords : *accessibility, IFC, IndoorGML, building reliability level*

1. PENDAHULUAN

Setiap bangunan gedung perlu dianalisis tingkat keandalannya sebelum dapat digunakan. Keandalan bangunan gedung menjadi salah satu syarat untuk mendapatkan Sertifikat Laik Fungsi (SLF) yang menyatakan kelaikan fungsi bangunan gedung sebagai syarat untuk dapat dimanfaatkan (Kementerian PUPR, 2018). Aksesibilitas bangunan gedung merupakan salah satu aspek penilaian keandalan bangunan gedung yang berkaitan dengan kemudahan akses di dalam bangunan. Menurut Permen PUPR No. 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung, aksesibilitas adalah kemudahan yang disediakan bagi semua orang guna mewujudkan kesamaan kesempatan dalam segala aspek kehidupan dan penghidupannya.

Sebagai upaya dalam melakukan analisis aksesibilitas bangunan gedung dengan efisien maka dibutuhkan suatu sistem yang dapat menunjang pihak terkait untuk melakukan keseluruhan proses analisis tersebut. *Building Information Modeling* (BIM) sebagai sistem yang umum digunakan dalam sektor *Architecture, Engineering, and Construction/Facility Management* (AEC/FM) dapat memberikan informasi geometri dan semantik mengenai desain konstruksi bangunan (Solihin et al., 2017). Namun demikian, BIM memiliki keterbatasan dalam melakukan analisis spasial di dalam bangunan (Daum dan Borrmann, 2014). Sementara itu, aspek spasial berupa hubungan antarruang di dalam bangunan merupakan salah satu hal yang perlu dianalisis dalam menentukan tingkat aksesibilitas sebuah bangunan. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem selain BIM yang dapat menyimpan informasi bangunan sekaligus melakukan analisis spasial di dalamnya.

Berkaitan dengan hal tersebut, *Geographic Information System* (GIS) dapat dimanfaatkan dimana GIS merupakan sistem informasi yang dapat melakukan pengolahan data spasial. Salah satu format penyimpanan data pada domain GIS yang dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial di dalam bangunan adalah IndoorGML. IndoorGML merupakan format standar penyimpanan data yang dikembangkan oleh Open Geospatial Consortium (OGC) dalam melakukan pemodelan interior bangunan (Ryoo et al., 2015; Teo dan Yu, 2017). Data interior bangunan yang disimpan pada IndoorGML meliputi data semantik, geometrik, beserta topologinya. IndoorGML merepresentasikan ruangan di dalam bangunan sebagai sebuah fitur yang dinamakan *cell*. Analisis hubungan spasial antar *cell* tersebut menghasilkan keluaran utama dari IndoorGML yaitu penyediaan informasi spasial untuk membangun

dan mengelola sistem navigasi di dalam bangunan (Kang dan Li, 2017). Sistem navigasi tersebut dapat memberikan informasi mengenai kualitas aksesibilitas pengguna dan keterkaitannya dengan penempatan ruang di dalam bangunan.

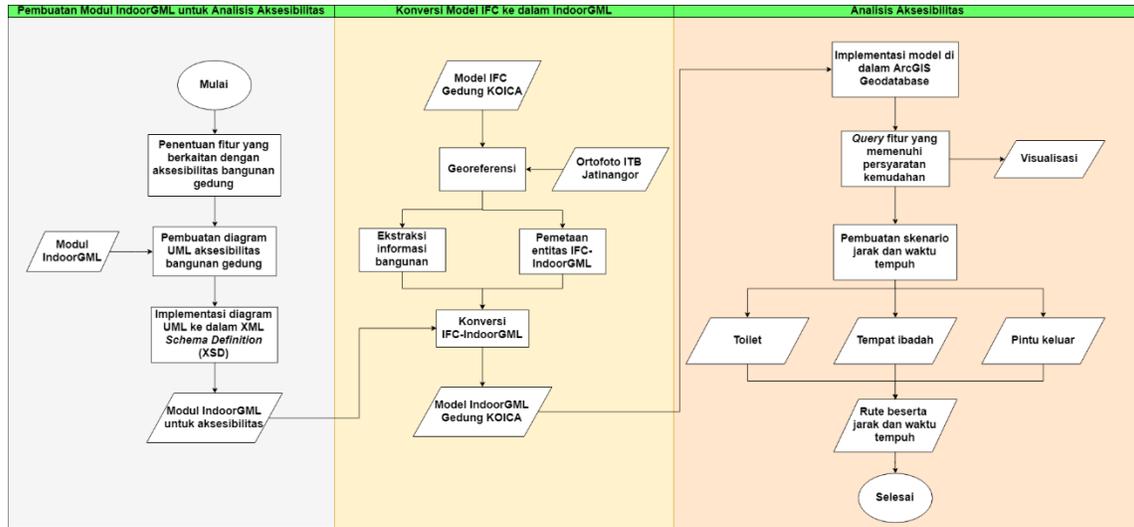
IndoorGML memiliki kemampuan interoperabilitas yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan pertukaran data dengan format data penyimpanan lain seperti IFC (Khan et al., 2014). Kemampuan interoperabilitas merupakan kemampuan suatu sistem untuk berinteraksi dengan sistem lainnya dan memungkinkan terjadinya pertukaran data antar sistem. Dengan kemampuan interoperabilitas yang tersebut maka tingkat aksesibilitas bangunan gedung juga dapat dianalisis menggunakan model 3D bangunan yang sebelumnya telah disimpan pada format IFC. Penelitian ini dilakukan untuk membangun mekanisme penggunaan IndoorGML yang tepat untuk keperluan analisis aksesibilitas pada tingkat keandalan bangunan gedung. Diharapkan dengan kemampuan yang dimiliki oleh IndoorGML, proses analisis aksesibilitas pada tingkat keandalan bangunan gedung dapat dilakukan dengan lebih mudah, cepat, dan akurat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar, tujuan dari penelitian ini adalah membangun mekanisme konversi model 3D IFC ke dalam IndoorGML dan membangun mekanisme analisis aksesibilitas keandalan bangunan gedung menggunakan IndoorGML. Konversi dilakukan sedemikian rupa sehingga model bangunan yang disimpan dalam IndoorGML dapat menyimpan informasi yang dibutuhkan dalam proses analisis aksesibilitas.

2.1 Data Penelitian

Studi kasus pada penelitian ini adalah Gedung Korea-ITB Cyber Security R&D Center atau umum disebut sebagai Gedung KOICA yang terletak di Kampus ITB Jatinangor, Sumedang. Data penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

yang digunakan adalah model 3D IFC Gedung KOICA beserta ortofoto ITB Jatinangor yang digunakan untuk melakukan georeferensi. Model 3D IFC beserta ortofoto dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Model 3D IFC Gedung KOICA



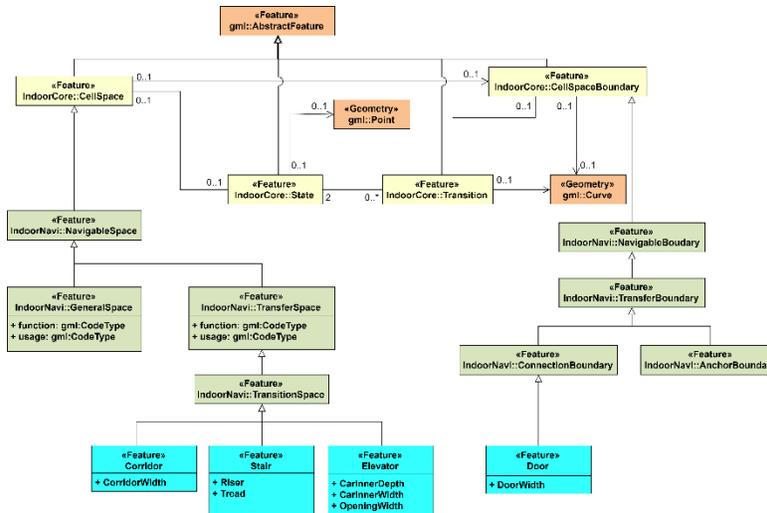
Gambar 3. Ortofoto ITB Jatinangor

2.2 Metode Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pembuatan modul ekstensi IndoorGML untuk analisis aksesibilitas, proses konversi model bangunan dari format penyimpanan data IFC ke dalam IndoorGML dan analisis aksesibilitas keandalan bangunan gedung. Pembuatan diagram UML (*Unified Modelling Language*) dan konversinya ke dalam XML Schema Definition (XSD) dilakukan pada perangkat lunak Enterprise Architect. Proses konversi model 3D IFC ke dalam IndoorGML dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Feature Manipulation Engine* (FME). Kemudian, proses analisis aksesibilitas dilakukan dengan menyimpan model IndoorGML ke dalam *geodatabase* (GDB) pada perangkat lunak ArcGIS Pro. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.

2.2.1 Parameter Analisis Aksesibilitas

Parameter analisis aksesibilitas yang digunakan merujuk pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung beserta peraturan luar negeri, yaitu *The Building Regulations 2010: Fire Safety* dan *The Building Regulations 2010: Access to and use of buildings*. Parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian, nilai keandalan dari aspek aksesibilitas secara keseluruhan ditentukan berdasarkan kriteria penilaian seperti tercantum pada Tabel 2 (Priyo dan Sujatmiko, 2011). Perlu diperhatikan bahwa nilai keandalan yang didapatkan hanya digunakan untuk keperluan penelitian ini. Keputusan mengenai tingkat keandalan Gedung KOICA



Gambar 4. Diagram UML modul ekstensi IndoorGML untuk analisis aksesibilitas

tetap harus diputuskan oleh tim ahli yang berwenang dalam melakukan penilaian keandalan bangunan gedung.

Tabel 1. Parameter analisis aksesibilitas

No.	Komponen	Persyaratan teknis
Permen PUPR No. 14/PRT/M/2017		
1	Pintu	Lebar ≥ 90 cm
2	Koridor	Lebar ≥ 184 cm
3	Tangga	Lebar anak tangga ≥ 30 cm Tinggi anak tangga ≤ 18 cm Panjang kereta ≥ 120 cm
4	Lift	Lebar kereta ≥ 230 cm Lebar bukaan pintu ≥ 110 cm
The Building Regulations 2010		
1	Toilet	Jarak tempuh < 40 m
2	Pintu keluar	Jarak tempuh < 45 m

Tabel 2. Kriteria penilaian aksesibilitas

Kategori keandalan	Nilai keandalan
Andal	95 - 100
Kurang andal	75 - 94
Tidak andal	< 75

2.2.2 Modul Ekstensi IndoorGML Aksesibilitas

IndoorGML memiliki modul ekstensi yang dapat dikembangkan berdasarkan keperluan tertentu. Pada penelitian ini, modul ekstensi IndoorGML dibangun dengan tujuan untuk melakukan analisis aksesibilitas suatu bangunan. Modul ekstensi dibangun untuk kemudian dikonversi ke dalam XSD. XSD

tersebut digunakan sebagai salah satu parameter konversi model 3D IFC ke dalam IndoorGML. Modul ekstensi tersebut dibangun dengan mengacu pada fitur-fitur yang dibutuhkan dalam proses analisis. Sehubungan dengan itu, dilakukan penambahan fitur pintu (Door), koridor (Corridor), tangga (Stair), dan lift (Elevator). Door menjadi subkelas ConnectionBoundary yang merupakan penghubung antara ruang yang berdekatan. Corridor, Stair, dan Elevator menjadi subkelas TransitionSpace yang merupakan representasi ruang yang menyediakan jalur antar dua ruangan dalam bangunan. Pada masing-masing fitur ekstensi tersebut diberikan atribut yang dapat menyimpan parameter aksesibilitas sesuai dengan kriteria yang diperlukan. Diagram UML dari modul ekstensi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

2.2.3 Konversi IFC ke IndoorGML

Konversi model 3D IFC ke dalam IndoorGML dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pemetaan entitas antara kedua format data penyimpanan tersebut Tabel 3. Entitas IFC yang dikonversi dibatasi pada fitur-fitur yang dibutuhkan dalam melakukan analisis aksesibilitas. Fitur-fitur tersebut adalah ruangan (IfcSpace), lift (IfcBuildingElementProxy), tangga (IfcStair), serta pintu (IfcOpeningElement dan IfcDoor). Proses konversi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak FME. Modul ekstensi IndoorGML untuk analisis aksesibilitas digunakan sebagai salah satu parameter konversi dalam bentuk XSD.

2.2.4 Analisis Aksesibilitas

Penentuan fitur pada IndoorGML yang memenuhi persyaratan kemudahan keandalan bangunan gedung dilakukan dengan melakukan query terhadap masing-masing atribut komponen berdasarkan Permen PUPR

No. 14/PRT/M/2017 (**Tabel 1**). Kemudian, untuk menunjang penilaian aksesibilitas pada persyaratan kemudahan keandalan bangunan gedung, dilakukan juga penentuan jarak tempuh yang diperlukan dari masing-masing ruangan menuju satu titik lokasi yang ditentukan dalam parameter analisis berdasarkan *The Building Regulations* 2010 (Tabel 1). Jarak tempuh tersebut ditentukan dengan menggunakan fitur *network analysis* yang terdapat pada perangkat lunak ArcGIS Pro. Fitur tersebut menggunakan algoritma Dijkstra yang dapat menghitung jarak terdekat dari masing-masing titik dalam suatu graf. Algoritma Dijkstra dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rute dari sebuah titik asal menuju titik tujuan dalam sebuah graf. Algoritma tersebut akan memilih *edge* dengan jarak minimum sebagai jalur yang digunakan untuk menghubungkan satu *node* menuju *node* lainnya. Algoritma tersebut akan memilih jalur dengan jarak akumulatif minimum sebagai jalur yang digunakan untuk menghubungkan satu lokasi dengan lokasi lain yang didefinisikan untuk dianalisis tingkat aksesibilitasnya. Pada penelitian ini, *node* merupakan ruangan, lift, serta tangga di dalam bangunan dan *edge* merupakan rute yang menghubungkan satu ruang dengan ruang yang lain.

Tabel 3. Pemetaan entitas IFC-IndoorGML

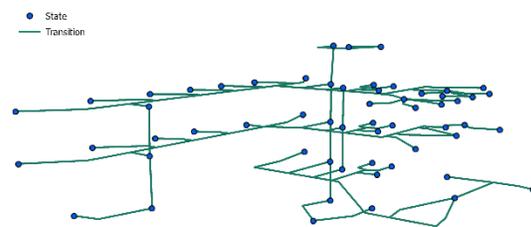
Elemen	Entitas IndoorGML	Entitas IFC
<i>Core module</i>		
Room		IfcSpace
Elevator	State	IfcBuildingElementProxy
Stair		IfcStair
Horizontal Route		-
Vertical Route	Transition	-
Door		IfcOpeningElement, IfcDoor
Corridor		IfcSpace
<i>Extension module</i>		
Corridor	Corridor	IfcSpace
Stair	Stair	IfcStair
Elevator	Elevator	IfcBuildingElementProxy
Room	GeneralSpace	IfcSpace
Door	Door	IfcDoor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini meliputi model IndoorGML Gedung KOICA yang dikonversi dari model 3D IFC dan implementasinya dalam proses analisis aksesibilitas keandalan bangunan gedung.

3.1 Model IndoorGML Gedung KOICA

Proses konversi model 3D IFC ke dalam IndoorGML dilakukan dengan menggunakan modul ekstensi IndoorGML untuk analisis aksesibilitas (**Gambar 4**) sebagai salah satu parameter konversi di dalam perangkat lunak FME. Dengan menggunakan parameter tersebut maka atribut di dalam model 3D IFC yang dibutuhkan untuk analisis aksesibilitas dapat turut dikonversi ke dalam model IndoorGML. Setelah itu, model IndoorGML yang telah dibangun diimplementasi ke dalam ArcGIS Geodatabase menggunakan fitur *data interoperability extension* pada perangkat lunak ArcGIS Pro. Di dalam perangkat lunak tersebut, *node-relation graph* dibentuk dengan menghubungkan masing-masing *node* yang telah dibentuk sebelumnya sesuai dengan konektivitasnya di dalam bangunan. Model IndoorGML Gedung KOICA yang dihasilkan dari proses konversi dapat dilihat pada **Gambar 5**. Pada gambar tersebut, hubungan antarruang di dalam bangunan direpresentasikan sebagai *node-relation graph*. *Node-relation graph* terdiri atas *state* sebagai *node* dan *transition* sebagai *edge*. Setiap ruangan yang berada di dalam bangunan termasuk tangga dan lift direpresentasikan sebagai *state* dan hubungan konektivitas antar ruangan direpresentasikan sebagai *transition*. Namun demikian, mengacu kepada dokumentasi IndoorGML yang dikeluarkan oleh OGC, *transition* dapat juga merepresentasikan pintu di dalam *node-relation graph*. Oleh karena itu, pada penelitian ini setiap pintu juga direpresentasikan sebagai *transition* berikut dengan atribut penilaian aksesibilitas di dalamnya (lebar pintu).



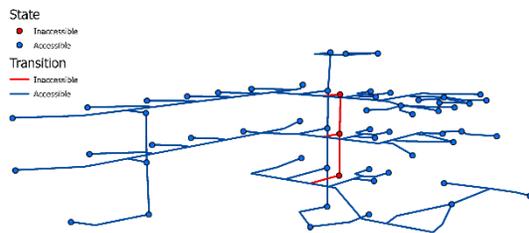
Gambar 5. Model IndoorGML Gedung KOICA

3.2 Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung

Penilaian persyaratan kemudahan bangunan gedung dilakukan dengan menilai kesesuaian ukuran dasar ruang dengan ketentuan yang terdapat Permen PUPR No. 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung. Penilaian pada model IndoorGML dilakukan dengan melakukan *query* terhadap atribut masing-masing komponen persyaratan, yaitu pintu, koridor, tangga, dan lift. Kolom tambahan dengan nama “*accessible*” ditambahkan pada tabel

atribut masing-masing komponen untuk memuat hasil *query*. Pada kolom tersebut, nilai 0 diberikan untuk komponen yang tidak memenuhi syarat dan nilai 1 diberikan untuk komponen yang memenuhi syarat. Kemudian, visualisasi dilakukan berdasarkan pemberian nilai tersebut (**Gambar 6**).

Dari *query* tersebut diperoleh bahwa seluruh pintu, koridor, dan tangga di dalam bangunan sudah memenuhi persyaratan. Namun demikian, lift yang berada pada bangunan tersebut tidak memenuhi persyaratan. Lift pada Gedung KOICA memiliki dimensi kereta lift 1,58 x 1,45 m dengan lebar bukaan pintu 0,725 m sedangkan dimensi minimal kereta lift yang memenuhi persyaratan adalah 1,20 x 2,30 m dengan minimal bukaan pintu 1,11 m. Persentase dari pemenuhan persyaratan kemudahan bangunan Gedung KOICA dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 6. Model IndoorGML untuk persyaratan kemudahan bangunan gedung

Tabel 4. Persentase pemenuhan persyaratan kemudahan bangunan Gedung KOICA

No.	Komponen	Persentase Persyaratan
		Kemudahan
Hubungan Horizontal Antarruang		
1	Pintu	64/64 (100%)
2	Koridor	11/11 (100%)
Hubungan Vertikal Antarruang		
3	Tangga	7/7 (100%)
4	Lift	0/1 (0%)

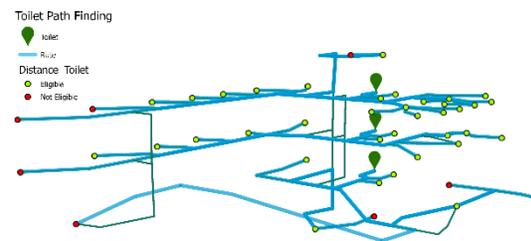
3.3 Analisis Aksesibilitas

Pada penelitian ini, analisis aksesibilitas dengan menghitung jarak tempuh yang dilalui dari masing-masing ruangan menuju fasilitas umum dan pintu keluar juga dilakukan untuk menunjang penilaian aksesibilitas di dalam persyaratan kemudahan keandalan bangunan gedung. Analisis tersebut dilakukan dengan

menggunakan algoritma Dijkstra pada fitur *Network Analysis: Closest Facility* yang dimiliki oleh perangkat lunak ArcGIS Pro. Kemudian, hasil yang didapatkan algoritma tersebut adalah rute dengan jarak tempuh terdekat yang dapat dilalui. Waktu tempuh dengan berjalan kaki dapat diketahui dengan membagi jarak tempuh dengan kecepatan jalan rata-rata manusia normal. Asumsi kecepatan jalan rata-rata yang digunakan adalah 3 km/jam.

3.3.1 Akses Fasilitas Umum

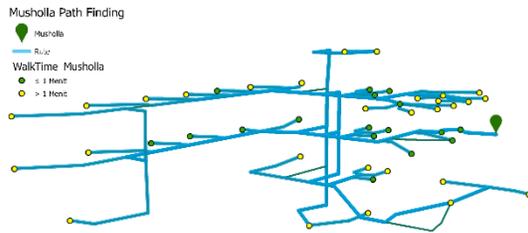
Analisis aksesibilitas fasilitas umum dilakukan dengan menentukan jarak tempuh dari masing-masing ruangan menuju toilet dan tempat ibadah. Penentuan jarak tempuh maksimal menuju toilet yang dapat dilalui oleh pengguna di dalam bangunan menggunakan peraturan *The Building Regulations 2010: Access to and use of buildings*. Pada peraturan tersebut jarak tempuh maksimal ditentukan berdasarkan kriteria minimal bagi penyandang disabilitas guna menjamin kesamaan hak seluruh pengguna bangunan. Jarak tempuh maksimal menuju toilet yang disyaratkan adalah 40 m. Berdasarkan analisis yang dilakukan, terdapat delapan ruangan di dalam Gedung KOICA yang tidak memenuhi syarat (**Gambar 7**).



Gambar 7. Tingkat aksesibilitas masing-masing ruangan menuju toilet

Kemudian, analisis aksesibilitas menuju fasilitas umum juga dilakukan terhadap jarak tempuh menuju tempat ibadah. Dalam hal ini, tempat ibadah yang dimaksud merupakan Musholla yang berada di lantai dua Gedung KOICA. Tempat ibadah merupakan salah satu kelengkapan prasarana dan sarana pemanfaatan bangunan gedung yang diatur dalam Permen PUPR No.14/PRT/M2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung. Namun demikian, tidak diberikan syarat jarak tempuh untuk menuju tempat ibadah. Akan tetapi, analisis aksesibilitas yang dilakukan pada tempat ibadah dapat dijadikan sebagai pertimbangan kepada pihak terkait dalam menentukan letak tempat ibadah agar dapat diakses dengan mudah dari berbagai ruangan di dalam bangunan mengingat tempat ibadah merupakan salah satu fasilitas umum yang cukup sering digunakan.

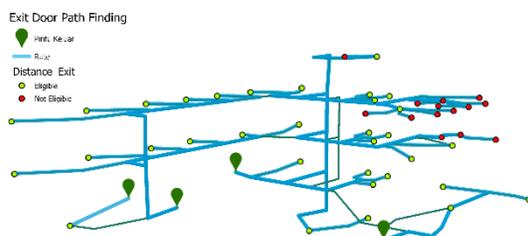
Pada penelitian ini, analisis dilakukan dengan menentukan waktu tempuh yang diperlukan menuju tempat ibadah dengan berjalan kaki. Terdapat 16 ruangan dengan waktu tempuh kurang dari satu menit untuk menuju tempat ibadah (**Gambar 8**).



Gambar 8. Waktu tempuh dari masing-masing ruangan menuju tempat ibadah (musholla)

3.3.2 Pintu Keluar

Penentuan jarak tempuh maksimal menuju pintu keluar pada saat keadaan darurat menggunakan peraturan *The Building Regulations 2010: Fire safety*. Sama halnya dengan peraturan terkait fasilitas umum, jarak tempuh maksimal menuju pintu keluar ditentukan berdasarkan kriteria minimal bagi penyandang disabilitas. Pada peraturan tersebut ditentukan bahwa jarak tempuh maksimal menuju pintu keluar pada keadaan darurat adalah 45 m. Dalam analisis aksesibilitas yang dilakukan, lift termasuk dalam komponen yang tidak diikutsertakan. Hal tersebut dikarenakan lift tidak diperkenankan untuk digunakan dalam keadaan bahaya. Oleh karena itu, akses vertikal antarruang hanya dapat dilalui dengan menggunakan tangga. Terdapat 14 dari total 47 ruangan di dalam bangunan yang melebihi jarak tempuh maksimal untuk menuju pintu keluar pada saat keadaan darurat (**Gambar 9**).



Gambar 9. Tingkat aksesibilitas masing-masing ruangan menuju pintu keluar

3.4 Total Penilaian Aksesibilitas

Dari kesuruhan analisis aksesibilitas yang telah dilakukan, komponen pintu, koridor, lift, dan tangga merupakan komponen yang diperlukan dalam penentuan tingkat aksesibilitas dalam keandalan bangunan gedung sesuai dengan Permen PUPR No. 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung. Komponen jarak tempuh menuju toilet dan pintu keluar merupakan komponen tambahan yang ditambahkan mengikuti peraturan internasional. Namun demikian, dua komponen tambahan tersebut dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait dalam menentukan tingkat keandalan sebuah bangunan gedung. Pada penelitian ini dilakukan penilaian aksesibilitas Gedung KOICA secara keseluruhan dari masing-masing analisis yang telah dilakukan. Penilaian mengacu kepada kriteria penilaian aksesibilitas yang dapat dilihat pada Tabel 2 (Priyo dan Sujatmiko, 2011). Berdasarkan kriteria tersebut, nilai total 95-100 masuk ke dalam kategori andal, nilai total 75-94 masuk ke dalam kategori kurang andal, dan nilai total < 75 masuk ke dalam kategori tidak andal. Nilai maksimum yang diberikan kepada masing-masing komponen dimodifikasi sesuai dengan jenis analisis aksesibilitas yang dilakukan pada penelitian ini. Nilai total aksesibilitas pada keandalan bangunan Gedung KOICA yang diperoleh adalah 82,33. Nilai tersebut menempatkan Gedung KOICA dalam kategori **kurang andal** (Tabel 5). Namun demikian, perlu ditekankan bahwa penilaian beserta parameter yang digunakan hanya dipakai untuk kepentingan penelitian mengenai pemanfaatan IndoorGML di dalam analisis aksesibilitas keandalan bangunan gedung ini. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai saran bagi pihak terkait dalam menentukan tingkat keandalan bangunan gedung. Keputusan dan catatan saran selanjutnya mengenai tingkat aksesibilitas pada keandalan bangunan Gedung KOICA tetap harus diputuskan oleh pihak yang berwenang dalam penilaian keandalan bangunan gedung.

Tabel 5. Penilaian aksesibilitas Gedung KOICA

Komponen analisis	Memenuhi persyaratan	Nilai	Nilai maksimum
Pintu	64/64	20	20
Koridor	11/11	20	20
Lift	0/1	0	10
Tangga	7/7	20	20
Jarak tempuh toilet	39/47	8,29	10
Jarak tempuh	33/47	14,04	20

pintu keluar	
Total nilai aksesibilitas	82,33
Tingkat keandalan	Kurang andal

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Model 3D bangunan yang disimpan dalam format data penyimpanan IndoorGML dapat digunakan untuk melakukan analisis aksesibilitas sebagai salah satu faktor keandalan bangunan gedung. Model 3D tersebut dapat dibangun salah satunya dengan melakukan konversi dari model 3D IFC. Pada proses konversi yang dilakukan, modul ekstensi IndoorGML untuk analisis aksesibilitas digunakan sebagai salah satu parameter. Dengan demikian, model IndoorGML yang dihasilkan dapat menyimpan informasi yang digunakan dalam analisis aksesibilitas. Proses analisis aksesibilitas dilakukan dengan dua tahap, yaitu *query* terhadap atribut dari masing-masing komponen persyaratan di dalam bangunan dan penentuan jarak dari masing-masing ruangan menuju titik yang ditentukan menggunakan algoritma Dijkstra. Perlu ditekankan bahwa penilaian beserta parameter yang digunakan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian ini. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai saran bagi pihak terkait dalam menentukan tingkat keandalan bangunan gedung. Keputusan dan catatan saran selanjutnya mengenai tingkat aksesibilitas pada keandalan bangunan Gedung KOICA tetap harus diputuskan oleh pihak yang berwenang dalam penilaian keandalan bangunan gedung. Sebagai saran, pembuatan program otomatisasi proses analisis aksesibilitas pada tingkat keandalan bangunan gedung dapat dilakukan agar proses analisis dapat dilakukan dengan lebih cepat dan praktis. Kemudian, pemanfaatan IndoorGML dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menunjang pihak terkait dalam melakukan penilaian keandalan bangunan gedung secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Daum, S., & Borrmann, A. (2014). Processing of topological BIM queries using boundary representation based methods. *Advanced Engineering Informatics*, 28(4), 272–286. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.06.001>
- Kang, H.-K., & Li, K.-J. (2017). A Standard Indoor Spatial Data Model—OGC IndoorGML and Implementation Approaches. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(4), 116. <https://doi.org/10.3390/ijgi6040116>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia

- Nomor 14/PRT/M/2017 tentang Persyaratan Kemudahan Bangunan Gedung, (2017).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2018 tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung, (2018).
- Khan, A. A., Donaubaer, A., & Kolbe, T. H. (2014). A multi-step transformation process for automatically generating indoor routing graphs from existing semantic 3D building models. *9th 3DGeoInfo Conference 2014 - Proceedings*.
- Priyo, M., & Sujatmiko, I. H. (2011). Evaluasi Keandalan Fisik Bangunan Gedung (Studi Kasus di Wilayah Kabupaten Sleman). *Semesta Teknika*, 14(2), 150–159.
- Ryoo, H. G., Kim, T., & Li, K. J. (2015). Comparison between two OGC standards for indoor space - CityGML and IndoorGML. *Proceedings of the 7th ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness, ISA 2015*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/2834812.2834813>
- 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(October), 367–383. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.002>
- Teo, T.-A., & Yu, S.-C. (2017). The Extraction of Indoor Building Information from BIM to OGC Indoorgml. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W2(4W2), 167–170. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W2-167-2017>