

**3d Network Analysis Untuk Pemodelan Jalur Evakuasi Gedung Pascasarjana Fakultas Kedokteran,  
Kesehatan Masyarakat, Dan Keperawatan (Fk-Kmk)  
Universitas Gadjah Mada**

Riki Saputra  
sapoetrariki@gmail.com

Taufik Hery Purwanto  
taufik@ugm.ac.id

**Abstract**

*Geographic Information System (GIS) are widely used for various kinds of spatial analysis, from the spatial data management to visualization. One of the GIS application which become the state of the art today is indoor based 3D modeling. The modeling has also combined with spatial navigation system to provide coordinate information and show the directions for indoor navigation. In this case, GIS can be applied to find the most effective evacuation routes. This study aims are to build a 3D Network Dataset and produce a representative 3D model to provide the best evacuation route information. Evacuation route modeling was carried out using AutoCAD and ArcGIS Pro software. The basic data used is the design of building architecture plans. The results obtained was 3D Network Dataset and a representative 3D Model of FK-KMK UGM Building which has an appropriate visualization with the reality of the building shape and size.*

**Keywords** : 3D Network Analysis, 3D Network Dataset, Indoor Network Analysis, Evacuation Route

**Abstrak**

Sistem Informasi Geografis (SIG) banyak digunakan untuk berbagai macam analisis spasial, mulai dari manajemen data spasial hingga visualisasinya. Salah satu pengaplikasian SIG yang menjadi *state of the art* saat ini yaitu pemodelan 3 Dimensi (3D) berbasis dalam ruangan (*Indoor*). Pemodelan yang dilakukan juga dikombinasikan dengan sistem navigasi spasial untuk memberikan informasi koordinat dan menunjukkan arah untuk navigasi dalam ruangan. Dalam hal ini, SIG dapat diterapkan untuk menemukan jalur evakuasi yang paling efektif. Penelitian ini menerapkan analisis SIG dengan tujuan membangun *3D Network Dataset* dan menghasilkan model 3D yang representatif untuk memberikan informasi jalur evakuasi terbaik. Pembuatan model dan jalur evakuasi dilakukan dengan menggunakan *software* AutoCAD dan ArcGIS Pro. Data dasar yang digunakan adalah desain rencana arsitektur gedung. Hasil yang diperoleh yaitu *3D Network Dataset* dan model 3D Gedung FK-KMK UGM dengan tampilan yang cukup representatif, di mana bentuk dan ukuran gedung sesuai dengan yang sebenarnya.

**Kata kunci** : 3D Network Analysis, 3D Network Dataset, Indoor Network Analysis, jalur evakuasi

## PENDAHULUAN

Sistem Informasi Geografis (SIG) banyak digunakan untuk memodelkan jaringan transportasi karena menyediakan alat-alat yang kuat untuk manajemen data, visualisasi, penyajian informasi, dan analisis geospasial (Mandloi & Thill, 2010). SIG juga menganalisis lokasi spasial dan mengatur informasi ke dalam visualisasi menggunakan peta dan tampilan 3D. Menurut Xu (2003) ; Cao & Lu (2012), informasi posisi dapat digunakan dalam SIG untuk menganalisis dunia nyata atau membuat model. Sistem navigasi spasial juga berkembang pesat di dalam kajian SIG. *Global Positioning System* (GPS) adalah salah satu navigasi spasial yang berkembang pesat dengan penggunaan yang beragam. GPS memberikan informasi koordinat garis lintang dan garis bujur serta menunjukkan arah untuk navigasi (Cao & Lu, 2012). Selain itu sistem navigasi juga dapat digunakan di dalam ruangan.

Kombinasi teknologi SIG dengan sistem navigasi dapat digunakan sebagai salah satu alat untuk mengelola keadaan darurat. Evakuasi darurat merupakan masalah penting untuk gedung-gedung besar dan fasilitas (Cao & Lu, 2012). Mempertimbangkan kejadian kebakaran di gedung Kementerian Perhubungan Jakarta Pusat yang memakan tiga orang korban tewas, dengan salah satu korban ditemukan di lantai 12, diperkirakan korban meninggal disebabkan oleh kekurangan oksigen (Putsanra; Tirta.id, 2018). Selain itu menurut Erden & Coksun (2007) ; Cao & Lu (2012) mengenai kejadian runtuhnya gedung *World Trade Center* (WTC) pada 11 September 2001, mereka berpendapat bahwa dengan perencanaan yang baik dan kesiapsiagaan dalam keadaan darurat memungkinkan untuk mengurangi cedera dan kehilangan nyawa.

Manajemen evakuasi bertujuan untuk mengevakuasi orang keluar dari zona bahaya dalam waktu singkat (Chen & Feng, 2009 ; Cao & Lu, 2012). Bentuk manajemen evakuasi yang baik dalam suatu bangunan yaitu terdapat jalur evakuasi yang efektif, salah satu cara untuk menentukannya melalui *network analysis*. Penggunaan *network analysis* dapat memberikan jalur terbaik untuk dilalui menuju zona aman dan dapat mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi evakuasi. *Network analysis* adalah sebuah alat pada SIG

yang digunakan khusus untuk menyelesaikan permasalahan pergerakan atau perpindahan, hal ini dapat digunakan untuk navigasi didalam ruangan dengan menambahkan aspek 3D dan spasial (Musliman *et al.*, 2008 ; Gelido *et al.*, 2018). Implementasi dan dukungan dari sistem *network analysis* dapat membantu mengatasi masalah pengungsian (Musliman *et al.*, 2008 ; Cao & Lu, 2012).

Model 3 Dimensi (3D) lebih berguna daripada peta 2 Dimensi (2D) karena memberikan representasi lain (warna dan bentuk) dan kemiripan yang lebih baik seperti kenampakan dunia nyata (Skarkawi *et al.*, 2008 ; Cao & Lu, 2012). Seiring perkembangan teknologi, kebutuhan akan visualisasi data yang berkembang membutuhkan tampilan yang lebih tampak nyata. Tampilan 3D dapat memberikan sudut pandang yang berbeda dari suatu objek, sehingga memungkinkan hasil analisis yang lebih baik dibandingkan tampilan 2D yang hanya memberikan satu sudut pandang. Berbagai objek di permukaan bumi dapat dimodelkan dalam bentuk 3D, salah satunya yaitu gedung bertingkat.

Yogyakarta sebagai kota pelajar memiliki banyak perguruan tinggi, menurut Risetdikti (2017) terdapat 107 perguruan tinggi yang telah diakui dan terakreditasi ban-pt, salah satunya adalah Universitas Gadjah Mada (UGM) yang memiliki 18 fakultas dan 2 sekolah. Hal tersebut menuntut tersedianya kebutuhan ruang untuk kegiatan akademik, sehingga pembangunan gedung bertingkat terus dilakukan. Masing-masing fakultas di UGM memiliki beberapa gedung bertingkat dengan jumlah lantai yang beragam. Salah satu gedung yang baru diresmikan yaitu gedung Pascasarjana Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan (FK-KMK) yang memiliki dua *tower* dengan masing-masing gedung memiliki 8 lantai dan 1 *basement*, dengan demikian penentuan jalur evakuasi yang efektif sangat dibutuhkan.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Data

Observasi dan pengukuran pada objek penelitian merupakan tahapan untuk memperoleh informasi aktual. Data yang diperoleh akan digunakan sebagai informasi tambahan dalam pembuatan model 3D dan jalur evakuasi dari data rencana desain arsitektur gedung. Data koordinat

absolut dan ukuran sebenarnya dari gedung merupakan data yang juga perlu diakuisisi. Perolehan koordinat dari setiap pojok gedung dilakukan menggunakan GPS geodetik.

### **Konversi Format dan Perbaikan Data**

Proses konversi data ini bertujuan agar dapat melakukan pengolahan pada data desain arsitektur gedung. Konversi ini akan mengubah data raster menjadi data vektor sehingga proses penambahan ataupun penyederhanaan data dapat dilakukan. Oleh sebab itu konversi data perlu dilakukan agar dapat dilakukan pengolahan data yang lebih lanjut. Penambahan dan pengurangan data juga dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data utama dalam membangun model sesuai dengan kebutuhan penelitian dilakukan pada tahapan ini.

### **Georeferensi**

Data rencana desain arsitektural terdiri dari susunan informasi yang kompleks. Model 3D yang dibangun harus memiliki informasi yang faktual atau benar, baik secara lokasi maupun susunan bagian dalam dan luar dari gedung tersebut. Koordinat absolut dari hasil pengukuran lapangan pada setiap pojok gedung akan digunakan agar model 3D berada pada lokasi sebenarnya, sehingga konsistensi data tersusun dengan baik.

### **Konversi Format Data Shapefile**

Data dengan format drawing memiliki batasan tertentu dalam proses pengolahannya. Batasan ini menyebabkan data tersebut tidak dapat dikelola pada *software* berbasis sistem informasi geografis seperti *software* yang digunakan yaitu ArcGIS.. Format data yang paling sesuai untuk pengolahan lebih lanjut yaitu format data *shapefile* (\*.shp).

### **Penambahan Atribut Data**

Data hasil konversi merupakan data dasar yang belum memiliki informasi tambahan. Penambahan informasi perlu dilakukan untuk menghasilkan data yang memiliki kompatibilitas untuk dimodelkan menjadi model 3D. Informasi yang ditambahkan memiliki karakteristik tertentu dan penambahan dilakukan sesuai dengan kebutuhan suatu data tersebut dalam pembuatan model 3D.

### **Merge Data dan Konversi Model 3D**

Data desain arsitektural gedung tersusun dari setiap lantai gedung, hal ini menyebabkan

kelas data menjadi terpisah dalam beberapa lantai pada setiap kelas data. Penggabungan data ini perlu dilakukan untuk menghasilkan sebuah kelas data yang memiliki informasi semua lantai pada setiap kelas data.

### **Geodatabase**

Manajemen data spasial menggunakan *geodatabase* yaitu menentukan banyaknya *feature dataset* yang akan dilakukan dalam proses analisis spasial. *Feature dataset* merupakan bagian utama dalam sebuah *geodatabase* yang membagi data sesuai dengan fungsi dan kelasnya, selain itu data penyusunnya juga memiliki keterkaitan dengan data lainnya. Jumlah *feature dataset* yang dibangun dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu *basemap*, *network analysis*, dan skenario. *Basemap* adalah *feature dataset* yang bertujuan untuk menyimpan data model yang akan dihasilkan, *network analysis* bertujuan untuk menyimpan data jaringan atau jalur pada setiap lantai beserta *network dataset* nya, dan skenario bertujuan untuk menyimpan data mengenai lokasi evakuasi yang akan dimodelkan. Setiap *feature dataset* ini akan memiliki *jumlah feature class* yang berbeda-beda sesuai dengan tujuan dari penggunaan *feature dataset* masing-masing.

### **Jalur Lantai dan Jalur Transisi**

Data jalur lantai dan jalur transisi merupakan data yang sangat penting dalam penelitian ini karena bertujuan untuk memberikan informasi jalur dari satu lantai ke lantai lainnya. Proses penyusunan data ini dilakukan dengan melakukan digitasi pada data ruangan gedung hingga konversi data menjadi model tiga dimensi serta pengisian atribut data pada kedua jalur. Atribut data yang digunakan juga merupakan bagian terpenting dalam penyusunannya sehingga dapat memberikan informasi jalur yang informatif.

### **Penyusunan 3D Network Dataset**

Penyusunan model 3D agar dapat memiliki hasil yang representatif dan sesuai dengan tampak nyata diperlukan proses klasifikasi dan simbolisasi data. Data dasar yang memberikan tampilan 3D yaitu data dinding dan pintu, sedangkan data ruangan hanya memberikan informasi fungsi ruang dengan tampilan 2D akan tetapi fungsi ruang tetap memiliki nilai ketinggian untuk memberikan informasi pada setiap lantai. Data ditampilkan dengan warna yang berbeda antar kelas sehingga memberikan kemudahan dalam memahami

kegunaan setiap objek sehingga proses klasifikasi dan simbolisasi menjadi bagian yang penting dalam pemodelan 3D ini.

### **Penyusunan Network Dataset**

Penyusunan *network dataset* terdiri dari dua data utama yaitu data jalur lantai dan jalur transisi lantai. Selain itu digunakan data tambahan hasil observasi lapangan yang untuk memberikan informasi beban setiap jalur yang ada agar dapat diketahui beban dari jalur yang dilewati. Beban atau *impedance* yang digunakan dalam model ini adalah jarak (*length*) sebagai penentuan jalur terpendek untuk melakukan proses evakuasi, jalur ini ditentukan berdasarkan jarak menuju lokasi evakuasi, dimana semakin pendek jaraknya maka proses evakuasi akan lebih efisien dibandingkan jarak yang lebih panjang. Semua data hasil ekstraksi lainnya juga digabungkan menjadi bagian dari *network dataset* yang ditampilkan dalam model 3D.

### **Pembuatan Tool**

Proses pengolahan suatu data dalam Sistem Informasi Geografis memerlukan sebuah *tool* yang sesuai dengan metode penelitian. *Tool* adalah alat yang akan melakukan pengolahan sesuai dengan metode penelitian dalam bentuk digital. *Tool* untuk melakukan analisis 3D *network analysis* yang sesuai dengan metode penelitian ini belum tersedia, sehingga perlu dilakukan pembuatan *tool* baru yang memiliki metode sesuai dengan penelitian yang digunakan.

### **3D Network Analysis**

Model 3D dan *network dataset* yang telah dihasilkan dapat memberikan informasi jalur yang dapat dilalui untuk menuju keluar gedung dengan jarak terpendek sehingga dapat diperoleh jalur evakuasi terbaik. Menggunakan beberapa skenario lokasi awal untuk menuju *exit point* sehingga dapat memberikan berbagai perkiraan kejadian yang terjadi untuk menuju keluar dari gedung. Jalur yang telah diperoleh dilakukan analisa lebih lanjut dan dibahas secara rinci pada bab pembahasan.

### **Uji dan Evaluasi**

Model yang telah diperoleh belum diketahui kebenaran dari model yang dihasilkan sehingga perlu dilakukannya uji dan evaluasi. Apabila ditemukan kesalahan dari model ini dapat digunakan sebagai dasar untuk dilakukan perbaikan agar dapat memberikan informasi yang benar dan memberikan

visualisasi yang mudah dipahami oleh pengguna sehingga mudah dipahami serta dapat digunakan sebagai acuan untuk melalui jalur evakuasi.

### **Analisis Kelebihan dan Kekurangan**

Hasil model 3D dan jalur evakuasi yang telah dihasilkan dapat diambil informasi kelebihan dan kekurangannya. Informasi ini digunakan sebagai acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya terkait analisis pemodelan 3D jalur evakuasi, sehingga penelitian yang telah dihasilkan dapat digunakan untuk perbaikan dan pengembangan.

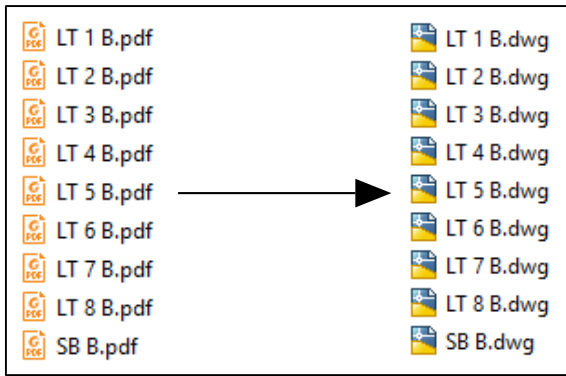
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Proses pemodelan dilakukan dengan beberapa langkah dari penyusunan data dasar hingga analisis model.

### **Data Primer**

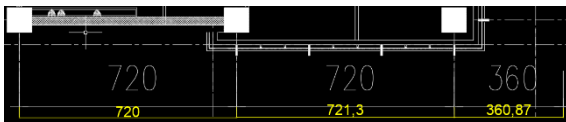
Pengukuran dilakukan di gedung Pascasarjana FK-KMK sebagai masukan data primer. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan distometer Leica D810 dengan akurasi ketelitian hingga  $\pm 1$  mm. Proses pengukuran dilakukan dengan cukup detail, data yang diambil berupa tebal dinding, jarak ruang gang, ukuran pilar gedung, lebar dan tinggi pinut, dan lainnya. Data ini akan digunakan sebagai data tambahan serta sebagai validasi dari denah gedung yang diperoleh dari FK-KMK. Akuisisi data selain pengukuran juga dilakukan yaitu mengambil titik koordinat pada pojok gedung yang digunakan sebagai titik *control point* untuk melakukan georeferensi data.

Data denah gedung yang diperoleh yaitu memiliki format *Portable Document Format* \*.pdf. Sementara standar data yang digunakan dalam desain arsitektur yaitu *Drawing* \*.dwg. Hal ini menyebabkan data denah yang telah diperoleh tidak dapat langsung digunakan untuk membangun model, sehingga perlu dilakukan konversi format data. Konversi format data dilakukan dengan menggunakan *software* AutoCAD – 2017 –English yang telah terdapat *tools* untuk mengubah format data \*.pdf menjadi \*.dwg.



Gambar 1. Data Hasil Konversi

Perbaikan dan pembaruan data dilakukan karena data yang diperoleh masih berupa data mentah yang perlu divalidasi dan ditambahkan atau dikurangkan bagian datanya. Penyekalaan data dilakukan untuk menampilkan data denah gedung menjadi ukuran sebenarnya. Setelah dilakukan penyekalaan dilakukan pengukuran pada beberapa bagian gedung, hasil pengukuran ditemukannya kesalahan ukuran pada semua bagian gedung. Hal ini dapat menyebabkan tidak konsistennya model gedung yang telah diperoleh.



Gambar 2. Kesalahan Dimensi Lantai

Perbaikan data tidak dapat dilakukan secara langsung karena semua lantai memiliki ukuran yang berbeda-beda, baik panjang maupun lebar pada setiap lantai. Perbedaan ukuran lebar maupun panjang lantai berada pada rentang nol hingga lima meter, hal ini dapat menyebabkan konsistensi ukuran gedung yang buruk pada setiap lantai sehingga akan merusak model bangunan apabila digabungkan dan dimodelkan menjadi model tiga dimensi. Untuk memperbaiki data ini dilakukan penggambaran ulang pada semua lantai dengan menggunakan acuan pada salah satu data lantai sebagai model utama untuk mempertahankan konsistensi ukuran gedung.

Data yang telah diperbaiki dilakukan penambahan informasi sistem koordinat dengan melakukan georeferensi. Proses georeferensi dilakukan pada semua data lantai. Hasil georeferensi yang telah dilakukan akan menghasilkan format data baru yang menyimpan sistem koordinat pada data *drawing* dengan eksistensi format data yaitu

*world \*.wld* dan *project \*.prj*. Kedua data baru ini akan mempertahankan konsistensi data *drawing* ketika digunakan pada *software* berbasis sistem informasi geografis seperti *software* ArcGIS. Apabila salah satu atau kedua data tersebut dihapus maka hanya sistem proyeksi data yang hilang, akan tetapi isi data desain tidak akan mengalami perubahan.

Konversi data dilakukan menjadi format data *shapefile \*.shp* untuk memisahkan masing-masing data sesuai dengan kelas datanya. Penambahan data atribut juga dilakukan setelah dilakukan proses konversi menjadi data *\*.shp*. Penambahan data atribut berfungsi untuk memberikan informasi tambahan sebagai dasar pembuatan model. Data yang telah siap untuk dimodelkan dilakukan *merge* atau penggabungan sesuai dengan kelasnya masing-masing.

### Penyusunan Geodatabase

Penyusunan *Geodatabase* adalah bagian terpenting dalam manajemen data spasial, hal ini akan menentukan efisiensi dan efektifitas dalam pengolahan data. Penataan data yang baik akan memberikan kemudahan dalam pencarian maupun untuk pengolahannya. Sebuah *geodatabase* dapat tersusun dari beberapa *featuredataset* maupun *featureclass*. *Feature dataset* atau dataset adalah tempat menyimpan *feature class* yang merupakan data yang saling memiliki keterkaitan antar data lainnya dan memiliki sistem koordinat yang sama (ArcGIS Resource).

Pembuatan *feature dataset* dalam penelitian ini hanya menggunakan tiga dataset utama untuk pemodelan, diantaranya yaitu dataset “Basemap”, “Network Analysis”, dan “Skenario”

Pada tahapan penyusunan ini juga dilakukan pembuatan *feature class* baru pada ketiga *feature dataset* dengan pembagian dua pada dataset basemap dan satu *feature class* pada dataset skenario.

Penyusunan *feature class* dalam *feature dataset* juga menggunakan data hasil konversi menjadi data tiga dimensi. *Shapefile* hasil konversi diantaranya yaitu Ruang\_FKKMK\_3D, Pintu\_FKKMK\_3D, Dinding\_FKKMK\_3D, Interior\_FKKMK\_3D, dan Titik\_Tengah\_Ruangan\_FKKMK\_3D. Semua data tersebut akan digunakan sebagai data penyusun *feature dataset* yang telah dibangun.

Pembuatan kedua jalur dilakukan dengan membangun *feature class* baru yang ditambahkan dalam *feature dataset* *Network*

*Analysis*, dengan nama *feature class* yaitu *floor transition* untuk jalur transisi dan *floor line* untuk jalur lantai. Proses pembuatan data jalur dimulai dari jalur lantai, tahapan ini dilakukan dengan cara digitasi secara manual pada denah gedung yang telah dibangun yang akan menghasilkan jalur lantai gedung, setiap jalur disusun saling terhubung dengan semua ruangan pada setiap lantai. Pembuatan data jalur transisi dilakukan setelah selesainya data jalur lantai disusun. proses pembuatan jalur transisi juga dilakukan dengan cara digitasi, dengan tahapan pembuatan di mulai dari ujung jalur lantai dasar ke lantai selanjutnya hingga jalur terhubung ke lantai paling atas. Penggambaran jalur transisi dilakukan dengan mengikuti bentuk tangga ataupun *lift* pada setiap lantainya. Kedua jalur yang telah dihasilkan masih dalam bentuk format data dua dimensi sebagai tahapan awal pembuatan data ini.

### Penyusunan 3D Network Dataset

Klasifikasi dan simbolisasi merupakan tahapan membangun model tiga dimensi memiliki tampilan yang representatif sesuai dengan bentuk gedungnya. Proses ini dilakukan dengan menggunakan semua data *feature class* pada *feature dataset* *basemap*. *Feature class* sebelum dilakukan proses simbolologi masih memiliki tampilan yang belum representatif karena hanya menampilkan bagian gedung berupa permukaan lantai tanpa adanya bagian dinding, pintu, ataupun pilar gedung sebagai representasi dari sebuah gedung. Proses klasifikasi dilakukan dengan melalui beberapa tahapan yaitu *extrude*, klasifikasi, dan simbolisasi.

Tahapan penyusunan *3D network dataset* secara garis besar dibagi menjadi beberapa tahapan utama yaitu di mulai dari menentukan *feature dataset*, *feature class* yang digunakan untuk pemodelan, penentuan *impedance*, menentukan *network direction properties*, dan *build network dataset* sebagai tahapan akhir. Semua tahapan ini harus dilakukan dalam proses penyusunan *network dataset*, apabila terdapat kekurangan data atau melewati salah satu tahapan maka *network dataset* yang dihasilkan tidak akan dapat digunakan untuk melakukan analisis jaringan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *geodatabase* sebagai basis data dalam penyusunan *3D network dataset*.

*Arctoolbox* merupakan tempat

penyimpanan *tools* yang disediakan oleh ArcGIS Pro untuk melakukan analisis data spasial. *ArcToolbox* belum menyediakan *tool* analisis yang digunakan untuk menentukan jalur terpendek menggunakan data jaringan model tiga dimensi, sehingga perlu dilakukan pembuatan *tool* baru yang kompatibel dengan tujuan penelitian. Pembuatan *tool* dilakukan menggunakan *model builder* yang telah disediakan dalam ArcGIS Pro. Melalui *model builder* dapat dilakukan rekonstruksi pembuatan *tool* baru sesuai dengan keperluan analisis menggunakan beberapa parameter tertentu. *Tool* baru direkonstruksi dengan menggunakan beberapa *tool* analisis jaringan yang telah disediakan dalam *arctoolbox*. Beberapa *tool* yang digunakan yaitu *toolmake route layer*, *add location*, *solve*, dan *apply symbology from layer*. Parameter yang digunakan sebagai data masukan yaitu, *3D Network Dataset*, hambatan, dan impedansi sebagai data masukan utama, selain itu terdapat dua data masukan tambahan yaitu *feature class* lokasi evakuasi dan *feature class* simbolologi jalur.

Analisis rekomendasi jalur evakuasi dilakukan dengan menampilkan empat skenario pilihan yang digunakan sebagai representasi dari berbagai skenario yang dapat diterapkan pada model ini. Banyak parameter yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan skenario jalur rekomendasi evakuasi. Terdapat dua parameter yang sangat mempengaruhi dalam penentuan skenario yang dibangun yaitu lokasi lantai dan fungsi ruangan. Pemilihan lokasi lantai sebagai parameter yang dipertimbangkan, hal ini dikarenakan semakin tinggi lokasi lantai maka akan semakin sulit dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk melakukan evakuasi ketika terjadi bencana. Selain itu ketika terjadinya bencana penggunaan elevator sebagai salah satu infrastruktur untuk mengakses lantai gedung tidak direkomendasikan karena akan meningkatkan risiko kecelakaan penggunaannya, sehingga penggunaan tangga utama dan tangga darurat merupakan pilihan terbaik untuk melakukan evakuasi. Lokasi lantai yang dimaksud adalah lantai yang berada pada tingkatan yang lebih dari lantai tiga, yaitu lantai empat hingga lantai delapan.

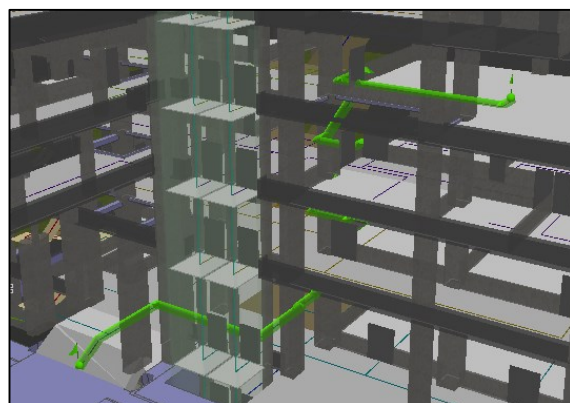
Skenario pertama yaitu ruang seminar pada lantai delapan gedung utara. Pengambilan lokasi ini sebagai model jalur evakuasi dilakukan karena fungsi ruang yang sangat memungkinkan untuk terdapat pengguna pada ruangan ini.

Fungsi ruangan ini sebagai tempat yang digunakan untuk kegiatan seminar cukup berbahaya karena letaknya yang berada pada lantai paling atas yaitu lantai delapan, sehingga untuk melakukan evakuasi diperkirakan akan cukup sulit. Hasil pemodelan jalur evakuasi, merekomendasikan jalur yang dilewati yaitu menggunakan tangga darurat yang berada pada sisi barat gedung (Gambar 3). Jarak tempuh yang perlu dilalui dari ruang seminar yaitu sepanjang  $\pm 166$  meter untuk menuju lokasi evakuasi yang dimodelkan.



Gambar 3. Skenario Pertama

Skenario kedua yaitu ruang kerja mahasiswa yang berada pada lantai empat gedung utara. Ruangan ini memiliki fungsi yang juga memungkinkan terdapatnya banyak pengguna fungsi dan ukuran ruangan yang luas. Hasil pemodelan rekomendasi jalur evakuasi menunjukkan hasil jalur yang berbeda dengan model sebelumnya yang mana jalur tersebut merekomendasikan untuk menggunakan tangga darurat, sedangkan pada model ini menghasilkan jalur evakuasi yang merekomendasikan untuk menggunakan tangga utama dibandingkan tangga darurat (Gambar 4). Pemodelan rekomendasi jalur evakuasi menunjukkan jarak tempuh yang diperlukan dari ruang fungsi kerja mahasiswa hingga lokasi akhir evakuasi yaitu berjarak  $\pm 81$  meter. Analisis yang digunakan yaitu menentukan jalur evakuasi berdasarkan jalur terpendek untuk dilewati, sehingga model jalur evakuasi yang dihasilkan merekomendasikan tangga utama untuk dilewati karena memiliki jarak yang lebih pendek dibandingkan melalui tangga darurat.



Gambar 4. Skenario Kedua

Skenario ketiga menentukan jalur evakuasi dari ruangan sekretariat bersama yang berada di lantai tujuh gedung selatan. Ruang sekretariat bersama yang dimaksud merupakan ruang dosen salah satu jurusan di FK-KMK, secara fungsional ruangan ini masih belum digunakan. Ruangan ini dipilih sebagai lokasi awal evakuasi karena fungsinya sebagai ruang kerja dosen yang sangat penting keselamatannya. Hasil model rekomendasi jalur menghasilkan model menggunakan tangga darurat yang berada pada sisi barat gedung dengan jarak tempuh  $\pm 144$  meter (Gambar 5). Lokasi ruangan ini berada tepat disebelah tangga utama sama halnya seperti ruang kerja mahasiswa, akan tetapi jalur evakuasi yang dihasilkan memodelkan melewati tangga darurat, hal ini disebabkan akumulasi jarak tempuh yang perlu dilewati untuk menuju lokasi evakuasi yang lebih panjang jika melewati tangga utama dibandingkan melewati tangga darurat.



Gambar 5. Skenario Ketiga

Skenario terakhir yang digunakan sebagai representasi dari rekomendasi jalur evakuasi yaitu ruangan *Computer Room* yang berada pada

lantai delapan gedung selatan. Fungsi ruangan ini digunakan untuk presentasi ataupun seminar sama halnya seperti ruang seminar pada lantai delapan gedung utara, yang membedakannya yaitu ruangan ini memiliki fasilitas komputer di dalamnya. Model rekomendasi jalur evakuasi yang dihasilkan melewati tangga darurat dengan jarak tempuh  $\pm 164$  meter untuk menuju titik lokasi evakuasi (Gambar 6). Model rekomendasi jalur evakuasi yang dihasilkan ini tidak jauh berbeda dengan rekomendasi jalur evakuasi pada ruangan seminar lantai delapan gedung utara, yang juga melewati tangga darurat.



Gambar 6. Skenario Keempat

### Uji dan Evaluasi

Model rekomendasi jalur evakuasi yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan melewati tangga darurat sebagai jalur evakuasi utama. Sesuai dengan fungsi tangga darurat yaitu digunakan sebagai jalur untuk melakukan proses evakuasi, dari hasil model jalur evakuasi menunjukkan tangga darurat yang dibangun memiliki fungsi yang memenuhi prosedur sebagai tangga darurat karena memiliki jarak yang lebih pendek dibandingkan tangga utama. Tangga utama yang terdapat pada gedung ini memiliki ukuran yang lebih luas dibandingkan ukuran tangga darurat, selain itu tangga utama juga dapat digunakan sebagai jalur evakuasi alternatif, akan tetapi jarak tempuh yang perlu dilewati lebih jauh dibandingkan tangga darurat, sehingga untuk beberapa lantai penggunaan tangga utama lebih direkomendasikan dibandingkan tangga darurat, seperti pada skenario empat yang menunjukkan rekomendasi jalur evakuasi bukan melewati tangga darurat melainkan

tangga utama.

Pemilihan skenario yang dimodelkan dilakukan dari beberapa hasil pemodelan jalur evakuasi, sehingga diperoleh empat skenario utama yang dapat digunakan untuk merepresentasikan jalur evakuasi pada kedua gedung. Semua skenario yang dihasilkan menunjukkan pemilihan jalur yang sesuai dengan standar evakuasi gedung yaitu melewati tangga darurat. Terdapat satu kelemahan pada gedung Pascasarjana FK-KMK yang diperoleh setelah melakukan pemodelan jalur evakuasi. Kelemahan yang ditemukan pada gedung ini yaitu, tidak terdapatnya fasilitas evakuasi mandiri untuk penyandang disabilitas, hal ini disimpulkan dari model jalur dalam gedung yang mana tidak terdapatnya jalur *ramp* seperti pada lantai satu pada sisi barat dan timur dikedua bagian gedung. Penyandang disabilitas hanya dapat menggunakan *lift* untuk mengakses setiap lantai pada gedung ini, sehingga akan sangat membahayakan jika berada pada lantai delapan dikarenakan untuk kembali ke lantai satu hanya dapat menggunakan *lift*, sedangkan penggunaan *lift* tidak direkomendasikan sebagai jalur evakuasi karena akan meningkatkan risiko bahaya penggunaannya.

Jalur evakuasi suatu gedung yang ditampilkan cenderung hanya menggunakan model dalam bentuk dua dimensi, model ini terkadang masih belum dapat memberikan informasi tampilan yang mudah dipahami oleh semua pengguna, dikarenakan perlunya pemahaman spasial yang baik mengenai setiap ruang yang terdapat pada suatu gedung. Berbeda halnya dengan model rekomendasi jalur evakuasi yang dihasilkan dapat membantu pengguna untuk memahaminya karena jalur evakuasi ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi, sehingga pengguna lebih mudah untuk memahami jalurnya karena memiliki tampilan yang tampak seperti kenyataannya sehingga dapat melalui jalur evakuasi yang lebih baik. Selain itu model gedung yang memiliki tampilan yang sesuai dengan bentuk nyatanya memberikan kelebihan lainnya sehingga dapat memberikan pemahaman pengguna mengenai jalur evakuasi lebih baik.

Analisis jalur evakuasi yang dihasilkan merupakan bagian dari perkembangan analisis system informasi geografi atau lebih dikenal sebagai *Geographic Information System (GIS)*. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mengikuti perkembangan yang saat ini sedang terjadi yaitu analisis *indoor*. Analisis ini



memiliki cakupan area yang jauh lebih kecil dibandingkan analisis GIS yang biasa dilakukan. Skala yang dihasilkan merupakan skala besar sehingga model yang dihasilkan memiliki tampilan yang lebih detail. Perkembangan analisis *indoor* ini memiliki banyak manfaat yang tidak hanya digunakan untuk memodelkan jalur evakuasi, pemodelan dapat juga dilakukan untuk analisis jaringan pipa dalam gedung, jaringan kelistrikan, hingga analisis *indoor positioning system* yang dapat mengetahui lokasi seseorang dalam gedung dan membantu navigasi dalam gedung.

Hasil pemodelan tiga dimensi yang dilakukan pada gedung Pascasarjana FK-KMK menunjukkan beberapa kelemahan baik dari segi pemodelan maupun standar evakuasi pada gedung ini. Pemodelan menggunakan *3d network analysis* hanya dapat menghasilkan berupa jalur garis yang digunakan untuk merepresentasikan rekomendasi jalur evakuasi, jalur ini hanya dapat mempertimbangkan aspek jarak tempuh sebagai penentu rekomendasi jalur evakuasi, sehingga analisis evakuasi yang dapat dilakukan masih sangat terbatas. Model tiga dimensi gedung yang dihasilkan masih terbatas dalam mempertimbangkan pada aspek geometri sedangkan aspek semantik gedung masih belum dipertimbangkan, sehingga kemampuan model untuk menganalisis jalur evakuasi yang dihasilkan juga masih terbatas. Selain itu model masih kurang informatif dikarenakan model yang dapat dihasilkan hanya berupa rekomendasi jalur evakuasi terpendek, yang mana banyak aspek lainnya yang dapat ditambahkan untuk memberikan kemudahan pengguna yang masih awam dengan jalur evakuasi dapat memahami tahapan evakuasi dalam sebuah gedung.

## KESIMPULAN

1. Penyusunan 3D network dataset dalam pemodelan jalur evakuasi pada Gedung Pascasarjana FK-KMK UGM dibangun menggunakan dua data jaringan utama yaitu jalur rantai dan jalur transisi. Kedua data ini saling terintegrasi dalam memberikan informasi jalur evakuasi yang dapat dilalui, selain itu *3D network dataset* tidak dapat digunakan apabila hanya terdiri dari satu data jalur. Terdapat dua aspek yang membedakan *2D network dataset* dengan *3D network*

*dataset* yaitu, data penyusun dan nilai ketinggian (z). Model 2 dimensi tidak memiliki jalur transisi dan nilai ketinggian seperti model 3 dimensi.

2. Model 3D Gedung Pascasarjana FK-KMK UGM yang dihasilkan memiliki tampilan yang cukup representatif, dengan visualisasi gedung yang sesuai dengan bentuk dan ukuran sebenarnya. Simbolisasi dan pembuatan furnitur yang terdapat pada sekitar bangunan membuat model yang dihasilkan tampak lebih mirip. Keterbatasan *software* memberikan keterbatasan pada beberapa bagian model sehingga terdapat beberapa detail gedung harus disederhanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aronoff, Stan. 1989. *Geographic Information System; A Management Perspective*. Ottawa. WDL, Publications.
- Atila. U., Karas. I.R., Rahman. A.A. 2013. *A 3D-GIS Implementation for Realizing 3D Network Analysis and Routing Simulation for Evacuation Purpose*. Progress and New trends in 3D Geoinformation Sciences, Lecturer Notes in Geoinformation and Cartography: 249-259.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2008. *Pedoman Pemberian dan Besaran Bantuan Santunan Duka Cita*. Jakarta, Indonesia.
- Cao, Yuan & Lu Fei. (2012). *Three-Dimensional Modeling for Buildings Evacuation Management*. Hogskolan I Gavle : Akademin For Teknik Och Miljo.
- Cichociński, P. & Dębińska, E. (2016). *Application of 3d Network Analysis for Development of Evacuation Plans and Procedures for Multi-Storey Building*. Perugia : Geographic Information Systems Conference and Exhibition "GIS ODYSSEY 2016" : 63 – 69.
- Fransendo. 2014. *Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Penentuan Prioritas Pengembangan Jalur Hijau*. Skripsi : Fakultas Geografi, Univeristas Gadjah Mada.
- Gia. T.A.N., Dao. M.S., Van. C.M. 2017. *A Comparative Survey of 3D GIS Models*. 4th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science: 24-25.
- Groger. G. & Plumer. L. 2012. *CityGML - Interoperable Semantic 3D City Models*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing: 12-33.

- Iro . 2018. Tahir Meresmikan Gedung Pascasarjana FK-KMK UGM. FK-KMK UGM. Diakses di <https://fk.ugm.ac.id> pada tanggal 20 Februari 2019.
- Latifah, N. 2017. *Penentuan Jalur Optimum Rute Pemadam Kebakaran dengan Aplikasi Pgrouting di Kota Yogyakarta*. Skripsi : Departemen Geodesi, Univeristas Gadjah Mada.
- Lenk, U. & Heipke C. 2006. *The radial topology algorithm – a new approach for deriving 2.5D GIS data models*. New York: Springer. *Geoinformatica* 10: 447-468.
- Mandloi, D. & Thill. J.C. 2010. *Object-Oriented Data Modeling of an Indoor/Outdoor Urban Transportation Network adn Route Planning Analysis*. B. Jiang, X. Yaio (eds), *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics*, *GeoJurnal Lybrary* 99: 197-220.
- Purwanto, Taufik Hery. (2018). *Analisis Jaringan 3-Dimensi untuk Penentuan Rute Evakuasi di Gedung Bertingkat*. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, ol 2. No 2 Juli 2018: 147 - 164.
- Putsarana. 2018. *Korban tewas kebakaran gedung Kemenhub diduga karena kurang oksigen*. Diakses di <https://tirto.id> pada tanggal 20 Feberuari 2019.
- RisteDikti. 2017. Diakses di <https://kelembagaan.ristekdikti.go.id> pada tanggal 20 Februari 2019.
- Suo. Y., Chi. T., Liu. T. 2014. *Design and Application of Indoor Geographical Information System*. W.E. Wong & T. Zhu (eds.), *Computer Engineering and Networking* : 739-746.
- Suwahyono, M.B. 2016. *Integrasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Penentuan Jalur Optimum Berdasarkan Tingkat Kemacetan di Sebagian Ruas Jalan Kecamatan Cibinong Kab. Bogor*. Skripsi : Fakultas Geografi, Univeristas Gadjah Mada.
- Tashakkori. Hosna., Abbas. Rajabifard., Mohsen. Kalantari. 2015. *A new 3D indoor/outdoor spatial model for indoor emergency response facilitation*. In :*Building and Environment*, Volume 89,Pages 170-182.
- Thill. J.C., Dao. T.H.D., Zhou. Y. 2010. *Traveling in Three-Dimensional City : Applications in Route Planning, Accessibility Assessment, Location Analysis and Beyond*. *Journal of Transport Geography*: 405-421.
- Tsiliakou, E. & Dimopoulou, E. (2016). *3D Network Analysis for Indoor Space Applications*. Athens : The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W2 : 147 – 154.
- Wiwaha, A.A. 2015. *Penentuan Jalur Evakuasi dan Titik Kumpul parsipatif dalam upaya pengurangan risiko bencana Gunung Merapi*. Skripsi : Fakultas Geografi, Univeristas Gadjah Mada.

