

SISTEM INFORMASI NAVIGASI KAMPUS UNTUK IMPLEMENTASI MITIGASI GEMPA BUMI DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MATARAM

I Made Wisnu Kusuma Putra¹, Teti Zubaidah^{1,2,*}, Dwi Ratnasari³,
Rosmaliati¹ Abdullah Zainuddin¹, Made Sutha Yadnya¹

¹Teknik Elektro, ²Magister Mitigasi Bencana, ³Teknik Informatika
Universitas Mataram

Jalan Majapahit Nomor 62, Matarma, NTB

*korespondensi: tetizubaidah@unram.ac.id

Artikel history	Received : 9 Juli 2023	DOI : https://doi.org/10.29303/pepadu.v4i3.3653
	Revised : 18 Juli 2023	
	Published : 30 Juli 2023	

ABSTRAK

Sebuah sistem informasi mengenai jalur evakuasi dan titik kumpul telah dirancang bagi para penghuni gedung bertingkat di Fakultas Teknik Universitas Mataram. Terdapat dua tahapan kegiatan yang dilakukan, yakni identifikasi rambu keselamatan dan titik kumpul yang tersedia, serta menentukan jalur evakuasi yang aman dan terdekat dengan bantuan algoritma *Dijkstra*. Hasil kegiatan berupa Sistem Informasi Navigasi Kampus (SINAPUS) yang memberikan informasi penghuni gedung bertingkat di Fakultas Teknik Universitas Mataram dalam memahami jalur evakuasi menuju titik-titik kumpul. Fitur unggulan SINAPUS adalah penunjuk arah navigasi dalam ruangan menuju pintu keluar yang secara langsung akan diarahkan dengan *Augmented Reality*, dimana pengguna dapat berinteraksi dengan mengaktifkan kamera *smartphone* untuk melihat lokasi titik kumpul yang direkomendasikan. Berdasarkan uji *usabilitas* dari 30 responden pengguna aplikasi SINAPUS didapatkan hasil tingkat kepentingan 83,6% dan tingkat kepuasan 82,23%. Didapatkan pula 96,67% pengguna lebih memahami jalur evakuasi setelah menggunakan SINAPUS, sehingga aplikasi ini sangat bermanfaat untuk implementasi mitigasi gempa bumi di Fakultas Teknik Universitas Mataram. SINAPUS dapat diakses melalui link: <https://madewithwisnu.github.io/SINAPUS/>

Kata kunci: evakuasi, mitigasi, gempa bumi, *Dijkstra*, *Augmented Reality*

PENDAHULUAN

Universitas Mataram memiliki banyak gedung bertingkat, diantaranya di lingkungan Fakultas Teknik terdapat 4 (empat) gedung bertingkat. Sangat penting bagi pengelola kampus dalam memperhatikan tingkat keselamatan dan keamanan pengguna gedung, mengingat gedung bertingkat tidak luput dari ancaman bencana alam, khususnya gempa bumi. Gempa bumi sangat membahayakan keselamatan pengguna gedung bertingkat, karena dengan situasi yang bisa kapan saja terjadi dapat menyebabkan kepanikan bagi yang kurang memiliki pengetahuan mengenai arah jalur evakuasi. Untuk dapat melakukan evakuasi dengan baik, pengelola kampus berperan penting dalam menyediakan jalur evakuasi dan memberikan pengetahuan bagi pengguna gedung agar dapat mengetahui arah keluar gedung menuju titik aman.

Gempa bumi adalah peristiwa terjadinya guncangan Bumi yang disebabkan oleh kejadian alam, seperti aktivitas gunung berapi, reruntuhan batuan, aktivitas sesar (patahan), atau tumbukan antar lempeng Bumi. Di Indonesia bencana alam seperti gempa bumi sangat sering terjadi,

dikarenakan posisinya yang berada pada pertemuan 3 (tiga) lempeng tektonik aktif, sehingga sangat memerlukan kepedulian untuk meminimalkan risiko yang harus dilakukan sejak dini. Kegiatan dan usaha untuk meminimalkan risiko akibat terjadinya bencana alam, baik secara fisik maupun kesadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana disebut mitigasi. Salah satu aktivitas mitigasi yang bisa dilakukan yaitu memiliki pengetahuan yang cukup untuk mengenal jalur evakuasi dan lokasi titik kumpul.

Jalur evakuasi pada sebuah gedung harus berfungsi berdasarkan prosedur evakuasi dengan memberikan kemudahan untuk setiap orang yang membacanya. Sebelum membuat jalur evakuasi banyak hal yang harus diperhatikan, misalnya ketersediaan tangga darurat, pintu darurat, rambu keselamatan, dan ketersediaan alat-alat *safety fire* seperti *smoke detector* serta alat pemadam api ringan (APAR). Fungsi jalur evakuasi sangat penting digunakan saat kondisi darurat untuk menormalisasi keadaan, meminimalkan cedera, mencegah kerusakan aset dan mencegah kerugian material serta menghindari jatuhnya korban jiwa. Untuk itu, sangat perlu dilakukan simulasi berkala dalam melakukan evakuasi sebagai tahapan mitigasi gempa bumi dengan memperhitungkan waktu saat evakuasi menuju area aman. Terkhusus bagi pengguna gedung memerlukan pengetahuan yang baik untuk mengenal lingkungan mengenai arah jalur evakuasi menuju titik kumpul. Jalur evakuasi harus tersedia di tempat yang memungkinkan banyak orang berkumpul dalam satu tempat, seperti di kampus.

Universitas Mataram, khususnya Fakultas Teknik, saat ini berkembang dengan meningkatnya jumlah mahasiswa dan juga penambahan gedung bertingkat. Dengan demikian, penting bagi pengguna gedung, khususnya mahasiswa baru maupun mahasiswa yang sedang menempuh studi, dosen dan staf, serta tamu yang datang ke Fakultas Teknik untuk mengenal arah jalur evakuasi menuju titik kumpul di lingkungan area kampus.

Melalui kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat yang dituangkan dalam tulisan ini diharapkan akan menghasilkan sistem informasi navigasi kampus. Sistem ini akan menampilkan rute jalur evakuasi dari posisi pengguna menuju area titik kumpul, yang memberikan keunggulan dalam menginformasikan kepada pengguna jalur mana yang terbaik yang akan dimasukkan ke dalam algoritma *Dijkstra* untuk diproses menghasilkan rute terpendek yang aman. Informasi yang muncul berupa objek virtual 3D petunjuk arah yang terintegrasi dengan lingkungan nyata, menggunakan kamera *smartphone* dengan bantuan teknologi *Augmented Reality* untuk meningkatkan pengalaman media yang lebih interaktif bagi pengguna.

Algoritma *Dijkstra* memakai prinsip *greedy*, dimana pada setiap langkah dipilih sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan sebuah simpul yang sudah terpilih dengan simpul lain yang belum terpilih. Oleh karena itu, penentuan jalur evakuasi di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Mataram ini dilakukan menggunakan metode algoritma *Dijkstra* yang mampu memperhitungkan jalur terpendek dan waktu evakuasi tercepat.

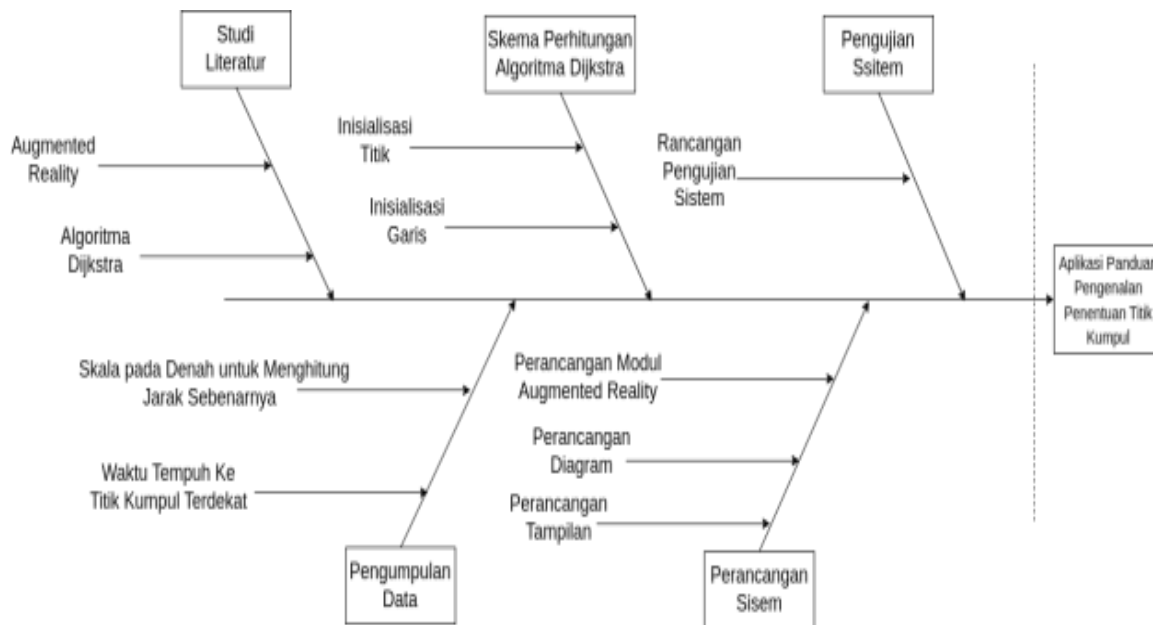
Fakultas Teknik Universitas Mataram saat ini hanya memiliki satu titik kumpul (*assembly point*) untuk menampung mahasiswa/dosen/staf saat terjadi bencana. Lokasinya berada di depan gedung Magister Teknik Sipil. Dengan jumlah mahasiswa/dosen/staf yang jumlahnya mencapai ribuan dan hanya terdapat satu titik kumpul, maka akan menimbulkan kepadatan yang membahayakan bagi pengguna gedung. Berdasarkan keadaan tersebut, akan dirancang aplikasi berbasis Web dalam penentuan jalur evakuasi dengan jarak terdekat dan waktu tercepat ke daerah titik kumpul dengan bantuan algoritma *Dijkstra* dan *Augmented Reality*, sehingga lebih interaktif dalam meningkatkan kesadaran pentingnya mengetahui arah jalur evakuasi.

METODE KEGIATAN

Agar kegiatan dapat dilakukan dengan baik dan terstruktur, maka dibuat diagram *fishbone* yang akan menjelaskan langkah-langkah selama proses berlangsung. Diagram *fishbone* kegiatan sebagaimana tampak pada Gambar 1.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang relevan dengan Algoritma Dijkstra, Augmented Reality based location dan bahasa pemrograman JavaScript, HTML, dan CSS untuk membangun sistem berbasis Web.



Gambar1 Diagram fishbone kegiatan pembuatan sistem informasi navigasi kampus untuk mitigasi gempa bumi di Fakultas Teknik Universitas Mataram

Algoritma merupakan pola pikir terstruktur yang berisi tahap-tahap penyelesaian masalah yang dapat disajikan dengan teknik tulisan maupun dengan gambar. Dalam bidang pemrograman algoritma didefinisikan sebagai suatu metode khusus yang tepat dan terdiri dari serangkaian langkah yang terstruktur dan dituliskan secara sistematis yang akan dikerjakan untuk menyelesaikan suatu masalah dengan bantuan komputer (Karumanchi, 2017). Algoritma yang digunakan untuk pencarian rute terpendek, termasuk ke dalam materi teori graf. Algoritma yang sangat terkenal untuk menyelesaikan persoalan ini adalah algoritma Dijkstra. Algoritma ini ditemukan oleh seorang ilmuwan komputer berkebangsaan Belanda yang bernama Edsger Dijkstra. Algoritma Dijkstra dianggap cocok karena mudah digunakan hanya dengan menentukan titik awal dan titik tujuan (Point, 2017). Dijkstra adalah algoritma yang digunakan untuk mencari lintasan terpendek pada sebuah graf berarah. Contoh penerapan algoritma ini adalah lintasan terpendek yang menghubungkan antara dua kota. Kasus ini sering disebut Single Source Shortest Path Problems. Cara kerja algoritma Dijkstra memakai strategi greedy, di mana pada setiap langkah dipilih sisi dengan bobot terkecil yang menghubungkan sebuah simpul yang sudah terpilih dengan simpul lain yang belum terpilih. Algoritma Dijkstra membutuhkan parameter berupa tempat asal dan tempat tujuan (Junanda et al., 2018).

Persamaan Algoritma Dijkstra (Farah et al., 2014):

$$V(G) = \{v1, v2, v3, \dots, vn\} \dots\dots (1)$$

L = Himpunan node V(G) yang sudah terpilih dalam jalur terpendek

D(j) = Jumlah bobot jarak terkecil dari v1 ke vj

W(i,j) = Bobot garis dari node vi ke node vj

W*(1,j) = Jumlah bobot jarak terkecil dari v1 ke vj

Secara formal, algoritma Dijkstra untuk mencari jarak terpendek adalah:

- a) $L = \{ \}$
- b) $V = \{v_2, v_3, \dots, v_n \}$
- c) Untuk $i = 2, 3, \dots, n$, lakukan $D(i) = w(1,i)$
- d) Selama $v_n \in L$ lakukan:
 - Pilih node $v_k \in V-L$ dengan $D(k)$ terkecil $L = L \cup \{v_k \}$
 - Untuk setiap $v_j \in V-L$ lakukan: Jika $D(j) > D(k) + w(k,j)$ maka ganti $D(j)$ dengan $D(k) + w(k,j)$ Untuk setiap $v_j \in V$, $w^*(1,j) = D(j)$.

Augmented Reality merupakan penglihatan secara langsung maupun tidak langsung terhadap suatu objek fisik dalam lingkungan dunia nyata dengan penambahan elemen (suara, video, grafis, dll) yang dihasilkan melalui software komputer (Carmigniani et al., 2011). *Augmented Reality* didefinisikan sebagai penggabungan objek 3D ke dalam lingkungan nyata. Hasilnya ditampilkan secara interaktif dan dalam waktu nyata (*real time*). Objek maya yang digabungkan ke dalam lingkungan nyata berfungsi menampilkan informasi yang tidak dapat diterima oleh manusia secara langsung. Hal ini membuat *Augmented Reality* berguna sebagai alat untuk membantu persepsi dan interaksi penggunaannya dengan dunia nyata. Informasi yang ditampilkan oleh objek membantu pengguna melaksanakan kegiatankegiatan dalam dunia nyata.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui survei respon mahasiswa dan pengambilan data primer mengukur jarak jalur lintasan tiap ruangan menuju titik kumpul serta melakukan simulasi evakuasi dengan mengambil jarak lorong 10 m dan kriteria tangga tiap gedung Fakultas Teknik Universitas Mataram. Adapun tahap pengumpulan data untuk penelitian ini sebagai berikut:

- Data Primer Titik Kumpul, diambil berupa pengukuran jarak titik kumpul dari Gedung terdekat. Hasil survei sebagaimana terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Survei Titik Kumpul

Nama Titik Kumpul	Jarak Gedung ke Titik Kumpul (meter)
Timur Gedung A (T1)	20
Barat Gedung A (T2)	15
Timur Gedung C (T3)	20
Barat Gedung B (T4)	20
Timur Magister Teknik Sipil (T5)	20
Selatan Lab. Struktur (T6)	20
Barat Lab. Struktur (T7)	20
Utara Gedung D (T8)	20

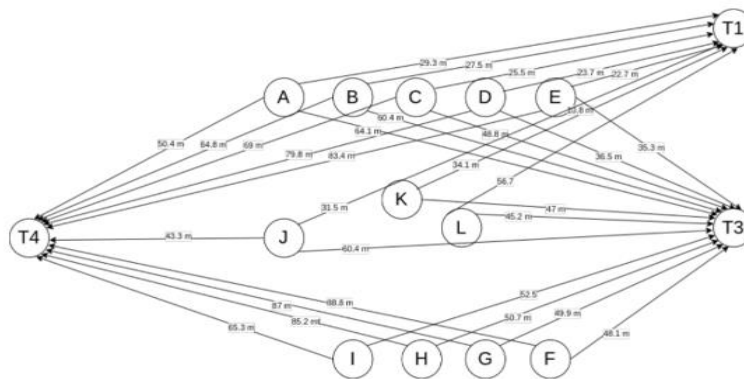
- Data Primer Lintasan Jalur, yakni pengukuran jarak lintasan dari tiap ruangan menuju titik kumpul. Contoh hasil pengukuran lintasan sebagaimana terdapat pada Tabel 2.

3. Perancangan Sistem

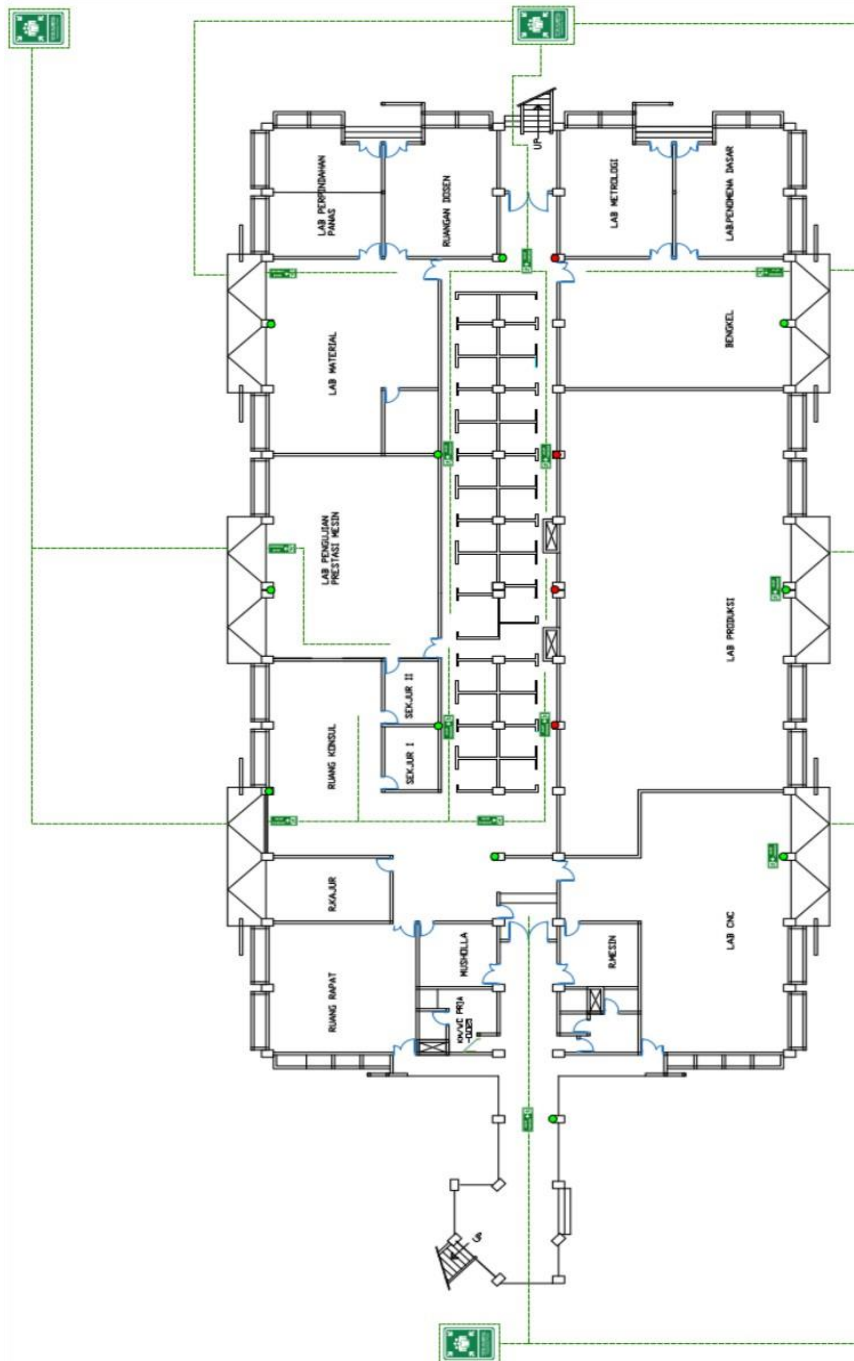
- Perancangan jalur evakuasi, berupa penentuan jarak terpendek lintasan menuju titik kumpul. Contoh hasil penentuan jalur evakuasi sebagaimana pada Gambar 2.
- Perancangan usulan denah jalur evakuasi, dibuat dengan software *Inkscape 1.2*. Pembuatan denah dilakukan untuk mengetahui letak dan ukuran masing-masing ruang dan akses jalur yang ada. Contoh denah Gedung B lantai 1 sebagaimana pada Gambar 3.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Lintasan

Simpul Awal	Simpul Tujuan	Lintasan	Jarak (meter)
R. Kujur Mesin (A)	Timur Gedung A (T1)	A-T1	29.3
R. Kujur Mesin (A)	Timur Gedung C (T3)	A-T2	64.1
R. Kujur Mesin (A)	Barat Gedung B (T4)	A-T3	50.4
R. Sekjur Mesin (B)	Timur Gedung A (T1)	B-T1	27.5
R. Sekjur Mesin (B)	Timur Gedung C (T3)	B-T2	60.4
R. Sekjur Mesin (B)	Barat Gedung B (T4)	B-T3	64.8
Lab. Pengujian Prestasi mesin (C)	Timur Gedung A (T1)	C-T1	25.5
Lab. Pengujian Prestasi mesin (C)	Timur Gedung C (T3)	C-T2	48.8
Lab. Pengujian Prestasi mesin (C)	Barat Gedung B (T4)	C-T3	69.0
Lab. Material (D)	Timur Gedung A (T1)	D-T1	23.7
Lab. Material (D)	Timur Gedung C (T3)	D-T2	36.5
Lab. Material (D)	Barat Gedung B (T4)	D-T3	79.8
Lab. Perpindahan Panas dan Ruang Dosen (D)	Timur Gedung A (T1)	E-T1	22.7



Gambar 2 Jalur lintasan evakuasi pada Gedung B Lantai 1



Gambar 3 Denah Gedung B Lantai 1 Skema Perhitungan Algoritma Dijkstra

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gedung B terdapat 3 area titik kumpul yang terletak pada sebelah Timur Gedung A (parkiran mobil), sebelah Barat Gedung B (area parkir motor) dan sebelah Timur Gedung B (area terbuka dekat pos satpam). Sebelah Barat Gedung B (area parkir motor) dan sebelah Timur Gedung B (area terbuka dekat pos satpam) dipilih sebagai titik kumpul karena mudah dicapai, memiliki akses ke jalan umum, dengan masing-masing ukuran titik kumpul 21,1 m x 10,2 m; 20,3 m x 9 m, dan 60 m x 12 m; yang tidak terpengaruh oleh keruntuhan gedung, dan memenuhi jarak minimal 15 - 20 meter dari bangunan. Penentuan titik kumpul tiap ruangan pada Gedung B Lantai 1 didasarkan pada penggunaan algoritma *Dijkstra* dalam mencari lintasan terpendek. Hasil dari lintasan terpendek dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisa Penentuan Jalur Terpendek

Simpul Awal	Simpul Tujuan	Lintasan	Jarak (meter)
R. Kajar Mesin (A)	Timur Gedung A (T1)	A - T1	29.3 m
R. Sekjur I Mesin (B)	Timur Gedung A (T1)	B - T1	27.5 m
Lab. Pengujian Prestasi Mesin (C)	Timur Gedung A (T1)	C - T1	25.5 m
Lab. Material (D)	Timur Gedung A (T1)	D - T1	23.7 m
Lab. Perpindahan Panas dan Ruang Dosen (E)	Timur Gedung A (T1)	E - T1	22.7 m
Lab. Metrologi dan Lab. Penomena Dasar (F)	Timur Gedung C (T3)	F - T3	48.1 m
Bengkel (G)	Timur Gedung C (T3)	G - T3	49.9 m
Lab. Produksi (H)	Timur Gedung C (T3)	H - T3	50.7 m
Lab. CNC (I)	Timur Gedung C (T3)	I - T3	52.5 m
R. Administrasi T. Mesin (J)	Timur Gedung A (T1)	J - T1	31.5 m
Ruang Dosen Bagian Barat (K)	Timur Gedung A (T1)	K - T1	34.1 m
Ruang Dosen Bagian Timur (L)	Timur Gedung C (T3)	L - T3	45.2 m

Berdasarkan hasil analisa pada setiap gedung, selanjutnya sebuah sistem informasi dikembangkan menggunakan teknologi berbasis web yang berfokus pada pengembangan *front end* dengan bahasa pemrograman html, css dan JavaScript. Aplikasi panduan pengenalan titik kumpul ini terdiri dari beberapa tampilan halaman seperti halaman awal pengenalan aplikasi, halaman panduan evakuasi, dan halaman penggunaan fitur. Berikut beberapa halaman pada aplikasi yang telah dikembangkan sebagaimana tampak pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan Sistem Informasi Navigasi Kampus (SINAPUS)

Pengujian beta adalah salah satu pengujian pada pengujian *black box* yang dilakukan di dalam lingkup pengguna. Pada kegiatan ini, pengujian beta dilakukan melalui 3 tahap, yaitu menjelaskan mengenai *prototype* aplikasi pengenalan jalur evakuasi, kemudian melakukan percobaan langsung aplikasi pengenalan jalur evakuasi, dan yang terakhir adalah mengisi kuisisioner yang dibagikan ke pengguna gedung. Responden yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 30 orang mahasiswa, dengan asumsi bahwa mahasiswa belum mengetahui jalur evakuasi yang ada di Fakultas Teknik Universitas Mataram. Kuisisioner yang akan diberikan pada para responden adalah untuk menanyakan tingkat kepentingan dan tingkat kepuasan para responden terhadap *prototype* sistem informasi pengenalan jalur evakuasi. Hasil pengisian kuisisioner pengujian beta pengenalan jalur evakuasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Kuisioner Uji Beta

Aspek yang dinilai	Uji Kepentingan			Uji kepuasan		
	mean	median	modus	mean	median	modus
SINAPUS dapat langsung dijalankan setelah proses memasukkan link ke web Browser	4.17	4	4	3.97	4	4
SINAPUS dapat digunakan oleh berbagai macam versi Android	4.2	4	5	4.3	4	5
Terdapat Informasi panduan penggunaan fitur SINAPUS	4.13	4	4	3.93	4	4
Fitur denah gedung 2 dimensi yang menampilkan pengenalan jalur evakuasi pada tiap lantai gedung FT	4.2	4	5	4.2	4	4
Terdapat informasi letak titik kumpul yang tersedia di Fakultas Teknik Universitas Mataram.	4.23	4	5	4.1	4	4
Penggunaan <i>Augmented Reality</i> dalam menampilkan titik kumpul terdekat tiap gedung	4.2	4	5	4.17	4	4

Berdasarkan Tabel 4, tingkat kepentingan dan kepuasan para responden berdasarkan nilai mean terhadap SINAPUS adalah sebesar 83,6% dan 82,23%. Menurut Tabel kelayakan (Arikunto, 2009) bahwa nilai-nilai tersebut termasuk kedalam kategori “Sangat Layak”. Maka dapat disimpulkan bahwa tingkat kepuasan dari responden terhadap materi dari SINAPUS memberikan respon sangat tertarik menggunakan aplikasi SINAPUS.

Selanjutnya para responden diuji tes pemahaman terhadap jalur evakuasi. Tabel 5 menunjukkan pemahaman user sebelum dan sesudah menggunakan aplikasi SINAPUS. Berdasarkan data responden mengenai pemahaman jalur evakuasi dapat disimpulkan bahwa setelah menggunakan aplikasi SINAPUS hasil yang didapat sebesar 96.67% mahasiswa dapat lebih mengerti tentang jalur evakuasi jika dibandingkan sebelum menggunakan SINAPUS sebesar 10%. Maka terjadi peningkatan yang signifikan sebesar 86.67% terhadap pemahaman jalur evakuasi oleh mahasiswa setelah menggunakan SINAPUS

Tabel 5 Hasil Uji Tingkat Pemahaman

Parameter	Mengerti	Tidak Mengerti
Pemahaman terhadap jalur evakuasi sebelum mencoba SINAPUS	3	27
Pemahaman terhadap jalur evakuasi setelah mencoba SINAPUS	29	1

Catatan penting yang perlu diperhatikan dalam menetapkan jalur evakuasi: jalur evakuasi yang menjadi rute tercepat dan teraman, menyediakan rute alternatif selain rute utama, kesesuaian waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tempat aman, kelengkapan sumber daya termasuk ketersediaan kendaraan yang dapat digunakan dalam proses evakuasi serta terakhir peta evakuasi berdasarkan hasil survei dan desain yang menginformasikan jalur evakuasi, tempat yang menjadi titik kumpul, durasi waktu menuju titik kumpul, jalur alternatif, serta posisi posko siaga tim evakuasi (Roskusumah, 2013). Jalur evakuasi pada sebuah gedung harus berfungsi berdasarkan prosedur evakuasi dengan memberikan kemudahan pada orang yang membacanya agar dapat memahami informasi yang tertera pada jalur evakuasi (Suyono AM, 2011). Sebagian besar ahli dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menyarankan agar setiap proyek gedung memiliki minimal 2 (dua) jalur evakuasi, seperti yang telah dijelaskan dalam Bab 2 butir 2.3 Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum Nomor: 10/KPTS/2000. Kebutuhan jalan keluar pada

setiap bangunan harus tersedia 2 (dua) jalan keluar pada setiap lantainya. Hal ini sangat perlu menjadi pertimbangan pada Gedung Fakultas Teknik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem Informasi Navigasi Kampus (SINAPUS) dapat menjadi media interaktif dalam mensosialisasikan kepada mahasiswa mengenai pentingnya memahami jalur evakuasi dan titik kumpul di Fakultas Teknik Universitas Mataram. Pada aspek pemahaman didapatkan hasil sebesar 96,67% mahasiswa menjadi paham mengenai jalur evakuasi setelah menggunakan sistem informasi. Hasil analisa tingkat kepentingan dan kepuasan menggunakan aplikasi SINAPUS sebagai informasi yang interaktif sebesar 83,6% dan 82,23%, yang berarti termasuk kedalam kategori “sangat layak“ digunakan. Sistem informasi yang dihasilkan dalam kegiatan ini sangat berguna untuk implementasi mitigasi bencana gempa bumi pada gedung-gedung Fakultas Teknik Universitas Mataram.

SINAPUS masih berupa *prototype* yang diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sebuah aplikasi yang lebih akurat dan interaktif, seperti penambahan QR code saat melakukan pengenalan jalur evakuasi, dan mengintegrasikan berbagai algoritma lainnya selain dengan algoritma *Dijkstra*. Dalam pengembangan SINAPUS perlu mempertimbangkan faktor-faktor selain jarak lintasan terdekat, misalnya kapasitas titik kumpul, kapasitas lorong dan pintu yang dapat dilewati, serta hambatan lain saat menuruni tangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Mataram dan LPPM Universitas Mataram yang telah memberi dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan pengabdian ini, melalui pemberian hibah Pengabdian PNPB yang berjudul: IMPLEMENTASI MITIGASI GEMPA BUMI DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MATARAM (PELAKSANAAN TAHUN KETIGA).

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2009). Metode Penelitian Kualitatif. Jakarta: Bumi Aksara.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>.
- Farah, N. N., Suprayogi, A., Awaluddin, M. (2014). Jurnal Geodesi UNDIP. Pembuatan Program Perataan Parameter Jaring Poligon Dengan Menggunakan Visual Basic For Application (VBA) Microsoft Excel, 3, 332–346.
- Junanda, B., Kurniadi, D., Huda, Y. (2018). Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Dijkstra Pada Sistem Informasi Geografis Pemetaan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 4(1). <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v4i1.6014>
- Karumanchi, N. (2017). *Data Structures and Algorithms Made Easy in Java*. CareerMonk Publications, 849.
- Point, T. (I) P. L. (2017). Design and Analysis of Algorithms. www.Tutorialspoint.Com.
- Roskusumah, T. (2013). Komunikasi Mitigasi Bencana oleh Badan Geologi KESDM di Gunung Api Merapi Prov.
- D.I.Yogyakarta. *Jurnal Kajian Komunikasi*, 1(1), 59. <https://doi.org/10.24198/jkk.v1i1.6031>
- Suyono AM, F. O. (2011). Evaluasi Jalur Evakuasi Pada Gedung Bertingkat 7 (Tujuh) Lantai (Studi Kasus Di Gedung Graha Universitas WidyatamaBandung). *Workplace Safety and Health.*, 7(28), 1–247.