

Terbit online pada laman : <http://teknosi.fti.unand.ac.id/>

## Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi

| ISSN (Print) 2460-3465 | ISSN (Online) 2476-8812 |



Artikel Penelitian

# Sistem Penilai Kelayakan Bangunan Bertingkat sebagai *Shelter* Tsunami Berdasarkan Metode *Cross-Correlation Template Matching* dan *Fuzzy Logic* Menggunakan MQTT

Dody Ichwana Putra<sup>a</sup>, Stevanus Setianto<sup>a</sup>, Shelvi Ekariani<sup>b</sup><sup>a</sup> Departemen Teknik Komputer, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manih, Padang, 25163, Indonesia<sup>b</sup> Departemen Matematika dan Sains Data, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 09 November 2022

Revisi Akhir: 30 Desember 2022

Diterbitkan Online: 31 Desember 2022

### KATA KUNCI

Sistem penilai *shelter* tsunami (*SPEAKS*),  
*Cross-correlation*,  
*Fuzzy logic*,  
 MQTT

### KORESPONDENSI

E-mail: [dody.ichwana@it.unand.ac.id](mailto:dody.ichwana@it.unand.ac.id)\*

### ABSTRACT

Indonesia terletak di daerah rawan bencana, khususnya gempa bumi. Salah satu daerah rawan gempa dan tsunami adalah Kota Padang. Oleh sebab itu diperlukan upaya untuk memudahkan masyarakat melakukan pencarian lokasi *shelter* evakuasi jika terjadi gempa besar yang diiringi bahaya tsunami. *Paper* ini menjelaskan sistem penilai kelayakan bangunan bertingkat sebagai *shelter* tsunami (*SPEAKS*). Keunggulan dari *SPEAKS* adalah mampu memberikan penilaian kondisi bangunan tinggi untuk dijadikan lokasi *shelter* evakuasi sesaat setelah terjadinya gempa bumi. *SPEAKS* melakukan perbandingan gambar bangunan sebelum dan sesaat setelah terjadinya gempa menggunakan *cross-correlation template matching* yang dilanjutkan dengan penilaian kelayakan sebagai *shelter* evakuasi dengan logika *fuzzy*. *SPEAKS* merupakan *distributed-sensor-node* terdiri dari *end-node* dan *broker* yang diletakkan pada lokasi bangunan tinggi. Server sistem digunakan untuk menyimpan data hasil analisa kondisi bangunan oleh *end-node* menggunakan protocol mqtt. Pengujian fungsional *SPEAKS* dilakukan dengan lima skenario uji. Hasil pengujian menunjukkan *SPEAKS* mampu melakukan penilaian kondisi bangunan dalam 135 detik setelah asumsi gempa terjadi.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara rawan gempa bumi karena dilalui tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik [1]. Pergerakan lempeng bumi menyebabkan lempeng-lempeng tektonik saling bertumbukan atau patah yang dapat menyebabkan gempa bumi. Gempa yang terjadi di Kota Padang, Sumatera Barat pada 30 September 2009 lalu bersumber dari pergerakan lempeng antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia atau disebut juga dengan Megathrust [1]. Menurut data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tercatat dari tanggal 12 Maret 2017 sampai 12 Maret 2018 telah terjadi 6731 kejadian gempa bumi di Indonesia dan 38 kejadian di antaranya terjadi di area antara Sumatera Barat dengan kepulauan Mentawai [2].

Di Kota Padang, saat ini telah terpasang sistem peringatan dini tsunami yang bernama *Deep-Ocean Assessment and Reporting of Tsunami* (DART) [3]. DART mendeteksi gelombang tsunami yang datang menuju pantai, mengirimkan informasi tsunami ke pusat informasi dan memberitahukan ke masyarakat lokal bahwa

tsunami telah datang dengan membunyikan sirine. Selanjutnya, informasi tsunami diberitakan di televisi agar warga di daerah tepi pantai dapat mengungsi ke tempat yang lebih tinggi [4]. Sistem ini mengharuskan warga kota Padang khususnya yang sedang berada di kawasan pantai untuk mengetahui tempat-tempat evakuasi tsunami yang terdekat dari posisi mereka saat itu. Hal ini telah diatasi oleh pemerintah kota Padang dengan mengadakan sosialisasi evakuasi tsunami dengan membagikan peta evakuasi tsunami Kota Padang ke masyarakat serta mengadakan simulasi evakuasi tsunami untuk setiap sekolah yang berada di zona merah peta evakuasi. Pemerintah Kota Padang telah menginformasikan lokasi *shelter* tsunami dan bangunan tinggi yang dapat digunakan sebagai alternatif lokasi *shelter* evakuasi. Masalah yang timbul dalam sistem ini adalah meskipun warga kota Padang mengetahui lokasi bangunan bertingkat dan *shelter* tsunami di kota Padang, warga kota Padang tidak mengetahui *shelter* tsunami atau bangunan bertingkat yang masih dapat digunakan sebagai *shelter* tsunami setelah gempa besar terjadi.

Penelitian mengenai mitigasi kebencanaan dan pencarian *shelter* telah dilakukan sebelum [5] [6] [7] [8] [9] [10]. Pada penelitian terdahulu tidak menjelaskan bagaimana menilai kelayakan

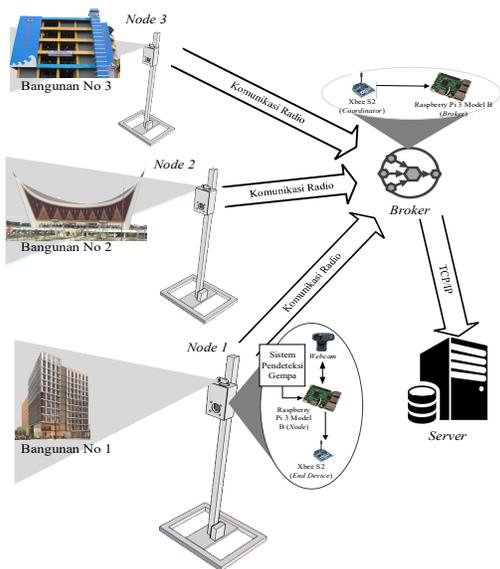
bangunan tinggi untuk dijadikan shelter setelah gempa terjadi. *Paper* ini memperkenalkan Sistem Penilai Kelayakan Shelter Tsunami (SPEAKS) berdasarkan *cross-correlation template matching* dan *fuzzy logic* menggunakan protokol MQTT. Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem yang membantu masyarakat mengidentifikasi kelayakan bangunan tinggi sebagai *shelter* evakuasi setelah terjadinya gempa. Hasil simulasi sistem menunjukkan SPEAKS berhasil melakukan penilaian kelayakan kondisi bangunan tinggi akibat kerusakan setelah terjadinya gempa. Kontribusi utama dari makalah ini adalah kami memperkenalkan sistem penilai kelayakan bangunan tinggi sebagai alternatif *shelter* tsunami setelah terjadinya gempa. Sepanjang sepengetahuan kami, SPEAKS adalah sistem pertama yang melakukan penilaian terhadap kelayakan bangunan tinggi sebagai alternatif *shelter* tsunami di Kota Padang. Kami berharap sistem ini nantinya akan diterapkan sebagai salah satu upaya pemerintah untuk membantu masyarakat dalam mitigasi bencana di Kota Padang khususnya.

*Paper* ini disusun sebagai berikut: pada Bagian 2 dijelaskan metodologi penelitian yang digunakan. Di Bagian 3, kami menunjukkan hasil dan pembahasan. Sebagai penutup pada Bagian 4 adalah kesimpulan dan diskusi.

**2. METODE**

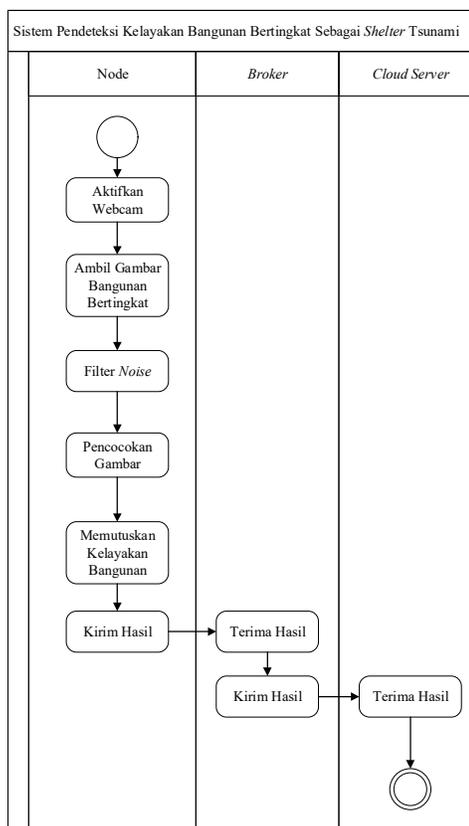
**2.1. Rancangan dan Arsitektur Sistem**

Arsitektur SPEAKS terdiri dari sistem perangkat keras berupa node sensor yang terdistribusi (*distributed-sensor-node*) pada setiap lokasi bangunan tinggi (gedung) dan sistem perangkat lunak yang berfungsi menilai tingkat kelayakan bangunan akibat kerusakan setelah terjadinya gempa.



Gambar 1. Arsitektur sistem SPEAKS.

*Distributed-sensor-node* terdiri dari *end-node* dan *broker* yang berkomunikasi menggunakan protokol MQTT [11]. Untuk menunjukkan proses kerja dan fungsional sistem, kami menampilkan *activity diagram* dari SPEAKS pada Gambar 2.



Gambar 2. Activities diagram SPEAKS.

Gambar 2 menjelaskan alur proses pada SPEAKS. Sistem dimulai dengan mengaktifkan *webcam* setelah gempa terdeteksi. *Webcam* akan melakukan pengambilan gambar bangunan bertingkat. Sistem akan melakukan penyaringan *noise* dari gambar yang diperoleh dari *webcam* menggunakan metode deteksi garis *canny*. Selanjutnya, sistem akan mencocokkan gambar hasil deteksi garis *canny* dengan *template* keseluruhan dan lantai\_1 bangunan bertingkat menggunakan metode *normalized cross-correlation template matching*. Lantai 1 bangunan penting untuk dijadikan parameter input sebab pada saat terjadinya gempa besar, lantai 1 bangunan yang paling terdampak kerusakan. Hasil dari pencocokan gambar *normalized cross-correlation* berupa derajat kemiripan keseluruhan dan derajat kemiripan lantai\_1. Derajat kemiripan gambar tersebut akan digunakan sebagai penentu kelayakan bangunan bertingkat menggunakan logika *fuzzy* dengan *defuzzyfikasi* metode sugeno. Status kelayakan bangunan bertingkat (*layak* atau *tidak layak*) sebagai *shelter* tsunami akan dikirim ke *broker* menggunakan perangkat *xbee* yang berperan sebagai *end-node*.

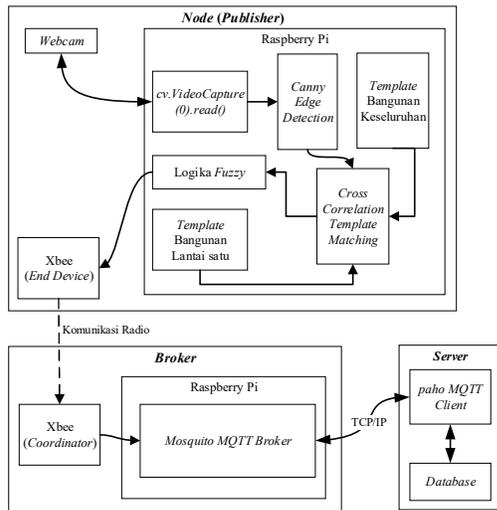
**2.2. Perancangan Perangkat Keras**

Perangkat keras pada SPEAKS terdiri dari *distributed-node* sebagai *end-node*, *broker* dan *server*. *End-node* adalah perangkat yang berisikan *webcam*, *raspberry pi 3 model B* untuk komputasi, dan *xbee S2* untuk transmisi wireless ke *broker* menggunakan protokol komunikasi MQTT. Proses komputasi pada *raspberry pi 3 model B* adalah:

- memerintahkan *webcam* mengambil gambar
- melakukan deteksi garis *canny* untuk menghilangkan *noise*

- melakukan *cross-correlation template matching* untuk mencocokkan gambar yang diambil dengan *template-default* bangunan
- mengolah derajat kecocokan gambar menggunakan logika *fuzzy* dengan *fuzzy inference system* model sugeno untuk menentukan status bangunan layak atau tidak layak digunakan sebagai *shelter*
- mengirim informasi kelayakan bangunan ke *server* melalui *broker*.

*Broker* terdiri dari raspberry pi 3 model B untuk mengirimkan data dari multi *end-node* ke *server* SPEAKS menggunakan internet. Di bagian *server*, data perbaruan kelayakan bangunan disimpan beserta deskripsi dan koordinat bangunan di dalam database sistem. Diagram blok perangkat keras SPEAKS dapat dilihat pada Gambar 3.



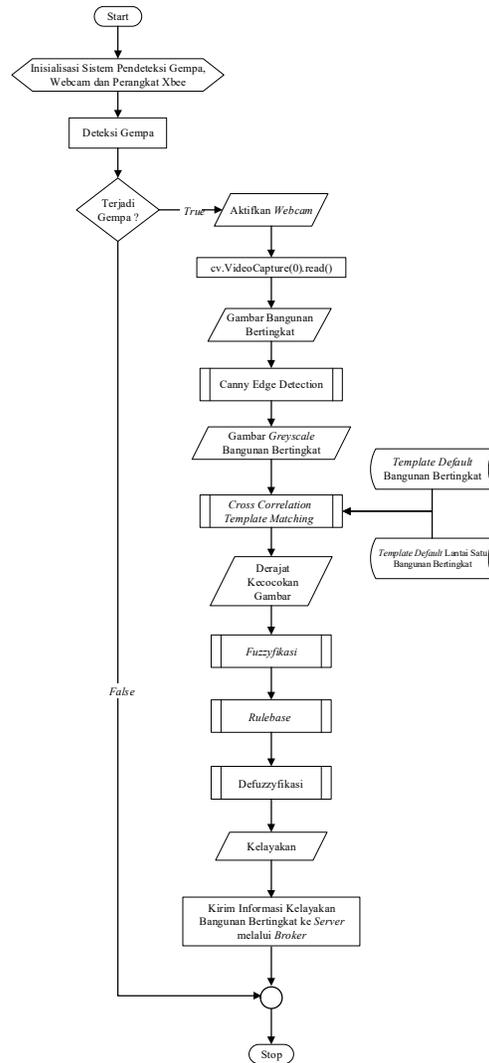
Gambar 3. Blok diagram perangkat keras.

### 2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian perangkat lunak, program utama pada SPEAKS terdiri dari proses pengambilan gambar, pengolahan citra gambar, proses pencocokan gambar dan proses *fuzzifikasi*. Diagram alur perancangan perangkat lunak diperlihatkan oleh *flowchart* pada Gambar 4.

#### 2.3.1. Deteksi Garis Canny

Proses pengambilan gambar dilakukan oleh *webcam* sesaat setelah sensor mengidentifikasi terjadinya gempa. Gambar yang diperoleh dari *webcam* akan diproses menggunakan fungsi deteksi garis *canny*. Fungsi deteksi garis *canny* dimulai dengan *grayscale* dengan mendapatkan rerata nilai RGB (*red-green-blue*) pada gambar. Proses selanjutnya dilakukan *gaussian filter* untuk menghilangkan garis lain yang tidak diperlukan [12]. *Gaussian filter* dilakukan dengan konvolusi antara kernel *gaussian* dengan hasil gambar *grayscale* sebelumnya. Selanjutnya, *hysteresis threshold* diterapkan untuk menyaring garis sebenarnya dengan bukan garis yang dilakukan untuk setiap pixel pada gambar. Keluaran dari deteksi garis *canny* adalah gambar garis yang dideteksi dalam gambar dari *webcam*.



Gambar 4. *Flowchart* rancangan perangkat lunak.

#### 2.3.2. Normalized Cross-correlation Template Matching

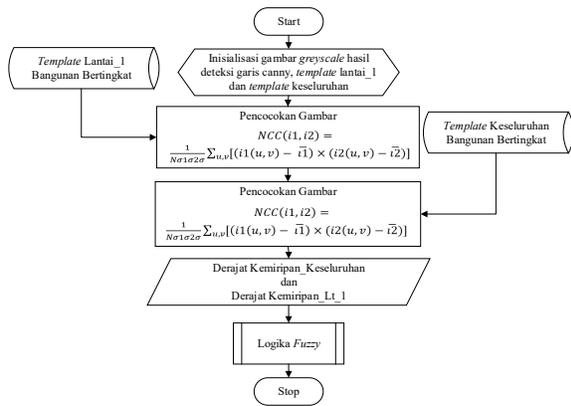
Fungsi *normalized cross-correlation template matching* untuk mencocokkan *template* bangunan bertingkat dan *template* lantai satu bangunan dengan gambar terbaru gedung. Keluaran dari fungsi *normalized cross-correlation template matching* adalah berupa derajat kecocokan gambar yang memiliki rentang dari -1 sampai 1.

Proses *normalized cross-correlation template matching* diawali dengan mengambil *template-default* bangunan dalam memori *end-node*. Gambar yang telah melalui proses deteksi garis *canny* dicocokkan dengan *default-template* bangunan dan *template-default* bangunan lantai pertama menggunakan persamaan 1.

$$NCC(i1, i2) = \frac{1}{N\sigma_1\sigma_2\sigma} \sum_{u,v} [(i1(u, v) - \bar{i1}) \times (i2(u, v) - \bar{i2})] \dots (1)$$

dimana N adalah jumlah pixel dalam gambar pertama dan gambar kedua, (u, v) adalah pergeseran pada *template*, σ adalah standar deviasi gambar pencocokan dan *template* [13]. Nilai tertinggi dari proses pencocokan gambar akan diambil sebagai derajat

kecocokan gambar untuk masing-masing template yang dicocokkan, selanjutnya akan dijadikan input pada proses fuzzy untuk kemiripan\_keseluruhan dan kemiripan\_Lt1. Proses *normalized cross-correlation template matching* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart proses *normalized cross-correlation template matching*.

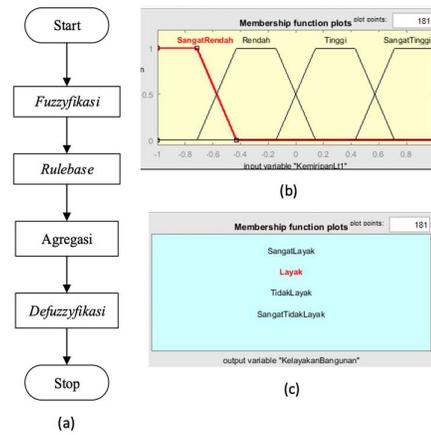
### 2.3.3. Proses Logika Fuzzy

Derajat kecocokan keseluruhan dan derajat kecocokan lantai satu bangunan yang diperoleh dari tahap *normalized cross-correlation* akan menjadi masukan pada tahap *fuzzyfikasi* untuk memetakan nilai kemiripan\_keseluruhan dan kemiripan\_Lt\_1. Kedua input fuzzy yang dipetakan dalam variabel fuzzy akan memasuki tahap operasi logika fuzzy, implikasi dan agregasi dalam *rulebase* untuk dipetakan dalam variabel output kelayakan yaitu : sangat rendah, rendah, tinggi dan sangat tinggi dengan rentang semesta dari 0 sampai 1.

*Defuzzyfikasi* adalah tahap untuk menyimpulkan keluaran dari masing-masing *rulebase* untuk menghasilkan satu keluaran crisp. Keluaran crisp kelayakan bangunan akan dikirim ke *server* menggunakan xbee melalui *broker*. Proses logika fuzzy dan keanggotaan kelayakan diperlihatkan pada Gambar 6.

Pada grafik di Gambar 6(b), *output fuzzy* Kelayakan bentuk grafik keanggotaannya adalah berupa *singleton* karena pada sistem ini digunakan metode sugeno. Mencari batas antar ruang digunakan rumus  $\frac{\text{Batas atas} - \text{Batas bawah}}{\text{jumlah variabel fuzzy}}$  sehingga didapat nilai batas ruang grafik sebagai berikut :  $(1 - 0) / (4 - 1) = 1/3 = 0,333$ . Sehingga variabel keanggotaan fuzzy Kelayakan dapat dibuat yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

- $\mu_{\text{Sangat Tidak Layak}} = 0$
- $\mu_{\text{Tidak Layak}} = 0,333$
- $\mu_{\text{Layak}} = 0,667$
- $\mu_{\text{Sangat Layak}} = 1$



Gambar 6. (a) Proses logika fuzzy; (b) keanggotaan fuzzy

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Implementasi Sistem

Implementasi perangkat keras dari SPEAKS terdiri dari dua jenis perangkat, yaitu: *end-node* dan *broker*. Pada perangkat *end-node* diinstall dua perangkat, yaitu: *main-box* dan *sensor-box* yang dikemas dalam kotak hitam berukuran masing-masing 18,5 cm x 11,5 cm x 6,5 cm dan 10,1 cm x 7,8 cm x 3,4 cm. Kedua kotak hitam tersebut dilekatkan pada tiang kayu dengan tinggi 1 meter. *Main-box* terdiri dari raspberry pi, xbee dan webcam. Sedangkan pada *sensor-box* terdiri dari sensor piezo film, rangkaian amplifier dan sensor akselerometer MPU6050 yang dibutuhkan oleh sistem pendeteksi gempa. *Broker* dikemas dalam sebuah kotak hitam dengan dimensi 18,5 cm x 11,5 cm x 6,5 cm yang berisi komponens seperti : raspberri pi 2 model b, mikro SD, xbee adapter, xbee s2c, power bank 5200 mAh, kabel UTP, rangkaian transistor dan fan. Hasil dari implementasi perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 7.

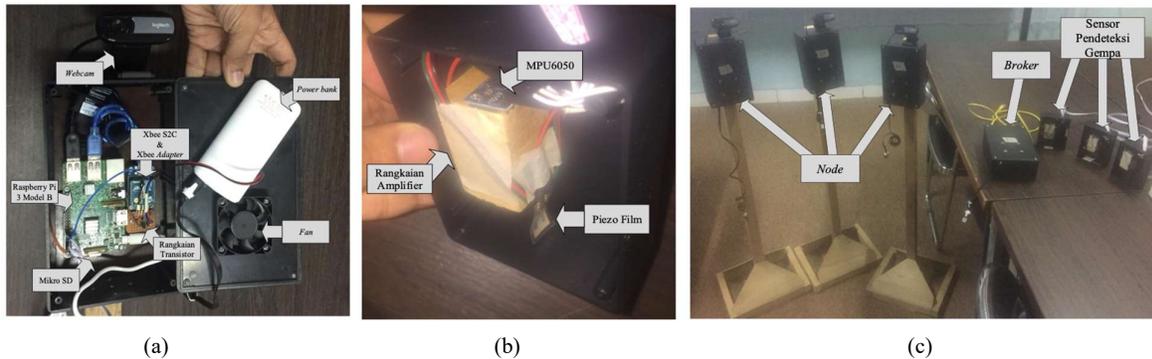
Pada *end-node* diinstall perangkat lunak untuk pengambilan gambar bangunan menggunakan *webcam*, melakukan filter *noise* gambar menggunakan pendeteksian garis canny, melakukan pencocokan gambar bangunan dengan *template default*, menentukan kelayakan bangunan dan mem-publish hasil kelayakan bangunan ke *broker*. Program pada *broker* terdiri dari program yang membaca data yang dikirim dari *node* ke *broker* dan meneruskan data tersebut ke *server* yang berperan sebagai *subscriber*.

*Server* terdiri dari dua fungsi, yaitu: program subscribe dan website. Program subscribe terdiri dari proses *subscribe* ke *broker*, memisahkan data yang diperoleh dari broker ke 5 data, yaitu : id\_node, intensitas, magnitudo, kelayakan dan validitas dan memasukkan informasi tersebut kedalam database. Sedangkan *website* berfungsi untuk menampilkan isi dari database secara *realtime*. Program *website* menampilkan id\_data, tanggal, nama *shelter*, alamat *shelter*, intensitas, magnitudo, kelayakan dan status data. Pada Gambar 8 diperlihatkan website hasil penilaian kelayakan bangunan.

### 3.2. Pengujian dan Analisa

SPEAKS diuji dengan empat skenario yang dilakukan dalam skala laboratorium. Skenario yang diujikan adalah: (i) pengujian dengan variasi jarak antara end-node dan objek benda; (ii) pengujian dengan objek yang dirotasi dengan sudut tertentu; (iii)

pengujian dengan pencahayaan objek yang bervariasi; (iv) pengujian dengan kondisi objek yang berubah; (v) pengujian waktu respon sistem. Metode pengujian sistem dalam skala laboaratorium diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 7. (a) Main-box; (b) Sensor-box; (c) Tampilan lengkap end-node dan broker.

ID Data	Tanggal	Nama Shelter	Alamat	Intensitas	Magnitudo	Kelayakan	Status Data
55	2018-09-07 18:22:27.871590	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
56	2018-09-07 19:29:29.861545	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
57	2018-09-07 19:31:44.454940	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
58	2018-09-07 19:33:58.807859	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
59	2018-09-07 19:36:13.486483	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
60	2018-09-07 19:38:28.070750	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
61	2018-09-07 19:40:42.873780	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
62	2018-09-07 19:42:57.213122	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
63	2018-09-07 19:45:11.656666	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
64	2018-09-07 19:47:27.006164	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
65	2018-10-04 16:12:11.113934	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	10	Sangat Tidak Layak(0)	Bukan Gempa
66	2018-10-04 16:12:15.560163	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	5	10	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
67	2018-10-04 16:12:35.041982	Masjid Raya Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	5	10	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
68	2018-10-04 16:16:36.502407	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	5	10	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
69	2018-10-04 16:16:37.534720	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	10	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
70	2018-10-04 16:18:38.809581	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
71	2018-10-04 16:21:37.718454	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
72	2018-10-04 16:25:14.328098	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Bukan Gempa
73	2018-10-04 16:29:00.482634	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Bukan Gempa
74	2018-10-04 16:40:57.210300	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Bukan Gempa
75	2018-10-04 16:43:42.699539	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Bukan Gempa
76	2018-10-04 16:46:13.984528	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	5	10	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa
77	2018-10-04 16:48:32.873284	Bapped Prov. Sumbar	Jl. Khatib Sulaiman	2	5	Sangat Tidak Layak(0)	Bukan Gempa
78	2018-10-04 16:50:52.896165	Kantor Gubernur	Jl. Jend. Sudirman No. 51, Padang Barat	5	9	Sangat Tidak Layak(0)	Gempa

Gambar 8. Tampilan website penilaian kelayakan bangunan.



Gambar 9. Pengujian dalam skala laboratorium.

- Pengujian dengan variasi jarak antara end-node dan objek benda

Pengujian dengan jarak objek bervariasi adalah pengujian yang dilakukan dengan mengambil template objek dengan jarak 1 meter, lalu menguji output sistem dengan mengubah jarak objek dari webcam disetiap pengujianya. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek sejauh 1 meter dari webcam sistem, lalu

melakukan percobaan sebanyak 10 kali. Jarak objek ditambah sebanyak 10 cm di tiap sesi percobaan. Data pengujian dengan jarak objek bervariasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian dengan jarak objek yang bervariasi

Pengujian dengan jarak objek yang bervariasi		
#	Jarak (cm)	Luaran fuzzy
1	50	0
2	60	0
3	70	0
4	80	0
5	90	0
6	100	1
7	110	0
8	120	0
9	130	0
10	140	0
Rata-rata		0,1
Deviasi standar		0,3162

Rata-rata *output* dengan jarak objek bervariasi sebesar 0,1. Deviasi standar sampel pada *output* dengan jarak objek bervariasi dihitung untuk mengetahui kestabilan *output* dari sistem dengan deviasi standar sampel *output* dengan jarak objek bervariasi sebesar 0,3162. Berdasarkan deviasi standar sampel diatas dapat disimpulkan *output* dengan jarak objek bervariasi memiliki stabilitas yang rendah, karena memiliki deviasi standar sampel *output* lebih besar dari nilai rata-ratanya.

- Pengujian objek yang dirotasi dengan sudut tertentu

Pengujian dengan objek dirotasi dengan sudut bervariasi adalah pengujian yang dilakukan dengan mengambil template objek dengan jarak 1 meter, lalu menguji luaran sistem ketika objek diputar sudut yang berbeda-beda. Asumsi dari pengujian ini adalah terjadinya pergeseran pengambilan gambar oleh sistem. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek sejauh 1 meter dari *webcam* sistem, lalu melakukan percobaan dengan memutar objek 5 derajat disetiap sesi percobaan sebanyak 10 kali. Gambar grafik pengujian luaran dengan objek dirotasi dengan sudut yang bervariasi dapat dilihat pada Gambar 10.



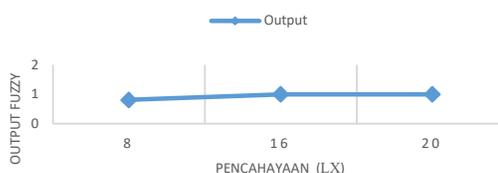
Gambar 10. Grafik hasil pengujian objek yang dirotasi dengan sudut yang bervariasi.

Rata-rata luaran *fuzzy* dengan objek dirotasi dengan sudut yang bervariasi sebesar 0,2162878787122406 dengan deviasi standar sampel luaran dengan objek dirotasi dengan sudut yang bervariasi sebesar 0,4162. Berdasarkan deviasi standar sampel diatas dapat disimpulkan luaran dengan objek dengan objek dirotasi dengan sudut yang bervariasi memiliki stabilitas yang rendah, karena memiliki deviasi standar sampel luaran lebih besar dari nilai rata-ratanya.

- Pengujian dengan pencahayaan objek yang bervariasi

Pengujian dilakukan dengan mengambil template objek dengan jarak 1 meter, lalu menguji luaran sistem ketika objek mendapatkan pencahayaan yang berbeda. Pengujian ini dengan asumsi terjadinya gempa pada malam hari yang menyebabkan listrik padam, sehingga pencahayaan pengambilan gambar berkurang. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek sejauh 1 meter dari *webcam* sistem, lalu melakukan percobaan dengan mengubah tingkat pencahayaan yang diterima objek sebanyak 3 kali. Tingkat pencahayaan diukur menggunakan aplikasi "light meter". Gambar grafik pengujian output dengan tingkat pencahayaan bervariasi dapat dilihat pada Gambar 11.

Pengujian dengan tingkat pencahayaan bervariasi

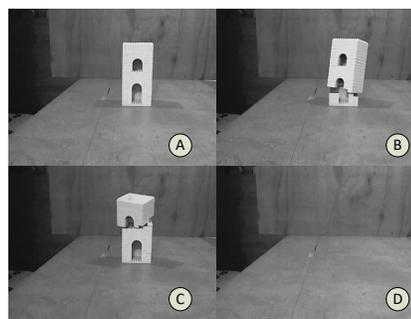


Gambar 11. Grafik hasil pengujian dengan tingkat pencahayaan bervariasi.

Rata-rata *output* dengan tingkat pencahayaan bervariasi sebesar 0,9363821319605176, dengan deviasi standar sampel *output* dengan tingkat pencahayaan bervariasi 0,1102. Berdasarkan deviasi standar sampel diatas dapat disimpulkan *output* dengan objek dengan tingkat pencahayaan bervariasi memiliki stabilitas yang rendah, karena memiliki deviasi standar sampel *output* lebih besar dari nilai rata-ratanya.

- Pengujian dengan kondisi objek yang berubah

Pengujian dengan kondisi objek yang bervariasi yaitu pengujian sistem yang dilakukan untuk menguji luaran sistem ketika kondisi objek berubah. Asumsi perubahan disebabkan oleh adanya kerusakan pasca gempa. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek berupa model bangunan bertingkat di depan *webcam*. Model bangunan dibuat menjadi 4 kondisi, yaitu kondisi baik, kondisi rusak pada lantai 1, kondisi rusak pada lantai 2 dan kondisi rusak total seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Gambar Kondisi Bangunan : (a) Kondisi baik; (b) Kondisi lantai 1 rusak; (c) Kondisi lantai 2 rusak; (d) Kondisi rusak total.

Rata-rata luaran sistem keseluruhan sebagai berikut :

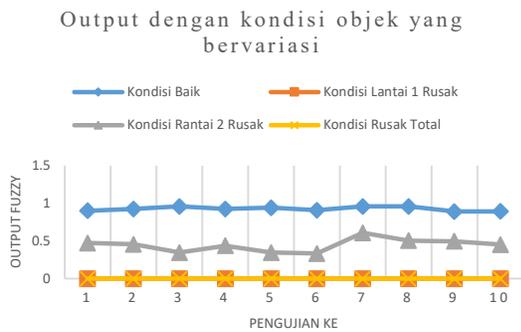
- $\bar{X}_{output\ kondisi\ baik} = 0,923905724$
- $\bar{X}_{output\ kondisi\ lantai\ 1\ rusak} = 0$
- $\bar{X}_{output\ kondisi\ lantai\ 2\ rusak} = 0,4439$
- $\bar{X}_{output\ kondisi\ rusak\ total} = 0$

Deviasi standar sampel pada luaran dengan kondisi objek yang bervariasi dihitung untuk mengetahui kestabilan luaran dari sistem. Deviasi standar sampel luaran dengan kondisi objek yang bervariasi sebagai berikut :

- $S_{output\ kondisi\ baik} = 0,0268$
- $S_{output\ kondisi\ lantai\ 1\ rusak} = 0$

- $S_{output\ kondisi\ lantai\ 2\ rusak} = 0,0854$
- $S_{output\ kondisi\ rusak\ total} = 0$

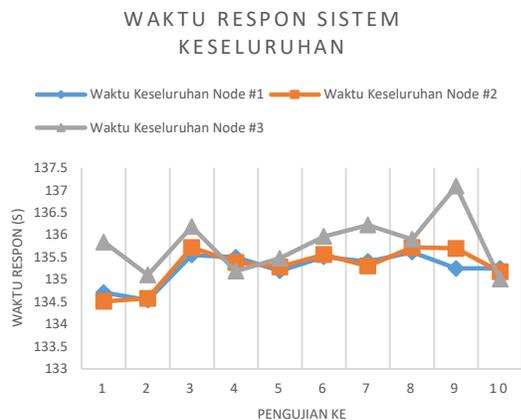
Berdasarkan deviasi standar sampel diatas dapat disimpulkan luaran dengan kondisi objek yang bervariasi memiliki stabilitas yang tinggi, karena saat kondisi lantai 1 bangunan rusak dan saat kondisi bangunan rusak total memiliki sebaran luaran 0 dan saat kondisi bangunan baik dan saat kondisi lantai 2 bangunan rusak memiliki sebaran luaran yang mendekati nol dengan akurasi 100% menunjukkan bangunan layak dijadikan shelter dan akurasi 100% untuk bangunan tidak layak dijadikan shelter akibat rusak total dari hasil pengujian. Grafik pengujian dengan kondisi objek yang bervariasi dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik hasil pengujian dengan kondisi objek yang bervariasi.

- Pengujian waktu respon sistem

Pengujian waktu respon sistem keseluruhan dilakukan dengan cara memanggil menyisipkan fungsi `datetime.datetime.now()` untuk memunculkan waktu di node saat sistem mendeteksi gempa. Waktu respon sistem keseluruhan dapat dihitung dengan mengurangi waktu data diterima di database dengan waktu saat node mendeteksi gempa. Pengujian dilakukan pada 3 node. Grafik pengujian waktu respon sistem keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik waktu respon sistem

Rata-rata dari waktu respon sistem keseluruhan masing-masing node sebagai berikut :

- $\bar{X}_{waktu\ respon\ keseluruhan\ node\ #1} = 135,2513\ s$
- $\bar{X}_{waktu\ respon\ keseluruhan\ node\ #2} = 135,2930\ s$
- $\bar{X}_{waktu\ respon\ keseluruhan\ node\ #3} = 135,7978\ s$
- $\bar{X}_{waktu\ respon\ sistem\ keseluruhan} = 135,4474\ s$

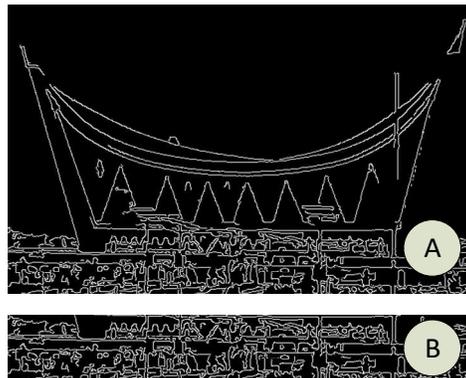
Dengan deviasi standar sampel dari waktu respon sistem keseluruhan selama 0,3041 s. Berdasarkan deviasi standar sampel diatas dapat disimpulkan waktu respon sistem keseluruhan stabil karena memiliki sebaran data waktu respon yang mendekati nol.

- Pengujian SPEAKS pada Masjid Raya Sumbar

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan implementasi sistem pada salah satu *shelter* di Sumatera Barat yaitu Masjid Raya Sumbar. Pengujian dilakukan dengan mengambil *template* Masjid Raya Sumbar, lalu menguji output yang diberikan oleh sistem ketika melakukan pengambilan gambar masjid melalui *webcam*. Gambar 14 menunjukkan *template* Masjid Raya Sumbar yang digunakan. Hasil pengujian sistem diperlihatkan pada Gambar 15.



(a)



(b)

Gambar 14. (a) Masjid Raya Sumbar; (b) *Template* Masjid Raya Sumbar, A. *Template* keseluruhan masjid, B. *Template* lantai 1 masjid.

