

**EVALUASI STRUKTUR BANGUNAN MASJID AL-IMAN
KABUPATEN PIDIE JAYA, PROVINSI ACEH MENGGUNAKAN RAPID VISUAL
SCREENING PASCA GEMPA BUMI 7 DESEMBER 2017**
*Evaluation of Al-Iman Mosque Building Structure in Pidie Jaya Regency,
Special District of Aceh Using Rapid Visual Screening
After Earthquake December 7, 2016*

Oleh:

Hakas Prayuda, As'at Pujiyanto, Pinta Astuti, Restu Faizah, Jazaul Ikhsan^{1,2}

- ¹⁾ Pusat Studi Lingkungan dan Bencana, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183, Indonesia.
²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55183, Indonesia,
Email: hakas.prayuda@ft.umy.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi bangunan Masjid Al-Iman yang terletak di Kabupaten Pidie Jaya Provinsi Aceh. Pada tanggal 7 Desember 2016 telah terjadi gempa bumi berkekuatan 6,5 SR dengan kedalaman 15 km. Gempa bumi tersebut mengakibatkan kerusakan pada beberapa bangunan gedung yang mengakibatkan rasa takut pada warga yang akan menggunakannya. Analisis dilakukan menggunakan Rapid Visual Screening melalui standar yang dikeluarkan oleh World Seismic Safety Initiative. Melalui standar ini dapat diketahui dengan cepat keamanan bangunan gedung sederhana satu lantai atau dua lantai yang rusak akibat gempa serta kajian risiko komponen non struktural. Dari hasil analisis disimpulkan terjadi kerusakan sedang pada komponen struktur maupun non struktur dimana kerusakan paling banyak terjadi pada bagian kolom utama dan kolom praktis pada bangunan tersebut. Melalui hasil pengamatan tersebut maka direkomendasikan agar bangunan mesjid tersebut cukup dilakukan perbaikan dengan cara retrofitting.

Kata kunci: RVS, gempa bumi, Pidie Jaya, bangunan masjid.

Abstract

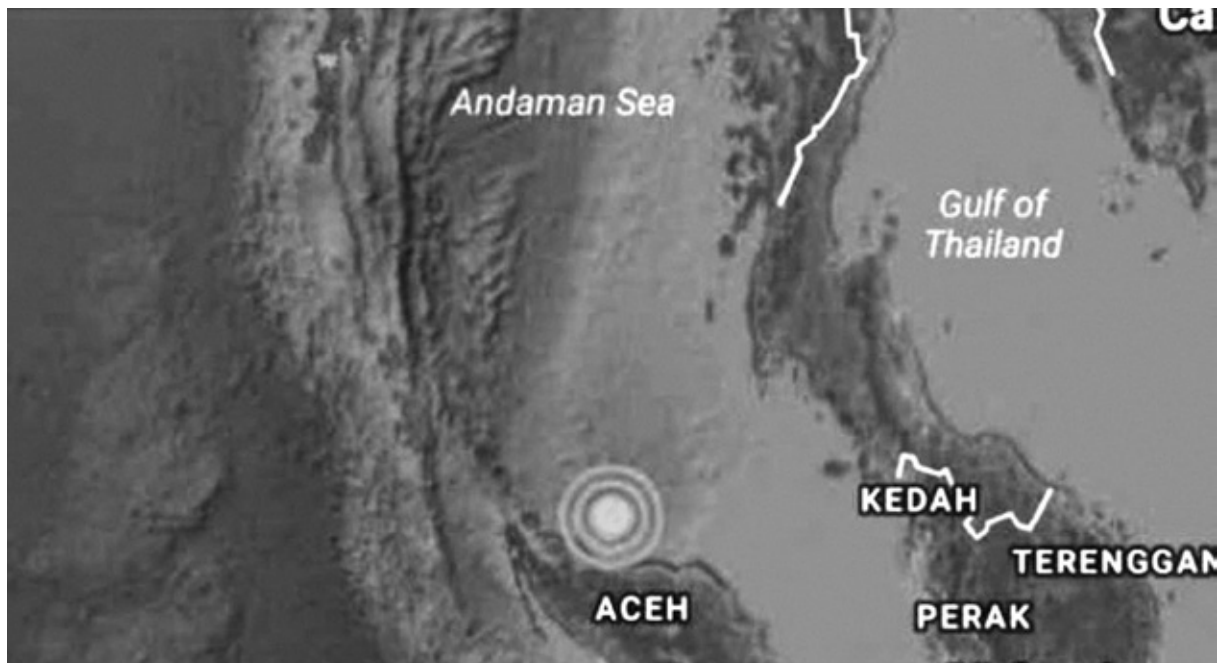
This research is conducted to evaluate the Al-Iman Mosque structure building which located in Pidie Jaya Regency, Special District of Aceh. The background of this is because of the earthquake with magnitude of 6,5 SR and deep of 15 km in this regency on December 7, 2016. This earthquake caused damage on some building and because of this also caused fear to the building user. The analysis of this paper using the Rapid Visual Screening method with standardization from the World Seismic Safety Initiative. Through this standard also can be quickly identified about the safety of single story and two stories building that have damage effect due to earthquake and risk study of nonstructural component. The conclusion from analysis can be inferred that the medium damage on the structural component and nonstructural component, where the most damage happened in the main column and practical column on the building. From this visual screening, the mosque building is recommended to repair by retrofitting.

Keywords: RVS, earthquake, Pidie Jaya, mosque building.

1. PENDAHULUAN

Pada tanggal 7 Desember 2016, sebuah gempa bumi berkekuatan 6,5 Skala Richter mengguncang Kabupaten Pidie Jaya, Provinsi Aceh, Indonesia, pada pukul 5.03.36 Waktu Indonesia Barat. Pusat gempa berada di koordinat 5,25 LU dan 96,24 BT, tepatnya di darat pada jarak 18 kilometer tenggara Sigli, Pidie dan 2 kilometer utara Meureudu, Pidie Jaya pada kedalaman 15 km. Pusat gempa yang berada di daratan menyebabkan gempa bumi ini tidak menimbulkan tsunami. Gempa juga terasa di kabupaten tetangga seperti Pidie, Bireuen, hingga sampai ke Banda Aceh, Langsa, dan Pulau Simeulue. Menurut laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana, sedikitnya 104 orang meninggal dunia akibat gempa ini.

Gempa bumi ini mengakibatkan kerusakan berbagai prasarana dan sarana fisik di Kabupaten Pidie Jaya Aceh. Kerusakan bangunan secara umum yang teramati di daerah survei bervariasi dari kerusakan ringan, kerusakan sedang, kerusakan berat sampai runtuh. Bangunan-bangunan sekolah, kantor, pemerintah, puskesmas, perumahan, mushalla dan masjid juga banyak yang mengalami kerusakan. Prasarana jalan, jembatan, tanggul, instalasi listrik dan telepon diidentifikasi masih dalam kondisi baik dan beberapa hanya mengalami kerusakan ringan.



Gambar 1. Epicenter Gempa Bumi Pidie Jaya Provinsi Aceh, 7 Desember 2016.

Hasil yang diharapkan dari kajian dan survei awal gempa bumi dan keluaran-keluarannya adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan kajian singkat dan survei awal (investigasi lapangan pascabencana) untuk mengkaji pengaruh dari besaran gempa yang terjadi serta mengidentifikasi kerusakan bangunan masjid Al-Iman akibat gempa. Pada umumnya setelah pascabencana gempa, ruangan-ruangan tempat ibadah dan juga sekolah tidak digunakan, umumnya sekolah akan diliburkan beberapa hari. Pada saat aktivitas sekolah (kegiatan belajar mengajar) dimulai kembali, aktivitas tersebut diadakan di tempat-tempat yang dianggap aman.
- b. Melakukan kaji cepat kelayakan bangunan pascabencana gempa (*rapid assessment*) untuk meyakinkan para pihak terkait. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengelompokkan bangunan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:
 1. Aman, bangunan yang dapat digunakan langsung (layak huni).
 2. Pemakaian terbatas, bangunan yang masih bisa digunakan (layak huni) setelah dilakukan perbaikan non-struktural.
 3. Tidak aman, bangunan yang tidak bisa digunakan kembali/tidak layak huni (rusak berat/rubuh) atau bangunan yang masih bisa digunakan setelah dilakukan perbaikan struktural.
 - a. Hasil dari investigasi lapangan dan kajian ini diharapkan akan dapat memberikan rekomendasi-rekomendasi teknis untuk rehabilitasi dan rekonstruksi bangunan yang mengalami kerusakan.

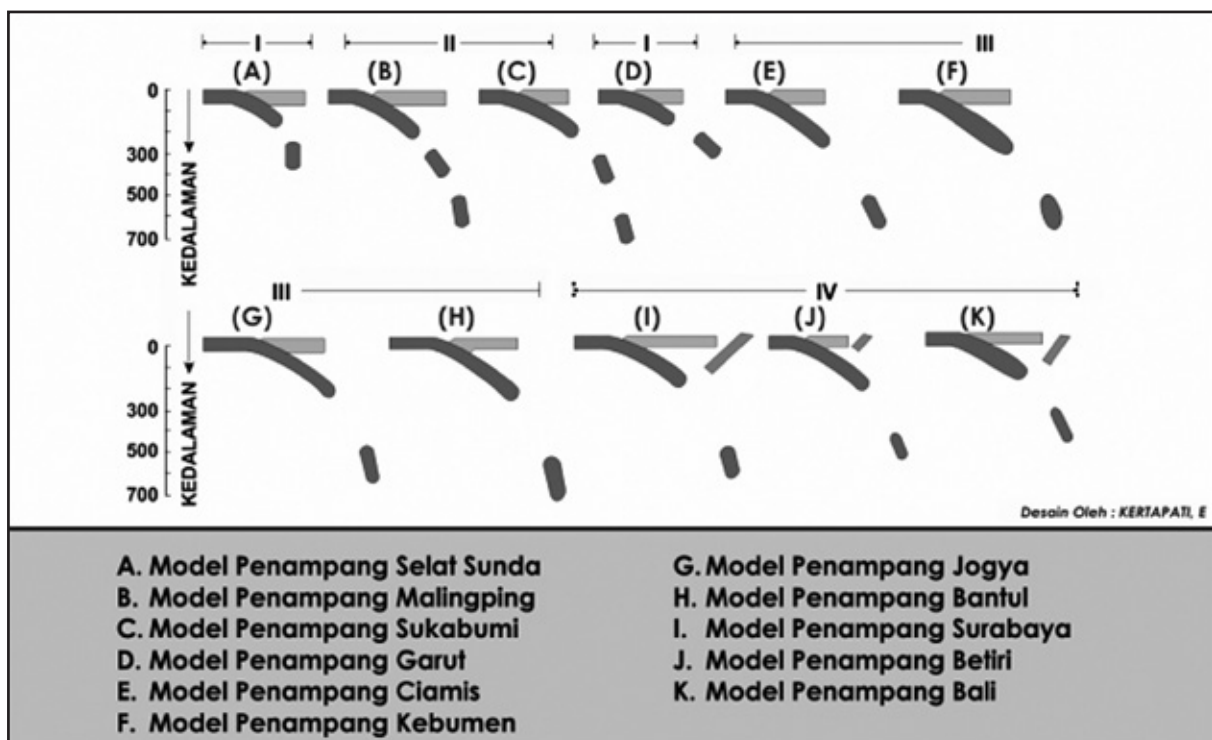
1.1. Kajian Awal Gempa Bumi Sumatra

Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusa Tenggara, sedangkan dengan Pasifik di utara Irian dan Maluku Utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tabrakan terkumpul sampai suatu titik dimana lapisan bumi tidak lagi sanggup menahan tumpukan energi sehingga lepas berupa gempa bumi.

Pertemuan lempeng Indo-Australia dengan Eurasia di selatan Jawa hampir tegak lurus, berbeda dengan pertemuan lempeng di wilayah Sumatra yang mempunyai subduksi miring dengan kecepatan 5-6 cm/tahun (Bock dkk, 2003).

Pulau Sumatra dicirikan oleh tiga sistem tektonik. Berurutan dari barat ke timur adalah sebagai berikut: zona subduksi *oblique* dengan sudut penunjaman yang landai, sesar Mentawai dan zona sesar besar Sumatra. Zona subduksi di Pulau Sumatra, yang sering sekali menimbulkan gempa tektonik, memanjang membentang sampai ke Selat Sunda dan berlanjut hingga selatan Pulau Jawa. Subduksi ini mendesak lempeng Eurasia dari bawah Samudera Hindia ke arah barat laut di Sumatra dan frontal ke utara terhadap Pulau Jawa, dengan kecepatan pergerakan yang bervariasi. Puluhan hingga ratusan tahun, dua lempeng itu saling menekan. Namun lempeng Indo-Australia dari selatan bergerak lebih aktif. Pergerakannya yang hanya beberapa millimeter hingga beberapa sentimeter per tahun ini memang tidak terasa oleh manusia. Karena dorongan lempeng Indo-Australia terhadap bagian utara Sumatra kecepatannya hanya 5,2 cm per tahun, sedangkan yang di bagian selatannya kecepatannya 6 cm per tahun. Pergerakan lempeng di daerah barat Sumatra yang miring posisinya ini lebih cepat dibandingkan dengan penyusupan lempeng di selatan Jawa.

Selat Sunda merupakan daerah transisi dari segmen lajur benturan normal di Jawa ke zona benturan miring di Sumatra. Daerah ini sangat terbebani oleh perubahan pola sesar mendatar yang lebih cepat ke arah Andaman, ke gerak normal di Jawa. Oleh karena itu daerah ini berkecenderungan bentangan dan perluasan Selat Sunda, lebih didominasi oleh suatu deformasi lokal seperti di antaranya gerak graben dan sejumlah patahan normal. Lajur kemiringan gempa mencapai 350 km dan kesenjangan terjadi pada kedalaman 200 km. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 (Kertapati, 1987). Maksimum *magnitudo* gempa (M_{max}) dari aktivitas penunjaman di Selat Sunda mencapai 7.9 pada kedalaman 80 km.



Gambar 2. Model Penampang Hiposentrum Gempa, Terlihat Mulai dari Penampang Model Surabaya Terus ke Timur (Bali), Mulai Muncul Hunjaman Balik dari Aktivitas Gempa Akibat Kegiatan Sesar Busur Belakang (Kertapati, 1987).

1.2. Sejarah Kegempaan Sumatra

Pulau Sumatra terletak di barat daya dari kontinen *Sundaland* dan merupakan jalur konvergensi antara Lempeng Hindia-Australia yang menyusup di sebelah barat Lempeng Eurasia atau Sundaland. Konvergensi lempeng menghasilkan subduksi sepanjang Palung Sunda dan pergerakan lateral lempengan dari Sistem Sesar Sumatra.

Subduksi dari Lempeng Hindia-Australia dengan batas Lempeng Asia pada masa Paleogen diperkirakan telah menyebabkan rotasi Lempeng Asia termasuk Sumatra searah jarum jam. Perubahan posisi Sumatra yang sebelumnya berarah E-W menjadi SE-NW dimulai pada *Eosen-Oligosen*. Perubahan tersebut juga mengindikasikan meningkatnya pergerakan sesar mendatar Sumatra seiring dengan rotasi. Subduksi *oblique* dan pengaruh sistem mendatar Sumatra menjadikan kompleksitas regim *stress* dan pola *strain* pada Sumatra (Darman dan Sidi, 2000). Karakteristik Awal Tersier Sumatra ditandai dengan pembentukan cekungan-cekungan belakang busur sepanjang Pulau Sumatra, yaitu Cekungan Sumatra Utara, Cekungan Sumatra Tengah, dan Cekungan Sumatra Selatan. Pulau Sumatra diinterpretasikan dibentuk oleh kolisi dan suturing dari mikrokontinen di akhir Pra-Tersier (Barber dkk, 2005). Sekarang Lempeng Samudera Hindia subduksi di bawah Lempeng Benua Eurasia pada arah N20°E dengan rata-rata pergerakannya 6-7 cm/tahun. Konfigurasi cekungan pada daerah Sumatra berhubungan langsung dengan kehadiran dari subduksi yang menyebabkan *non-volcanic fore-arc* dan *volcano plutonik back-arc*. Sumatra dapat dibagi menjadi 5 bagian (Darman dan Sidi, 2000):

- a. Sunda *outer-arc ridge*, berada sepanjang batas cekungan *fore-arc* Sunda dan yang memisahkan dari lereng *trench*.
- b. Cekungan *Fore-arc* Sunda, terbentang antara akresi non-vulkanik punggung *outer-arc* dengan bagian di bawah permukaan dan *vulkanik back-arc* Sumatra.
- c. Cekungan *Back-arc* Sumatra, meliputi cekungan Sumatra Utara, Tengah, dan Selatan. Sistem ini berkembang sejalan dengan depresi yang berbeda pada bagian bawah Bukit Barisan.
- d. Bukit Barisan, terjadi pada bagian axial dari pulaunya dan terbentuk terutama pada Perm-Karbon hingga batuan Mesozoik.
- e. *Intra-arc* Sumatra, dipisahkan oleh *uplift* berikutnya dan erosi dari daerah pengendapan terdahulu sehingga memiliki litologi yang mirip pada *fore-arc* dan *back-arc basin*.

Di pulau Sumatra, pergerakan lempeng India dan Australia yang mengakibatkan kedua lempeng tersebut bertabrakan dan menghasilkan penunjaman menghasilkan rangkaian busur pulau depan (*forearc islands*) yang non-vulkanik (seperti: P. Simeulue, P. Banyak, P. Nias, P. Batu, P. Siberut hingga P. Enggano). Rangkaian pegunungan Bukit Barisan dengan jalur vulkanik di tengahnya, serta sesar aktif "*The Great Sumatra Fault*" yang membelah Pulau Sumatra mulai dari Teluk Semangko hingga Banda Aceh. Sesar besar ini menerus sampai ke Laut Andaman hingga Burma. Patahan aktif Semangko ini diperkirakan bergeser sekitar sebelas sentimeter per tahun dan merupakan daerah rawan gempa bumi dan tanah longsor.

Di samping patahan utama tersebut, terdapat beberapa patahan lainnya, yaitu: Sesar Aneuk Batee, Sesar Samalanga-Sipopok, Sesar Lhokseumawe, dan Sesar Blangkejeren. Khusus untuk Kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar dihipit oleh dua patahan aktif, yaitu Darul Imarah dan Darussalam. Patahan ini terbentuk sebagai akibat dari adanya pengaruh tekanan tektonik secara global dan lahirnya kompleks subduksi sepanjang tepi barat Pulau Sumatra serta pengangkatan Pegunungan Bukit Barisan. Daerah-daerah yang berada di sepanjang patahan tersebut merupakan wilayah yang rawan gempa bumi dan tanah longsor, disebabkan oleh adanya aktivitas kegempaan dan kegunungapian yang tinggi. Banda Aceh sendiri merupakan suatu dataran hasil amblesan sejak Pliosen, hingga terbentuk sebuah graben. Dataran yang terbentuk tersusun oleh batuan sedimen, yang berpengaruh besar jika terjadi gempa bumi di sekitarnya. Penunjaman Lempeng India-Australia juga mempengaruhi geomorfologi Pulau Sumatra. Adanya penunjaman menjadikan bagian barat Pulau Sumatra terangkat, sedangkan bagian timur relatif turun. Hal ini menyebabkan bagian barat mempunyai dataran pantai yang sempit dan kadang-kadang terjal. Pada umumnya, terumbu karang lebih berkembang dibandingkan berbagai jenis bakau. Bagian timur yang turun akan menerima tanah hasil erosi dari bagian barat (yang bergerak naik), sehingga bagian timur memiliki pantai yang datar lagi luas. Di bagian timur, gambut dan bakau lebih berkembang dibandingkan terumbu karang.

Sejarah tektonik Pulau Sumatra berhubungan erat dengan dimulainya peristiwa pertumbukan antara lempeng India-Australia dan Asia Tenggara, sekitar 45,6 juta tahun lalu, yang mengakibatkan rangkaian perubahan sistematis dari pergerakan relatif lempeng-lempeng disertai dengan perubahan kecepatan relatif antar lempengnya berikut kegiatan ekstrusi yang terjadi padanya. Gerak lempeng India-Australia yang semula mempunyai kecepatan 86 mm/tahun menurun secara drastis menjadi

40 mm/tahun karena terjadi proses tumbukan tersebut. Penurunan kecepatan terus terjadi sehingga tinggal 30 mm/tahun pada awal proses konfigurasi tektonik yang baru (Natawidjaja, 1994). Setelah itu kecepatan mengalami kenaikan yang mencolok sampai sekitar 76 mm/tahun. Proses tumbukan ini, menurut teori "indentasi" pada akhirnya mengakibatkan terbentuknya banyak sistem sesar geser di bagian sebelah timur India, untuk mengakomodasikan perpindahan massa secara tektonik.

Keadaan Pulau Sumatra menunjukkan bahwa kemiringan penunjaman, punggung busur muka dan cekungan busur muka telah terfragmentasi akibat proses yang terjadi. Kenyataan menunjukkan bahwa adanya transtensi (*trans-tension*) Paleozoikum tektonik Sumatra menjadikan tatanan tektonik Sumatra menunjukkan adanya tiga bagian pola (Sih dkk, 2002). Bagian selatan terdiri dari lempeng mikro Sumatra, yang terbentuk sejak 2 juta tahun lalu dengan bentuk, geometri dan struktur sederhana, bagian tengah cenderung tidak beraturan dan bagian utara yang tidak selaras dengan pola penunjaman.

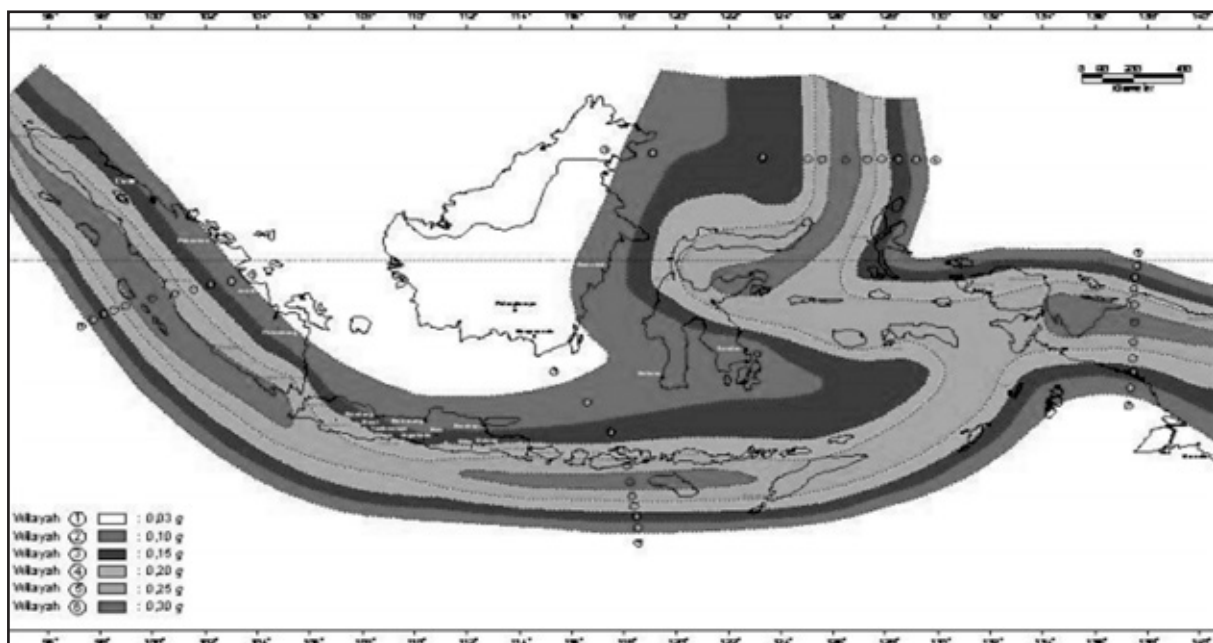
Penjelasan mengenai periode tektonik wilayah Sumatra terbagi menjadi 3 daerah berdasarkan letak cekungan yang ada di Sumatra yaitu cekungan Bengkulu yang menandakan *forearc basin*, cekungan Sumatra Tengah yaitu *central basin* dan cekungan Sumatra Selatan yang merupakan *backarc basin*.

Berdasarkan penjelasan di atas Pulau Sumatra secara garis besar terdiri dari 3 sistem Tektonik, yakni Sistem Subduksi Sumatra sistem sesar Mentawai (*Mentawai Fault System*) dan Sistem Sesar Sumatra (*Sumatra Fault System*). Berdasarkan rekonstruksi geologi awal pembentukan wilayah Sumatra dimulai sekitar 50 juta tahun lalu (awal Eosen). Sedikitnya terdapat 19 Segmen sesar dengan panjang tiap segmen ±60-200 km; yang merupakan bagian dari Sistem Sesar Sumatra (*Sumatra Fault System*) dengan panjang ±1900 km. Danau Toba yang berada di Pulau Sumatra merupakan salah satu bukti nyata *Super Volcano* dan merupakan sisa dari Letusan Kaldera terbesar.

1.3. Zonasi Provinsi Aceh

Perlu diuraikan disini bahwa berdasarkan zonasi kegempaan Indonesia (SNI-1726, 2002), di sepanjang pantai Pulau Sumatra diklasifikasikan sebagai zona 3 sampai 5 dengan PBA (*Peak Base Rock Acceleration*) berkisar 0.1 sampai 0.25g untuk periode ulang 500 tahun atau 10% kemungkinannya terlewati dalam kurun waktu 50 tahun, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Mengacu kepada Peta Wilayah Gempabumi Indonesia SNI 1726-2002 tersebut, secara umum nilai percepatan gempa di batuan dasar di Banda Aceh dipengaruhi oleh sumber gempa subduksi *Megathrust* dan *Benioff*, serta patahan-patahan dangkal di daerah Banda Aceh. Kejadian gempabumi 7 Desember 2016 bersumber dari Subduksi *Megathrust* Segmen Banda Aceh.



Gambar 3. Peta Wilayah Gempabumi Indonesia (SNI 1726-2002).

1.4. Rapid Visual Screening

Evaluasi terhadap suatu bangunan tembokan sederhana dilakukan pada komponen-komponen struktur sebagai berikut:

- a. Komponen vertikal: kolom dan dinding.
- b. Komponen horizontal: balok dan pelat.
- c. Pondasi dan bangunan bawah

Tingkat kerusakan pada setiap komponen:

T = Tidak ada kerusakan yang berarti.

R = Ringan (kerusakan komponen struktur hanya memerlukan perbaikan kosmetik dan komponen non-struktur perlu dipulihkan.)

S = Sedang (kerusakan struktur dapat diperbaiki)

B = Berat (kerusakan sedemikian luasnya sehingga kalau akan diperbaiki, banyak yang harus dibongkar dan diganti.)

Adapun kriteria rusak yang dianalisis sebagai berikut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 3.

- a. Retak rambut pada beton (kurang dari 0.2 mm) atau retak tidak terlihat mengindikasikan kerusakan yang tidak berarti.
- b. Umumnya, retak pada komponen beton dengan lebar sampai dengan 2 mm tidak dianggap sebagai sesuatu yang berbahaya (dan mengindikasikan kerusakan yang ringan).
- c. Retak pada komponen beton dengan lebar sampai dengan 5 mm mengindikasikan kerusakan yang sedang.
- d. Retak dalam komponen beton dengan lebar lebih besar dari 5 mm mengindikasikan kerusakan yang berat (dengan pengurangan kekuatan yang berarti).
- e. Tertekuknya tulangan pada komponen beton mengindikasikan terjadinya kerusakan yang berat, dengan tidak memperhatikan lebar retak beton.
- f. Retak-retak atau robohnya partisi tidak menyatakan kerusakan struktur yang berarti.

Tingkat kerusakan komponen yang terjadi secara keseluruhan dalam satu bangunan tembokan sederhana setara dengan nilai sebagai berikut:

T (Tidak) Tidak ada kerusakan : 100

R (Ringan) Kerusakan sedikit : 80

S (Sedang) Kerusakan sedang : 60

B (Berat) Kerusakan banyak : 40

Tabel 1. Cara Menghitung Tingkat Kerusakan Komponen Bangunan Berdasarkan World Seismic Safety Initiative Komponen Vertical (Boen, 2007)

Keterangan Komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah Total (T, R, S, B) (j) = (b)+(d)+(f)+(h)	Jumlah Total (T, R, S, B) (k) = (c)+(e)+(g)+(i)	Nilai Rata-rata (l) = (k) / (j)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) = (b) x 100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) = (d) x 80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) = (f) x 60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) = (h) x 40			
Kolom											
Sambungan Balok Kolom											
Dinding Retak Diagonal											
Dinding Retak di Batas Kolom dan Dinding											
Dinding Roboh (sebagian = 'S', seluruh = 'B')											
Dinding Partisi											

Adapun cara pengisian *rapid visual screening* ini sebagai berikut:

- Jumlah artinya banyaknya komponen vertikal yang ada di setiap lantai.
- Jumlah total dinding retak diagonal (no. 3) maupun dinding retak di batas kolom dan dinding (no. 4) tidak termasuk dinding yang roboh (no. 5), Misal: Jumlah total dinding dalam suatu bangunan = 15, dinding yang roboh = 1, dinding retak diagonal dengan kerusakan sedang = 3. Jadi pada baris no.3, jumlah total dinding retak diagonal = 14, terdiri dari 3 dinding retak diagonal dengan kerusakan sedang (S) dan 11 dinding tidak ada kerusakan (T).
- Dinding roboh selalu masuk dalam kategori S atau B.
- Dinding partisi selalu masuk dalam kategori T atau R. Walaupun roboh, dinding partisi masuk dalam kategori R karena partisi bukan bagian dari kekuatan struktur.

Tingkat kerentanan komponen vertikal:

$$\text{Risiko} = (\text{Total Nilai Rata-Rata} / N) \dots\dots\dots (1)$$

Nilai N diperoleh sebagai berikut:

- Kalau di lantai tidak ada dinding roboh dan dinding partisi maka N = 4.
- Kalau ada dinding partisi, tapi tidak rusak, N = 6.
- Bila semua komponen vertikal seperti tertera di daftar (komponen 1 - 6) ada, maka N=6.

Tabel 2. Cara Menghitung Tingkat Kerusakan Komponen Bangunan Berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* Komponen Horizontal (Boen, 2007)

Keterangan Komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah Total (T, R, S, B) (j) = (b)+(d)+(f)+(h)	Jumlah Total (T, R, S, B) (k) = (c)+(e)+(g)+(i)	Nilai Rata-rata (l) = (k) / (j)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) = (b) x 100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) = (d) x 80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) = (f) x 60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) = (h) x 40			
Balok											
Pelat											
Rangka Atap											

Jumlah masing-masing komponen artinya banyaknya komponen horizontal yang ada di setiap lantai. Tingkat kerentanan komponen horizontal:

$$\text{Risiko} = (\text{Total Nilai Rata-Rata} / N) \dots\dots\dots (2)$$

Nilai N diperoleh sebagai berikut misal bangunan satu lantai dengan balok dan rangka kuda-kuda kayu, maka N = 2, karena tidak ada beton.

Tabel 3. Cara Menghitung Tingkat Kerusakan Komponen Bangunan Berdasarkan *World Seismic Safety Initiative* Komponen Fondasi (Boen, 2007)

Keterangan Komponen (a)	T (100)		R (80)		S (60)		B (40)		Jumlah Total (T, R, S, B) (j) = (b)+(d)+(f)+(h)	Jumlah Total (T, R, S, B) (k) = (c)+(e)+(g)+(i)	Nilai Rata-rata (l) = (k) / (j)
	Jml (b)	Nilai (Jml*100) (c) = (b) x 100	Jml (d)	Nilai (Jml*80) (e) = (d) x 80	Jml (f)	Nilai (Jml*60) (g) = (f) x 60	Jml (h)	Nilai (Jml*40) (i) = (h) x 40			
Pondasi Buku Kali											
Balok Pondasi											
Pondasi Tapak Beton											

Bila pondasi tidak terlihat, daftar dapat dikosongkan dan tidak perlu diisi/tidak ada nilainya. Pengertian Jumlah adalah: untuk pondasi tapak, Jumlah sama dengan banyaknya pondasi lapak tersebut. Untuk pondasi batu kali dan balok pondasi, Jumlah sama dengan panjang pondasi batu kali dan/atau balok pondasi. Tingkat kerentanan komponen pondasi:

$$\text{Risiko} = (\text{Total Nilai Rata-Rata} / N) \dots\dots\dots (3)$$

Nilai N diperoleh berdasarkan jumlah jenis komponen yang dapat dilihat. Kalau pondasi batu kali dan balok pondasi dapat diperiksa, maka N = 2.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Pemeriksaan lapangan ini dilakukan di Masjid Al-Iman, Kabupaten Pidie Jaya, Provinsi Aceh pada tanggal 17 Desember 2016 bekerja sama dengan relawan *Muhammadiyah Disaster Management Centre* (MDMC).

2.2. Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti alur sebagai berikut:

- a. Melakukan studi literatur untuk menentukan metode pemeriksaan di lapangan.
- b. Melakukan pemetaan lokasi masjid berupa mendeteksi titik-titik yang akan dilakukan pemeriksaan.
- c. Melakukan pemeriksaan langsung di lapangan dengan mencatat jumlah komponen bangunan yang termasuk dalam kategori rusak ringan, rusak berat ataupun tidak rusak sama sekali.
- d. Membuat analisis mengenai tingkat kerusakan pada setiap komponen bangunan yang rusak.
- e. Memberikan metode perbaikan dari kesimpulan yang sudah dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pemeriksaan Lapangan

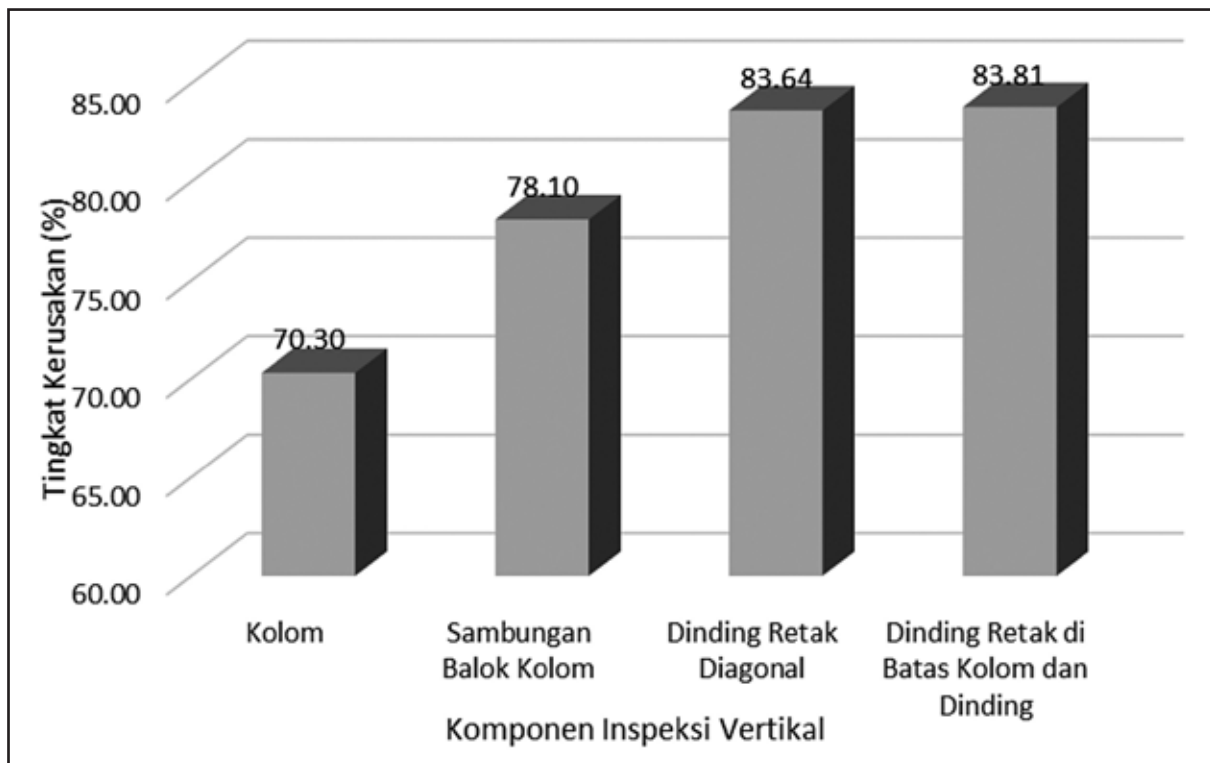
Pemeriksaan lapangan dilakukan dengan melakukan analisis pada tiga komponen bagian. Yaitu bagian fondasi, komponen horizontal dan komponen vertikal. Adapun hasil pemeriksaan dan tingkat kerusakannya dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Tingkat Kerusakan Tiap Komponen

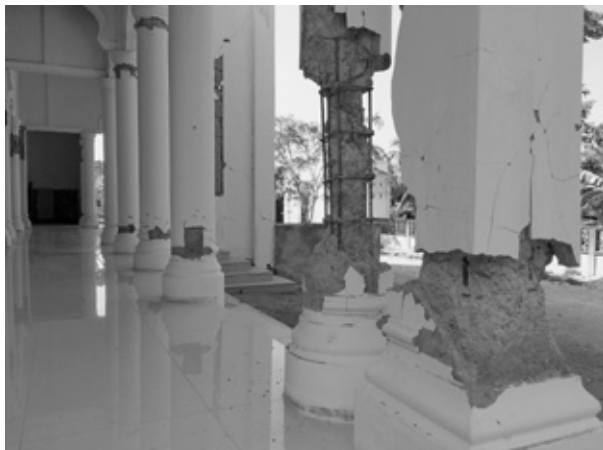
No.	Keterangan Komponen	Tingkat Kerusakan (%)
Komponen Vertikal		
1	Kolom	70,30
2	Sambungan Balok Kolom	78,10
3	Dinding Retak Diagonal	83,64
4	Dinding Retak di Batas Kolom dan Dinding	83,81
Rata-Rata Tingkat Kerusakan		78,96
Komponen Horizontal		
1	Balok	86,36
2	Pelat	95,00
3	Rangka Atap	100,00
Rata-Rata Tingkat Kerusakan		93,79
Komponen Pondasi		
1	Pondasi Batu Kali	100
2	Balok Pondasi/Sloof	100
3	Pondasi Tapak Beton	100
Rata-Rata Tingkat Kerusakan		100

Rata-rata tingkat kerusakan menunjukkan semakin besar persentase yang diperoleh maka akan semakin kecil tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan. Komponen vertikal menghasilkan rata-rata

tingkat kerusakan 78,96%, hal ini menunjukkan komponen vertikal dikategorikan rusak sedang. Komponen vertikal memiliki 6 bidang inspeksi, akan tetapi karena bangunan masjid ini tidak memiliki dinding utama dan dinding partisi, sehingga yang dianalisis hanya 4 bidang saja meliputi kolom, sambungan balok kolom, dinding retak diagonal dan dinding retak batas kolom dan dinding. Dinding yang dianalisis di sini hanya dinding-dinding yang bersifat arsitektural. Gambar 4 memperlihatkan tingkat kerusakan komponen vertikal dimana bidang kolom memiliki tingkat kerusakan paling banyak sebesar 70,30% diikuti bidang sambungan balok kolom dengan tingkat kerusakan 78,10%. Kedua bidang ini dikategorikan rusak sedang. Hampir semua kolom mengalami kegagalan pada ujung bawah komponen atau ujung atas komponen. Beberapa contoh kerusakan pada kolom dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kolom mengalami kerusakan geser. Terdapat beberapa dinding yang retak diagonal sebesar 83,64% dan dinding retak di batas kolom dan dinding sebesar 83,81%, hal ini menunjukkan tingkat kerusakan dinding hanya pada kondisi tingkat kerusakan ringan. Beberapa contoh kerusakan pada dinding dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 4. Tingkat Kerusakan Bangunan Masjid Al-Iman pada Komponen Kolom.



Gambar 5. Komponen Kolom yang Mengalami Kerusakan.



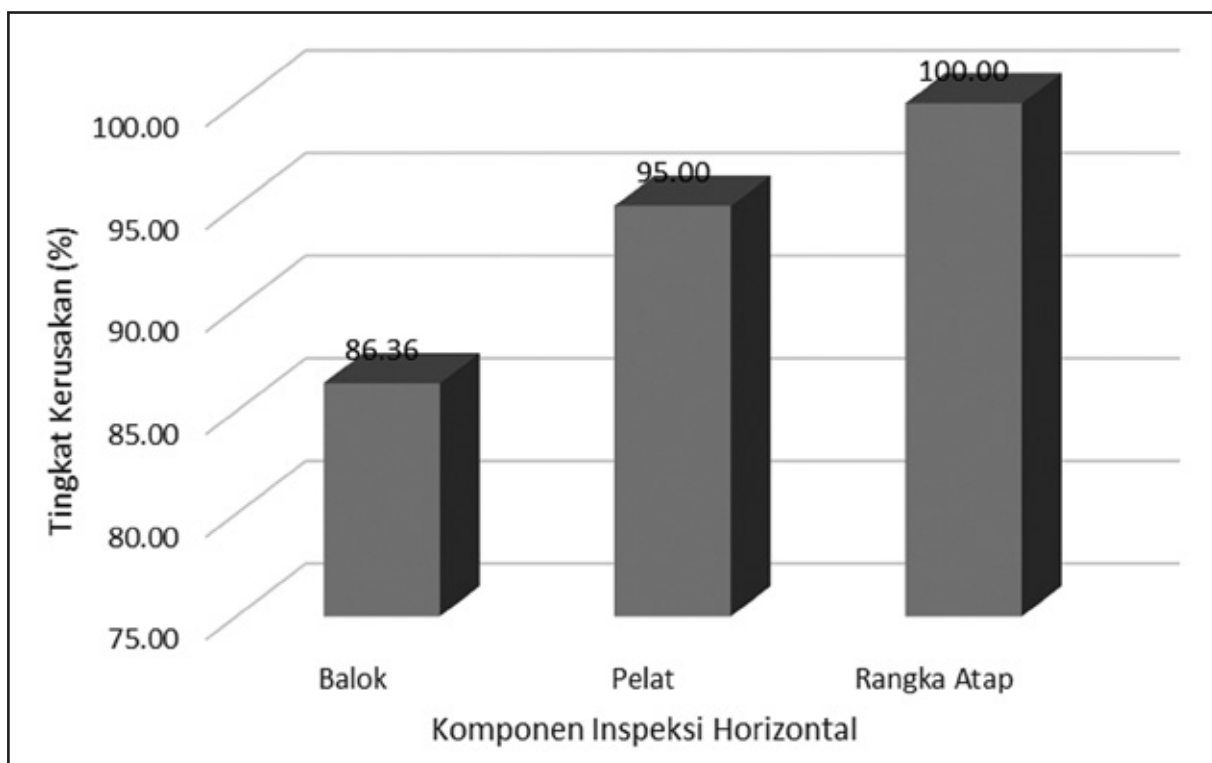
Gambar 6. Kerusakan pada Sambungan Balok Kolom.

Komponen horizontal menghasilkan nilai rata-rata kerusakan sebesar 93,79%, hal ini menunjukkan komponen horizontal hanya mengalami rusak ringan. Gambar 8 menjelaskan bahwa pada komponen horizontal menilai tiga bidang yang terdiri dari bidang balok, bidang pelat dan bidang rangka atap. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada bidang balok terdapat kerusakan ringan sehingga menghasilkan nilai kerusakan 83,36%. Masjid Al-Iman merupakan bangunan tidak bertingkat, sehingga untuk pelat hanya menilai pelat bangunan lantai dasar saja. Hasil dari analisis pelat tidak ada kerusakan yang berarti, hanya sedikit retak-retak kecil yang tidak membahayakan, sehingga



Gambar 7. Kerusakan pada Dinding Masjid Al-Iman.

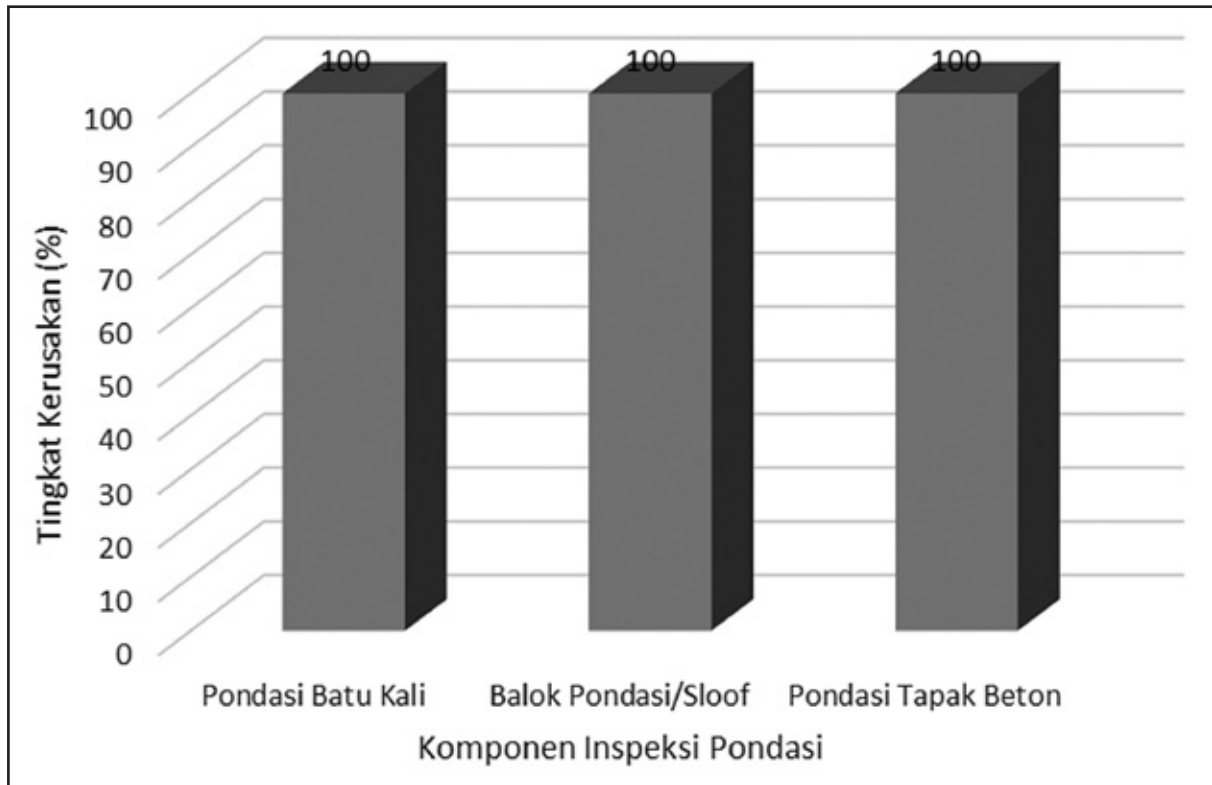
hasil kerusakan diperoleh sebesar 95,00%. Bagian atap bangunan ini hanya diperiksa secara cepat, tidak melakukan detail naik ke puncak bangunan, karena hal ini sangat membahayakan, melihat secara langsung hal tersebut tidak ada terjadi kerusakan yang berarti pada bagian atap bangunan Masjid Al-Iman, sehingga bagian atap dinyatakan aman dengan risiko kerusakan sebesar 100%.



Gambar 8. Nilai Kerusakan pada Komponen Inspeksi Horizontal.

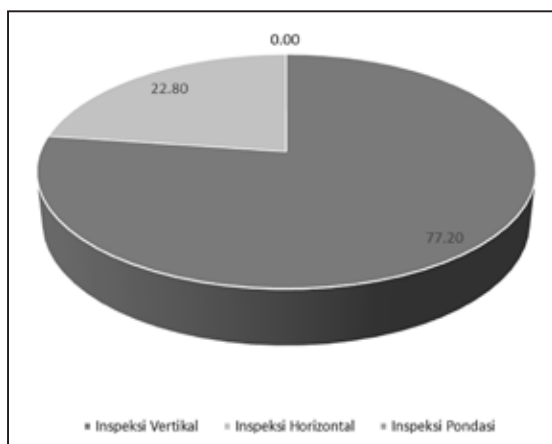
Komponen pondasi pada Gambar 9 memperlihatkan seluruh bidang yang dianalisis dinyatakan aman, baik bidang pondasi batu kali, balok pondasi maupun pondasi telapak beton. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat keamanan bidang fondasi ini. Salah satunya adalah kendala bagian fondasi ini

sudah tertanam di bawah bangunan, sehingga tidak dapat terlihat dengan detail mengenai bagian-bagian yang rusak.

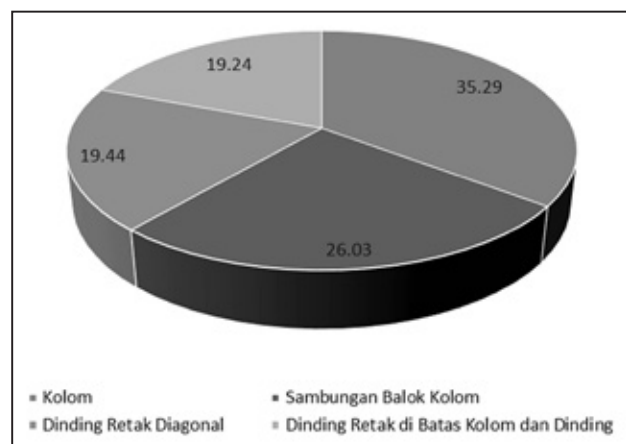


Gambar 9. Nilai Kerusakan pada Komponen Pondasi.

Melalui hasil analisis ketiga komponen utama bangunan ini memperlihatkan pada Gambar 10 menunjukkan bahwa komponen vertikal merupakan komponen yang paling banyak mengalami kerusakan, yaitu sebesar 77,20%, lalu diikuti oleh komponen horizontal sebesar 22,80% sedangkan komponen pondasi tidak terdapat kerusakan sama sekali sehingga memperoleh nilai 0%. Pada komponen vertikal Gambar 11 memperlihatkan bahwa bidang yang paling besar mengalami kerusakan yaitu bidang kolom sebesar 35,39%. Maka dapat disimpulkan bahwa kerusakan yang terbesar pada bangunan Masjid Al-Iman adalah bagian kolom. Seperti yang sudah dijelaskan, sebagian besar kolom mengalami gagal geser.



Gambar 10. Persentase Tingkat Kerusakan Bangunan.



Gambar 11. Persentase Tingkat Kerusakan Komponen Vertikal.

3.2. Pembahasan dan Diskusi

Hasil pemeriksaan di lapangan menunjukkan bahwa bangunan Masjid Al-Iman dikategorikan rusak sedang. Berdasarkan analisis lapangan penyebab kegagalan yang terbesar sangat dimungkinkan berasal dari material penyusun bangunan tersebut. Komponen kolom pada bangunan ini sangat getas dan tulangan yang digunakan bukan tulangan ulir. Hal ini menunjukkan kurangnya tingkat kontrol mutu pada saat pelaksanaan pembangunan.

Bangunan Masjid Al-Iman tidak perlu dirobohkan, cukup perlu dilakukan perbaikan-perbaikan pada komponen yang rusak. Adapun metode yang tepat untuk perbaikan dapat digunakan dengan metode *refrofitting*. Pada komponen kolom yang rusak dapat dilakukan dengan penambahan sengkang pada beton di luar kolom yang kemudian dicor menggunakan beton. Untuk menambahkan kekuatan geser kolom tanpa meningkatkan kapasitas lentur kolom dapat dibuat dengan cara membuat celah pada ujung kolom atas dan ujung kolom bawah yang akan diperkuat, yang kemudian celah tersebut diberi tambahan kekuatan beton. Beton kolom yang mengalami rusak sedang cukup dengan melakukan pembobokan pada bagian yang rusak dan dibersihkan, setelah itu dilakukan pengecoran kembali. Ada baiknya sebelum dilakukan perbaikan, dilakukan terlebih dahulu analisis yang mendalam mengenai kapasitas struktur, sehingga dapat menentukan metode yang tepat untuk perbaikan gedung tersebut.

Hasil dari analisis terdapat juga beberapa kolom yang sudah bengkok tulangannya. Hal tersebut dapat diperbaiki dengan menggunakan perkuatan tulangan dan perkuatan dengan mutu beton yang baru. Perlu diketahui bahwa pada saat perbaikan harus dilakukan perkuatan sementara pada bagian bagian yang akan diperbaiki, contohnya dengan memberikan *skafolding* atau perkuatan kolom kayu.

Kelemahan pada penelitian ini adalah tidak dibedakannya beberapa jenis kolom yang ada di dalam satu bangunan. Pada Masjid Al-Iman terdapat beberapa variasi ukuran kolom dengan tingkat kerusakan yang berbeda. Ketersediaan gambar detail juga mempengaruhi ketelitian dalam pengerjaan pemeriksaan di lapangan. Apabila bangunan yang dianalisis tidak terdapat gambar detail struktur akan mempersulit untuk dilakukannya pemeriksaan menyeluruh dan dapat membahayakan peneliti.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Tingkat kerusakan terbesar terjadi pada komponen bangunan vertikal yaitu sebesar 77,20%.
- b. Bangunan Masjid Al-Iman dinyatakan dalam kategori Rusak sedang dengan komponen yang paling banyak rusak adalah komponen kolom.
- c. Bangunan Masjid Al-Iman dapat dilakukan perkuatan dengan metode *retrofitting* pada bagian kolom, balok, sambungan balok-kolom, dinding dan lantai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- Relawan *Muhammadiyah Disaster Management Centre* (MDMC) yang telah membantu dalam pelaksanaan di lapangan.
- Pusat Studi Lingkungan dan Bencana (PSLB) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sebagai pemberi dana pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-1726-2002 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung", Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia.
2. Barber, A.J, Crow, M.J, Milsom, J.S. 2005. Sumatra, Geology: Resources and Tectonic Evolution, Geological Society Memoir No. 31, The Geological Society, London
3. Bock, L. Prawirodirdjo, J. F. Genrich, C. W. Stevens, R. McCaffrey, C. Sub Arya, S. S. O. Puntodewo, and E. Calais. 2003. Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements. London
4. Boen, T. 2007. Kajian Cara Cepat Kemanan Bangunan Tembokan Sederhana Satu atau Dua Lantai yang Rusak Akibat Gempa dan Kajian Risiko Komponen Non-Struktur (Komponen Operasional dan Fungsional). World Seismic Safety Initiative. Jakarta.

5. Darman, H. dan Sidi, F.H. 2000. An Outline of The Geology of Indonesia, Ikatan Ahli Geologi Indonesia
6. Kertapati, E, K. 1999. "Probabilistic Estimates of the Seismic Ground Motion Hazard in Indonesia", Proceeding of National Conference on Earthquake Engineering, Bandung.
7. Natawidjaja, D.H., K. Sieh. 1994. Slip rates along the Sumatran transcurrent fault and it's tectonic significance. Abstract in Proceeding on Tectonic Evolution of Southeast Asia, Geol.Soc.of London, 7-8 December, p.38.
8. Sieh, K. and Natawidjaja, D. 2002. Neotectonics of The Sumatran Fault, Indonesia. Journal of Geophysical Research, 105, 28, 295 - 28, 326