

KEKUATAN STRUKTUR BANGUNAN PENYELAMAT TSUNAMI AKIBAT BEBAN GEMPA DI KECAMATAN KUTA ALAM BANDA ACEH

Sanneti Hevianis¹, Abdullah², T. Budi Aulia³

¹)Magister Ilmu Kebencanaan Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
email: hevianis_s@ymail.com

^{2,3})Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111, email: abdul-
lahmahmud2004@yahoo.com², aulia@unsyiah.ac.id³

Abstract : *Banda Aceh suffered extensive damage due to earthquake and tsunami that hit on December 26, 2004. Kuta Alam district, one of area in Banda Aceh that consist of 11 villages, only 2 of them were not affected by the tsunami. Many of people were affected due to the lack of early warning and escape building. Nowadays, there is no escape building in this area make spatial planning based disaster mitigation is not implemented properly. According to the prior research, there are 45 buildings which can be an alternative escape building when the tsunami hit; but the safety of buildings were not guaranteed, because the durability toward seismic threat was not known. Therefore, this study was aim to determine the strength of buildings structure. This study was conducted on 5 public buildings, which are included to the highest risk area of tsunami to moderate. The buildings are : SMPN 9 Banda Aceh, SDN 36 Banda Aceh, Ar-Rahman mosque SD Kartika XVI-1 Banda Aceh, SMA Safiatuddin Banda Aceh, and SDN 45 Banda Aceh. All of them were a reinforced concrete and two-story building. Stage of this study were conduct visual observation for the whole buildings; calculating the structural strength of the buildings with Structural Analysis Programming (SAP2000), the seismic load by referring to Indonesian National Standard (SNI 03-1726-2012). The result of this study showed the buildings are still in very good condition, SAP2000 calculation result also showed the buildings still have good strength even when they were loaded by seismic loads.*

Keywords : *Earthquake, Tsunami, Escape Building*

Abstrak : Akibat bencana gempa bumi dan tsunami yang melanda Aceh pada tanggal 26 Desember 2004, Kota Banda Aceh mengalami kerusakan infrastruktur yang sangat berat. Kecamatan Kuta Alam, salah satu Kecamatan di Kota Banda Aceh yang terdiri dari 11 desa, hanya 2 diantaranya yang tidak terkena dampak tsunami; banyaknya korban jiwa yang timbul karena tidak adanya peringatan dini dan bangunan untuk tempat berlindung. Saat ini tidak adanya bangunan escape building di wilayah ini membuat perencanaan tata ruang wilayah yang berbasis mitigasi bencana belum dapat terlaksana dengan baik. Berdasarkan penelitian sebelumnya, terdapat 45 bangunan yang dapat menjadi alternatif sebagai bangunan penyelamat ketika terjadinya tsunami, namun hal inipun belum menjamin keamanannya, karena belum diketahui standar daya tahan bangunan tersebut terhadap ancaman gempa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan struktur bangunan. Penelitian dilaksanakan pada 5 bangunan publik, yang termasuk dalam wilayah yang memiliki risiko paling tinggi hingga sedang akibat bencana tsunami. Bangunan tersebut antara lain : SMPN 9 Banda Aceh, SDN 36 Banda Aceh, Mesjid Ar-Rahman SD Kartika XVI-1 Banda Aceh, SMA Safiatuddin Banda Aceh, dan SDN 45 Banda Aceh. Semua bangunan tersebut merupakan konstruksi beton bertulang dan berlantai 2. Tahapan penelitian ini adalah dengan melakukan pengamatan secara visual untuk keseluruhan bangunan; melakukan perhitungan kekuatan untuk kondisi eksisting bangunan dengan Structural Analysis Programming (SAP2000), beban gempa rencana sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2012. Hasil penelitian menunjukkan kelima bangunan tersebut masih dalam kondisi yang sangat bagus, hasil perhitungan SAP2000 juga menunjukkan bangunan tersebut masih memiliki kekuatan yang cukup baik ketika dibebani beban gempa.

Kata kunci : Gempa bumi, Tsunami, Bangunan Penyelamat Tsunami

Indonesia merupakan Negara yang sering dilanda bencana gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh letak Indonesia yang berada di zona seismik. Asia Tenggara yang aktivitas seismiknya merupakan yang teraktif di dunia (Baeda : 2012). Pasca terjadinya bencana gempa bumi dan tsunami yang melanda Aceh pada tanggal 26 Desember 2004, Kecamatan Kuta Alam merupakan salah satu wilayah di Kota Banda Aceh yang mengalami kerusakan infrastruktur yang sangat berat. Kecamatan ini terdiri dari 11 desa, dimana hanya 2 diantaranya yang tidak terkena dampak tsunami; sedangkan yang lainnya mengalami kerusakan ringan hingga kerusakan berat.

Sebagai wilayah yang rawan bencana tsunami, sangat diperlukan perencanaan tata ruang wilayah yang berbasis mitigasi bencana, namun pada kenyataannya hal tersebut belum dapat terlaksana dengan baik, seperti belum terdapatnya bangunan penyelamat, berupa *escape building* untuk mengantisipasi bencana tsunami. Alternatif lainnya yang dapat dipergunakan sebagai bangunan penyelamat ketika terjadi tsunami yaitu bangunan publik berlantai dua, seperti sekolah ataupun perkantoran.

Menurut Soviana (2015), terdapat 45 bangunan di Kecamatan Kuta Alam yang dapat menjadi alternatif sebagai bangunan penyelamat ketika terjadinya tsunami. Bangunan tersebut berupa bangunan publik, yang terdiri dari 10 mesjid, 16 gedung sekolah, 17 gedung perkantoran, dan 2 puskesmas/ rumah sakit. Akan tetapi hal inipun belum menjamin keamanannya, karena dalam

pelaksanaannya kemungkinan bangunan tersebut tidak sesuai dengan yang direncanakan sehingga belum diketahui standar daya tahan bangunannya. Akibatnya bisa saja bangunan – bangunan yang diharapkan dapat menjadi bangunan penyelamat ketika terjadi tsunami, malah runtuh ketika gempa karena kekuatan tidak sesuai dengan yang disyaratkan.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Evaluasi Ketahanan Gempa Pada Bangunan Eksisting

Menurut Amir (2012), bangunan eksisting dapat dievaluasi kerentanannya terhadap gempa sebelum gempa terjadi dengan berpedoman pada *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) 154. Evaluasi sederhana yang dapat dilakukan berdasarkan FEMA 154 disebut dengan *Rapid Visual Screening* (RVS), yaitu pemeriksaan secara visual terhadap kondisi bangunan, mencakup struktural, non struktural, arsitektural, dan utilitas bangunan. Evaluasi ini dilakukan dengan cara mengisi formulir yang tersedia dan menghitung nilai skor yang mengidentifikasi tingkat kerentanan bangunan.

Berdasarkan hasil evaluasi inilah, suatu bangunan dapat dikategorikan beresiko atau tidak terhadap gempa. Apabila bangunan tersebut beresiko terhadap gempa, maka dilakukan evaluasi lebih lanjut, yaitu analisis struktur.

Menurut Winarsih (2010), kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan

stuktur bangunan; dan bersifat mendadak atau tanpa diawali dengan tanda peringatan yang jelas. Oleh karena itu, dalam perencanaannya harus dilakukan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada komponen struktur lainnya.

Untuk pemeriksaan kekuatan kolom pada struktur eksisting, dilakukan pemeriksaan *strength ratio* kolom, yang diperoleh dari nilai P-M-M *ratio* kolom yang dikeluarkan oleh program SAP2000. P-M-M *ratio* ini menunjukkan interaksi hubungan gaya aksial (P) dan momen (M) yang terjadi pada saat kegagalan terjadi yang ditampilkan dalam persamaan 1 di bawah ini. Apabila *ratio* untuksuatukolom sama atau lebih besar dari satu maka kolom tersebut memiliki defisiensi dalam kekuatan (kapasitas) untuk menahan beban kombinasi, sehingga kolom tersebut mengalami *overstress* (Sadero : 2011).

$$\frac{P}{P_{max}} + \frac{M}{M_{maks}} = 1 \quad (1)$$

Keterangan :

- P = Gaya aksial yang terjadi
- M = Momen lentur yang terjadi
- P_{Max} = Gaya aksial maksimum yang mampu ditahan oleh kolom
- M_{Max} = Momen lentur maksimum yang mampu ditahan oleh kolom

Ketentuan Umum Dalam Perencanaan Ketahanan Gempa Berdasarkan SNI 02-1726-2012

Sebelum mengevaluasi kinerja struktur akibat gempa, berdasarkan SNI 02-1726-2012 tahapan yang harus dilakukan adalah:

- Menentukan kategori risiko bangunan dan faktor keutamaannya.

- Tentukan parameter percepatan tanah (S_s dan S_1) sehingga didapat klasifikasi kelas situs.

Mengevaluasi kinerja struktur dengan menentukan perioda fundamental struktur, dan penentuan batasan simpangan antar lantai. Nilai tersebut didapat dari *output* SAP2000 dengan batasan – batasan nilai izin sesuai dengan SNI 03-1726-2012, sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$T = C_u \cdot T_a \quad (2)$$

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (3)$$

Keterangan :

- T_a = Perioda fundamental pendekatan;
- C_u = Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung;
- C_t = Nilai parameter periodapendekatan.

$$\delta x = \frac{C_d \cdot \delta x_e}{I_e} \quad (4)$$

Keterangan :

- δx = Defleksi pusat massa di tingkat x;
- C_d = faktor pembesaran defleksi;
- δx_e = Defleksi pada lokasi yang ditentukan

Tsunami dan Escape Building

Menurut Fauziah (2012), Tsunami merupakan salah satu efek dari gempa bumi yang dapat terjadi apabila pusat gempa terjadi di laut, sehingga gerakan air laut akan membentuk gelombang besar dan mempengaruhi daerah – daerah sekitarnya. Tsunami di Banda Aceh yang merupakan bencana susulan setelah terjadinya gempa bumi kuat pada tanggal 26 Desember 2004 yang lalu, diperkirakan datang sekitar 50 menit setelah terjadinya gempa bumi.

Suatu daerah diidentifikasi sebagai zona

evakuasi tsunami apabila daerah tersebut dapat dilakukan evakuasi baik secara horizontal maupun vertikal. Evakuasi horizontal menggunakan jaringan jalan yang sudah ada, dan mempertimbangkan kapasitas penduduk dan faktor pertumbuhan penduduk. Evakuasi vertikal dapat dilihat pada ketinggian genangan, dimana ketinggian genangan menentukan ketinggian aman untuk mengungsi (Sea Defense Consultant : 2007).

Untuk bangunan penyelamat tidak ada ketentuan struktural khusus, kecuali bangunan tersebut dapat dijangkau dalam 15 menit dengan berjalan kaki dengan 4 Km/jam dan berada dalam wilayah dengan radius 1 Km. Selain itu, ketinggian lantai minimum adalah 2 m (Fauziah : 2012).

Analisis Program SAP 2000

SAP (*Structural Analysis Program*) 2000 adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Computers and Structures, Inc*, yang menyediakan fitur dan modul terintegrasi yang cukup lengkap untuk perancangan struktur beton bertulang, maupun struktur baja (Dewobroto : 2008).

Tahapan yang dilakukan dalam menganalisis struktur adalah

- a. Permodelan Struktur
- b. Pemasukan Data

Data yang dimasukkan berupa data bangunan dan beban yang bekerja pada struktur. Beban yang ditinjau adalah beban tetap dan beban tidak tetap. Beban tetap merupakan gabungan berat sendiri bagian struktur dan beban hidup yang disyaratkan. Beban tidak tetap terdiri

dari beban angin atau gempa.

c. Analisis Struktur

Hasil analisis struktur yang didapatkan dari proses analisis struktur adalah gaya-gaya dalam (gaya aksial, gaya momen, dan gaya lintang), dan reaksi tumpuan dari masing-masing elemen struktur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada 5 (lima) bangunan publik, yang termasuk pada wilayah yang memiliki risiko akan bencana tsunami paling tinggi sampai sedang dan cocok dijadikan sebagai bangunan alternatif untuk evakuasi ketika bencana tsunami. Bangunan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam rangka mengevaluasi daya tahan bangunan, tahapan kegiatan yang dilakukan adalah :

1. Pengamatan secara visual (*visual check*), untuk melihat kerusakannya, khususnya retak – retak.
2. Pemeriksaan gambar yang ada untuk digunakan dalam mengevaluasi struktur pada ukuran dan kondisi eksisting yang ada, untuk mendapatkan gaya – gaya dalam berbagai kombinasi pembebanan.
3. Alat yang digunakan adalah komputer/ laptop yang telah dilengkapi dengan *software* analisis struktur dalam bentuk program SAP2000, dengan beban gempa rencana sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2012. Pada tahap kegiatan ini dilakukan analisis terhadap pelaksanaan. Apabila tidak bisa didapatkan dokumen gambar pelaksanaan (*as built drawing*) maka akan digunakan gambar

perencanaan (*shop drawing*).

4. Mengevaluasi kinerja struktur, seperti periode fundamental, gaya dasar seismik,

dan simpangan antar lantai yang dibatasi agar tidak terjadi pelelehan tulangan ataupun retak beton yang berlebihan.

Tabel 1. Objek Penelitian

No.	Desa	Nama Bangunan	Ket
1	Peunayong	SMPN 9 Banda Aceh	Memiliki risiko tsunami sedang dan dekat dengan permukiman penduduk
2	Laksana	SDN 36 Banda Aceh	Memiliki risiko tsunami sedang dan dekat dengan permukiman penduduk
3	Bandar Baru	Mesjid Ar-Rahman SD Kartika XVI-1 Banda Aceh	Memiliki risiko tsunami sedang dan dekat dengan permukiman penduduk
4	Keuramat	SMA Safiatuddin Banda Aceh	Memiliki risiko tsunami sedang dan dekat dengan permukiman penduduk
5	Lambaro Skep	SDN 45 Banda Aceh	Memiliki risiko tsunami tinggi dan dekat dengan permukiman penduduk

Perhitungan kapasitas elemen kolom dan balok yang dilakukan dengan menggunakan SAP2000, kapasitas tahanan komponen struktur ini dibandingkan dengan kuat perlu akibat kombinasi beban. Apabila kapasitas lebih besar dibandingkan dengan kuat perlu, maka dikatakan elemen struktur aman; sedangkan apabila kapasitas kecil dibandingkan dengan kuat perlu, maka dikatakan elemen struktur tidak aman.

Elemen struktur yang hasilnya dinyatakan tidak memenuhi persyaratan, akan diberikan rekomendasi untuk alternatif perkuatan/perbaikan agar bangunan tersebut dapat diteruskan penggunaannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gedung SMPN 9 Banda Aceh

Pasca kejadian tsunami 26 Desember 2004, gedung ini dibangun kembali dalam 3 tahap. Tahap pertama dibangun sekitar pada

tahun 2006 yang berupa ruang guru dan ruang kelas berlantai 2. Tahap selanjutnya dilaksanakan pada tahun 2010 dan 2011, juga pembangunan ruang kelas baru berlantai 2 dan secara keseluruhan bangunan ini mencakup :

- Luas Lantai 1 = 702 m²
- Luas Lantai 2 = 702 m²
- Tinggi Lantai 1 = 4 m
- Tinggi Lantai 2 = 3,7 m

2. Gedung SDN 36 Banda Aceh

Gedung ini merupakan suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan belajar-mengajar pada siswa SD. Pasca kejadian tsunami 26 Desember 2004, gedung ini diperbaharui oleh BRR, walaupun tidak mengalami kehancuran dan secara keseluruhan bangunan ini mencakup :

- Luas Lantai 1 = 324 m²
- Luas Lantai 2 = 372 m²
- Tinggi Lantai 1 = 4 m

- Tinggi Lantai 2 = 4 m

3. Mesjid Ar-Rahman SD Kartika XIV-1 Banda Aceh

Gedung ini merupakan suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat beribadah siswa-siswi SD dan juga penduduk setempat dan secara keseluruhan bangunan ini mencakup :

- Luas Lantai 1 = 162,4 m²
- Luas Lantai 2 = 107,2 m²
- Tinggi Lantai 1 = 4 m
- Tinggi Lantai 2 = 4 m

4. Gedung SMA Safiatuddin Banda Aceh

Gedung ini merupakan suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat proses belajar mengajar siswa-siswi SMA. Gedung ini sudah dibangun jauh sebelum terjadinya bencana tsunami dan tidak hancur ketika dilanda bencana tersebut. Gedung ini memiliki denah yang tidak simetris dengan bentuk 'U' dan secara keseluruhan bangunan ini mencakup :

- Luas Lantai 1 = 549 m²

- Luas Lantai 2 = 688,38 m²

- Tinggi Lantai 1 = 4 m
- Tinggi Lantai 2 = 4 m

5. Gedung SDN 45 Banda Aceh

Gedung ini merupakan suatu bangunan yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan belajar-mengajar pada siswa SD. Pasca kejadian tsunami 26 Desember 2004, gedung ini diperbaharui oleh Unicef pada tahun 2006 dan secara keseluruhan bangunan ini mencakup :

- Luas Lantai 1 = 295,2 m²
- Luas Lantai 2 = 295,2 m²
- Tinggi Lantai 1 = 4 m
- Tinggi Lantai 2 = 4 m

Hasil pengamatan visual dari kelima bangunan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Rangkuman hasil evaluasi kolom dan balok dari kelima bangunan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk bangunan yang tidak aman, dilakukan perbesaran dimensi atau perbesaran tulangan yang disarankan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Visual Dari Kelima Bangunan tersebut

No.	Elemen Bangunan	Hasil Pengamatan
1	Tampak Bangunan	Bangunan memperlihatkan tampak bangunan yang masih sempurna
2	Pasangan Dinding	Pasangan dinding pada lantai 1 dan 2 terlihat masih sangat sempurna walaupun ada cat yang sedikit terkelupas.
3	Penutup Lantai	Seluruh lantai tertutupi dengan keramik berwarna putih dengan kondisi yang masih terpasang sempurna
4	Komponen Struktur Bangunan :	Pengamatan dilakukan secara bertahap dari betonnya yang terekspos, berupa:
	a. Kolom	Kolom struktur pada lantai 1 dan 2 terlihat masih sangat sempurna dan tidak ada terlihat retak pada plesteran kolomnya.
	b. Balok Beton	Balok pada lantai 1 dan 2 terlihat masih sangat sempurna dan tidak ada terlihat retak pada plesteran baloknya.

Tabel 3. Rangkuman Hasil Perhitungan Evaluasi Balok dan Kolom

Nama Bangunan	Dimensi	Tul. Terpakai	Ket	
SMPN 9 Banda Aceh	B1	25/30	8 D 14	Aman
	B2	30/40	8 D 14	Aman
	B3	20/30	5 D 14	Aman
	RB	20/30	5 D 12	Aman
	K1	30/30	8 D 14	Aman
	K2	40/40	10 D 14	Aman
SDN 36 Banda Aceh	B1	25/30	8 D 14	Aman
	B2	30/40	7 D 14	Aman
	B3	30/30	10 D 14	Aman
	RB	40/40	7 D 14	Aman
	K1	30/30	8 D 14	Aman
	K2	40/40	10 D 14	Aman
Mesjid Ar-Rahman SD Kartika XIV-1 Banda Aceh	B1	20/25	4 D 14	Aman
	B2	30/40	10 D 16	Aman
	B3	30/50	9 D 14	Aman
	RB	20/30	6 D 12	Aman
	K1	30/30	8 D 14	Aman
	K2	40/40	10 D 14	Aman
SMA Safiatuddin Banda Aceh	B1	20/25	4 D 14	Aman
	B2	30/40	8 D 14	Aman
	B3	25/30	4 D 14	Aman
	RB	20/30	6 D 12	Aman
	K1	30/30	8 D 14	Tidak Aman
	K2	40/40	12 D 14	Tidak Aman
SDN 45 Banda Aceh	B1	25/40	6 D 14	Aman
	B2	30/040	9 D 14	Aman
	RB	20/30	4 D 14	Aman
	K1	30/30	8 D 14	Aman

Tabel 4. Kolom-kolom yang diberi saran untuk perkuatan

Letak	Lantai	Sebelum Diperbesar		Setelah Diperbesar	
		Ukuran Kolom	Tulangan terpakai	Ukuran Kolom	Tulangan yang disarankan
A-1	1	30/30	8 D 14	50/50	16 D 16
B-1	1	40/40	12 D 14	50/50	16 D 16
B-4	1	40/40	12 D 14	40/40	12 D 16
B-4	2	40/40	12 D 14	40/40	12 D 16
B-7	1	40/40	12 D 14	40/40	12 D 16
B-10	1	40/40	12 D 14	40/40	12 D 16
E-13	1	40/40	12 D 14	40/40	12 D 16
H-13	1	40/40	12 D 14	40/40	12 D 16

Untuk kinerja struktur, dilakukan perhitungan batasan perioda fundamental struktur, dan perhitungan batasan simpangan antar lantai yang terjadi akibat beban gempa yang bekerja pada bangunan tersebut. Hasil-hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel dan gambar 1 di bawah ini.

Dari hasil perhitungan analisis modal dan periode fundamental struktur, dapat dilihat

bahwa bangunan-bangunan tersebut memiliki nilai periode maksimum yang tidak melebihi dari nilai batasan T_{hitung} yang disyaratkan.

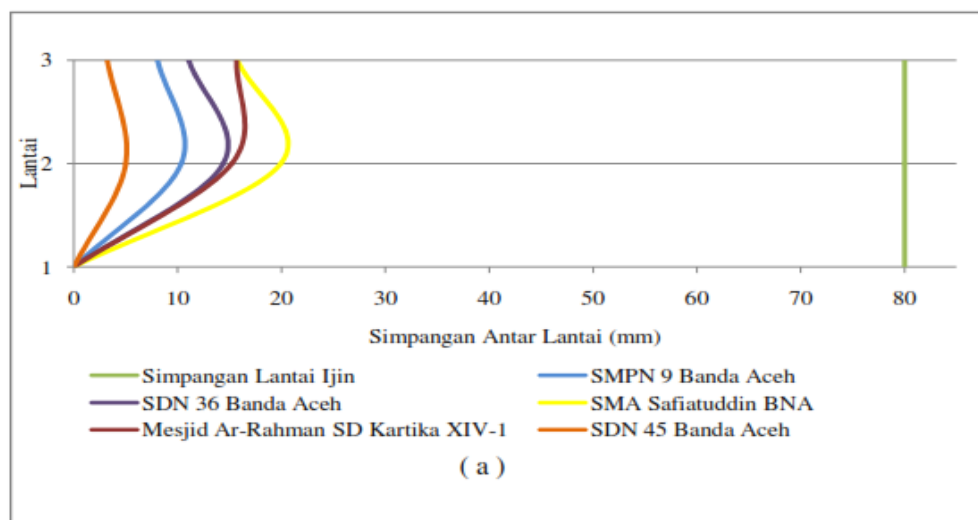
Perhitungan simpangan antar lantai yang terjadi akibat beban gempa yang terjadi pada bangunan-bangunan ini juga sudah memenuhi standar SNI 02-1726-2012.

Tabel 5. Partisipasi Massa Ragam Efektif Kelima Bangunan

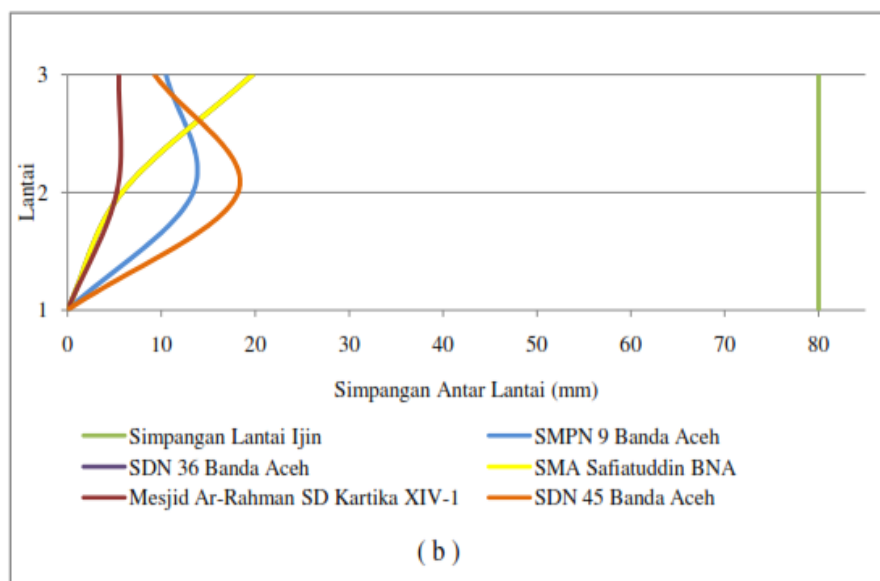
Nama Bangunan	OutputCase	ItemType	Item	Static	Dinamic	Ket
				%	%	
SMPN 9 Banda Aceh	MODAL	Acceleration	UX	99,50	96,69	OK
	MODAL	Acceleration	UY	99,74	98,65	OK
	MODAL	Acceleration	UZ	0,00	0,00	
SDN 36 Banda Aceh	MODAL	Acceleration	UX	99,03	95,07	OK
	MODAL	Acceleration	UY	99,25	96,31	OK
	MODAL	Acceleration	UZ	0,00	0,00	
SMA Safiatuddin Banda Aceh	MODAL	Acceleration	UX	99,41	96,97	OK
	MODAL	Acceleration	UY	99,42	96,98	OK
	MODAL	Acceleration	UZ	0,00	0,00	
Mesjid Ar-Rahman SD Kartika XIV-1 Banda Aceh	MODAL	Acceleration	UX	99,94	99,49	OK
	MODAL	Acceleration	UY	99,12	95,69	OK
	MODAL	Acceleration	UZ	0,00	0,00	
SDN 45 Banda Aceh	MODAL	Acceleration	UX	99,99	99,96	OK
	MODAL	Acceleration	UY	99,99	99,97	OK
	MODAL	Acceleration	UZ	0,00	0,00	

Tabel 6. Periode getar fundamental struktur

SMPN 9 Banda Aceh		SDN 36 Banda Aceh		SMA Safiatuddin Banda Aceh		Mesjid Ar-Rahman SD Kartika XIV-1 Banda Aceh		SDN 45 Banda Aceh	
Mode	Periode	Mode	Periode	Mode	Periode	Mode	Periode	Mode	Periode
1	0,2998	1	0,3142	1	0,3149	1	0,342	1	0,3138
2	0,2874	2	0,3009	2	0,3120	2	0,318	2	0,3127
3	0,2609	3	0,2908	3	0,2874	3	0,282	3	0,2800
4	0,1671	4	0,1941	4	0,2620	4	0,222	4	0,1464
5	0,1526	5	0,1750	5	0,2344	5	0,201	5	0,1453
6	0,1478	6	0,1577	6	0,2220	6	0,199	6	0,1419
7	0,1419	7	0,1574	7	0,2094	7	0,178	7	0,1335
8	0,1410	8	0,1549	8	0,2056	8	0,176	8	0,1324
9	0,1405	9	0,1548	9	0,2014	9	0,169	9	0,1302
10	0,1395	10	0,1479	10	0,1900	10	0,159	10	0,1182
11	0,1386	11	0,1422	11	0,1738	11	0,155	11	0,1151
12	0,1357	12	0,1415	12	0,1691	12	0,152	12	0,1101
T_{hitung}	0,4095	T_{hitung}	0,4239	T_{hitung}	0,4239	T_{hitung}	0,4239	T_{hitung}	0,4239



Gambar 1. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Untuk Kelima Bangunan Pada Arah x



Gambar 2. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Untuk Kelima Bangunan (b) Pada Arah y.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari berdasarkan penelitian di atas adalah :

1. Dari hasil pengamatan visual dari kelima bangunan tersebut terlihat bahwa bangunan-bangunan tersebut masih dalam kondisi yang sangat bagus.
2. Berdasarkan hasil perhitungan SAP2000, hasil evaluasi tulangan balok dan kolom eksisting bangunan-bangunan tersebut masih memiliki kekuatan yang cukup baik ketika dibebani beban gempa akibat gempa rencana sesuai dengan SNI 03-1726-2012.
3. Untuk SMA Safiatuddin Banda Aceh, perlu dilakukan pembesaran beberapa dimensi kolom. Hal ini disebabkan oleh bentuk bangunan yang tidak simetris, sehingga bangunan tersebut mengalami torsi.
4. Untuk kinerja struktur pada bangunan tersebut, seperti periode fundamental, dan simpangan antar lantai; bangunan-

bangunan ini memiliki nilai yang sesuai dengan yang disyaratkan oleh SNI 03-1726-2012.

Saran

Pada penelitian selanjutnya, hal yang dapat dilakukan untuk melengkapi penelitian ini adalah :

1. Runtuhnya bangunan gedung tidak hanya akibat gempa buminya saja, tetapi juga akibat tsunami, sehingga diperlukan perhitungan dengan menyertakan beban tsunami.
2. Mengganti dinding bangunan pada lantai 1 dengan bahan yang mudah hancur/ lepas jika dibebani dengan air tsunami agar beban terhadap keseluruhan bangunan menjadi kecil.
3. Melakukan pembesaran dimensi kolom pada SMA Safiatuddin agar bangunan tersebut lebih kuat ketika terjadi gempa.
4. Melakukan perhitungan untuk bangunan – bangunan lainnya yang juga berpotensi sebagai bangunan penyelamat tsunami sementara.

- Melakukan tinjauan lebih khusus terhadap aksesibilitas terhadap bangunan-bangunan tersebut, meliputi lebar jalan, jumlah penduduk, dsb.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Amir, F. 2012. Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Dengan *Rapid Visual Screening (RVS)* Berdasarkan FEMA 154. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Tadulako*. Vol. 2 No.1 Juni 2012.
- Baeda, A. Y., dan Husain, Firman. 2012. Kajian Potensi Tsunami Akibat Gempa Bumi Bawah Laut di Perairan Pulau Sulawesi. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Vol. 19 No. 1 April 2012.
- Dewobroto, W. 2008. *Aplikasi Rekayasa Konstruksi Dengan SAP 2000 Edisi Baru*. Jakarta : Gramedia.
- Fauziah, M. 2012. Studi Perancangan Bangunan Penyelamat Terhadap Gempa dan Tsunami di Aceh. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. *Skripsi*.
- Soviana, Widya. 2015. Analisis Kerentanan Bangunan Gedung dan Kesiapsiagaan Masyarakat Dalam Upaya Mitigasi Bencana Tsunami di Kecamatan Kuta Alam Banda Aceh. Program Pascasarjana Magister Ilmu Kebencanaan Universitas Syiah Kuala. *Tesis*.
- Winarsih, T. 2010. Asessmen Kekuatan Struktur Bangunan Gedung (Studi Kasus Bangunan UGD dan Administrasi RSUD Banyudono, Kabupaten Boyolali). Program Pascasarjana Magister Teknik Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Universitas Sebelas Maret. *Tesis*.
- Sadero, A. A. 2011. Evaluasi dan Perbaikan Struktur Bangunan Eksisting Dengan Metode Peningkatan Kinerja Elemen Mesin Untuk Memenuhi SNI 03-1726-2002 Dengan Studi Kasus Gedung X Jakarta. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. *Skripsi*.
- Sea Defense Consultant. 2007. *Pedoman Perencanaan Pengungsian Tsunami (Tsunami Refuge Planning)*. SDC-R-70022 : Banda Aceh
- SNI 03-1726-2012. *Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.