

Penilaian Kapasitas Struktur Bangunan Eksisting Sebagai Tempat Evakuasi Vertikal di Kecamatan Baitussalam

Chresky Nofelri Karundeng¹ Yunita Idris² Syamsidik³ Nora Abdullah⁴

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111 Email:

chreskykarundeng@gmail.com

Abstract

Baitussalam District, Aceh Besar is one of the areas affected by the 2004 tsunami. Mitigation efforts in this sub-district are still in the form of evacuation routes. Vertical evacuation sites are not yet available. So that the nearest vertical evacuation place is needed to anticipate a repeat disaster. Evacuation sites can be developed from existing buildings. So that the assessment of the structural capacity and function of the existing building as a vertical evacuation place can be considered, the purpose of this study is to assess the capacity of the existing building structure as a vertical evacuation place. The buildings being reviewed are Building A of the Public Health Foundation and the SMAN 1 Baitussalam Building. The method used is conducting a field assessment to obtain building data and then modeling it on SAP2000 v.22. From the modeling results in SAP2000 v.22 and the requirements for the height of the evacuation facility, these buildings do not meet the criteria for evacuation facilities, so it is necessary to add levels and change the cross section. The building that has been added to the level and changed the cross-sectional dimensions in SAP2000 v.22 is safe against earthquakes and tsunamis and can be considered in planning the development of vertical evacuation sites in this sub-district.

Keywords: vertical evacuation site, existing building, earthquake, tsunami

Abstrak

Kecamatan Baitussalam, Aceh Besar merupakan salah satu daerah terdampak bencana tsunami tahun 2004. Usaha mitigasi di Kecamatan ini masih berupa jalur-jalur evakuasi. Tempat evakuasi vertikal belum tersedia. Sehingga diperlukan tempat evakuasi vertikal terdekat untuk mengantisipasi bencana terulang kembali. Tempat evakuasi dapat dikembangkan dari bangunan eksisting. Sehingga penilaian kapasitas struktur dan fungsi bangunan eksisting sebagai tempat evakuasi vertikal dapat dipertimbangkan, maka tujuan penelitian ini adalah melakukan penilaian kapasitas struktur bangunan eksisting sebagai tempat evakuasi vertikal. Bangunan yang ditinjau yaitu Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam. Metode yang digunakan yaitu melakukan asesmen lapangan untuk mendapatkan data gedung kemudian dimodelkan pada SAP2000 v.22. Dari hasil pemodelan Pada SAP2000 v.22 dan persyaratan ketinggian fasilitas evakuasi, bangunan-bangunan ini belum memenuhi kriteria fasilitas tempat evakuasi sehingga perlu dilakukan penambahan tingkat dan perubahan penampang. Gedung yang telah ditambah tingkat dan diubah dimensi penampang pada SAP2000 v.22 aman terhadap gempa dan tsunami serta dapat menjadi pertimbangan dalam perencanaan pengembangan tempat evakuasi vertikal di Kecamatan ini.

Kata kunci: tempat evakuasi vertikal, gedung eksisting, gempa, tsunami

1. Pendahuluan

Aceh Besar merupakan salah satu daerah yang berada di Pulau Sumatera yang letaknya di antara lempeng Benua Eurasia dan lempeng Benua Indo-Australia[1]. Akibat aktivitas dari lempeng tektonik tersebut, menjadikan Aceh Besar sebagai daerah yang rawan terhadap bencana gempa bumi dan tsunami. Pada tahun 2004 tercatat telah terjadi gempa bumi dengan Magnitudo 9,1 Mw yang disusul gelombang tsunami terjadi di Provinsi Aceh. Kejadian tersebut menewaskan lebih dari 230.000 jiwa serta menjadikan bencana tersebut sebagai bencana paling mematikan dalam sejarah dan Aceh Besar sebagai salah satu daerah yang menerima dampak terparah [1].

Tingkat kesiapsiagaan terhadap bencana alam seperti gempa bumi dan tsunami harus dilakukan untuk mengantisipasi potensi bencana terulang

kembali. Daerah pesisir pantai seperti Kecamatan Baitussalam sebagai daerah yang sangat terdampak akibat tsunami tahun 2004. Usaha mitigasi di Kecamatan Baitussalam ini diupayakan dalam bentuk jalur – jalur evakuasi. Infrastruktur untuk evakuasi vertikal dan Tempat Evakuasi Sementara (TES) masih belum tersedia. Sedangkan jalur evakuasi yang aman berdasarkan peta evakuasi sangat jauh.

Sehingga penyediaan TES sangat dibutuhkan oleh masyarakat untuk mengantisipasi resiko dan bahaya tsunami. Karena penyelamatan diri secara vertikal ke tempat evakuasi sementara harus dilakukan jika waktu yang tersisa untuk melakukan penyelamatan diri sangat pendek, apalagi berada di dekat pantai dengan kondisi infrastruktur yang terbatas.

Berdasarkan data genangan tsunami dan tiang tsunami terlihat genangan di daerah ini antara 3,5 - 5,5

meter[2]. Beberapa gedung eksisting berlantai 2 yang berpotensi dikembangkan sebagai TES akan dianalisis pada penelitian ini. Bangunan ini berada di Desa Kajhu dan Desa Klieng Cot Aron Kecamatan Baitussalam Kabupaten Aceh besar. Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam menjadi gedung eksisting yang akan dinilai feasibilitasnya sebagai tempat evakuasi vertikal.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melihat kelayakan struktur gedung bertingkat sebagai tempat evakuasi vertikal dan sebagai suatu bentuk penilaian gedung eksisting yang diperlukan sebagai pertimbangan dalam perencanaan pengembangan gedung sebagai tempat evakuasi vertikal di Kecamatan Baitussalam.

2. Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di daerah pesisir pantai. Gedung eksisting yang menjadi objek pada pada penelitian ini yaitu Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam. Gedung ini akan dinilai kapasitas strukturnya sebagai tempat evakuasi vertikal yang aman terhadap gempa dan tsunami serta memenuhi standar peraturan dan persyaratan dalam [3], [4], [5] dan [6]. Jenis data dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil asesmen lapangan dan *as built drawing* yang didapatkan dari pengelola bangunan dan data sekunder berupa data gempa berdasarkan koordinat gedung yang diperoleh dari *website* <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> dan data ketinggian genangan air tsunami dari penelitian [2]. Data-data yang diperoleh menjadi acuan dalam pemodelan struktur gedung eksisting yang akan dikembangkan sebagai tempat evakuasi vertikal. Struktur gedung yang dimodelkan pada *software* perhitungan struktur SAP2000 v.22 berupa rangka ruang (*space frame*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pemodelan *grid* bangunan
2. *Input* mutu bahan
3. Pemodelan elemen struktur bangunan
4. Menentukan tipe tumpuan (*restraint*)

Pembebanan gedung berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban tsunami. Kemudian dilakukan analisis pembebanan terhadap gempa berdasarkan [4] dan tsunami berdasarkan [6]. pengecekan kapasitas struktur pada bangunan ini dilakukan pada SAP2000 v.22 analisis terhadap gaya geser dasar, *displacement* dan simpangan antar lantai terhadap gempa dan tsunami mengacu pada ketentuan batasan izin menurut [4].

3. Hasil dan pembahasan

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini berupa data teknis bangunan yang didapatkan dari hasil

asesmen lapangan, hasil perhitungan beban gempa dan beban tsunami terhadap bangunan yang akan dinilai kapasitas strukturnya sebagai tempat evakuasi vertikal dalam pemodelan SAP2000 v.22.

3.1 Teknis Gedung Eksisting

3.1.1 Hasil asesmen lapangan

a. Gedung SD 1 Lambada Klieng

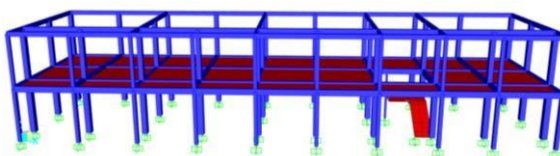
Asesmen lapangan pada gedung ini menggunakan meteran dan *hammer test*. Hasil asesmen didapatkan dimensi elemen struktur bangunan ini dan mutu beton pada bangunan ini didapatkan dari pengujian menggunakan *hammer test* dan dikuatkan dengan data-data bangunan dan *as built drawing* yang diperoleh dari pengelola gedung ini. Bangunan ini memiliki 2 lantai dengan ketinggian masing-masing lantai 3,5 meter. Kolom pada bangunan eksisting ini seragam dengan dimensi 55 cm x 55 cm pada lantai 1 dan lantai 2 gedung. Mutu betony aitu 20,75 Mpa atau K 250 kg/cm². Memiliki panjang 40 meter dan lebar 16 meter. Bangunan ini dibangun pada tahun 2008. Pemodelan Kondisi eksisting gedung dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat Eksisting

b. Gedung SMAN 1 Baitussalam

Asesmen lapangan pada gedung ini menggunakan meteran dan *hammer test*. Hasil asesmen didapatkan dimensi elemen struktur bangunan ini dan mutu beton pada bangunan ini didapatkan dari pengujian menggunakan *hammer test* dan dikuatkan dengan data-data bangunan dan *as built drawing* yang diperoleh dari pengelola gedung ini. Bangunan ini memiliki 2 lantai dengan ketinggian masing-masing lantai 3,7 meter. Kolom pada lantai 1 bangunan eksisting ini berukuran 40 cm x 40 cm dan 25 cm x 25 cm. pada lantai 2 dimensi kolom yangdigunakan yaitu 35 cm x 35 cm dan 25 cm x 15 cm. Mutu beton yang digunakan yaitu 18,68 Mpa atau K 225 kg/cm². Memiliki panjang 40 meter dan lebar 10 meter. Bangunan ini dibangun pada tahun 2006. Pemodelan Kondisi eksisting gedung SMAN 1 Baitussalam dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Gedung SMAN 1 Baitussalam Eksisting

3.1.2 Analisis kapasitas gedung

1. Tinggi tsunami

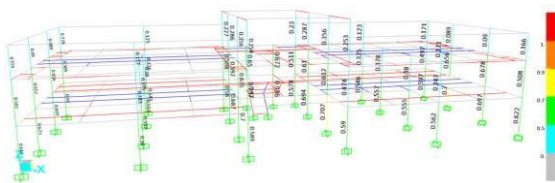
Berdasarkan rumus ketinggian fasilitas tempat evakuasi tsunami gedung eksisting tidak memenuhi persyaratan ketinggian sehingga dalam penelitian ini perlu untuk mengetahui syarat ketinggian fasilitas tempat evakuasi dan berapa rekomendasi ketinggian gedung yang akan ditambahkan dengan mempertimbangkan faktor kegunaan gedung.

Tabel 1. Ketinggian Bangunan Evakuasi

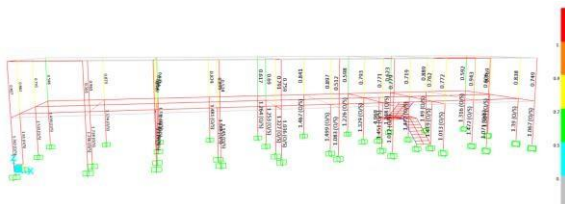
Bangunan	T	Rekomendasi
	m	m
Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat	8,28	10,5
Gedung SMAN 1 Baitussalam	7,55	10,9

2. Analisis gempa dan tsunami

Hasil analisis kondisi eksisting Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam terhadap beban gempa dan beban tsunami pada SAP2000 v.22 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Hasil pengecekan struktur Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat pada SAP 2000 v.22



Gambar 4. Hasil pengecekan struktur Gedung SMAN 1 Baitussalam pada SAP2000 v.22

Dari Gambar 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat aman terhadap gempa dan tsunami tetapi belum memenuhi kriteria ketinggian fasilitas tempat evakuasi sedangkan pada Gedung SMAN 1 Bitussalam tidak aman terhadap gempa dan tsunami serta tidak memenuhi persyaratan ketinggian gedung evakuasi.

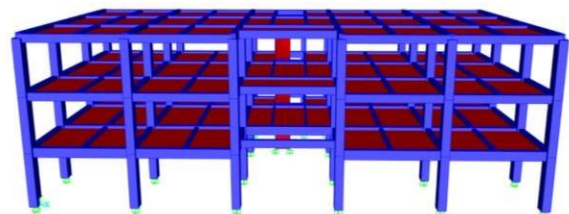
3. Daya tampung gedung

Daya tampung per meter persegi menurut [3] yaitu dalam kondisi nyaman 1 orang dan 2 orang dalam kondisi berdiri. pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat yaitu maksimal 1280 orang dan pada Gedung SMAN 1 Baitussalam maksimal 800 orang. Tempat evakuasi yang akan direkomendasikan pada bagian atap bangunan yang akan dikembangkan

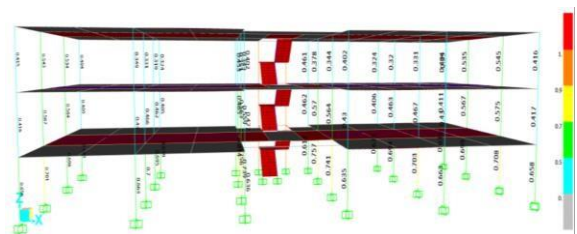
sebagai atap plat beton untuk tempat evakuasi. Jarak yang dapat dijangkau gedung evakuasi ini sampai radius 2200 meter jika waktu evakuasi yang tersisa sebesar 22 menit [7].

3.2 Desain gedung penambahan tingkat

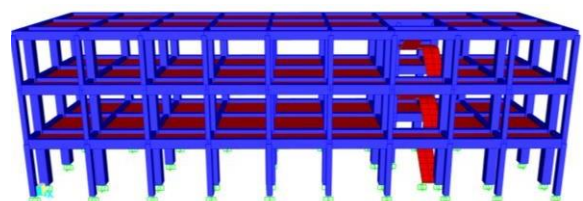
Berdasarkan persyaratan ketinggian fasilitas tempat evakuasi vertikal yang aman. Maka bangunan eksisting harus ditambah tingkat dengan memperhatikan kekuatan penampang balok dan kolom. Untuk Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dilakukan perkuatan dimensi penampang kolom dari 55 cm x 55 cm menjadi 70 cm x 70 cm dan dilakukan perkuatan pada balok gedung tersebut, walaupun dapat dilihat pada Gambar 3 gedung tersebut aman tetapi belum memenuhi kriteria ketinggian fasilitas tempat evakuasi sehingga pada saat ditambah menjadi 3 lantai struktur gedung tersebut menjadi tidak aman sehingga perlu perkuatan dimensi penampang bangunan tersebut. Pada Gedung SMAN 1 Baitussalam terlihat pada Gambar 4 struktur bangunan gedung ini tidak aman sehingga dilakukan perubahan dimensi kolom 40 cm x 40 cm menjadi 70 cm x 70 cm, dimensi 35 cm x 35 cm menjadi 60 cm x 60 cm, 25 cm x 15 cm menjadi 40 cm x 40 cm dan 25 cm x 15 cm menjadi 35 cm x 35 cm. Pemodelan dan pengecekan struktur gedung yang telah ditambah lantai dan diubah dimensi penampang pada SAP2000 v.22 dapat dilihat pada Gambar 5 sampai Gambar 8.



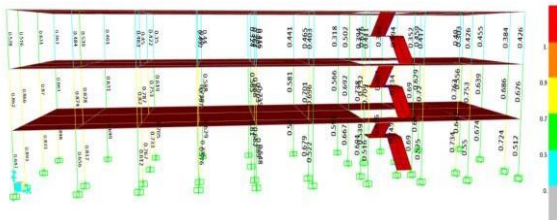
Gambar 5. Pemodelan Penambahan Tingkat Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat



Gambar 6. Hasil pengecekan struktur Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat yang Telah Ditambah Tingkat pada SAP 2000 v.22



Gambar 7. Pemodelan Penambahan Tingkat Gedung SMAN 1 Baitussalam



Gambar 8. Hasil pengecekan struktur Gedung SMAN 1 Baitussalam yang Telah Ditambah Tingkat pada SAP 2000 v.22

3.3 Hasil analisis bangunan

3.3.1 Analisis jumlah ragam

Tabel 2. Modal load participation ratios

Building	Static	Dynamic
	Percent	Percent
Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat	99,9954	99,5709
Gedung SMAN 1 Baitussalam	99,9999	99,7521
Gedung SMAN 1 Baitussalam	99,9883	99,4188
Baitussalam	99,9948	99,5384

Dari hasil analisis jumlah ragam dapat dilihat *Dynamic Percent* arah x dan arah y pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam memenuhi persyaratan [4].

3.3.2 Periode fundamental alami

Tabel 3. Modal periods and frequencies

Building	StepNum	Period
	Unitless	Sec
Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat	1	0,447993
Gedung SMAN 1 Baitussalam	2	0,357749

Hasil dari *modal periods and frequencies* dari SAP2000 v.22, periode getar alami pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat sebesar 0,447993 detik dan periode getar alami pada Gedung SMAN 1 Baitussalam sebesar 0,357749 detik. Berdasarkan SNI 1726:2019 hasil periode alami gedung dari SAP2000 v.22 sudah memenuhi persyaratan [4] dengan batas periode untuk Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat lebih kecil dari 0,54 detik dan Gedung SMAN 1 Baitussalam sebesar 0,56 detik.

3.3.3 Gaya geser dasar

1. Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat

Berdasarkan [4], gaya geser dasar seismik yang ditinjau dari pengskalaan simpangan yaitu 2076,66 kN. Untuk perhitungan Gaya geser dasar dari hasil pemodelan SAP2000 v.22 dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Gaya Geser Dasar Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat

Gaya geser dasar	Dinamik (V _t)	Statik (V)
	kN	kN
Arah x	2846,995	2890,831
Arah y	2973,038	2890,831

Berdasarkan Tabel 4. Gaya geser dasar yang ditinjau arah x dan arah y sudah memenuhi persyaratan [4] pasal 7.9.1.4 dengan syarat gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis dinamik/respon spektrum lebih besar dari 100% dari nilai statik ekuivalen dan nilai hasil analisis dinamik/respon spektrum tidak kurang nilai pengskalaan simpangan.

2. Gedung SMAN 1 Baitussalam

Berdasarkan [4] geser dasar seismik yang ditinjau dari pengskalaan simpangan yaitu 1983,16 kN. Gaya geser dasar dari hasil pemodelan SAP2000 v.22 dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 5. Gaya Geser Dasar Gedung SMAN 1 Baitussalam

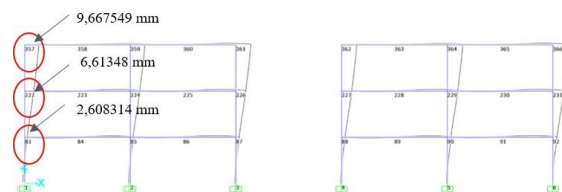
Gaya geser dasar	Dinamik (V _t)	Statik (V)
	kN	kN
Arah x	2837,961	3025,726
Arah y	2912,149	3025,726

Berdasarkan Tabel 5. Gaya geser dasar yang ditinjau arah x dan arah y pada Gedung SMAN 1 Baitussalam memenuhi [4].

3.3.4 Displacement dan simpangan antar lantai akibat beban gempa arah x dan arah y pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat

Tabel 6. Displacement (δx) dan simpangan antar lantai arah x (Δx) akibat gempa

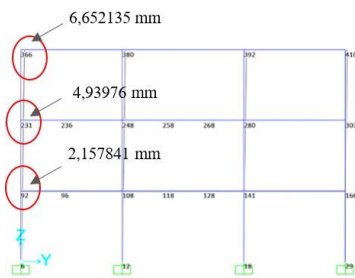
Lantai	Hsx	δx	Δx	Δa(izin)	Ket.
	mm	mm	mm	mm	
atap	3500	9,66	11,19	52,5	ok
3	3500	6,61	14,68	52,5	ok
2	3500	2,60	9,56	52,5	ok
1	0	0	0	0	ok



Gambar 9. Displacement terbesar arah x (δx) akibat gempa

Tabel 7. Displacement (δy) dan simpangan antar lantai arah y (Δy) akibat gempa

Lantai	Hsx mm	δy mm	Δy mm	Δa (izin) mm	Ket
atap	3500	6,65	6,27	52,5	ok
3	3500	4,93	10,20	52,5	ok
2	3500	2,15	7,91	52,5	ok
1	0	0	0	0	ok

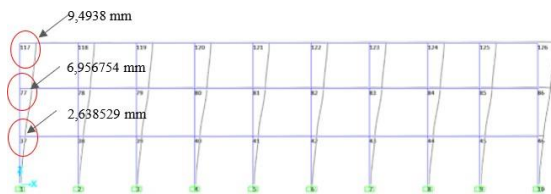


Gambar 10. Displacement terbesar arah y (δy) akibat gempa

3.3.5 Displacement dan simpangan antar lantai akibat beban gempa arah x dan arah y pada Gedung SMAN 1 Baitussalam

Tabel 8. Displacement (δx) dan simpangan antar lantai arah x (Δx) akibat gempa

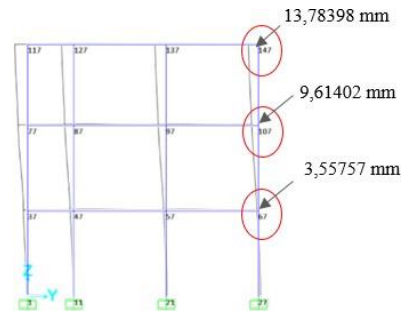
Lantai	Hsx mm	δx mm	Δx mm	Δa (izin) mm	Ket.
atap	3500	9,49	9,30	52,5	ok
3	3700	6,95	15,83	55,5	ok
2	3700	2,63	9,67	55,5	ok
1	0	0	0	0	ok



Gambar 11. Displacement terbesar arah x (δx) akibat gempa

Tabel 9. Displacement (δy) dan simpangan antar lantai arah y (Δy) akibat gempa

Lantai	Hsx mm	δy mm	Δy mm	Δa (izin) mm	Ket.
atap	3500	13,78	14,78	52,5	ok
3	3700	9,75	22,54	55,5	ok
2	3700	3,60	13,20	55,5	ok
1	0	0	0	0	ok



Gambar 12. Displacement terbesar arah y (δy) akibat gempa

3.3.6 Displacement dan simpangan antar lantai akibat beban tsunami arah x dan arah y pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat

Tabel 10. Displacement (δx) dan simpangan antar lantai arah x (Δx) akibat beban tsunami

Lantai	Hsx mm	δx mm	Δx mm	Δa (izin) mm	Ket.
atap	3500	4,68	1,13	52,5	ok
3	3500	4,37	3,98	52,5	ok
2	3500	3,28	12,04	52,5	ok
1	0	0	0	0	ok

Tabel 11. Displacement (δy) dan simpangan antar lantai arah y (Δy) akibat beban tsunami

Lantai	Hsx (mm)	δy mm	Δy mm	Δa (izin) mm	Ket.
atap	3500	0,10	-0,28	52,5	ok
3	3500	0,17	-0,13	52,5	ok
2	3500	0,21	0,78	52,5	ok
1	0	0	0	0	ok

3.3.7 Displacement dan simpangan antar lantai akibat beban tsunami arah x dan arah y pada Gedung SMAN 1 Baitussalam

Tabel 12. Displacement (δx) dan simpangan antar lantai arah x (Δx) akibat tsunami

Lantai	Hsx mm	δx mm	Δx mm	Δa (izin) mm	Ket
atap	3500	3,11	-3,04	52,5	ok
3	3700	3,94	-0,33	55,5	ok
2	3700	4,03	14,78	55,5	ok
1	0	0	0	0	ok

Tabel 13. Displacement (δy) dan simpangan antar lantai arah y (Δy) akibat tsunami

Lantai	Hsx mm	δy mm	Δy mm	$\Delta a(\text{izin})$ mm	Ket.
atap	3500	0,55	0,04	52,5	ok
3	3700	0,54	0,41	55,5	ok
2	3700	0,42	1,58	55,5	ok
1	0	0	0	0	ok

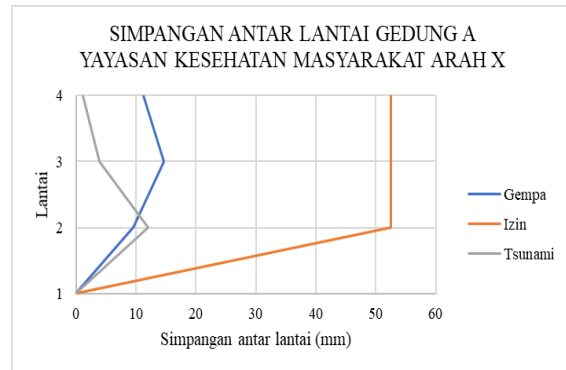
4. Pembahasan

4.1 Hasil analisis gedung eksisting

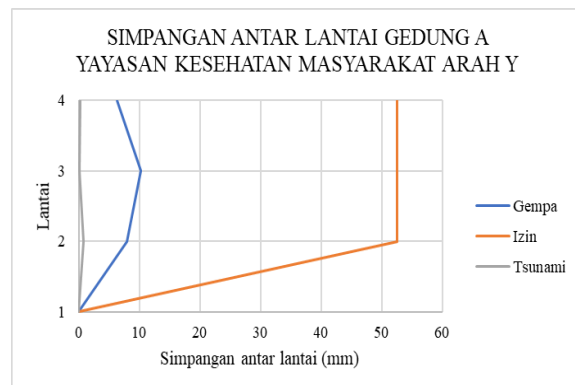
Berdasarkan gedung eksisting yang ditinjau sebagai tempat evakuasi vertikal di Kecamatan Baitussalam. Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat aman terhadap beban gempa dan beban tsunami pada pengecekan struktur pada pemodelan SAP2000 v.22 tetapi dari persyaratan ketinggian fasilitas tempat evakuasi belum memenuhi persyaratan, sedangkan pada Gedung SMAN 1 Baitussalam dari hasil pemodelan eksisting tidak aman terhadap gempa dan tsunami serta ketinggian gedung belum memenuhi persyaratan ketinggian fasilitas tempat evakuasi. Sehingga pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dicoba dilakukan pemodelan dengan penambahan tingkat tanpa melakukan perubahan dimensi strukturnya namun setelah ditambahkan satu lantai lagi sesuai dengan syarat ketinggian fasilitas tempat evakuasi, hasil pengecekan struktur pada SAP2000 v.22 menunjukkan bangunan tersebut tidak aman sehingga perlu dilakukan perubahan dimensi penampang balok dan kolom dengan tetap menggunakan mutu material sesuai dengan mutu material bangunan eksisting. Untuk Gedung SMAN 1 Baitussalam harus dilakukan penambahan tingkat satu lantai lagi berdasarkan persyaratan ketinggian fasilitas tempat evakuasi dan perubahan dimensi penampang yang aman.

4.2 Hasil analisis desain gedung dengan penambahan tingkat

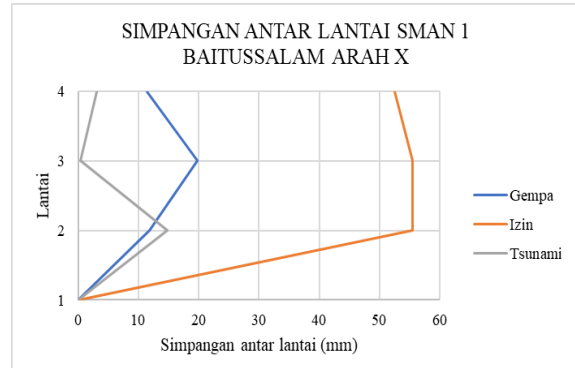
Dari hasil analisis Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam yang telah ditambah tingkat dan diubah dimensi penampang pada SAP2000 v.22 aman terhadap gempa dan tsunami pada pengecekan struktur dalam SAP2000 v.22. *modal load participation ratios* pada gedung ini memenuhi persyaratan [4] karena sudah mendekati 100%. Hasil dari *modal periods and frequencies* pada SAP2000 v.22 tidak melebihi batas periode getar alami yang dihitung. Gaya geser dasar pada gedung yang telah dikembangkan ini memenuhi persyaratan [4]. Berdasarkan analisis simpangan antar lantai pada Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam memenuhi persyaratan [4] karena tidak melebihi simpangan antar lantai yang diizinkan dalam [4] seperti yang dapat dilihat pada Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16.



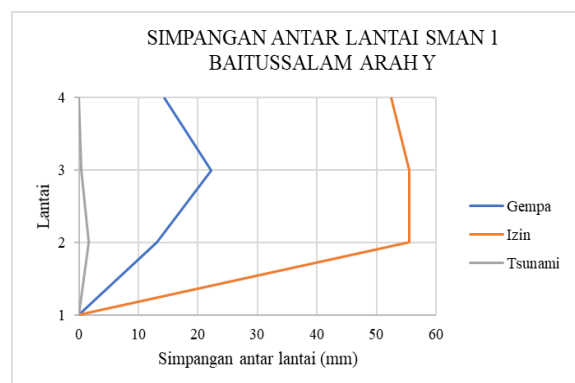
Gambar 13. Grafik simpangan antar lantai arah x Gedung A Yayasan Kesehatan masyarakat



Gambar 14. Grafik simpangan antar lantai arah y Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat



Gambar 15. Grafik simpangan antar lantai arah x Gedung SMAN 1 Baitussalam



Gambar 16. Grafik simpangan antar lantai arah y Gedung SMAN 1 Baitussalam

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan analisis data dapat disimpulkan bahwa kondisi eksisting Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam harus ditambahkan satu lantai dengan atapnya berupa plat atap beton untuk tempat orang berkumpul orang melakukan evakuasi vertikal pada saat terjadinya tsunami dan perlu dilakukan desain perkuatan dimensi penampang balok dan kolom yang aman jika terjadi gempa dan tsunami. Gedung yang ditambah lantai dan dilakukan perubahan dimensi penampang dari hasil pengecekan struktur pada SAP2000 v.22 aman terhadap beban gempa dan tsunami. Gedung yang telah ditambah lantai dan dilakukan perubahan dimensi penampang berdasarkan analisis terhadap gaya geser dasar, *Displacement* akibat gempa dan tsunami, simpangan antar lantai akibat gempa dan tsunami memenuhi persyaratan [4] dan secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam yang telah ditambah lantai dan diubah dimensi penampang dalam pemodelan SAP2000 v.22 memiliki struktur yang tahan terhadap gempa dan tsunami serta memenuhi persyaratan dalam [4].

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode gempa lain seperti analisis *push over* atau *time history* untuk menganalisis gempa, membuat pemodelan tsunami lainnya terhadap Gedung A Yayasan Kesehatan Masyarakat dan Gedung SMAN 1 Baitussalam dan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penilaian bangunan eksisting di Kecamatan lain yang memiliki potensi untuk dinilai ataupun dievaluasi sebagai tempat evakuasi vertikal dengan dengan memperhitungkan beban gempa dan tsunami mengingat Provinsi Aceh merupakan daerah yang rawan terhadap gempa dan tsunami.

6. Daftar pustaka

- [1] Syamsidik, A. Nugroho, R. S. Oktari, dan M. Fahmi, *Aceh pasca lima belas tahun Tsunami: kilas balik dan proses pemulihan*. Banda Aceh: Tsunami and Disaster Mitigation Research Center (TDMRC) Universitas Syiah Kuala, 2019.
- [2] H. Iemura, M. H. Pradono, M. Sugimoto, Y. Takahashi, dan A. Husen, "Tsunami Height Memorial Poles in Banda Aceh and Recommendations for Disaster Prevention," hal. 1605–1616, 2012.
- [3] BNPB (2013), H. P. Rahayu, dan J. Anita, *Pedoman Teknik 2: Perencanaan Tempat Evakuasi Sementara (Tes) Tsunami*. 2013.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. SNI 1726:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2019.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia*. SNI 2847:2019. Jakarta, 2019.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, *Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. SNI 1727:2020. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2020.
- [7] H. Yuzal, K. Kim, P. Pant, dan E. Yamashita, "Tsunami evacuation buildings and evacuation planning in Banda Aceh, Indonesia," *J. Emerg. Manag.*, vol. 15, no. 1, hal. 49–61, 2017, doi: 10.5055/jem.2017.0312.
- [8] W. Dewobroto dan U. P. Harapan, "Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000," no. April 2013, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <http://lumina-press.com>.
- [9] M. Ishii, P. M. Shearer, H. Houston, dan J. E. Vidale, "Extent, duration and speed of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake imaged by the Hi-Net array," *Nature*, vol. 435, no. 7044, hal. 933–936, 2005.
- [10] E. L. Geist, V. V. Titov, D. Arcas, F. F. Pollitz, dan S. L. Bilek, "Implications of the 26 December 2004 Sumatra-Andaman earthquake on tsunami forecast and assessment models for great subduction-zone earthquakes," *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 97, no. 1 A SUPPL., 2007.
- [11] M. Saatcioglu, "performance of structures during the 2004 indian ocean tsunami and tsunami induced forces for structural design," 2009.
- [12] A. Fasya, *Identifikasi Ketahanan Struktur Gedung Evakuasi Di Ulee Lheue terhadap Beban Tsunami*. Banda Aceh: Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, 2019.
- [13] E. F. Ratu, *Desain struktur gedung evakuasi vertikal untuk mitigasi tsunami*. Semarang: Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang, 2015.
- [14] USGS, "'Tsunami Generation from the 2004 M=9.1 Sumatra-Andaman Earthquake,'" 2008, [Daring]. Tersedia pada: https://www.usgs.gov/centers/pcmsc/science/tsunami-generation-2004-m91-sumatra-andaman-earthquake?qt-science_center_objects=0.