

## PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS BETON BERTULANG MASJID ALUE BILIE MENGGUNAKAN PROGRAM SAP2000

### *STRUCTURAL REDESIGN OF REINFORCED CONCRETE ALUE BILIE MOSQUE USING SAP2000 PROGRAM*

Miftahush Sholihin<sup>1)</sup>, Meylis Safriani<sup>2)</sup> astiahamir<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Jl. Alue Peunyareng, Meulaboh, Aceh Barat

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Jl. Alue Peunyareng, Meulaboh, Aceh Barat

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Jl. Alue Peunyareng, Meulaboh, Aceh Barat

email: [miftahush99@gmail.com](mailto:miftahush99@gmail.com) <sup>1)</sup>, [meylissafriani@utu.ac.id](mailto:meylissafriani@utu.ac.id) <sup>2)</sup>, [astiahamir@utu.ac.id](mailto:astiahamir@utu.ac.id) <sup>2)</sup>

#### Abstrak

Proyek pembangunan masjid Alue Bilie merupakan proyek program pemerintah Kabupaten Nagan Raya yang di fungsikan untuk tempat ibadah bagi umat agama Islam yang berada di Kecamatan Darul Makmur. Konstruksi bangunan masjid ini berada pada zona gempa 5 dan 6 yaitu wilayah dengan tingkat gempa yang tinggi. Maka dari itu, struktur bangunan yang berada di diwilayah rawan gempa ini harus dihitung dan direncanakan dengan baik sehingga diharapkan dapat memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan bangunan. Pada penelitian ini struktur tulangan beton masjid Alue Bilie direncanakan ulang sesuai dengan kategori desain seismik yang mengacu pada SNI 1726:2019 dengan menggunakan metode beban gempa statik equivalen. tujuannya yaitu bagaimana menganalisis beban-beban yang bekerja pada struktur (beban mati, hidup dan gempa) sehingga menghasilkan elemen struktur (balok, kolom dan pelat) yang memenuhi faktor keamanan serta untuk mengetahui apa perbedaan desain penulangan yang dianalisis dengan penulangan yang digunakan dilapangan. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa beban yang bekerja pada elemen struktur secara dimensi dapat dinyatakan aman sesuai dengan standar SNI dengan perhitungan menggunakan *software* SAP 2000 berada di rentang oranye, kuning dan hijau, artinya tidak ada struktur yang mengalami *overstress*. Akan tetapi hasil analisis desain penulangan pada saat melakukan penelitian terdapat pemborosan dan kekurangan elemen struktur dimana luasan tulangan pokok yang dibutuhkan melalui analisis dengan yang digunakan di lapangan pada elemen struktur balok terjadi pemborosan sebesar 3,8%, pada elemen struktur kolom terjadi kekurangan sebesar 15,31% dan kekurangan sebesar 1,57% pada pelat lantai.

**Kata kunci:** Gempa static equivalen, SAP 2000, Penulangan.

#### Abstract

The Alue Bilie mosque construction project is a government program project for the Nagan Raya Regency which is functioned as a place of worship for Muslims in Darul Makmur District. The construction of this mosque is located in earthquake zones 5 and 6, namely areas with high earthquake levels. Therefore, building structures located in earthquake-prone areas must be calculated and planned properly so that they are expected to meet the safety and comfort requirements of the building. In this study, the concrete reinforcement structure of the Alue Bilie mosque was re-planned according to the seismic design category referring to SNI 1726:2019 using the equivalent static earthquake load method. the goal is how to analyze the loads acting

on the structure (dead, live and earthquake loads) so as to produce structural elements (beams, columns and plates) that meet the safety factor and to find out what the differences in the design of the reinforcement analyzed are from the reinforcement used in the field. Based on the research conducted, it can be concluded that the load acting on the structural elements dimensionally can be declared safe according to the SNI standard with calculations using the SAP 2000 software in the orange, yellow and green ranges, meaning that there is no overstressed structure. However, the results of the analysis of the reinforcement design at the time of conducting the research there was a waste and a shortage of structural elements where the area of the main reinforcement required through analysis with that used in the field on beam structural elements was 3.8% wasted, on column structural elements there was a shortage of 15, 31% and a shortage of 1.57% on the floor slab.

*Keywords: Static equivalent earthquake, SAP 2000, reinforcement.*

## 1. Latar Belakang

Masjid merupakan tempat ibadah bagi umat agama Islam. Di Indonesia, bangunan masjid tersebar di hampir seluruh wilayah nusantara dengan bentuk arsitektur dan luasan bangunan yang beragam. Seiring dengan berkembangnya kompleks perumahan dan pengembangan wilayah di suatu daerah, maka berkembang pula jumlah masjid yang dibangun. Selain itu perkembangan dan pertumbuhan penduduk juga berpengaruh terhadap perkembangan masjid. Dengan perkembangan dan pertumbuhan penduduk tersebut maka diperlukan pula pembangunan masjid yang sesuai dengan kapasitas rata-rata jumlah penduduk yang akan menggunakan tempat ibadah tersebut. (Hartono and Endra Nasution, 2020)

Proyek pembangunan masjid Alue Bilie merupakan proyek program pemerintah Kabupaten Nagan Raya yang di fungsikan untuk tempat ibadah bagi umat agama Islam yang berada di Kecamatan Darul Makmur, Provinsi Aceh. Dimana Provinsi Aceh ini menurut peta wilayah gempa Indonesia adalah salah satu wilayah yang termasuk jalur cincin api pasifik yang terbentuk dari subduksi antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Hal ini menunjukkan bahwa daerah yang dilalui jalur cincin api pasifik akan sering terjadi gempa bumi. Maka dari itu, struktur bangunan yang berada di diwilayah rawan gempa ini harus dihitung dan direncanakan dengan baik sehingga diharapkan dapat memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan bangunan.

Pada penelitian ini struktur tulangan beton masjid Alue Bilie akan direncanakan ulang sesuai dengan kategori desain seismik yang mengacu pada SNI 1726:2019 dengan menggunakan metode beban gempa statik ekuivalen.(Badan Standardisasi Nasional, 2019b) Berdasarkan penelitian yang akan ditinjau, maka rumusan masalah dan tujuannya yaitu bagaimana menganalisis beban-beban yang bekerja pada struktur (beban mati, hidup dan gempa) sehingga menghasilkan elemen struktur (balok, kolom dan pelat) yang memenuhi faktor keamanan serta untuk mengetahui apa perbedaan desain penulangan yang dianalisis dengan penulangan yang digunakan dilapangan.

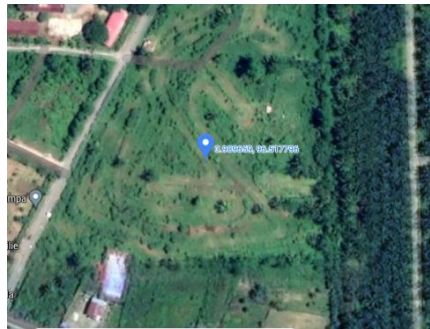
## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gempa statik ekuivalen dimana analisis strukturnya menggunakan bantuan *software* SAP2000. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 3 bulan.

Adapun hasil dari penelitian terdahulu yang menyimpulkan bahwa perhitungan pembebanan gempa dengan menggunakan metode statik ekuivalen menunjukkan lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan metode analisis respons spektrum dikarenakan didalam penelitian ini ketinggian total bangunan yang di redesain hanya sekitar 29,5 meter.(Rifandi and Walujodjati, 2020)

### 2.1. Lokasi Penelitian

Proyek pembangunan Masjid Alue Bilie berada pada Kabupaten Nagan Raya, Provinsi Aceh. Tepatnya pada posisi 3.989659 lintang dan 96.517796 bujur. Berikut adalah gambaran lokasi penelitian.



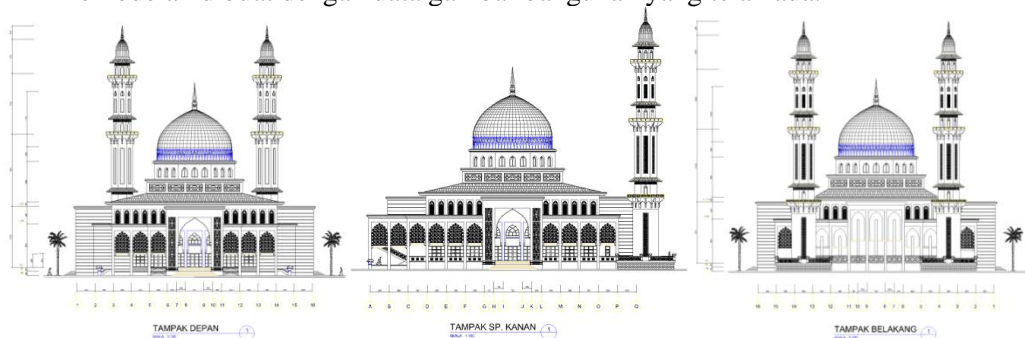
Gambar 1. Lokasi penelitian

## 2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara survey lokasi, dokumentasi observasi dilapangan dan data dari perencanaan sebelumnya yang telah dibuat. Lalu data tersebut diolah dan direncanakan suatu rancangan struktural bangunan gedung mesjid berupa denah, tampak, dimensi elemen struktur, struktur portal pembesian dan lain-lain yang berhubungan dengan perencanaan bangunan yang akan direncanakan ulang merupakan data primer. Selanjutnya ada data sekunder yaitu data-data pendukung dari data primer yang berupa data pedoman peraturan dan syarat yang berlaku yang digunakan dalam analisis perencanaan ulang struktur atas beton bertulang masjid Alue Bilie.

## 2.3. Gambar Acuan

Pemodelan dibuat dengan data gambar bangunan yang telah ada.



Gambar 2. Gambar perencanaan

## 2.4. Pedoman Perencanaan

Standar-standar yang digunakan sebagai bahan acuan dalam perencanaan ulang konstruksi masjid ini antara lain:

1. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019).
2. Peraturan Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2019).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Data Struktur dan Spesifikasi Perencanaan

Adapun data-data struktur dan spesifikasi pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Bangunan terdiri dari 2 (dua) lantai dan fungsi bangunan adalah tempat ibadah (masjid).
2. Struktur merupakan struktur portal (frame) dengan material utama beton bertulang.
3. Struktur pelat lantai dan pelat atap menggunakan beton bertulang dengan mutu K-125 dimana tebal pelat lantai 15 cm dan tebal pelat atap 12 cm.
4. Dimensi eksisting struktur direncanakan dengan ukuran yang sesuai dengan gambar proyek, dimana ukurannya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Dimensi elemen struktur

Elemen Struktur	Dimensi (cm)
Kolom 1 (K1)	100 x 100
Kolom 2 (K2)	40 x 40
Kolom 3 (K3)	30 x 30
Balok 1 (BL1)	60 x 100
Balok 2 (BL2)	50 x 70
Balok 3 (BL3)	40 x 60
Balok 4 (BL4)	25 x 35
Balok 5 (BL5)	20 x 30
Ring Balok 1 (RB1)	25 x 50
Ring Balok 2 (RB2)	20 x 30
Pelat Lantai (PL)	Tebal 15 cm
Pelat Atap (PA)	Tebal 12 cm
Rangka Kubah Galvalum (Pipe)	Ø 2 ½ inch

5. Mutu beton yang digunakan adalah sebagai berikut:  
Untuk beton normal, modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) dapat dihitung sebagai berikut:  
 $E_c = 4700\sqrt{f_{c'}} \text{ Mpa} \dots\dots\dots(1)$

Tabel 2. Mutu beton

Elemen Struktur	Kubus K (kg/cm <sup>2</sup> )	Silinder $f_{c'}$ (Mpa)	Modulus $E_c$ (Mpa)
K 1	250	21,7	21894,13
K 2	250	21,7	21894,13
K 3	250	21,7	21894,13
BL 1	250	21,7	21894,13
BL 2	250	21,7	21894,13
BL 3	250	21,7	21894,13
BL 4	250	21,7	21894,13
BL 5	250	21,7	21894,13
RB 1	225	19,3	20647,93
RB 2	225	19,3	20647,93
PL	125	9,8	14713,33
PA	125	9,8	14713,33
Berat jenis beton	2400 kg/m		

6. Mutu baja tulangan beton:  
Dimana,  
 $F_u$  = Tegangan putus minimum (Mpa)  
 $F_y$  = Tegangan leleh minimum (Mpa)  
 $E_s$  = Modulus elastisitas tulangan non-pratekan (Mpa).

Tabel 3. Baja tulangan beton

Diameter	Kelas	$f_u$ (Mpa)	$f_y$ (Mpa)	$E_s$
Ø19 mm	BJTS 40	560	390	$2 \times 10^5$

Ø16 mm	BJTS 40	560	390	$2 \times 10^5$
Ø14 mm	BJTP 24	380	235	$2 \times 10^5$
Ø12 mm	BJTP 24	380	235	$2 \times 10^5$
Ø10 mm	BJTP 24	380	235	$2 \times 10^5$
Ø2½ inch	BJ 37	360	240	$2 \times 10^5$

### 3.2. Pembebanan

1. Beban mati DL (*Dead Load*)

Beban mati sendiri dihitung otomatis oleh program SAP 2000.

2. Beban mati tambahan SDL (*Super Dead Load*)

Beban mati tambahan terdiri dari:

Pada balok terdapat beban dinding pasangan ½ bata merah = 250 kg/m<sup>2</sup>. Lalu pada pelat lantai dan pelat lantai atap terdapat beban plafond dan penggantung = 20 kg/m<sup>2</sup>, keramik setebal 1 cm = 24 kg/m<sup>2</sup>, pasir setebal 1 cm = 16 kg/m<sup>2</sup>, dan berat instalasi ME = 25 kg/m<sup>2</sup> (Badan Standardisasi Nasional, 2013)

3. Beban hidup LL (*Live Load*)

Beban hidup pada pelat lantai sesuai dengan fungsi bangunan sebesar = 490 kg/m<sup>2</sup> dan beban hidup pada pelat lantai atap sebesar = 100 kg/m<sup>2</sup>. (Badan Standardisasi Nasional, 2013)

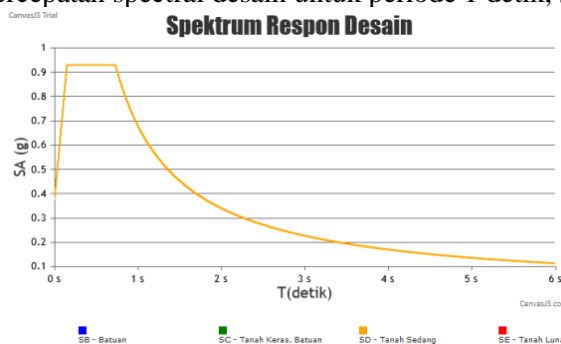
4. Beban gempa statik ekivalen E (*Earthquake*).

a) *Perhitungan spektrum respons desain*

Sebelum mencari nilai spektrum respons desain terlebih dahulu tentukan kategori resiko bangunan yaitu termasuk kategori resiko IV. Dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yaitu daerah pada zona gempa 5 dan 6 yang merupakan wilayah dengan tingkat gempa yang tinggi.

Berdasarkan kondisi tanah dan hasil sondir dilapangan, klasifikasi situs pada lokasi bangunan termasuk kelas situs SD (tanah sedang). Untuk mengetahui parameter percepatan gempa batuan dasar lokasi (Alue Bilie) sehingga diperoleh data sebagai berikut: (Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan Direktorat Jenderal Cipta Karya and Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021)

- Percepatan batuan dasar pada periode pendek,  $S_S = 1,4001 \text{ g}$
- Periode batuan dasar pada periode 1 detik,  $S_1 = 0,6 \text{ g}$
- Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek,  $S_{DS} = 0,93 \text{ g}$
- Parameter percepatan spectral desain untuk periode 1 detik,  $S_{D1} = 0,68 \text{ g}$



Gambar 3. Grafik hubungan periode dengan Sa spektrum respons desain

b) *Periode fundamental pendekatan*

Berdasarkan peraturan **SNI 1726 – 2019** analisis secara statik ekuivalen dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu gaya dasar seismik, koefisien respons seismik, periode fundamental pendekatan dan distribusi gaya gempa. Waktu getar alamiah fundamental ( $T$ ) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas



pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) yang ditentukan sesuai point 7.8.2.1. Sebagai alternative dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur ( $T$ ) diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan ( $T_a$ ) yang dihitung sesuai pada point 7.8.2.1.

- Periode minimum

$$T_{a_{min}} = C_t \times h_n^x \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

$T_{a_{min}}$  = periode fundamental pendekatan

$C_t$  dan  $x$  = ditentukan dari table 18. (SNI 1726:2019)

$h_n$  = adalah ketinggian struktur (m), dari atas dasar sampai ketinggian struktur

- Periode maksimum

$$T_{a_{max}} = C_u \times T_{min} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$C_u$  = ditentukan dari table 17. (SNI 1726:2019)

Dari data analysis software SAP2000 didapat periode getar  $T_c = 1,033$  detik.

Maka, dari perhitungan didapatkan nilai periode fundamental sebagai berikut:

$T_{a_{min}} = 0,980$  detik

$T_{a_{max}} = 1,372$  detik

$T_c = 1,033$  detik

Maka dari data tersebut nilai fundamental struktur ( $T$ ) yang digunakan:

$T_{min} < T_c < T_{max}$ ,  $0,980 < 1,033 < 1,372$  digunakan  $T_c = 1,033$  detik.

c) Skala gempa

Menentukan skala gempa dengan rumus:

$$SF = \frac{I_e \times g}{R} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

$SF$  = skala gempa

$I_e$  = faktor keutamaan

$I_e R$  = faktor reduksi gempa diperoleh dari (table 12. SNI 1726:2019)

$g$  = adalah gravitasi  $9,81$  ( $m/s^2$ )

Skala gempa yang didapatkan sesuai dengan rumus diatas, dimana nilai faktor keutamaan = 1,5, gravitasi = 9,81 dan nilai faktor reduksi gempa = 8. Maka skala gempa yang di dapat  $SF = 1,8394$  m/s.

### 3.3. Kombinasi Pembebanan

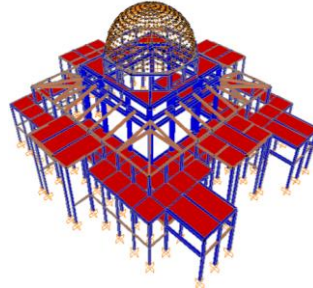
Kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban yang sesuai dengan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 adalah: (Badan Standardisasi Nasional, 2019a)

- $U_1 = 1,4DL + 1,4SDL$
- $U_2 = 1,2DL + 1,2SDL + 1,6LL$
- $U_3 = 1,386 DL + 1,386 SDL + 1,0LL + 1,0E_x + 0,3E_y$
- $U_4 = 1,386 DL + 1,386 SDL + 1,0LL + 1,0E_x - 0,3E_y$
- $U_5 = 1,386 DL + 1,386 SDL + 1,0LL - 1,0E_x + 0,3E_y$
- $U_6 = 1,386 DL + 1,386 SDL + 1,0LL - 1,0E_x - 0,3E_y$
- $U_7 = 1,368 DL + 1,368 SDL + 1,0LL + 1,0E_y + 0,3E_x$
- $U_8 = 1,368 DL + 1,368 SDL + 1,0LL + 1,0E_y - 0,3E_x$
- $U_9 = 1,368 DL + 1,368 SDL + 1,0LL - 1,0E_y + 0,3E_x$
- $U_{10} = 1,368 DL + 1,368 SDL + 1,0LL - 1,0E_y - 0,3E_x$
- $U_{11} = 0,714 DL + 0,714 SDL + 1,0E_x + 0,3E_y$
- $U_{12} = 0,714 DL + 0,714 SDL + 1,0E_x - 0,3E_y$
- $U_{13} = 0,714 DL + 0,714 SDL - 1,0E_x + 0,3E_y$
- $U_{14} = 0,714 DL + 0,714 SDL - 1,0E_x - 0,3E_y$

- $U_{15} = 0,714 DL + 0,714 SDL + 1,0E_Y + 0,3E_X$
- $U_{16} = 0,714 DL + 0,714 SDL + 1,0E_Y - 0,3E_X$
- $U_{17} = 0,714 DL + 0,714 SDL - 1,0E_Y + 0,3E_X$
- $U_{18} = 0,714 DL + 0,714 SDL - 1,0E_Y - 0,3E_X$

### 3.4. Pemodelan Struktur

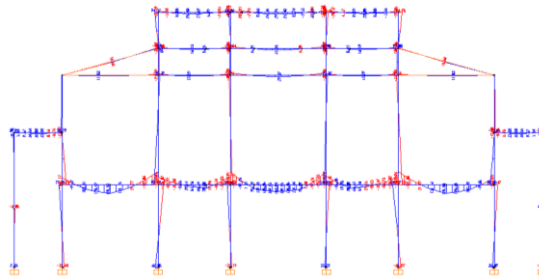
Pemodelan dibuat menggunakan bantuan program software *SAP 2000 Versi 14* dengan acuan yang sesuai dengan gambar perencanaan sebelumnya.



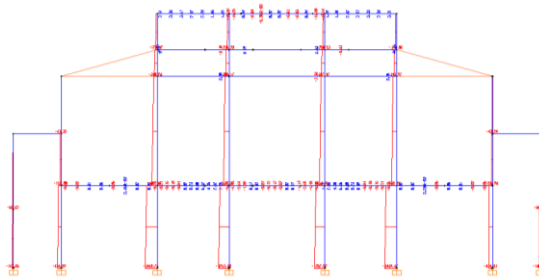
Gambar 4. Pemodelan struktur 3D menggunakan *SAP 2000 V.14*

### 3.5. Analisis Struktur

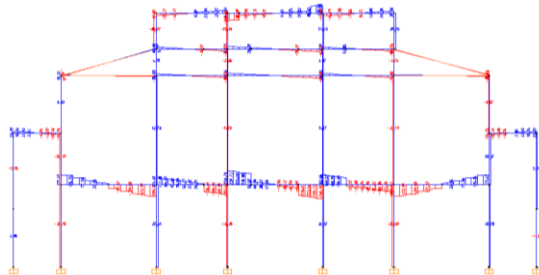
Berdasarkan data yang telah cari dan diinput pada permodelan struktur pada program *SAP2000* kemudian di *run analyze* gaya dalam dengan cara *analyze – run analyze* sehingga didapat nilai-nilai pada diagram momen ( $M_u$ ), diagram gaya geser ( $V_u$ ) dan diagram gaya aksial ( $P_u$ ). Diagram gaya momen, aksial, dan geser dapat dilihat pada gambar berikut:



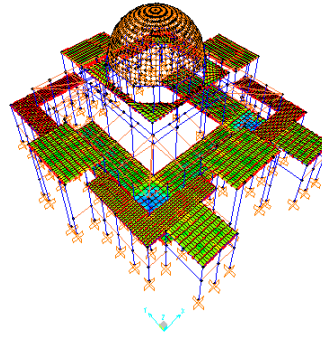
Gambar 5. Diagram momen arah 3-3 pada portal-F



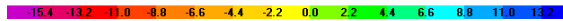
Gambar 6. Diagram gaya aksial pada portal-F



Gambar 7. Diagram gaya geser 2-2 pada portal-F



Gambar 8. Diagram momen maksimum pada pelat lantai dan pelat atap



### 3.6. Kontrol Beban Gempa Dinamis

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dan di run-analyze dengan program bantu software SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019 untuk menentukan kelayakan system struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

1. Jumlah ragam/partisipasi massa

Tabel 4. Nilai modal participating mass ratio

Output Case	Step Type	Period (Sec.)	SumUX	SumUY
MODAL	Mode	1.032779	<b>0.271</b>	<b>5.748E-07</b>
MODAL	Mode	0.923557	<b>0.818</b>	<b>0.000004267</b>
MODAL	Mode	0.883527	<b>0.818</b>	<b>0.823</b>
MODAL	Mode	0.349485	<b>0.818</b>	<b>0.833</b>
MODAL	Mode	0.340045	<b>0.824</b>	<b>0.833</b>
MODAL	Mode	0.309143	<b>0.926</b>	<b>0.833</b>
MODAL	Mode	0.30816	<b>0.927</b>	<b>0.94</b>
MODAL	Mode	0.257033	<b>0.946</b>	<b>0.94</b>
MODAL	Mode	0.245183	<b>0.946</b>	<b>0.95</b>
MODAL	Mode	0.226404	<b>0.955</b>	<b>0.95</b>
MODAL	Mode	0.225651	<b>0.955</b>	<b>0.952</b>
MODAL	Mode	0.222216	<b>0.974</b>	<b>0.952</b>

Syarat : Partisipasi massa harus > 90 %

Didapat nilai jumlah ragam arah-x = 0,974 dan arah-y = 0,952 dengan 12 jumlah mode. Ini artinya struktur sudah memenuhi syarat partisipasi massa.

2. Perbandingan geser dasar statis dan dinamis

Tabel 5. Nilai base reactions

Output Case	Case Type	Global FX (KN)	Global FY (KN)
Statik-X	LinStatic	<b>-1986.26</b>	<b>-8.954E-10</b>
Statik-Y	LinStatic	<b>8.954E-10</b>	<b>-1986.26</b>
Dinamik-X	LinRespSpec	<b>1986.26</b>	<b>595.86</b>
Dinamik-Y	LinRespSpec	<b>595.86</b>	<b>1986.26</b>

Syarat :  $V_d \geq 100\% V_s$

Tabel 6. Kontrol gaya geser statik dan dinamis

Base Shear	Geser Dasar Dinamik VD (KN)	Geser Dasar Statik VS (KN)	Faktor Skala VS/VD	Kontrol VD >= 100% VS
------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------	-----------------------



arah x	1986.26	1986.26	<b>1.0000</b>	<b>OK</b>
arah y	1986.26	1986.26	<b>1.0000</b>	<b>OK</b>

**Note: Jika tidak terpenuhi maka perlu dikalikan dengan faktor skala pada load case.**

3. Simpangan antar lantai (Story Drift)

Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa diatas dan dibawah tingkat yang ditinjau. Simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) seperti yang telah ditentukan dari table 20. Pasal 7.12.1 SNI 1726:2019.(Badan Standardisasi Nasional, 2019b)

Dimana rumus untuk menentukan simpangan antar lantai yaitu sebagai berikut:

$$\Delta_x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times Cd}{I} < \Delta_a \dots \dots \dots (5)$$

$$\Delta_a \longrightarrow \Delta_a = 0,015 h^x$$

Dimana:

- $\Delta_x$  = simpangan antar lantai
- $\delta$  = defleksi yang terjadi
- $I$  = faktor keutamaan gempa
- $h^x$  = tinggi tingkat dibawah tingkat x
- $Cd$  = faktor pembesaran defleksi

Tabel 7. Joint displacements

Joint	Output Case	U1 (mm)	U2 (mm)
728	EQDX	0	0
728	EQDY	0	0
827	EQDX	6.723811	5.249943
827	EQDY	2.017184	5.849022
872	EQDX	10.735069	6.94013
872	EQDY	3.220425	8.880202
972	EQDX	20.141163	12.166169
972	EQDY	6.042166	16.704264
1122	EQDX	27.535968	16.197171
1122	EQDY	8.260538	22.911033
1172	EQDX	28.245915	10.914821
1172	EQDY	8.473516	23.239986
1178	EQDX	29.472171	11.322184
1178	EQDY	8.841381	24.297656
1295	EQDX	29.856315	11.269031
1295	EQDY	8.956613	26.458146

Syarat :  $\Delta_x < \Delta_{ijin}$

Tabel 8. Simpangan lantai arah-X

Elevasi	Hsx (mm)	dx (mm)	$\Delta_x$ (mm)	$\Delta_{ijin}$ (mm)	$\Delta_x < \Delta_{ijin}$
+21.00	3500	29.86	1.41	53	OK
+17.50	2700	29.47	4.50	41	OK
+14.80	2000	28.25	2.60	30	OK
+12.80	4300	27.54	27.11	65	OK
Lt. A +8.5	3900	20.14	34.49	59	OK
Lt. 2 +4.6	1800	10.74	14.71	27	OK
+2.80	2800	6.72	24.65	42	OK
Dasar	0	0	0	0	OK

Tabel 9. Simpangan lantai arah-Y

Elevasi	Hsx	dy	$\Delta_y$	$\Delta_{ijin}$	$\Delta_y < \Delta_{ijin}$
---------	-----	----	------------	-----------------	----------------------------

	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
+21.00	3500	26.46	7.92	53	OK
+17.50	2700	24.30	3.88	41	OK
+14.80	2000	23.24	1.21	30	OK
+12.80	4300	22.91	22.76	65	OK
Lt. A +8.5	3900	16.70	28.69	59	OK
Lt. 2 +4.6	1800	8.88	11.11	27	OK
+2.80	2800	5.85	21.45	42	OK
Dasar	0	0	0	0	OK

Note: Jika tidak terpenuhi maka struktur terlalu fleksible perlu di perbesar lagi pada penampang nya.

### 3.7. Perhitungan tulangan struktur dan perbandingan yang ada dilapangan

Dari hasil analisis struktur yang dilakukan dengan menggunakan bantuan program SAP 2000 V. 14 diperoleh gaya-gaya dalam berupa Momen Ultimit (Mu) dan Gaya geser ultimit (Vu) yang digunakan untuk mendesain tulangan pokok dan tulangan sengkang. Dimana hasil rekapitulasi perhitungan penulangan elemen struktur adalah sebagai berikut:

#### 1. Balok dan ring balok

Tabel 10. Tulangan balok hasil analisis

Nama Elemen (cm)	Penempatan Tulangan	Tulangan Pokok		Tulangan Sengkang	
		Tump.	Lap.	Tump.	Lap.
B1 (60x100)	Atas	11 D19	8 D19	Ø12-100	Ø12-135
	Bawah	8 D19	11 D19		
B2 (50x70)	Atas	11 D16	6 D16	Ø10-100	Ø10-150
	Bawah	6 D16	11 D16		
B3 (40x60)	Atas	10 D16	5 D16	Ø10-100	Ø10-150
	Bawah	5 D16	10 D16		
B4 (25x35)	Atas	6 D14	4 D14	Ø10-120	Ø10-150
	Bawah	4 D14	6 D14		
B5 (20x30)	Atas	5 D14	3 D14	Ø10-120	Ø10-150
	Bawah	3 D14	5 D14		
RB 1 (25x50)	Atas	5 D14	4 D16	Ø8-120	Ø8-150
	Bawah	4 D16	5 D14		
RB2 (20x30)	Atas	3 D12	3 D12	Ø8-120	Ø8-150
	Bawah	3 D12	3 D12		

Tabel 11. Tulangan balok yang digunakan dilapangan

Nama Elemen (cm)	Penempatan Tulangan	Tulangan Pokok		Tulangan Sengkang	
		Tump.	Lap.	Tump.	Lap.
B1 (60x100)	Atas	13 D19	7 D19	Ø10-100	Ø10-150
	Bawah	7 D19	13 D19		
B2 (50x70)	Atas	9 D19	5 D19	Ø10-100	Ø10-150
	Bawah	5 D19	9 D19		
B3 (40x60)	Atas	9 D16	5 D16	Ø10-100	Ø10-150
	Bawah	5 D16	9 D16		
B4 (25x35)	Atas	5 D16	3 D16	Ø10-120	Ø10-150
	Bawah	3 D16	5 D16		
B5 (20x30)	Atas	5 D14	3 D14	Ø10-120	Ø10-150
	Bawah	3 D14	5 D14		
RB 1 (25x50)	Atas	5 D14	3 D14	Ø10-120	Ø10-150
	Bawah	3 D14	5 D14		
RB2 (20x30)	Atas	3 D12	3 D12	Ø10-120	Ø10-150

	Bawah	3 D12	3 D12		
--	-------	-------	-------	--	--

## 2. Kolom

Tabel 12. Tulangan kolom hasil analisis dan yang digunakan dilapangan

Tulangan kolom hasil analisis			Tulangan kolom yang digunakan dilapangan		
Nama Elemen (cm)	Tulangan Pokok	Tulangan Senggang	Nama Elemen (cm)	Tulangan Pokok	Tulangan Senggang
<b>K1 (D 100)</b>	24 D22	Ø10-150	<b>K1 (D 100)</b>	16 D19	Ø10-150
<b>K2 (40x40)</b>	8 D19	Ø10-150	<b>K2 (40x40)</b>	12 D16	Ø10-150
<b>K3 (30x30)</b>	8 D16	Ø10-150	<b>K3 (30x30)</b>	8 D16	Ø10-150

## 3. Pelat lantai dan pelat lantai atap

Tabel 13. Tulangan pelat hasil analisis dengan tulangan pelat yang digunakan dilapangan

Nama Elemen (cm)	Arah	Daerah		Nama Elemen (cm)	Arah	Daerah	
		Tump.	Lap.			Tump.	Lap.
<b>PL1 (15)</b>	X	Ø12-100	Ø10-150	<b>PL1 (15)</b>	X	Ø10-120	Ø10-120
	Y	Ø12-100	Ø10-150		Y	Ø10-120	Ø10-120
<b>PL2 (12)</b>	X	Ø10-150	Ø10-150	<b>PL2 (12)</b>	X	Ø10-120	Ø10-120
	Y	Ø10-150	Ø10-150		Y	Ø10-120	Ø10-120

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa beban yang bekerja pada elemen struktur secara dimensi dapat dinyatakan aman sesuai dengan standar SNI dengan perhitungan menggunakan *software* SAP 2000 berada di rentang oranye, kuning dan hijau, artinya tidak ada struktur yang mengalami *over stress*. Akan tetapi hasil analisis desain penulangan pada saat melakukan penelitian terdapat pemborosan dan kekurangan elemen struktur dimana luasan tulangan pokok yang dibutuhkan melalui analisis dengan yang digunakan di lapangan pada elemen struktur balok terjadi pemborosan sebesar 3,8%, pada elemen struktur kolom terjadi kekurangan sebesar 15,31% dan kekurangan sebesar 1,57% pada pelat lantai.

### 4.2. Saran

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada struktur masjid Alue Bilie. Saran yang perlu dipertimbangkan yaitu struktur gedung hendaknya direncanakan dengan menggunakan geometri yang baik sehingga diperoleh struktur yang aman dan ekonomis tanpa kehilangan aspek arsitektural. Dalam penginputan beban pada program *SAP2000* hal yang perlu diperhatikan adalah berat jenis beban yang diinputkan harus sesuai dengan standar dan peraturan yang ada di Indonesia.

### Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional (2013) "Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain Badan Standardisasi Nasional." Available at: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- Badan Standardisasi Nasional (2019a) "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung," (2847).
- Badan Standardisasi Nasional (2019b) "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung," (1726).

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan Direktorat Jenderal Cipta Karya and Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2021) *Desain Spektra Indonesia*.

Available at: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/> (Accessed: December 28, 2021).

Hartono, Y. and Endra Nasution, A. (2020) *TINJAUAN ULANG KAPASITAS STRUKTUR MASJID MUJAHIDIN SUNGAI PINANG BUNGO*.

Rifandi, I. and Walujodjati, E. (2020) *Analisis Beban Gempa dengan Metode Statik Ekuivalen Berdasarkan SNI 1726-2019 pada Gedung IPAL (Studi Kasus Proyek*

*Pembangunan Gedung IPAL UT-HO-Jakarta Timur)*. Available at:

<http://jurnal.sttgarut.ac.id/>.