

**Studi Perilaku Kerangka Kombinasi Sistem Rangka Batang dan Portal Pada Struktur Menara
(Studi Kasus Menara Bernady Land Slawu)**
*Behavior Study of Combined Frame System of Rod and Portal Frame On Tower Structure
(Bernady Land Slawu Tower Case Study)*

Fatah Ardiansyah¹ Pujo Priyono² : Ilanka Cahya Dewi³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : fatahard@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : pujopriyono@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : ilankadewi@unmuhjember.ac.id
Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Abstrak

Menara ialah sebuah struktur buatan manusia dan tingginya lebih dari lebarnya. Menara mempunyai fungsi bangunan yang berbeda sesuai dengan fungsi bangunan menara itu sendiri. Tower atau dalam Bahasa Indonesia berarti menara adalah bangunan yang dibuat jauh lebih tinggi daripada bangunan induknya. Terbuat dari rangkaian baja atau pipa baik segi empat atau segi tiga, atau hanya berupa pipa panjang (tongkat). Tower atau menara dapat berdiri sendiri atau akan melekat ke sebuah besar bangunan. Selain itu, menara juga bisa merupakan sebuah bertingkat bangunan dari kantor atau apartemen. Menara umumnya dibangun lebih dari dua lantai, dan berbentuk menjulang tinggi ke atas. Kemudian struktur dan bahan bangunan dibuat untuk jangka waktu yang lama, tahan cuaca ekstrim, dan segala hal yang dapat mengganggu ketahanan bangunan, penambahan ketinggian pada menara bangunan dilakukan untuk menambahkan fungsi dari bangunan tersebut. Dalam perencanaan konstruksi menara, ada beberapa faktor yang harus diperhitungkan. Faktor-faktor ini akan memengaruhi jumlah dan mutu bahan yang dipakai. Salah satu faktor yang vital untuk diperhitungkan adalah pembebanan yang terjadi pada struktur atas menara, seperti beban angin, dan juga perencanaan simpangan dan kekuatan bahan yang digunakan. Acuan untuk menghitung menggunakan SNI 1727:2013.

Keywords: Menara, Pembebanan, Struktur atas, SNI 1723:2013

Abstract

The tower is a man-made structure and is more than wide in height. The tower has different building functions according to the function of the tower building itself. Tower or in Indonesian means a tower is a building that is made much taller than its parent building. Made of a series of steel or pipes either quadrangular or triangular, or simply a long pipe (stick). The tower or tower can stand alone or will be attached to a large building. In addition, the tower can also be a multi-storey building of an office or apartment. Towers are generally built over two floors, and are shaped towering upwards. Then the structure and building materials are made for a long period of time, withstand extreme weather, and everything that can interfere with the durability of the building, the addition of height to the building tower is carried out to add the function of the building. In tower construction planning, there are several factors that must be Accounted for. These factors will affect the quantity and quality of materials used. One of the vital factors to take into account is the loading that occurs in the upper structure of the tower, such as wind loads, and also the planning of deviations and strength of the materials used. Reference for calculating using SNI 1727:2013.

Keywords: Tower, Load, Upper structure, SNI 1723:2013.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Jember ialah Kabupaten yang berkembang. Secara geografis Kabupaten Jember berada pada posisi 7056'6" sampai 8033'56" Lintang Selatan dan 113016'28" sampai 114003'42" Bujur Timur. Selain itu, banyak juga pembangunan pemukiman/perumahan di Kabupaten ini. Salah satunya perumahan Bernady Land Slawu. Perumahan ini terletak di Kelurahan Slawu Kecamatan Patrang Kabupaten Jember Provinsi Jawa Timur.

Pada sebuah pemukiman/perumahan, fasilitas umum (fasum) dan fasilitas sosial (fasos) merupakan hal yang harus ada. Fasum adalah fasilitas pendukung yang ada di dalam dan di luar untuk pemenuhan terselenggaranya fungsi bangunan dalam wujud sarana dan prasarana.

Masjid merupakan salah satu fasilitas umum yang disediakan di perumahan Bernady Land Slawu, Masjid juga mempunyai Menara, yang mempunyai fungsi sendiri. Menara ini dibangun menggunakan struktur baja dan pondasi yang direncanakan dengan perhitungan yang sesuai supaya mendapatkan hasil yang sesuai.

Tower atau dalam Bahasa Indonesia berarti Menara adalah bangunan yang dibuat jauh lebih tinggi daripada bangunan induknya. Terbuat dari rangkaian baja atau pipa baik segi empat atau segi tiga, atau hanya berupa pipa panjang (tongkat). Tower atau menara dapat berdiri sendiri atau akan melekat ke sebuah besar bangunan. Selain itu, Menara juga bisa merupakan sebuah bertingkat bangunan dari kantor atau apartemen.

Dalam perencanaan konstruksi menara, ada beberapa faktor yang harus diperhitungkan. Faktor-faktor ini akan memengaruhi jumlah dan mutu bahan yang dipakai. Salah satu faktor yang vital untuk diperhitungkan adalah pembebanan yang terjadi pada struktur atas menara, seperti beban angin, dan juga perencanaan simpangan dan kekuatan bahan yang digunakan.

Menara Masjid di Bernady Land Slawu terdiri atas sistem rangka batang dengan tumpuan berada diatas portal yang difungsikan sebagai ruang kamar mandi. Oleh karena itu, kami membuat judul Tugas Akhir "Studi

Perilaku Rangka Kombinasi Sistem Rangka Batang dan Portal pada Struktur Menara"

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. DEFINISI TOWER/MENARA

Tower atau juga menara ialah bangunan menjulang tinggi keatas yang mempunyai fungsi sendiri. Tower atau menara adalah struktur bangunan yang menggunakan baja sebagai bahan material konstruksi. Tower atau menara dapat berdiri sendiri atau akan melekat ke sebuah besar bangunan.

B. ELEMEN STRUKTUR ATAS

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SK SNI T-15-1991-03, yang merupakan sesuatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom, dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang optimal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

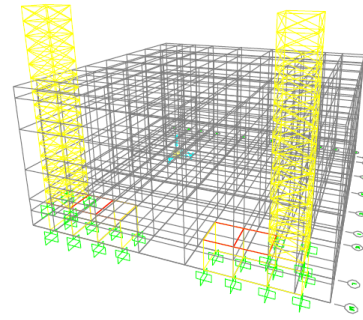
C. SIFAT MEKANIK BAJA STRUKTUR

Berdasarkan besar tegangan leleh, ASTM membagi baja dalam empat kelompok, yaitu: *Carbon Steels, High Strength Low Alloy Steels, Heat Treated Carbon and High Strength Low Alloy Steels, Heat Treated Constriuctional Alloy Steel*. Dari diagram tegangan-regangan, tampak bahwa besar elastisitas bahan, yang juga sering disebut dengan modulus Young dan diberi simbol E, yang nilainya berkisar antara 190-210 GPa. SNI 03-1729-2002 menentukan E baja sebesar 2×10^5 MPa

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Struktural Berdasarkan Mutu Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, fu (Mpa)	Tegangan leleh minimum, fy (Mpa)	Regangan minimum (%)
BJ34	340	210	22
BJ37	370	240	20
BJ41	410	250	18
BJ50	500	290	16
BJ55	550	410	13

Sumber: SNI 03 – 1729-2002



Gambar 1. Pemodelan Struktur
 Sumber: Hasil Pemodelan di SAP2000

D. FAKTOR BEBAN DAN KOMBINASI BEBAN

Dalam SNI 03-1729-2002, pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan (U), dinyatakan bahwa perencanaan suatu struktur baja haruslah diperhatikan jenis-jenis kombinasi pembebanan berikut ini

- a. 1,4D
- b. 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r atau S atau R)
- c. 1,2D + 1,6L(L_r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
- d. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r S atau H)
- e. 1,2D + 1,0E + L + 0,2S
- f. 0,9D + 1,0W
- g. 0,9D + 1,0E

Keterangan:

- D : Beban Mati
- L : Beban Hidup
- L_r : Beban Hidup pada Atap
- S : Beban Salju
- R : Beban Hujan
- W : Beban Angin
- E : Beban Gempa

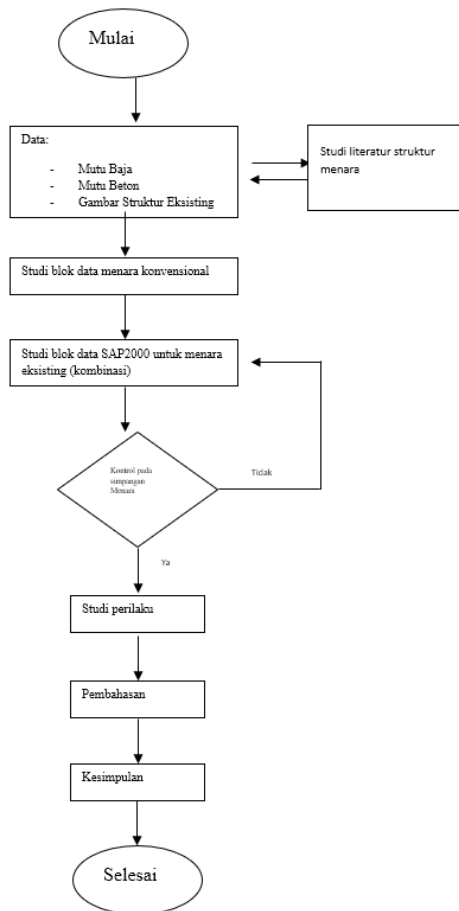
E. PEMODELAN STRUKTUR

Pemodelan ini dilakukan dengan bantuan SAP2000. Masing-masing elemen struktur di modelkan berdasarkan data gambar rencana Menara Masjid Perumahan Bernady Land Slawu dengan material sesuai kondisi rencana. Adapun gambar struktur bangunan sebagai berikut:

3. METODE PENELITIAN

Data terdiri dari dua macam yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan secara langsung yang dilakukan di lokasi perencanaan sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait.

Dalam perencanaan ini diperlukan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini yaitu data Gambar Perencanaan yang diperoleh dari Konsultan Arsitek.



Gambar 2. Bagan Alir Perencanaan

Sumber: Hasil Pemikiran

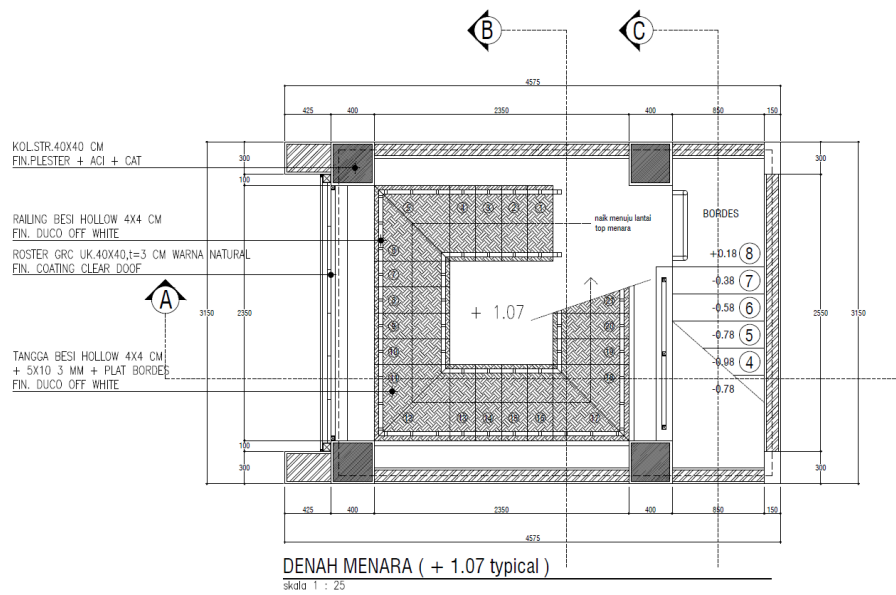
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada analisa ini menggunakan metode kombinasi, antara portal dan struktur batang dengan menggunakan *software* SAP2000 (*Structure Analysisi Program*). Dengan menggunakan aplikasi ini, untuk elemen-elemennya mengikuti dari data yang sesuai, dapat dilihat di Gambar 3, untuk denah menara masjid.

Data teknis merupakan data yang berhubungan dengan perencanaan struktur gedung seperti bahan bangunan yang digunakan, dimensi bangunan, dan sebagainya. Pada analisa ini terdapat data teknis yaitu :

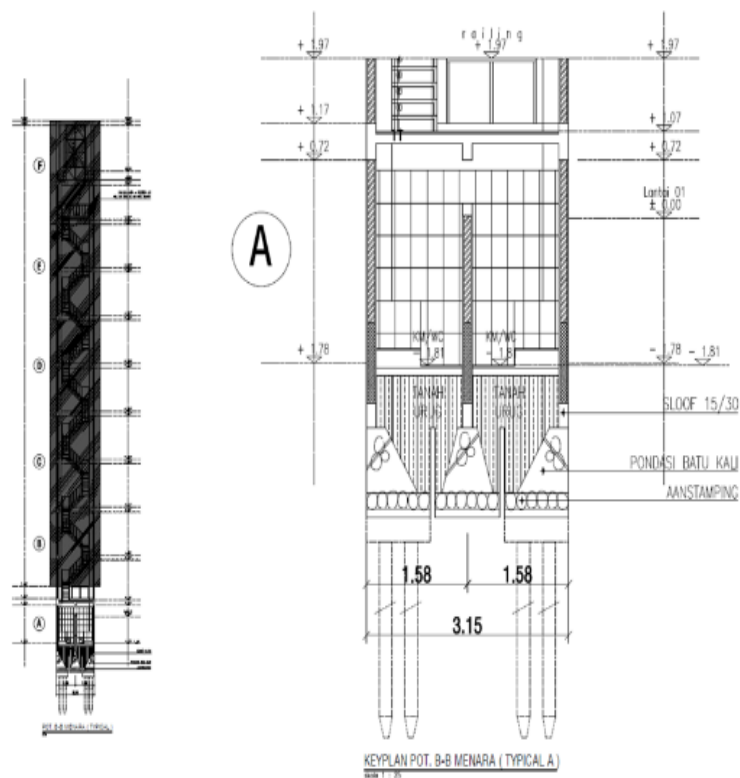
Fungsi Bangunan: Menara Masjid, tempat wudlu, dan kamar mandi
 Dimensi Gedung: 4,75 x 3,15 x 23,45 meter
 Jenis Struktur : Baja dan beton
 Lokasi : Perumahan Bernady Land Slawu, Jember

Pada analisa ini terdapat data perencanaan. Ketinggian menara masjid ini memiliki ketinggian 23,45 meter. Mutu beton dalam analisis ini menggunakan $f'c$ 20 Mpa atau K-240,9 dan untuk mutu baja yang digunakan f_y 240 MPa atau BJ37. Adapun juga gambar struktur menara dapat dilihat di Gambar 4.



Gambar 3. Denah Menara Masjid

Sumber: Hasil Data Sekunder



Gambar 4. Gambar Struktur

Sumber: Hasil Data Sekunder

Beban mati dari struktur adalah berat sendiri penyusun rangka. Terdiri dari, berat menara, berat tangga dan bordes. Beban sendiri menara adalah berat yang tergantung dari jenis profil yang digunakan dalam perencanaan struktur menara tersebut.

Beban hidup yang diperhitungkan, adalah beban orang yang bekerja baik yang terletak pada tangga dan bordes. Beban hidup untuk tangga menara harus mampu menahan 2 beban 100kg. (100kg/buhul)

Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan memperhatikan parameter-parameter desain tekanan angin rencana yang ditentukan dalam SNI 1727 – 2013 Pasal 26. Pada perencanaan ini, beban angin ditentukan $25 kg/m^2$

Salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan adalah mengetahui jenis tanah dilokasi dimana akan didirikan bangunan. Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan test penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah:

- $\bar{N} \geq 50$ = Tanah Keras
- $15 \geq \bar{N} \geq 50$ = Tanah Sedang
- $\bar{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 2. Tabel Perhitungan N Rata-rata

Tebal	N-SPT	8D	3D	N-SPT
1.0	8	6.4	2.4	46.125
1.0	9.5			
1.0	11			
1.0	14			
1.0	17			
1.0	36			
1.0	55			
1.0	62.5			
1.0	70			
1.0	61.5			
1.0	53			
1.0	43			
1.0	33			

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan nilai N rata-rata diperoleh jenis tanah kategori tanah sedang.

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 2847-2013 sebagai berikut:

- a. $1,4D$
- b. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- c. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ S atau } R)$
- e. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- f. $0,9D + 1,0W$
- g. $0,9D + 1,0E$

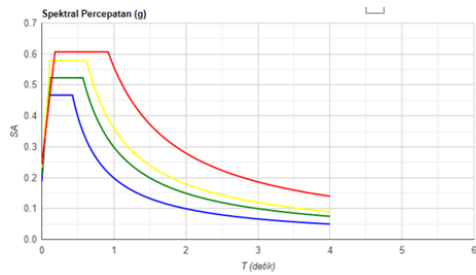
Keterangan

- D : Beban Mati
- L : Beban Hidup
- L_r : Beban Hidup pada Atap
- S : Beban Salju
- R : Beban Hujan
- W : Beban Angin
- E : Beban Gempa

Tabel 3. Paramater Respons Gempa Wilayah Jember untuk Kelas Situs D (Tanah Sedang)

PGA (g)	0,354
C_{RS}	0,996
C_{R1}	0,893
S_s (g)	0,701
S_1 (g)	0,299
F_A	1
F_v	2
S_{MS} (g)	1
S_{M1} (g)	0,539
S_{DS} (g)	0,579
S_{D1} (g)	0,359
T_0 (detik)	0,124
T_s (detik)	0,062

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 5. Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Jember
 Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 Tabel Hasil Respon

Hasil Respon Spektra	
Ss	= 0,879 hasil pembacaan Respons Spektra aplikasi PUS-GEN PUSKIM 2019-2020
S1	= 0,394 hasil pembacaan Respons Spektra aplikasi PUS-GEN PUSKIM 2019-2020
Fa	= 1,15 (hasil interpolasi linier)
Fv	= 1,91 (hasil interpolasi linier)
Sms	= 1,009 (Fa x Ss)
Sm1	= 0,750964 (FvxS1)
SDS	= 0,673 (2/3xSms)
SD1	= 0,501 (2/3xSm1)
R	= 8 Faktor Reduksi
I	= 1,5 Kategori Resiko

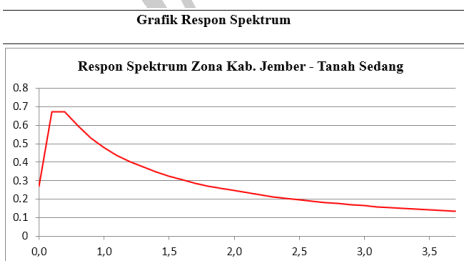
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 5 Tabel Nilai Respon Spektrum

Nilai Respon Spektrum		
0,4.SDS	=	0,269
T0	=	0,149
T0-Sa	=	0,673
Ts	=	0,744
Ts-Sa	=	0,673
Ts-n	=	-

Nilai ke-0
 $T_0 = 0.2 \times \frac{S_{SD1}}{S_{SDS}}$
 $T_0 = 0.2 \times \frac{0.501}{0.673} = 0.149$
 $Sa = SDS = 0.673$
 $Ts = SD1/SDS = \frac{0.501}{0.673} = 0.744$
 $Sa = SDS = 0.673$
 $Sa = SD1-n/T-n$ (berdasar waktu)

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 6. Gambar Grafik Respon Spektrum

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 6 Tabel Respon Spektrum

Tabel Respon Spektrum			
T	T detik	Sa	Keterangan
0	0,0	0,269	0,4.SDS
T0	0,1	0,673	Sa = SDS
Ts	0,7	0,673	Sa = SDS
Ts+0.1	0,8	0,593	Sa = SD1/T-n
Ts+0.2	0,9	0,530	Sa = SD1/T-n
Ts+0.3	1,0	0,480	Sa = SD1/T-n
Ts+0.4	1,1	0,438	Sa = SD1/T-n
Ts+0.5	1,2	0,402	Sa = SD1/T-n
Ts+0.6	1,3	0,373	Sa = SD1/T-n
Ts+0.7	1,4	0,347	Sa = SD1/T-n
Ts+0.8	1,5	0,324	Sa = SD1/T-n
Ts+0.9	1,6	0,305	Sa = SD1/T-n
Ts+1	1,7	0,287	Sa = SD1/T-n
Ts+1.1	1,8	0,272	Sa = SD1/T-n
Ts+1.2	1,9	0,258	Sa = SD1/T-n
Ts+1.3	2,0	0,245	Sa = SD1/T-n
Ts+1.4	2,1	0,234	Sa = SD1/T-n
Ts+1.5	2,2	0,223	Sa = SD1/T-n
Ts+1.6	2,3	0,214	Sa = SD1/T-n
Ts+1.7	2,4	0,205	Sa = SD1/T-n
Ts+1.8	2,5	0,197	Sa = SD1/T-n
Ts+1.9	2,6	0,189	Sa = SD1/T-n
Ts+2	2,7	0,182	Sa = SD1/T-n
Ts+2.1	2,8	0,176	Sa = SD1/T-n
Ts+2.2	2,9	0,170	Sa = SD1/T-n
Ts+2.3	3,0	0,164	Sa = SD1/T-n
Ts+2.4	3,1	0,159	Sa = SD1/T-n
Ts+2.5	3,2	0,154	Sa = SD1/T-n
Ts+2.6	3,3	0,150	Sa = SD1/T-n
Ts+2.7	3,4	0,145	Sa = SD1/T-n
Ts+2.8	3,5	0,141	Sa = SD1/T-n
Ts+2.9	3,6	0,137	Sa = SD1/T-n
Ts+3	3,7	0,134	Sa = SD1/T-n

Sumber: Hasil Perhitungan

Adapun hasil dari rumusan masalah pada analisa ini tentang perilaku kerangka kombinasi sistem rangka batang dan portal pada struktur menara masjid

$$H \text{ (tinggi)} = 23,45 \text{ m} = 23450 \text{ mm}$$

$$U2 \text{ Maksimum dari beban angin} = 1,4 \text{ mm}$$

$$U2 \text{ Maksimum dari beban gempa} = 0,8 \text{ mm}$$

$$R3 \text{ Maksimum (rotasi) dari beban gempa} = 0.000073 \text{ rad}$$

Untuk kontrol kemampuan kerangka kombinasi tersebut

$$R < 1 \text{ (ijin)}$$

$$0,22 < 1 \text{ (ijin)} \dots \text{OK!! (menurut SNI 1727:2013)}$$

Angka diatas tidak melebihi dari ijin yang ditetapkan atau *capacity ratio*, bisa dikatakan aman.

Untuk kontrol dari derajat simpangan menara

$$U2 : H = 0,05/1000$$

$$1,4 : 23450 = 0,05/1000$$

$$1,4 < \frac{H}{1500}$$

$$1,4 < \frac{23450}{1500}$$

$$1,4 < 15,6 \dots \text{OK!!}$$

Hasil derajat simpangan menara dari kontrol di angka aman.

Untuk kontrol dari beban gempa pada menara

$$U_2 : H = 0,05/1000$$

$$0,8 : 24350 = 0,05/1000$$

$$0,8 < \frac{H}{\frac{1500}{23450}}$$

$$0,8 < \frac{1500}{15,6} \dots \text{OK!!}$$

Hasil derajat beban gempa dari kontrol di angka aman.

SNI 1726:2012 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”

Syukri. A. K. Nuh. 2016 “Tinjauan Kekuatan Struktur Kolom, Balok, dan Pelat Pada Proyek Pembangunan Klenteng Ho Tek Cheng Sin di Paal 4 Manado”

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Pada menara masjid dengan dimensi gedung 4,75 x 3,15 x 23,45 meter, didapatkan derajat tingkat kemampuan kerangka $0,22 < 1$ (ijin) atau 22%. Yang artinya, sesuai dengan analisa kita. Dengan hasil ini konstruksi menara tersebut bisa dikatakan aman.
2. Untuk derajat simpangan menara didapatkan angka $1,4 \text{ mm} < 15,6 \text{ mm}$ atau $\frac{1,4}{15,6} \times 100 = 8,9\%$. Dengan hasil ini konstruksi menara tersebut bisa dikatakan aman.
3. Beban terbesar pada Menara Masjid Bernady Land Slawu, terdapat pada beban angin daripada beban gempa. Yang angkanya $1,4 \text{ mm} > 0,8 \text{ mm}$.

b. Saran

Studi perilaku ini sangat penting dan berguna karena sangat inovatif, karena itu. Perlu adanya pengembangan dan inovasi untuk selanjutnya sesuai dengan analisa peneliti yang ada

6. DAFTAR PUSTAKA

- Prof V.N Vazirani, Dr. M.M Ratwani, Dr. S.K. Duggal. 2005 “*Analysis Of Structure Vol. II*”, Delhi : Khanna Publishers
- Pujo Priyono, “*Struktur Baja I*”. Jember : Pustaka Abadi
- Pujo Priyono. “*Struktur Baja II*”. Jember : Pustaka Abadi
- Pujo Priyono, 2019 “*Buku Ajar Struktur Beton Bertulang I*”. Jember : Pustaka Abadi
- SNI 03-1727-1989. “*Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*”
- SNI 1727:2013 “*Beban Minimum Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*”