

# Analisis Perbandingan Struktur Baja Menara Masjid Dengan Metode Ultimit dan Tegangan Ijin

Silvia Yulita Ratih<sup>1\*</sup>, Agus Setyawan<sup>2)</sup>, Alvio Nur Hakim<sup>3)</sup>

<sup>1\*, 2, 3)</sup> Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Surakarta, Jl. Raya  
Palur Km. 5 0271-825117.

Email: <sup>1\*)</sup>vierahayu1125@gmail.com, <sup>2)</sup>agussetyawan148@gmail.com, <sup>3)</sup>alviahakim@gmail.com

## Abstrak

Pada suatu perencanaan proyek konstruksi terdapat berbagai metode perhitungan yang dapat digunakan sesuai dengan pengaplikasian metode masing-masing untuk dapat memperoleh hasil yang paling efisien dalam berbagai hal dan memenuhi standar keamanan suatu bangunan. Dalam perencanaan suatu bangunan terdapat berbagai metode perhitungan, diantaranya yaitu metode ultimit atau *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) dan metode tegangan ijin atau *Allowable Stress Design* (ASD). Dalam penelitian ini kedua metode perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung *demand/capacity ratio* dan berat bangunan. Metode pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai berat struktur baja dan *demand/capacity ratio* pada struktur baja menggunakan *software* ETABS 2019 dengan metode tegangan ijin dan metode ultimit. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai rerata *demand / capacity ratio* balok pada seluruh *story* dengan menggunakan metode ultimit sebesar 0,6631 dan pada metode tegangan ijin sebesar 0,7520. Nilai rerata *demand / capacity ratio* kolom pada seluruh *story* menggunakan metode ultimit sebesar 0,4477 dan tegangan ijin 0,5783. Berat bangunan dengan metode ultimit 858684 kg dan berat bangunan dengan metode tegangan ijin sebesar 861326,5 kg. Berdasar hasil perbandingan *demand/capacity ratio* pada kolom, balok dan berat bangunan antar metode diperoleh kenaikan *demand/capacity ratio* sebesar 29% pada kolom, 13,4% pada balok dan kenaikan berat 0,3% atau 2642,56 kg ketika menggunakan metode tegangan ijin.

**Kata kunci:** metode ultimit , tegangan ijin, *capacity ratio*.

## Abstract

*In a construction project planning there are various calculation methods that can be used in accordance with the application of each method to be able to obtain the most efficient results in various ways and meet the safety standards of a building. In planning a building there are various calculation methods, including the ultimate method or Load and Resistance Factor Design (LRFD) and the Allowable Stress Design (ASD) method. In this study, both calculation methods are used to calculate the demand/capacity ratio and building weight. The method in this study uses quantitative methods. This study aims to determine the comparison of the weight values of steel structures and the demand/capacity ratio in steel structures using the ETABS 2019 software with the allowable stress method and the ultimate method. Based on the research results, the average demand / capacity ratio of beams for all stories using the ultimate method was 0.6631 and the allowable stress method was 0.7520. The average value of the column demand / capacity ratio for all stories using the ultimate method is 0.4477 and the allowable stress is 0.5783. The weight of the building using the ultimate method is 858684 kg and the allowable stress is 861326.5 kg. Based on the results of the comparison of the demand/capacity ratio on columns, beams and building weight between methods, an increase in demand/capacity ratio of 29% for columns, 13.4% for beams and a weight increase of 0.3% or 2642.56 kg is obtained. when using the allowable stress method.*

**Keywords:** *ultimate method, allowable stress design, capacity ratio*



Copyright © 2022 The Author(s)

This is an open access article under the [CC -NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

## 1. PENDAHULUAN

Dengan bantuan teknologi, maka kebutuhan material dan spesifikasi bangunan dapat ditentukan dan diperkirakan dengan lebih baik. Pemilihan material dan spesifikasi yang tepat dapat menghemat keuangan serta sumber daya yang ada sehingga tidak terjadi *over budget* dan *waste* sumber daya yang ada (Afriyanto, 2017). Baja digunakan sebagai material struktur karena lebih cepat dalam aplikasinya (Saputra & Dewi, 2020), (Zainuddin, 2015). Penggunaan baja pada struktur sudah umum khususnya pada struktur tinggi yang membutuhkan kekakuan lebih. Umumnya profil baja yang digunakan adalah profil WF dan siku (Bayhaqi & Suprpto, 2018), (Imran, dkk, 2017).

Salah satu aplikasi sistem komputasi yang banyak digunakan dalam bidang konstruksi bangunan yaitu ETABS. Pembebanan pada struktur pada umumnya berupa beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban terhadap gempa (Afif, 2016), (Indarto, Himawan, dkk, 2013). Terdapat dua metode analisa struktur baja yang umum digunakan, yaitu metode tegangan kerja (*Allowable Stress Design, ASD*) dan metode beban terfaktor (*Load and Resistance Factor Design, LRFD*) (Nur Cahya, 2014), (Nugraha, 2014). Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah cukup lama digunakan, namun beberapa tahun terakhir metode desain dalam struktur baja mulai beralih ke metode lain yang lebih rasional, yakni metode LRFD. Metode ini didasarkan pada ilmu probabilitas, sehingga dapat mengantisipasi segala ketidakpastian dari material maupun beban. Oleh karena itu metode LRFD ini dianggap cukup andal (Azhari, 2015, Ramadhan, 2014).

Dengan menggunakan aplikasi ETABS terdapat beberapa keuntungan selain yang telah disebutkan di atas yaitu dapat menghitung pembebanan baik beban mati, hidup, angin dan gempa terhadap struktur bangunan. Pada proyek pembangunan Masjid Agung Karanganyar terdapat beberapa bangunan dengan struktur baja diantaranya yaitu menara. Struktur baja menara ini dapat dianalisis menggunakan aplikasi ETABS. Dengan melakukan Analisis perbandingan metode ultimate dan tegangan izin pada bagian rangka baja menara ini diharapkan dapat mengetahui perbedaan nilai *demand/ capacity ratio (factor of safety)* yang terjadi pada menara masjid Agung Karanganyar.

## 2. METODE

### Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Shopdrawing* Menara Masjid Agung Karanganyar
2. Data spesifikasi material struktur baja
3. Data angin
4. Data spektrum respons gempa

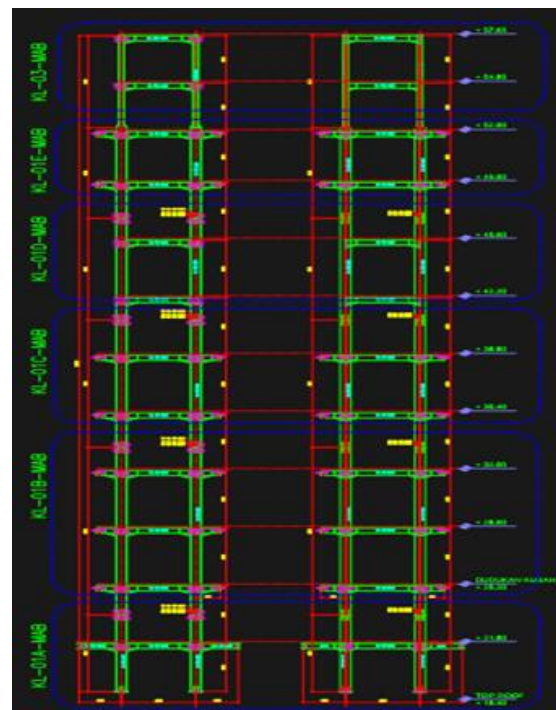
### Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode deskriptif kuantitatif. Metode ini berupa pengumpulan data, analisis data menginterpretasi hasil analisis untuk mendapatkan informasi untuk pengambilan kesimpulan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer, terutama program ETABS dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan input seluruh data pada ETABS
2. Melakukan analisis data pada ETABS
3. Membandingkan hasil analisis ETABS antara metode LRFD dengan ASD

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data shop drawing seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Shop Drawing Menara Masjid

Berdasarkan data *shopdrawing* struktur menara memiliki rincian sebagai berikut :

1. Memiliki 12 *story* atau tingkat
2. Setiap lantai tinggi 3 m, panjang 2,8 m dan lebar 2,8 m.
3. Kolom menggunakan HB 400 X 400 X 13 X 21
4. Balok menggunakan WF 350 X 150 X 6,5 X 9

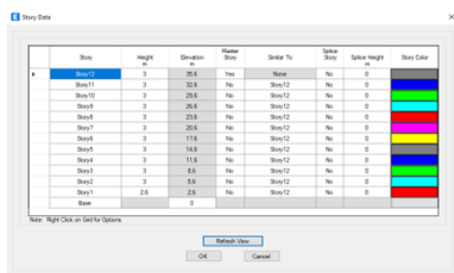
Pembebanan yang terjadi pada struktur baja menara dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Pembebanan pada struktur baja

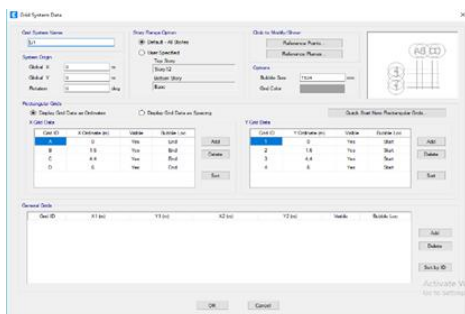
No	Story	Beban hidup		Beban mati	
		Beban <i>frame distributed</i> (kN/m)	Beban merata (kN/m <sup>2</sup> )	Beban <i>frame distributed</i> (kN/m)	Beban merata (kN/m <sup>2</sup> )
1	Story 1	3	-	23,436	-
2	Story 2	3	-	23,436	-
3	Story 3	3	-	23,436	-
4	Story 4	3	-	23,436	-
5	Story 5	3	-	23,436	-
6	Story 6	3	-	23,436	-
7	Story 7	3	-	23,436	-
8	Story 8	3	-	23,436	-
9	Story 9	3	-	23,436	-
10	Story 10	3	-	23,436	-
11	Story 11	3	-	23,436	-
12	Story 12	3	27,8	23,436	4,96

Spesifikasi material GRC super panel dinding motif volume berat per unit 2,79 kN/m<sup>3</sup> dan ketebalan 120 mm.

Pemodelan struktur baja disesuaikan dengan *shopdrawing* yang dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.

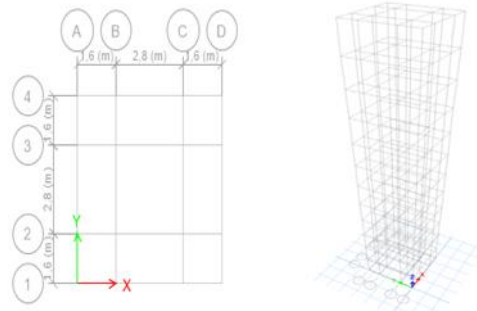


Gambar 2. Data *Story* Struktur baja



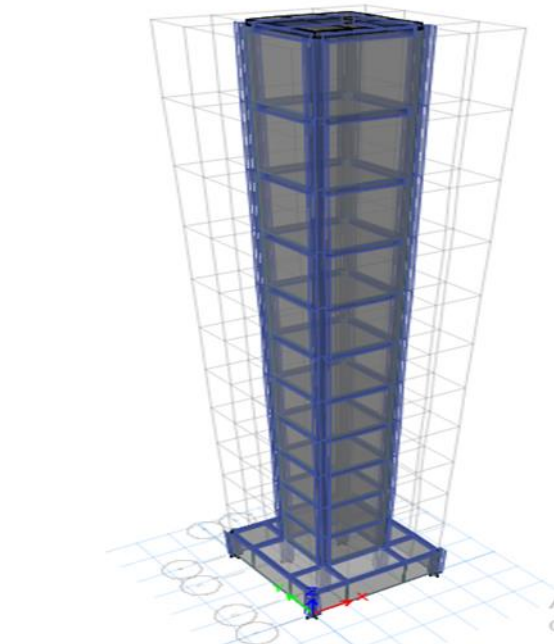
Gambar 3. *Grid system* data struktur baja

Hasil pemodelan struktur baja dapat dilihat pada gambar 4



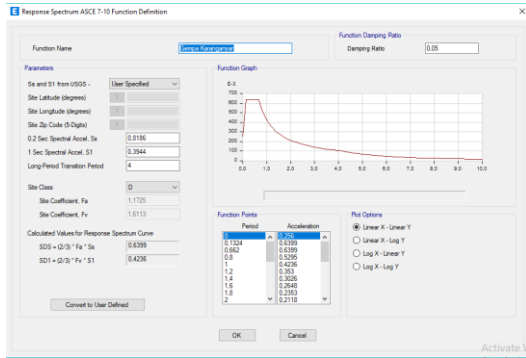
Gambar 4. Pemodelan struktur baja

Profil dan material baja menggunakan spesifikasi sesuai dengan *shopdrawing* dan data dari proyek yaitu menggunakan material baja tipe JIS SS 400, kolom menggunakan profil HB 400 X 400 X 13 X 21 dan balok menggunakan WF 300 X 150 X 6,5 X 9. Hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar 5.



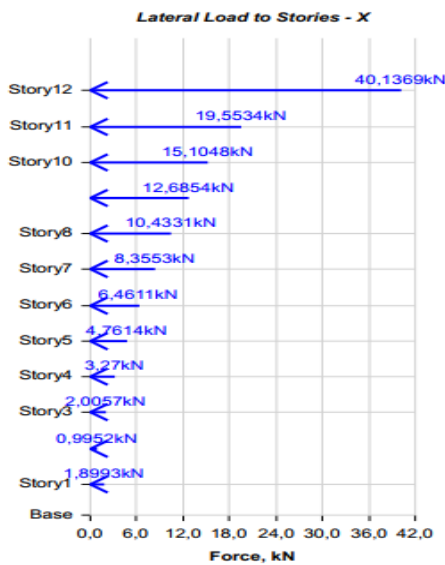
Gambar 5. Pemodelan struktur baja

Gambar input respon spektrum data pada ETABS dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6 Input respons spektrum gempa Kab. Karanganyar

Hasil Analisis beban gempa arah x dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Beban gempa arah - x

Tabel.2 Hasil analisa beban gempa arah - x

No	Story	Beban arah - x (kN)	Beban arah - y (kN)
1	Story 12	40,1369	0
2	Story 11	19,5534	0
3	Story 10	15,1048	0
4	Story 9	12,6854	0
5	Story 8	10,4331	0
6	Story 7	8,3553	0
7	Story 6	6,4611	0
8	Story 5	4,7614	0
9	Story 4	3,27	0
10	Story 3	2,0057	0
11	Story 2	0,9952	0
12	Story 1	1,8993	0
13	Base	0	0

Hasil analisis demand/capacity rasio balok dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Hasil analisa *demand / capacity ratio* metode ultimit pada balok

No	Story	Demand/Capacity Ratio			
		Balok B5	Balok B6	Balok B7	Balok B8
1	Story 1	0,451	0,603	0,591	0,435
2	Story 2	0,728	0,828	0,789	0,681
3	Story 3	0,842	0,897	0,853	0,783
4	Story 4	0,852	0,873	0,827	0,790
5	Story 5	0,824	0,828	0,784	0,763
6	Story 6	0,785	0,781	0,739	0,728
7	Story 7	0,745	0,748	0,707	0,690
8	Story 8	0,705	0,712	0,673	0,653
9	Story 9	0,662	0,664	0,626	0,614
10	Story 10	0,602	0,609	0,576	0,561
11	Story 11	0,508	0,520	0,496	0,477
12	Story 12	0,358	0,267	0,260	0,342

Hasil analisa demand/capacity rasio pada kolom dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisis *demand / capacity ratio* metode ultimit pada kolom

No	Story	Demand/Capacity Ratio			
		Kolom C5	Kolom C6	Kolom C7	Kolom C8
1	Story 1	0,800	0,803	0,814	0,801
2	Story 2	0,735	0,738	0,749	0,736
3	Story 3	0,669	0,672	0,683	0,670
4	Story 4	0,596	0,600	0,611	0,598
5	Story 5	0,524	0,527	0,538	0,526
6	Story 6	0,453	0,456	0,467	0,455
7	Story 7	0,384	0,387	0,398	0,386
8	Story 8	0,315	0,318	0,330	0,317
9	Story 9	0,249	0,251	0,263	0,250
10	Story 10	0,194	0,200	0,209	0,205
11	Story 11	0,156	0,163	0,172	0,168
12	Story 12	0,233	0,241	0,237	0,244

Berdasarkan data d/c rasio, seluruh balok dan kolom memenuhi persyaratan keamanan dimana semua nilai rasionya dibawah 1. Sehingga tidak perlu adanya perubahan profil baja.

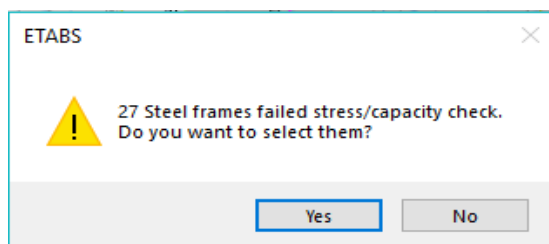
Berat bangunan struktur baja dengan metode ultimit dapat dilihat pada tabel 5.



Tabel 5 Berat bangunan dengan metode ultimit

No	Story	Berat - x (kg)	Berat - y (kg)
1	Story 12	44815	44815
2	Story 11	25208,93	25208,93
3	Story 10	22799,85	22799,85
4	Story 9	22799,85	22799,85
5	Story 8	22799,85	22799,85
6	Story 7	22799,85	22799,85
7	Story 6	22799,85	22799,85
8	Story 5	22799,85	22799,85
9	Story 4	22799,85	22799,85
10	Story 3	22799,85	22799,85
11	Story 2	22799,85	22799,85
12	Story 1	152368,11	152368,11
13	Base	1751,29	1751,29
	Total	429342	429342
		858683,96	

Pada saat analisa d/c rasio terjadi kegagalan *frame* atau rangka yang disebabkan *demand / capacity* rasio bernilai lebih dari 1. Akibat dari d/c rasio yang melebihi batas aman dapat menyebabkan kegagalan bangunan, maka perlu dilakukan pergantian profil dengan menggunakan profil baja dengan dimensi dan kekuatan yang lebih besar agar tidak terjadi kegagalan. Kegagalan rangka pada analisa ETABS dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Kegagalan *frame*

Kegagalan rangka terjadi pada 27 rangka. Setelah dilakukan pergantian rangka, maka terdapat pergantian 13 rangka balok yang diganti profilnya menjadi WF 350 X 175 X 7 X 11 dan 14 buah balok yang diganti menjadi WF 400 X 200 X 7 X 11. Data analisa d/c rasio setelah dilakukan pergantian balok dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisa *demand / capacity ratio* metode tegangan ijin pada balok

No	Story	Demand/Capacity Ratio			
		Balok B5	Balok B6	Balok B7	Balok B8
1	Story 1	0,575	0,781	0,763	0,567
2	Story 2	0,881	0,852	0,809	0,858
3	Story 3	0,882	0,825	0,782	0,855
4	Story 4	0,845	0,797	0,754	0,815
5	Story 5	0,856	0,873	0,824	0,823
6	Story 6	0,852	0,848	0,800	0,828
7	Story 7	0,841	0,819	0,772	0,859

8	Story 8	0,866	0,838	0,789	0,902
9	Story 9	0,670	0,641	0,603	0,789
10	Story 10	0,635	0,619	0,585	0,813
11	Story 11	0,642	0,768	0,730	0,742
12	Story 12	0,473	0,427	0,404	0,525

Tabel 7 Hasil analisa *demand / capacity ratio* metode tegangan ijin pada kolom

No	Story	Demand/Capacity Ratio			
		Kolom C5	Kolom C6	Kolom C7	Kolom C8
1	Story 1	0,923	0,938	0,946	0,927
2	Story 2	0,947	0,951	0,963	0,956
3	Story 3	0,785	0,793	0,816	0,806
4	Story 4	0,697	0,705	0,725	0,715
5	Story 5	0,657	0,666	0,687	0,677
6	Story 6	0,565	0,574	0,593	0,583
7	Story 7	0,511	0,517	0,535	0,527
8	Story 8	0,396	0,462	0,480	0,478
9	Story 9	0,323	0,330	0,344	0,337
10	Story 10	0,333	0,327	0,341	0,351
11	Story 11	0,315	0,333	0,348	0,334
12	Story 12	0,308	0,309	0,310	0,319

Berat bangunan struktur baja dengan metode tegangan ijin dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Berat bangunan dengan metode tegangan ijin

No	Story	Berat - x (kg)	Berat- y (kg)
1	Story 12	44815	44815
2	Story 11	25208,93	25208,93
3	Story 10	22941,86	22941,86
4	Story 9	22989,2	22989,2
5	Story 8	22891	22891
6	Story 7	22921,39	22921,39
7	Story 6	22921,39	22921,39
8	Story 5	22921,39	22921,39
9	Story 4	22989,2	22989,2
10	Story 3	22989,2	22989,2
11	Story 2	22955,3	22955,3
12	Story 1	152368,11	152368,11
13	Base	1751,29	1751,29
	Total	430663,26	430663,26
		861326,52	

Hasil perbandingan rerata *demand/capacity* rasio pada balok dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Hasil analisa perbandingan rerata d/c rasio balok

No	Story	Metode Ultimit	Metode Tegangan ijin
1	Story 1	0,52	0,6715
2	Story 2	0,7565	0,85
3	Story 3	0,8438	0,836
4	Story 4	0,8355	0,80275
5	Story 5	0,7998	0,844
6	Story 6	0,7583	0,832
7	Story 7	0,7225	0,8228
8	Story 8	0,6858	0,8488
9	Story 9	0,6415	0,6758
10	Story 10	0,587	0,663
11	Story 11	0,5003	0,7205
12	Story 12	0,3068	0,4573
	Total rerata	0,6631	0,752

Hasil perbandingan rerata *demand/capacity* rasio pada kolom dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Hasil analisa perbandingan rerata d/c rasio kolom

No	Story	Metode Ultimit	Metode Tegangan ijin
1	Story 1	0,8045	0,9335
2	Story 2	0,7395	0,95425
3	Story 3	0,6735	0,8
4	Story 4	0,60125	0,7105
5	Story 5	0,52875	0,67175
6	Story 6	0,45775	0,57875
7	Story 7	0,38875	0,5225
8	Story 8	0,32	0,454
9	Story 9	0,25325	0,3335
10	Story 10	0,202	0,338
11	Story 11	0,16475	0,3325
12	Story 12	0,23875	0,3115
	Total rerata	0,4477	0,752

Berdasarkan perbandingan pada tabel 9 dan tabel 10 diketahui terdapat kenaikan rasio terhadap metode ultimit sebesar 13,4% pada balok dan 29% pada kolom.

Hasil perbandingan rerata berat struktur baja pada dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan berat struktur baja

No	Story	Berat – x & - y Metode ultimit (kg)	Berat – x & - y Metode tegangan ijin (kg)
1	Story 12	89630	89630
2	Story 11	50417,86	50417,86
3	Story 10	45599,7	45883,72
4	Story 9	45599,7	45978,4
5	Story 8	45599,7	45782
6	Story 7	45599,7	45842,78
7	Story 6	45599,7	45842,78
8	Story 5	45599,7	45842,78
9	Story 4	45599,7	45978,4
10	Story 3	45599,7	45978,4
11	Story 2	45599,7	45910,6
12	Story 1	304736,2	304736,2
13	Base	3502,58	3502,58
	Total	858684	861326,5
	Selisih dari total	2642,56	

Berdasarkan perbandingan pada tabel 4.18 diketahui terdapat selisih antara metode tegangan ijin dengan metode ultimit sebesar 2642,56 kg atau terdapat kenaikan berat sebesar 0,3% terhadap metode ultimit.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis perhitungan dapat disimpulkan bahwa perbandingan nilai *demand*

*/ capacity ratio (factor of safety)* antara metode ultimit (LRFD) dan tegangan ijin (ASD) yaitu sebesar 13,4 % pada balok dan 29% pada kolom. Perbandingan berat struktur baja antara metode ultimit atau (LRFD) dan tegangan ijin (ASD) yaitu sebesar sebesar 0,3% atau 2642,56 kg.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian terutama dalam pengumpulan data-data penelitian yaitu pelaksana proyek menara masjid.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Afif, D., 2016. *Perencanaan Struktur Baja Bangunan Atas Gedung Air Traffic Control Tower Bandara Samarinda Baru*. Institut Teknologi Malang. Malang.
- Afriyanto, A., 2017. *Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode Pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya*. Teknik Sipil FTSP – ITS, Surabaya.
- Azhari, G., 2015. *Analisa Sambungan Batang Tarik Struktur Baja Dengan Metode ASD Dan Metode LRFD*. Sekolah Tinggi Teknologi Garut.
- Bayhaqi, J.A., Suprpto, B., 2018. *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Pada Gedung Dormitory Taiwan Staaf Building kota Bekasi*. Universitas Islam Malang, Malang.
- Imran, A., Priskasari, E., Santosa, A., 2017. *Analisa Perbandingan Portal Gable Frame Baja Wf Dan Rangka Baja Siku Dan T*.
- Indarto, Himawan, dkk. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726:2012 for Dummies*. Semarang: UNNES.
- Nugraha, Riyandi, 2014. *Analisis Struktur Portal Gedung Kantor Balai Kesehatan Olahraga Masyarakat (Bkom)*.
- Nur Cahya, H., 2014. *Studi Analisis Perbandingan Metode ASD (Allowable Stress Design) dengan LRFD (Load And Resistance Factor Design) Pada Struktur Gable Frame Di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang*. Institut Teknologi Malang. Malang.

- Ramadhan, H., 2014. *Studi Analisis Perbandingan Baja Profil WF (Wide Flange) Menggunakan Metode Allowable Stress Design (ASD) Dan Load And Resistance Factor Design (LRFD) Dengan Model Struktur Gable Frame Pada Relokasi Pasar Blimbing Malang*. Institut Teknologi Malang. Malang.
- Renaldy, F., Rachmawati, A., 2018. *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Gedung Lab Terpadu Universitas Islam Malang*. Universitas Islam Malang. Malang.
- Saputra, S.A., Dewi, S.U., 2020. *Analisis Struktur Kolom Dan Balok Baja Ditinjau Dari kekuatan Dan Biaya Pada Gedung Kantor PIn Distribusi Lampung*. Universitas Lampung. Lampung.
- Zainuddin, 2015. *Studi Analisis Perbandingan Struktur Gable Frame Menggunakan Profil Baja WF Dengan Struktur Rangka menggunakan Profil Baja Siku Dengan Metode LRFD Pada Gedung STFT (Sekolah Tinggi Filsafat Teologi) Malang*. Institut Teknologi Malang. Malang