

## **TUGAS AKHIR**

# **STUDI PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR ATAS BERDASARKAN PERATURAN KETAHANAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN SNI 1726-2019 PADA GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK)**

## **UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

*Disusun Dan Disetujui Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik S-1 Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang*



**Disusun Oleh :**

**MICHAEL TIMBU DONA**

**1721021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR ATAS  
BERDASARKAN PERATURAN KETAHANAN GEMPA SNI  
1726-2012 DAN SNI 1726-2019 PADA GEDUNG FAKULTAS  
ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK)  
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

*Telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan*

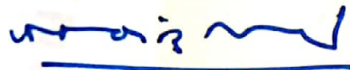
*Pada tanggal 17 Maret 2022*

**Disusun Oleh :**

**Michael Timbu Dona**  
1721021


**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing 1**



**Ir. Sudirman Indra, MSc**  
NIP.Y. 1018700150

**Dosen Pembimbing 2**

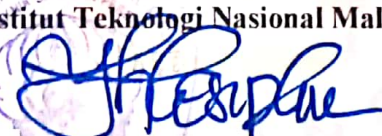


**Ir. Ester Priskasari, MT**  
NIP.Y. 1039400365

Malang, 28 Juni 2022

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang**



**Dr. Yosimson P. Manaha, ST, MT**  
NIP.Y. 1030300383

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2022

# LEMBAR PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

### STUDI PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR ATAS BERDASARKAN PERATURAN KETAHANAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN SNI 1726-2019 PADA GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK) UNIVERSITAS NEGERI MALANG

*Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Hadapan Dosen Pembahas Tugas Akhir  
Jenjang Strata (S-1)*

*Pada Tanggal 17 Februari 2022*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Sipil (S-1)*

**Disusun Oleh :**

**Michael Timbu Dona**  
1721021

**Dosen Penguji :**

**Dosen Penguji 1**



**Ir. Bambang Wedyantadji, MT**  
NIP.Y. 1018500093

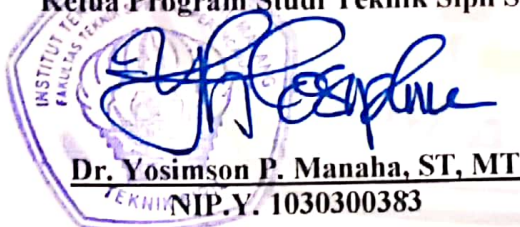
**Dosen Penguji 2**



**Mohammad Erfan, ST, MT**  
NIP.Y. 1031500508

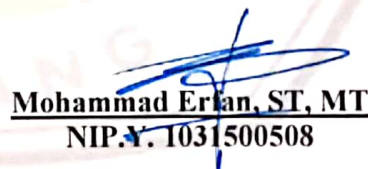
**Disahkan Oleh :**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



**Dr. Yosimson P. Manaha, ST, MT**  
NIP.Y. 1030300383

**Sekretaris Program Studi**



**Mohammad Erfan, ST, MT**  
NIP.Y. 1031500508

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

## LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Michael Timbu Dona

NIM : 1721021

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul :  
**“STUDI PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR ATAS BERDASARKAN PERATURAN KETAHANAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN SNI 1726-2019 PADA GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK) UNIVERSITAS NEGERI MALANG”**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dekemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 28 Juni 2022

Michael Timbu Dona membuat pernyataan



Michael Timbu Dona

NIM : 1721021

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Tiada henti saya mengucapkan syukur padamu Tuhan Yesus Kristus karena atas segala tuntutanmu saya berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini, walaupun banyak tantangan dan cobaan tapi saya selalu percaya engkau tetap menyertai.

Tak mudah saya meraih ini semua, saya sadari itu, bercucuran keringat pada tahun pertama awal kuliah, curahan air mata saat suka dan duka, pengorbanan pahit dan manis perjalananku di kampus ITN Malang, sangat saya syukuri dan nikmati. Semua karena banyak orang yang terus mendukung saya dari awal kuliah sampai selesai wisuda saat ini.

### **TUGAS AKHIR INI SAYA PERSEMBAHKAN UNTUK :**

Kedua orang tuaku tercinta, Bapa dan Mama serta seluruh keluarga tercinta.

Saya mencoba memberikan yang terbaik, pribadi saya ini ingin melihat Bapa dan Mama bangga kepada saya.

Serta dosen yang telah mendukung, membantu, dan membimbing saya, Pak Bambang, Pak Dirman, Pak Ervan, Ibu Ester. Dan keluarga besar Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang, Pak Mahfud, kak Mea, Kak Ganda, Kak Frid, Kak Stiven, Kak Eka, Kak Rey, Kak Dion, Kak Andika, Kak P-bob, Angua Dewa, Kes Vinsen, Maun Eli, Adik Echa, keluarga besar RASEV dan masih banyak yang saya tidak bisa sebutkan satu persatu. Sekali lagi terimakasih banyak untuk kalian semuanya. Saya pribadi mohon maaf bila ada yang tidak disebutkan namanya, saya merasa bersyukur menjadi bagian dari kalian.

Terima Kasih kepada Seluruh Penghuni Kampus ITN Malang

**TUHAN YESUS MEMBERKATI**

**ABSTRAK**

**STUDI PERBANDINGAN PERILAKU STRUKTUR ATAS  
BERDASARKAN PERATURAN KETAHANAN GEMPA SNI  
1726-2012 DAN SNI 1726-2019 PADA GEDUNG FAKULTAS  
ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK)  
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

**Michael Timbu Dona<sup>1</sup>, Sudirman Indra<sup>2</sup>, Ester Priskasari<sup>3</sup>**

*<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*

*Email : [1721021michaeltimbudona@gmail.com](mailto:1721021michaeltimbudona@gmail.com)*

Besar dari beban gempa yang diperhitungkan pada struktur Gedung di Indonesia mengalami perubahan seperti pada peta gempa parameter percepatan gempa menurut SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019, perubahan ini termasuk juga perubahan pada Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget ( $oI/MMCER$ ) terpetakan, sehingga mengakibatkan berubahnya gaya gempa respons spektrum yang terjadi. Perubahan juga terjadi pada perkiraan Periode fundamental alami. Perhitungan Gaya gempa dengan kontrol base share, rekasi dasar juga mengalami perubahan sehingga kemungkinan nilai factor skala gaya berubah cukup signifikan. Kontrol gaya dasar (base share) menurut SNI 1726-2012, diperoleh hasil gaya gempa dinamis lebih besar dari 85% gaya gempa statis equivalen demikian juga dengan SNI 1726-2019 diperoleh hasil gaya gempa dinamis lebih berpengaruh dari 100 % gaya gempa statis equilavent dengan perbandingan hasil gaya gempa dasar gempa dinamis 3571,669 kg arah x dan 3647,202 kg arah y sedangkan bila dihitung dengan SNI 1726-2019 diperoleh hasil 4099,60 kg arah x dan 4211,8128 kg arah y. Sehingga ada kemungkinan Gedung yang diperhitungkan menurut peta gempa 2010- SNI 1726-2012 dibandingkan perhitungan menurut peta gempa 2017 dan SNI 1726-2019, harus diperhitungkan ulang atau apakah diperlukan perkuatan tambahan.

**Kata kunci :** Base Share, Dinamis, Respon Spektrum, Statis Equivalen

The amount of seismic load calculated on Indonesian building structures have changed such as the earthquake acceleration parameters in the earthquake map according to SNI 1726-2012 and SNI 1726-2019. These changes include changes in parameters of maximum earthquake acceleration spectral response which takes into account mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCER) which causes changes in the seismic force response spectrum that occurs. Changes also occur in the natural fundamental period estimation. In the calculation of earthquake forces with base share control, the basic reaction also changes, thus there's a significant possibility that the value of the force scale factor will change. The base share control according to SNI 1726-2012 results in the dynamic earthquake forces which are greater than 85% of the equivalent static earthquake forces. And according to SNI 1726-2019, the results of dynamic earthquake forces are more influential than 100% of the equivalent static earthquake forces with the ratio of the dynamic earthquake basic earthquake force results are 3571,669 kg in the x axis and 3647,202 kg in the y axis, while when calculated with SNI 1726-2019 the results are 4099.60 kg in the x axis and 4211.8128 kg in the y axis. Therefore, if a building is calculated according to the 2010-SNI 1726-2012 earthquake map and compared to the calculation according to the 2017 earthquake map and SNI 1726-2019, there is a possibility that it must be recalculated and considered whether additional reinforcement is needed.

**Keywords :** Base Share, Dynamic, Response Spectrum, Static Equivalent

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala Rahmat dan Karunia-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Perbandingan Perilaku Struktur Atas Berdasarkan Peraturan Ketahanan Gempa SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang” yang baik dan penuh semangat. Dalam penyusunan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

Dan penulis tak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
3. Bapak Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang
4. Bapak Ir. Sudirman Indra, Msc selaku dosen Pembimbing I
5. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT selaku dosen Pembimbing II.
6. Semua Dosen Teknik Sipil ITN Malang.
7. Keluarga besar Lab. Beton ITN Malang

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Demikian jika ada kekurangan dalam hal isi maupun sistematis penulisannya, oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini dengan baik.

Malang..... Juni 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| LEMBAR PERSETUJUAN.....  | i     |
| LEMBAR PENGESAHAN .....  | ii    |
| LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI .....  | iii   |
| LEMBAR PERSEMBAHAN .....   | iv    |
| ABSTRAK .....  | v     |
| KATA PENGANTAR .....   | vii   |
| DAFTAR ISI.....  | viii  |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xii   |
| DAFTAR TABEL.....  | xviii |
| DAFTAR GRAFIK.....   | xxi   |
| BAB I PENDAHULUAN.....   | 1     |
| 1.1 Latar Belakang.....  | 1     |
| 1.2 Identifikasi Masalah .....   | 2     |
| 1.3 Rumusan Masalah .....  | 2     |
| 1.4 Maksud Dan Tujuan .....  | 2     |
| 1.5 Manfaat.....   | 3     |
| 1.6 Batasan Masalah.....   | 3     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....  | 4     |
| 2.1 Tinjauan Umum.....   | 7     |
| 2.2 Prinsip Dasar Struktur Tahan Gempa.....  | 7     |
| 2.3 Pembebanan Pada Struktur.....  | 8     |
| 2.3.1 Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ) .....  | 8     |
| 2.3.2 Beban Mati Tambahan ( <i>Super Imposed Dead Load</i> ).....                  | 9     |
| 2.3.3 Beban Hidup ( <i>Live Load</i> ).....  | 9     |
| 2.3.4 Beban Gempa ( <i>Eartquake Load</i> ) .....                                  | 10    |
| 2.3.5 Kombinasi Pembebanan.....  | 19    |
| 2.4 Metode Analisis Beban Gempa .....  | 24    |
| 2.4.1 Metode Analisis Statik Ekuivalen ( <i>Statik Equivalent Analysis</i> ) ..... | 25    |
| 2.4.2 Desain Respon Spektrum .....   | 29    |
| 2.5 Kategori Desain Seismik .....  | 31    |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.6  | Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).....                          | 31        |
| 2.7  | Perencanaan Awal Dimensi.....                                    | 32        |
| 2.7.1                                      | <i>Preliminary</i> Elemen Pelat .....                            | 32        |
| 2.7.2                                      | <i>Preliminary</i> Elemen Balok.....                             | 33        |
| 2.7.3                                      | <i>Preliminary</i> Elemen Kolom .....                            | 34        |
| 2.8  | Perilaku Struktur.....   | 34        |
| 2.8.1                                      | Simpangan Antar Lantai .....                                     | 34        |
| 2.9  | Eksentrisitas (e) .....  | 36        |
| 2.9.1                                      | Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Rotasi Lantai Tinggal.. | 36        |
| 2.9.2                                      | Eksentrisitas Rencana.....                                       | 36        |
| 2.9.3                                      | Eksentrisitas Tambahan .....                                     | 37        |
| 2.9.4                                      | Ketidakteraturan Vertikal dan Horizontal .....                   | 37        |
| 2.10                                       | Perencanaan Struktur Balok.....                                  | 39        |
| 2.10.1                                     | Desain Tulangan Longitudinal Balok .....                         | 39        |
| 2.10.2                                     | Desain Tulangan Geser .....                                      | 41        |
| 2.10.3                                     | Desain Tulangan Terhadap Torsi .....                             | 43        |
| 2.11                                       | Perencanaan Struktur Kolom.....                                  | 44        |
| 2.11.1                                     | Desain Tulangan Longitudinal Kolom.....                          | 44        |
| 2.11.2                                     | Desain Tulangan Transversal.....                                 | 47        |
| 2.12                                       | Perencanaan Hubungan Balok Kolom (HBK).....                      | 49        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |  | <b>52</b> |
| 3.1  | Data Perencanaan .....   | 52        |
| 3.1.1                                      | Data Teknis Bangunan .....                                       | 52        |
| 3.1.2                                      | Mutu Bahan.....  | 52        |
| 3.2  | Teknik Pengumpulan Data .....                                    | 52        |
| 3.3  | Tahapan Perencanaan .....  | 52        |
| 3.3.1                                      | Studi Literatur .....  | 53        |
| 3.3.2                                      | Pengumpulan Data Perencanaan .....                               | 53        |
| 3.3.3                                      | Analisa Pembebanan .....   | 53        |
| 3.3.4                                      | Analisa Struktur (Pemodelan Struktur).....                       | 53        |
| 3.3.5                                      | Pemeriksaan Hasil Output.....                                    | 53        |
| 3.4  | Bagan Alir/ <i>Flowchart</i> .....                               | 54        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| BAB IV | ANALISA DAN PERHITUNGAN.....                                 | 56  |
| 4.1    | Perencanaan Dimensi Balok Dan Kolom.....                     | 58  |
| 4.1.1  | Dimensi Balok.....   | 58  |
| 4.1.2  | Dimensi Kolom.....   | 62  |
| 4.2    | Perhitungan Pembebanan.....                                  | 63  |
| 4.2.1  | Beban Mati (Dead Load).....                                  | 63  |
| 4.2.2  | Beban Hidup (Live Load).....                                 | 101 |
| 4.3    | Beban Gempa.....   | 103 |
| 4.3.1  | Analisis Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012.....                | 103 |
| 4.4    | Kontrol Perilaku Struktur.....                               | 128 |
| 4.4.1  | Eksentrisitas.....   | 128 |
| 4.4.2  | Kontrol Nilai Base Shear (Gaya Geser Dasar).....             | 133 |
| 4.4.3  | Kontrol Partisipasi Massa.....                               | 134 |
| 4.4.4  | Kontrol Simpangan Akibat Gempa Dinamis.....                  | 135 |
| 4.4.5  | Analisis Gempa Berdasarkan SNI 1726-2019.....                | 140 |
| 4.5    | Kontrol Perilaku Struktur.....                               | 164 |
| 4.5.1  | Eksentrisitas.....   | 164 |
| 4.5.2  | Kontrol Nilai Base Shear (Gaya Geser Dasar).....             | 166 |
| 4.5.3  | Kontrol Partisipasi Massa.....                               | 167 |
| 4.5.4  | Kontrol Simpangan Akibat Gempa Statis dan Dinamis.....       | 168 |
| 4.6    | Perhitungan Penulangan Struktur.....                         | 172 |
| 4.6.1  | Penulangan Balok 400 x 800 mm (Pada Balok 491 Lantai 1)..... | 172 |
| 4.6.2  | Perhitungan Penulangan Pada Kondisi Momen Maksimum.....      | 175 |
| 4.6.3  | P Dan WU Pada Baolok 400 x 800 mm.....                       | 200 |
| 4.6.4  | Perhitungan Momen MPR Pada Balok 400 x 800 mm.....           | 207 |
| 4.6.5  | Perhitungan Penulangan Pada Kondidi Momen Maksimum.....      | 208 |
| 4.6.6  | Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Balok 400 x 800.. | 245 |
| 4.6.7  | Penulangan Balok 500 x 800 mm (Pada Balok 472 Lantai 1)..... | 258 |
| 4.6.8  | Perhitungan Penulangan Pada Kondisi Momen Maksimum.....      | 261 |
| 4.6.9  | Perhitungan Perataan Beban Gelagar Pada Balok 500 x 800 mm   | 295 |
| 4.6.10 | Perhitungan Momen MPR Pada Balok 500 x 800 mm.....           | 302 |
| 4.6.11 | Perhitungan Penulangan Pada Kondidi Momen Maksimum.....      | 303 |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
| 4.6.12         | Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Balok 500 x 800.. | 339 |
| 4.6.13         | Penulangan Balok 350 x 700 mm (Pada Balok 463 Lantai 1)..... | 351 |
| 4.6.14         | Perhitungan Penulangan Pada Kondisi Momen Maksimum.....      | 354 |
| 4.6.15         | Perhitungan Perataan Beban Gelagar Pada Balok 350 x 700 mm   | 387 |
| 4.6.16         | Perhitungan Momen MPR Pada Balok 350 x 700 mm .....          | 394 |
| 4.6.17         | Perhitungan Penulangan Pada Kondisi Momen Maksimum.....      | 395 |
| 4.6.18         | Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Balok 350 x 700.. | 430 |
| 4.6.19         | Penulangan Balok 300 x 600 mm (Pada Balok 504 Lantai 1)..... | 443 |
| 4.6.20         | Perhitungan Penulangan Pada Kondisi Momen Maksimum.....      | 446 |
| 4.6.21         | P Dan WU Pada Balok 300 x 600 mm.....                        | 472 |
| 4.6.22         | Perhitungan Momen MPR Pada Balok 300 x 600 mm .....          | 479 |
| 4.6.23         | Perhitungan Penulangan Pada Kondisi Momen Maksimum.....      | 480 |
| 4.6.24         | Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Balok 300 x 600.. | 517 |
| 4.7            | Penulangan Kolom K1 (900 x 900).....                         | 530 |
| 4.7.1          | Desain Penulangan Longitudinal Kolom K1 900 x 900 .....      | 530 |
| 4.7.2          | Perhitungan Pembesaran Momen Kolom K1 900 x 900.....         | 570 |
| 4.7.3          | Diagram Interaksi Kolom K1 900 x 900.....                    | 573 |
| 4.7.4          | Desain Penulangan Transversal Kolom K1 900 x 900 .....       | 574 |
| 4.7.5          | Persyaratan Strong Column Weak Beam (SCWB).....              | 581 |
| 4.7.6          | Hubungan Balok Kolom (Joints) .....                          | 582 |
| 4.7.7          | Kontrol SCWB dan HBK K1 900 x 900.....                       | 590 |
| BAB V          | KESIMPULAN DAN SARAN .....                                   | 592 |
| 5.1            | Kesimpulan.....  | 592 |
| 5.2            | Saran.....   | 599 |
| DAFTAR PUSTAKA | .....  | 600 |
| LAMPIRAN       | .....  | 601 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 2.1 Peta Percepatan Spectrum Respon 1 Detik ( $S_s$ ) Dengan Nisbah Redaman 5% di Batuan Dasar SB Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun Berdasarkan Peta Gempa 2017 ..... | 11  |
| Gambar 2.2 Peta Percepatan Spectrum Respon 1 Detik ( $S_I$ ) Dengan Nisbah Redaman 5% di Batuan Dasar SB Untuk Probabilitas Terlampaui 2% Dalam 50 Tahun Berdasarkan Peta Gempa 2017. .... | 12  |
| Gambar 2.3 Peta Transisi Periode Panjang TL Wilayah Indonesia .....  | 13  |
| Gambar 2.4 Data Beban Gempa Berdasarkan Aplikasi <a href="http://puskim.pu.go.id">puskim.pu.go.id</a> .....  | 14  |
| Gambar 2.5 Spektrum Respon Desain .....  | 30  |
| Gambar 2.6 Geser Desain Untuk Kolom .....  | 47  |
| Gambar 2.7 Tulangan Transversal Pada Kolom .....   | 49  |
| Gambar 2.8 Luas Hubungan Balok Kolom ( <i>Joint</i> ) Efektif .....  | 51  |
| Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan .....  | 55  |
| Gambar 4.1 Denah lantai 1 Elevasi 5 meter Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....   | 56  |
| Gambar 4.2 Denah Lantai 2 Elevasi 4 meter Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....   | 56  |
| Gambar 4.3 Denah Lantai 3 Elevasi 4 meter Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....   | 57  |
| Gambar 4.4 Denah lantai 4, 5, 6, dan 7 Elevasi 4 meter Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....  | 57  |
| Gambar 4.5 Denah Lantai 1 Elevasi 5 meter .....  | 66  |
| Gambar 4.6 Denah Lantai 2 Elevasi 4 meter .....  | 76  |
| Gambar 4.7 Denah Lantai 3 Elevasi 4 meter .....  | 87  |
| Gambar 4.8 Denah lantai 4, 5, 6, dan 7 Elevasi 4 meter .....   | 94  |
| Gambar 4.9 Percepatan Spektrum Respons 0,2 Detik ( $S_s$ ) Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....   | 111 |
| Gambar 4.10 Percepatan Spektrum Respon 1 Detik ( $S_I$ ) Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....   | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 4.11 Percepatan Spektrum Respons 0,2 Detik (S <sub>s</sub> ) Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang ..... | 148 |
| Gambar 4.12 Percepatan Spektrum Respon 1 Detik (S <sub>1</sub> ) Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang .....    | 148 |
| Gambar 4.13 Letak Balok 400 x 800 (Tipe Balok B 491 Lantai 1).....  | 172 |
| Gambar 4.14 Momen Tumpuan Kiri.....   | 173 |
| Gambar 4.15 Momen Tumpuan Kanan.....  | 174 |
| Gambar 4.16 Momen Lapangan.....   | 174 |
| Gambar 4.17 Rencana Penulangan Tumpuan Kiri (Momen Negatif).....  | 175 |
| Gambar 4.18 Penampang Balok dan Diagram Momen Negatif Tumpuan Kiri..  | 179 |
| Gambar 4.19 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....   | 183 |
| Gambar 4.20 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan .....  | 187 |
| Gambar 4.21 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....   | 192 |
| Gambar 4.22 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....   | 196 |
| Gambar 4.23 Perhitungan Perataan Beban Gelagar.....   | 200 |
| Gambar 4.24 Letak Balok 400 x 800 (Tipe Balok 491 lantai 1).....  | 207 |
| Gambar 4.25 Rencana Penulangan Balok 400 x 800.....   | 208 |
| Gambar 4.26 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri .....   | 214 |
| Gambar 4.27 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....   | 218 |
| Gambar 4.28 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan .....  | 224 |
| Gambar 4.29 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan .....  | 228 |
| Gambar 4.30 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....   | 234 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4.31 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 238 |
| Gambar 4.32 Letak Balok 400 x 800 (Tipe Balok B 491 Lantai 1).....                 | 245 |
| Gambar 4.33 Letak Balok 500 x 800 (Tipe Balok B 472 Lantai 1).....                 | 258 |
| Gambar 4.34 Momen Tumpuan Kiri.....  | 259 |
| Gambar 4.35 Momen Tumpuan Kanan.....   | 260 |
| Gambar 4.36 Momen Lapangan.....  | 260 |
| Gambar 4.37 Rencana Penulangan Balok 500 x 800.....                                | 261 |
| Gambar 4.38 Penampang Balok dan Diagram Momen Negatif Tumpuan Kiri..               | 266 |
| Gambar 4.39 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 270 |
| Gambar 4.40 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan ..... | 276 |
| Gambar 4.41 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan ..... | 280 |
| Gambar 4.42 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....      | 286 |
| Gambar 4.43 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 290 |
| Gambar 4.44 Perhitungan Perataan Beban Gelagar.....                                | 295 |
| Gambar 4.45 Letak Balok 500 x 800 (Tipe Balok B 472 Lantai 1).....                 | 302 |
| Gambar 4.46 Rencana Penulangan Balok 500 x 800.....                                | 303 |
| Gambar 4.47 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri .....  | 308 |
| Gambar 4.48 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 312 |
| Gambar 4.49 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan ..... | 318 |
| Gambar 4.50 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 322 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4.51 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....      | 328 |
| Gambar 4.52 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 333 |
| Gambar 4.53 Letak Balok 500 x 800 (Tipe Balok B 472 Lantai 1).....                 | 339 |
| Gambar 4.54 Letak Balok 350 x 700 (Tipe Balok B 463 Lantai 1).....                 | 351 |
| Gambar 4.55 Momen Tumpuan Kiri.....  | 352 |
| Gambar 4.56 Momen Tumpuan Kanan.....   | 353 |
| Gambar 4.57 Momen Lapangan.....  | 353 |
| Gambar 4.58 Rencana Penulangan Balok 350 x 700.....                                | 354 |
| Gambar 4.59 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri .....  | 358 |
| Gambar 4.60 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 362 |
| Gambar 4.61 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan ..... | 367 |
| Gambar 4.62 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan ..... | 371 |
| Gambar 4.63 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....      | 377 |
| Gambar 4.64 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 381 |
| Gambar 4.65 Perhitungan Perataan Beban Gelagar.....                                | 387 |
| Gambar 4.66 Letak Balok 350 x 700 (Tipe Balok B 491 Lantai 1).....                 | 394 |
| Gambar 4.67 Rencana Penulangan Balok 350 x 700.....                                | 395 |
| Gambar 4.68 Penampang Balok dan Diagram Momen Negatif Tumpuan Kiri.                | 400 |
| Gambar 4.69 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 403 |
| Gambar 4.70 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan ..... | 410 |



|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4.71 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan ..... | 414 |
| Gambar 4.72 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....      | 418 |
| Gambar 4.73 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 422 |
| Gambar 4.74 Letak Balok 350 x 700 (Tipe Balok B 463 Lantai 1).....                 | 430 |
| Gambar 4.75 Letak Balok 300 x 600 (Tipe Balok B 504 Lantai 1).....                 | 443 |
| Gambar 4.76 Momen Tumpuan Kiri.....  | 444 |
| Gambar 4.77 Momen Tumpuan Kanan.....   | 445 |
| Gambar 4.78 Momen Lapangan.....  | 445 |
| Gambar 4.79 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri .....  | 451 |
| Gambar 4.80 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 455 |
| Gambar 4.81 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Tumpuan Kanan .....         | 459 |
| Gambar 4.82 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....      | 464 |
| Gambar 4.83 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 468 |
| Gambar 4.84 Perhitungan Perataan Beban Gelagar.....                                | 472 |
| Gambar 4.85 Letak Balok 300 x 600 (Tipe Balok 504 lantai 1).....                   | 479 |
| Gambar 4.86 Penampang Balok 300 x 600.....   | 480 |
| Gambar 4.87 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri .....  | 486 |
| Gambar 4.88 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....  | 490 |
| Gambar 4.89 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan ..... | 496 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4.90 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan ..... | 500 |
| Gambar 4.91 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Lapangan .....      | 506 |
| Gambar 4.92 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan .....      | 510 |
| Gambar 4.93 Letak Balok 300 x 600 (Tipe Balok B 504 Lantai 1).....                 | 517 |
| Gambar 4.94 Rencana Penulangan Kolom .....   | 531 |
| Gambar 4.95 Jarak Antar Tulangan .....   | 533 |

## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Spesifik Perbandingan Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 .....    | 4   |
| Tabel 2.2 Spesifik Perbandingan Kelas Situs Tanah Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 .....       | 4   |
| Tabel 2.3 Spesifik Perbandingan Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 .....         | 5   |
| Tabel 2.4 Spesifik Perbandingan Modal Partisipasi Massa Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 ..... | 6   |
| Tabel 2.5 Kategori Resiko Bangunan .....  | 15  |
| Tabel 2.6 Faktor Keutamaan Gempa .....  | 16  |
| Tabel 2.7 Koefisien Situs ( $F_a$ ) .....   | 17  |
| Tabel 2.8 Koefisien Situs ( $F_v$ ) .....   | 17  |
| Tabel 2.9 Faktor $R^a$ , $\Omega_o$ , dan $C_d$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....                      | 19  |
| Tabel 2.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ .....   | 26  |
| Tabel 2.11 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode Yang Dihitung.....                                     | 26  |
| Tabel 2.12 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....      | 31  |
| Tabel 2.13 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.....     | 31  |
| Tabel 2.14 Standar Minimum Tebal Pelat .....  | 33  |
| Tabel 2.15 Standar Tinggi Minimum Balok .....   | 33  |
| Tabel 2.16 Simpangan antar lantai Ijin .....  | 35  |
| Tabel 2.17 Ketidakberaturan Pada Struktur Horizontal.....   | 38  |
| Tabel 2.18 Ketidakberaturan Pada Struktur Vertikal.....   | 39  |
| Tabel 2.19 Kekuatan Geser Nominal Joint $V_n$ .....   | 50  |
| Tabel 4.1 Koefisien Reduksi Beban Hidup.....  | 102 |
| Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Uji SPT Benda Uji 1 .....   | 108 |
| Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Uji SPT Benda Uji 2.....  | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 4.4 Rekapitulasi Perhitungan Respon Spektrum Rencana Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang ..... | 117 |
| Tabel 4.5 Rekapitulasi Gaya Gempa Lateral .....   | 124 |
| Tabel 4.6 Centers of Mass and Rigidity .....  | 128 |
| Tabel 4.7 Perhitungan Eksentrisitas Rencana (ed).....   | 130 |
| Tabel 4.8 Koordinat Pusat Massa Baru.....   | 132 |
| Tabel 4.9 Base Shear (Gaya Geser Dasar) .....   | 133 |
| Tabel 4.10 Modal Participating Mass Ratio .....   | 134 |
| Tabel 4.11 Simpangan Akibat Gempa Dinamis (RSPX dan RSPY) .....   | 135 |
| Tabel 4.12 Simpangan Akibat RSPX (simpangan arah x dan y) Untuk Kontrol Batas Layan.....  | 136 |
| Tabel 4.13 Simpangan Akibat RSPX (simpangan arah x dan y) Untuk Kontrol Batas Layan.....  | 137 |
| Tabel 4.14 Simpangan Akibat RSPX (simpangan arah x) Untuk Kontrol Batas Ultimit .....   | 138 |
| Tabel 4.15 Simpangan Akibat RSPX (simpangan arah y) Untuk Kontrol Batas Ultimit .....   | 139 |
| Tabel 4.16 Rekapitulasi Data Uji SPT Benda Uji 1 .....  | 145 |
| Tabel 4.17 Rekapitulasi Data Uji SPT Benda Uji 2.....   | 146 |
| Tabel 4.18 Rekapitulasi Perhitungan Respon Spectrum Rencana Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang .....      | 154 |
| Tabel 4.19 Rekapitulasi Gaya Gempa Lateral .....  | 161 |
| Tabel 4.20 Centers of Mass and Rigidity .....   | 164 |
| Tabel 4.21 Perhitungan Eksentrisitas Takterduga.....  | 165 |
| Tabel 4.22 Pengecekan Eksentrisitas dan Torsi .....   | 166 |
| Tabel 4.23 Base Shear (Gaya Geser Dasar) .....  | 166 |
| Tabel 4.24 Modal Participating Mass Ratio .....   | 167 |
| Tabel 4.25 Simpangan Statis X.....  | 168 |
| Tabel 4.26 Simpangan Statis Y .....   | 169 |
| Tabel 4.27 Data Penulangan B1 400/800.....  | 199 |
| Tabel 4.28 Perataan Beban.....  | 204 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 4.29 Data Tulangan B1 400 x 800 .....     | 244 |
| Tabel 4.30 Data Penulangan Balok 500/800.....   | 295 |
| Tabel IV.31 Perataan Beban .....                | 299 |
| Tabel 4.32 Data Penulangan Balok 500/800.....   | 338 |
| Tabel 4.33 Data Penulangan Balok 350 x 700..... | 386 |
| Tabel 4.34 Perataan Beban.....                  | 391 |
| Tabel 4.35 Data Penulangan Balok 350 x 700..... | 429 |
| Tabel 4.36 Data Penulangan Balok 300/600.....   | 471 |
| Tabel 4.37 Perataan Beban.....                  | 476 |
| Tabel 4.38 Data Tulangan Balok 300 x 600 .....  | 516 |
| Tabel 4.39 Kontrol SCWB dsn HBK.....            | 590 |

## **DAFTAR GRAFIK**

|  |     |
|--|-----|
| Grafik 4.1 Respon Spektrum SNI 2012 .....  | 118 |
| Grafik 4.2 Respon Spektrum Rencana Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan<br>Universitas Negeri Malang ..... | 155 |