

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH KONFIGURASI DENAH BANGUNAN**  
**TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG SRPMK**  
**BETON BERTULANG**



**Disusun Oleh :**

**ABDILLAH MUSTLY HAKIM**  
**1431700054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

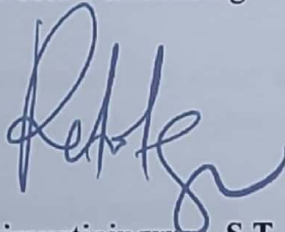
**2021**

# LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

## PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

Nama : Abdillah Mustly Hakim  
NBI : 1431700054  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Konfigurasi Denah Bangunan Terhadap Kinerja Struktur Gedung SRPMK Beton Bertulang

Disetujui Oleh,  
Dosen Pembimbing



Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.  
NPP. 20430.14.0626

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas 17 Agustus 1945  
Surabaya



Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes.  
NPP. 20410.90.0197

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Universitas 17 Agustus 1945  
Surabaya



Ir. Herry Widhiarto, M.Sc.  
NPP. 20430.87.0113

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abdillah Mustly Hakim  
NBI : 1431700054  
Alamat : Jl. Candi Lontar Kidul 45H no.19. Kota Surabaya  
Telp/Hp : 081234509529

Menyatakan bahwa "TUGAS AKHIR" yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Strata (S1) Teknik Sipil – Program Sarjana – Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dengan Judul Tugas Akhir :

**"PENGARUH KONFIGURASI DENAH BANGUNAN TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG SRPMK BETON BERTULANG"**

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari hasil karya orang lain.

Selanjutnya apabila dikemudian hari klaim dari pihak lain bukan tanggung jawab pembimbing dana atau pengelola program tetapi menjadi tanggung jawab saya sendiri.

Atas hal tersebut saya bersedia menerima sanksi, sesuai dengan hukum atau aturan yang berlaku di Indonesia.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa paksaan dari siapapun.

Surabaya, 07 Juli 2021



**ABDILLAH MUSTLY HAKIM**

1431700054

**PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa :

Nama : Abdillah Mustly Hakim

NBI : 1431700054

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya karya ilmiah saya yang berjudul :

**“PENGARUH KONFIGURASI DENAH BANGUNAN TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG SRPMK BETON BERTULANG”**

Dengan demikian saya memberikan ilmu pengetahuan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya maupun memberi royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa paksaan dari siapapun.

Surabaya, 07 Juli 2021



Abdillah Mustly Hakim



## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Penelitian tentang “**Pengaruh Konfigurasi Denah Bangunan Terhadap Kinerja Struktur Gedung SRPMK Beton Bertulang**”.

Tugas akhir ini telah kami susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak refrensi buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya, sehingga dapat memperlancar pembuatan Tugas Akhir ini. Untuk itu kami menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan **Tugas Akhir** ini.

Terlepas dari semua itu, kami menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka, kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki makalah ini. Untuk itu kami mengucapkan banyak terima kasih kepada beberapa orang yang sangat berperan dalam penyelesaian laporan ini diantaranya :

1. Orang tua (Ibu Yuyun Itariana) serta keluarga dari penulis yang senantiasa memberikan dukungan, doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama yang telah bersedia memberikan bimbingan dan arahan serta nasehat sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Herry Widhiarto, M.Sc. selaku ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Ibu Laily Endah Fatmawati, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan selama proses belajar penulis di perkuliahan.
5. Teman-teman Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya angkatan 2017 yang memberikan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Mahasiswa Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang memberikan dukungan untuk menyelesaikan Tugas akhir ini.
7. Terima kasih penulis ucapkan bagi semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Dengan bantuan beliau semua, penulis mendapatkan pengarahan maupun bimbingan dalam proses penyelesaian laporan ini. Akhir kata kami berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat maupun inspirasi terhadap pembaca.

Surabaya, 25 Juni 2021

Penulis

# PENGARUH KONFIGURASI DENAH BANGUNAN TERHADAP KINERJA STRUKTUR GEDUNG SRPMK BETON BERTULANG

Nama : Abdillah Mustly Hakim  
NBI : 1431700054  
Pembimbing : Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Kinerja struktur adalah tingkatan performa suatu struktur terhadap gempa rencana. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat tingkat kerusakan pada struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam desain struktur kinerja biasanya kinerja struktur didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan saat terjadi gempa tanpa mengesampingkan keselamatan terhadap penggunaan bangunan. Dalam tahap desain struktur gedung mengacu pada peraturan SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, dan SNI 1727-2019.

Analisis dilakukan pada 3 (tiga) variasi permodelan yang dibedakan berdasarkan ketidak beraturan struktur dengan bentuk denah “T”, “L” dan persegi. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan program SAP2000 untuk mendapatkan perilaku struktur dan dilakukan analisis nonlinier dengan menggunakan metode *Pushover analysis*. Dengan menerapkan peraturan yang umum di gunakan yaitu ATC-40, FEMA 356, dan FEMA 440.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa permodelan struktur beraturan berbentuk persegi dengan ukuran  $30m \times 30m$  lebih efisien dibandingkan model lainnya, dimana memiliki periode struktur, *Displacement* dan efek P-delta yang lebih kecil dari model lain. Serta level kinerja struktur permodelan beraturan, takberaturan “L” dan takberaturan “T” yaitu termasuk dalam kategori IO (*Immediate Occupancy*)

**Kata kunci :** Kinerja struktur, *pushover analysis*, konfigurasi bangunan, Periode struktur, *Displacement*, P-delta.

# **THE EFFECT OF BUILDING PLAN CONFIGURATION ON THE PERFORMANCE OF SPECIAL REINFORCED CONCRETE MOMENT FRAME BUILDING**

Name : Abdillah Mustly Hakim  
ID Number : 1431700054  
Advisor : Retno Trimurtiningrum, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Structural performance is the level of performance of a structure against the design earthquake. The performance level of the structure can be determined by looking at the level of damage to the structure when it is hit by a planned earthquake with a certain return period. In structural design, the performance of the structure is usually designed in accordance with the purpose and use when an earthquake occurs without compromising the safety of the use of the building. In the design stage of the building structure, it refers to the regulations of SNI 2847-2019, SNI 1726-2019, and SNI 1727-2019.

The analysis was carried out on 3 (three) variations of the model which were distinguished based on the irregularity of the structure with the shape of the "T", "L" and square plans. Furthermore, an analysis was carried out using the SAP2000 program to obtain structural behavior and a nonlinear analysis was carried out using the Pushover analysis method. By applying the commonly used regulations, namely ATC-40, FEMA 356, and FEMA 440.

The results of this study indicate that the modeling of a rectangular regular structure with a size of 30m×30m is more efficient than other models, which have a smaller structure period, displacement and P-delta effect than other models. As well as the level of performance of the regular, irregular "L" and irregular "T" modeling structures, which are included in the IO (Immediate Occupancy) category.

**Keywords :** Structure performance, pushover analysis, building configuration, Period, structural, Displacement, P-delta.



## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....   | <b>i</b>   |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | <b>x</b>   |
| <b>LAMPIRAN</b> .....   | <b>xx</b>  |
| <b>DAFTAR NOTASI</b> .....  | <b>xxi</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....  | <b>1</b>   |
| <b>1.1 Latar Belakang</b> .....                                       | <b>1</b>   |
| <b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....                                      | <b>3</b>   |
| <b>1.3 Tujuan</b> .....   | <b>3</b>   |
| <b>1.4 Batasan Masalah</b> .....                                      | <b>3</b>   |
| <b>1.5 Manfaat</b> .....  | <b>3</b>   |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                  | <b>5</b>   |
| <b>2.1 Penelitian Terdahulu</b> .....                                 | <b>5</b>   |
| <b>2.2 Material Beton</b> .....                                       | <b>8</b>   |
| <b>2.3 <i>Steel Reinforcement</i></b> .....                           | <b>9</b>   |
| <b>2.4 Ketentuan Umum Perencanaan Beton Dalam SNI 2847-2019</b> ..... | <b>10</b>  |
| <b>2.4.1 <i>Properties</i> material beton</b> .....                   | <b>10</b>  |
| <b>2.4.2 <i>Properties</i> material baja</b> .....                    | <b>10</b>  |
| <b>2.4.3 Beban rencana dan kombinasi beban</b> .....                  | <b>11</b>  |
| <b>2.4.4 Persyaratan selimut beton</b> .....                          | <b>11</b>  |
| <b>2.4.5 Spasi bersih antar tulangan (<i>s</i>)</b> .....             | <b>12</b>  |
| <b>2.5 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus</b> .....                   | <b>13</b>  |
| <b>2.6 Konfigurasi Struktur Bangunan</b> .....                        | <b>13</b>  |
| <b>2.6.1 Pengaruh Momen Puntir</b> .....                              | <b>14</b>  |
| <b>2.6.2 Klasifikasi Struktur Beraturan dan Tidak Beraturan</b> ..... | <b>15</b>  |
| <b>2.7 Analisa Struktur Terhadap Beban Gempa</b> .....                | <b>19</b>  |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>2.8</b>  | <b>Ketentuan Umum Bangunan Gedung Dalam Pengaruh Gempa. .20</b>   |           |
| 2.8.1       | Faktor Keutamaan .....  | 20        |
| 2.8.2       | Faktor Keutamaan Gempa.....   | 22        |
| 2.8.3       | Klasifikasi Situs .....   | 22        |
| 2.8.4       | Faktor Respon Gempa .....   | 23        |
| 2.8.5       | Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Resiko-tertaget <i>MCER</i> . ..... | 25        |
| 2.8.6       | Parameter Percepatan Spektral Desain .....  | 26        |
| 2.8.7       | Spektrum Respons Desain .....   | 26        |
| 2.8.8       | Kategori Desain Seismik.....  | 27        |
| 2.8.9       | Pemilihan Sistem Struktur .....   | 28        |
| <b>2.9</b>  | <b>Beban Angin.....</b>   | <b>29</b> |
| 2.10        | Analisa Level Kinerja Statik Nonlinear ( <i>Pushover</i> ) menggunakan ATC-40 dan metode FEMA 356.....                                      | 29        |
| 2.10.1      | Level Kinerja Struktur Menggunakan Metode ATC-40 .....  | 29        |
| 2.10.2      | Level Kinerja Struktur Menggunakan Metode FEMA 356 .....  | 33        |
| 2.10.3      | Metode <i>Displacment Coefficien</i> FEMA 440.....  | 37        |
| <b>2.11</b> | <b>Pembebanan .....</b>   | <b>38</b> |
| 2.11.1      | Beban Mati.....   | 38        |
| 2.11.2      | Beban Hidup .....   | 41        |
| 2.11.3      | Beban Gempa Statik Ekuivalen .....  | 43        |
| 2.11.4      | Beban Gempa Respon Spektrum.....  | 44        |
| <b>2.12</b> | <b>Kuat Lentur Balok.....</b>   | <b>47</b> |
| 2.12.1      | Batasan Desain.....   | 48        |
| 2.12.2      | Analisa Balok Tulangan Tunggal .....  | 50        |
| 2.12.3      | Analisa Balok Tulangan Rangkap.....   | 52        |
| 2.12.4      | Kuat Geser Balok .....  | 54        |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 2.12.5                                 | Momen Torsi Balok.....  | 57        |
| 2.12.6                                 | Parameter Tulangan Torsi Balok Sesuai SNI 2847-2019...<br>..... | 58        |
| 2.12.7                                 | Kuat Nominal Torsi $T_n$ .....                                  | 59        |
| 2.12.8                                 | Tulangan Torsi Minimum .....                                    | 60        |
| 2.12.9                                 | Spasi Tulangan Torsi .....                                      | 61        |
| 2.12.10                                | Batasan Mutu Material.....                                      | 61        |
| 2.13                                   | Elemen Struktur Kolom.....                                      | 62        |
| 2.13.1                                 | Desain Kekuatan : Wilayah I, II, III .....                      | 63        |
| 2.13.2                                 | Kombinasi Aksial Tekan Dan Biaksial Momen.....                  | 65        |
| 2.13.3                                 | Pengaruh Kelangsingan Kolom .....                               | 67        |
| 2.13.4                                 | Desain Geser Pada Kolom .....                                   | 73        |
| 2.14                                   | Pelat Lantai .....  | 76        |
| 2.14.1                                 | <i>Total Factored Static Moment</i> .....                       | 78        |
| 2.14.2                                 | Perbandingan Kekakuan Lentur Balok Terhadap Pelat...<br>.....   | 81        |
| 2.14.3                                 | <i>Direct Design Method (DDM)</i> .....                         | 84        |
| 2.14.4                                 | Distribusi <i>Longitudinal Moment</i> Pada Pelat.....           | 87        |
| 2.14.5                                 | <i>Equivalent Frame Method (EFM)</i> .....                      | 91        |
| 2.14.6                                 | Sistem Penulangan Pelat Dua Arah.....                           | 92        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b> |   | <b>97</b> |
| 3.1                                    | <i>Flow Chart</i> Penelitian .....                              | 97        |
| 3.2                                    | Penjelasan <i>Flowchart</i> .....                               | 100       |
| 3.2.1                                  | Studi Literatur.....  | 100       |
| 3.2.2                                  | <i>Preliminary Design</i> .....                                 | 100       |
| 3.2.3                                  | Pembebanan.....   | 100       |
| 3.2.4                                  | Permodelan dan analisa 3 permodelan menggunakan<br>SAP2000..... | 101       |
| 3.2.5                                  | Kontrol simpangan.....  | 103       |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 3.2.6                                      | Analisa Pengaruh P-delta dan Ketidak Beraturan Torsi ....   | 103        |
| 3.2.7                                      | Desain Tulangan.....  | 103        |
| 3.2.8                                      | Cek Persyaratan SNI 2847-2019 .....   | 104        |
| 3.2.9                                      | Analisa Kinerja Struktur Menggunakan <i>Pushover Analysis</i> .....   | 104        |
| 3.2.10                                     | Pengecekan Perilaku Struktur .....  | 104        |
| 3.2.11                                     | Perbandingan Perilaku dan Kinerja Struktur 3 Permodelan.....  | 104        |
| 3.2.12                                     | Kesimpulan .....  | 105        |
| <b>BAB IV ANALISA DAN PEMBEBANAN .....</b> |   | <b>107</b> |
| 4.1  | Preliminary Desain .....  | 107        |
| 4.1.1                                      | Deskripsi bangunan denah beraturan.....   | 107        |
| 4.1.2                                      | Perencanaan balok .....   | 109        |
| 4.1.3                                      | Perencanaan kolom .....   | 109        |
| 4.1.4                                      | Perencanaan pelat lantai .....  | 112        |
| 4.2  | Beban Mati dan Beban hidup .....  | 114        |
| 4.2.1                                      | Beban mati .....  | 114        |
| 4.2.2                                      | Beban hidup .....   | 117        |
| 4.2.3                                      | Beban angin .....   | 120        |
| 4.3  | Analisa Beban Gempa. ....   | 124        |
| 4.3.1                                      | Gempa respon spektrum .....   | 125        |
| 4.4  | Permodelan Struktur Gedung di SAP2000 .....   | 136        |
| 4.4  | Kontrol Gaya Geser Dinamis ( <i>Base Shear</i> ), Partisipasi Massa ( <i>Mass Ratio</i> ), Perpindahan ( <i>Displacement</i> ), dan pengaruh P-Delta..... | 151        |
| 4.4.1                                      | Kontrol Gaya Geser Dinamis ( <i>Base Shear</i> ).....   | 151        |
| 4.4.2                                      | Kontrol Partisipasi Massa ( <i>Mass Ratio</i> ) .....   | 153        |
| 4.4.3                                      | Kontrol Perpindahan ( <i>Displacement</i> ) .....   | 156        |
| 4.5  | Analisa Pengaruh P-Delta dan Ketidak Beraturan Torsi .....  | 183        |
| 4.5.1                                      | Cek Pengaruh Nilai P-Delta .....  | 183        |
| 4.5.2                                      | Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal .....  | 203        |

|                               |  |     |
|-------------------------------|--|-----|
| 4.6                           | Analisa Struktur .....   | 210 |
| 4.6.1                         | Desain Kuat Lentur Balok.....  | 210 |
| 4.6.2                         | Desain Tulangan Geser Balok SRPMK.....   | 224 |
| 4.6.3                         | Desain Elemen Kolom SRPMK.....   | 234 |
| 4.6.4                         | Analisa geser kolom SRPMK .....  | 243 |
| 4.6.5                         | Perhitungan tulangan geser kolom SRPMK.....  | 246 |
| 4.6.6                         | Sambungan lewatan pada kolom SRPMK.....  | 250 |
| 4.6.6                         | Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK) SRPMK. ....  | 251 |
| 4.6.7                         | Pelat lantai .....   | 260 |
| 4.7                           | Analisa Level Kinerja Statik <i>Nonlinear Pushover</i> .....   | 278 |
| 4.8                           | Kurva Kapasitas Analisa <i>Pushover</i> .....  | 286 |
| 4.9                           | Level Kinerja Struktur.....  | 294 |
| 4.9.1                         | Titik Kinerja ( <i>Performance Point</i> ) berdasarkan ATC-40....  | 294 |
| 4.9.2                         | Titik Kinerja ( <i>Performance Point</i> ) Berdasarkan FEMA-356....<br>.....                               | 304 |
| 4.9.3                         | Titik Kinerja ( <i>Performance Point</i> ) berdasarkan FEMA-440<br><i>Displacement Modification</i> . .... | 317 |
| 4.10                          | Hasil Grafik dan Tabel Analisa Perbandingan Kinerja Struktur ....<br>.....                                 | 325 |
| BAB V KESIMPULAN & SARAN..... |  | 333 |
| DAFTAR PUSTAKA .....          |  | 337 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Tulangan ulir/ sirip yang umum digunakan untuk konstruksi beton .9            |    |
| Gambar 2.2 Spasi bersih antar tulangan pada elemen beton .....                           | 13 |
| Gambar 2.3 Pengaruh momen puntir akibat gempa pada struktur bangunan.....                | 15 |
| Gambar 2.4 Ketidak beraturan horizontal .....  | 18 |
| Gambar 2.5 Ketidak beraturan horizontal .....  | 19 |
| Gambar 2.6 Ketidak beraturan horizontal .....  | 19 |
| Gambar 2.7 Desain respon spektrum .....  | 27 |
| Gambar 2.8 Tipikal kurva kapasitas pada berbagai tingkat kinerja .....                   | 31 |
| Gambar 2.9 Ilustrasi perancangan berbasis kinerja.....                                   | 32 |
| Gambar 2.10 Derajat keruntuhan (Degree of damage) .....                                  | 35 |
| Gambar 2.11 Kurva hubungan gaya dan perpindahan .....                                    | 36 |
| Gambar 2. 12 Momen terfaktor pada muka tumpuan balok.....                                | 49 |
| Gambar 2.13 Tulangan torsi pada balok .....  | 58 |
| Gambar 2.14 Grafik load contour $P_n - M_{nx} - M_{ny}$ . .....                          | 66 |
| Gambar 2.15 Kurva interaksi .....  | 67 |
| Gambar 2.16 Jackson & Moreland Alignment Chart.....                                      | 73 |
| Gambar 2.17 Formasi umum dari tulangan geser kolom .....                                 | 75 |
| Gambar 2.18 Pola deformasi yang terjadi pada pelat dua arah .....                        | 76 |
| Gambar 2.19 Konstruksi flat slab dan flat plate .....                                    | 77 |
| Gambar 2.20 Bar dan shearhead pada flat plate.....                                       | 78 |
| Gambar 2.21 Mekanisme static moment pada pelat interior dua arah .....                   | 79 |
| Gambar 2.22 Mekanisme static moment pada pelat eksterior dua arah .....                  | 80 |
| Gambar 2.23 Sistem equivalent rigid frame pada pelat dua arah .....                      | 82 |
| Gambar 2.24 Momen inersia penampang pelat T dan L .....                                  | 83 |
| Gambar 2.25 Nilai k berdasarkan parameter $bebw$ dan $th$ .....                          | 83 |
| Gambar 2.26 Diagram longitudinal moment untuk bentang interior .....                     | 86 |
| Gambar 2.27 Diagram longitudinal moment untuk bentang eksterior .....                    | 87 |
| Gambar 2.28 Effective cross section (potongan penampang efektif).....                    | 89 |
| Gambar 2.29 Sistem penulangan pelat dua arah; tulangan lentur dan tulangan<br>susut..... | 93 |
| Gambar 2.30 Dua tipe pelat sudut pada pelat dua arah .....                               | 94 |
| Gambar 2. 31 Transfer beban dari lantai ke balok pemikul .....                           | 95 |
| Gambar 3.1 flowchart.....  | 97 |



|  |     |
|--|-----|
| Gambar 3.2 Denah tak beraturan model "T" .....                           | 101 |
| Gambar 3.3 Denah beraturan persegi .....                                 | 102 |
| Gambar 3.4 Denah tak beraturan model "L" .....                           | 102 |
| Gambar 4. 1 Denah autoCAD LT.1 .....                                     | 107 |
| Gambar 4. 2 denah autoCAD LT.2-7 .....                                   | 108 |
| Gambar 4. 3 denah autoCAD LT.8 .....                                     | 108 |
| Gambar 4. 4 Arah teknan eksternal dinding dan atap .....                 | 123 |
| Gambar 4.5 Grafik tanah lunak .....                                      | 126 |
| Gambar 4. 6 Permodelan struktur SAP2000 langkah 1.....                   | 136 |
| Gambar 4. 7 Permodelan struktur SAP2000 langkah 2-2 .....                | 136 |
| Gambar 4. 8 Permodelan struktur SAP 2000 langkah 3.....                  | 137 |
| Gambar 4. 9 Permodelan SAP 2000 langkah 4 .....                          | 138 |
| Gambar 4. 10 Permodelan SAP2000 langkah 5-1 (balok) .....                | 138 |
| Gambar 4. 11 Permodelan SAP2000 langkah 5-2 (kolom) .....                | 139 |
| Gambar 4. 12 Permodelan SAP2000 langkah 5-3 (pelat) .....                | 139 |
| Gambar 4. 13 Permodelan SAP2000 langkah 6-1 (Grid balok dan kolom) ..... | 140 |
| Gambar 4. 14 Permodelan SAP2000 langkah 6-2 (Pelat) .....                | 140 |
| Gambar 4. 15 Permodelan SAP2000 langkah 7 .....                          | 141 |
| Gambar 4. 16 Permodelan SAP2000 langkah 8 .....                          | 141 |
| Gambar 4. 17 Permodelan SAP2000 langkah 9 .....                          | 142 |
| Gambar 4. 18 Permodelan SAP2000 langkah 10 .....                         | 142 |
| Gambar 4. 19 Permodelan SAP 2000 langkah 11 (U1 100% dan U2 30%) .....   | 143 |
| Gambar 4. 20 Permodelan SAP2000 langkah 11 (U1 30% dan U2 100%) .....    | 143 |
| Gambar 4. 21 Permodelan SAP2000 langkah 12-1 .....                       | 144 |
| Gambar 4. 22 Permodelan SAP2000 langkah 12-2.....                        | 144 |
| Gambar 4. 23 Permodelan SAP2000 langkah 13 .....                         | 145 |
| Gambar 4. 24 Permodelan SAP2000 langkah 14 (beban balok) .....           | 145 |
| Gambar 4. 25 Permodelan SAP2000 langkah 14 (beban pelat) .....           | 146 |
| Gambar 4. 26 Permodelan SAP2000 langkah 15-1 (beban angin).....          | 146 |
| Gambar 4. 27 Permodelan SAP2000 langkah 15-2 (beban angin).....          | 147 |
| Gambar 4. 28 Permodelan SAP2000 langkah 15-3 (beban angin).....          | 147 |
| Gambar 4. 29 Permodelan SAP2000 langkah 15-4 (beban angin).....          | 148 |
| Gambar 4. 30 Permodelan SAP2000 langkah 15-5 (beban angin).....          | 148 |
| Gambar 4. 31 Permodelan SAP2000 langkah 15-6 (beban angin).....          | 149 |
| Gambar 4. 32 Permodelan SAP2000 langkah 16-1 (Set Analysis) .....        | 149 |
| Gambar 4. 33 Permodelan SAP2000 langkah 16-2 (Set Analysis) .....        | 150 |
| Gambar 4. 34 Permodelan SAP2000 langkah 17 Show Tables .....             | 150 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 4. 35 Displacement arah X .....                                    | 157 |
| Gambar 4. 36 Displacement arah y .....                                    | 157 |
| Gambar 4. 37 Displacement arah X .....                                    | 165 |
| Gambar 4. 38 Displacement arah Y .....                                    | 166 |
| Gambar 4. 39 Displacement arah X .....                                    | 174 |
| Gambar 4. 40 Displacement arah Y .....                                    | 175 |
| Gambar 4. 41 Menentukan P-delta pada SAP2000.....                         | 184 |
| Gambar 4. 42 Mendefinisikan kolom dan joint dalam satu grup .....         | 184 |
| Gambar 4. 43 Mendefinisikan grup kedalam Section Cut .....                | 185 |
| Gambar 4. 44 Load Combinatiton beban services .....                       | 185 |
| Gambar 4. 45 Show tables Load Combinaton untuk menentukan nilai P.....    | 186 |
| Gambar 4. 46 Hasil Nilai P dari Output SAP2000.....                       | 186 |
| Gambar 4. 47 Hasil Nilai Vx dan Vy dari output SAP2000 .....              | 187 |
| Gambar 4. 48 Tulangan tarik pada Tumpuan balok.....                       | 213 |
| Gambar 4. 49 Tulangan tarik daerah Lapangan balok .....                   | 217 |
| Gambar 4. 50 Analisa struktur bergoyang ke kanan .....                    | 217 |
| Gambar 4. 51 Analisa struktur bergoyang ke kiri .....                     | 219 |
| Gambar 4. 52 Gaya geser desain akibat gravitasi .....                     | 227 |
| Gambar 4. 53 Gaya geser desain beban gempa dari kiri .....                | 228 |
| Gambar 4. 54 Gaya geser desain gempa dari kanan.....                      | 228 |
| Gambar 4. 55 Gaya geser desain kombinasi beban gempa dari kiri .....      | 229 |
| Gambar 4. 56 Gaya geser desain akibat kombinasi beban gempa dari kanan... | 230 |
| Gambar 4. 57 Tulangan geser balok.....                                    | 233 |
| Gambar 4. 58 Tulangan geser balok.....                                    | 233 |
| Gambar 4. 59 Ilustrasi kolom.....   | 234 |
| Gambar 4. 60 Permodelan pada spColumn.....                                | 235 |
| Gambar 4. 61 Grafik analisa spColumn kombinasi 1 dan 2.....               | 235 |
| Gambar 4. 62 Grafik analisa spColumn kombinasi 3 .....                    | 236 |
| Gambar 4. 63 Momen hasil spColumn.....                                    | 236 |
| Gambar 4. 64 Ilustrasi Strong column weak beam .....                      | 237 |
| Gambar 4. 65 Kapasitas balok pada arah-x.....                             | 237 |
| Gambar 4. 66 Kapasitas balok arah-y .....                                 | 240 |
| Gambar 4. 67 Analisa Strong Column Weak Beam arah-x.....                  | 242 |
| Gambar 4. 68 Analisa Strong Column Weak Beam arah-y.....                  | 242 |
| Gambar 4. 69 Analisa momen pada kolom .....                               | 243 |
| Gambar 4. 70 Tulangan tarik pada kolom.....                               | 246 |
| Gambar 4. 71 Tulangan geser pada kolom.....                               | 250 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 4. 72 Desain akhir tulangan lentur dan geser pada kolom.....                       | 251 |
| Gambar 4. 73 Ilustrasi tulangan pada HBK .....  | 259 |
| Gambar 4. 74 Penampang HBK.....   | 260 |
| Gambar 4. 75 Formasi struktur pelat lantai dari gedung bertingkat.....                    | 260 |
| Gambar 4. 76 Panel pelat S dengan bentang $L1$ dan $L2$ .....                             | 262 |
| Gambar 4. 77 Penampang balok A dari pelat S .....   | 262 |
| Gambar 4. 78 Penampang balok B dari pelat S.....  | 263 |
| Gambar 4. 79 Equivalent rigid frame dalam perencanaan Pelat S .....                       | 266 |
| Gambar 4. 80 Momen longitudinal pada frame-C .....  | 267 |
| Gambar 4. 81 Momen longitudinal pada frame-2 .....  | 268 |
| Gambar 4. 82 Distribusi momen frame-C pada bagian column strip dan half strip.....        | 269 |
| Gambar 4. 83 Distribusi momen pada frame-C. ....  | 271 |
| Gambar 4. 84 Distribusi momen frame-2 pada bagian column strip dan half middle strip..... | 271 |
| Gambar 4. 85 Distribusi momen pada frame-2 .....  | 273 |
| Gambar 4. 86 Tinggi efektif pelat arah-x dan arah-y .....                                 | 274 |
| Gambar 4. 87 Analisa Pushover Langkah 1 (denah beraturan).....                            | 279 |
| Gambar 4. 88 Analisa Pushover Langkah 1 (denah T) .....                                   | 279 |
| Gambar 4. 89 Analisa Pushover Langkah 1 (denah L) .....                                   | 280 |
| Gambar 4. 90 Analisa Pushover Langkah 2 .....   | 280 |
| Gambar 4. 91 Analisa Pushover langkah 2 Isi load application.....                         | 281 |
| Gambar 4. 92 Analisa Pushover Langkah 2 ganti result saved .....                          | 281 |
| Gambar 4. 93 Analisa Pushover langkah 3 .....   | 282 |
| Gambar 4. 94 Analisa Pushover Langkah 3 isi load application.....                         | 282 |
| Gambar 4. 95 Analisa Pushover langkah 3 ganti result saved .....                          | 283 |
| Gambar 4. 96 Analisa Pushover arah y Langkah 3 .....                                      | 283 |
| Gambar 4. 97 Analisa Pushover langkah 4 frame hinges untuk balok.....                     | 284 |
| Gambar 4. 98 analisa Pushover langkah 4 frame hinges untuk balok.....                     | 284 |
| Gambar 4. 99 Analisa Pushover langkah 4 frame hinges untuk balok.....                     | 285 |
| Gambar 4. 100 Analisa Pushover langkah 4 Frame hinges untuk kolom .....                   | 285 |
| Gambar 4. 101 Analisa Pushover langkah 5 hinges overwrite.....                            | 286 |
| Gambar 4. 102 Analisa Pushover langkah 6 Run analysis pushover .....                      | 286 |
| Gambar 4. 103 Kurva kapasitas Pushover arah X pada gedung beraturan .....                 | 287 |
| Gambar 4. 104 Kurva kapasitas Pushover arah Y pada gedung beraturan .....                 | 288 |
| Gambar 4. 105 Kurva kapasitas Pushover arah X pada bangunan berbentuk “L” .....           | 289 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4. 106 Kurva kapasitas Pushover arah Y pada bangunan berbentuk "L"                      | 291 |
| Gambar 4. 107 Kurva kapasitas Pushover arah X pada bangunan berbentuk "T".                     | 292 |
| Gambar 4. 108 Kurva kapasitas Pushover arah Y pada bangunan berbentuk "T"                      | 293 |
| Gambar 4. 109 Kurva kapasitas ATC-40 arah X pada gedung beraturan                              | 295 |
| Gambar 4. 110 Kurva kapasitas ATC-40 arah Y pada gedung beraturan                              | 296 |
| Gambar 4. 111 Kurva kapasitas ATC-40 arah X pada gedung tak beraturan "L"                      | 298 |
| Gambar 4. 112 Kurva kapasitas ATC-40 arah Y pada gedung tak beraturan "L"                      | 299 |
| Gambar 4. 113 Kurva kapasitas ATC-40 arah X pada bangunan berbentuk "T"                        | 301 |
| Gambar 4. 114 Kurva kapasitas ATC-40 arah Y pada bangunan berbentuk "T"                        | 302 |
| Gambar 4. 115 Kurva kapasitas FEMA-356 arah Y pada bangunan beraturan                          | 305 |
| Gambar 4. 116 Kurva kapasitas FEMA-356 arah Y pada bangunan beraturan                          | 306 |
| Gambar 4. 117 Kurva kapasitas FEMA-356 arah X pada bangunan beraturan.                         | 306 |
| Gambar 4. 118 Kurva kapasitas FEMA-356 arah X pada bangunan beraturan.                         | 307 |
| Gambar 4. 119 Kurva kapasitas FEMA-356 arah X pada bangunan tak beraturan "L"                  | 309 |
| Gambar 4. 120 Calculated value kurva kapasitas FEMA-356 arah X pada bangunan tak beraturan "L" | 310 |
| Gambar 4. 121 Kurva kapasitas FEMA-356 arah Y pada bangunan tak beraturan "L"                  | 310 |
| Gambar 4. 122 Calculated Value Kurva kapasitas FEMA-356 arah Y pada bangunan tak beraturan "L" | 311 |
| Gambar 4. 123 Kurva kapasitas FEMA-356 arah X pada bangunan takberaturan "T"                   | 313 |
| Gambar 4. 124 Calculated Value kurva kapasitas FEMA-356 arah X pada bangunan takberaturan "T"  | 314 |
| Gambar 4. 125 Kurva kapasitas FEMA-356 arah Y pada bangunan takberaturan "T"                   | 314 |
| Gambar 4. 126 Calculated Value kurva kapasitas FEMA-356 arah Y pada bangunan takberaturan "T"  | 315 |

|  |          |
|--|----------|
| Gambar 4. 127 Kurva kapasitas FEMA-440 arah X pada bangunan beraturan  | 317      |
| Gambar 4. 128 kurva kapasitas FEMA-440 arah Y pada bangunan beraturan  | .318     |
| Gambar 4. 129 Kurva kapasitas FEMA-440 arah X pada bangunan takberaturan "L"   | .....320 |
| Gambar 4. 130 Kurva kapasitas FEMA-440 arah Y pada bangunan takberaturan "L"   | .....321 |
| Gambar 4. 131 Kurva kapasitas FEMA-440 arah X pada bangunan tak beraturan "T"  | .....323 |
| Gambar 4. 132 Kurva kapasitas FEMA-440 arah Y pada bangunan takberaturan "T"   | .....323 |
| Gambar 4. 133 Grafik perbandingan Displacement beraturan, takberaturan "L" dan takberaturan "T"                                | .....327 |
| Gambar 4. 134 Grafik perbandingan Displacement arah Y gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"    | .....327 |
| Gambar 4. 135 Grafik perbandingan P-delta arah X gedung beraturan. gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"         | .....328 |
| Gambar 4. 136 Grafik perbandingan P-delta arah Y gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T"         | .....329 |
| Gambar 4. 137 Grafik perbandingan Torsi dengan kapasitas ijin 1,2  | .....330 |
| Gambar 4. 138 Grafik perbandingan Torsi dengan kapasitas ijin 1,4  | .....330 |
| Gambar 4. 139 Grafik perbandingan Kurva kapasitas arah X gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T" | .....331 |
| Gambar 4. 140 Grafik perbandingan Kurva kapasitas arah Y gedung beraturan, gedung takberaturan "L" dan gedung takberaturan "T" | .....331 |

## DAFTAR TABEL

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 2.1 Jurnal penelitian terdahulu .....  | 5   |
| Tabel 2.2 Batasan nilai $f_c'$ .....   | 10  |
| Tabel 2.3 Kombinasi beban.....   | 11  |
| Tabel 2.4 Ketebalan selimut beton (non prategang; cor ditempat) .....                                    | 12  |
| Tabel 2.5 Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa .....                   | 20  |
| Tabel 2.6 Faktor keutamaan gempa .....   | 22  |
| Tabel 2.7 Klasifikasi situs .....  | 23  |
| Tabel 2.8 Koefisien situs $F_a$ untuk menentukan $S_s$ .....   | 24  |
| Tabel 2.9 Kategori lokasi $F_v$ untuk menentukan nilai $S_1$ .....                                       | 25  |
| Tabel 2.10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.....     | 27  |
| Tabel 2.11 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1,0 detik. .... | 28  |
| Tabel 2.12 Kategori desain gedung (KDG) dan resiko kegempaan .....                                       | 28  |
| Tabel 2.13 Faktor $R$ , $C_d$ dan $\Omega_0$ untuk sistem pemikul gaya gempa .....                       | 28  |
| Tabel 2.14 Ketidak beraturan horizontal pada struktur .....  | 16  |
| Tabel 2.15 Level kinerja struktur .....  | 31  |
| Tabel 2.16 Beban mati dari berat sendiri bahan bangunan .....  | 38  |
| Tabel 2.17 Beban mati dari berat sendiri komponen bangunan .....   | 39  |
| Tabel 2.18 Beban hidup pada lantai .....   | 41  |
| Tabel 2.19 Beban hidup pada atap gedung.....   | 42  |
| Tabel 2.20 Tinggi minimum balok.....   | 48  |
| Tabel 2.21 Ketebalan minimum pelat dua arah dengan balok perangkai.....                                  | 84  |
| Tabel 2.22 Koefisien momen longitudinal pada daerah column strip.....                                    | 90  |
| Tabel 2.23 $A_s, min$ untuk pelat dua arah non-prategang .....   | 92  |
| Tabel 4. 1 Beban mati pada bangunan .....  | 114 |
| Tabel 4. 2 Beban hidup pada bangunan .....   | 117 |
| Tabel 4. 3 Faktor kepentingan beban angin .....  | 120 |
| Tabel 4.4 Perkiraan cuaca wilayah Surabaya 16/03/21 .....  | 121 |
| Tabel 4. 5 Faktor arah angin $K_d$ .....   | 121 |
| Tabel 4. 6 Koefisien tekanan internal.....   | 122 |
| Tabel 4. 7 Koefisien tekanan eksternal dinding, $C_p$ .....  | 123 |
| Tabel 4. 8 Koefisien tekanan eksternal atap,.....  | 124 |
| Tabel 4. 9 Kategori resiko bangunan .....  | 125 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabel 4.10 Data respon spektrum tanah lunak .....  | 126 |
| Tabel 4.11 Data tanah respon spektrum tanah lunak.....   | 127 |
| Tabel 4.12 Faktor resiko struktur .....  | 130 |
| Tabel 4.13 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik. .... | 131 |
| Tabel 4. 14 Kategori desain seismik berdasarkan parameter perncepatan pada perioda pendek. ....        | 131 |
| Tabel 4.15 Tingkat resiko gempa.....   | 132 |
| Tabel 4. 16 Faktor $R, C_D, \Sigma$ .....  | 134 |
| Tabel 4. 17 Berat seismik.....   | 135 |
| Tabel 4. 18 Hasil Output Gaya geser dinamis pada bangunan beraturan.....                               | 151 |
| Tabel 4. 19 Hasil output gaya geser dinamis pada bangunan takberaturan "L" .....                       | 152 |
| Tabel 4. 20 Hasil output gaya geser dinamis pada bangunan takberaturan "T" .....                       | 153 |
| Tabel 4. 21 Output Partisipasi masa pada bangunan beraturan.....                                       | 154 |
| Tabel 4. 22 hasil output partisipasi masa pada bangunan takberaturan "L" .....                         | 155 |
| Tabel 4. 23 Hasil output partisipasi masa pada bangunan takberaturan "T" .....                         | 155 |
| Tabel 4. 24 Hasil output partisipasi masa arah x.....  | 156 |
| Tabel 4. 25 Hasil output partisipasi masa arah y.....  | 161 |
| Tabel 4. 26 Hasil output displacement arah X .....   | 166 |
| Tabel 4. 27 Hasil output displacement arah Y .....   | 170 |
| Tabel 4. 28 Hasil output displacement arah X .....   | 175 |
| Tabel 4. 29 Hasil output displacement Y .....  | 179 |
| Tabel 4. 30 Hasil Rekapitulasi beban P Horizontal.....   | 187 |
| Tabel 4. 31 Hasil rekapitulasi $V_x$ beban lateral respon spektra arah X .....                         | 187 |
| Tabel 4. 32 Hasil rekapitulasi $V_y$ beban lateral respon spektra arah Y .....                         | 188 |
| Tabel 4. 33 Hasil rekapitulasi beban P horizontal.....   | 192 |
| Tabel 4. 34 Hasil rekaputilasi $V_x$ beban lateral respon spektra arah X .....                         | 193 |
| Tabel 4. 35 Hasil rekapitulasi $V_y$ beban lateral respon spektra arah Y .....                         | 193 |
| Tabel 4. 36 Hasil rekapitulasi beban P horizontal.....   | 198 |
| Tabel 4. 37 Hasil rekapitulasi $V_x$ beban lateral respon spektra arah x .....                         | 198 |
| Tabel 4. 38 Hasil rekapitulasi $V_y$ beban lateral respon spektra arah Y .....                         | 198 |
| Tabel 4. 39 Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi arah-X.....  | 204 |
| Tabel 4. 40 Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi arah-Y.....  | 205 |
| Tabel 4. 41 Hasil pengecekan ketidak beraturan torsi arah X.....                                       | 206 |
| Tabel 4. 42 Hasil pengecekan ketidak beraturan torsi arah Y .....                                      | 207 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 4. 43 Hasil pengecekan ketidak beraturan torsi arah X.....              | 208 |
| Tabel 4. 44 Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi arah Y .....              | 209 |
| Tabel 4. 45 Koefisien momen longitudinal pada daerah column strip.....        | 269 |
| Tabel 4. 46 Kurva Kapasitas Pushover arah X pada gedung beraturan .....       | 287 |
| Tabel 4. 47 Kurva kapasitas Pushover arah Y pada bangunan beraturan .....     | 288 |
| Tabel 4. 48 Kurva kapasitas Pushover arah x pada bangunan berbentuk "L"...    | 290 |
| Tabel 4. 49 Kurva kapasitas Pushover arah Y pada bangunan berbentuk "L" ..    | 291 |
| Tabel 4. 50 Kurva kapasitas Pushover Arah X pada bangunan berbentuk "T".      | 292 |
| Tabel 4. 51 Kurva kapasitas Pushover arah Y pada bangunan berbentuk "T".      | 294 |
| Tabel 4. 52 Evaluasi kinerja struktur arah X pada bangunan beraturan.....     | 296 |
| Tabel 4. 53 Evaluasi kinerja struktur arah Y pada bangunan beraturan.....     | 296 |
| Tabel 4. 54 Batasan kinerja struktur ATC-40 .....                             | 297 |
| Tabel 4. 55 Evaluasi kinerja struktur arah X pada bangunan berbentuk "L" .... | 299 |
| Tabel 4. 56 Evaluasi kinerja struktur arah Y pada bangunan berbentuk "L" .... | 299 |
| Tabel 4. 57 Batasan kinerja ATC-40.....                                       | 300 |
| Tabel 4. 58 Evaluasi kinerja struktur arah X pada bangunan berbentuk "T" .... | 302 |
| Tabel 4. 59 Evaluasi kinerja struktur arah Y pada bangunan berbentuk "T" .... | 302 |
| Tabel 4. 60 Batasan kinerja struktur ATC-40 .....                             | 303 |
| Tabel 4. 61 Evaluasi kinerja struktur arah X bangunan beraturan .....         | 307 |
| Tabel 4. 62 Evaluasi kinerja struktur arah Y bangunan beraturan .....         | 307 |
| Tabel 4. 63 Tabel kriteria FEMA-356 dan FEMA-440.....                         | 307 |
| Tabel 4. 64 Evaluasi kinerja struktur arah X bangunan takberaturan "L" .....  | 311 |
| Tabel 4. 65 Evaluasi kinerja struktur arah Y bangunan takberaturan "L" .....  | 311 |
| Tabel 4. 66 Tabel kriteria FEMA-356 dan FEMA-440.....                         | 311 |
| Tabel 4. 67 Evaluasi kinerja struktur arah X bangunan takberaturan "T" .....  | 315 |
| Tabel 4. 68 Evaluasi kinerja struktur arah Y bangunan takberaturan "T" .....  | 315 |
| Tabel 4. 69 Tabel kriteria FEMA-356 dan FEMA-440.....                         | 315 |
| Tabel 4. 70 Evaluasi kinerja struktur arah X bangunan beraturan .....         | 318 |
| Tabel 4. 71 Evaluasi kinerja struktur arah Y bangunan beraturan .....         | 318 |
| Tabel 4. 72 Tabel kriteria FEMA-356 dan FEMA-440.....                         | 318 |
| Tabel 4. 73 Evaluasi kinerja struktur arah X bangunan beraturan .....         | 321 |
| Tabel 4. 74 Evaluasi kinerja struktur arah Y bangunan beraturan .....         | 321 |
| Tabel 4. 75 Tabel kriteria FEMA-356 dan FEMA-440.....                         | 321 |
| Tabel 4. 76 Evaluasi kinerja struktur arah X bangunan beraturan .....         | 324 |
| Tabel 4. 77 Evaluasi kinerja struktur arah Y bangunan beraturan .....         | 324 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 4. 78 Tabel kriteria FEMA-356 dan FEMA-440.....      | 324 |
| Tabel 4. 79 Tabel perbandingan Base Reaction.....          | 325 |
| Tabel 4. 80 Tabel perbandingan Periode.....                | 325 |
| Tabel 4. 81 Perbandingan antar simpangan .....             | 326 |
| Tabel 4. 82 Tabel perbandingan simpangan antar lantai..... | 326 |
| Tabel 4. 83 Tabel perbandingan pengaruh P-delta.....       | 328 |
| Tabel 4. 84 Tabel perbandingan Torsi .....                 | 329 |
| Tabel 4. 85 Tabel perbandingan ATC-40.....                 | 332 |
| Tabel 4. 86 Tabel perbandingan FEMA-356.....               | 332 |
| Tabel 4. 87 Tabel perbandingan FEMA-440.....               | 332 |

## **LAMPIRAN**

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Lampiran 1 Hasil TURNIN..... | 341 |
|------------------------------|-----|

## DAFTAR NOTASI

|            |   |
|------------|---|
| $f'_c$     | : Kuat tekan beton.   |
| $E_s$      | : Modulus elastisitas.  |
| $t_s$      | : Tebal selimut beton.  |
| $s$        | : Spasi bersih antar tulangan.  |
| $I_e$      | : Faktor keutamaan.   |
| $S_s$      | : Percepatan batuan dasar pada periode pendek.  |
| $S_1$      | : Percepatan batuan pada periode 1 detik.   |
| $F_a$      | : Faktor amplifikasi getaran percepatan mewakili periode pendek.  |
| $F_v$      | : Faktor amplifikasi getaran percepatan mewakili 1 detik.   |
| $S_{MS}$   | : Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek.  |
| $S_{DS}$   | : Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek.  |
| $S_{D1}$   | : Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik.   |
| $T$        | : Periode getar fundamental struktur.   |
| $T_e$      | : Waktu getar efektif.  |
| $\delta_T$ | : Target perpindahan.   |
| $C_0$      | : Faktor modifikasi untuk perpindahan spektral menjadi perpindahan atap/puncak.   |
| $C_1$      | : Faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linear. |
| $C_2$      | : Faktor modifikasi yang mewakili efek dari bentuk histeresis pada perpindahan maksimum, diambil berdasarkan FEMA 356; Tabel 3-3.   |
| $C_3$      | : Koefisien untuk menghitung pembesaran lateral akibat $P-\Delta$ ( $P$ -delta).  |
| $g$        | : Percepatan gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/detik}^2$ ).   |
| $R$        | : <i>Strength ratio</i> .   |
| $a$        | : Konstanta.  |
| $C_s$      | : Koefisien respon seismik.   |
| $W$        | : Berat seismik efektif.  |
| $P_x$      | : Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat-x (kN).  |
| $\Delta$   | : Simpangan antar tingkat desain.   |
| $V_x$      | : Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat-x dan x-1 (kN).  |
| $h_{sx}$   | : Tinggi tiap tingkat di bawah tingkat-x, (mm).   |
| $C_d$      | : Faktor pembesaran defleksi.   |

|           |   |
|-----------|---|
| $P_u$     | : Gaya aksial terfaktor (N).  |
| $A_g$     | : Luas penampang bruto beton, (mm <sup>2</sup> ).   |
| $M_n$     | : Kekuatan lentur nominal pada penampang, (N-mm).   |
| $M_u$     | : Momen ultimate pada penampang, (N-mm).  |
| $T$       | : Gaya tarik tulangan tarik pada penampang beton, (N).  |
| $d$       | : Tinggi efektif penampang balok beton bertulang, (mm).   |
| $d'$      | : Jarak titik berat tulangan tekan ke serat terluar beton, (mm).  |
| $d_b$     | : Diameter nominal batang tulangan sengkang, (mm).  |
| $\phi$    | : Faktor reduksi kekuatan.  |
| $V_n$     | : Gaya geser nominal, (N).  |
| $V_c$     | : Gaya geser nominal yang di sumbangkan beton, (N).   |
| $V_s$     | : Gaya geser nominal yang di sumbangkan tulangan, (N).  |
| $V_u$     | : Gaya geser terfaktor pada penampang, (N).   |
| $A_v$     | : Luas penampang tulangan geser, (mm <sup>2</sup> ).  |
| $f_{yt}$  | : Mutu material dari tulangan, (MPa).   |
| $a$       | : Sudut antara tulangan geser dan tulangan lentur.  |
| $\lambda$ | : Faktor modifikasi; beton normal = 1,0.  |
| $\rho_w$  | : Rasio tulangan.   |
| $b_w$     | : Lebar penampang balok, (mm).  |
| $T_u$     | : Nilai torsi terfaktor dari hasil analisa struktur, (N-mm).  |
| $T_{th}$  | : Nilai torsi <i>threshold</i> , (N-mm).  |
| $A_{cp}$  | : Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, (mm <sup>2</sup> ).                                    |
| $P_{cp}$  | : Keliling luar penampang beton, (mm).  |
| $T_n$     | : Kekuatan momen torsi nominal, (N-mm).   |
| $A_o$     | : Luas bruto yang di lingkupi oleh alir geser, (mm).  |
| $A_t$     | : Luas kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi, (mm).   |
| $A_l$     | : Kekuatan momen torsi nominal, (N-mm).   |
| $P_h$     | : Keliling garis pusat tulangan torsi transversal tertutup terluar, (mm).                                       |
| $f_y$     | : kekuatan leleh tulangan yang di syaratkan, (MPa).   |
| $\theta$  | : 45° untuk balok nonprategang.   |
| $k$       | : Faktor panjang efektif yang besarnya tergantung pada kekangan-kekangan rotasional dan lateral ujung-ujungnya. |
| $l_u$     | : Panjang kolom yang tak terkekang.   |
| $r$       | : Jari-jari girasi penampang.   |
| $M_1$     | : Momen ujung terkecil pada elemen struktur tekan.  |
| $M_2$     | : Momen ujung terbesar pada elemen struktur tekan.  |



- $M_{1ns}$  : Momen ujung terfaktor pada ujung dimana  $M_1$  bekerja akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar.
- $M_{2n}$  : Momen ujung terfaktor pada ujung dimana  $M_2$  bekerja akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar.
- $M_{1s}$  : Momen ujung terfaktor pada ujung dimana  $M_1$  bekerja akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar.
- $M_{2s}$  : Momen ujung terfaktor pada ujung dimana  $M_2$  bekerja akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar.
- $\delta_s$  : Faktor pembesaran momen untuk rangka bergoyang.
- $\Sigma P_u$  : Beban vertikal total.
- $V_{us}$  : Gaya geser lantai total pada tingkat yang ditinjau.
- $l_c$  : Panjang komponen tekan, diukur dari pusat ke pusat *joint*.
- $\Delta_0$  : Simpangan relatif antar tingkat orde pertama pada tingkat yang ditinjau  $V_{us}$ .
- $M_c$  : Momen terfaktor orde pertama  $M_2$  yang diperbesar untuk pengaruh kurvatur komponen struktur.
- $\delta$  : Faktor pembesaran momen untuk mencerminkan pengaruh kurvatur komponen struktur antara ujung-ujung komponen tekan.
- $P_c$  : Beban tekuk kritis.
- $C_m$  : Faktor yang menghubungkan diagram momen aktual ke diagram momen seragam ekuivalen.
- $N_u$  : Gaya aksial terfaktor.
- $w_u$  : Beban terfaktor per unit luasan.
- $L_n$  : Bentang bersih.
- $L_1$  : Bentang as ke as arah memanjang.
- $L_2$  : Bentang as ke as arah memendek.
- $a_f$  : Rasio perbandingan kekakuan balok terhadap pelat.
- $E_{cb}$  : Modulus elastisitas material beton dari balok.
- $I_b$  : Momen inersia penampang balok.
- $E_{cs}$  : Modulus elastisitas material beton dari pelat.
- $I_s$  : Momen inersia penampang balok.
- $h$  : Tinggi keseluruhan penampang balok.
- $t$  : Tebal pelat lantai.
- $b_e$  : Lebar efektif sayap.
- $b_w$  : Lebar penampang balok.
- $w_u$  : Beban terfaktor persatuan panjang, (N/m)