

Universitas Katolik Santo Thomas

Repositori Unika Santo Thomas

<http://eprints.ust.ac.id>

---

Fakultas Teknik (FT)  
Program Studi Teknik Sipil

Undergraduate Papers

---

Bu'ulolo, Januari

2024

# Perencanaan Perkuatan Kolom Beton Bertulang dengan Metode *Concrete Jacketing* (Studi Kasus)

---

<http://eprints.ust.ac.id/id/eprint/214>

*Downloaded from Repositori Institusi UST, Universitas Katolik Santo Thomas*

**TUGAS AKHIR**  
**PERENCANAAN PERKUATAN KOLOM BETON**  
**BERTULANG DENGAN METODE *CONCRETE JACKETING***  
**(Studi Kasus)**

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat**  
**untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil**  
**(Struktur)**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS**  
**MEDAN**  
**2024**

**PERENCANAAN PERKUATAN KOLOM BETON  
BERTULANG DENGAN METODE *CONCRETE JACKETING*  
(Studi Kasus)**

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil  
(Struktur)**

**Disusun Oleh:**

**JANUARI BU'ULOLO**

**190310031**

Seminar Proposal : 23 November 2023

Seminar Isi : 10 Mei 2024

Sidang Meja Hijau : 30 Agustus 2024

Disetujui Oleh:

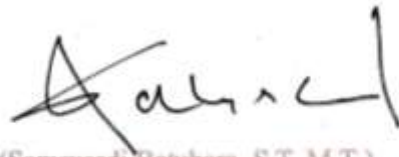
**(Ir. Martius Ginting, M.T. S.T.)**

Pembimbing

Disahkan Oleh:



**(Ir. Oloan Sitohang, M.T.)**  
Dekan Fakultas Teknik



**(Samsuardi Batubara, S.T. M.T.)**  
Ketua Program Studi

**PERENCANAAN PERKUATAN KOLOM BETON  
BERTULANG DENGAN METODE *CONCRETE JACKETING*  
(Studi Kasus)**

**Diajukan untuk melengkapi tugas-tugas dalam memenuhi syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil  
(Struktur)**

**Disusun Oleh:**

**JANUARI BU'ULOLO**

**190310031**

**Seminar Proposal : 23 November 2023**

**Seminar Isi : 10 Mei 2024**

**Bidang Meja Hijau : 30 Agustus 2024**

**Ditetujui Oleh:**

**(Ir. Martius Guntara, M.T.Si.)**

**Penguji I**

**(Ir. Simon Dertha Tarigan, M.T.)**

**Penguji II**

**(Samsuardi Batubara, S.T., M.T.)**

**Penguji III**

**(Yohanes Sibagatjeng, S.T., M.Sc)**

**Penguji IV**

## ABSTRAK

Perkuatan struktur merupakan suatu teknik untuk menaikkan kapasitas struktur dalam peninjauan kekuatan, kekakuan, daktilitas, stabilitas dan lainnya. Perkuatan sering dilakukan untuk memperkuat bangunan – bangunan yang telah rusak pasca gempa, konstruksi yang jelek, dan perubahan fungsional dari struktur. Pada penelitian ini bangunan yang akan diberikan perkuatannya adalah gedung *Pr Office* jl. Laboratorium no. 1 - Medan. Dalam perhitungan gaya-gaya dalam menggunakan bantuan *software* ETABS. Etabs ini sendiri sangat membantun untuk mempermudah dalam menyelesaikan penelitian ini.

Telah banyak metode yang dikembangkan untuk melakukan suatu teknik perkuatan, salah satu yang paling digemari adalah *concrete jacketing* karena metode pelaksanaan yang mudah. Dalam kasus ini penulis melakukan studi analitis terkait kapasitas dari suatu struktur yang telah dilakukan perubahan fungsional bangunan dengan adanya upaya perkuatan *concrete jacketing*.

Adapun tinjauan yang akan diamati dalam penelitian ini adalah penambahan lantai, terkait dengan gaya geser dasar bangunan, simpangan antar lantai, periode getar struktur dan kapasitas axial momen pada penampang kolom. Analisa beban menyesuaikan pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019 dengan menggunakan analisa gempa seismik dan desain bangunan gedung dan nongedung SNI 2847:2019.

Dari hasil penelitian tugas akhir ini, didapatkan bahwa pada kondisi eksisting struktur bangunan yang telah dinaikkan dari 3 lantai menjadi 5 lantai mengalami simpangan yang lebih besar dari pada simpangan izin menurut SNI 1726:2019 Tentang “Tata-tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung” dan peraturan SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

Maka dilakukan penambahan demensi pada kolom dengan metode *concrete jacketing*. Dengan adanya perkuatan *concrete jacketing* pada kolom maka akan terjadinya peningkatan gaya geser dasar. Disamping itu perkuatan dapat

mereduksi simpangan yang terjadi, dan adanya peningkatan kapasitas axial momen. Namun disisi lain, pada kasus ini perkuatan *concrete jacketing* dapat memperpendek getaran struktur, yang mana beban gempa akan menjadi lebih besar.

Kata kunci: Penambahan Lantai, *Concrete Jacketing* pada Kolom, Simpangan.



## **ABSTRACT**

*Structural strengthening is a technique for increasing the capacity of structures in terms of strength, stiffness, ductility, stability and others. Retrofitting is often carried out to strengthen buildings that have been damaged after the earthquake, poor construction, and functional changes to the structure. In this research, the building that will be strengthened is the Pr Office building, Jl. Laboratory no. 1 - Terrain. In calculating internal forces using the help of ETABS software. This Etabs itself is very helpful in making it easier to complete this research.*

*Many methods have been developed to carry out strengthening techniques, one of the most popular is concrete jacketing because it is an easy implementation method. In this case the author conducted an analytical study regarding the capacity of a structure that had undergone functional changes to the building with concrete jacketing reinforcement efforts*

*The review that will be observed in this research is the addition of floors, related to the base shear force of the building, the drift between floors, the period of vibration of the structure and the axial moment capacity of the column cross-section. Load analysis adapts to SNI 1727:2020 and SNI 1726:2019 using seismic earthquake analysis and building and non-building design SNI 2847:2019.*

*From the results of this final project research, it was found that in the existing condition of the building structure which had been raised from 3 floors to 5 floors experienced deviations that were greater than the permit deviation according to SNI 1726:2019 concerning "Procedures for Earthquake Resistance Planning for Building Structures and Non-building" and SNI regulations 2847:2019 Requirements for Structural Concrete for Buildings*

*So dimensions are added to the column using the concrete jacketing method. By reinforcing concrete jacketing on the columns, there will be an increase in the base shear force. Besides that, strengthening can reduce the deviation that occurs, and increase the axial moment capacity. However, on the other hand, in this case concrete jacketing reinforcement can shorten the vibration of the structure, in which case the earthquake load will be greater*

*Keywords: Floor Addition, Concrete Jacketing on Columns, Deviations*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala kasih dan anugrah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“PERENCANAAN PERKUATAN KOLOM BETON BERTULANG DENGAN METODE CONCRETE JACKETING”**.

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan. Saya menyadari bahwa, tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, berupa dukungan baik dari segi moril, material, spiritual, maupun dari segi administrasi. Penulis menyadari tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Oloan Sitohang, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
2. Bapak Ir. Samsuardi Batubara, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas Medan, sekaligus dosen pembimbing yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini
3. Bapak Ir. Simon Dertha Tarigan, M.T. selaku koordinator Tugas Akhir Universitas Katolik Santo Thomas Medan, sekaligus dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Martius Ginting, M.T.Si. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar dan selalu menyediakan waktu buat penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Reynaldo Siahaan, S.T, M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.

6. Bapak Yohanes Sibagariang, S.T.,M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini, yang selalu mendukung dan memberi masukan dan saran dalam penyusunan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Terhusus kepada yang tercinta kedua Orang tua saya dan keluarga besar yang selalu membimbing, mendoakan, memotivasi, memenuhi semua kebutuhan saya dimasa perkuliahan, dan selalu mengharapkan hal-hal baik untuk masa depan saya.
8. Teman-teman seangkatan 2019 Program Studi Teknik Sipil yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas.
9. Alumni, Abang/kakak kelas dan adik-adik kelas serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas, Medan.
10. Kepada saudara saya: Juang delau, Dandi situmorang, Iman hulu, Bram azali, Hino zagoto, Syukur pj harefa, Eman zai, Erwin laia, Heri bertus hia, Kurnia harefa, Delpin manao, Holong. M Situmorang, Maria C.J Pasaribu, Samuel, Weyber zalukhu, David halawa, Meluterman Gea, dan kawan<sup>2</sup>.
11. Serta pihak lain yang turut serta membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Medan, 30 Agustus 2024

(Januari Bu'ulolo)

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                     |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                                                                | <b>i</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                                                          | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                                                              | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                                                           | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                                                           | <b>xv</b>   |
| <b>DAFTAR NOTASI.....</b>                                                                                           | <b>xvii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                                                                       | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                                                             | 1           |
| 1.2 Rumusan masalah .....                                                                                           | 2           |
| 1.3 Tujuan dan Manfaat masalah.....                                                                                 | 2           |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                                                                           | 3           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                                                                 | <b>4</b>    |
| 2.1 Tinjauan Umum .....                                                                                             | 4           |
| 2.1.1 Definisi Penambahan Tingkat Bangunan .....                                                                    | 4           |
| 2.2 Perkuatan Struktur .....                                                                                        | 4           |
| 2.2.1 <i>Concrete Jacketing</i> .....                                                                               | 5           |
| 2.2.2 Perkuatan FRP ( <i>Fiber Reinforced Polymer</i> ) .....                                                       | 9           |
| 2.2.3 Tindakan Sebelum Diberikan Perkuatan Terhadap Struktur Lama                                                   | 11          |
| 2.3 Persyaratan Peraturan Desain Kolom SNI 2847:2019.....                                                           | 12          |
| 2.4 Sistem Struktur Dasar Penahan Beban Lateral .....                                                               | 13          |
| 2.4.1 Sistem Rangka Pemikul Momen .....                                                                             | 13          |
| 2.4.2 Sistem Dinding Struktur .....                                                                                 | 14          |
| 2.5 Analisa Beban Gempa .....                                                                                       | 14          |
| 2.5.1 Faktor Keutamaan .....                                                                                        | 18          |
| 2.5.2 Klasifikasi Situs.....                                                                                        | 19          |
| 2.5.3 Parameter Percepatan Gempa.....                                                                               | 20          |
| 2.5.4 Koefisien Situs.....                                                                                          | 21          |
| 2.5.5 Parameter respons spektra percepatan pada periode pendek dan periode detik ( $S_{MS}$ ) dan ( $S_{MI}$ )..... | 23          |
| 2.5.6 Kinerja Struktur Gedung .....                                                                                 | 24          |
| 2.6 Kombinasi Gaya Normal dan Lentur atau <i>Stress Ratio</i> (P+M) .....                                           | 26          |
| 2.7 Pemilihan Sistem Struktur Penahan Beban Gempa.....                                                              | 26          |
| 2.8 Pembebanan.....                                                                                                 | 32          |
| 2.8.1 Beban Mati ( <i>Dead Load</i> ).....                                                                          | 33          |

|                                            |                                                                             |           |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8.2                                      | Beban Hidup (Live Load).....                                                | 35        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |                                                                             | <b>48</b> |
| 3.1                                        | Evaluasi Kasus.....                                                         | 48        |
| 3.2                                        | Gambar Denah Dan Struktur Bangunan.....                                     | 48        |
| 3.3                                        | Pembebanan.....                                                             | 52        |
| 3.3.1                                      | Jenis-jenis Beban.....                                                      | 52        |
| 3.3.2                                      | Kombinasi Pembebanan .....                                                  | 52        |
| 3.4                                        | Pemodelan struktur dengan aplikasi ETABS .....                              | 53        |
| 3.5                                        | Pengecekan dan Konsekuensi Ketidakberaturan Struktur.....                   | 53        |
| 3.6                                        | Pengecekan Stress Ratio Kolom.....                                          | 53        |
| 3.7                                        | Bagan Alur Penyelesaian Tugas Akhir.....                                    | 54        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   |                                                                             | <b>56</b> |
| 4.1                                        | Data Struktur.....                                                          | 56        |
| 4.1.1.                                     | Data Geometric Struktur.....                                                | 56        |
| 4.1.2.                                     | Data Material .....                                                         | 56        |
| 4.2                                        | Pemodelan struktur.....                                                     | 57        |
| 4.3                                        | Detail Dimensi Penampang struktur Eksisting.....                            | 59        |
| 4.4                                        | Pembebanan struktur .....                                                   | 60        |
| 4.4.1                                      | Beban Mati .....                                                            | 60        |
| 4.4.2                                      | Beban Hidup.....                                                            | 61        |
| 4.4.3                                      | Perhitungan Beban Tiap Pelat Lantai.....                                    | 61        |
| 4.4.4                                      | Pembebanan Gempa Respon Spektrum.....                                       | 61        |
| 4.4.5                                      | Menentukan Klasifikasi Kelas Situs Tanah.....                               | 62        |
| 4.4.6                                      | Mencari Nilai Respon Spektrum Desain .....                                  | 63        |
| 4.4.7                                      | Menentukan Kategori Risiko Dan Faktor Keutamaan Gempa.....                  | 65        |
| 4.4.8                                      | Menentukan Koefisien Situs $F_a$ dan $F_v$ .....                            | 68        |
| 4.4.9                                      | Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS) .....                              | 69        |
| 4.4.10                                     | Pemilihan Sistem Pemikul Gaya Seismik Kategori Desain Seismik (KDS).....    | 72        |
| 4.4.11                                     | Menghitung Faktor Skala Respons Spektrum pada Analisa Gempa Dinamis.....    | 73        |
| 4.5                                        | Menentukan Kombinasi Pembebanan .....                                       | 73        |
| 4.6                                        | Menentukan Berat Seismik Efektif.....                                       | 74        |
| 4.7                                        | Menginput beban-beban yang bekerja pada struktur Berat Seismik Efektif..... | 76        |
| 4.8                                        | Menginput Grafik Respons Spektrum .....                                     | 77        |
| 4.9                                        | Pengecekan Ketidakberaturan Struktur Eksisting .....                        | 78        |
| 4.9.1                                      | Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal .....                                | 78        |
| 4.9.2                                      | Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal .....                                  | 82        |
| 4.9.3                                      | Rekapitulasi pengecekan ketidakberaturan struktur .....                     | 91        |

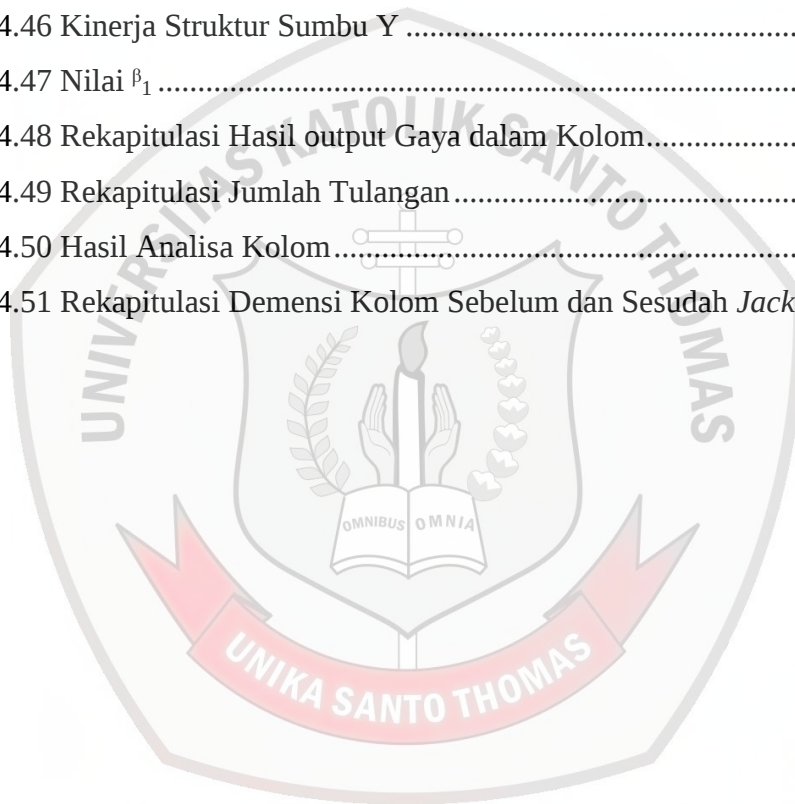
|                                         |                                                                               |            |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.10                                    | Kontrol Kinerja Struktur Gedung .....                                         | 92         |
| 4.11                                    | Pengecekan Ketidakberaturan Struktur <i>Concrete Jacketing</i> .....          | 94         |
| 4.11.1                                  | Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal .....                                  | 94         |
| 4.11.2                                  | Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal .....                                    | 100        |
| 4.11.3                                  | Rekapitulasi pengecekan ketidakberaturan struktur .....                       | 110        |
| 4.12                                    | Konsekuensi akibat adanya ketidakberaturan struktur .....                     | 111        |
| 4.13                                    | Perhitungan Gaya Desain Diafragma .....                                       | 122        |
| 4.14                                    | Analisa Pola Ragam Getar .....                                                | 126        |
| 4.15                                    | Analisis Gaya Lateral Ekuivalen .....                                         | 128        |
| 4.15.1                                  | Analisis Gaya Lateral Ekuivalen .....                                         | 128        |
| 4.15.2                                  | Menentukan koefisien respons seismik .....                                    | 129        |
| 4.15.3                                  | Menghitung Berat Total Struktur .....                                         | 130        |
| 4.15.4                                  | Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik .....                                     | 130        |
| 4.15.5                                  | Analisis Gaya Geser Dasar Dinamik .....                                       | 130        |
| 4.16                                    | Kontrol Kinerja Struktur Gedung .....                                         | 132        |
| 4.17                                    | Data Geometri Balok .....                                                     | 134        |
| 4.18                                    | Desain Perkuatan Kolom dengan <i>Concrete Jacketing</i> .....                 | 138        |
| 4.18.1                                  | Perhitungan Tulangan <i>Concrete Jacketing</i> .....                          | 140        |
| 4.18.2                                  | Desain Tulangan Kolom .....                                                   | 149        |
| 4.18.3                                  | Pengecekan Syarat Kontrol Dimensi Kolom .....                                 | 149        |
| 4.18.4                                  | Desain Tulangan Longitudinal Kolom .....                                      | 150        |
| 4.18.5                                  | Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom .....                               | 159        |
| 4.18.6                                  | Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor .....    | 160        |
| 4.18.7                                  | Kontrol Terhadap Strong <i>Column Weak Beam</i> .....                         | 160        |
| 4.18.8                                  | Kontrol Gaya tekan terhadap gaya geser desain .....                           | 161        |
| 4.18.9                                  | Kontrol Syarat Batas Sendi Plastis dan Spasi Tulangan Transversal .....       | 162        |
| 4.18.10                                 | Desain Tulangan Transversal Geser Zona Sendi Plastis .....                    | 162        |
| 4.18.11                                 | Kontrol Kapasitas Geser Desain Kolom .....                                    | 164        |
| 4.19                                    | Perbandingan Desain <i>Concrete Jacketing</i> dengan Struktur Eksisting ..... | 168        |
| 4.20                                    | Pembahasan .....                                                              | 168        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |                                                                               | <b>171</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan .....                                                              | 171        |
| 5.2                                     | Saran .....                                                                   | 171        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>             |                                                                               | <b>172</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                         |                                                                               |            |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Prosedur Analisis yang Diizinkan.....                                                       | 15 |
| Tabel 2.2 Zona Risiko Bangunan.....                                                                   | 16 |
| Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa .....                                                                | 19 |
| Tabel 2.4 Klasifikasi Situs Tanah .....                                                               | 19 |
| Tabel 2.5 Koefisien Situs, $F_a$ .....                                                                | 21 |
| Tabel 2.6 Koefisien Situs, $F_v$ .....                                                                | 22 |
| Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{DS}$ .....                                          | 23 |
| Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{D1}$ .....                                          | 24 |
| Tabel 2.9 Simpangan Antar Lantai Izin $\Delta_a^{a,b}$ .....                                          | 25 |
| Tabel 2.10 Faktor R, $C_d$ , $\Omega_0$ dan Batasan Tinggi Struktur .....                             | 26 |
| Tabel 2.11 Beban Mati Struktur.....                                                                   | 33 |
| Tabel 2.12 Berat Jenis Komponen Bangunan.....                                                         | 34 |
| Tabel 2.13 Beban Hidup Menurut SNI 1727:2020 .....                                                    | 36 |
| Tabel 4.1 Detail Penampang Kolom .....                                                                | 59 |
| Tabel 4.2 Detail Penampang Balok.....                                                                 | 59 |
| Tabel 4.3 Detail Penampang Pelat .....                                                                | 59 |
| Tabel 4.4 Klasifikasi Situs .....                                                                     | 62 |
| Tabel 4.5 Kategori Risiko Gedung dan Nongedung untuk Beban Gempa .....                                | 65 |
| Tabel 4.6 Faktor keutamaan Gempa .....                                                                | 68 |
| Tabel 4.7 Koefisien Situs $F_a$ .....                                                                 | 68 |
| Tabel 4.8 Koefisien Situs $F_v$ .....                                                                 | 69 |
| Tabel 4.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan Pada Periode Pendek .....   | 71 |
| Tabel 4.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respon Percepatan pada Periode 1 Detik ..... | 71 |
| Tabel 4.11 Faktor R, $C_d$ , dan $\Omega_0$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....                     | 72 |
| Tabel 4.12 Perhitungan Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Arah X dan Y .....                 | 78 |
| Tabel 4.13 Hasil <i>Output Story Stiffness</i> (Kekakuan Tingkat) .....                               | 82 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.14 Perhitungan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X dan Y .....                                                    | 84  |
| Tabel 4.15 Perhitungan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X dan Y .....                                                    | 85  |
| Tabel 4.16 Perhitungan Ketidakberaturan Berat (Massa) Struktur .....                                                                 | 87  |
| Tabel 4.17 Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat dan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebihan Arah X dan Y ..... | 90  |
| Tabel 4.18 Rekapitulasi Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal pada Struktur .....                                      | 91  |
| Tabel 4.19 Kinerja Struktur Sumbu X .....                                                                                            | 93  |
| Tabel 4.20 Kinerja Struktur Sumbu Y .....                                                                                            | 93  |
| Tabel 4.21 Perhitungan Ketidakberaturan Torsi dan Torsi Berlebihan Arah X dan Y .....                                                | 96  |
| Tabel 4.22 Hasil <i>Output Story Stiffness</i> (Kekakuan Tingkat) .....                                                              | 100 |
| Tabel 4.23 Perhitungan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X dan Y .....                                                    | 102 |
| Tabel 4.24 Perhitungan Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Arah X dan Y .....                                                    | 103 |
| Tabel 4.25 Perhitungan Ketidakberaturan Berat (Massa) Struktur .....                                                                 | 105 |
| Tabel 4.26 Perhitungan Ketidakberaturan Geometri Vertikal .....                                                                      | 106 |
| Tabel 4.27 Perhitungan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat dan Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat Berlebihan Arah X dan Y ..... | 109 |
| Tabel 4.28 Rekapitulasi Pengecekan Ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal Pada Struktur .....                                      | 110 |
| Tabel 4.29 Konsekuensi Ketidakberaturan Struktur .....                                                                               | 111 |
| Tabel 4.30 Perhitungan Faktor Pembesaran Torsi (A) Arah X .....                                                                      | 114 |
| Tabel 4.31 Perhitungan Faktor Pembesaran Torsi (A) Arah Y .....                                                                      | 114 |
| Tabel 4.32 Perhitungan Ecc untuk Arah X .....                                                                                        | 118 |
| Tabel 4.33 Perhitungan Ecc untuk Arah Y .....                                                                                        | 119 |
| Tabel 4.34 Prosedur Analisis Yang Diizinkan .....                                                                                    | 120 |
| Tabel 4.35 Simpangan Antar Tingkat Izin (Pasal 7.12.1) .....                                                                         | 121 |
| Tabel 4.36 Simpangan Antar Tingkat Izin ( $\Delta_a$ )/Faktor Redundansi ( $\rho$ ) .....                                            | 122 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.37 Berat Diafragma Tiap Tingkat .....                                    | 123 |
| Tabel 4.38 Luas Lantai.....                                                      | 124 |
| Tabel 4.39 Perhitungan $\sum F_i$ .....                                          | 125 |
| Tabel 4.40 Perhitungan $F_{px}$ .....                                            | 125 |
| Tabel 4.41 Gaya Desain Diafragma Per Satuan Luasan Lantai .....                  | 126 |
| Tabel 4.42 Rasio Partisipasi Ragam.....                                          | 127 |
| Tabel 4.43 Perhitungan Selisih Periode .....                                     | 127 |
| Tabel 4.44 Berat Struktur Tiap Tingkat .....                                     | 130 |
| Tabel 4.45 Kinerja Struktur Sumbu X .....                                        | 133 |
| Tabel 4.46 Kinerja Struktur Sumbu Y .....                                        | 133 |
| Tabel 4.47 Nilai $\beta_1$ .....                                                 | 135 |
| Tabel 4.48 Rekapitulasi Hasil output Gaya dalam Kolom.....                       | 140 |
| Tabel 4.49 Rekapitulasi Jumlah Tulangan .....                                    | 145 |
| Tabel 4.50 Hasil Analisa Kolom.....                                              | 168 |
| Tabel 4.51 Rekapitulasi Dimensi Kolom Sebelum dan Sesudah <i>Jacketing</i> ..... | 168 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Gedung PR OFFICE (Setelah <i>Concrete Jacketing</i> ).....                       | 7  |
| Gambar 2.2 Tampak atas kolom dengan perkuatan <i>concrete jacketing</i> .....               | 8  |
| Gambar 2.3 Ss, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget ( $MCE_R$ ).....        | 21 |
| Gambar 2.4 Ss, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) .....            | 21 |
| Gambar 2.5 Grafik Spektrum Respon Desain.....                                               | 23 |
| Gambar 2.6 Penentuan Simpangan Antar Lantai .....                                           | 25 |
| Gambar 3.1 .....                                                                            | 49 |
| Gambar 3.2 Denah Lantai 2 .....                                                             | 49 |
| Gambar 3.3 Denah Lantai 3 .....                                                             | 49 |
| Gambar 3.4 Denah Lantai 4 .....                                                             | 50 |
| Gambar 3.5 Denah Lantai 5 .....                                                             | 50 |
| Gambar 3.6 Potongan A-A.....                                                                | 51 |
| Gambar 3.7 Potongan B-B .....                                                               | 51 |
| Gambar 4.1 Tampak Depan 3D Dari ETABS v.18.....                                             | 57 |
| Gambar 4.2 Tampak Samping 3D Dari ETABS v.18.....                                           | 58 |
| Gambar 4.3 Tampak Prespektif 3D Dari ETABS v.18.....                                        | 58 |
| Gambar 4.4 Grafik Kurva Respon Spektrum Berdasarkan Website Desain Spektra Indonesia .....  | 64 |
| Gambar 4.5 Beban Mati Tambahan Pada Model Struktur ETABS v.18 .....                         | 76 |
| Gambar 4.6 Beban Hidup Pada Model Struktur ETABS v.18.....                                  | 77 |
| Gambar 4.7 input graffik respon spektrum di <i>software</i> ETABS v.18.....                 | 77 |
| Gambar 4.8 Pengecekan Ketidakberaturan Sudut dalam.....                                     | 79 |
| Gambar 4.9 Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma.....                        | 80 |
| Gambar 4.10 Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang ..... | 81 |
| Gambar 4.11 Pengecekan Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel.....                             | 81 |
| Gambar 4.12 Pengecekan Ketidakberaturan Geometri Vertikal.....                              | 87 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.13 Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Elemen Vertikal Pemikul Lateral ..... | 88  |
| Gambar 4.14 Grafik Simpangan Yang Terjadi pada Sumbu X dan Y .....                                         | 94  |
| Gambar 4.15 Pengecekan Ketidakberaturan Sudut dalam .....                                                  | 97  |
| Gambar 4.16 Pengecekan Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma.....                                      | 98  |
| Gambar 4.17 Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang .....                | 99  |
| Gambar 4.18 Pengecekan Ketidakberaturan Sistem Non-Paralel.....                                            | 99  |
| Gambar 4.19 Pengecekan Ketidakberaturan Geometri Vertikal.....                                             | 105 |
| Gambar 4.20 Pengecekan Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang Elemen Vertikal Pemikul Lateral ..... | 107 |
| Gambar 4.25 <i>Ecc. Ratio (All Diaph.)</i> Diambil Sebesar 5% Akibat Adanya Ketidakberaturan Struktur..... | 118 |
| Gambar 4.22 Input Ecc Arah X Untuk Setiap Tingkat Pada ETABS.....                                          | 119 |
| Gambar 4.23 Input Ecc Arah Y Untuk Setiap Tingkat Pada ETABS.....                                          | 120 |
| Gambar 4.24 Grafik Simpangan Yang Terjadi pada Sumbu X dan Y .....                                         | 134 |
| Gambar 4.25 Desain Kolom Eksisting Di Etabs V.18.....                                                      | 139 |
| Gambar 4.26 Desain Kolom <i>Jacketing</i> .....                                                            | 140 |
| Gambar 4.27 Tinjauan Kolom .....                                                                           | 141 |
| Gambar 4.28 Diagram Interaksi Kolom.....                                                                   | 142 |
| Gambar 4.29 Grafik Faktor Panjang Efektif ( $k$ ) .....                                                    | 148 |
| Gambar 4.30 diagram regangan dan tegangan kolom k1 arah X .....                                            | 153 |
| Gambar 4.31 diagram regangan dan tegangan kolom k1 arah Y .....                                            | 157 |
| Gambar 4.32 Grafik Simpangan kolom eksisting.....                                                          | 170 |
| Gambar 4.33 Grafik Simpangan kolom <i>concrete jacketing</i> .....                                         | 170 |
| Gambar 4.34 Hasil Analisa Tulangan Kolom .....                                                             | 170 |

## DAFTAR NOTASI

|                 |                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| $\Delta$        | = Simpangan antar tingkat desain/simpangan yang terjadi |
| $\Delta_{izin}$ | = Simpangan izin                                        |
| $\delta_{xe}$   | = Simpangan ditingkat                                   |
| $\Omega_0$      | = Faktor kuat sistem                                    |
| $\beta$         | = Rasio kebutuhan geser                                 |
| $\rho$          | = Faktor redudansi                                      |
| $A_s$           | = Luas tulangan                                         |
| BJTP            | = Baja tulangan beton polos                             |
| BJTS            | = Baja tulangan beton sirip/ulir                        |
| $C_d$           | = Faktor pembesaran defleksi                            |
| $C_s$           | = Koefesien respons seismik                             |
| $C_t$ dan $x$   | = Nilai parameter periode pendekatan                    |
| DL              | = Beban mati                                            |
| D               | = Diameter tulangan lentur, mm                          |
| $D_s$           | = Diameter tulangan geser, mm                           |
| E               | = Pengaruh beban seismik                                |
| $E_C$           | = Modulus elastisitas beton                             |
| $E_h$           | = Pengaruh beban seismik horizontal                     |
| $E_v$           | = Pengaruh beban seismik vertikal                       |
| $E_y$           | = Gempa arah Y                                          |
| $E_x$           | = Gempa arah X                                          |
| $F'_c$          | = Mutu beton, Mpa                                       |
| $F_i$           | = Gaya desain yang diterapkan ditingkat -i              |
| $F_{px}$        | = Gaya desain diafragma ditingkat -x                    |
| $F_u$           | = Tegangan putus baja, Mpa                              |
| $F_y$           | = Tegangan leleh baja, Mpa                              |
| g               | = percepatan gravitasi, 9,8 m/detik <sup>2</sup>        |
| $I_e$           | = Faktor keutamaan gempa                                |
| KDS             | = Kategori desain seismik                               |
| LL              | = Beban hidup                                           |

|          |                                                                                                                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $MCE_G$  | = Percepatan puncak gempa maksimum yang dipertimbangkan                                                              |
| $MCE_R$  | = Kekakuan dan daktilitas dalam menahan guncangan gempa maksimum                                                     |
| $M_n$    | = Momen nominal, kN.m                                                                                                |
| $M_u$    | = Momen ultimet, kN.m                                                                                                |
| $n$      | = Jumlah lantai                                                                                                      |
| $R$      | = Koefisien modifikasi respons                                                                                       |
| $S_a$    | = Spektrum respons desain                                                                                            |
| $S_b$    | = Selimut beton                                                                                                      |
| $S_{DS}$ | = parameter percepatan respons spektra pada periode pendek                                                           |
| $S_{D1}$ | = Parameter percepatan respons spektra pada periode 1 detik                                                          |
| $S_{DL}$ | = Beban mati tambahan                                                                                                |
| $SA$     | = Batuan keras                                                                                                       |
| $SB$     | = Batuan                                                                                                             |
| $SC$     | = Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak                                                                         |
| $SD$     | = Tanah sedang                                                                                                       |
| $SE$     | = Tanah lunak                                                                                                        |
| $SF$     | = Tanah khusus                                                                                                       |
| $S_{MS}$ | = Parameter percepatan respons spektra MCE pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs  |
| $S_{M1}$ | = Parameter percepatan respons spektra MCE pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs |
| $S_s$    | = Parameter percepatan respons spektra MCE dari peta gempa pada periode pendek, redaman 5 persen                     |
| $S_1$    | = Parameter percepatan respons spektra MCE dari peta gempa pada periode 1 detik, redaman 5 persen                    |
| $SRPMK$  | = Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus                                                                                 |
| $T$      | = Periode fundamental struktur yang ditentukan dari model dengan fleksibel                                           |
| $T_a$    | = Periode fundamental pendekatan                                                                                     |
| $T_0$    | $= 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$                                                                                        |

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| $T_s$ | $= \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$           |
| $V$   | = Gaya geser dasar                  |
| $V_C$ | = Kapasitas geser beton             |
| $V_u$ | = Gaya geser ultiment, kN           |
| $W$   | = Berat bangunan, kN                |
| $W_i$ | = Tributari berat sampai tingkat -i |
| $W_x$ | = Tributari berat tingkat -i        |



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726:2019)
- Badan Standarisasi Nasional 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)
- Penetapan Standar Nasional INDONESIA 1727:2020, Beban Desain minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Sebagai Revisi dari Standart Nasional 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bnagunan Gedung dan Struktur lainnya
- Indian Standard (IS 15988:2013) *Seismic Evaluation and Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings – Guidelines*
- Muhammad Rizqi, 2011 Analisa Perbaikan dan Perkuatan Bangunan Akibat Penambahan Lantai dengan Metode *Concrete Jacketing*: Universitas Indonesia
- M. D. J. Sumajouw, R. S. Windah. Evaluasi Kapasitas Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Metode *Concrete Jacketing*: Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado.
- Muhamad Ziddan, dan Anis Rosyidah: Peningkatan Kekuatan Struktur Eksisting dengan Penguatan Struktur Menggunakan CFRP & *Concrete Jacketing*
- Hadi Surya W S 1), Ari Wibowo 2), Wisnumurti 3) Performa Struktur Pada Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan *Concrete Jacketing* Pada Bangunan Alih Fungsi Teknik Sipil, Universitas Brawijaya.
- Marthin D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandelege Kajian Kapasitas Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Tambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Variasi Beban Runtuh Dengan Metode *Concrete Jacketing* Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado.
- Paksi Dwiyanto Wibowo, Yosie Malinda, Anom Wibisono, Risma Apdeni. Evaluasi mutu beton dengan core drill test berdasarkan sni 2847:2019 pada struktur kolom bangunan gedung laboratorium.