

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT  
TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN ANALISIS  
*PUSHOVER* BERDASARKAN SNI 1726:2019**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area

**Disusun oleh:**

**Yusrivan Fikri Wardana Barus  
178110005**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 9/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)9/6/22

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG BERTINGKAT  
TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN ANALISIS *PUSHOVER*  
BERDASARKAN SNI 1726:2019**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

Yusrivan Fikri Wardana Barus  
178110005

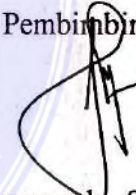
Disetujui,

Pembimbing I



Ir. H. Irwan., M.T  
NIDN : 0004045901

Pembimbing II



Hermansyah., S.T., M.T  
NIDN : 0106088004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Reza Ahmad Syah., S.Kom., M.Kom  
NIDN : 0105058804



Hermansyah., S.T., M.T  
NIDN : 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 9/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yusrivan Fikri Wardana Barus

NPM : 178110005

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapaun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 27 Desember 2021



*[Handwritten Signature]*  
Yusrivan Fikri Wardana Barus  
NPM: 178110005

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan diawah ini:

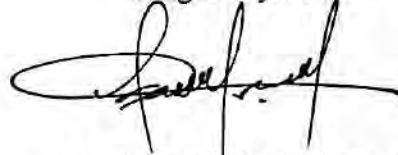
Nama : Yusrivan Fikri Wardana barus  
NPM : 178110005  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenis Karya : Skripsi

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Kekuatan Struktur Bertingkat Terhadap Beban Gempa Dengan Analisis Pushover Berdasarkan SNI 1726:2019 (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung RadioTheraphy dan Rawat Inap Rumah Sakit GrandMed Lubuk Pakam). Dengan Hak *Bebas royalti Noneksklusif* ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, megalith media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan inisaya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 27 Desember 2021

Yang Menyatakan



Yusrivan Fikri Wardana Barus

178110005

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunianya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi serta penulis mengucapkan syukur telah diberikan pengetahuan, kesehatan, pengalaman, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga proposal skripsi ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas dan menjadi sumbangan pemikiran kepada pembaca khususnya para mahasiswa Universitas Medan Area.

Penulisan skripsi ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan., M.Eng., M.Sc, Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah., S.Kom., M.kom., Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah., S.T., M.T, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area, dan sekaligus Dosen Pembimbing II Skripsi
4. Bapak Ir. H. Irwan., M.T., Dosen Pembimbing I Skripsi
5. Bapak Jhoni P. Tambunan., S.T., beserta staff dan pekerja Proyek Pembangunan Gedung RadioTheraphy dan Rawat Inap Rumah Sakit GrandMed Lubuk Pakam.
6. Orang tua dan adik saya yang memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Redyka yang selalu mendukung penulis dalam proses pengerjaan skripsi dan bimbingan skripsi.
8. Nur Purnana Sari yang memberikan masukan dan saran dalam proses penelitian skripsi.
9. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Medan Area, khususnya Program Studi Teknik Sipil angkatan 2017 yang mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Seluruh pihak yang membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya.

Penulis sudah menyajikan skripsi ini dengan baik, namun penulis merasa masih banyak kekurangan, sehingga penulis meminta masukannya demi perbaikan di masa yang akan datang dan mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca.

Medan, 27 Desember 2021

Penyusun

## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>   | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>   | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>  | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR NOTASI.....</b>  | <b>vii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>ix</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>x</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1          |
| 1.2 Perumusan Masalah.....   | 3          |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....   | 3          |
| 1.4 Batasan Masalah.....   | 4          |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....  | 4          |
| 1.6 Metodologi Penelitian .....  | 4          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                      | <b>6</b>   |
| 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu .....                                     | 6          |
| 2.2 Gempa Bumi .....   | 6          |
| 2.3 Konsep Bangunan Tahan Gempa.....                                     | 7          |
| 2.4 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja .....              | 7          |
| 2.5 Kinerja Bangunan.....  | 8          |
| 2.6 Gempa Rencana.....   | 9          |
| 2.7 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko<br>Struktur Bangunan..... | 10         |
| 2.8 Daktilitas Struktur Bangunan.....                                    | 12         |
| 2.9 Jenis Tanah Setempat.....  | 12         |
| 2.10 Wilayah Gempa .....   | 12         |
| 2.11 Analisis Pembebanan .....   | 13         |
| 2.11.1 Beban Gravitasi.....  | 13         |
| 2.11.2 Beban Hidup (LL).....   | 14         |
| 2.11.3 Beban Mati Akibat Berat Sendiri (DL).....                         | 15         |
| 2.11.4 Beban Mati Tambahan (SIDL) .....                                  | 15         |
| 2.11.5 Beban Gempa .....   | 15         |
| 2.12 Desain Spektra Indonesia .....                                      | 16         |
| 2.13 Perilaku Dinamik Model Struktur .....                               | 16         |
| 2.14 Penentuan Periode Fundamental .....                                 | 17         |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.14.1 Periode Fundamental Pendekatan .....                                   | 18        |
| 2.15 Analisis Statik Non-linear ( <i>Pushover</i> ) .....                     | 18        |
| 2.15.1 Analisis Pushover Berdasarkan ATC 40.....                              | 19        |
| 2.16 Peraturan Kegempaan SNI 1726-2019.....                                   | 20        |
| 2.17 Distribusi Sendi Plastis .....   | 20        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                    | <b>22</b> |
| 3.1 Data Perencanaan .....  | 22        |
| 3.1.1 Data Dinamik Respon Spktrum.....  | 24        |
| 3.2 Persiapan .....   | 25        |
| 3.3 Pendekatan Penelitian .....   | 26        |
| 3.4 Tahapan Analisis .....  | 26        |
| 3.5 Diagram Alir Penelitian .....   | 26        |
| <b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>                                   | <b>28</b> |
| 4.1 Perhitungan Berat Sendiri Gedung.....                                     | 28        |
| 4.1.1 Data struktur bangunan gedung.....                                      | 28        |
| 4.1.2 Beban pada gedung .....   | 29        |
| 4.1.3 Perhitungan pembebanan pada struktur .....                              | 30        |
| 4.2 Analisis Statik Ekuivalen .....   | 34        |
| 4.2.1 Seismik design data .....   | 34        |
| 4.2.2 Perhitungan waktu getar alami fundamental (T) pada wilayah gempa 3..... | 35        |
| 4.2.3 Perhitungan gaya geser dasar seismik (Base Share) .....                 | 36        |
| 4.3 Pemodelan Gedung Pada SAP 2000 .....                                      | 38        |
| 4.4 Pembebanan Elemen Struktur .....  | 38        |
| 4.4.1 Mengaplikasikan Beban Gempa .....                                       | 39        |
| 4.4.2 Penentuan Massa Struktur .....  | 42        |
| 4.4.3 Menetapkan Lantai Sebagai Diafragma .....                               | 42        |
| 4.4.4 Mengaplikasikan Kombinasi Pembebanan .....                              | 43        |
| 4.5 Analisis Pushover.....  | 45        |
| 4.5.1 Pendefinisian Sendi Plastis.....  | 45        |
| 4.5.2 Pembebanan Analisis <i>Pushover</i> di SAP 2000.....                    | 48        |
| 4.5.3 Hasil Statik Nonlinear ( <i>Pushover</i> ) .....                        | 51        |
| 4.5.4 Pembahasan Hasil Analisis Statik Nonlinear ( <i>Pushover</i> ) .....    | 54        |
| 4.6 Skema Distribusi Sendi Plastis.....                                       | 56        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                       | <b>59</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 59        |
| 5.2 Saran.....  | 60        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>   |           |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Level Kinerja Struktur .....  | 9  |
| Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung<br>untuk beban gempa..... | 10 |
| Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa .....  | 11 |
| Tabel 2.4 Parameter Daktilitas Struktur Gedung .....                              | 12 |
| Tabel 2.5 Beban Hidup pada lantai gedung .....                                    | 14 |
| Tabel.2.6 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....              | 17 |
| Tabel.2.7 Koefisien periode Fundamental .....                                     | 17 |
| Tabel 2.8 Tingkat Kerusakan Struktur .....  | 21 |
| Tabel.4.1 Konfigurasi gedung.....   | 28 |
| Tabel.4.2 Tipe Balok.....   | 29 |
| Tabel.4.3 Tipe Kolom .....  | 29 |
| Tabel.4.4 Beban mati lantai 1 .....   | 30 |
| Tabel.4.5 Beban mati lantai 2 .....   | 31 |
| Tabel.4.6 Beban mati lantai 3 .....   | 31 |
| Tabel.4.7 Beban mati lantai 4 .....   | 32 |
| Tabel.4.8 Beban mati lantai 5 .....   | 33 |
| Tabel.4.9 Beban mati atap tangga.....   | 33 |
| Tabel.4.10 Berat struktur perlantai.....  | 34 |
| Tabel.4.11 Distribusi beban lateral tiap lantai. ....                             | 37 |
| Tabel.4.12 Beban lateral searah sumbu X dan Y .....                               | 37 |
| Tabel.4.13 Nilai Performance point arah X menurut SNI 1726:2019 .....             | 55 |
| Tabel.4.14 Nilai Performance point arah Y menurut SNI 1726:2019 .....             | 56 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar. 2.1 Tingkat Kinerja Gempa Berbasis PBD .....                          | 8  |
| Gambar 2.2 Pembagian Wilayah Gempa di Indonesia .....                         | 13 |
| Gambar 2.3 Capacity Curve.....  | 19 |
| Gambar 2.4 Distribusi Sendi Plastis .....                                     | 20 |
| Gambar 3.1 Denah Balok Lantai 2.....  | 22 |
| Gambar 3.2 Potongan Memanjang.....  | 23 |
| Gambar 3.3 Respon Spektrum Gempa Rencana Wilayah 3 .....                      | 24 |
| Gambar 3.4 Hasil Desain Respon Spektrum.....                                  | 25 |
| Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian .....                                      | 27 |
| Gambar 4.0 Pemodelan gedung pada program SAP 2000.....                        | 38 |
| Gambar 4.1 Pembebanan yang bekerja pada struktur.....                         | 39 |
| Gambar 4.2 Input beban <i>static ekuivalen</i> .....                          | 40 |
| Gambar 4.3 Input beban <i>dinamik respon spektrum</i> .....                   | 41 |
| Gambar 4.4 Faktor pengali <i>dinamik respon spektrum</i> .....                | 41 |
| Gambar 4.5 Penentuan massa struktur .....                                     | 42 |
| Gambar 4.6 Penentuan <i>diafragma</i> pada lantai struktur.....               | 43 |
| Gambar 4.7 Kombinasi pembebanan .....   | 45 |
| Gambar 4.8 Pendefinisian <i>sendi plastis</i> pada balok.....                 | 46 |
| Gambar 4.9 <i>Hinge Property</i> pada balok .....                             | 46 |
| Gambar 4.10 <i>Moment rotation data</i> pada kolom .....                      | 47 |
| Gambar 4.11 <i>P-M2-M3 Interaction surface</i> pada kolom.....                | 48 |
| Gambar 4.12 <i>Load Case data</i> .....                                       | 49 |
| Gambar 4.13 <i>Nonlinear</i> parameter beban gravitasi .....                  | 49 |
| Gambar 4.14 <i>Load Case data</i> .....                                       | 50 |
| Gambar 4.15 <i>Nonlinear parameter</i> beban lateral .....                    | 51 |
| Gambar 4.16 <i>Hasil running pushover</i> .....                               | 52 |
| Gambar 4.17 Kurva kapasitas arah X .....                                      | 52 |
| Gambar 4.18 Kurva kapasitas arah Y .....                                      | 53 |
| Gambar 4.19 Grafik <i>capacity curve</i> arah X .....                         | 54 |
| Gambar 4.20 Grafik <i>capacity curve</i> arah Y .....                         | 54 |
| Gambar 4.21 Nilai <i>Performance point</i> arah X menurut SNI 1726:2019 ..... | 55 |
| Gambar 4.22 Nilai <i>Performance point</i> arah Y menurut SNI 1726:2019 ..... | 55 |
| Gambar 4.23 Step 0 terjadi <i>sendi plastis</i> .....                         | 57 |
| Gambar 4.24 Step 3 terjadi <i>sendi plastis</i> .....                         | 57 |
| Gambar 4.25 Step 4 terjadi <i>sendi plastis</i> .....                         | 58 |
| Gambar 4.26 Step 5 terjadi <i>sendi plastis</i> .....                         | 58 |

## DAFTAR NOTASI

|                  |  |
|------------------|--|
| B                | = Panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau               |
| B <sub>eff</sub> | = Indeks kepercayaan efektif                                 |
| C <sub>a</sub>   | = Koefisien akselerasi                                       |
| C <sub>d</sub>   | = Nilai faktor pembesaran defleksi                           |
| C <sub>v</sub>   | = Faktor respon gempa vertical                               |
| C <sub>1</sub>   | = Faktor gempa dari spektrum respons                         |
| CP               | = Collapse Prevention  |
| D <sub>t</sub>   | = Displacement total   |
| D <sub>1</sub>   | = Displacement pertama                                       |
| f <sub>c</sub>   | = Kuat tekan beton   |
| F <sub>1</sub>   | = Beban gempa nominal statik ekuivalen (ton)                 |
| f <sub>y</sub>   | = Mutu baja  |
| F <sub>a</sub>   | = Koefisien situs respon spektrum (Periode pendek/0,2 detik) |
| F <sub>v</sub>   | = Koefisien situs respon spektrum (Periode panjang/1 detik)  |
| H                | = Tinggi puncak struktur yang ditinjau                       |
| H <sub>t</sub>   | = Tinggi gedung  |
| I                | = Faktor keutamaan gempa                                     |
| IO               | = Immediate Occupancy  |
| k                | = Kekakuan struktur  |
| LS               | = Life Safety  |
| L <sub>x</sub>   | = Lebar gedung   |
| n                | = Jumlah tingkat   |

|                  |   |
|------------------|---|
| N                | = Nomor lantai tingkat paling atas                          |
| Omega            | = Nilai faktor kuat lebih                                   |
| PM2M3            | = Hubungan gaya aksial dengan momen (diagram interaksi P-M) |
| R                | = Nilai faktor reduksi gempa                                |
| Ss               | = Percepatan batuan dasar                                   |
| S1               | = Percepatan batuan dasar periode 1 detik                   |
| S <sub>MS</sub>  | = Koefisien spektra dipermukaan                             |
| S <sub>M1</sub>  | = Koefisien spektra dipermukaan                             |
| S <sub>DS</sub>  | = Koefisien spektra percepatan desain                       |
| SD               | = Tanah sedang  |
| SC               | = Site Class (Kelas situs)                                  |
| S <sub>a</sub>   | = Spektral percepatan                                       |
| S <sub>d</sub>   | = Spektral perpindahan                                      |
| T <sub>eff</sub> | = Waktu getar efektif                                       |
| W lantai 1       | = Berat total lantai 1                                      |
| W lantai 2       | = Berat total lantai 2                                      |
| W lantai 3       | = Berat total lantai 3                                      |

## ABSTRAK

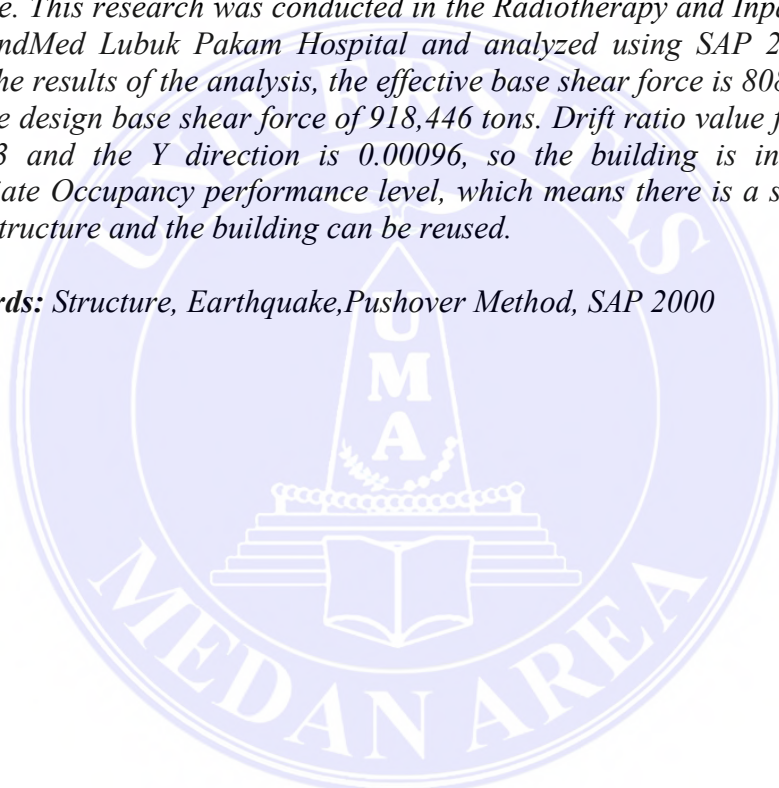
Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki intensitas gempa yang tinggi, hal ini disebabkan posisi Geografis Indonesia. Pengaruh gempa menjadi faktor penting dalam perencanaan desain struktur bangunan. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan untuk dapat memberikan kinerja minimal *life safety*. Terdapat beberapa metode dalam analisis dan perencanaan bangunan tahan gempa salah satunya konsep perencanaan berbasis kinerja (*Performance Based Design/PBD*), dengan memanfaatkan analisis statik beban dorong (*static nonlinear/pushover analysis*) berdasarkan SNI 1726:2019. Penelitian ini bertujuan menganalisis beban gempa pada struktur gedung bertingkat, memperlihatkan kurva kapasitas, menentukan kriteria seismik struktur, dan mengetahui pola keruntuhan bangunan. Penelitian ini dilakukan di gedung Radiotherapy dan Rawat Inap Rumah Sakit GrandMed Lubuk Pakam dan dianalisis menggunakan program SAP 2000. Dari hasil analisis, diperoleh gaya geser dasar efektif 808,399 ton kurang dari gaya geser dasar rencana 918,446 ton, nilai *drift ratio* untuk arah X adalah 0,0073 dan arah Y adalah 0,00096, sehingga gedung termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy*, yang berarti terjadi kerukan kecil pada struktural dan bangunan dapat digunakan kembali

**Kata Kunci:** Sruktur, Gempa, Metode Pushover, SAP 2000

## ABSTRACT

*Indonesia is one of the countries that has a high intensity of earthquakes, this is due to the geographical position of Indonesia. The influence of earthquakes is an important factor in the design of building structures. Therefore, the building must be planned to be able to provide a minimum performance of life safety. There are several methods in the analysis and planning of earthquake-resistant buildings, one of which is the concept of performance-based design (PBD), by utilizing static nonlinear/pushover analysis based on SNI 1726:2019. This study aims to analyze earthquake loads on high rise building structures, show capacity curves, determine structural seismic criteria, and determine the pattern of building collapse. This research was conducted in the Radiotherapy and Inpatient building of GrandMed Lubuk Pakam Hospital and analyzed using SAP 2000 program. From the results of the analysis, the effective base shear force is 808,399 tons less than the design base shear force of 918,446 tons. Drift ratio value for X direction is 0.0073 and the Y direction is 0.00096, so the building is included in the Immediate Occupancy performance level, which means there is a small dredging of the structure and the building can be reused.*

**Keywords:** Structure, Earthquake, Pushover Method, SAP 2000



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki intensitas gempa yang tinggi, hal ini disebabkan posisi Geografis Indonesia. Indonesia terletak pada jalur cincin api (Ring of Fire) kawasan pasifik dan pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik.

Kebutuhan akan bangunan tahan gempa merupakan sebuah hal yang harus terpenuhi, khususnya untuk daerah-daerah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi seperti di Indonesia. Menurut Christiawan *et.al* (2008), evaluasi kinerja struktur gedung dapat dilakukan dengan cara menganalisis kinerja batas ultimum dan kinerja batas layan berdasarkan SNI 03-1726-2012. Berdasarkan pengalaman yang terjadi, keruntuhan bangunan akibat bencana gempa bumi menelan korban jiwa dalam jumlah yang cukup besar. Oleh karena itu, bangunan harus direncanakan untuk dapat memberikan kinerja minimal *life safety*, dimana bangunan diperbolehkan mengalami kerusakan namun tidak mengalami keruntuhan. Dengan demikian, kemungkinan timbulnya korban jiwa dapat diminimalisasi. Menurut Budiono dan Suprianta (2011), dalam perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni serta menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi.

Terdapat beberapa peristiwa gempa berkekuatan besar yang terjadi di beberapa daerah di Indonesia seperti peristiwa yang terjadi pada tahun 2006 di daerah Yogyakarta, tahun 2009 di Tasikmalaya dan Padang yang banyak menimbulkan kerusakan fatal pada bangunan dengan berbagai macam pola keruntuhan, hal ini menegaskan pentingnya tinjauan beban gempa rencana dalam perencanaan desain struktur sebagai antisipasi apabila terjadi gempa, struktur bangunan mampu menerima gaya gempa pada level tertentu tanpa terjadi kerusakan yang signifikan pada strukturnya.

Pada perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa, ada beberapa metode yang digunakan, baik itu linear (*elastik*) dan non-linear (*inelastik*) yang dapat dipergunakan untuk memprediksi perilaku struktur terhadap beban lateral. Pada perhitungan gempa dengan analisa linear, para peneliti beranggapan bahwa analisa tersebut tidak dapat digunakan untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa besar. Hal ini dikarenakan pada dasarnya struktur yang mengalami gempa besar akan terjadi kerusakan (*plastifikasi*) di beberapa tempat, sehingga bangunan tidak berlaku linear akan tetapi bangunan berperilaku non-linear. Dengan begitu diperlukan analisa non-linear untuk mengetahui perilaku struktur saat mengalami gempa besar.

Trend terbaru perencanaan bangunan tahan gempa saat ini adalah perencanaan berbasis kinerja (*Performance Based Design/PBD*), dengan memanfaatkan analisis statik beban dorong (*static nonlinear/pushover analysis*) menggunakan komputer untuk menganalisis perilaku inelastik dari struktur, sehingga dapat diketahui kinerjanya pada kondisi kritis.



Adapun gedung yang akan di analisa adalah gedung Radio Therapy dan Rawat Inap Rumah Sakit GrandMed Lubuk Pakam yang berlokasi di Jl. Medan-Lubuk Pakam Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil output analisis *pushover* pada penggunaan SAP 2000 ?
2. Bagaimana cara mengetahui nilai *performance point* pada suatu bangunan?
3. Apakah dengan analisis *pushover* dapat diketahui kriteria seismik suatu bangunan ?
4. Bagaimana pola keruntuhan suatu bangunan jika dianalisis dengan *pushover*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kemampuan maksimal struktur gedung bertingkat akibat beban gempa.
2. Untuk mengetahui titik *performance point* antara gaya geser dasar dengan *displacement*, pada kurva *pushover* sebagai representasi tahapan perilaku struktur saat dikenai gaya geser dasar pada level tertentu.
3. Menentukan kriteria seismik struktur gedung rumah sakit dari hasil nilai *performance point*.
4. Mengetahui pola keruntuhan bangunan sehingga dapat diketahui titik-titik yang mengalami kerusakan dan mengalami kehancuran.

#### 1.4 Batasan Masalah

Dalam Analisis pushover ini permasalahan dibatasi pada perencanaan konfigurasi struktur yang digunakan, pembebanan yang terjadi, pemodelan struktur, dan analisa struktur.

Dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Untuk mengarahkan pembahasan ini agar tidak menyimpang dari sasaran yang ingin dituju, maka perlu membuat batasan ruang lingkup permasalahan. Sebagai pembatasan masalah ini adalah hanya terbatas pada analisa kekuatan struktur bangunan bertingkat, tidak mengevaluasi dinding lift, pondasi struktur terjepit kaku pada tanah, dan tidak mendesain pondasi.
2. Penelitian ini dilakukan pada gedung Radio Therapy dan Rawat Inap Rumah Sakit GrandMed Lubuk Pakam yang terletak di Kabupaten Deli Serdang dengan wilayah gempa 3, tanah sedang (SD)
3. Untuk menghitung beban gempa yang bekerja pada struktur gedung mengacu pada SNI 1726:2019.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menjadi bahan referensi pembelajaran mengenai kekuatan struktur bertingkat terhadap gaya gempa dengan perhitungan-perhitungan yang umum digunakan dalam mendesain struktur gedung.

#### 1.6 Metodologi Penelitian

Adapun beberapa tahapan dari metodologi penelitian ini yaitu :

1. Mengumpulkan data dan literatur yang dibutuhkan dari bangunan rumah sakit, meliputi:
  - a. Data umum struktur gedung
  - b. Data bahan yang digunakan
  - c. Data gambar
  - d. Buku-buku referensi
  - e. Peraturan-peraturan yang berkaitan
2. Mengelola data – data yang dibutuhkan
3. Menghitung beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan yang berupa:
  - Beban hidup
  - Beban mati akibat berat sendiri
  - Beban mati tambahan
  - Beban gempa
4. Pemodelan 3D struktur bangunan menggunakan program SAP 2000 v.14 sesuai data dan informasi dari bangunan rumah sakit.
5. Menganalisa model struktur dengan respon spektrum untuk mendapat kurva kapasitas sesuai wilayah gempa yang dianalisis dengan bantuan program SAP 2000.
6. Menyimpulkan hasil analisis berdasarkan data dan pembahasan, maka dapat dibuat kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Mengutip dari Jurnal Ilmiah Media Engineering oleh Jessen G. Potalangi, Dkk tahun 2020, yang berjudul Analisis Keruntuhan Gedung Bertingkat Akibat Beban Gempa dan Beban Angin Dengan Metode Pushover. Bangunan yang dimodelkan dalam penelitian yaitu gedung 12 Lantai Fakultas Hukum Unsrat daerah Manado, Sulawesi Utara. Analisa dilakukan dengan pengoperasian aplikasi ETABS Non-Linear dan SAP 2000. Penelitian menunjukkan hasil analisis pushover akibat beban gempa pada arah X dengan nilai kapasitas gaya geser dasar maksimum sebesar 17674,318 kN pada displacement 0,584 m. Pada arah Y menunjukkan nilai kapasitas gaya geser dasar maksimum sebesar 18397,709 kN, pada simpangan 0,457 m. dan analisis pushover angin pada arah X menunjukkan gaya geser dasar maksimum sebesar 1395,605 kN pada displacement. Pada arah Y kapasitas gaya geser maksimum sebesar 2332,929 kN pada simpangan 0,0375 m.

#### 2.2 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran kerak bumi yang menimbulkan guncangan pada bangunan atau benda yang berada di atasnya. Gempa yang diakibatkan gerakan lempeng bumi disebut gempa tektonik. Gempa yang diakibatkan oleh aktivitas gunung berapi disebut gempa vulkanis. Gempa yang diakibatkan longsor atau ledakan disebut gempa terban. (Sri Murni Dewi, 2009). Diantara beberapa

jenis gempa, gempa tektonik adalah gempa yang paling luas dan besarnya pengaruhnya.

### 2.3 Konsep Bangunan Tahan Gempa

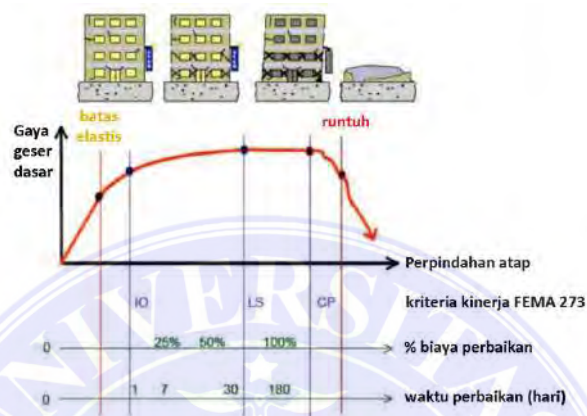
Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang mampu bertahan dan tidak runtuh jika terjadi gempa. Bangunan tahan gempa bukan berarti tidak boleh mengalami kerusakan sama sekali namun bangunan tahan gempa boleh mengalami kerusakan asalkan masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Secara umum menurut UBC 1997 bangunan dikatakan sebagai bangunan tahan gempa apabila memenuhi kriteria berikut (Badan Standarisasi Nasional, 2010):

1. Struktur yang direncanakan harus memiliki kekakuan lateral yang mencukupi untuk dapat mempertahankan kondisi elastik ketika menerima beban gempa kecil.
2. Struktur yang direncanakan harus dapat menahan beban gempa menengah tanpa terjadinya kerusakan pada elemen struktural. Kerusakan pada elemen nonstruktural diperbolehkan untuk terjadi.

### 2.4 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berbasis Kinerja

Perencanaan bangunan tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*) merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan (*upgrade*) bangunan yang sudah ada (bangunan eksisting). Proses perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap berbagai kejadian gempa. Setiap simulasi memberikan informasi tingkat

kerusakan (*level of damage*), ketahanan struktur, sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan, kesiapan pakai, dan kerugian harta benda yang akan terjadi. Perencana selanjutnya dapat mengatur ulang risiko kerusakan yang dapat diterima sesuai dengan risiko biaya yang dikeluarkan.



Gambar. 2.1 Tingkat Kinerja Gempa Berbasis PBD.

Sumber: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Anisa Febriana dkk, 2017

## 2.5 Kinerja Bangunan

Menurut *Building Services Research and Information Association (BSRIA)* kinerja bangunan dapat didefinisikan sebagai sebuah proses dalam memperoleh pengetahuan tentang kinerja bangunan dan menggunakan umpan balik untuk meningkatkan bangunan baru informasi dalam perencanaan pada proyek-proyek bangunan dimassa yang akan datang.

Tingkat kinerja sebuah bangunan menunjukkan kondisi bangunan setelah mengalami gempa. Kondisi ini dijelaskan melalui deskripsi kerusakan fisik yang dialami bangunan, tingkat bahaya akibat kerusakan yang terjadi terhadap penggunaan bangunan, dan kemampuan layan bangunan pasca gempa. Dalam dokumen ATC 40, tingkat kinerja bangunan diklasifikasikan menjadi beberapa kategori (*Applied Tecnology Council, 1996*):

Tabel 2.1 Level Kinerja Struktur

| TINGKAT KINERJA | URAIAN   | KETERANGAN   |
|-----------------|--|--|
| SP-1            | <i>Immediate Occupancy</i><br>(Penggunaan sedang)      | Bila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi. Karakteristik dan kapasitas sistem penahan gaya vertikal dan lateral pada struktur masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman dan dapat langsung dipakai.   |
| SP-2            | <i>Damage Control</i><br>(Kontrol kerusakan)           | Pemodelan bangunan baru dengan beban gempa rencana dengan nilai beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah 10%.   |
| SP-3            | <i>Life Safety</i> (Aman untuk dihuni)                 | Bila terjadi gempa, mulai muncul kerusakan yang cukup signifikan pada strukturu, akan tetapi struktur masih dapat menahan gempa. Komponen-komponen struktur utamatidak runtuh. Bangunan dapat dipakai kembali jika sudah dilakukan perbaikan, walaupun kerusakan yang terjadi kadangkala membutuhkan biaya yang tidak sedikit. |
| SP-4            | <i>Limited Safety</i><br>(Keamanan terbatas)           | Kondisi bangunan tidak sebaik level safety dan tidak seburuk level strucrural satbility, termasuk ketika level life safety tidak efektif atau ketika hanya beberapa kerusakan struktur kritis yang dapat dikurangi.  |
| SP-5            | <i>Structural Stability</i><br>(Stabilitas struktural) | Level ini merupakan batas dimana struktur sudah mengalami kerusakan yang parah. Terjadi kerusakan pada struktur dan nonstruktur. Struktur tidak lagi mampu menahan gaya lateral karena penurunan.  |
| SP-6            | <i>Not Considered</i> (Tidak diperhitungkan)           | Pada kategori ini, struktur sudah dalam kondisi runtuh, sehingga hanya dapat dilakukan evaluasi sesimik dan tidak dapat dipakai lagi.  |

Sumber : Applied Technology Council (ATC) 1996

## 2.6 Gempa Rencana

Menurut SNI 1726:2019 pengaruh gempa rencana harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan

sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah besarnya 2 %.

## 2.7 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Menurut SNI 1726:2019 untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai tabel 3.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa  $I_e$  menurut tabel 2.3. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

| Jenis Pemanfaatan   | Kategori Risiko |
|---|-----------------|
| Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi, untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>   | I               |
| Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, V, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul> | II              |
| Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bisokop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> </ul>   | III             |



- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- Bangunan-bangunan monumental
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
- Rumah ibadah
- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat
- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
- Struktur tambahan (termasuk menara komunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, stuktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat

IV

Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori risiko IV.

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa

| Kategori Risiko | Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$ |
|-----------------|-------------------------------|
| I atau II       | 1,0                           |
| III             | 1,25                          |
| IV              | 1,50                          |

Sumber : SNI 1726:2019

## 2.8 Daktilitas Struktur Bangunan

Faktor daktilitas struktur gedung ( $\mu$ ) adalah rasio antara simpangan maksimum gedung akibat pengaruh gaya rencana saat mencapai ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama. Faktor daktilitas struktur gedung dipengaruhi dengan faktor reduksi gempa ( $R$ ).

Tabel 2.4 Parameter Daktilitas Struktur Gedung

| Taraf Kinerja Gedung | $\mu$ | R   |
|----------------------|-------|-----|
| Elastik penuh        | 1     | 1,6 |
|                      | 1,5   | 2,4 |
|                      | 2     | 3,2 |
|                      | 2,5   | 4   |
|                      | 3     | 4,8 |
|                      | 3,5   | 5,6 |
| Daktail parsial      | 4     | 6,4 |
|                      | 4,5   | 7,2 |
|                      | 5     | 8   |
|                      | 5,3   | 8,5 |
| Daktail penuh        | 5,3   | 8,5 |

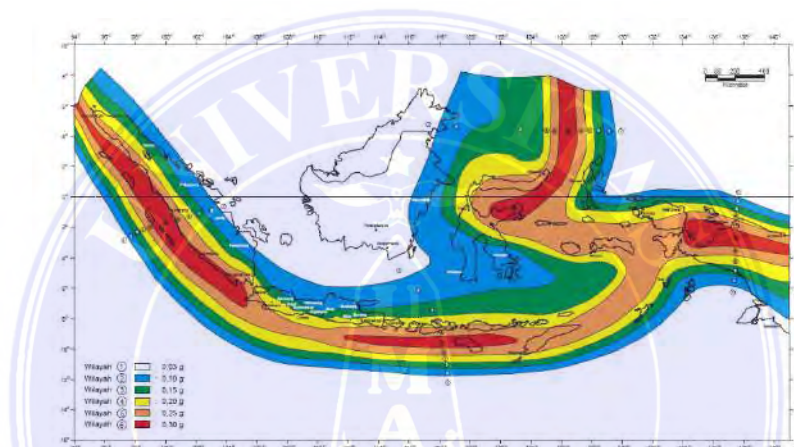
Sumber : SNI 1726 2019

## 2.9 Jenis Tanah Setempat

Perambatan gelombang Percepatan Efektif Puncak Dasar (PPEBD) melalui lapisan tanah di bawah bangunan diketahui dapat memperbesar gempa rencana di muka tanah tergantung pada jenis lapisan tanah. Pengaruh gempa rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar (SNI 1726:2019). SNI 1726:2019 menetapkan jenis-jenis tanah menjadi 6 kategori, yaitu batuan keras, batuan, tanah keras, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah khusus.

## 2.10 Wilayah Gempa

Salah satu pertimbangan dalam mendesain dan mengevaluasi struktur terhadap gaya gempa adalah letak wilayah gempa. Menurut SNI 1726 wilayah Indonesia dibagi dalam 6 Wilayah Gempa (WG). Gedung yang ditinjau dalam penelitian masuk kedalam wilayah gempa 3. Wilayah gempa disusun berdasarkan atas 10% kemungkinan pergerakan tanah oleh gempa rencana dilampaui dalam periode 50 tahun yang identik dengan periode ulang rata-rata 500 tahun.



Gambar. 2.2 Pembagian Wilayah Gempa di Indonesia  
Sumber: Standar Nasional Indonesia 03-1726:2002

## 2.11 Analisis Pembebanan

Dalam perencanaan struktur gedung, arah pembebanan gempa harus ditentukan sedemikian rupa agar memberikan pengaruh terhadap struktur gedung secara keseluruhan. Pengaruh pembebanan gempa harus efektif 100% pada arah sumbu utama dan bersamaan dengan arah tegak lurus sumbu utama sebesar 30%.

### 2.11.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi yang diaplikasikan pada model struktur gedung mengacu pada SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

### 2.11.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup didefinisikan sebagai beban yang sifatnya tidak membebani struktur secara permanen, misalnya beban akibat pengguna bangunan. Beban hidup termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai atau atap.

Tabel 2.5 Beban Hidup pada lantai gedung

| No  | Lantai Gedung   | Beban | Satuan            |
|-----|---|-------|-------------------|
| 1.  | Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam No.2  | 200   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 2.  | Lantai tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.   | 125   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 3.  | Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit.  | 250   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 4.  | Lantai ruang olah raga.   | 400   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 5.  | Lantai dansa.   | 500   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 6.  | Lantai dan balkon dalam ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari yang disebut dalam No. 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, ruang pergelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap. | 400   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 7.  | Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri.  | 500   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 8.  | Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam No. 3.   | 300   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 9.  | Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam No. 4, 5, 6, dan 7.  | 500   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 10. | Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam No. 3, 4, 5, 6, dan 7.   | 250   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 11. | Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum.           | 400   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 12. | Lantai gedung parkir bertingkat:  |       |                   |
|     | - Untuk lantai bawah  | 800   | Kg/m <sup>2</sup> |
|     | - Untuk lantai tingkat lainnya  | 400   | Kg/m <sup>2</sup> |
| 13. | Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai yang berbatasan dengan minimum.  | 300   | Kg/m <sup>2</sup> |

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung 1983

### 2.11.3 Beban Mati Akibat Berat Sendiri (DL)

Beban mati didefinisikan sebagai beban yang ditimbulkan oleh elemen-elemen struktur bangunan; balok, kolom, pelat lantai. Beban ini akan dihitung secara otomatis oleh program SAP 2000 V.14

### 2.11.4 Beban Mati Tambahan (SIDL)

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat elemen tambahan yang bersifat permanen.

### 2.11.5 Beban Gempa

Bangunan Gedung harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa.

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R) dengan formulasi sebagai berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad C_{vx} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k}$$

dimana :

V = Gaya geser dasar nominal (kN)

$C_{vx}$  = Faktor respon gempa dari spektrum respons

R = Faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung

$W_t$  = Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN)

Pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa itu gaya-gaya di dalam struktur tersebut

yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu sendiri. Beban gempa yang dimaksud meliputi:

- Beban statik ekuivalen
- Beban respon spectrum

## 2.12 Desain Spektra Indonesia

Pada penelitian ini, untuk menentukan parameter gempa seperti nilai  $S_s$ ,  $F_a$ ,  $S_1$ ,  $F_v$ ,  $C_{rs}$  0,2 detik digunakan aplikasi desain spektra Indonesia milik Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Aplikasi desain Spektra Indonesia dapat diakses pada website *puskim.pu.go.id*. Dalam aplikasi ini, diperlukan data koordinat untuk wilayah yang akan ditinjau.

## 2.13 Perilaku Dinamik Model Struktur

Selain ditentukan oleh kekakuan, perilaku dinamik bangunan juga sangat ditentukan oleh massa bangunan. Massa bangunan dalam hal ini akan sangat ditentukan oleh beban gravitasi yang bekerja. Untuk kasus ini, massa bangunan (ketika mengalami gempa) didefinisikan sebagai; 30% beban hidup, 100% beban mati, dan 100% beban mati tambahan. Struktur komponen, harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut (Departemen Pekerjaan Umum, 2013):

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 + (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

## 2.14 Penentuan Periode Fundamental

Periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen oemikul dalam analisis yan teruji. Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), yang ditentukan sesuai 0. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan yang dihitung sesuai 0.

Tabel. 2.6 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

| Parameter percepatan respons spectral<br>dasain pada 1 detik, $S_{D1}$ | Koefisien $C_u$ |
|--|-----------------|
| $\geq 0,4$   | 1,4             |
| 0,3  | 1,4             |
| 0,2  | 1,5             |
| 0,15   | 1,6             |
| $\leq 0,1$   | 1,7             |

Sumber : SNI 1726:2019

### 2.14.1 Periode Fundamental Pendekatan

Tabel. 2.7 Koefisien periode Fundamental

| Tipe Struktur  | $C_t$  | $\alpha$ |
|--|--------|----------|
| Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismic: |        |          |
| • Rangka baja pemikul momen  | 0,0724 | 0,8      |
| • Rangka beton pemikul momen   | 0,0466 | 0,9      |
| Rangka baja dengan bresing eksentris   | 0,0731 | 0,75     |
| Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk  | 0,0731 | 0,75     |
| Semua sistem struktur lainnya  | 0,0488 | 0,75     |

Sumber : SNI 1726:2019

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dan persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m.

$$T_a = 0,1N$$

**Keterangan:** N = Jumlah tingkat.

### 2.15 Analisis Statik Non-linear (Pushover)

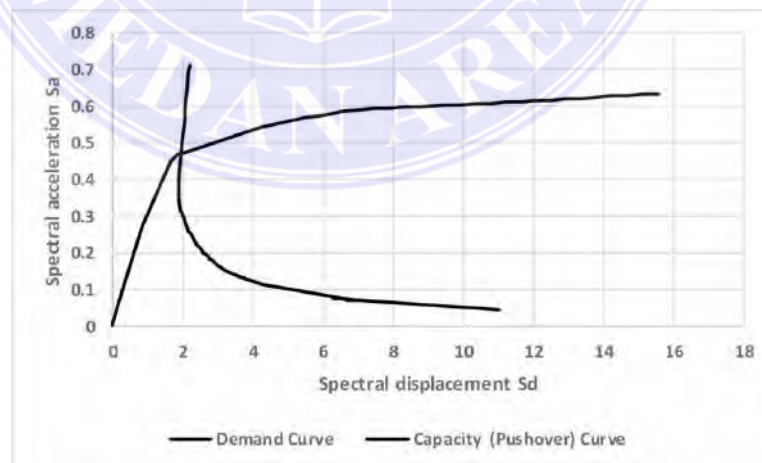
Analisis pushover didefinisikan sebagai suatu analisis statik non-linear dimana suatu bangunan diberi gaya horisontal pada pusat massa masing-masing lantai, kemudian bebannya di tingkatkan secara berangsur-angsur hingga struktur tersebut runtuh. Selama pembebanan diberikan, dilakukan pencatatan *base sheardan* deformasi horisontal pada titik kontrol (pusat massa pada lantai tiap bangunan). Pencatatan ini kemudian disajikan dalam bentukkurva dengan sumbu  $y$  yang menunjukkan besarnya *base shearyang* bekerja dan sumbu  $x$  menunjukkan



besarnya deformasi horisontal di lantai atap bangunan. Kurva ini dikenal dengan sebutan *capacity curve*. Secara garis besar kurva ini menunjukkan kemampuan atau kapasitas perpindahan (deformasi) inelastik struktur sebelum mengalami keruntuhan.

### 2.15.1 Analisis Pushover Berdasarkan ATC 40

Analisis *pushover* diawali dengan pembuatan *capacity curves* seperti telah dijelaskan sebelumnya. Analisa ini memerlukan program komputer untuk dapat merealisasikannya pada bangunan nyata. Beberapa program komputer komersial yang tersedia adalah SAP 2000, ETABS, GBTStrudl, dan Adina. Dalam metode Pushover berdasarkan ATC 40 (*Applied Technology Council 40*), sasaran kinerja yaitu memasukkan beberapa pertimbangan kondisi kerusakan (*damage states*) untuk beberapa level pergerakan tanah. Dapat digunakan sebagai acuan, baik dalam melakukan desain atau perencanaan struktur maupun untuk mengevaluasi struktur yang sudah ada. Kinerja bangunan pada ATC-40 dibagi menjadi 6 kategori level kinerja struktur seperti terlihat pada Tabel 2.1.



Gambar 2.3 *Capacity Curve*

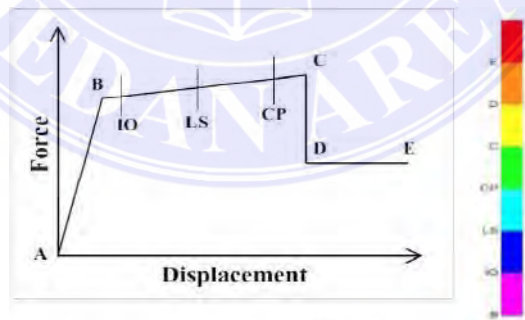
Sumber: ATC 40, 1996

## 2.16 Peraturan Kegempaan SNI 1726-2019

Pada peraturan pembebanan gempa terbaru SNI 1726-2019 terjadi perubahan yang terletak pada peta gempa yang berbeda. Beban, kombinasi pembebanan, dan kriteria yang terkait yang diberikan dalam standar ini harus digunakan untuk perancangan dengan metode kekuatan atau perancangan dengan metode tegangan izin yang terdapat dalam spesifikasi desain untuk material struktur konvensional (Departemen Pekerjaan Umum, 2019)

## 2.17 Distribusi Sendi Plastis









Sendi plastis merupakan bentuk ketidakmampuan elemen struktur balok dan kolom untuk menahan gaya dalam. Beban gempa yang diterima oleh gedung pada tingkatan atau kondisi tertentu adalah penyebab terjadinya sendi plastis. Apabila terjadinya keruntuhan struktur, maka yang runtuh adalah baloknya terlebih dahulu. Menurut (Csi, 2017) tingkatan kondisi sendi plastis yang terjadi pasca leleh adalah sebagai berikut.



Gambar 2.4 Distribusi Sendi Plastis

Sumber: ATC 40, 1996

Tabel. 2.8 Tingkat Kerusakan Struktur

| KETERANGAN | SIMBOL  | PENJELASAN  |
|------------|---|---|
| A          |  | Merupakan kondisi dimana belum ada pembebanan sehingga belum terjadi plasifikasi pada sendi plastis     |
| B          |  | Merupakan kondisi dimana elemen mulai mengalami leleh yang pertama kali                                 |
| IO         |  | Merupakan tahapan setelah leleh (plastis) dengan tingkat kinerja pada elemen <i>Immediate Occupancy</i> |
| LS         |  | Elemen pada kinerja <i>Life Safety</i> (kondisi plastis)  |
| CP         |  | Elemen pada level kinerja <i>Collapse Prevention</i> (kondisi Hampir runtuh)                            |
| C          |  | Merupakan kapasitas ultimit dari elemen   |
| D          |  | Kekuatan sisa dari elemen   |
| E          |  | Merupakan batas dimana sudah mengalami keruntuhan   |

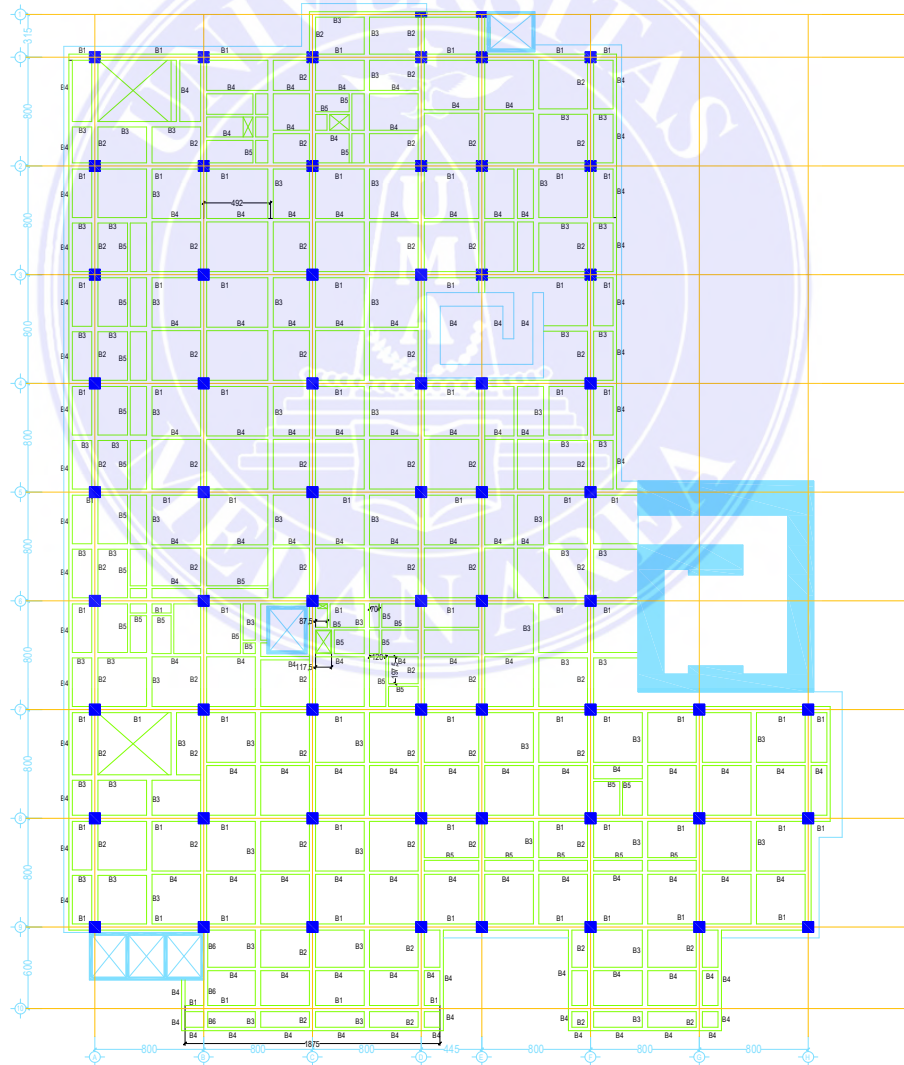
Sumber: Jurnal Sipil Statik, H. Manalip, DKK, 2020.

## BAB III

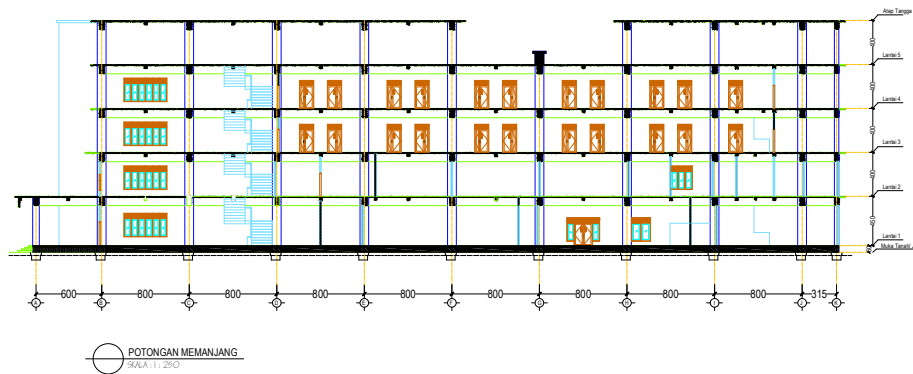
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Data Perencanaan

Pada penelitian ini berencana mengambil data-data yang diperoleh dari lapangan. Data yang menjadi pendukung adalah gambar arsitektur dan referensi Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia pada situs puskim.pu.go.id serta menganalisa beban gempa dengan metode SNI 1726:2019.



**Gambar 3.1 Denah Balok Lantai 2**  
 Sumber: Gambar Rencana Struktur Gedung RadioTherapy RS. GrandMed



Gambar 3.2 Potongan Memanjang

Sumber: Gambar Rencana Struktur Gedung RadioTherapy RS. GrandMed

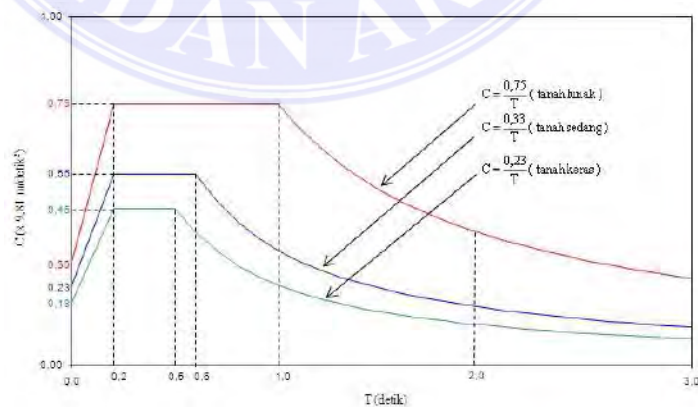
Proses dimulai dengan pengumpulan data dan informasi struktur yang akan digunakan untuk pemodelan. Data-data yang digunakan adalah data teknis, antara lain:

- Lokasi Studi Kasus : Jl. Raya Medan-Lubuk Pakam,  
Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara
- Jenis Struktur : Gedung/ Struktur Beton Bertulang
- Material Utama Struktur : Beton Bertulang
- Fungsi Bangunan : Ruang Rawat Inap Rumah Sakit
- Jumlah Lantai : 6 Lantai dengan Atap
- Tinggi Bangunan : 20,5 m
- Tinggi Lantai Tipikal : 4 m
- Dimensi dan Detail Kolom
  1. K1 = 80x80 cm, dengan tulangan 32 D22 dan Beugel D10-100
  2. K2 = 60x60 cm, dengan tulangan 24 D19 dan Beugel D10-100
  3. K3 = 40x80 cm, dengan tulangan 26 D22 dan Beugel D10-100
  4. K4 = 20x30 cm, dengan tulangan 6 D13 dan Beugel Ø8-100
- Dimensi dan Detail Balok
  1. Balok B1 = 45/85

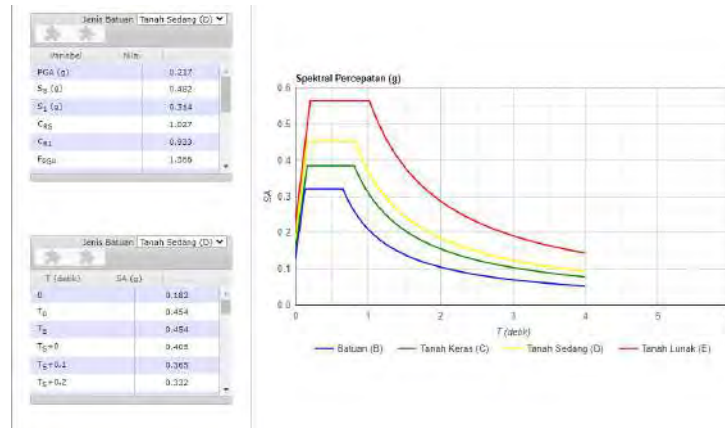
2. Balok B2 = 45/80
  3. Balok B3 = 40/80
  4. Balok B4 = 25/40
  5. Balok B5 = 20/35
- Tebal Pelat Lantai : 120 mm
  - Mutu Bahan
    1. Beton : 30 Mpa
    2. Tulangan Ulir (*deform*) : 400 Mpa
    3. Tulangan Polos (*plain*) : 240 Mpa

### 3.1.1 Data Dinamik Respon Spektrum

Dalam menentukan desain respon spektrum, data didapat berdasarkan wilayah gempanya. Gedung dalam penelitian ini berada pada wilayah gempa 3 dengan tanah sedang (SD). Menurut SNI 1726:2019, spektrum-respons desain pada struktur harus didesain untuk menahan pengaruh beban gempa berdasarkan kelas tanah yang ditinjau. Nilai dinamik respon spektrum diperoleh dari aplikasi desain spektra Indonesia milik Kementerian PUPR.



Gambar 3.3 Respon spektrum gempa rencana wilayah 3  
 Sumber: Jurnal Teknik Sipil, Rizky Andhika Kadarusman, DKK, dikutip dari SNI 1726:2002



Gambar 3.4 Hasil desain respon spektrum  
 Sumber: [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id)

### 3.2 Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data. Dalam tahap awal disusun hal hal yang penting yang harus dilakukan untuk mengefektikan waktu perjalanan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan kegiatan sebagai berikut :

1. Studi pustaka terhadap materi untuk penentuan desain.
2. Menentukan data data yang dibutuhkan.
3. Mencari instansi yang akan dijadikan nara sumber.
4. Pengadaan persyaratan administrasi untuk perencanaan data.
5. Pembuatan proposal penyusunan tugas akhir.
6. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi proyek.
7. Membuat jadwal perhitungan analisis.

### 3.3 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang dilakukan berupa angka atau bilangan yaitu merupakan hasil analisis struktur gedung dengan menggunakan program SAP 2000 V.14

### 3.4 Tahapan Analisis

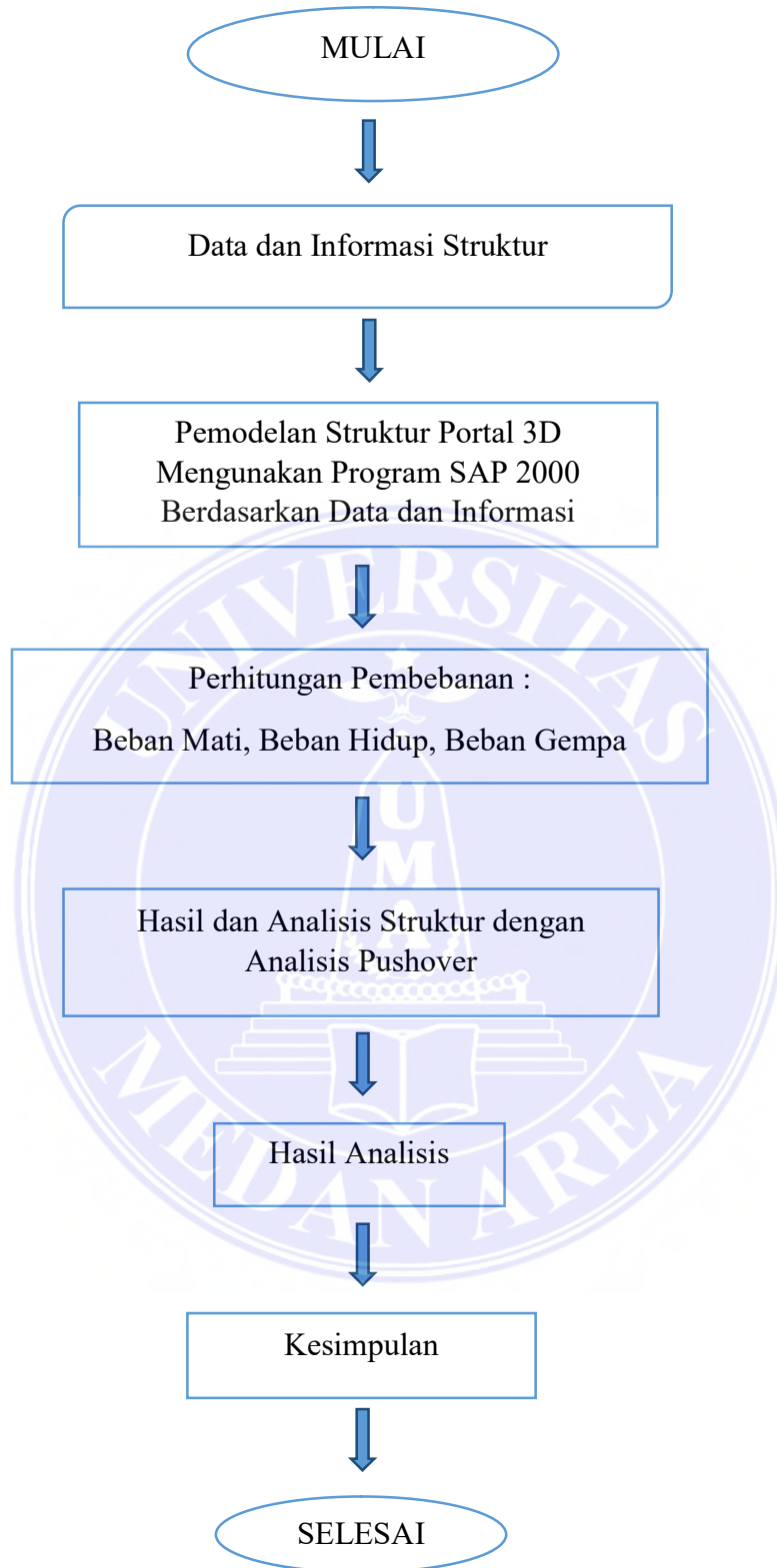
Adapun langkah – langkah dalam penelitian yang akan dilakukan yaitu :

1. Mendapatkan data struktur gedung dari perencana.
  - Data umum struktur gedung
  - Data bahan yang digunakan
  - Data gambar
  - Buku-buku referensi
  - Peraturan-peraturan yang berkaitan
2. Perhitungan pembebanan struktur, diantaranya:
  - Beban hidup
  - Beban mati akibat berat sendiri
  - Beban mati tambahan
  - Beban gempa
3. Pemodelan struktur menggunakan program SAP 2000 V.14
4. Analisis struktur dengan analisis *pushover*
5. Menyimpulkan hasil analisis program SAP 2000 V.14

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian dibawah ini:





Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah menganalisis dan mengevaluasi, sebagaimana pada bab IV, maka penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis *Pushover* akibat gempa pada arah X menunjukkan kapasitas gaya geser dasar maksimum sebesar 3488,136 ton, pada *displacement* 0,1656 m, dan pada arah Y kapasitas gaya geser dasar maksimum sebesar 5505,085 ton, pada *displacement* 0,0207 m.
2. Titik performa (performance point) dengan menggunakan respon spektrum berdasarkan SNI 1726:2019 pada arah X didapat pada koordinat Sa;Sd di titik 0,079 (g) ; 0,015 (m) dengan gaya geser dasar 780,824 ton pada *displacement* 0,015 m. Pada arah Y didapat pada koordinat Sa;Sd di titik 0,082 (g) ; 0,016 (m) dengan gaya geser dasar 808,399 ton pada *displacement* 0,0197 m.
3. Hasil *Pushover* analisis menunjukkan bahwa besar *drift ratio* untuk arah X adalah 0,0073 dan arah Y adalah 0,00096, sehingga gedung termasuk dalam level kinerja *Immediate Occupancy*, artinya suatu kondisi pada gedung saat terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktural yang terjadi, struktur masih sama dengan kondisi dimana gempa belum terjadi, sehingga bangunan aman untuk digunakan kembali untuk kegiatan operasional.
4. Distribusi sendi plastis berhenti pada step 5. Pada tahap ini besar perpindahan adalah 0,1656 m, dan besar gaya geser dasar 3488,136 ton. Distribusi sendi

plastis berada pada level CP (Tabel 2.8) yaitu pada level kinerja Collapse Prevention atau kondisi hampir runtuh.

## 5.2 Saran

Penulis memiliki beberapa saran, apabila akan dilakukan penelitian lanjutan:

1. Analisis *Pushover* perlu dicoba dengan penggunaan profil beton dan mutu beton yang berbeda. Apakah akan mempengaruhi tingkat pelayanan *performance point* dari struktur.
2. Memperhatikan parameter-parameter yang akan digunakan dalam proses analisis *pushover* dengan bantuan SAP 2000.
3. Kombinasi pola distribusi pembebanan gempa dapat diberikan lebih variatif, sehingga dapat diketahui kondisi paling ekstrem untuk perencanaan.
4. Perlu diperhatikan ketelitian perhitungan pendekatan dalam pembuatan kurva hasil *pushover analisis*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi Nur Rachmad. 2016. Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP 2000 (Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit di Surakarta), Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. SNI 1726:2019. Jakarta.
- Batara, Ismail. 2019. Desain Gedung Bertingkat Tahan Gempa SRPMK, Modul Pelatihan SAP 2000, Jakarta.
- Budiono B, Supriatna L. 2015. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726- 2013. Bandung (ID): ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). Pedoman Perancangan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Febriana, A , Wisnumurti, Wibowo, A. (2016). Analisis Pushover untuk Performance based Design (Studi Kasus Gedung B Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya). Journal Rekayasa Sipil Universitas Brawijaya. Volume 1(2): 676-685.
- H. Manalip, Reky S. Windah, Servie O. Dapas. (2014). Analisis Pushover Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium. Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi Vol.2 No. 4.
- Jessen G. Potalangi, Hieryco Manalip, Steenie E. Wallah (2020). Analisis Keruntuhan Gedung Bertingkat Akibat Beban Gempa dan Beban Angin Dengan Metode Pushover. Jurnal Ilmiah Media Engineering Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol. 10, No. 1.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman (2020). Desain Spektra Indonesia. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum. <http://puskim.pu.go.id/> ( diakses 14 juni 2021).
- Sandhi, Reza Dwipa, Dkk. 2016. Kajian Analisis Pushover Untuk Performance Based Design Pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP) Universitas Brawijaya, Jurnal Teknik Sipil, Univeristas Brawijaya, Malang.

Yalciner H, Sensoy S, Eren O. 2015. Seismic Performance Assessment of a Corroded 50-Year-Old Reinforced Concrete Building. *Journal of Structural Engineering*. 144(2):1-11.





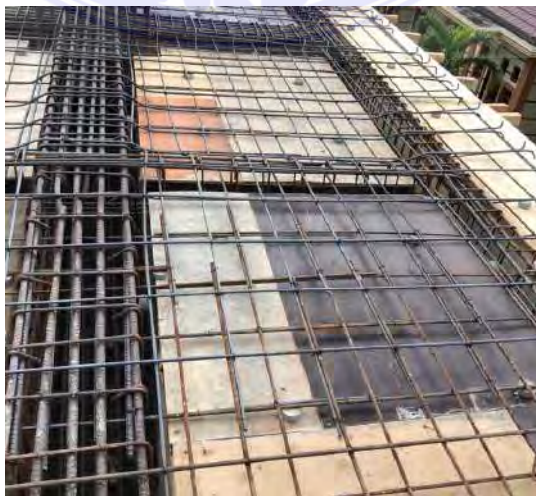
## Lampiran. Dokumentasi Lapangan



Proses perakitan pondasi *Pile Cap*



Proses perakitan tulangan kolom



Proses perakitan plat lantai



Tampak gedung saat proses pembangunan

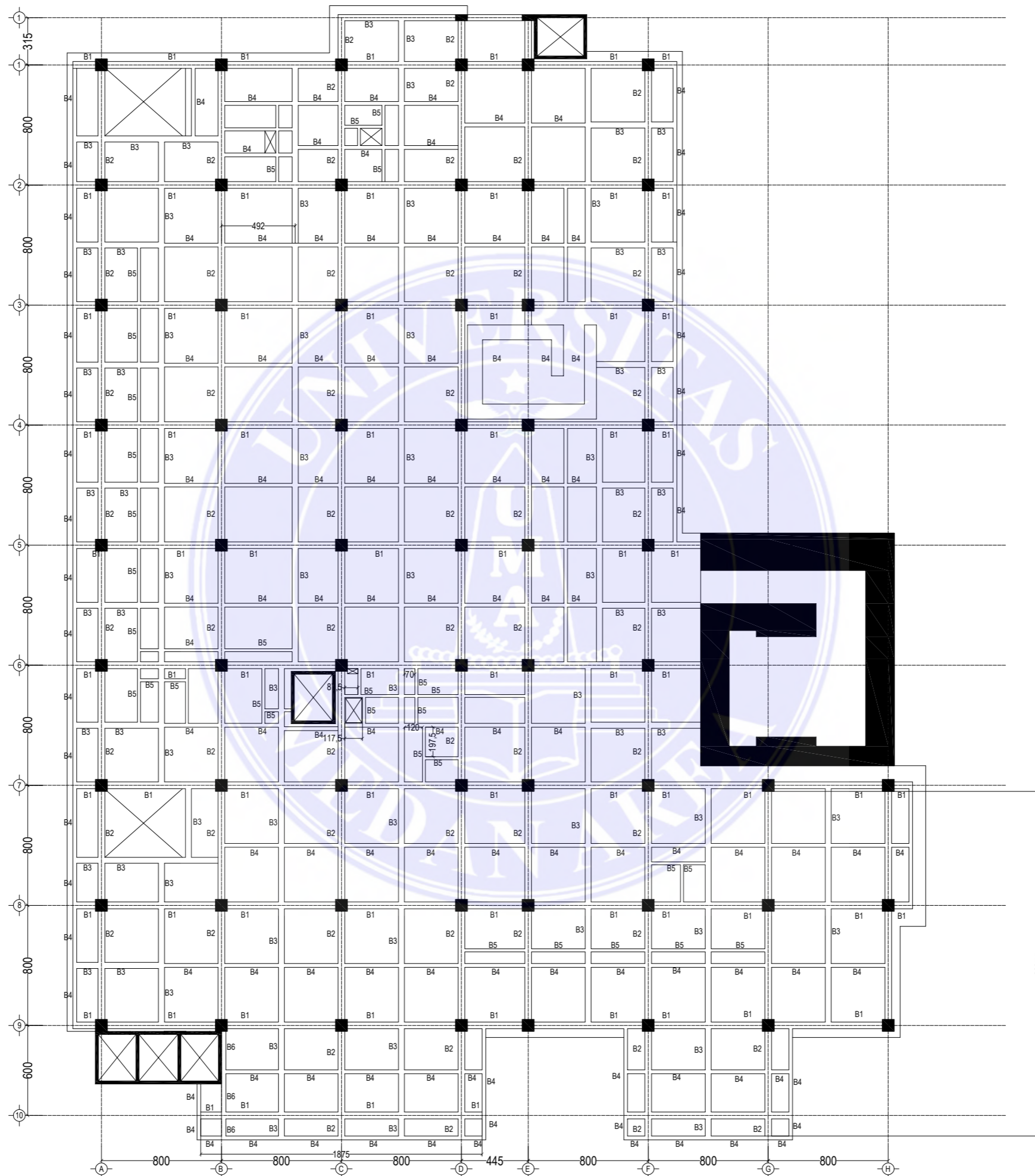


Tampak gedung saat proses pembangunan



# GAMBAR RENCANA STRUKTUR

Proyek:  
**PEMBANGUNAN GEDUNG RADIO THERAPY  
RUMAH SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM - DELI SERDANG**



UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 PEMBALOKAN LANTAI 2  
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
 SKALA: 1 : 300

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
 PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
 THERAPY DAN RAWAT INAP RUMAH  
 SAKIT GRANDMED  
 LUBUK PAKAM

PEMILIK  
 (JOHANNES SEMBIRING)  
 DIRENCANAKAN  
 STRUCTURE

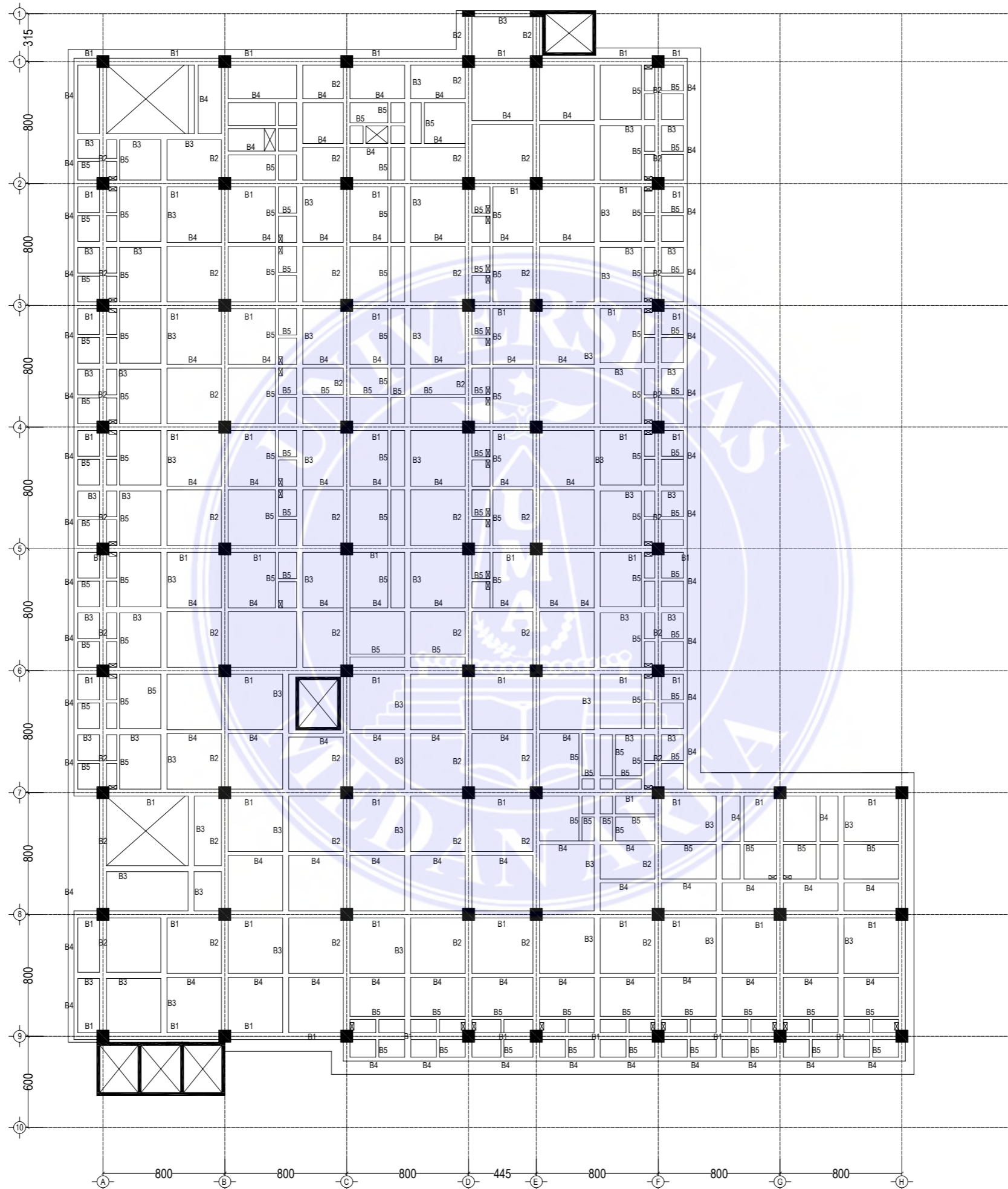
(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)  
 Digambar Diperiksa  
 Mart Laja dr. Ferdinand, S  
 Nama Gambar

PEMBALOKAN LANTAI 2

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
 Date : 14 Oktober 2019

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 PEMBALOKAN LANTAI 3  
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
 SKALA: 1 : 300

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
 PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
 THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
 SAKIT GRANDMED  
 LUBUK PAKAM

PEMILIK  
 (JOHANNES SEMBIRING)

DIRENCANAKAN  
 STRUCTURE

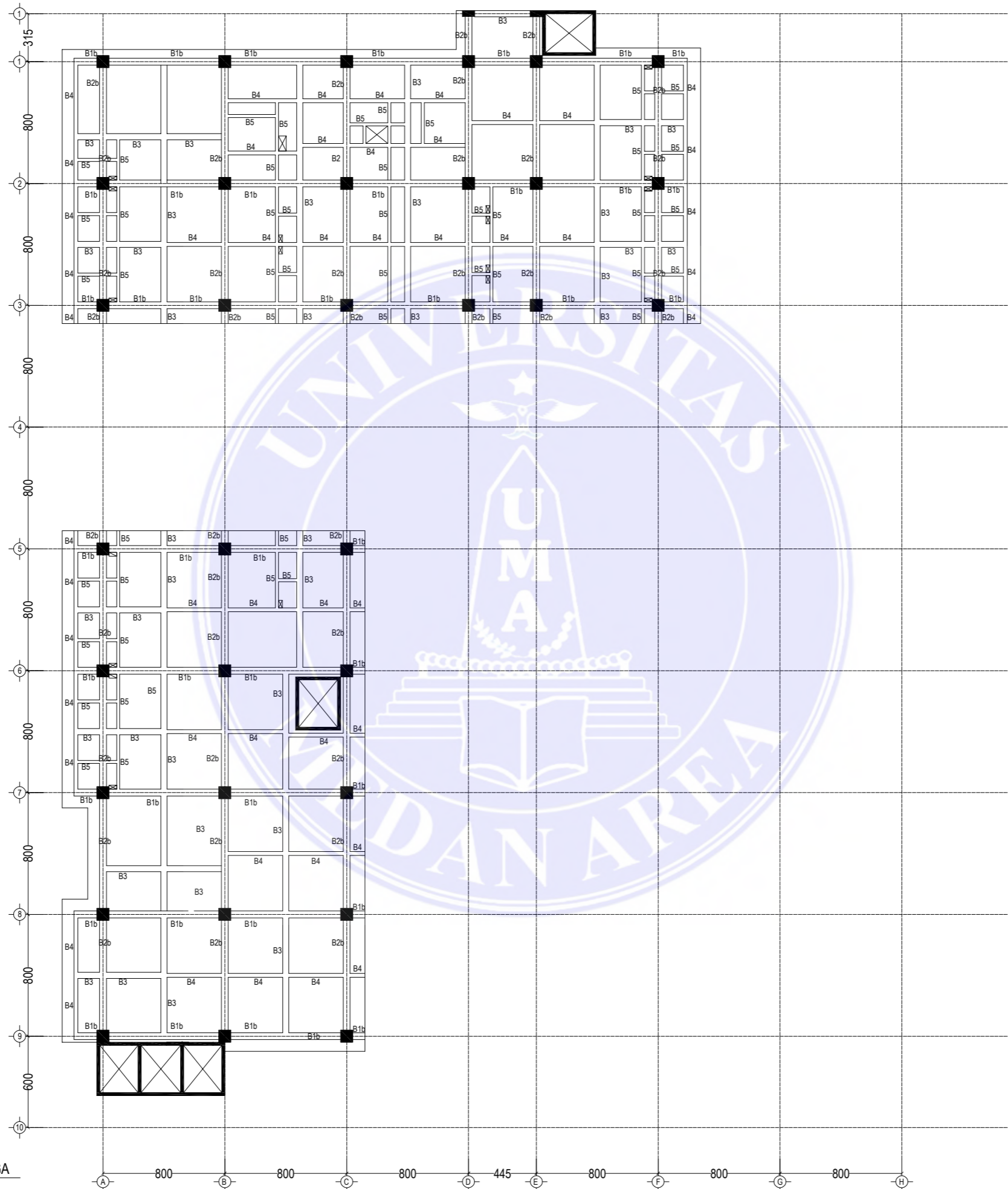
(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)

| Digambar          | Diperiksa               |
|-------------------|-------------------------|
| <i>Mart Laila</i> | <i>dr. Ferdinand, S</i> |
| Nama Gambar       |                         |

PEMBALOKAN LANTAI 3

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
 Date : 14 Oktober 2019



UNIVERSITAS MEDAN AREA  
PEMBALOKAN ATAP TANGGA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang SKALA: 1 : 300

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM

PEMILIK  
  
(JOHANNES SEMBIRING)

DIRENCANAKAN  
*STRUCTURE*

(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)

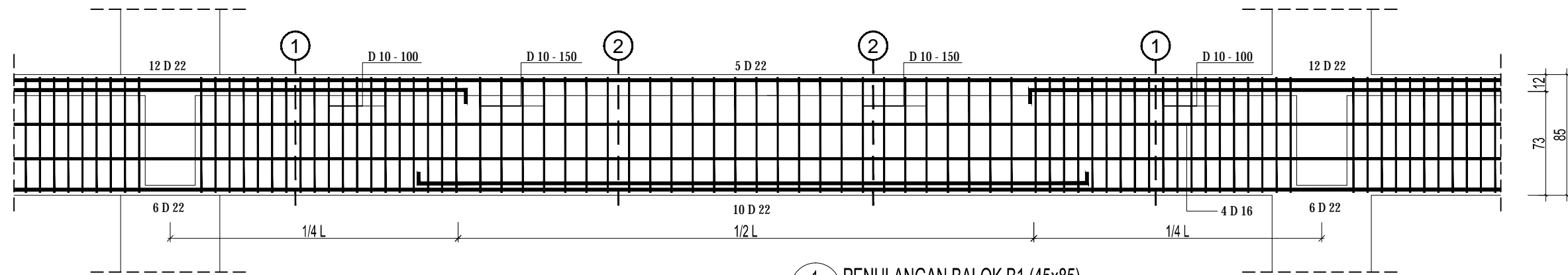
|          |           |
|----------|-----------|
| Digambar | Diperiksa |
|----------|-----------|

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| <i>Marit Laia</i> | <i>dr. Ferdinand, S</i> |
| Nama Gambar       |                         |

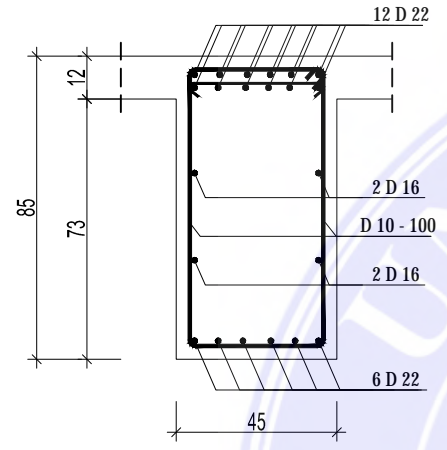
PEMBALOKAN ATAP TANGGA

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

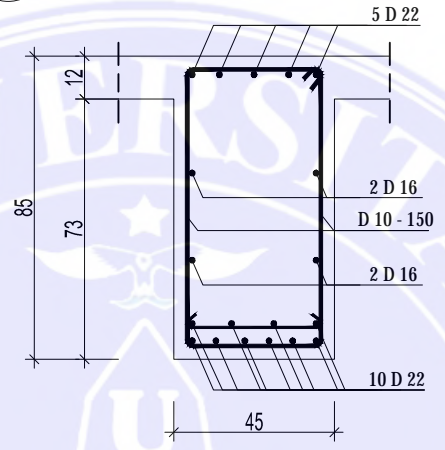
Document Accepted 9/6/22  
Date : 14 Oktober 2019



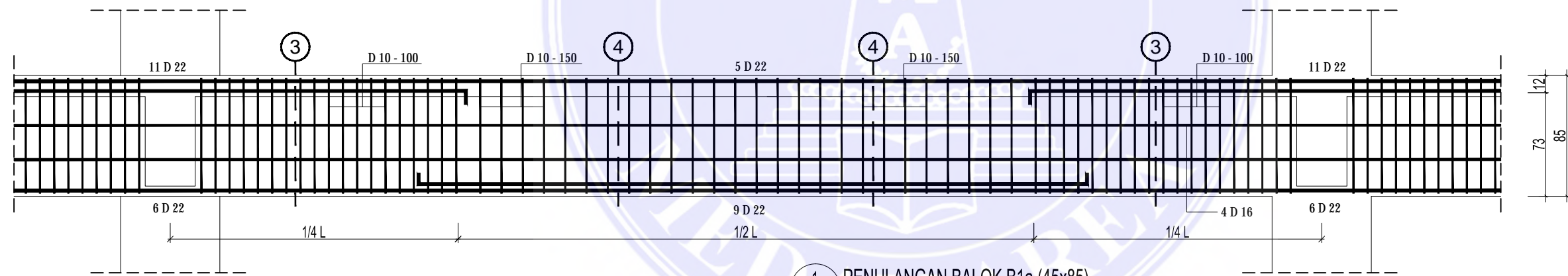
1 PENULANGAN BALOK B1 (45x85)  
SKALA 1 : 34



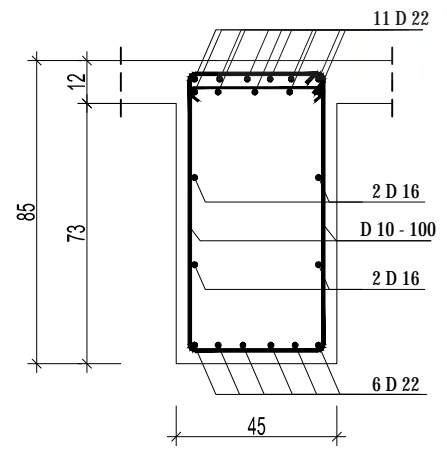
2 POT. 1-1  
SKALA 1 : 20



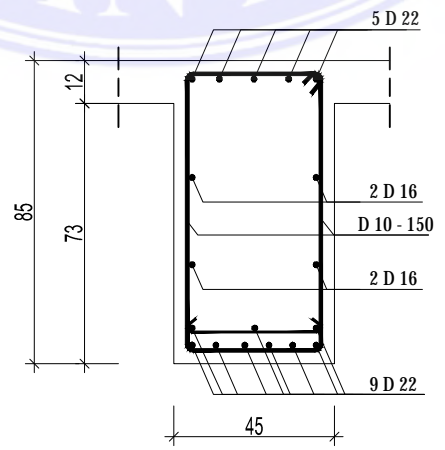
3 POT. 2-2  
SKALA 1 : 20



1 PENULANGAN BALOK B1a (45x85)  
SKALA 1 : 34



2 POT. 3-3  
SKALA 1 : 20



3 POT. 4-4  
SKALA 1 : 20

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO THERAPY  
DAN RAWAT INAP  
RUMAH SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM - DELI SERDANG

PEMILIK

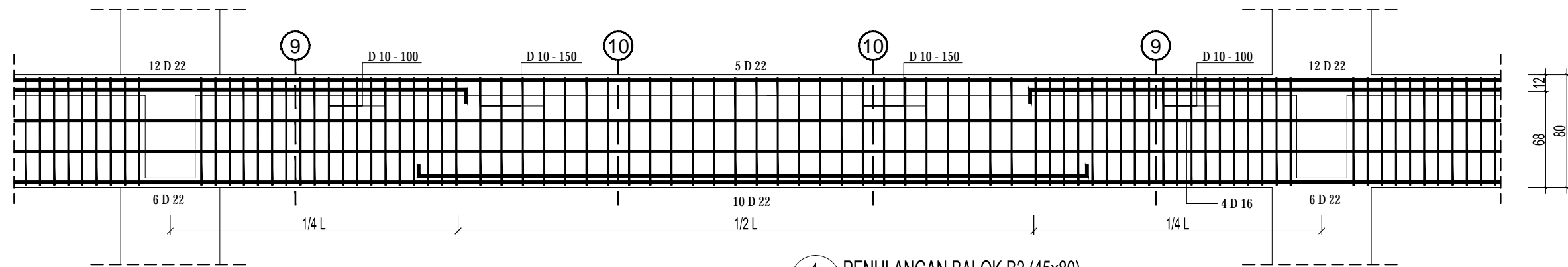
( JOHANNES SEMBIRING )

DIREKANAKAN  
STRUCTURE  
( Ir. MARTIUS GINTING, MTSi )

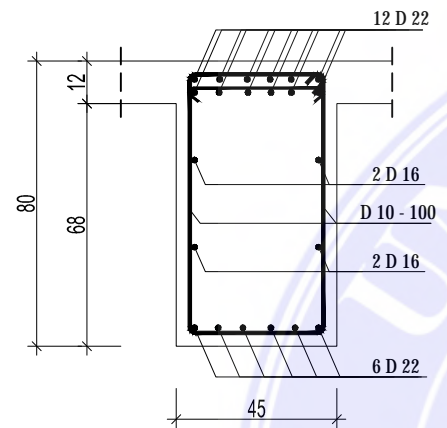
| Digambar    | Diperiksa        |
|-------------|------------------|
| Maret, Laia | dr. Ferdinand, S |

Nama Gambar  
DETAIL BALOK

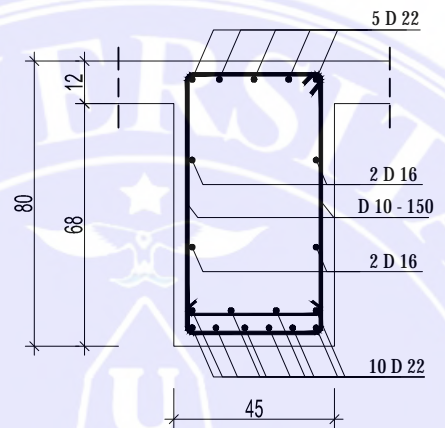
| No. Gambar          | Jlh. Gambar | Skala |
|---------------------|-------------|-------|
| 36                  | 48          | 1:20  |
| Date : 23 Juli 2019 |             |       |



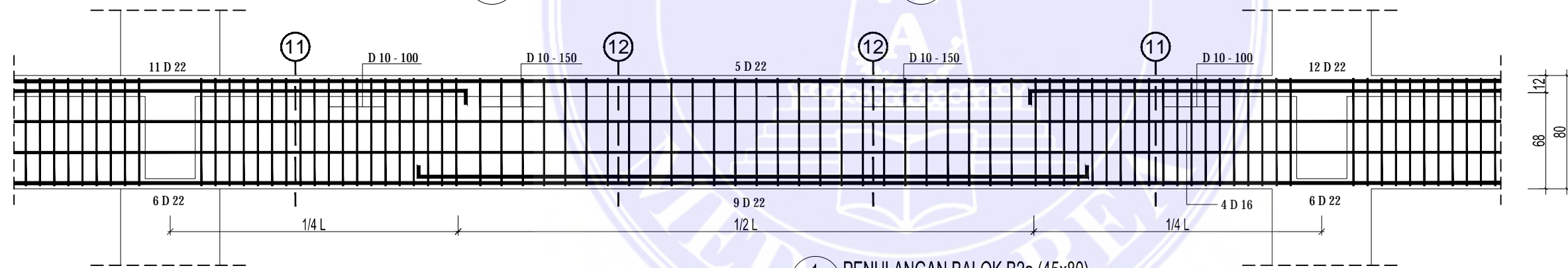
1 PENULANGAN BALOK B2 (45x80)  
SKALA 1 : 34



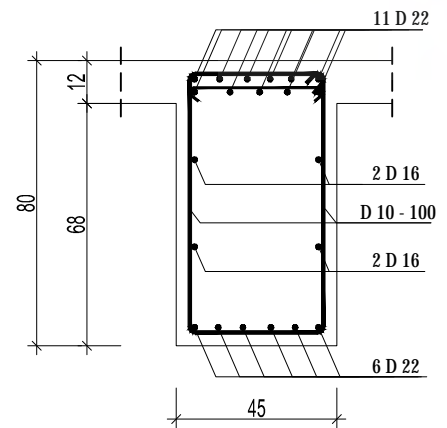
2 POT. 9 - 9  
SKALA 1 : 20



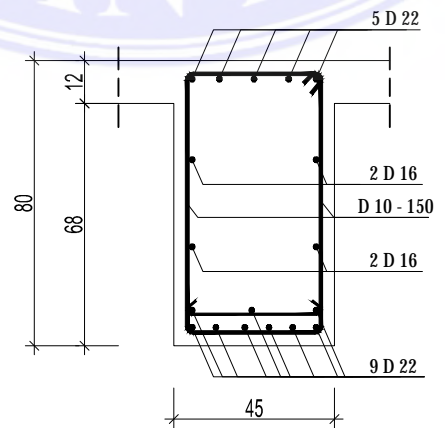
3 POT. 10 - 10  
SKALA 1 : 20



1 PENULANGAN BALOK B2a (45x80)  
SKALA 1 : 34



2 POT. 11 - 11  
SKALA 1 : 20



3 POT. 12 - 12  
SKALA 1 : 20

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO THERAPY  
DAN RAWAT INAP  
RUMAH SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM - DELI SERDANG

PEMILIK

( JOHANNES SEMBIRING )

DIREKANAKAN

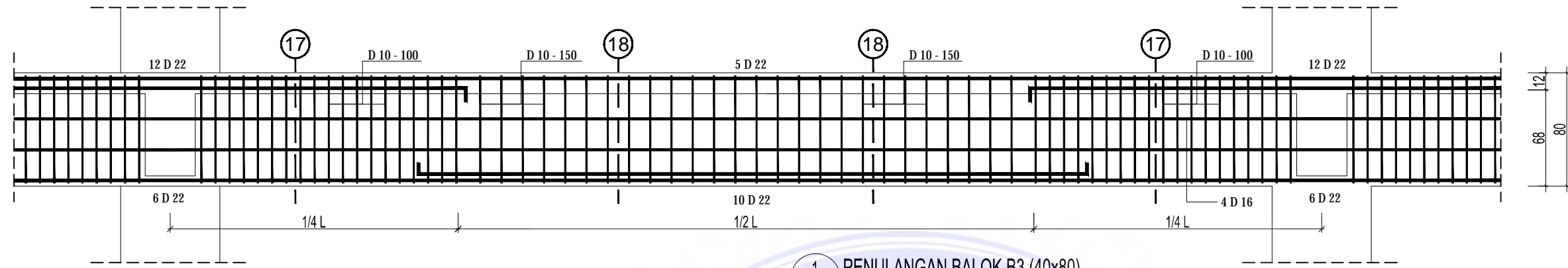
STRUCTURE  
( Ir. MARTIUS GINTING, MTSi )

| Digambar    | Diperiksa        |
|-------------|------------------|
| Maret, Laia | dr. Ferdinand, S |

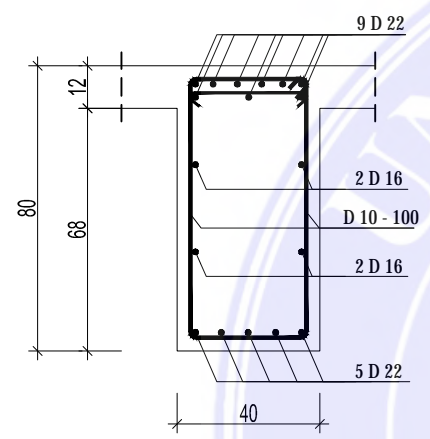
Nama Gambar

DETAIL BALOK

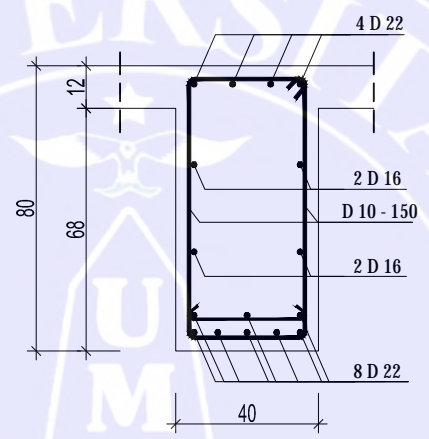
| No. Gambar          | Jlh. Gambar | Skala |
|---------------------|-------------|-------|
| 36                  | 48          | 1/20  |
| Date : 23 Juli 2019 |             |       |



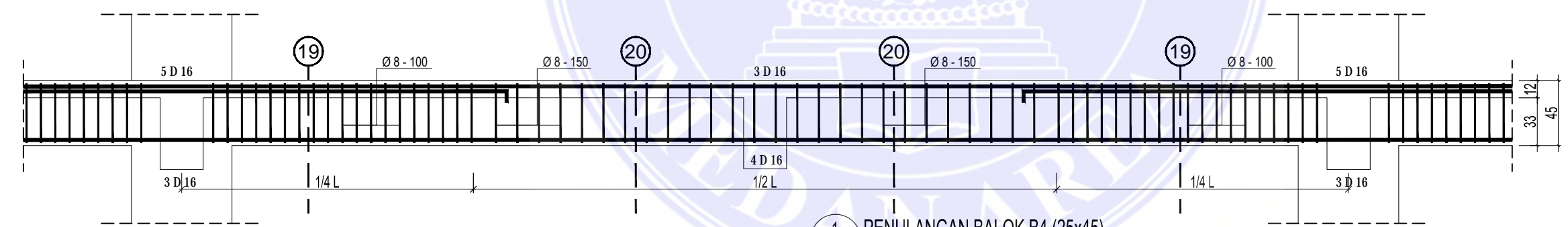
1 PENULANGAN BALOK B3 (40x80)  
SKALA 1 : 34



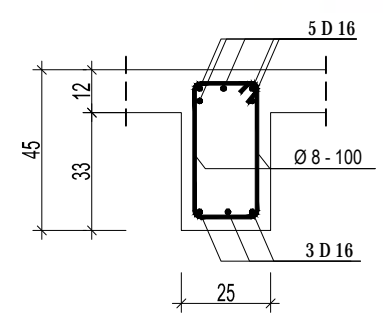
2 POT. 17 - 17  
SKALA 1 : 20



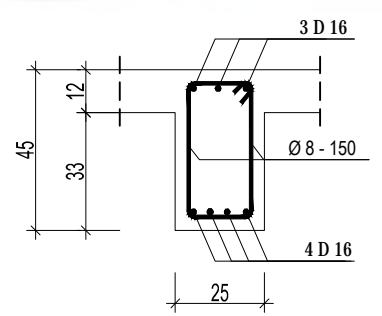
3 POT. 18 - 18  
SKALA 1 : 20



1 PENULANGAN BALOK B4 (25x45)  
SKALA 1 : 34



2 POT. 19 - 19  
SKALA 1 : 20



3 POT. 20 - 20  
SKALA 1 : 20

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO THERAPY  
DAN RAWAT INAP  
RUMAH SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM - DELI SERDANG

PEMILIK  
  
( JOHANNES SEMBIRING )

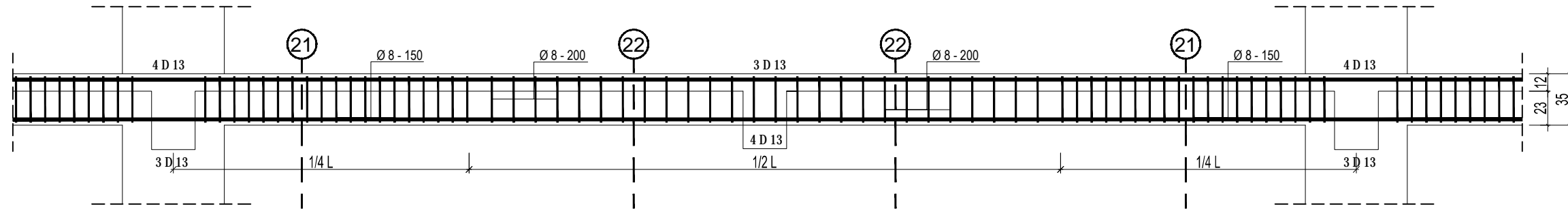
DIREKANAKAN  
STRUCTURE  
  
( Ir. MARTIUS GINTING, MTSi )

|             |                  |
|-------------|------------------|
| Digambar    | Diperiksa        |
| Maret, Laia | dr. Ferdinand, S |

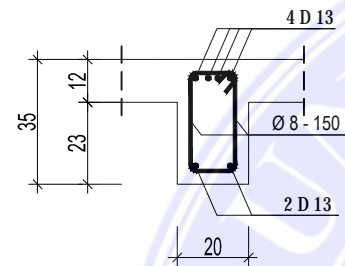
Nama Gambar  
  
DETAIL BALOK

|                     |             |       |
|---------------------|-------------|-------|
| No. Gambar          | Jlh. Gambar | Skala |
| 36                  | 48          | 1/34  |
| Date : 23 Juli 2019 |             |       |

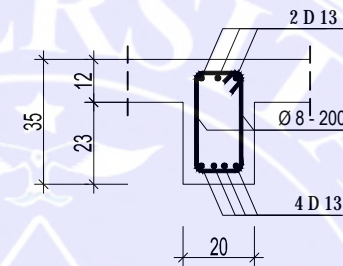
KETERANGAN



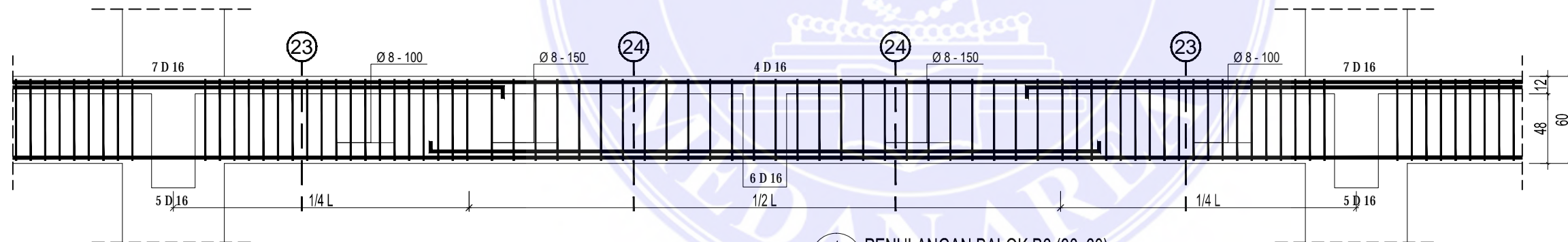
1 PENULANGAN BALOK B5 (20x35)  
SKALA 1 : 34



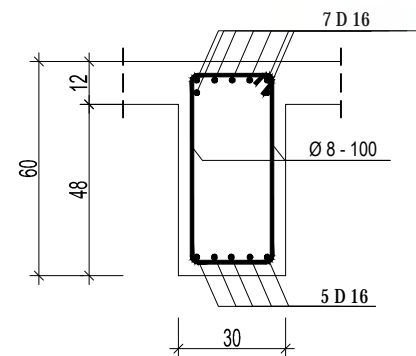
2 POT. 21-21  
SKALA 1 : 20



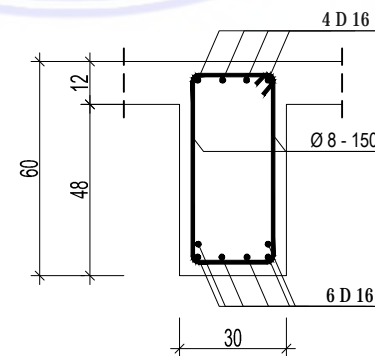
3 POT. 22-22  
SKALA 1 : 20



1 PENULANGAN BALOK B6 (30x60)  
SKALA 1 : 34



2 POT. 23-23  
SKALA 1 : 20



3 POT. 24-24  
SKALA 1 : 20

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO THERAPY  
DAN RAWAT INAP  
RUMAH SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM - DELI SERDANG

PEMILIK  
  
( JOHANNES SEMBIRING )

DIREKANAKAN  
STRUCTURE  
  
( Ir. MARTIUS GINTING, MTSi )

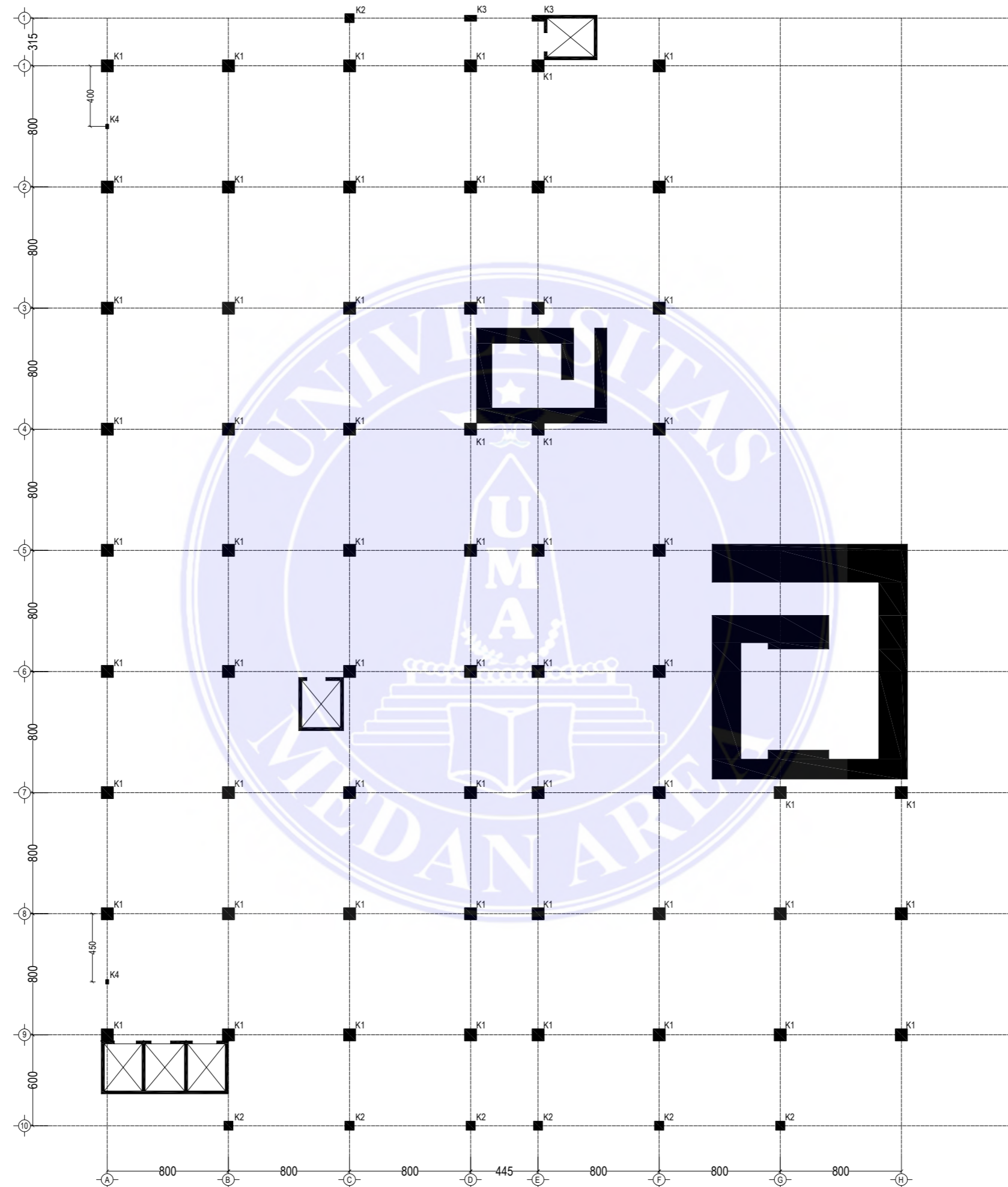
| Digambar    | Diperiksa        |
|-------------|------------------|
| Maret. Laia | dr. Ferdinand, S |

Nama Gambar  
  
DETAIL BALOK

| No. Gambar | Jlh. Gambar | Skala |
|------------|-------------|-------|
| 38         | 48          | 1/34  |

Date : 23 Juli 2019





DENAH KOLOM LANTAI 1

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK

PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM

PEMILIK

(JOHANNES SEMBIRING)

DIRENCANAKAN

STRUCTURE

(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)

|          |           |
|----------|-----------|
| Digambar | Diperiksa |
|----------|-----------|

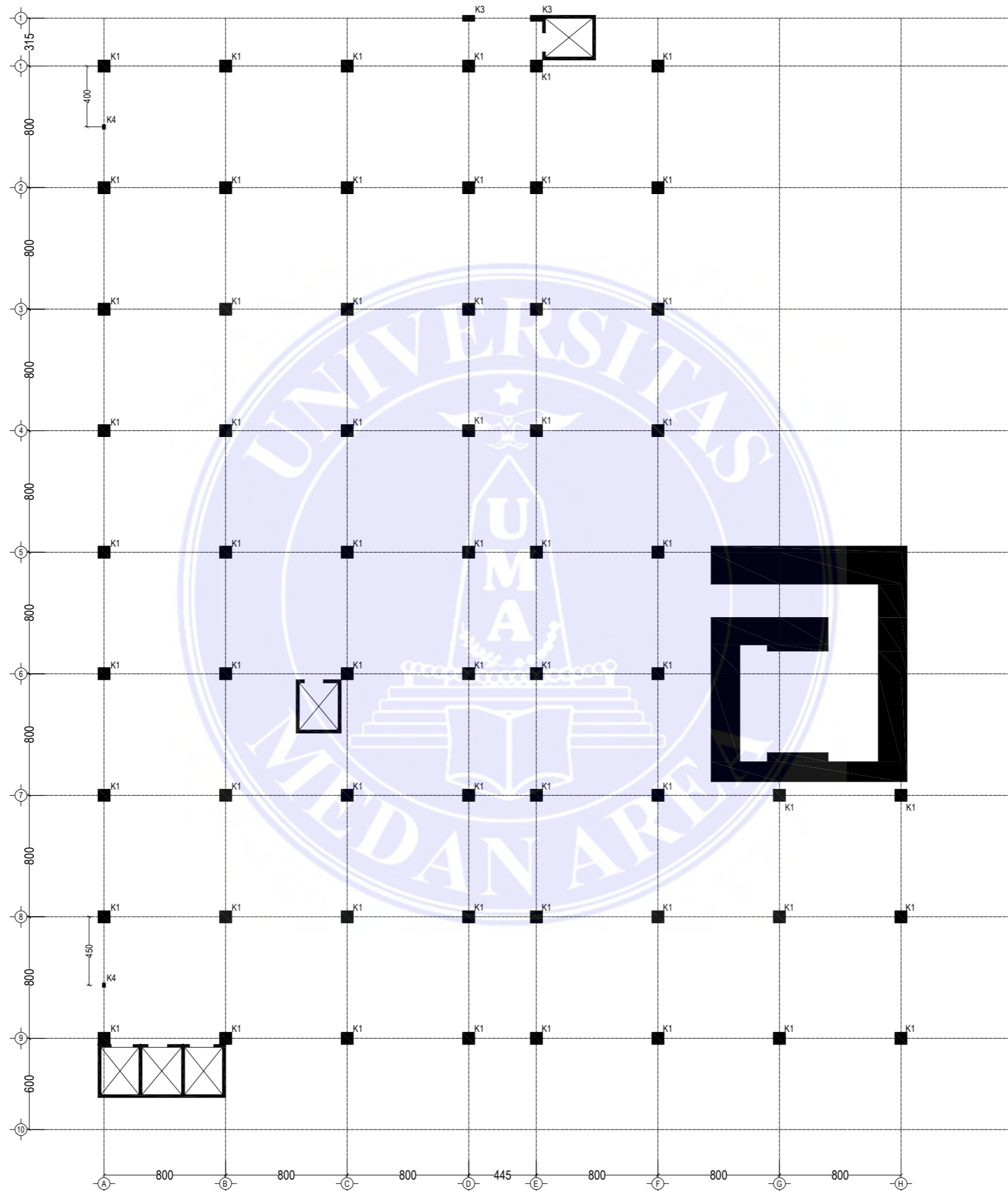
|                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| <i>Marit Laila</i> | <i>dr. Ferdinand, S</i> |
|--------------------|-------------------------|

Nama Gambar

DENAH KOLOM LANTAI 1

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
Date : 14 Oktober 2019



DENAH KOLOM LANTAI 2  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM

PEMILIK  
  
(JOHANNES SEMBIRING)

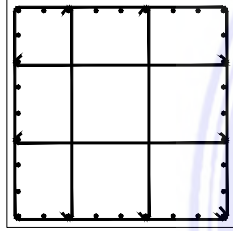
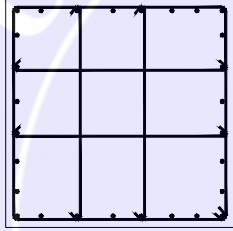
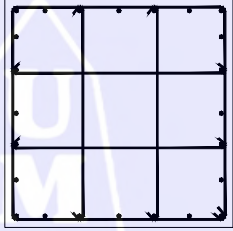
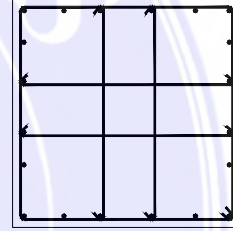
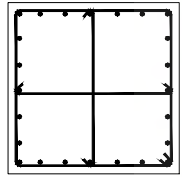
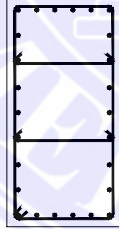

DIRENCANAKAN  
STRUCTURE  
  
(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)

| Digambar          | Diperiksa               |
|-------------------|-------------------------|
| <i>Marit Laia</i> | <i>dr. Ferdinand, S</i> |
| Nama Gambar       |                         |

DENAH KOLOM LANTAI 2

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
Date : 14 Oktober 2019

|          | KOLOM K1 (80X80)   | KOLOM K1a (80X80)   | KOLOM K1b (80X80)   | KOLOM K1c (80X80)  |
|----------|--|---|---|--|
| POTONGAN |   |   |   |  |
| TULANGAN | 32 D 22  | 28 D 22   | 24 D 22   | 20 D 22  |
| BEUGEL   | D10 - 100  | D10 - 100   | D10 - 100   | D10 - 100  |
|          | KOLOM K2 (60X60)   | KOLOM K3 (40X80)  | KOLOM K4 (20X30)  |  |
| POTONGAN |  |  |  |  |
| TULANGAN | 24 D 19  | 26 D 22   | 6 D 13  |  |
| BEUGEL   | D10 - 100  | D10 - 100   | Ø 8 - 100   |  |

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
 PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO THERAPY  
 DAN RAWAT INAP  
 RUMAH SAKIT GRANDMED  
 LUBUK PAKAM - DELI SERDANG

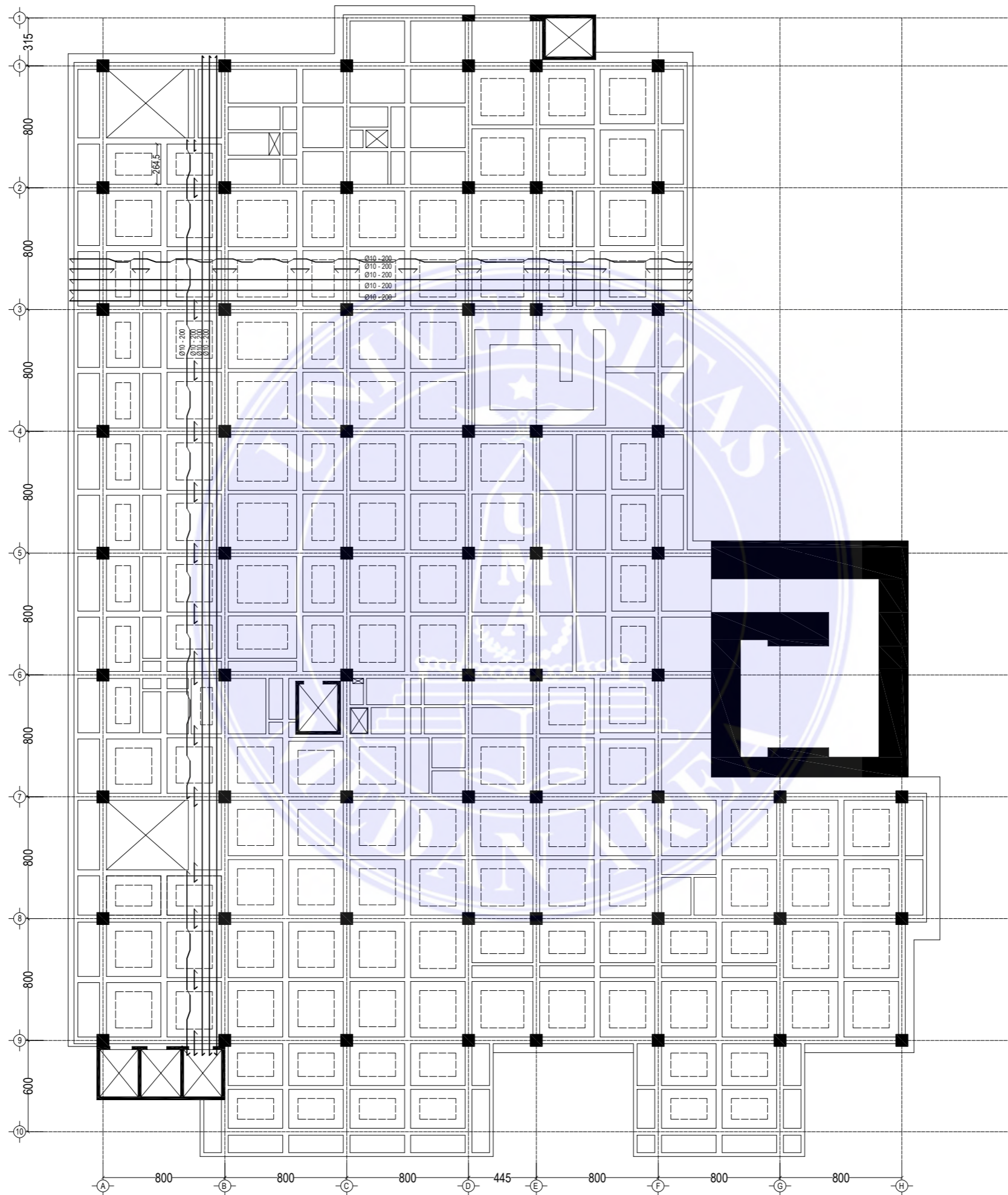
PEMILIK  
 ( JOHANNES SEMBIRING )

DIRENCANAKAN  
 STRUCTURE  
 ( Ir. MARTIUS GINTING, MTSi )

| Digambar    | Diperiksa        |
|-------------|------------------|
| Maret, Laia | dr. Ferdinand, S |

Nama Gambar  
 DETAIL PONDASI

| No. Gambar          | Jlh. Gambar | Skala |
|---------------------|-------------|-------|
| 12                  | 48          | 1:25  |
| Date : 23 Juli 2019 |             |       |



**KETERANGAN**

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

**PROYEK**  
 PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
 THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
 SAKIT GRANDMED  
 LUBUK PAKAM

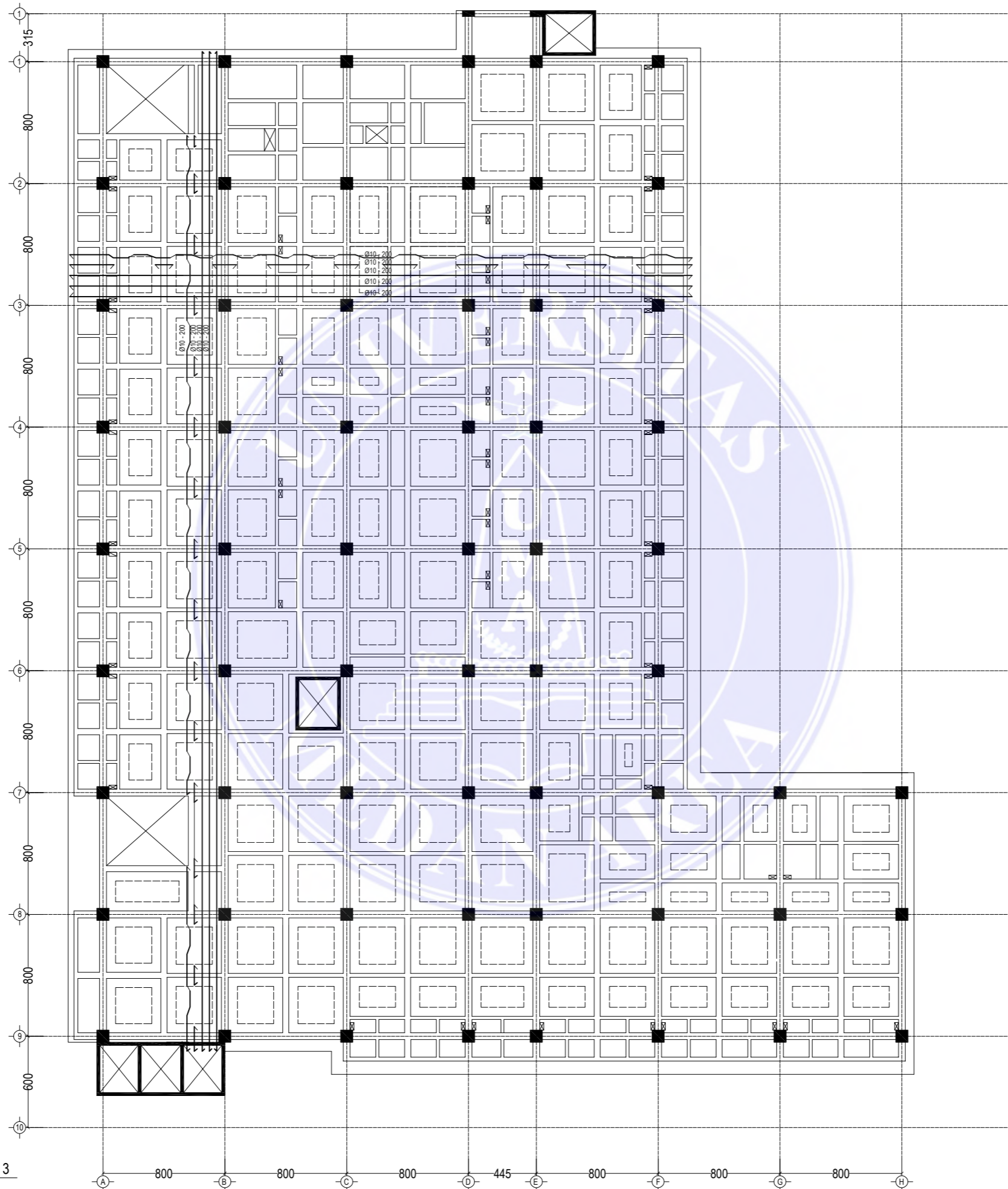
**PEMILIK**  
 (JOHANNES SEMBIRING)  
**DIRENCANAKAN**  
 STRUCTURE

(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)  
 Digambar Diperiksa  
*Mart Laila dr. Ferdinand, S*  
 Nama Gambar

**PENULANGAN PLAT LANTAI 2**

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
 Date : 14 Oktober 2019



UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 PENULANGAN PLAT LANTAI 3

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang  
 SKALA: 1 : 300

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
 PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
 THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
 SAKIT GRANDMED  
 LUBUK PAKAM

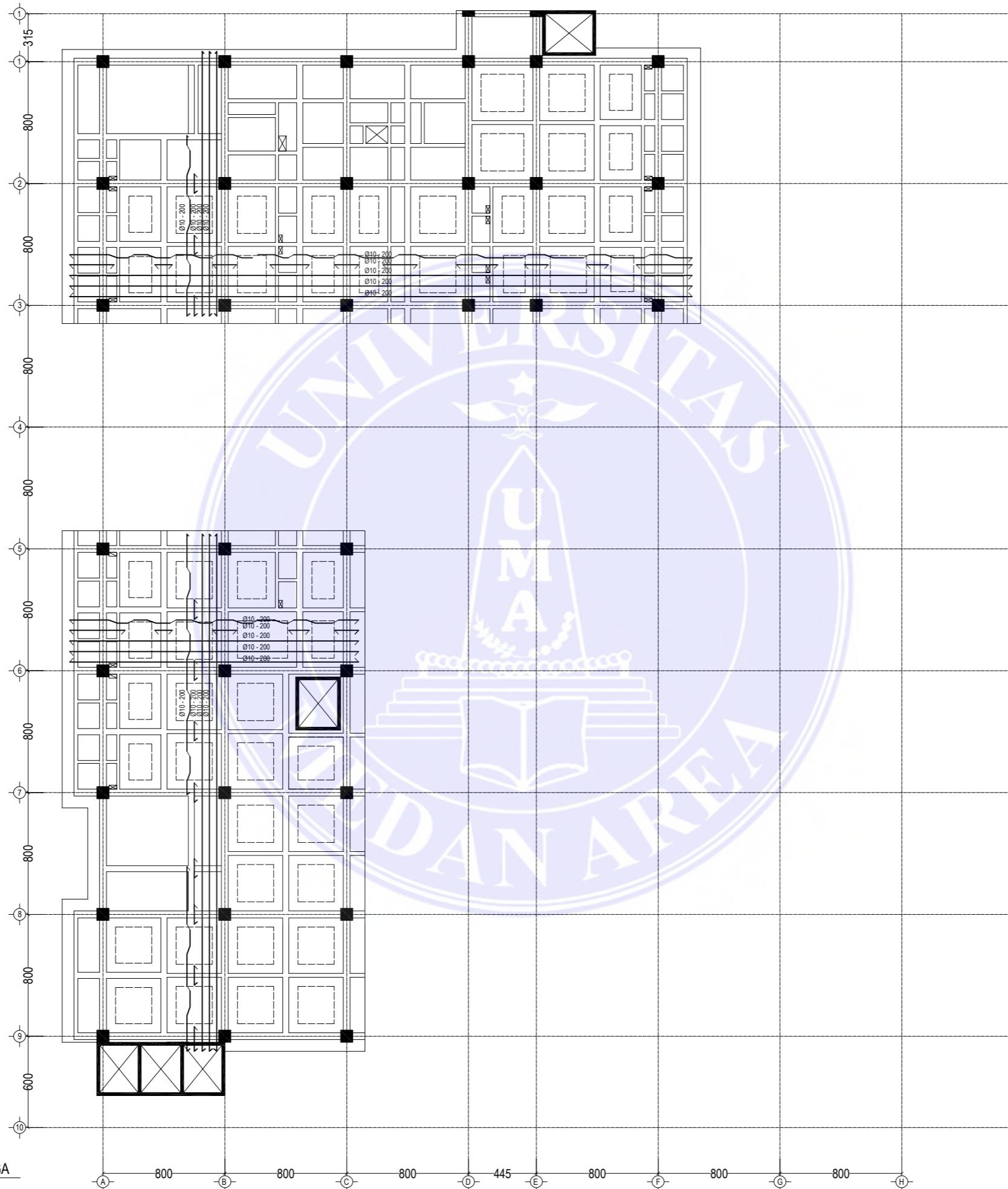
PEMILIK  
 (JOHANNES SEMBIRING)  
 DIRENCANAKAN  
 STRUCTURE

(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)  
 Digambar Diperiksa  
*Mart Lala dr. Ferdinand, S*  
 Nama Gambar

PENULANGAN PLAT LANTAI 3

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
 Date : 14 Oktober 2019



UNIVERSITAS MEDAN AREA  
PEMBALOKAN ATAP TANGGA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang SKALA: 1 : 300

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
 PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
 THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
 SAKIT GRANDMED  
 LUBUK PAKAM

PEMILIK  
 (JOHANNES SEMBIRING)

DIRENCANAKAN  
 STRUCTURE

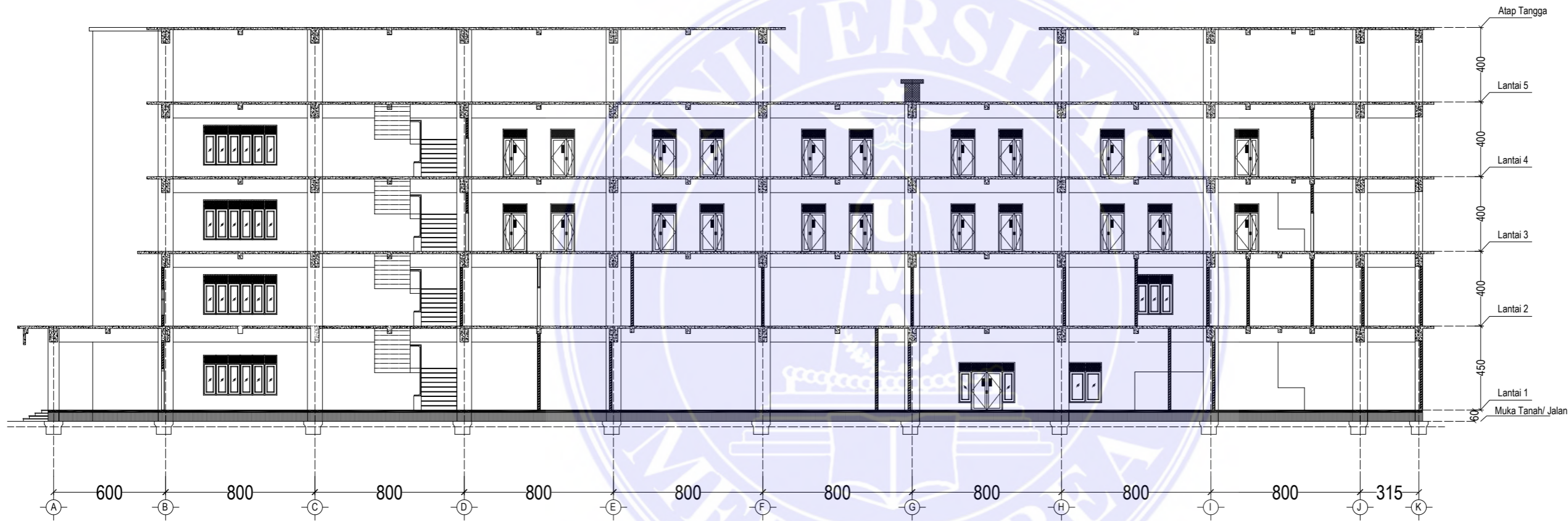
(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)

| Digambar           | Diperiksa               |
|--------------------|-------------------------|
| <i>Marit Laila</i> | <i>dr. Ferdinand, S</i> |
| Nama Gambar        |                         |

PEMBALOKAN ATAP TANGGA

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 300 |

Document Accepted 9/6/22  
 Date : 14 Oktober 2019



POTONGAN MEMANJANG  
SKALA : 1 : 250

KETERANGAN

| NO | REVISI | TGL | PARAF |
|----|--------|-----|-------|
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |
|    |        |     |       |

PROYEK  
PENGEMBANGAN GEDUNG RADIO  
THERAPHY DAN RAWAT INAP RUMAH  
SAKIT GRANDMED  
LUBUK PAKAM

PEMILIK  
  
(JOHANNES SEMBIRING)

DIRENCANAKAN  
STRUCTURE  
  
(Ir. MARTIUS GINTING, MTSi)

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Digambar          | Diperiksa               |
| <i>Mart Laila</i> | <i>dr. Ferdinand, S</i> |
| Nama Gambar       |                         |

POTONGAN MEMANJANG

| No Gambar | Jlh Gambar | Skala   |
|-----------|------------|---------|
| 1         | 32         | 1 : 250 |

Document Accepted 9/6/22  
Date : 14 Oktober 2019