

**PERHITUNGAN STRUKTUR DENGAN MENGGUNAKAN
SAP 2000 PADA PROYEK PEMBANGUNAN
KLINIK BUILDING MEDAN**

SKRIPSI

OLEH:

**LAMBOK RITONGA
198110030**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/11/23

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

Access From (repository.uma.ac.id)28/11/23

**PERHITUNGAN STRUKTUR DENGAN MENGGUNAKAN
SAP 2000 PADA PROYEK PEMBANGUNAN
KLINIK BUILDING MEDAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

**LAMBOK RITONGA
198110030**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN


Judul Skripsi : Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP 2000
Pada Proyek Pembangunan Klinik Building Medan
Nama : Lambok Ritonga
NPM : 198110030
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:
Komisi Pembimbing




Ir. H. Arwan, MT
Pembimbing




Dr. Rahmat S. Kama, M.Kom
Dekan




S. T. M. T
Pembimbing

Tanggal Lulus : 30 Juni 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun 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 saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Lambok Ritonga
NPM : 198110030
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi 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: Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP 2000 Pada Proyek Pembangunan Klinik Building Medan. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 30 Juni 2023
Yang menyatakan



(Lambok Ritonga)

RIWAYAT HIDUP

Lambok Ritonga, dilahirkan di Desa Garoga Sibargot, Kecamatan Garoga, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatra Utara pada tanggal 05 Agustus 2000. Anak ke empat dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Pardomuan Ritonga (+) dan Ibu Resti Simatupang. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan Pendidikan Menengah Pertama di Sekolah SMP N 1 Garoga, Kecamatan Garoga, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatra Utara dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Garoga, Kecamatan Garoga, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatra Utara dan lulus pada tahun 2019. Penulis melanjutkan Pendidikan Strata Satu (S – 1) di salah satu Universitas Swasta yang berada di Kota Medan, Sumatra Utara yaitu Universitas Medan Area dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.



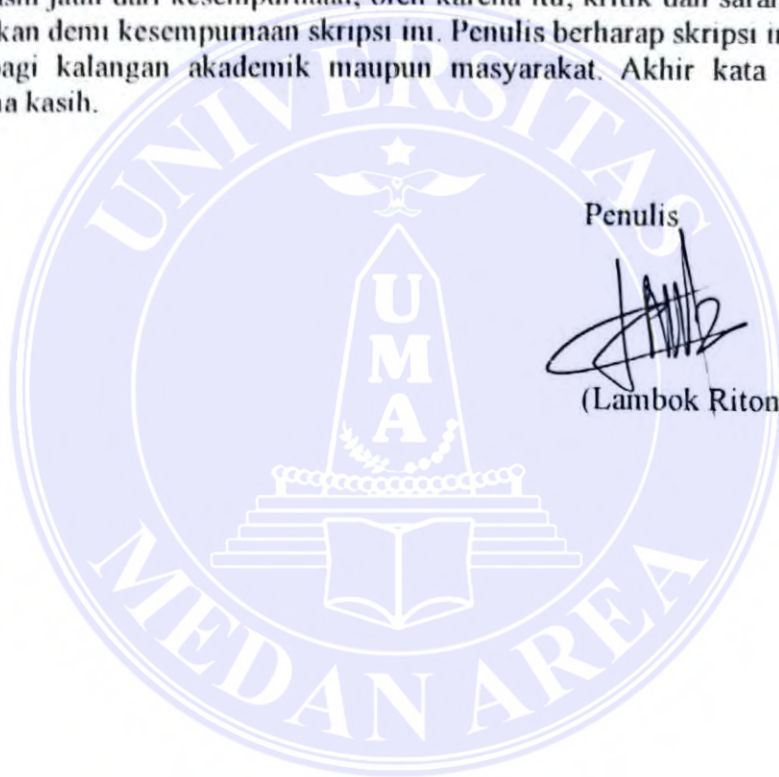
KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah Perhitungan Struktur dengan judul Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP 2000 Pada Proyek Pembangunan Klinik Building Medan. Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H. Irwan, MT. selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Nadia Hasibuan yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Lambok Ritonga)



ABSTRAK

Setiap bangunan konstruksi gedung harus memiliki komponen struktur yang kuat untuk menahan beban yang diterimanya. Komponen struktur terdiri dari struktur atas berupa atap, plat, tangga, kolom dan balok sedangkan struktur bawah berupa pondasi. Dalam Pembangunan Gedung terdapat Analisis Struktur yang dijadikan sebagai cara atau sistem untuk mendapatkan hasil perhitungan struktur agar mencapai Pembangunan sesuai perencanaan. Salah satu program analisis yang dapat digunakan untuk memperoleh hasil perhitungan struktur yaitu dengan menggunakan program software SAP 2000 v.14, sehingga dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gaya aksial, gaya geser dan momen menggunakan Program software SAP 2000 v.14 dan perhitungan struktur balok, kolom dan pelat berdasarkan SNI – 2847: 2019. Berdasarkan hasil dari perhitungan struktur dengan metode SNI – 2847:2019 diperoleh desain tulangan untuk balok B2 dengan $A's = 4D16 \text{ mm}^2$ dan $A_s = 2D16 \text{ mm}^2$, pada kolom K4 diperoleh desain tulangan 16D – 19 yang memiliki A_s sebesar 4900 mm^2 dan pada struktur pelat diperoleh desain penulangan pelat lantai arah – x D8 – 300 mm untuk arah – y D8 – 200 mm. Untuk analisis dengan software SAP 2000 dan perhitungan yang mengacu pada SNI – 2847:2019 terdapat sedikit perbedaan untuk desain penulangan kolom K4 dengan desain penulangan yang ada.

Kata Kunci: Analisis, Struktur, SNI 2847: 2019.

ABSTRACT

Every building construction must have strong structural components to withstand the loads it receives. The structural components consist of the upper structure in the form of roofs, plates, stairs, columns and beams while the lower structure is the foundation. In Building Construction there is a Structural Analysis which is used as a way or system to get the results of structural calculations in order to achieve Development according to plan. One of the analysis programs that can be used to obtain the results of structural calculations is to use the SAP 2000 v.14 software program, so that in this study it aims to analyze axial forces, shear forces and moments using the SAP 2000 v.14 software program and the calculation of beam, column and plate structures based on SNI - 2847: 2019. Based on the results of structural calculations using the SNI - 2847: 2019 method, the reinforcement design for beam B2 is obtained with $A's = 4D16 \text{ mm}^2$ and $A_s = 2D16 \text{ mm}^2$, in column K4 a reinforcement design of 16D-19 is obtained which has $A_s = 4900 \text{ mm}^2$ and in the plate structure a floor slab reinforcement design is obtained in the direction - x D8 - 300 mm for the direction - y D8 - 200 mm. For analysis with SAP 2000 software and calculations referring to SNI - 2847: 2019 there is little difference for the reinforcement design of column K4 with the existing reinforcement design.

Keywords: Analysis, Structure, SNI 2847: 2019.



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| COVER | i |
| HALAMAN JUDUL..... | .ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS..... | v |
| RIWAYAT HIDUP | vi |
| KATA PENGHANTAR..... | vii |
| ABSTRAK | viii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Umum..... | 6 |
| 2.1.1 Penelitian Terdahulu | 6 |
| 2.1.2 Persyaratan Struktur | 7 |
| 2.1.3 Analisis dan Perencanaan..... | 8 |
| 2.1.4 Kombinasi Pembebanan..... | 9 |
| 2.2 Struktur Bangunan..... | 13 |
| 2.2.1 Struktur Atas (Upper Structure) | 14 |
| 2.2.2 Struktur Bawah (Lower Structure)..... | 14 |
| 2.3 Elemen Struktur Atas | 15 |
| 2.3.1 Balok | 15 |
| 2.3.2 Kolom..... | 16 |
| 2.3.3 Pelat Lantai..... | 16 |
| 2.4 Peraturan – Peraturan | 16 |
| 2.4.1 Kategori Gedung | 17 |
| 2.5 Beton Bertulang..... | 21 |
| 2.6 Pelat..... | 22 |
| 2.6.1 Penulangan Pelat Satu Arah | 23 |
| 2.6.2 Penulangan Pelat Dua Arah..... | 25 |
| 2.6.3 Desain Pelat..... | 26 |
| 2.7 Balok | 34 |
| 2.7.1 Kuat lentur balok..... | 34 |

| | |
|---|------------|
| 2.7.2 Kuat Geser Balok | 38 |
| 2.7.3 Kuat Momen Torsi Balok..... | 40 |
| 2.7.4 Analisis dan Desain PenampangBeton Bertulang..... | 41 |
| 2.7.5 Analisis Balok Persegi Dengan Tulangan Tarik..... | 42 |
| 2.7.6 Desain Balok Persegi | 43 |
| 2.8 Kolom..... | 46 |
| 2.8.1 Mekanisme Keruntuhan Kolom | 47 |
| 2.8.2 Kekangan Pada Beton dan Konfigurasi Tulangan | 48 |
| 2.8.3 Kekuatan Kolom Pendek Yang Dibebani Secara Konsentrik | 50 |
| 2.8.4 Kekuatan Kolom Yang Dibebani Secara Eksentrik..... | 51 |
| 2.8.5 Faktor Reduksi Kekuatan Kolom..... | 52 |
| 2.8.6 Diagram Interaksi Desain..... | 53 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 55 |
| 3.1 Deskripsi Penelitian..... | 55 |
| 3.2 Lokasi Penelitian | 55 |
| 3.3 Kerangka Berpikir | 56 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 57 |
| 4.1 Data Teknis Proyek | 57 |
| 4.2 Pengolahan Data Dengan Software SAP 2000..... | 57 |
| 4.2.1 Pemodelan Struktur..... | 57 |
| 4.2.2 Mendefenisikan Material Struktur | 59 |
| 4.2.3 Mendefenisikan Penampang Struktur | 60 |
| 4.2.4 Menggambar Elemen Struktur | 63 |
| 4.2.5 Menentukan Jenis Pembebanan | 66 |
| 4.2.6 Pengaplikasian Pembebanan | 67 |
| 4.2.7 Mendefenisikan Beban Gempa | 69 |
| 4.2.8 Menentukan Kombinasi Pembebanan..... | 72 |
| 4.2.9 Menentukan Faktor Pengali Respons Spektrum | 73 |
| 4.2.10 Penetapan Lantai Tingkat Sebagai Diafragma..... | 74 |
| 4.2.11 Run Analisis Gaya – Gaya Dalam Struktur yang Dimodelkan | 75 |
| 4.2.12 Menampilkan Gaya – Gaya Dalam Setiap Elemen Struktur..... | 76 |
| 4.3 Gaya – Gaya Dalam Setiap Elemen Struktur..... | 77 |
| 4.3.1 Gaya Dalam Untuk Balok | 77 |
| 4.3.2 Gaya – Gaya Dalam Untuk Kolom | 77 |
| 4.3.3 Gaya – Gaya Dalam Untuk Pelat | 77 |
| 4.4 Perhitungan Struktur Balok, Kolom, dan Pelat..... | 78 |
| 4.4.1 Perhitungan Elemen Struktur Balok..... | 78 |
| 4.4.2 Perhitungan Struktur Kolom | 87 |
| 4.4.3 Perhitungan Struktur Pelat | 97 |
| 4.4. Pembahasan..... | 114 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 118 |
| 4.1 Kesimpulan..... | 118 |
| 4.2 Saran..... | 118 |

| | |
|----------------------|-----|
| DAFTAR PUSTAKA | 120 |
| LAMPIRAN | 122 |



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Kategori risiko gedung dan non gedung untuk beban gempa | 18 |
| Tabel 2. Faktor Keutamaan Gempa..... | 21 |
| Tabel 3. Nilai Luasan Minimum, As min untuk pelat satu arah non – prategang | 23 |
| Tabel 4. Rasio (P_{min}) tulangan susut dan suhu minimum..... | 24 |
| Tabel 5. As min untuk pelat dua arah non – prategang | 25 |
| Tabel 6. Tebal Minimum Pelat Dua Arah..... | 27 |
| Tabel 7. Momen pelat dua arah terbagi rata | 30 |
| Tabel 8. Tebal minimum selimut beton | 31 |
| Tabel 9. Rasio luas tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto | 33 |
| Tabel 10. Tinggi minimum balok non prategang | 43 |
| Tabel 11. Gaya - Gaya Dalam Maksimum Balok B2..... | 77 |
| Tabel 12. Gaya - Gaya Dalam Kolom K4 | 77 |
| Tabel 13. Gaya - Gaya Dalam Pelat | 78 |
| Tabel 14. Hasil Perhitungan Struktur Balok | 114 |
| Tabel 15. Hasil Perhitungan Struktur Kolom..... | 115 |
| Tabel 16. Hasil Perhitungan Struktur Pelat Lantai..... | 115 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan | 11 |
| Gambar 2. S1 Gempa Untuk Wilayah Medan..... | 11 |
| Gambar 3. Grafik Respon Spektra untuk kelas situs SE dengan $S_s = 0,650$ g dan $S_1 = 0,350$ g | 12 |
| Gambar 4. Struktur Atas Gedung..... | 14 |
| Gambar 5. Gambar Elemen Struktur Bawah..... | 15 |
| Gambar 6. Skema Pembentukan Beton..... | 22 |
| Gambar 7. Posisi tulangan lentur dan tulangan susut pada pelat satu arah.. | 25 |
| Gambar 8. Panel pelat yang ditinjau | 28 |
| Gambar 9. Tulangan penyusun balok..... | 34 |
| Gambar 10. Distribusi tegangan - regangan balok beton bertulang..... | 35 |
| Gambar 11. Kondisi Tegangan - regangan balok saat kuat lentur tercapai.. | 37 |
| Gambar 12. Nilai parameter kuat lentur pada balok (k_1, k_2, k_3)..... | 38 |
| Gambar 13. Web - shear – crack | 39 |
| Gambar 14. Flexure - shear – crack | 39 |
| Gambar 15. Tulangan torsi pada balok | 41 |
| Gambar 16. Beberapa tipe kolom..... | 46 |
| Gambar 17. Mekanisme terlepasnya selimut dari inti beton..... | 48 |
| Gambar 18. Kurva beban aksial - defleksi pada pengujian kolom | 48 |
| Gambar 19. Konfigurasi tulangan penampang bulat dan persegi | 49 |
| Gambar 20. Respon beton terhadap berbagai sistim pengekang..... | 49 |
| Gambar 21. Penampang dan beban pada kolom eksentrik | 52 |
| Gambar 22. Perilaku regangan dan blok tegangan Kolom eksentrik..... | 52 |
| Gambar 23. Diagram Interaksi Desain..... | 54 |
| Gambar 24. Lokasi Penelitian | 55 |
| Gambar 25. New Model Intializatiion | 58 |
| Gambar 26. Input Define Grid System | 58 |
| Gambar 27. Grid Model 3D Struktur Gedung Klinik Building | 59 |
| Gambar 28. Material Property Data | 59 |
| Gambar 29. Rectangular Section..... | 60 |
| Gambar 30. Reinforcement Data | 61 |
| Gambar 31. Rectangular Section..... | 62 |
| Gambar 32. Reinforcement Data | 62 |
| Gambar 33. Hasil Input Penampang Pelat Lantai dan Atap..... | 63 |
| Gambar 34. Hasil penggambaran Elemen Balok | 64 |
| Gambar 35. Hasil Penggambaran Elemen Kolom | 65 |
| Gambar 36. Hasil penggambaran Elemen Pelat Lantai | 65 |
| Gambar 37. Pemodelan Struktur 3D Gedung Klinik Building | 66 |
| Gambar 38. Define Load Partterns..... | 67 |
| Gambar 39. Pemberian Beban Mati Tambahan (SUPER DEAD) | 68 |
| Gambar 40. Pemberian Beban Hidup Pada Pelat..... | 68 |
| Gambar 41. Pemberian Beban Mati pada Pelat | 69 |
| Gambar 42. Pemberian Beban Gempa Static Ekivalen Arah X..... | 70 |
| Gambar 43. Pemberian Beban Gempa Static Ekivalen Arah Y | 71 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 44. Input Kurva Respons Spektrum IBC 2006..... | 72 |
| Gambar 45. Hasil Setting COMB1 Sampai COMB10 | 73 |
| Gambar 46. Input Faktor Pengali Response Spectrum DX..... | 74 |
| Gambar 47. Input Faktor Pengali Response Spectrum DY..... | 74 |
| Gambar 48. Penetapan Lantai Tingkat Sebagai Diaphragm | 75 |
| Gambar 49. Hasil Deformasi Struktur | 76 |
| Gambar 50. Pembalokan Lantai 1 Balok B2 (250 x 400)..... | 78 |
| Gambar 51. Desain Tulangan Balok B2..... | 83 |
| Gambar 52. Denah Kolom Lantai 1 | 87 |
| Gambar 53. Nilai k Berdasarkan Alignment Chart | 90 |
| Gambar 54. Detail Penulangan Kolom | 94 |
| Gambar 55. Detail Pelat Lantai 1 | 97 |
| Gambar 56. Detail Penulangan Pelat Lantai | 113 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Layout Kolom..... | 122 |
| Lampiran 2. Detail Kolom K4 | 123 |
| Lampiran 3. Pembalokan Lantai 1 | 124 |
| Lampiran 4. Detail Balok B1 – B5..... | 125 |
| Lampiran 5. Pembalokan Lantai 1 | 126 |
| Lampiran 6. Dokumentasi Lapangan | 127 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kepadatan dan pertumbuhan penduduk di kota Medan yang pesat serta minat dari masyarakat dari luar kota Medan dalam memilih fasilitas layanan kesehatan kota Medan menyebabkan semakin meningkatnya permintaan fasilitas kesehatan. Dengan semakin banyaknya kebutuhan fasilitas kesehatan di kota Medan dan luas lahan yang semakin terbatas, merencanakan proyek pembangunan gedung bertingkat sebagai solusi optimal dalam mengembangkan fasilitas kesehatan dalam bentuk struktur bangunan tinggi merupakan pendekatan yang sesuai. Contohnya adalah Klink Building di Jalan Sutomo simpang veteran, yang dirancang dengan memperhatikan potensi gaya lateral yang bisa terjadi akibat gempa.

Setiap struktur bangunan konstruksi harus dirancang dengan komponen struktural yang kokoh guna menanggung beban yang dikenakan padanya. Komponen struktural ini melibatkan elemen-elemen seperti atap, pelat, tangga, kolom, dan balok di bagian atas, serta fondasi di bagian bawah. Bagian atas berfungsi sebagai penopang gaya-gaya yang bekerja pada bangunan, sementara bagian bawah bertugas mengalirkan gaya-gaya tersebut dari atas ke tanah. Oleh karena itu, semua elemen struktural ini perlu dihitung dan dianalisis dengan mempertimbangkan kombinasi pembebanan dan gaya-gaya faktor yang relevan. Keamanan adalah aspek krusial dalam perancangan bangunan publik ini, sehingga perencanaan struktur harus mempertimbangkan kemampuan untuk menahan gempa yang mungkin terjadi. Tujuannya adalah untuk menjamin keamanan, integritas, dan keselamatan pengunjung atau penghuni bangunan setelah gempa terjadi.

Gedung bertingkat merupakan sebuah konstruksi tinggi yang dibuat oleh manusia, terdiri dari berbagai elemen yang dipasang secara permanen pada suatu lokasi. Elemen-elemen ini meliputi pondasi, sloof, dinding, kolom, ring, kuda-kuda, dan atap, yang bergabung membentuk struktur keseluruhan. Beban-beban seperti beban hidup, beban mati, beban gempa, dan beban angin seringkali menjadi faktor penting yang mempengaruhi kekuatan dan kestabilan konstruksi gedung bertingkat tersebut.

SAP 2000 merupakan sebuah perangkat lunak komputer yang dirancang untuk melakukan analisis dan perancangan struktur bangunan atau gedung. Program ini memiliki kemampuan untuk mengolah struktur dalam bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi. Dalam proses analisisnya, SAP 2000 memiliki kemampuan untuk melakukan perhitungan baik secara statik maupun dinamik dengan berbagai variasi pembebanan yang berbeda. Metode yang digunakan dalam analisisnya adalah metode elemen hingga, yang menjadi dasar dalam menghitung dan memodelkan interaksi struktural dalam sistem.

Kelebihan menganalisis dengan menggunakan program SAP 2000 dibandingkan dengan metode lainnya, seperti yang telah dijelaskan di atas, adalah kemampuannya untuk menganalisis berbagai jenis struktur dalam tampilan dua dimensi dan tiga dimensi dengan berbagai macam pembebanan kombinasi secara efektif dan mudah. Program SAP 2000 memiliki desain yang memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi gaya-gaya yang timbul pada elemen struktur akibat beban yang diterima oleh elemen tersebut.

Kinerja SAP 2000 adalah untuk menciptakan model struktur atau portal bangunan yang selanjutnya akan dikenakan Program ini merupakan alat yang

sangat berguna dalam perancangan struktur bangunan bertingkat, dimana berbagai Beban kerja seperti beban hidup, beban mati, beban gempa, dan beban angin merupakan faktor-faktor utama yang diperhitungkan dalam perancangan. Program ini akan melakukan perhitungan momen, gaya geser, dan gaya normal yang diperlukan untuk memastikan bahwa kebutuhan desain tulangan pada elemen struktur dapat terpenuhi dengan baik. Proses perhitungan dilakukan berdasarkan spesifikasi dan syarat yang telah diperiksa oleh bagian konsultan, sehingga memastikan keselamatan dan kekuatan struktur yang memadai. Seluruh tim yang terlibat dalam pembangunan gedung akan melibatkan diri dalam diskusi terkait hasil perhitungan ini untuk memastikan semua aspek dan pertimbangan telah dipenuhi. Dengan adanya program ini, diharapkan pembangunan gedung bertingkat dapat berjalan dengan lebih lancar dan efisien, serta mengurangi potensi risiko terkait keamanan dan keselamatan bangunan.

Sehingga dengan masalah – masalah yang telah di rangkum diatas, maka penulis memilih judul penelitian yang memanfaatkan software sap 2000 sebagai program untuk membantu menganalisis struktur bangunan yang lebih mudah. Adapaun judul penelitian saya yaitu: **“Perhitungan Struktur Dengan Menggunakan SAP 2000 Pada Proyek Pembangunan Klinik Building Medan”**.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa yang perlu diperhatikan saat memahami struktur kolom, balok, dan pelat di dalam sebuah bangunan?
2. Bagaimana perencanaan dimensi kolom, balok, dan pelat?
3. Apa yang menjadi beban-beban yang mempengaruhi gedung?

4. Bagaimana perhitungan struktur kolom, balok, dan pelat dengan menganalisis menggunakan SAP 2000 berdasarkan SNI – 2019?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud Penelitian ini adalah:

Untuk melakukan analisis elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat lantai, digunakan perangkat lunak SAP 2000 dan hasil perhitungan struktur didasarkan pada pedoman SNI 2847-2019.

Adapun Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Untuk memahami struktur kolom, balok, dan pelat gedung Klinik Building Jalan Sutomo Simpang Veteran Medan.
2. Untuk menganalisis struktur kolom, balok dan pelat lantai dan memperoleh Gaya – gaya dalam setiap elemen struktur gedung Klinik Building dengan menggunakan SAP 2000.
3. Untuk memperoleh hasil perhitungan desain struktur kolom, balok, dan pelat lantai berdasarkan SNI 2847- 2019.

1.4 Batasan Masalah

1. Perhitungan mencakup struktur bagian atas (upper structure).
2. Tinjauan utama dalam perhitungan adalah Kolom, Balok, dan Pelat lantai
3. Perhitungan gedung dilakukan dengan menggunakan konstruksi beton bertulang yang mengacu pada Standar Konstruksi (SK) SNI 03-2847-2019.
4. Memahami pengolahan data dan kombinasi pembebanan dalam penggunaan SAP 2000.

1.5 Manfaat Penelitian

- a. Bagi individu:

Memiliki kemampuan untuk memahami struktur dan beban yang diterapkan pada kolom, balok, dan pelat di dalam bangunan. Selain itu, orang tersebut juga memiliki pengetahuan tentang pengolahan data dan penerapan beban menggunakan perangkat lunak SAP 2000.

b. Bagi Akademik:

Harapannya, penelitian ini akan berguna sebagai tambahan referensi yang dapat digunakan untuk mendukung penelitian lanjutan yang lebih mendalam di masa depan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Maksud dari perencanaan struktur adalah menciptakan suatu konstruksi yang memiliki ketahanan, kekuatan, dan kestabilan yang dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang panjang. Selain itu, perencanaan juga memperhatikan faktor-faktor lain seperti efisiensi biaya dan kemudahan pelaksanaan. Dalam proses perencanaan struktur, tujuan utamanya adalah memastikan bahwa bangunan tetap kokoh, tidak rentan terhadap penurunan, kemiringan, atau pergeseran yang tidak diinginkan selama masa penggunaannya sesuai dengan perencanaan awal. Untuk mencapai tujuan ini, perencanaan struktur harus sesuai dengan regulasi yang telah ditetapkan oleh otoritas pemerintah, yang dalam hal ini merupakan Standar Nasional Indonesia (SNI).

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Bagi seorang penulis, referensi dari penelitian sebelumnya memiliki peranan krusial sebagai sumber acuan penting ketika melakukan studi. Tujuan utamanya adalah untuk melengkapi kerangka teori yang digunakan dalam menginvestigasi topik penelitian yang tengah dijalankan. Beberapa penelitian sebelumnya yang menjadi landasan bagi penelitian ini meliputi:

Penelitian yang dilakukan oleh Zainuddin (2020) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Struktur Gedung Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro” Berdasarkan hasil penelitiannya didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Dalam pengendalian tulangan struktur, hasil analisis menunjukkan hal berikut: Pada balok B1-B4 dengan variasi panjang, perhitungan menunjukkan

penggunaan tulangan yang aman. Pada kolom lantai 1 (35x35), penggunaan tulangan dalam batas aman. Pada kolom lantai 2 (35x35), penggunaan tulangan dalam batas aman. Pada kolom lantai 2 (35x35), penggunaan tulangan dalam batas aman. Selain itu, pelat mampu menanggung beban yang diberikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Reza Agung Susanto, Aryati Indah K. (2018) dalam penelitian yang berjudul “Analisis Struktur Gedung Transmart Carrefour Cirebon Dengan Menggunakan Struktur Beton Sni 2847 2013”. Berdasarkan hasil penelitiannya didapatkan kesimpulan Hasil perhitungan untuk pelat atap menggunakan berbagai ukuran tulangan, yaitu Ø10-100, Ø10-125, Ø10-200, Ø10-225. Sedangkan untuk plat lantai, menggunakan tulangan Ø10-200 dan Ø10-225. Untuk balok anak dan balok induk, digunakan tulangan dengan ukuran D14, D19, D22, dan D24, dengan tulangan geser berjarak 125mm. Pada perhitungan kolom, tulangan yang digunakan adalah D22 dengan tulangan geser berjarak 125mm. Setelah menjalani analisis menggunakan perangkat lunak ETABS, terdeteksi perbedaan dalam hal jenis tulangan, jumlah tulangan, dan diameter tulangan. Dari hasil analisis terhadap balok anak 1 dan balok anak 2, ditemukan bahwa penggunaan tulangan ulir atau Deform dengan diameter D14, serta penggunaan 8 tulangan lebih efisien dalam hal kinerja struktur. (Reza Agung Susanto, 2013).

2.1.2 Persyaratan Struktur

Dalam perencanaan struktur beton bertulang, diperlukan untuk mematuhi kriteria sebagai berikut:

- 1) Penting untuk melakukan analisis struktur dengan menggunakan metode-metode mekanika teknik yang standar.

- 2) Apabila melakukan analisis menggunakan komputer, diperlukan penjelasan mengenai prinsip dasar operasi program, detail tentang data masukan yang digunakan, dan pemaparan mengenai hasil data keluaran yang dihasilkan.
- 3) Eksperimen pada model dapat dijalankan jika diperlukan guna mendukung analisis secara teoretis.
- 4) Evaluasi struktur harus dilakukan melalui penerapan model matematika yang mampu mensimulasikan keadaan nyata dari struktur tersebut, dengan mempertimbangkan sifat-sifat bahan dan tingkat kekakuan elemen-elemennya. (SNI 03-2847-2002).

2.1.3 Analisis dan Perencanaan

Penyusunan rencana untuk struktur beton bertulang wajib mengikuti ketentuan berikut ini:

- 1) Setiap komponen dari struktur wajib diatur dengan daya tahan yang memadai, sesuai dengan aturan yang tertera dalam pedoman ini. Rencana perencanaan harus mempertimbangkan beban faktor serta faktor reduksi kekuatan yang telah ditetapkan.
- 2) Komponen struktur tanpa prategangan dapat direncanakan menggunakan pendekatan beban kerja dan tegangan yang diizinkan.

Analisis komponen struktur harus mematuhi persyaratan berikut:

- 1) Setiap komponen dari struktur wajib diatur dengan daya tahan yang memadai, sesuai dengan aturan yang tertera dalam pedoman ini. Rencana perencanaan harus mempertimbangkan beban faktor serta faktor reduksi kekuatan yang telah ditetapkan.

- 2) Alternatif lainnya, Metode ini dapat diterapkan untuk perhitungan momen lentur dan gaya geser pada perencanaan balok menerus pada pelat satu arah. Sebagai contoh, dapat diterapkan pada pelat beton bertulang dengan tulangan yang dirancang khusus untuk menahan gaya-gaya dalam satu arah sesuai standar SNI 03-2847-2002.

2.1.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 Pasal 5.3.1, suatu struktur harus memiliki kapasitas untuk menahan kombinasi pembebanan sebagai berikut:

1. $1,4 D + 1,4 SD$
2. $1,2 D + 1,2 SD + 1,6 L$
3. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L + 1,0 EX + 0,3 EY$
4. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L + 1,0 EX - 0,3 EY$
5. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L - 1,0 EX + 0,3 EY$
6. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L - 1,0 EX - 0,3 EY$
7. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L + 0,3 EX + 1,0 EY$
8. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L + 0,3 EX - 1,0 EY$
9. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L - 0,3 EX + 1,0 EY$
10. $1,2 D + 1,2 SD + 1,0 L - 0,3 EX - 1,0 EY$
11. $0,9 D + 0,9 SD + 1,0 EX + 0,3 EY$
12. $0,9 D + 0,9 SD + 1,0 EX - 0,3 EY$
13. $0,9 D + 0,9 SD - 1,0 EX + 0,3 EY$
14. $0,9 D + 0,9 SD - 1,0 EX - 0,3 EY$
15. $0,9 D + 0,9 SD + 0,3 EX + 1,0 EY$

$$16. 0,9 D + 0,9 SD + 0,3 EX - 1,0 EY$$

$$17. 0,9 D + 0,9 SD - 0,3 EX + 1,0 EY$$

$$18. 0,9 D + 0,9 SD - 0,3 EX - 1,0 EY$$

Keterangan :

D : adalah gaya gaya mati yang disebabkan oleh elemen struktur yang tidak bergerak, termasuk komponen seperti dinding, lantai, atap, langit-langit, pemisah permanen, tangga, dan perangkat tetap.

L : merupakan beban hidup yang timbul akibat aktivitas penggunaan bangunan, termasuk beban yang muncul secara tiba-tiba, namun tidak mencakup beban yang terjadi karena pengaruh lingkungan seperti angin, hujan, dan faktor lainnya.

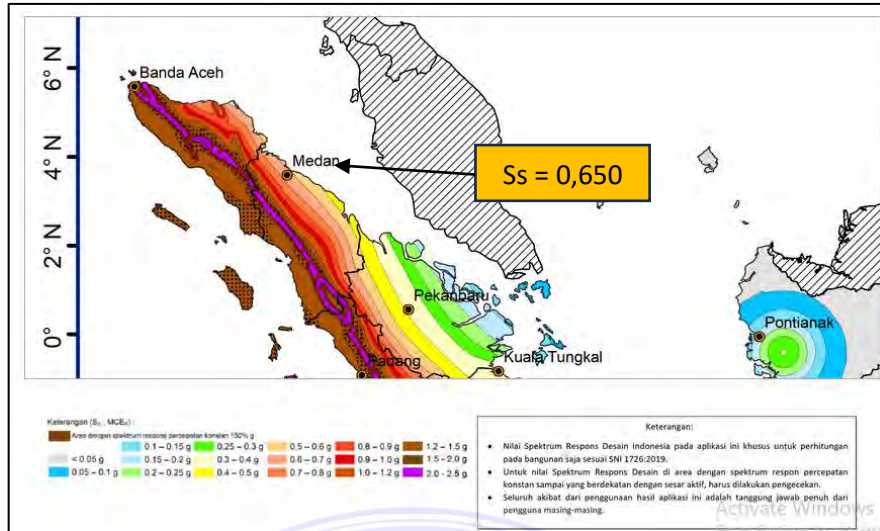
SD: Beban mati tambahan

EX: Beban gempa arah X

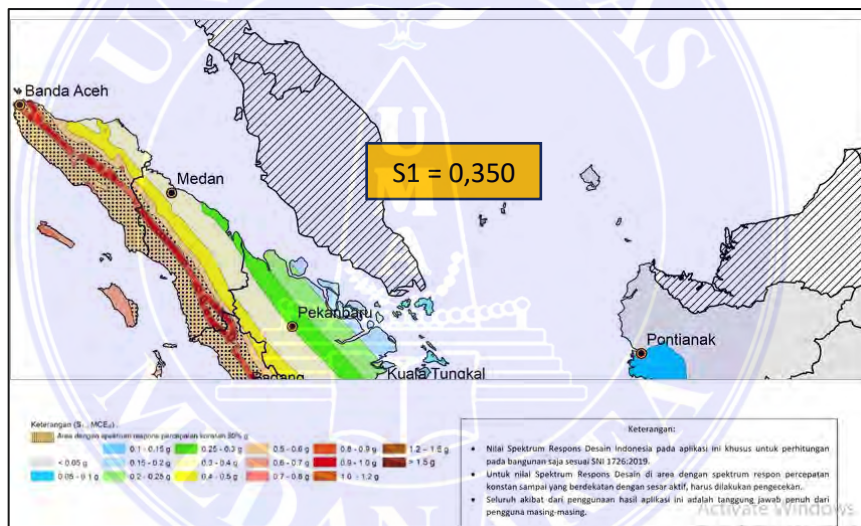
EY: Beban gempa arah Y

2.1.4.1 Beban Gempa

Dengan mengacu pada peta parameter gerak tanah pada gambar di bawah ini sesuai SNI 1726 – 2019, kita dapat menentukan besar respon spektrum percepatan untuk periode 1,0 detik (S_s) sebesar 0,650 g dan untuk periode 2,0 detik (S_1) sebesar 0,350 g.



Gambar 1. Ss Gempa Untuk Wilayah Medan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, 2023)



Gambar 2. S1 Gempa Untuk Wilayah Medan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, 2023)

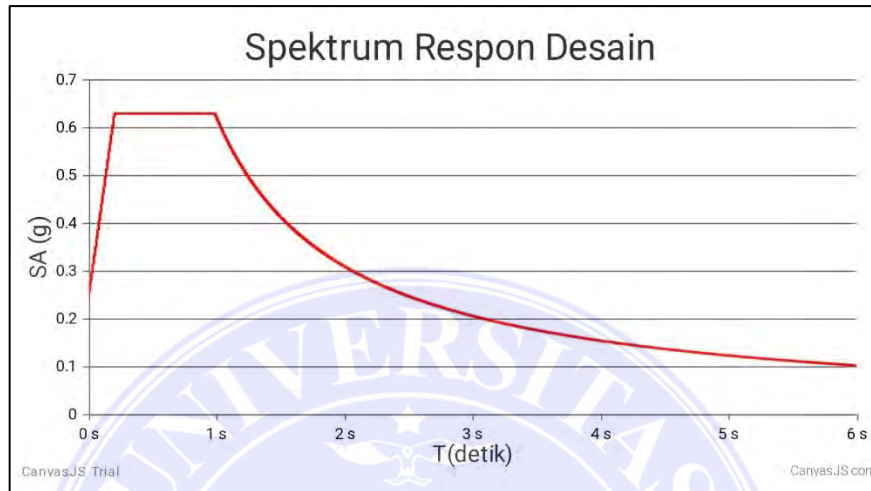
Dengan menginputkan kelas situs SE dan faktor keutamaan sebesar 1,5, serta kategori risiko IV, program Spekta Indonesia membantu menghasilkan hasil sebagai berikut:

Faktor amplifikasi:

- Faktor amplifikasi untuk periode pendek, Fa, adalah sebesar 1,46.
- Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik adalah 2,60.

Parameter spektrum desain diperoleh:

- SDS (Periode Pendek) : 0,633 g
- SDI (Periode 1 Detik) : 0,607 g



Gambar 3. Grafik Respon Spektra untuk kelas situs SE dengan $S_s = 0,650$ g dan $S_1 = 0,350$ g (Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, 2023)

2.1.4.2 Beban Mati

Beban mati adalah total massa dari semua elemen dalam bangunan yang memiliki karakteristik permanen, termasuk elemen tambahan, penyelesaian, perangkat mekanis, dan perlengkapan tetap yang merupakan bagian esensial dari struktur tersebut (PPIUG, 1983).

Beban mati yang dicantumkan dalam Penelitian Akhir ini diambil dari sumber rujukan pada Tabel 1 dalam dokumen "Pedoman Pembebanan Indonesia untuk Bangunan 1983."

1. Beban sendiri pelat (0,12 x 2400) = 288 kg/m²
2. Beban spesi kedap air (2 x 21) = 42 kg/m²
3. Beban finishing pelat (0,3 x 2400) = 72 kg/m²
4. Beban Plafond dan penggantung = 18 kg/m²

Beban pada struktur bangunan ditentukan oleh tipe material yang digunakan. Misalnya, bobot sendiri dari material bangunan dan elemen-elemen gedung dihitung berdasarkan standar PPIUG 1983.

1. Baja = 7850 kg/m^3
2. Batu alam = 2600 kg/m^3
3. Beton bertulang = 2400 kg/m^3
4. Pasangan batu merah = 1700 kg/m^3

2.1.4.3 Beban Hidup

Beban hidup merujuk pada beban keseluruhan yang muncul karena aktivitas atau penggunaan suatu struktur bangunan. Beban ini mencakup bobot barang-barang yang dapat dipindahkan, peralatan, dan mesin yang tidak ditempatkan secara permanen di bangunan dan mungkin diganti selama masa penggunaan bangunan. Akibat beban hidup ini, pengaruh pembebanan akan berubah pada lantai dan atap bangunan. Khususnya pada atap, beban hidup mencakup beban yang disebabkan oleh air hujan, baik karena genangan maupun tekanan yang dihasilkan oleh jatuhnya tetesan air (energi kinetik) (PPIUG, 1983). Adapun beban hidup yang digunakan sesuai dengan (PPIUG, 1983) pada gedung kategori rumah sakit sebesar 250 kg/m^2 .

2.2 Struktur Bangunan

Struktur bangunan merupakan kumpulan elemen yang saling terhubung untuk membentuk sebuah konstruksi yang kokoh. Tujuannya adalah untuk memberikan sokongan kepada elemen-elemen non-struktural, seperti elemen-elemen estetika, interior, dan detail arsitektur, dengan tujuan membentuk satu kesatuan yang utuh. Setiap segmen dari struktur bangunan memiliki tanggung jawab dan peran yang unik dalam

memastikan stabilitas dan performa komprehensif dari konstruksi secara keseluruhan. (Leonard Ella, 2016).

Struktur bangunan gedung dibagi menjadi dua bagian ditinjau dari sisi susunannya, yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Struktur Atas (Upper Structure)

Bagian puncak bangunan adalah semua elemen struktur yang terletak di atas tanah, sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI - 2002). Elemen-elemen dari struktur atas ini melibatkan kolom, pelat, serta balok, dan setiap elemen ini memiliki peran yang beragam dalam membentuk kerangka bangunan tersebut.

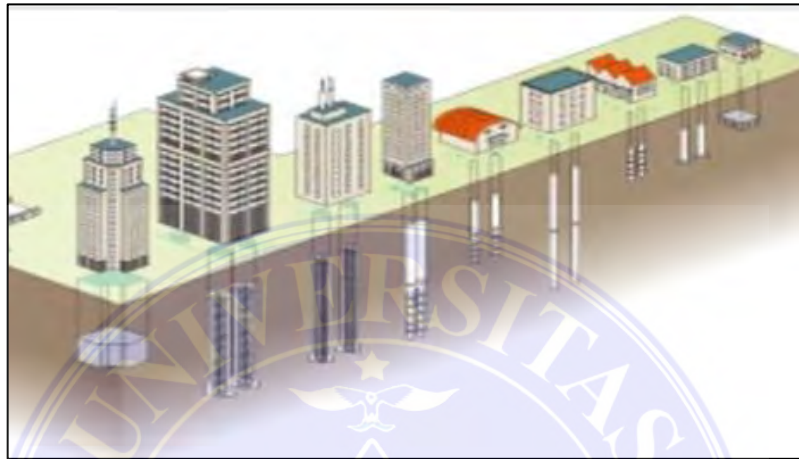


Gambar 4. Struktur Atas Gedung (Agus Setiawan, Perancangan Struktur Beton Bertulang, 2016)

2.2.2 Struktur Bawah (Lower Structure)

Bagian elemen dasar sebuah struktur bangunan merujuk pada pondasi, yang berperan sebagai unsur yang berhubungan secara langsung dengan tanah atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah. Fungsi utama dari pondasi adalah untuk mendukung serta mengalirkan beban-beban yang ada di

atasnya. Penghitungan pondasi menjadi sangat penting untuk memastikan kestabilan struktur terhadap segala beban yang beroperasi padanya, termasuk bobot sendiri bangunan, beban interior, tekanan angin, dampak gempa bumi, serta gaya eksternal lainnya.



Gambar 5. Gambar Elemen Struktur Bawah (Rizka, 2019)

2.3 Elemen Struktur Atas

Pada tahap permulaan perencanaan, elemen-elemen struktural direncanakan dengan memakai kriteria minimal sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) T-15-1991-03. Standar ini memiliki peran sebagai panduan permulaan untuk menilai serta menghitung dimensi elemen struktural seperti balok, kolom, dan pelat, dengan maksud untuk mencapai dimensi yang paling efisien. Optimalitas dalam hal ini berarti mencari dimensi yang tepat tanpa adanya kelebihan desain (*over design*) maupun kelemahan desain (*under design*).

2.3.1 Balok

Balok merupakan komponen struktural yang bertugas sebagai penyangga untuk mengatasi beban yang bekerja secara tegak lurus terhadap sumbu batangnya, termasuk beban terkonsentrasi dan beban merata yang tersebar. Fungsinya utama adalah mengarahkan beban gravitasi dari pelat lantai dan mentransfernya ke elemen

kolom dalam bentuk gaya dan momen. Balok mengalami gaya dalam, momen lentur, dan gaya geser sebagai akibat dari beban yang ditanggungnya. Meskipun ada gaya aksial, besarnya dapat diabaikan karena relatif sangat kecil (Yhuda Lesmana, 2020).

2.3.2 Kolom

Kolom adalah unsur utama dalam kerangka bangunan yang bertugas untuk menahan kombinasi gaya tekan aksial dan momen lentur. Dalam realitasnya, jarang sekali terjadi kolom yang hanya menerima beban tekanan semata. Sebagian besar kolom umumnya mengalami kombinasi gaya tekan aksial dan momen lentur. Selain itu, kolom juga memiliki peran sangat penting dalam menahan beban lateral, terutama saat terjadi gempa pada struktur gedung. (Yhuda Lesmana, 2020).

2.3.3 Pelat Lantai

Pelat lantai ialah bagian struktur yang umumnya bertugas mengalihkan beban mati dan beban hidup ke unsur struktural inti lain, seperti balok dan kolom. Secara umum, pelat lantai dibagi menjadi dua jenis, yakni pelat satu arah (one way) dan pelat dua arah (two way). Pelat satu arah (one way) merupakan jenis pelat yang merespons defleksi hanya pada satu arah sumbu. Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang digunakan pun hanya satu arah, sesuai dengan arah lendutan lendutan pelat yang terjadi (Yhuda Lesmana, 2020).

2.4 Peraturan – Peraturan

Dalam penghitungan struktur bangunan, dipertimbangkan peraturan yang berlaku sesuai dengan panduan-panduan yang tercantum dalam buku-buku acuan, termasuk namun tidak terbatas pada:

- a. Buku pedoman "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 03 – 1726 – 2019" diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, dan digunakan sebagai panduan dalam perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, beberapa peraturan yang dijadikan pedoman mengambil referensi dari "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 03 – 1726 – 2019".

- 1) Cara – cara analisis gempa
 - 2) Faktor respon gempa (C)
 - 3) Faktor Keutamaan (I)
 - 4) Faktor Jenis Struktur (K)
 - 5) Wilayah zona gempa
- b. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

Dalam merencanakan tugas akhir ini, pedoman yang diambil sebagai rujukan berasal dari peraturan pembebanan indonesia untuk gedung pada tahun 1983.

- 1) Berat sendiri bahan bangunan
 - 2) Beban hidup lantai gedung
 - 3) Beban mati tambahan
- c. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung diacu dari Standar Nasional Indonesia (SNI) – 03 – 2847 – 2019).

2.4.1 Kategori Gedung

Dalam perencanaan struktur bangunan, memiliki pemahaman apakah bangunan masuk dalam salah satu dari empat kategori risiko yang diuraikan dalam

SNI – 03 – 1726 – 2012 sangatlah penting. Standar tersebut memuat tabel kategori risiko yang mencakup bangunan gedung dan non-gedung dalam menghadapi beban gempa.

Tabel 1. Kategori risiko gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 03 – 1726 – 2012)

| Jenis Pemanfaatan | Kategori Risiko |
|---|-----------------|
| Bangunan dan struktur non-gedung dengan risiko rendah terhadap keselamatan jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, hal-hal berikut: | I |
| a. Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan | |
| b. Fasilitas sementara | |
| c. Gudang penyimpanan | |
| d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | II |
| Semua bangunan dan struktur lainnya, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, dan IV, termasuk, tetapi tidak terbatas pada: | |
| - Perumahan | |
| - Rumah toko dan rumah kantor | |
| - Pasar | |
| - Gedung perkantoran | |
| - Gedung apartemen/ rumah susun | |
| - Pusat perbelanjaan/ mall | |
| - Bangunan industri | |
| - Fasilitas manufaktur | |
| - Pabrik | |

Lanjutan Tabel 1

Bangunan dan struktur non-gedung dengan risiko tinggi terhadap keselamatan jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak terbatas pada, hal-hal berikut:

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion

Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat

- Fasilitas penitipan anak
- Penjara

Bangunan untuk orang jompo, termasuk gedung dan struktur non-gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari jika mengalami kegagalan. Hal ini mencakup, tetapi tidak terbatas pada:

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

Gedung dan struktur non-gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, termasuk, tetapi tidak terbatas pada fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak, dan mengandung bahan beracun atau peledak. Jumlah kandungan bahan tersebut melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan dapat menimbulkan bahaya yang signifikan bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

III

Lanjutan Tabel 1

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- Bangunan-bangunan monumental
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan
- 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, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya

- Sarana-sarana untuk respons darurat termasuk fasilitas kesiapan darurat, sistem komunikasi, pusat operasi, serta fasilitas lainnya yang mendukung dalam menghadapi situasi darurat.
- Fasilitas publik yang penting, termasuk pusat pembangkit energi, sangat diperlukan dalam situasi darurat.
- Tambahan struktural yang diperlukan untuk beroperasi saat keadaan darurat mencakup berbagai elemen, seperti menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran, serta berbagai struktur rumah, material, atau peralatan pendukung air atau pemadam kebakaran.

IV

Gedung dan fasilitas non-gedung yang memiliki peran penting dalam menjaga fungsi struktur bangunan lain yang termasuk dalam kategori risiko IV.

Tabel 1 menjelaskan faktor risiko IV yang digunakan untuk perencanaan gedung dan struktur dalam Tugas Akhir ini (Rumah Sakit), yang digunakan dalam perhitungan beban gempa.

Tabel 2. Faktor Keutamaan Gempa (SNI 03 – 1726 – 2012)

| Kategori Resiko | Faktor keutamaan gempa, I |
|-----------------|-----------------------------|
| I atau II | 1,0 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

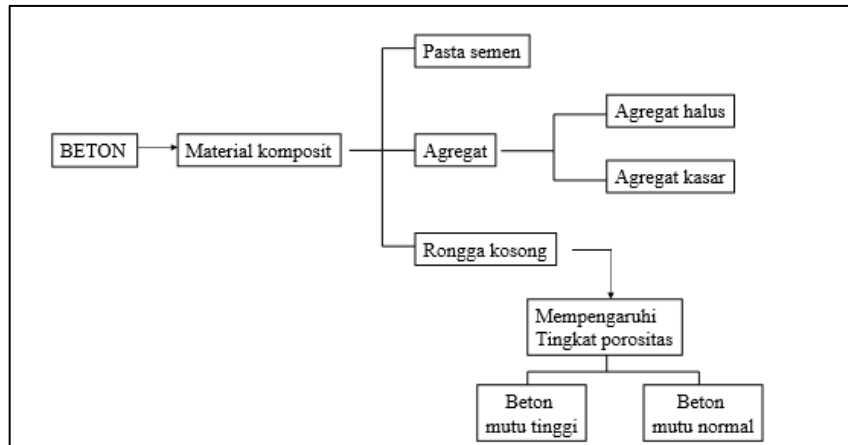
Berdasarkan tabel diatas faktor keutamaan gempa di Medan Sumatra Utara

$$I = 1,50$$

2.5 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah bahan pokok yang lebih umum digunakan dalam sektor industri konstruksi bangunan jika dibandingkan dengan material lain seperti baja atau kayu. Sumber-sumber bahan untuk beton mudah ditemui. Beton merupakan sebuah material komposit yang terbentuk dari campuran semen, air, serta agregat. Proses pengerasan beton terjadi melalui interaksi kimia antara semen portland dan elemen-elemen lain dalam campurannya.

Teknologi beton telah mengalami kemajuan pesat dalam tiga dekade terakhir. Tujuan utama dari perkembangan teknologi beton pada era modern ini adalah untuk menciptakan material dengan kualitas tinggi, kinerja optimal, masa pakai yang panjang, serta ketahanan terhadap perubahan cuaca. Kualitas atau mutu beton diukur berdasarkan kekuatan tekan beton (f'_c) yang dimilikinya. Gambar 6 menggambarkan pola pembentukan beton, di mana mutu beton ditentukan oleh derajat kepadatan atau porositas material yang membentuknya. Semakin rendah tingkat porositas beton, maka kekuatan tekan beton akan cenderung lebih tinggi, dan sebaliknya (Antonius, 2021).



Gambar 6 Skema Pembentukan Beton (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang,2021)

Komponen Struktur beton bertulang merupakan bagian-bagian yang saling berinteraksi membentuk satu kesatuan struktur. Beberapa elemen ini meliputi pelat (slab), kolom (column), balok (beam), dinding (wall), tangga, pondasi, dan unsur lainnya. Semua komponen tersebut memiliki peranan krusial dalam menyediakan daya tahan serta stabilitas dalam struktur beton bertulang. Namun pada penyusunan Tugas Akhir ini Struktur beton bertulang yang dibahas maupun yang dihitung hanyalah struktur atas suatu bangunan yaitu pelat, kolom, dan balok.

2.6 Pelat

Pelat lantai merupakan elemen struktural yang umumnya berperan untuk mengalihkan beban mati dan beban hidup ke elemen struktural utama lainnya, seperti balok dan kolom. Umumnya, pelat lantai dapat dibedakan menjadi dua tipe, yakni pelat satu arah (one way) dan pelat dua arah (two way). Pelat satu arah adalah jenis pelat yang mengalami pembengkokan hanya pada satu arah sumbu. Ini berarti, tulangan lentur ditempatkan hanya pada satu arah, mengikuti arah bengkok yang terjadi pada pelat tersebut. Di sisi lain, pelat dua arah adalah struktur pelat yang mengalami pembengkokan pada kedua arah bentangnya. Oleh sebab itu,

dalam pelat dua arah, dibutuhkan tulangan lentur yang diberikan pada kedua arah yang tegak lurus satu sama lain (Yhuda Lesmana,2020).

2.6.1 Penulangan Pelat Satu Arah

Penulangan pada pelat satu arah melibatkan dua jenis tulangan, yakni tulangan lentur dan tulangan geser. Dua jenis tulangan ini harus dipasang pada pelat agar pelat kuat memikul beban rencana, baik akibat momen lentur ataupun pengaruh rangka – susut dari material beton.

a) Tulangan lentur pelat satu arah

Benar, dalam pelat satu arah, tulangan lentur digunakan untuk menahan beban utama hanya pada satu arah. Arah ini biasanya tegak lurus dengan balok yang menjepit pelat lantai tersebut, yang sejalan dengan arah utama pembengkokan atau beban yang diterapkan pada pelat. Dengan kata lain, tulangan pelat satu arah diletakkan pada arah memendek pelat (Yhuda Lesmana,2020).

Penggunaan tulangan lentur ini diatur dalam SNI 2847 – 2019; tabel 7.6.1.1; hal – 123, terkait batas minimal tulangan lentur yang harus dipasang pada pelat.

Tabel 3. Nilai Luasan Minimum, A_s min untuk pelat satu arah non – prategang (SNI 2847 – 2019)

| Jenis Tulangan | F_y (MPa) | | A_s min mm^2 |
|-------------------------------|-------------|------------------|--|
| Batang Ulir | <420 | | 0,0020 A_g |
| batang ulir atau kawat las | ≥ 420 | terbesar dari | $\frac{0,0018 \times 420 \times A_g}{f_y}$ 0,0014 A_g |

Berdasarkan pada tabel 3, dapat dilihat bahwa tulangan yang digunakan mutunya lebih kecil dari 420 MPa, maka luasan minimum tulangan yang harus

disediakan pada pelat adalah 0,2 % dari luasan total penampang (A_g), yang dimana A_g dihitung dengan persamaan:

$$A_g = b \times h \quad (2.1)$$

Dimana:

b = Lebar pelat per satuan meter ($b = 1000$ mm)

h = Tebal Pelat (mm)

Sedangkan untuk tulangan yang mutunya lebih besar dari 420 MPa, maka luas minimum tulangan diambil nilai yang terbesar dari dua persamaan tersebut. Dalam hal penentuan spasi antar tulangan pada pelat lentur, SNI 2847 – 2019 mengatur bahwa spasi maksimum tulangan lentur pelat harus lebih kecil dari 3 kali ketebalan pelat ($3h$) atau 450 mm, sesuai dengan halaman 126 mm.

b) Tulangan susut pelat satu arah

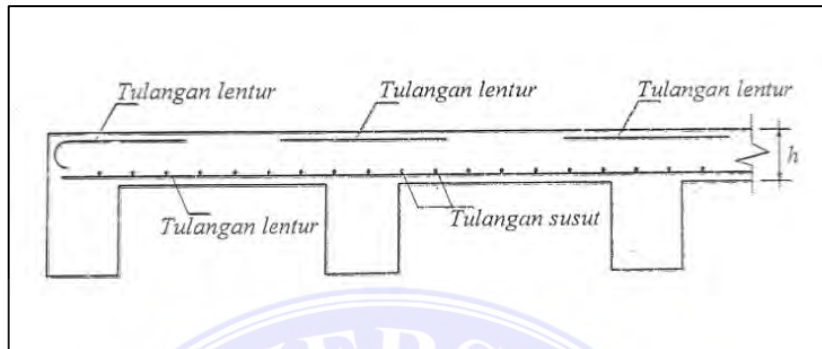
Tulangan susut pada pelat satu arah ditempatkan tegak lurus dengan tulangan lentur. Pemasangan ini bertujuan untuk mengatasi tegangan dan retak yang dapat terjadi karena pengaruh perubahan susut dan suhu dari bahan beton.

Tabel 4. Rasio (P_{min}) tulangan susut dan suhu minimum (SNI 28847 – 2019)

| Jenis Tulangan | F_y (MPa) | | p_{min} |
|-------------------------------|-------------|------------------|---|
| Batang Ulir | <420 | | 0,002 |
| batang ulir atau kawat las | ≥ 420 | terbesar dari | $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ 0,0014 |

Dalam pemasangan tulangan susut, spasi maksimal tulangan susut dan suhu tidak boleh dipasang melebihi nilai terkecil antara $5h$ (5 kali tebal pelat) dan

450 mm. Biasanya, dalam pemasangan tulangan susut pada pelat, tulangan tersebut dapat dipasang pada bagian atas, bagian bawah, atau bahkan di atas dan di bawah pelat.



Gambar 7. Posisi tulangan lentur dan tulangan susut pada pelat satu arah (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

2.6.2 Penulangan Pelat Dua Arah

Pelat dua arah merupakan tipe pelat yang mengalami pembengkokan pada kedua arah bentangnya. Oleh karena itu, diperlukan penulangan lentur yang ditempatkan secara saling tegak lurus dalam dua arah tersebut. Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847 - 2019 mengatur luas minimum tulangan lentur (A_s min) pada pelat dua arah, terutama di dalam halaman 145.

Tabel 5. A_s min untuk pelat dua arah non – prategang (SNI 2847 – 2019)

| Jenis Tulangan | F_y (MPa) | A_s min mm ² |
|----------------------------|-------------|--|
| Batang Ulir | <420 | 0,0020 A_g |
| batang ulir atau kawat las | ≥ 420 | terbesar dari $\frac{0,0018 \times 420 \times A_g}{f_y}$ 0,0014 A_g |

Pelat dua arah merupakan tipe pelat yang mengalami pembengkokan pada dua arah bentangnya. Karena itu, pelat ini memerlukan penulangan lentur yang diletakkan dalam dua arah, saling tegak lurus. Pedoman dari Standar Nasional

Indonesia (SNI) 2847 - 2019 mengatur batasan minimal luas tulangan lentur (As min) pada pelat dua arah, khususnya tertera di halaman 145.

2.6.3 Desain Pelat

Pelat dua arah ialah tipe pelat yang mengalami lenturan atau perubahan bentuk pada dua arah bentangnya. Ini menunjukkan bahwa, dalam situasi ini, diperlukan penulangan lentur yang ditempatkan pada pelat dalam dua arah atau secara saling tegak lurus. Suatu pelat dapat dianggap sebagai pelat dua arah jika perbandingan antara panjang sisi panjang (L_y) dan panjang sisi pendek (L_x) kurang dari atau sama dengan 2 ($L_y \div L_x \leq 2$).

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk pelat dua arah berdasarkan metode perhitungan struktur beton untuk bangunan dan gedung yang sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI 03 – 2847 – 2019).

1. Mengidentifikasi jenis pelat

$$\frac{L_y}{L_x} \leq 2 \quad (2.2)$$

2. Menentukan Ketebalan Plat

Ketentuan ketebalan pelat menurut SNI 2847;2019 sebagai berikut:

- a. Untuk $\alpha m > 0,2$ Wajib memanfaatkan tabel berikut:

Tabel 6. Tebal Minimum Pelat Dua Arah (SNI 03 – 2847 – 2019 Tabel 8.3.1.1;134)

| f_y , MPa ^[2] | Tanpa <i>drop panel</i> ^[3] | | | Dengan <i>drop panel</i> ^[3] | | |
|-------------------------------|--|----------------------------------|----------------|---|----------------------------------|----------------|
| | Panel eksterior | | Panel interior | Panel eksterior | | Panel interior |
| | Tanpa balok tepi | Dengan balok tepi ^[4] | | Tanpa balok tepi | Dengan balok tepi ^[4] | |
| 280 | $\ell_n/33$ | $\ell_n/36$ | $\ell_n/36$ | $\ell_n/36$ | $\ell_n/40$ | $\ell_n/40$ |
| 420 | $\ell_n/30$ | $\ell_n/33$ | $\ell_n/33$ | $\ell_n/33$ | $\ell_n/36$ | $\ell_n/36$ |
| 520 | $\ell_n/28$ | $\ell_n/31$ | $\ell_n/31$ | $\ell_n/31$ | $\ell_n/34$ | $\ell_n/34$ |

^[1] ℓ_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
^[2]Untuk f_y dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear
^[3]*Drop panel* sesuai 8.2.4
^[4]Pelat dengan balok di antara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika α_f kurang dari 0,8. Nilai α_f untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

Pelat yang tidak mengalami penebalan memiliki ketebalan minimal sekitar 125 mm. Di sisi lain, pelat yang mengalami penebalan memerlukan ketebalan minimal sekitar 100 mm.

b. Untuk $0,2 < \alpha m \leq 2,0$

Ketebalan pelat minimum harus memenuhi:

$$h = \frac{Ln (0,8 + fy/1400)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \quad (2.3)$$

Tidak boleh $< 125 \text{ mm}$

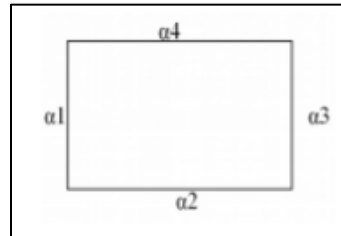
c. Untuk $\alpha m \geq 2,0$

Ketebalan pelat minimum harus memenuhi:

$$h = \frac{Ln (0,8 + fy/1400)}{36 + 9\beta} \quad (2.4)$$

Tidak boleh $< 90 \text{ mm}$

3. Mencari nilai α_m untuk memverifikasi apakah pemakaian h coba telah memenuhi persyaratan.



Gambar 8. Panel pelat yang ditinjau ((Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 \frac{l_{balok}}{l_{pelat}} \quad (2.5)$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \quad (2.6)$$

Jika α_m memiliki nilai kurang dari 2,0, maka ketebalan minimum pelat adalah 125 mm. Namun, dalam situasi di mana α_m memiliki nilai lebih dari 2,0, ketebalan minimum pelat menjadi 90 mm.

Keterangan:

α = Panjang bentang bersih dalam arah panjang dihitung dari permukaan satu balok ke permukaan balok lainnya.

β = Perbandingan antara panjang bentang dalam arah panjang dan pendek dari pelat.

h = tebal pelat

4. Langkah berikutnya melibatkan perhitungan beban yang mempengaruhi pelat, termasuk beban mati dan beban hidup. Hasil perhitungan ini akan dikalikan dengan faktor beban guna memperoleh nilai beban yang telah difaktorkan.

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL \quad (2.7)$$

Dimana, WD = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

WL = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

WU = Jumlah beban terfaktor (KN/m)

5. Menghitung Momen Rencana (M_u)

Untuk perhitungan momen yang terjadi dalam arah x dan y, dapat digunakan pendekatan penyaluran "metode amplop" seperti yang ditampilkan dalam tabel.



Tabel 7. Momen pelat dua arah terbagi rata (Grafik dan tabel perhitungan beton bertulang. W.C.vis dan Gideon Kusuma. 1993 : 26)

| Skema | Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali w_u terna l_x | $\frac{l_y}{l_x}$ | | | | | | | | | |
|-------|---|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | |
| I | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 41 | 54 | 67 | 79 | 87 | 97 | 110 | 117 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 41 | 35 | 31 | 28 | 26 | 25 | 24 | 23 | |
| | | $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ | | | | | | | | | |
| | | $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$ | | | | | | | | | |
| II | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 25 | 34 | 42 | 49 | 53 | 58 | 62 | 65 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 25 | 22 | 18 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 51 | 63 | 72 | 78 | 81 | 82 | 83 | 83 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 51 | 54 | 55 | 54 | 54 | 53 | 51 | 49 | |
| III | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 30 | 41 | 52 | 61 | 67 | 72 | 80 | 83 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 30 | 27 | 23 | 22 | 20 | 19 | 19 | 19 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 68 | 84 | 97 | 106 | 113 | 117 | 122 | 124 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 68 | 74 | 77 | 77 | 77 | 76 | 73 | 71 | |
| IV | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 24 | 36 | 49 | 63 | 74 | 85 | 103 | 113 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 33 | 33 | 32 | 29 | 27 | 24 | 21 | 20 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 69 | 85 | 97 | 105 | 110 | 112 | 112 | 112 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | | | | | | | | | |
| V | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 33 | 40 | 47 | 52 | 55 | 58 | 62 | 65 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 24 | 20 | 18 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 69 | 76 | 80 | 82 | 83 | 83 | 83 | 83 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | | | | | | | | | |
| VI | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 31 | 45 | 58 | 71 | 81 | 91 | 106 | 115 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 39 | 37 | 34 | 30 | 27 | 25 | 24 | 23 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 91 | 102 | 108 | 111 | 113 | 114 | 114 | 114 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | | | | | | | | | |
| VII | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 39 | 47 | 57 | 64 | 70 | 75 | 81 | 84 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 31 | 25 | 23 | 21 | 20 | 19 | 19 | 19 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 91 | 98 | 107 | 113 | 118 | 120 | 124 | 124 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | | | | | | | | | |
| VIII | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 28 | 36 | 47 | 57 | 64 | 70 | 79 | 83 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 28 | 27 | 23 | 20 | 18 | 17 | 16 | 16 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 54 | 72 | 88 | 100 | 108 | 114 | 121 | 124 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 60 | 69 | 74 | 76 | 76 | 76 | 73 | 71 | |
| IX | | $m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ | 28 | 37 | 45 | 50 | 54 | 58 | 62 | 65 | |
| | | $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$ | 25 | 21 | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 16 | |
| | | $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ | 60 | 70 | 76 | 80 | 82 | 83 | 83 | 83 | |
| | | $m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$ | 54 | 55 | 55 | 54 | 53 | 53 | 51 | 49 | |

6. Mencari tebal efektif pelat

Koefisien tulangan dalam beton, yang diwakili oleh simbol ρ , akan digunakan untuk estimasi diameter utama dan tinggi efektif dalam arah x (dx):

$$dx = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan arah x}$$

$$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \text{Ø tulangan pokok y} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan arah x}$$

Dalam sebuah struktur beton bertulang, diperlukan ketebalan minimum selimut beton yang harus disediakan untuk melindungi besi tulangan sesuai dengan nilai yang tertera dalam tabel berikut.

Tabel 8. Tebal minimum selimut beton (SNI 2847 – 2019; 460)

| Paparan | Komponen struktur | Tulangan | Ketebalan Selimut, mm |
|---|---|--|-----------------------|
| Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah | Semua | Semua | 75 |
| Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah | Semua | Batang D19 hingga D57 | 50 |
| | | Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil | 40 |
| Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah | Pelat, pelat berusuk dan dinding | Batang D43 dan D57 | 40 |
| | | Batang D36 dan yang lebih kecil | 20 |
| | Balok, kolom, pedestal dan batang tarik | Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengegang | 40 |

7. Mencari rasio penampang (ρ)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.8)$$

$$\rho = \frac{F_c}{F_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q}) \quad (2.9)$$

$$Q = \left(\frac{1,7}{\emptyset f_c} \right) \frac{Mu}{b \cdot d^2} \quad (2.10)$$

Keterangan, Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang
(KN/m)

b = lebar penampang (mm) diambil tiap 1
meter

d = tinggi efektif (mm)

\emptyset = faktor reduksi rencana

(Setiawan,2016;71)

8. Langkah selanjutnya adalah mencari luas tulangan (A_s).

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d \quad (2.11)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.12)$$

Keterangan, A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio

d = tinggi efektif pelat(mm)

9. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \emptyset^2} \quad (2.13)$$

10. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000}{n} \quad (2.14)$$

11. Menurut SNI 03-2847-2019, kita harus memilih jenis dan Sesuai dengan SNI 03-2847-2019, langkah pertama adalah memilih jenis dan dimensi dari tulangan utama yang akan dipasang, serta menetapkan sudut dan perpanjangan tulangan tersebut. Berdasarkan standar tersebut, diatur

bahwa perbandingan luas penampang tulangan ulir dengan luas penampang kasar beton harus mematuhi tabel yang telah ditentukan.

Tabel 9. Rasio luas tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto (SNI 03 – 2847 – 2019 ; 553)

| Jenis Tulangan | F_y (MPa) | Rasio tulangan minimum |
|----------------------------|-------------|---|
| Batang Ulir | <420 | 0,0020 |
| batang ulir atau kawat las | ≥ 420 | terbesar dari $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ 0,0014 A_g |

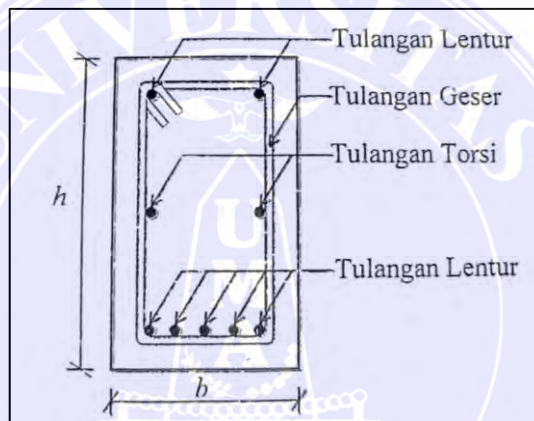
12. Memasang tulangan

Prosedur yang serupa diterapkan pada arah y, mirip dengan yang dilakukan pada arah x. Namun, penting untuk diingat bahwa tinggi efektif y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x. D_y dihitung sebagai selisih antara ketinggian total (h) dengan jarak antar pusat (p), dikurangi diameter tulangan dalam arah x (ϕ_x) dan diameter tulangan dalam arah y (ϕ_y).

2.7 Balok

2.7.1 Kuat lentur balok

Balok merupakan elemen struktural yang bertanggung jawab untuk menopang beban secara vertikal sejajar dengan sumbu panjangnya, baik itu beban yang terpusat di satu titik atau beban yang merata terdistribusi. Sebagai elemen penyangga beban, balok mengalami gaya-gaya dalam berupa momen lentur yang menyebabkan pembengkokan dan gaya geser. Namun, dalam konteks ini, keberadaan gaya aksial dapat diabaikan karena nilainya relatif kecil.



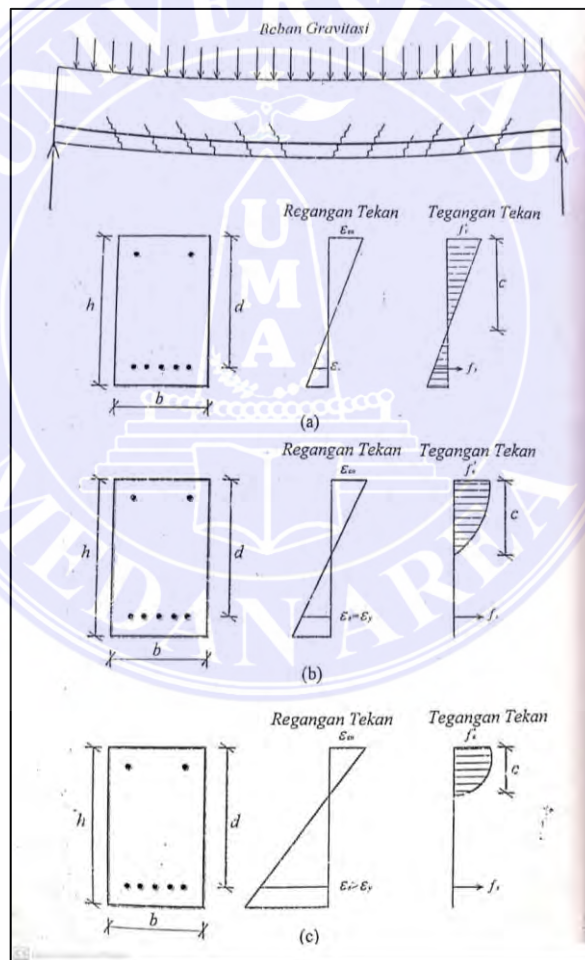
Gambar 9. Tulangan penyusun balok (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

Dalam desain balok, tulangan yang akan dihitung adalah tulangan lentur, tulangan geser, dan tulangan torsi, pada pembahasan Tugas Akhir ini tulangan yang akan dihitung ialah tulangan lentur, baik tulangan tunggal maupun rangkap.

Gambar 9 menggambarkan sebuah balok yang diberi beban merata sepanjang bentangnya. Balok diletakkan pada dua tumpuan sederhana pada setiap ujungnya. Saat mengatasi beban, balok akan mengalami fenomena pembengkokan yang mengakibatkan tegangan tarik dan tekan pada bagian lintang balok. Tegangan tekan muncul di serat atas penampang balok akibat beban, sedangkan serat paling

bawah akan mengalami tegangan tarik. Ketika balok membawa beban yang relatif besar, fenomena distribusi tegangan – regangan dapat diamati pada Gambar 10.

Dalam kondisi tersebut, tegangan tarik dan tegangan tekan pada bahan beton dan tulangan belum mencapai batas kekuatan maksimum. Distribusi tegangan – regangan pada situasi ini terbentuk sebagai garis lurus atau garis linier. Artinya, balok masih menunjukkan sifat elastis. Sifat elastis berarti bahwa setelah beban terpusat dihilangkan, balok akan kembali ke posisi awal tanpa mengalami lenturan atau kerusakan (retak).



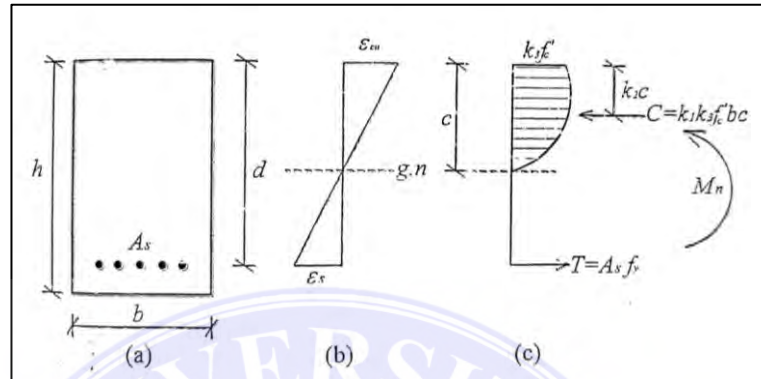
Gambar 10. Distribusi tegangan - regangan balok beton bertulang (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

Ketika beban mengalami peningkatan yang signifikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, Perubahan tegangan dalam elemen balok juga akan terjadi sesuai dengan penambahan beban. Perubahan ini pertama-tama akan terlihat dalam modifikasi tinggi garis netral (c), yang diikuti oleh peningkatan tegangan-regangan pada bagian atas dan bawah, baik dalam kondisi tekan maupun tarik. Pada tahap ini, tegangan pada baja tulangan mencapai batas leleh (f). Distribusi tegangan dalam daerah tekan pun mengalami perubahan dari pola linier menjadi non-linier. Tambahan lagi, tegangan tarik pada serat tarik pada penampang beton melebihi kekuatan beton, yang menyebabkan terbentuknya retakan pada serat tarik tersebut. Proses ini mengakibatkan beton mengalami deformasi permanen, bahkan setelah beban telah dihapus dari elemen balok, menunjukkan bahwa beton telah melewati batas elastisnya.

Gambar 11 akan memberikan gambaran yang lebih terperinci tentang perilaku pembengkokan balok berdasarkan tegangan-regangan yang muncul akibat momen lentur yang diterapkan. Dalam konteks ini, diasumsikan bahwa serat tekan pada bagian atas penampang telah mencapai regangan maksimum beton, yaitu $\epsilon_{cu}=0,003$. Beberapa asumsi akan digunakan untuk mengilustrasikan prinsip dasar perilaku pembengkokan balok dalam Gambar 11:

- a. Dalam analisis, penampang balok diasumsikan tetap datar (menjaga bidang) saat mengalami momen lentur hingga mencapai titik kegagalan. Dengan mengadopsi asumsi ini, distribusi regangan pada penampang beton dapat dianggap sebagai linear, sebagaimana tampak dalam Gambar 11.

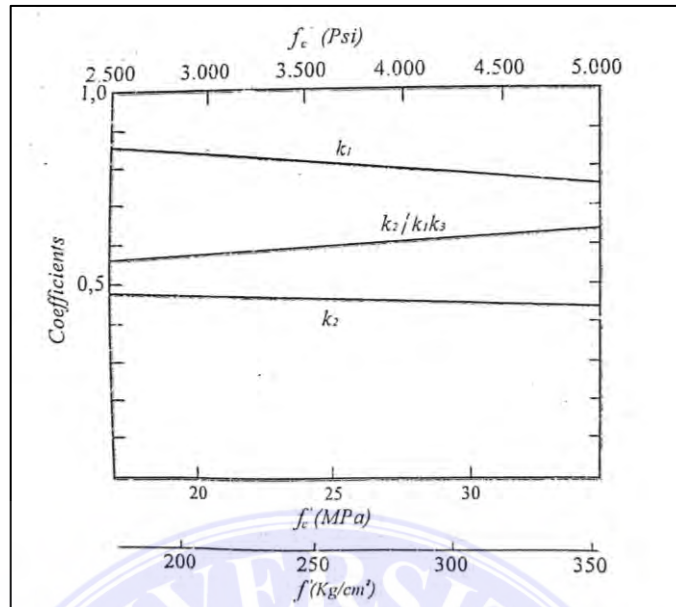
- b. Asumsi berikutnya adalah bahwa terdapat ikatan yang sempurna (bond) antara tulangan dan beton, tanpa adanya pergeseran. Dengan kata lain, regangan yang muncul pada beton dan baja tulangan dianggap serupa.



Gambar 11. Kondisi Tegangan - regangan balok saat kuat lentur tercapai (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

Dalam Gambar 11, kekuatan tegangan tarik beton tidak dipertimbangkan (seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa beton memiliki ketahanan rendah terhadap tarik, sehingga kontribusinya terhadap kekuatan lentur diabaikan). Oleh karena itu, penampang beton di bawah garis netral diabaikan. Oleh karena itu, perhitungan nilai tinggi efektif (effective depth) penampang balok (d) dilakukan dengan mengukur dari serat tekan terluar ke titik berat dari tulangan tarik, sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Parameter k_1 menggambarkan perbandingan antara tegangan rata-rata (average stress) dan tegangan maksimum (peak stress) di daerah tekan penampang balok, dan terkait dengan parameter $k_3 f_c$ (kuat tekan yang dihasilkan dari uji tekan silinder). Sebaliknya, k_2 adalah faktor yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi letak resultan gaya tekan (C) terhadap serat terluar pada penampang beton. Di sisi lain, parameter k_3 mengindikasikan perbandingan antara tegangan maksimum (puncak) pada daerah tekan balok dan kuat tekan yang diukur dari uji tekan silinder, yaitu f_c .



Gambar 12. Nilai parameter kuat lentur pada balok (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

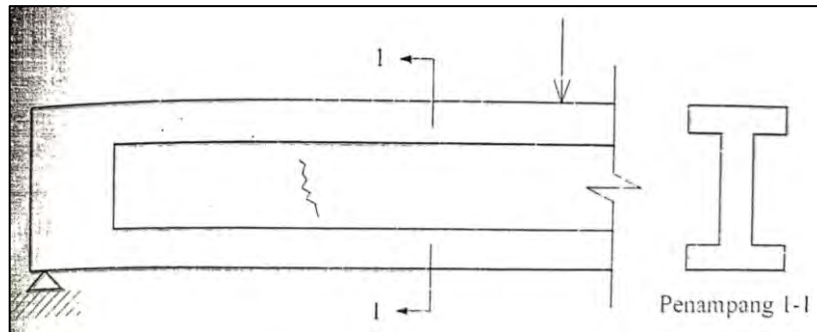
2.7.2 Kuat Geser Balok

Gaya geser merupakan salah satu beban yang perlu diperhitungkan dalam mendesain balok beton bertulang dengan menyediakan tulangan geser (sengkang) sepanjang balok. Balok yang didesain kurang baik terhadap pengaruh geser, memungkinkan akan mengalami kegagalan/kerusakan permanen sehingga akan runtuh (Yhuda Lesmana).

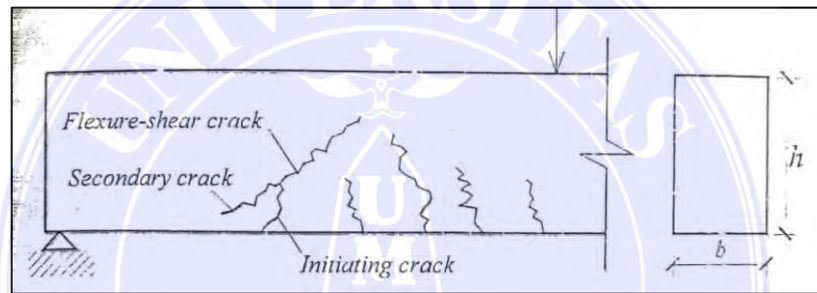
Pada desain geser balok, prinsip dasar yang diterapkan adalah bahwa jumlah total tegangan geser vertikal pada penampang balok harus sejajar dengan gaya geser yang dikenakan pada balok (disebut sebagai V_u).

Dasar munculnya retakan pada penampang balok berasal dari tegangan diagonal yang timbul akibat tegangan geser dalam balok. Pola serta lebar retakan dapat diatur dengan memanfaatkan penulangan geser (shear reinforcement) pada balok, yang umumnya ditempatkan secara tegak lurus terhadap tulangan lentur

balok. Gambar 13 menggambarkan fenomena retak pada balok tanpa adanya tulangan geser.



Gambar 13. Web - shear – crack (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)



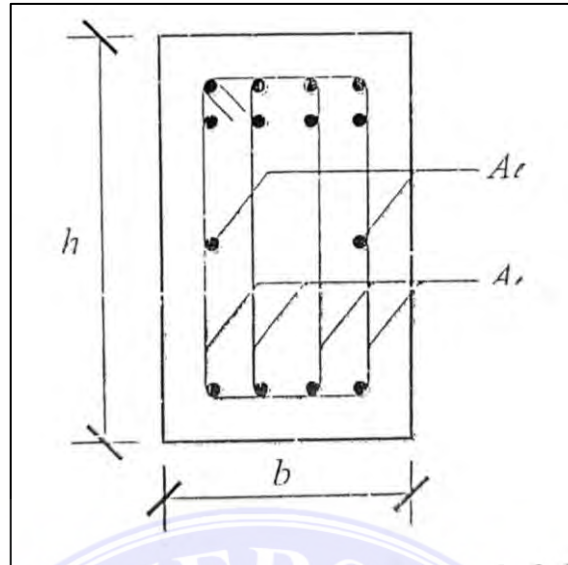
Gambar 14. Flexure - shear – crack (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

Dalam Gambar 13 terlihat bahwa pada balok prestressed, terjadi retak pada bagian inti penampang balok, yang juga dikenal sebagai "web-shear-crack." Jenis retakan ini terjadi pada balok tanpa ada retakan akibat lenturan sebelumnya. Di sisi lain, pada Gambar 14 tampak retakan yang muncul setelah retakan akibat lenturan terjadi, yang dikenal sebagai "flexure-shear-crack."

2.7.3 Kuat Momen Torsi Balok

Perhitungan momen torsi merupakan aspek yang signifikan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan balok, terutama dalam konteks struktur beton bertulang. Momen torsi terjadi saat balok mengalami gaya torsi atau rotasi pada sumbu panjangnya, menyebabkan balok mengalami torsi. Secara umum, momen torsi muncul karena adanya ketidakseimbangan momen di kedua sisi balok. Keadaan ini sering terlihat pada balok di tepi, di mana satu sisi balok mendukung pelat lantai dan sisi lainnya tidak terhubung. Akibatnya, momen torsi terjadi pada balok tersebut. Dalam perencanaan struktur, momen torsi harus diperhitungkan untuk memastikan bahwa balok mampu menahan beban dan tekanan dengan efisien serta tetap stabil dalam kondisi yang mungkin mengalami torsi. Elemen struktur balok umumnya mengalami torsi yang dikombinasikan dengan geser, sehingga dikenal dengan istilah kombinasi geser dan torsi.

Konsep torsi pada balok adalah kombinasi geser dan torsi, maka dalam perencanaan tulangan torsi akan melibatkan dua jenis tulangan yaitu tulangan transversal (A_t) dan juga tulangan longitudinal (A_l). Dengan kata lain, tulangan transversal (A) selain memikul geser juga akan berperan dalam memikul pengaruh torsi pada balok. Sedangkan tulangan longitudinal torsi umumnya ditempatkan pada tengah tinggi balok. Adapun contohnya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Tulangan torsi pada balok (Sumber :Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

2.7.4 Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang

Pada prinsipnya, terdapat dua metode perhitungan yang umum digunakan dalam analisis beton bertulang, yaitu:

1. Analisis

Dalam proses analisis, kapasitas penampang dihitung berdasarkan sejumlah informasi termasuk dimensi penampang, kekuatan tekan beton, tegangan leleh baja, jumlah dan ukuran tulangan, serta posisi penempatan tulangan.

2. Desain

Dalam proses desain, melibatkan pemilihan penampang yang paling efektif (termasuk dimensi f^c , f_y , jenis tulangan, dan faktor-faktor lainnya) guna mengatasi dampak dari beban terfaktor (seperti momen lentur M_u) yang bekerja pada struktur (Antonius, 2021).

Dalam perencanaan terkait lentur, harus dipenuhi:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (2.15)$$

Dimana,

ϕMn = Kemampuan momen tahanan atau kapasitas lentur yang sudah dihitung dan difaktorkan.

Mu =momen ultimitit perlu atau kuat lentur perlu

Mn =kapasitas momen nominal

ϕ_{kk} =faktor reduksi kekuatan (0,90)

2.7.5 Analisis Balok Persegi Dengan Tulangan Tarik

Menghitung gaya tekan C pada beton,

$$C = (0,85 f'c)a \cdot b \quad (2.16)$$

Gaya tarik T pada baja

$$T = As \cdot fs \quad (2.17)$$

Jika tulangan diasumsikan leleh, maka $T = As \cdot fy$

Keseimbangan gaya horizontal mensyaratkan:

$$C = T \quad (2.18)$$

$$0,85 f'c a b = As \cdot fy \quad (2.19)$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (2.20)$$

$$= \frac{wd}{0,85} \quad (2.21)$$

Dimana,

$$\omega = \frac{\rho fy}{f'c} \quad \text{dan} \quad \rho = \frac{As}{b \cdot d} \quad (2.22)$$

Momen nominal (Mn) dapat dihitung:

$$- Mn = T \cdot jd$$

$$Mn = Asfy \left(d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \phi Mn = \phi (As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)) \quad (2.23)$$

$$- Mn = C jd$$

$$Mn = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \rightarrow \quad (2.24)$$

$$\phi Mn = \phi \left(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

- Persamaan di atas bisa dinyatakan dalam bentuk alternatif sebagai berikut:

$$\phi Mn = \phi \left((f'c \cdot b \cdot d^2 \cdot \omega (1 - 0,59 \cdot \omega)) \right) \quad (2.25)$$

2.7.6 Desain Balok Persegi

1. Dimensi minimum penampang

Dimensi minimal dari penampang dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk persyaratan terkait defleksi dan tinggi minimum penampang balok yang telah diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847-2019 pada Pasal 9.3.1, atau dapat ditemukan dalam Tabel 10 yang berada di bagian berikutnya. Selain itu, terdapat juga persyaratan terkait selubung/selimut beton yang diatur dalam SNI 2847-2019 pada pasal 20.6.1.3.

Tabel 10. Tinggi minimum balok non prategang (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)

| Kondisi Perletakan | Tinggi penampang minimum (h) |
|----------------------|------------------------------|
| Perletakan sederhana | $l/16$ |
| Menerus satu sisi | $l/18,5$ |
| Menerus dua sisi | $l/21$ |
| Kantilever | $l/8$ |

Namun, jika memanfaatkan f_y dengan nilai yang melebihi 420 Mpa, maka rumus yang tersedia dalam Tabel 10, perlu diperhitungkan dengan faktor $(0,4 + f_y/700)$.

2. Tulangan Minimum

Sesuai dengan ketentuan yang ditegaskan dalam pasal 9.6.1.2 dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847 – 2019, rasio tulangan (ρ) pada penampang balok wajib mematuhi nilai yang tidak diizinkan lebih rendah dari:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.26)$$

Dan

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} \quad (2.27)$$

3. Desain Balok Persegi Dengan Tulangan Tarik

Kriteria yang harus terpenuhi dalam perancangan balok berbentuk persegi adalah:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (2.28)$$

Seperti yang disebutkan sebelumnya momen tahanan terfaktor dapat dihitung:

$$\phi M_n = \phi (f'_c \cdot b \cdot d^2 \cdot \omega (1 - 0,59 \cdot \omega)) \quad (2.29)$$

Dimana,

$$\omega = \frac{\rho f_y}{f'_c} \quad (2.30)$$

Sesuai dengan peraturan yang dijelaskan dalam pasal 9.6.1.2 dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847 – 2019, rasio tulangan (ρ) pada penampang balok harus memenuhi nilai yang tidak boleh kurang dari.

Dalam tahap awal, perlu dilakukan asumsi mengenai nilai kekuatan tekan beton (f'_c) dan tegangan leleh baja (f_y) yang akan diterapkan.

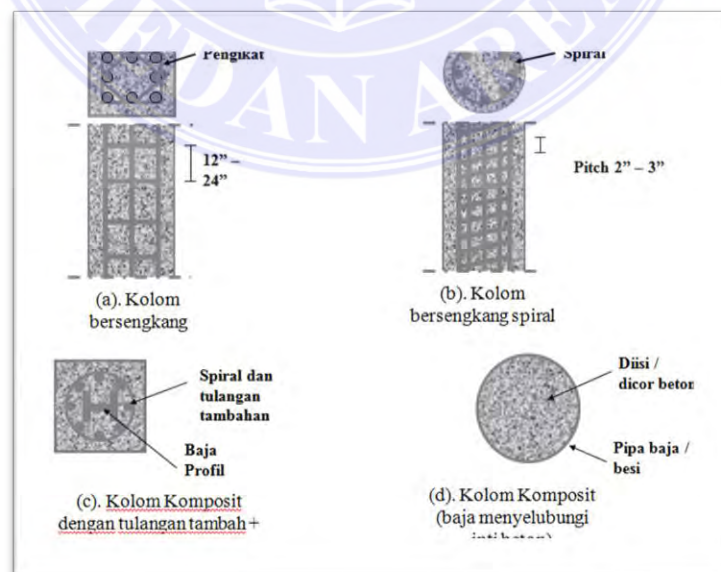
Umumnya, dalam memilih mutu beton, harus memenuhi persyaratan sesuai dengan standar yang berlaku. Pemilihan mutu beton harus mempertimbangkan syarat-syarat durabilitas, kapabilitas kontraktor dalam menghasilkan beton dengan kualitas yang ditentukan juga perlu dipertimbangkan. Umumnya, kisaran nilai f_c yang lazim digunakan berada dalam rentang 20 hingga 40 MPa, sedangkan untuk mutu baja tulangan, biasanya menggunakan f_y 400 MPa. Setelah nilai f_c dan f_y telah diidentifikasi, maka hanya terdapat tiga variabel yang perlu dihitung, yaitu lebar penampang (b), tinggi penampang (h), dan kedalaman efektif tulangan (d). Setelah nilai b dan h telah ditentukan, kita dapat secara langsung menghitung rasio tulangan (ρ). Namun, jika b dan h belum terdefinisi, kita bisa melakukan estimasi nilai b dan d dengan merujuk pada hubungan yang telah ditetapkan.

$$b \cdot d^2 = \frac{Mu}{\phi((f'_c \cdot \omega(1 - 0,59 \cdot \omega)))} \quad (2.31)$$

Agar menghindari potensi keretakan yang mudah terjadi pada komponen lentur yang rapuh, SNI 2847-2013 menetapkan batasan untuk rasio jumlah tulangan, di mana rasio ini harus kurang dari atau sama dengan 0,75 kali rasio tulangan yang diizinkan (ρ_b). Meskipun demikian, pengalaman menunjukkan bahwa lebih bijaksana untuk membatasi rasio maksimum jumlah tulangan (ρ_{max}) antara 0,4 hingga 0,5 kali rasio tulangan yang diizinkan (ρ_b). Dengan membatasi ρ_{max} diantara 0,5 – 0,75 ρ_b , maka rasio a/d penampang juga dibatasi berkisar antara 0,5 $\frac{ab}{d}$ – 0,75 $\frac{ab}{d}$.

2.8 Kolom

Kolom adalah elemen struktur yang menerima beban vertikal dan didukung oleh balok untuk mendistribusikan gaya-gaya dari lantai di atasnya ke lantai di bawahnya hingga mencapai fondasi. Komponen struktural yang memiliki peranan paling vital adalah kolom, karena kegagalan atau runtuhnya kolom dapat berakibat pada keruntuhan bertahap pada keseluruhan struktur. Untuk mencegah potensi kegagalan pada kolom, standar perencanaan menggunakan faktor pengurangan kekuatan (ϕ) yang lebih konservatif dibandingkan dengan faktor yang digunakan dalam desain balok, guna menghadapi momen lentur, geser, atau torsi. Seperti yang terjadi pada balok, kemampuan kolom dinilai dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip distribusi regangan yang bersifat linier sepanjang ketebalan kolom. Pada tambahan, tidak ada pergeseran antara beton dan tulangan, dan regangan tekan maksimum beton pada kondisi puncak adalah 0,003. Dalam perencanaan kolom, kekuatan tarik beton diabaikan demi memastikan bahwa kinerja struktur tetap aman dan dapat diandalkan. (Antonius, 2021).



Gambar 16. Beberapa tipe kolom (Yhuda Lesmana, Desain Struktur Beton Bertulang, 2020)

Gambar 16 menampilkan tipe-tipe kolom yang sering dijumpai di lapangan, antara lain:

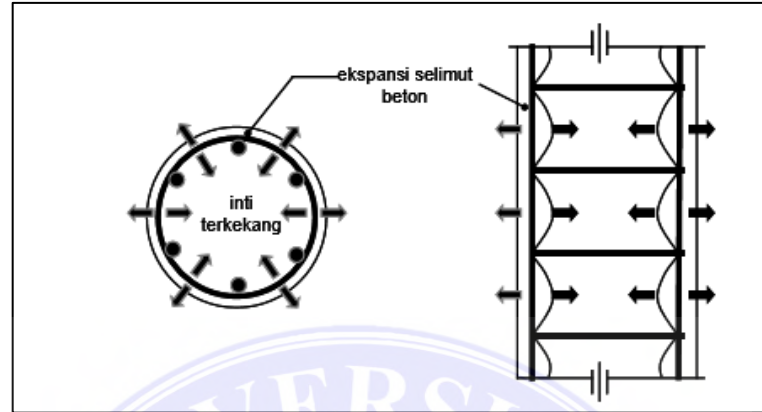
- a. Salah satu varian kolom yang umum dijumpai di lapangan adalah kolom dengan penampang berbentuk persegi yang dilengkapi dengan tulangan longitudinal dan juga tulangan pengikat lateral.
- b. Salah satu variasi kolom yang umum ditemui dalam praktik lapangan adalah kolom yang memiliki bentuk penampang melingkar, dilengkapi dengan tulangan membujur dan bisa dipasangkan dengan tulangan pengikat dalam bentuk spiral atau cincin (hoop).
- c. Kolom komposit dimana profil baja ditanam dalam beton.

2.8.1 Mekanisme Keruntuhan Kolom

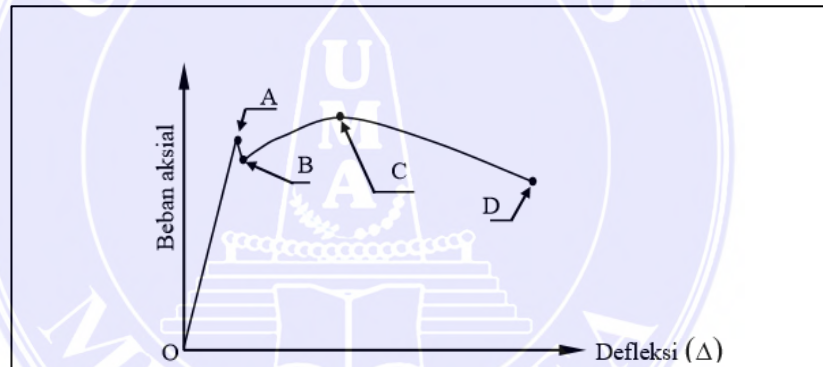
Proses kegagalan pada kolom dapat dipaparkan dengan menggunakan grafik Hubungan Beban Aksial (P) dan Defleksi Aksial (A), seperti yang terlihat pada Ilustrasi 17. Ketika kolom mengalami beban aksial secara berurutan, pertumbuhan lateral akan ditekan oleh tulangan lateral dengan gaya pasif. Sementara itu, selimut beton juga akan mengalami tegangan tarik. Ketika beban aksial terus meningkat, mulai muncul retakan antara selimut dan inti beton, ditunjukkan sebagai titik A dalam Gambar 18. Retakan awal ini menyebabkan lapisan luar mulai kehilangan daya dukungnya, dan beban pada kolom akan merosot hingga mencapai titik B, yaitu ketika lapisan beton luar benar-benar terpisah dari inti beton.

Pada situasi OAB tersebut, tulangan lateral yang sudah terpasang belum beroperasi dengan efisiensi. Akan tetapi, dalam fase BCD, tulangan lateral mulai beroperasi secara efektif dengan menyediakan tekanan lateral, yang pada gilirannya

meningkatkan kekuatan kolom. Peningkatan kekuatan kolom ini sangat bergantung pada sifat-sifat khas dari tulangan lateral yang sudah diterapkan.



Gambar 17. Mekanisme terlepasnya selimut dari inti beton (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)

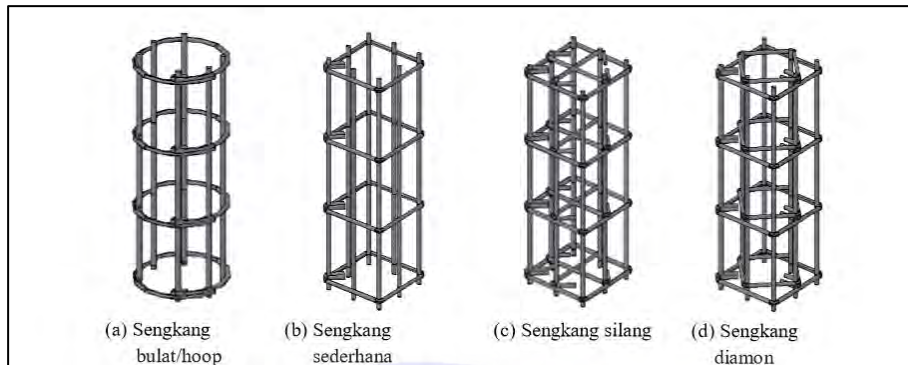


Gambar 18. Kurva beban aksial - defleksi pada pengujian kolom (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)

2.8.2 Kekangan Pada Beton dan Konfigurasi Tulangan

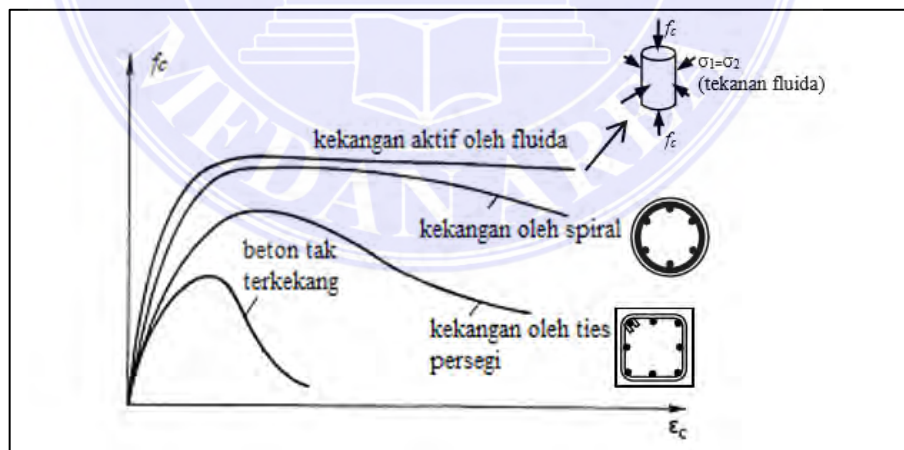
Pemasangan tulangan lateral sebagai elemen pengikat pada inti penampang kolom bertujuan untuk meningkatkan kapasitas menahan tegangan lateral, sehingga secara keseluruhan memperkuat struktur dan memperlambat proses potensi kegagalan pada kolom beton yang terbatas. Tindakan ini menghasilkan ketahanan yang lebih efektif. Ini menjadi sangat penting terutama pada kolom beton kualitas tinggi (>50 MPa) yang memiliki sifat lebih mudah rapuh

daripada beton biasa. Pemasangan tulangan pengekang menjadi suatu keharusan untuk mengendalikan proses keruntuhan kolom agar lebih terkontrol.



Gambar 19. Konfigurasi tulangan penampang bulat dan persegi (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)

Bentuk tulangan lateral sebagai pengekang pada kolom, terutama pada kolom berpenampang persegi, dapat bervariasi dan diatur dalam berbagai konfigurasi. Ilustrasi pada Gambar 19 memperlihatkan variasi pola penempatan tulangan yang dapat diterapkan pada kolom. Tanggapan beton terhadap berbagai metode pengikatan ditunjukkan dalam Gambar 20.



Gambar 20. Respon beton terhadap berbagai sistim pengekang (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)

Penggunaan tulangan pembatas (confinement) pada inti beton bertujuan untuk meningkatkan daya tahan dan kapasitas lentur dari kolom. Dalam eksperimen laboratorium, ketika deformasi beton mencapai titik yang sama dengan deformasi

pada puncak tegangan pada beton tanpa pembatas, selimut kolom mulai mengalami kerusakan dan terpisah dari inti kolom. Setelah peristiwa ini, terungkap bahwa pembatas pada inti beton mulai berperan dengan menghasilkan tegangan lateral pada inti, yang mencegah pergeseran lateral yang berpotensi menyebabkan keruntuhan beton. Kegagalan beton akan terjadi setelah mencapai tegangan leleh pada tulangan pembatas tersebut, dengan syarat bahwa tidak ada kejadian fenomena buckling (melengkung) yang terjadi.

2.8.3 Kekuatan Kolom Pendek Yang Dibebeani Secara Konsentrik

Kekuatan kolom pendek yang diberi beban secara konsentrik dapat dipecah menjadi dua komponen sumbangan, yaitu sumbangan dari beton dan sumbangan dari sambungan baja.

Perhitungan kekuatan aksial beton tanpa baja tulangan adalah:

$$P_{oc} = 0,85f'_c(A_g - A_s) \quad (2.32)$$

Dan kekuatan aksial tulangan baja (P_{os}) adalah:

$$P_{os} = f_y \cdot A_s \quad (2.33)$$

Dimana, A_s = luas total tulangan baja, yaitu $A_s + A_s'$

A_g = luas total penampang kotor

Penggunaan angka 0,85 dalam penghitungan kekuatan kolom didasarkan pada perbandingan antara kekuatan tekan beton pada elemen struktur sebenarnya dan kekuatan tekan beton pada silinder referensi, yang ditunjukkan dengan $f'^{co} = 0,85 f'^c$. Berdasarkan persamaan ini, kekuatan aksial pada kolom terdiri dari akumulasi kekuatan beton dan kekuatan tulangan baja. Konsep ini dapat diuraikan sebagai berikut (sesuai dengan ketentuan SNI 2847 pada pasal 22.4.2.2):

$$P_o = \frac{0,85f'c(Ag - As) + As}{fy} \quad (2.34)$$

Sesuai dengan ketentuan SNI 2847 – 2019 pada pasal 22.4.2.1, kekuatan kolom harus dikurangi dengan cara yang akurat, sehingga persamaan kekuatan kolom dapat dirumuskan seperti berikut:

Untuk kolom dengan tulangan spiral

$$P_n(max) = 0,85\{0,85f'c(Ag - As) + fyAs\} \quad (2.35)$$

- Untuk kolom dengan tulangan pengikat:

$$P_n(max) = 0,85\{0,85f'c(Ag - As) + fyAs\} \quad (2.36)$$

Angka kekuatan yang dicatat di atas harus dikalikan dengan faktor reduksi yang khusus untuk elemen struktur yang mengalami tekanan, yaitu:

$\phi = 0,70$ untuk kolom dengan tulangan spiral

$\phi = 0,65$ untuk kolom dengan tulangan pengikat/senggang

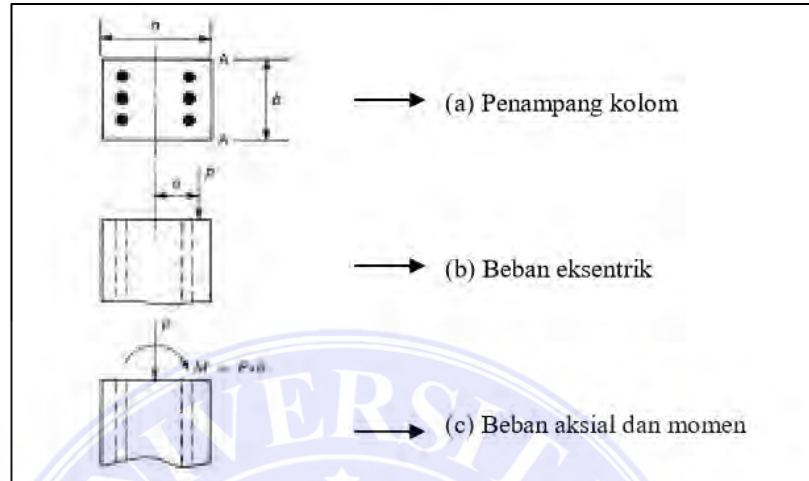
2.8.4 Kekuatan Kolom Yang Dibebeani Secara Eksentrik

Prinsip fundamental dari blok tegangan persegi yang diterapkan dalam analisis balok juga bisa diimplementasikan dalam menganalisis kolom yang mengalami beban eksentrik. Ilustrasi 21 menggambarkan penampang dan pembebanan pada kolom dengan eksentrisitas. Ketika kolom menerima beban aksial yang tidak sejajar dengan pusat berat penampang, akan timbul gaya aksial dan momen lentur. Berdasarkan ilustrasi tersebut, penjelasan tentang perilaku regangan dan blok tegangan pada kolom eksentrik dapat ditemukan dalam gambar 19. Persamaan keseimbangan:

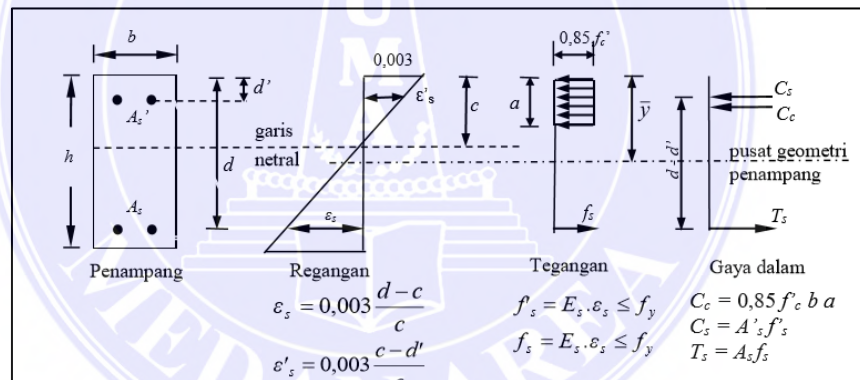
$$P_n = C_c + C_s - T_s \quad (2.37)$$

$$Mn = Pn e =$$

$$Cc \left(\bar{y} - \frac{a}{2} \right) + Cs(\bar{y} - d') + Ts(d - \bar{y}) \quad (2.38)$$



Gambar 21. Penampang dan beban pada kolom eksentrik (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)



Gambar 22. Perilaku regangan dan blok tegangan Kolom eksentrik (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2021)

2.8.5 Faktor Reduksi Kekuatan Kolom

Dalam kasus gabungan momen lentur dan tekanan aksial:

$$\phi = 0,70 \text{ untuk kolom dengan tulangan spiral}$$

$$\phi = 0,65 \text{ untuk kolom dengan tulangan pengikat/senggang}$$

Berdasarkan peraturan yang ada dalam SNI 2847-2019 bagian 21.2, diperbolehkan peningkatan nilai dari 0,7 menjadi 0,9 (untuk tulangan spiral) dan

dari 0,65 menjadi 0,9 (untuk tulangan sengkang pengikat) jika ϕP_n kurang dari 0,1 $A_g \cdot f'_c$. Oleh karena itu, penyesuaian ini berlaku untuk kolom yang menggunakan tulangan ikat:

$$\phi = 0,90 - \frac{0,15 \cdot \phi \cdot P_n}{0,1 \cdot f'_c \cdot A_g} \geq 0,65 \quad (2.39)$$

Untuk kolom yang menggunakan tulangan spiral:

$$\phi = 0,90 - \frac{0,1 \cdot \phi \cdot P_n}{0,1 \cdot f'_c \cdot A_g} \geq 0,70 \quad (2.40)$$

Dimana $P_u = \phi P_n$

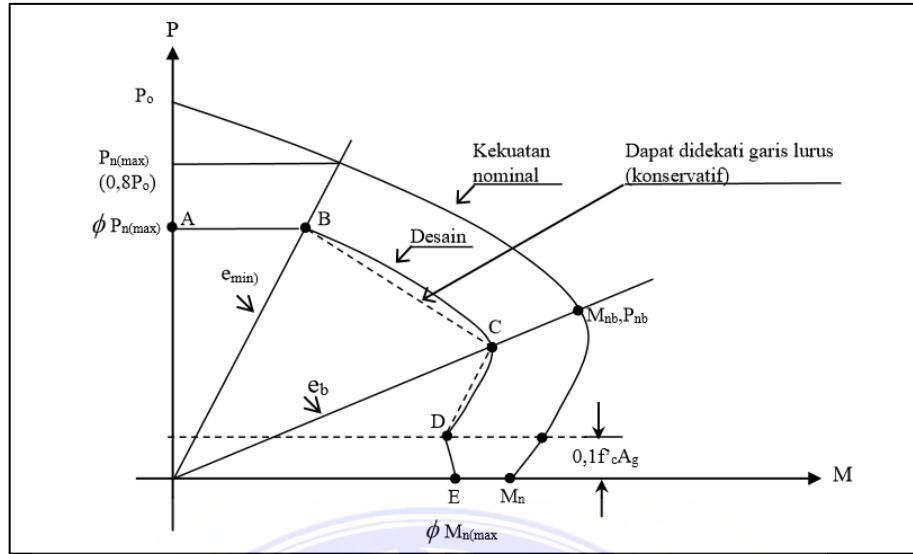
Batasan ini pada dasarnya menyiratkan bahwa faktor pengurangan sebesar 0,65 dan 0,70 hanya berlaku jika keruntuhan pada elemen struktur dipicu oleh kegagalan akibat tekanan (kolom).

Pembatasan yang telah disebutkan di atas dapat langsung diterapkan pada kolom yang memiliki karakteristik:

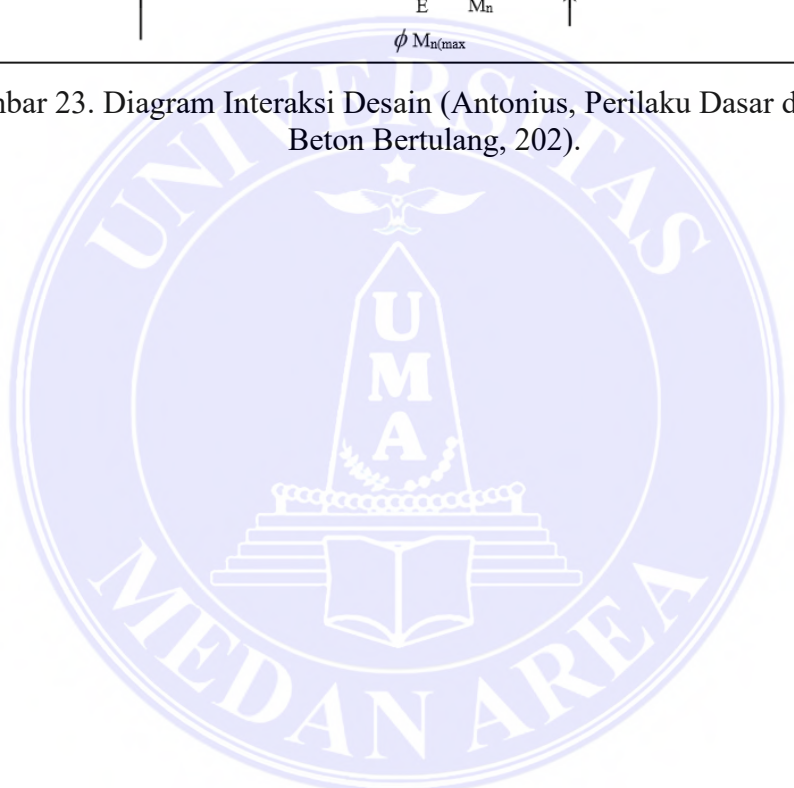
- $f_y \leq 420 \text{ MPa}$
- Tulangan longitudinal bersifat simetris
- $\frac{(h-d'-d)}{h} \geq 0,70$

2.8.6 Diagram Interaksi Desain

Hubungan antara beban aksial dan momen lentur pada penampang kolom yang menggunakan beton bertulang dapat diilustrasikan melalui diagram interaksi P-M. Diagram ini mencerminkan relasi antara beban aksial dan momen lentur pada elemen struktur tekan dalam situasi batas tertentu (silakan merujuk ke Ilustrasi 23).



Gambar 23. Diagram Interaksi Desain (Antonius, Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang, 2002).



BAB III

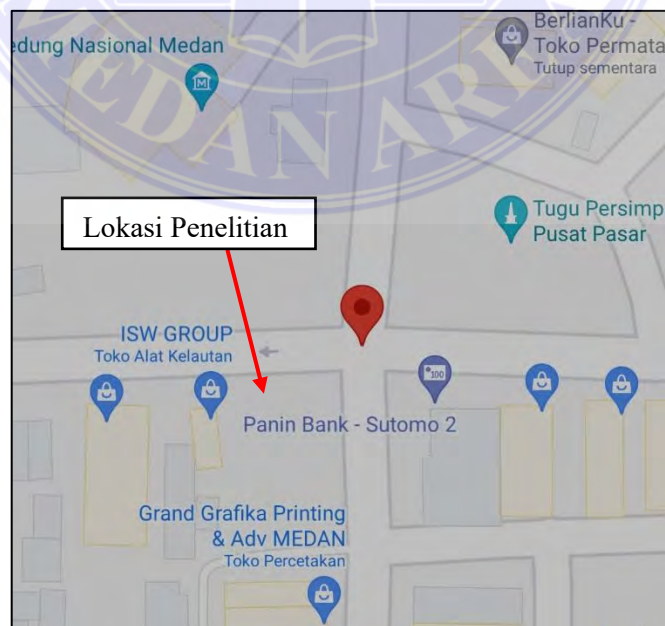
METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area konstruksi Proyek Klinik Building yang berlokasi di Jalan Sutomo Simpang Veteran, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap struktur bangunan Klinik Building dengan merujuk pada regulasi-regulasi yang berlaku di Indonesia. Selain itu, dalam proses perhitungan, penulis juga menggunakan perangkat lunak (software) komputer SAP2000 Versi 14 untuk membantu dalam analisis struktur gedung tersebut.

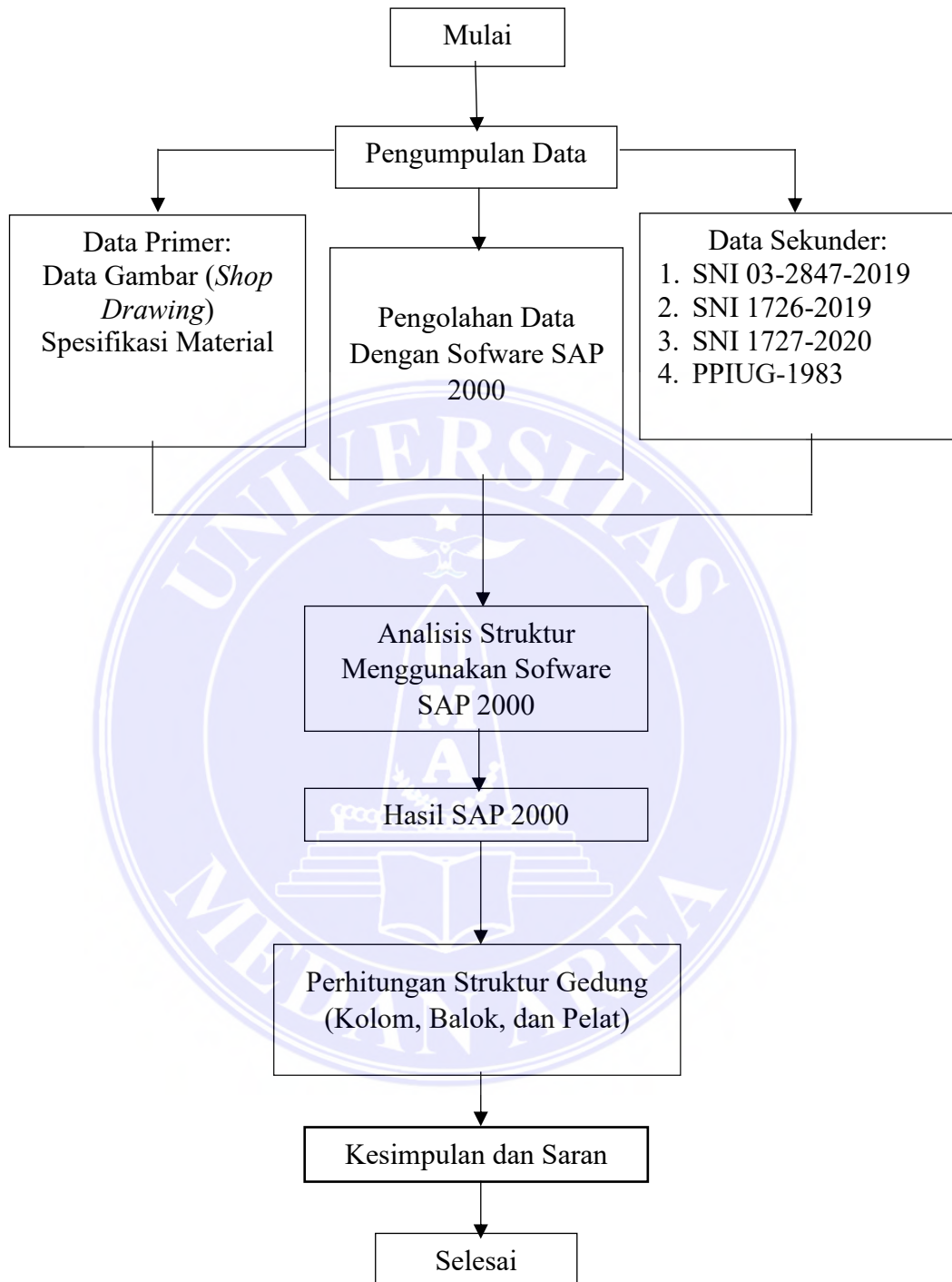
3.2 Lokasi Penelitian

Pembangunan Klinik Building berlokasi di Jalan Sutomo Simpang Veteran, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.



Gambar 24. Lokasi Penelitian (Google Maps)

3.3 Kerangka Berpikir



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur yang dilakukan dengan menggunakan software SAP 2000 sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 2847 - 2019, yang kemudian dijadikan sebagai acuan, gaya dalam pada setiap elemen struktur dalam perhitungan manual berdasarkan aturan Standar Nasional Indonesia 2847 - 2019 menghasilkan nilai yang secara keseluruhan tidak signifikan berbeda dengan data yang diperoleh dari pengamatan lapangan. Dimana elemen struktur balok yang ditinjau yaitu Balok B2 dan Pelat Lantai 1 memiliki hasil yang sama dengan data lapangan, Berbeda dengan hasil perhitungan struktur Kolom yang ditinjau yaitu Kolom K4 memiliki sedikit perbedaan dengan data di lapangan.

4.2 Saran

1. Sebelum memulai tahap pemodelan struktur menggunakan software SAP 2000, disarankan untuk mempelajari program komputer tersebut terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar pada saat memulai tahapan pemodelan, tidak terjadi kesalahan atau kebingungan mengenai langkah-langkah yang harus diikuti atau diselesaikan.
2. Dalam menganalisis struktur menggunakan program software, struktur gambar dari bangunan harus dipahami terlebih dahulu supaya menghindari kesalahan ketika penggambaran struktur bangunan pada software.
3. Elemen dari setiap struktur yang akan ditinjau yaitu: Balok, Kolom, dan Pelat harus benar – benar dipahami pada saat pengalokasian ke software.

4. Beban-beban yang diterapkan pada setiap komponen struktur seperti balok, kolom, dan pelat harus sesuai dengan perencanaan gedung yang akurat, karena hal ini akan memiliki dampak signifikan pada hasil gaya dalam yang dihasilkan dari analisis menggunakan perangkat lunak SAP 2000.
5. Hasil gaya dalam yang diperoleh dari analisis menggunakan Program SAP 2000 akan menjadi faktor penting dalam melakukan perhitungan struktur elemen balok, kolom, dan pelat sesuai dengan metode yang dijelaskan dalam SNI 2847 - 2019. Oleh karena itu, seleksi gaya dalam pada setiap komponen struktur perlu mendapat perhatian yang serius.



DAFTAR PUSTAKA

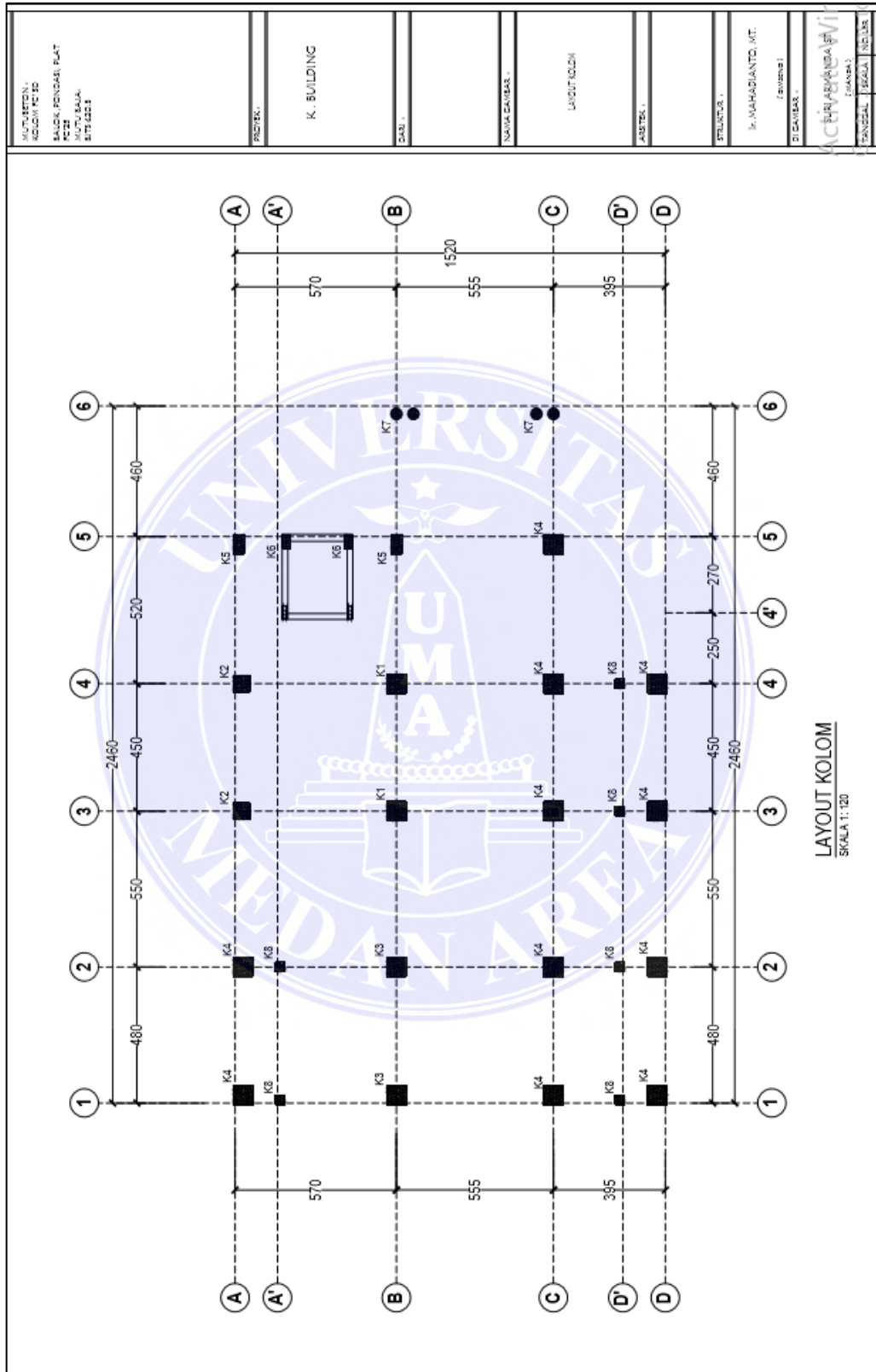
- Antonius. (2021). Perilaku Dasar Dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019. In Unissula Press.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983 PERATURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG (PPUIG 1983). LPMB, Bandung
- Leonard Ella, M. (2016). Perhitungan Struktur Bangunan Pasar Tua Tombatu Minahasa Tenggara. Repository Politeknik Negeri Manado.
- Marisa Lestari. (2020). Kajian Struktur Atas Hotel Yellow. Universitas Batanghari: Batanghari.
- PPIUG. (1983). Peraturan-Pembebanan-Indonesia-1983 (pp. 3–32).
- Reza Agung Susanto, A. I. K. (2013). Jurnal konstruksi. VII(4), 257–264.
- Setiawan Agus. (2016). Perencana Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI;2013. Jakarta: Erlangga.
- SNI 03 - 2847 - 2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version) Bandung,.
- SNI 1726 – 2013. (2013). Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur lain. Jakarta.
- SNI 03 – 2847 – 2019 (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya. Badan Standar Nasional: Jakarta.
- SNI 1726 – 2019. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standar Nasional: Jakarta.
- SNI 1727 – 2020. (2020). Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain. Badan Standar Nasional: Jakarta.
- SNI 2052.(2017).Baja Tulangan. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.

Tampubolon Sudarno. (2022). Struktur Beton I. Jakarta: UKI Press.

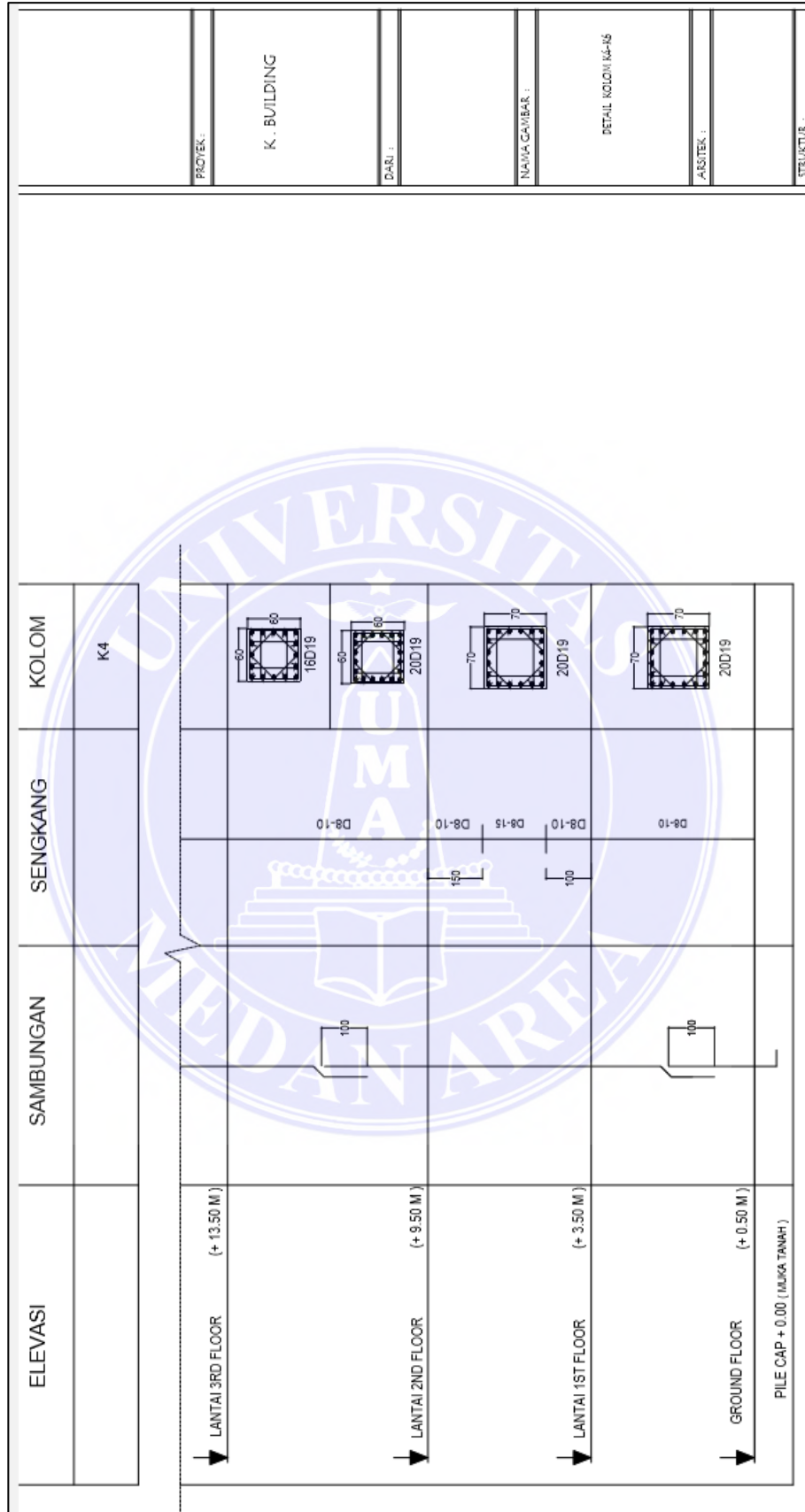
Yhuda Lesmana. (2020). Handbook Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847
- 2019. jakarta : Erlangga.



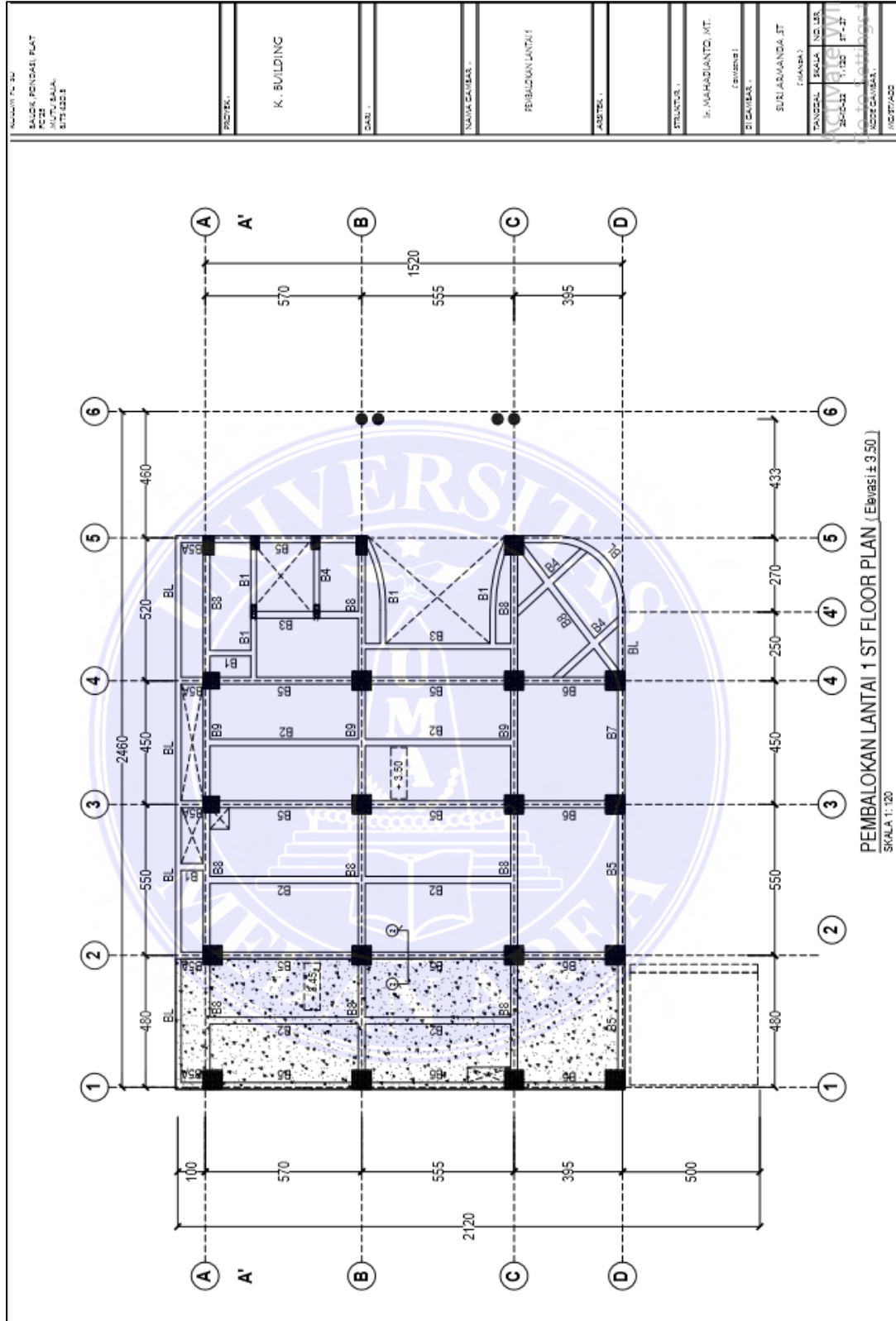
LAMPIRAN



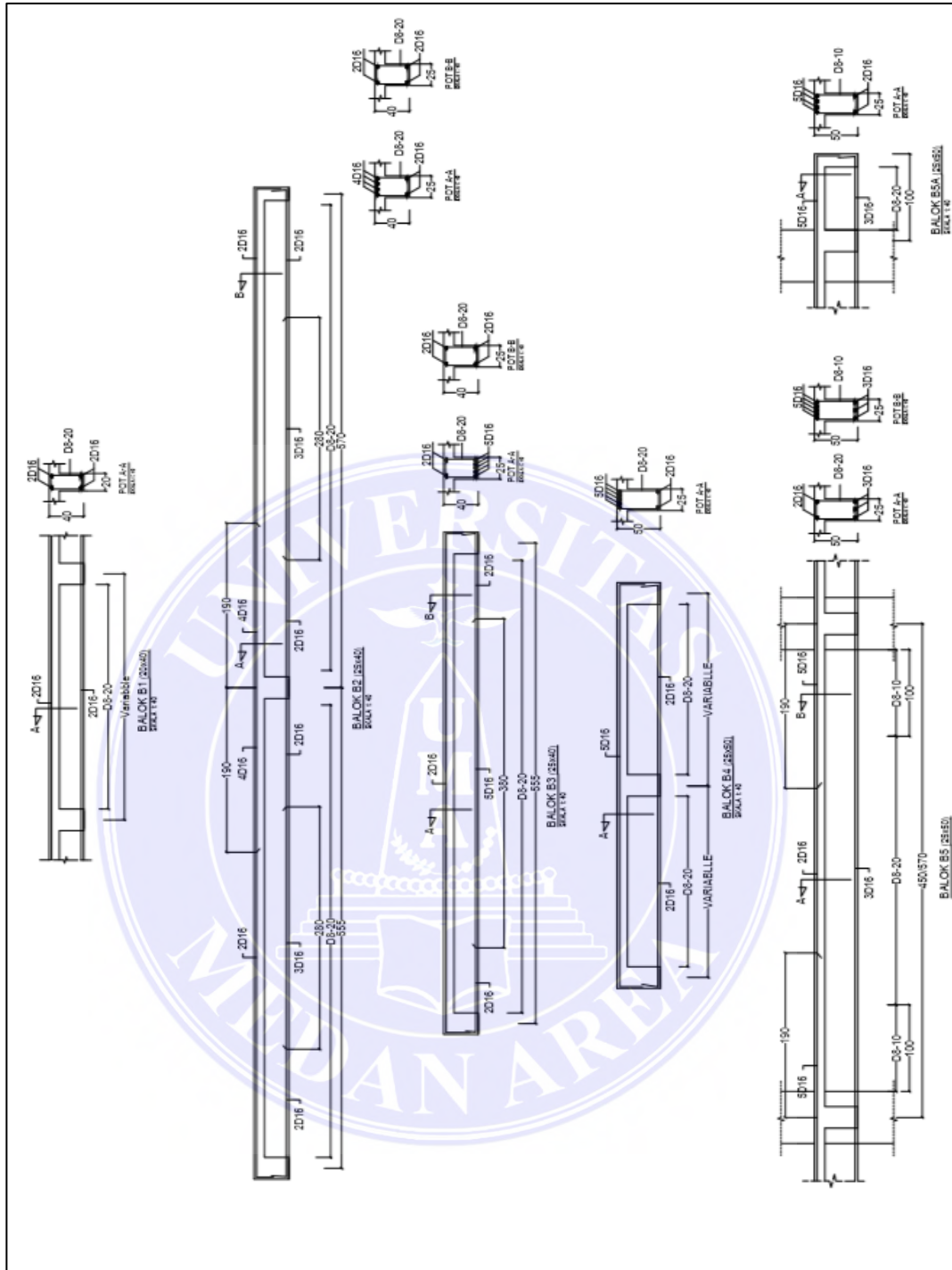
Lampiran 1 : Layout Kolom



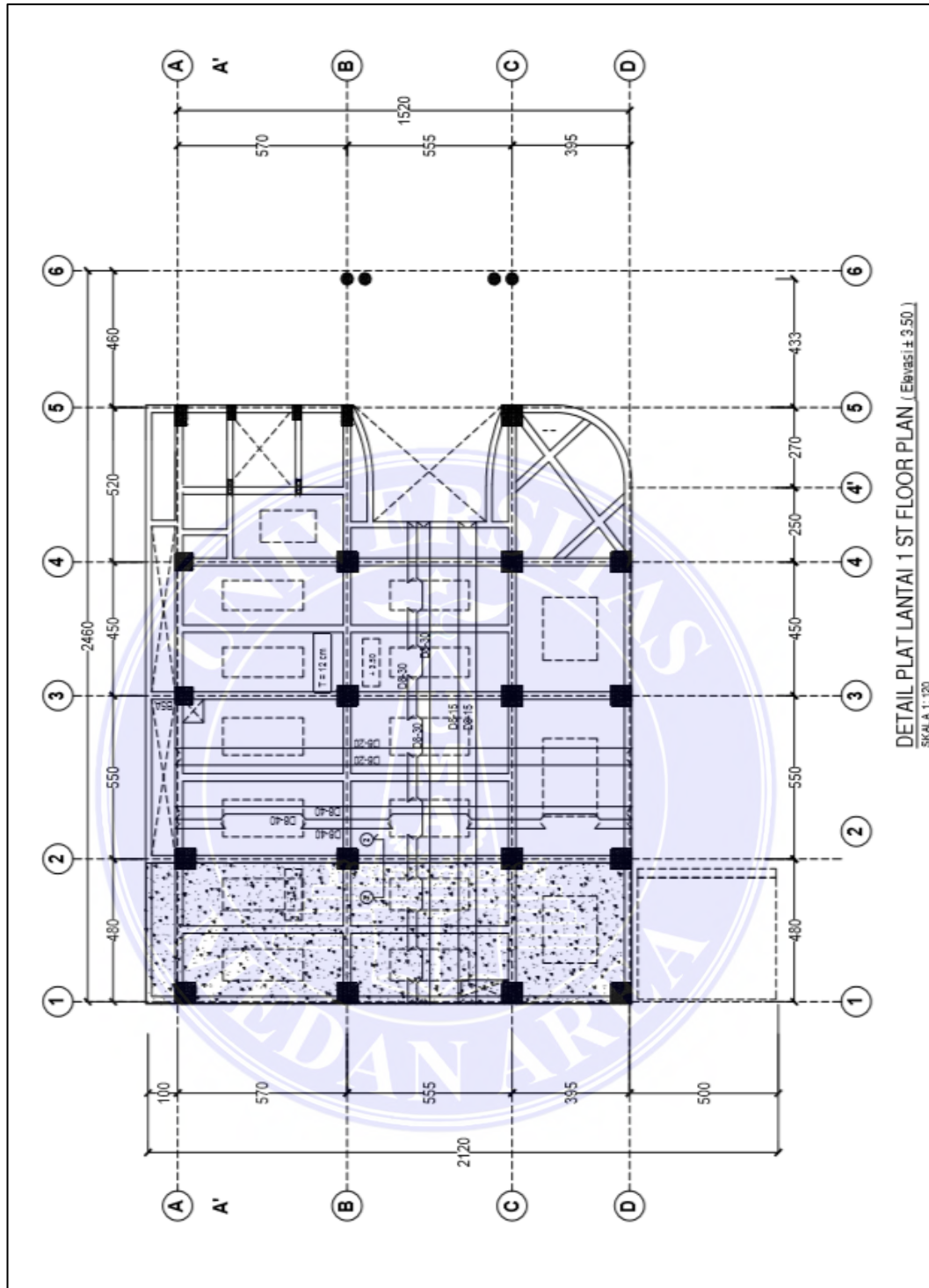
Lampiran 2 : Detail Kolom K4



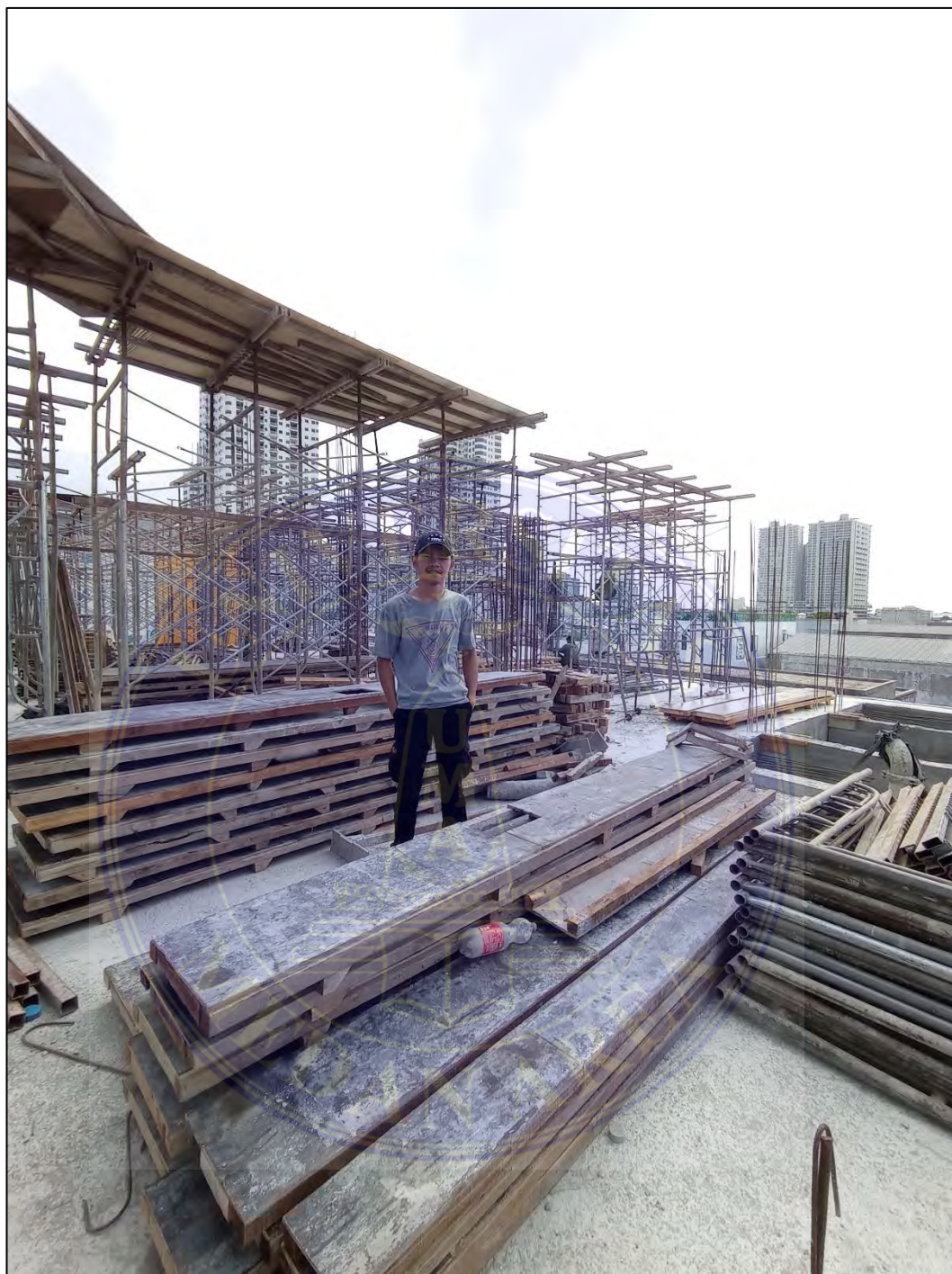
Lampiran 3 : Pembalokan Lantai 1



Lampiran 4 : Detail Balok B1 - B5



Lampiran 5 : Pembalokan Lantai 1



Lampiran 6 : Dokumentasi Lapangan