

**ANALISA PERHITUNGAN BANGUNAN DENGAN METODE ETABS
VERSI 9.7.2 (STUDI KASUS)**

SKRIPSI

*Di ajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat Menempuh
Ujian Sarjana Teknik Sipil*

RUDI ALFIANTO

13 811 0001



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2017**

LEMBARAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumber nya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

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

Medan, 12 Oktober 2017



Rudi Alfianto
13 811 0001

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERHITUNGAN BANGUNAN DENGAN METODE
ETABS VERSI 9.7.2 (STUDI KASUS)**

SKRIPSI

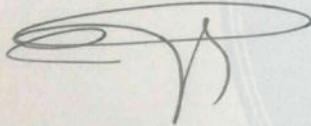
Disusun oleh :

RUDI ALFIANTO

13 811 0001

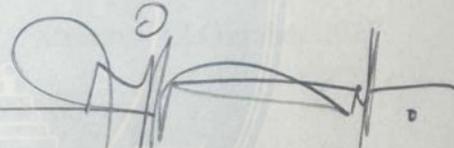
Disetujui :

Dosen Pembimbing I,



Ir H Irwan, MT

Dosen Pembimbing II,



Ir. Melloukey Ardan, MT

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik,



Prof. Dr. Dadan Ramdan, M, Eng, M.S.c.

Ketua Program Studi Teknik Sipil,



Ir. Kamaluddin Lubis, MT

ABSTRAK

Perancangan struktur merupakan unsur yang penting pada pembangunan suatu gedung agar dapat menghasilkan gedung yang kuat, aman, nyaman namun tetap ekonomis, Perencanaan struktur gedung bertingkat mengandung pengertian perencanaan elemen- elemen struktur gedung seperti pelat lantai, tangga, portal balok, kolom dan pondasi untuk menahan seluruh beban-beban yang bekerja. Kemajuan teknologi dibidang ilmu struktur dan konstruksi membuat berbagai bentuk desain bangunan semakin beragam. Beragamnya desain yang ada juga semakin membuat perhitungan dari desain tersebut semakin rumit dan semakin lama untuk di kerjakan. Dengan latar belakang itulah, perencanaan ini mempunyai maksud untuk menggunakan Etabs sebagai program untuk menganalisa struktur bangunan kantor yang berada di pangkalan bun kalimantan tengah, tujuan digunakan program tersebut untuk memperoleh perencanaan yang lebih ekonomis, cepat dan tepat perencanaanya. Metodologi penelitian ini dimulai dari studi literatur dan mencari data struktur, perhitungan dan pembebanan sesuai SNI 1726-2002 dan analisa struktur sesuai dengan model struktur dengan software etabs, hasil dari program tersebut akan ditinjau sesuai SNI 2847-2002 dengan menghasilkan jumlah tulangan pada kolom balok pelat lantai yang dibutuhkan pada gedung tersebut. Setelah dianalisa hasil dari etabs diatas dan di bandingkan dengan konsultan perencana untuk ukuran penampang kolom, sloff, balok, dan pelat lantai tetap sama dan ukuranya tidak bisa di minimkan lagi karna ukuran penampang sudah ekonomis, hanya saya saja untuk tulangan berbeda sebesar 16.66 persen.

Kata kunci : Perencanaan Struktur, Teknologi ilmu struktur, Etabs.

ABSTRAK

The design of the structure is an important element in the construction of a building in order to produce a strong, safe, comfortable yet economical building. Planning of multi-storey building structures contains the definition of planning elements of building structures such as floor plates, stairs, beam portals, columns and foundations to withstand All loads that work. Technological advancements in the field of structural science and construction make the various forms of building design more diverse. The diversity of existing designs also makes the calculation of the design more complicated and longer to do. With that background, this planning has the intention to use Etabs as a program to analyze the structure of office buildings located in bangk kalimantan central, the purpose of the program is used to obtain a more economical planning, fast and proper planning. The methodology of this research starts from the literature study and searches the data structure, calculation and loading according to SNI 1726-2002 and structural analysis in accordance with the model structure with software etabs, the results of the program will be reviewed in accordance with SNI 2847-2002 by producing the number of reinforcement on the column plate The floor needed on the building. After analyzing the results of the above etabs and in comparison with the planner consultant for column sectional sections, the sloff, beams and floor plates remain the same and the size can not be minimized anymore because the sectional dimension is already economical, only I for the different reinforcement of 16.66 percent.

Keywords: Structure Planning, Technology structure science, Etabs.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang diberi judul **“Analisa Perhitungan Bangunan Dengan Metode Etabs Versi 9.7.2 (Studi Kasus)”** skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata I (S1) di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan dan bantuan dari semua pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuan, motivasi dan doa yang diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area, terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.A.Ya'kub Matondang MA, Sebagai Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M,Eng, M.S.c. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis,MT, Sebagai Kaprodi Teknik Sipil.
4. Bapak Ir. H Irwan, MT, Sebagai Dosen Pembimbing I
5. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT, Sebagai Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

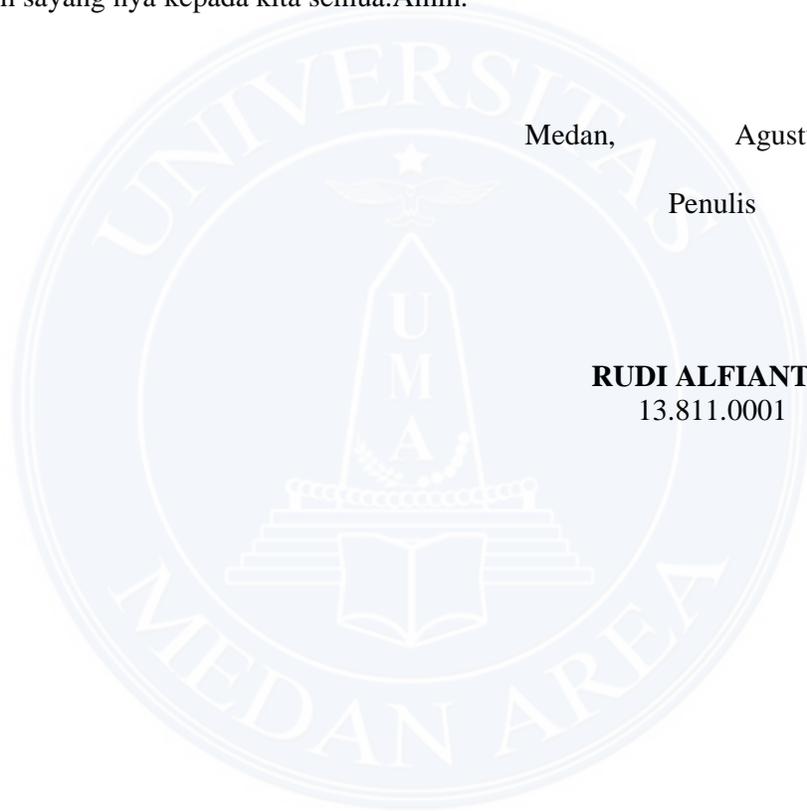
7. Ucapan terima kasih penulis yang sebesar-besarnya kepada semua keluarga yang telah banyak memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk penulis.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melindungi dan memberikan rahmat kasih sayangnya kepada kita semua. Amin.

Medan, Agustus 2017

Penulis

RUDI ALFIANTO
13.811.0001



Tugas akhir ini saya persembahkan kepada

Ayah dan Ibu

Sebagai Hormat dan Terima kasih

Atas Segala Kasih Sayang dan Doa

Sehingga Aku Dapat Tumbuh Dan Berkembang Seperti Ini



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud & Tujuan.....	2
1.3 Permasalahan.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Struktur Bangunan Bertingkat dengan Metoda Takabeya ...	4
2.2 Portal Dengan Titik Hubung Yang Tetap	8
2.3 Beton.....	13
2.3.1 Balok	13
2.3.2 Kolom.....	18
2.3.3 Pelat Lantai	20
2.3.4 Helipad	22
2.3.4.1 Rambu dan Marka Helipad.....	23
2.3.4.2 Beban Rencana.....	23
2.4 Pembebanan Struktur	24

2.4.1 Beban Mati.....	25
2.4.2 Beban Hidup	25
2.4.3 Beban Angin	27
2.4.4 Beban Helipad Pada Atap Bangunan	28
2.4.5 Beban Gempa.....	28
2.4.5.1 Wilayah Gempa Indonesia	28
2.5 Etabs.....	30
2.5.1 Sejarah Program Etabs	30
2.5.2 Peraturan SNI Tentang Etabs.....	31
BAB III STUDI KASUS	32
3.1 Gambaran umum	32
3.2 Metode Penelitian.....	32
BAB IV ANALISIS STRUKTUR.....	39
4.1 Pemodelan Sistem Struktur.....	39
4.1.1 Membuka Program <i>ETABS Nonlinier Versi 9.7.2</i>	39
4.1.2 Menentukan Geometri Struktur	41
4.1.3 Menentukan Material	43
4.1.4 Menentukan Dimensi Balok dan Kolom	45
4.1.5 Menentukan dimensi Pelat.....	49
4.1.6 Menentukan <i>Response Spectrum Function</i>	51
4.1.7 Menentukan Beban yang Bekerja	52
4.1.8 Menentukan <i>Spectrum Gempa (Response Spectrum Case)</i>	54

4.1.9 Menentukan Kombinasi Pembebanan.....	56
4.1.10 Menggambar Kolom.....	59
4.1.11 Menggambar Balok Induk dan Balok Anak	60
4.1.12 Menggambar Pelat.....	61
4.1.13 Memasukkan Tumpuan Pada Pondasi Dan Basement	63
4.1.14 Memasukkan Beban Pelat.....	63
4.1.15 Memasukkan Beban Dinding.....	66
4.1.16 Analisis Struktur	68
4.1.17 Menampilkan beban yang bekerja	70
4.1.18 Menampilkan Concrete Frame Design	73
4.1.19 Tampilan ETABS.....	74
4.1.20 Tampilan Output ETABS	76
4.2 Gambar Diagram Portal Momen Bangunan	77
4.3 Perhitungan Penulangan Balok Diambil Dari Balok Momen	
Terbesar	87
4.3.1 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Balok TB1.....	87
4.3.2 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Balok B1	90
4.3.3 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Balok B2.....	93

4.3.4 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Balok B3	96
4.4 Perhitungan Tulangan Kolom Diambil Dari As perlu Terbesar	99
4.4.1 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Kolom 500x500	99
4.4.2 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Kolom 250x400	102
4.5 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai Dan Atap Diambil Dari	
Momen Terbesar.....	105
4.5.1 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Pelat Lantai	105
4.5.2 Gaya-gaya Dalam Yang Bekerja Pada Pelat Atap.....	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA.....	112
LAMPIRAN.....	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.4	Tabel Tinggi Minimum Balok	14
Tabel 2.4.1.	Beban Hidup	25
Tabel 2.4.2.	Beban Helipad	28
Tabel 3.1	Data sekunder	32



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerangka Berpikir	3
Gambar 2.1	Besar Momen Akhir	6
Gambar 2.2	Keadaan Momen Akhir.....	6
Gambar 2.3	Diagram Tegangan Balok Beton	14
Gambar 2.4	Tabel Tinggi Minimum Balok	14
Gambar 2.5	Tulangan Balok 2 Baris	16
Gambar 2.6	Marka Helipad.....	23
Gambar 2.7	Wilayah Gempa Indonesia.....	29
Gambar 2.8	Response Spektrum Gempa Rencana.....	29
Gambar 3.1	Denah Lantai Dasar Gedung Studi Kasus.....	36
Gambar 3.2	Tampak A Gedung Studi Kasus.....	36
Gambar 3.3	Tampak B Gedung Studi Kasus.....	37
Gambar 3.4	Tampak C Gedung Studi Kasus.....	37
Gambar 3.5	Potongan A-A Gedung Studi Kasus	38
Gambar 3.6	Potongan B-B Gedung Studi Kasus	38
Gambar 4.1	<i>Tip of The day</i>	40
Gambar 4.2	<i>Menu File</i>	40
Gambar 4.3	<i>New Model Initialization</i>	40
Gambar 4.4	<i>Building Plan Grid System and Story Data Definition ...</i>	41
Gambar 4.5	<i>Define Grid Data</i>	42
Gambar 4.6	<i>Model Struktur</i>	42
Gambar 4.7	<i>Material Properties</i>	43
Gambar 4.8	<i>Define Material</i>	44
Gambar 4.9	<i>Material Property Data</i>	44
Gambar 4.10	<i>Material Property Data untuk baja</i>	45
Gambar 4.11	<i>Menu Define Frame Properties</i>	45
Gambar 4.12	<i>Define Frame Properties</i>	46
Gambar 4.13	<i>Rectangular Section</i>	46
Gambar 4.14	<i>Reinforcement Data</i>	47
Gambar 4.15	<i>Rectangular Sections</i>	47

Gambar 4.16	<i>Reinforcement Data</i>	48
Gambar 4.17	Menu <i>Wall/Slab/Deck Section</i>	49
Gambar 4.18	<i>Define Slab/Deck section</i>	50
Gambar 4.19	<i>Wall/Slab Section</i>	50
Gambar 4.20	<i>Response Spectrum Function</i>	51
Gambar 4.21	<i>Define Response Spectrum function</i>	52
Gambar 4.22	<i>Response Spectrum function Definition</i>	52
Gambar 4.23	Menu <i>Define Stastic Load Case</i>	53
Gambar 4.24	<i>Define Static Load Case Names</i>	53
Gambar 4.25	Menu <i>User Definied Seismic Loading</i> (untuk arah X) ...	54
Gambar 4.26	Menu <i>User Definied Seismic Loading</i> (untuk arah y)	54
Gambar 4.27	Menu <i>Response Spectrum Case</i>	55
Gambar 4.28	<i>Define Respone Spectra</i>	55
Gambar 4.29	(a) dan (b) “ <i>Input Data Response Spectrum Case Data</i>	56
Gambar 4.30	Menu <i>Define Load Combination</i>	57
Gambar 4.31	<i>Define Load Combination</i>	57
Gambar 4.32	<i>Load Combination Data (Desain 1)</i>	58
Gambar 4.33	Menu <i>Draw Line Object (plane)</i>	59
Gambar 4.34	Tampilan setelah semua kolom sudah di gambar.....	60
Gambar 4.35	Menu <i>Draw Lines</i>	60
Gambar 4.35b	Tampilan ETABS setelah semua balok digambar.....	61
Gambar 4.36	Menu <i>Draw Area at Click</i>	62
Gambar 4.37	Tampilan ETABS setelah semua plat digambar	62
Gambar 4.38	Menu <i>Assign Joint/Point, Restraints</i>	63
Gambar 4.39	<i>Assign Restraints</i>	64
Gambar 4.40	Tampilan ETABS setelah semua <i>Restraints</i> tergambar...	64
Gambar 4.41	Menu <i>Assign Shell / Area Loads</i>	65
Gambar 4.42	Input beban terbagi merata untuk beban mati dan hidup....	66
Gambar 4.43	Menu <i>Frame Line/Loads – Distributed</i>	67
Gambar 4.44	Menu <i>Frame Distributed Loads</i>	67
Gambar 4.45	Menu <i>Set Analysis Option</i>	68
Gambar 4.46	<i>Analysis Options</i>	69

Gambar 4.47	Menu <i>Run Analysis</i>	69
Gambar 4.48	Gambar Setelah di klik <i>Run</i>	70
Gambar 4.49	Menu <i>Show Loads Frame/Line</i>	71
Gambar 4.50	<i>Show Frame/Line Loads</i>	71
Gambar 4.51	Menu <i>Display Show Loads Shell/Area</i>	72
Gambar 4.52	<i>Show Shell/Area Loads</i>	72
Gambar 4.53	Menu <i>Start Design/Check of Struktire</i>	73
Gambar 4.54	<i>Longitudinal Reinforcing</i>	74
Gambar 4.55	Menu <i>Set Building View Options</i>	75
Gambar 4.56	<i>Set Building View Options</i>	75
Gambar 4.57	<i>3-d View Deformed Shape (Beban Hidup)</i>	76
Gambar 4.58	<i>3-d View Deformed Shape (Beban Mati)</i>	76
Gambar 4.59	Portal A	80
Gambar 4.60	Portal B	80
Gambar 4.61	Portal C	81
Gambar 4.62	Portal D	81
Gambar 4.63	Portal E	82
Gambar 4.64	Portal F	82
Gambar 4.65	Portal G	83
Gambar 4.66	Portal H	83
Gambar 4.67	Portal I	84
Gambar 4.68	Portal J	84
Gambar 4.69	Portal K	85
Gambar 4.70	Portal 1	85
Gambar 4.71	Portal 2	86
Gambar 4.72	Portal 3	86
Gambar 4.73	Portal 4	87
Gambar 4.74	Portal 5	87
Gambar 4.75	Portal 6	88
Gambar 4.76	Portal 7	88
Gambar 4.77	Portal 8	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perancangan struktur merupakan unsur yang penting pada pembangunan suatu gedung agar dapat menghasilkan gedung yang kuat, aman, nyaman namun tetap ekonomis.

Dalam perancangan struktur suatu gedung bertingkat tinggi, Keamanan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan. Gaya lateral maupun aksial harus diperhitungkan agar struktur memiliki ketahanan terhadap gaya-gaya tersebut. Dalam perencanaan suatu gedung, analisis terhadap gaya-gaya dalam struktur diperlukan untuk memperkirakan reaksi yang akan ditimbulkan apabila suatu struktur bangunan dikenai gaya tersebut.

Secara keseluruhan struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur bagian atas yang berupa lantai, balok, kolom dan atap sedangkan struktur bagian bawah berupa fondasi. Struktur atas berfungsi sebagai pendukung gaya-gaya yang bekerja pada suatu gedung, sedangkan struktur bawah berfungsi menahan serta menyalurkan gaya-gaya tersebut ke tanah.

Pada penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan program ETABS V 9.7.2 untuk membantu dalam menghitung gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur Bangunan Kantor Proyek Surya Borneo Industri di Pangkalan Bun-Kalimantan Tengah.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah melakukan analisa perencanaan struktur bangunan dan struktur helipad pada atap bangunan dengan metode Etabs V 9.7.2

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh perencanaan yang lebih ekonomis,cepat dan tepat dan membandingkan dengan perencanaan konsultan perencana.

1.3 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, Penulis memilih Etabs untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi karna.

1. Agar dalam perencanaan bangunan tersebut lebih Ekonomis,Cepat dan benar Perencanaanya
2. Lebih cepat dalam melakukan *running analysis* untuk Bangunan Tinggi sekalipun.

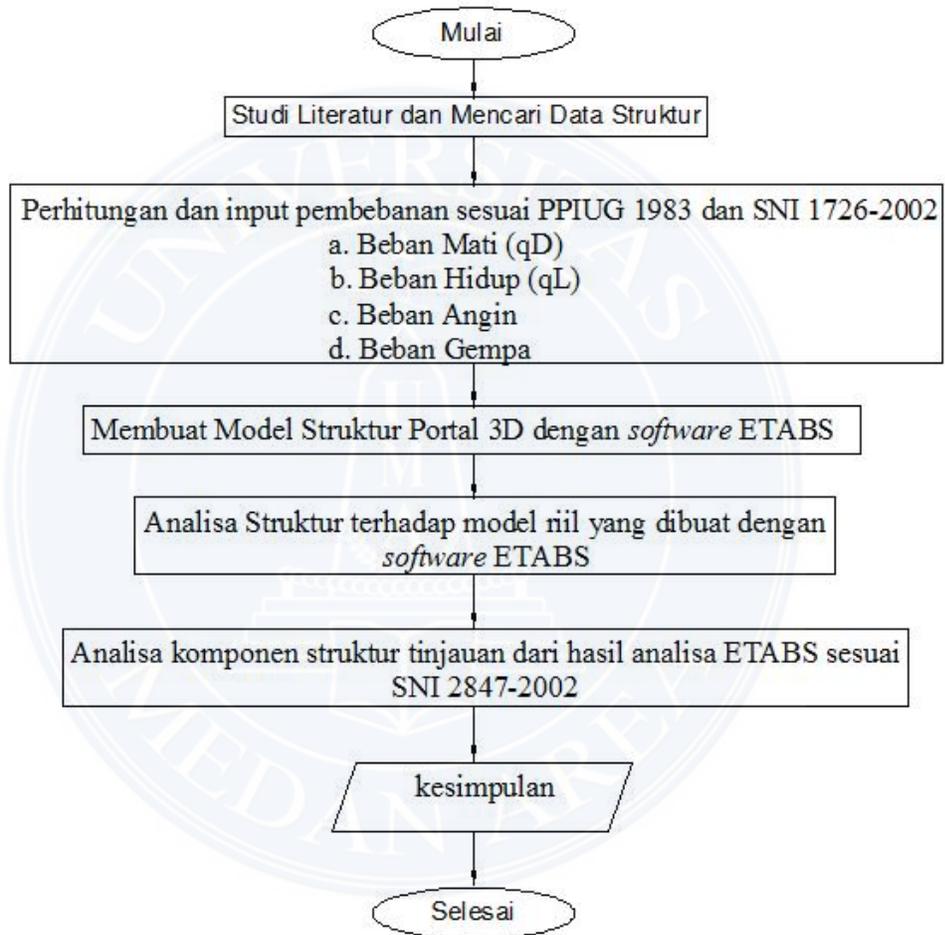
1.4 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini dapat terarah dan terencana, maka penulis membuat suatu batasan masalah di bawah ini.

1. Bangunan yang akan dianalisa adalah Gedung kantor 4 lantai Pada Proyek Surya Borneo Industri di kota Pangkalan bun-Kalimantan Tengah.
2. Akan dianalisa dengan metode Etabs V 9.7.2
3. perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung menggunakan SNI -1726-2002
4. Perancangan elemen struktur menggunakan SNI-03-2847-2002.
5. Perencanaan beban hidup pada lantai bangunan.
6. Perencanaan beban berat sendiri pada lantai dan atap bangunan.

7. perencanaan beban mati pada atap bangunan
8. Perencanaan bangunan dengan kontruksi helipad pada atap bangunan
9. Perancangan tulangan balok dan kolom dengan hasil output dari Etabs V 9.7.2
10. Perancangan tulangan lantai dan atap dengan hasil output dari Etabs V 9.7.2

1.5 Kerangka Berpikir



Gambar 1.1. Kerangka Berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Bangunan Bertingkat dengan Metoda Takabeya

Salah satu metoda yang sering digunakan dalam perhitungan konstruksi statis tak tentu, khususnya pada konstruksi portal yang cukup dikenal adalah perhitungan konstruksi dengan metoda TAKABEYA. Dibandingkan dengan metoda yang lain, seperti metoda Cross dan metoda Kani, untuk penggunaan metoda ini terutama pada struktur portal bertingkat banyak merupakan perhitungan yang paling sederhana dan lebih cepat serta lebih mudah untuk dipelajari dan dimengerti dalam waktu yang relatif singkat.

Metoda perhitungan dengan cara Takabeya yang disajikan dalam bagian ini adalah menyangkut materi perhitungan untuk portal dengan titik hubung yang tetap dan portal dengan titik hubung yang bergerak (pergoyangan). Mengenai hal tersebut, teks ini hanya memberikan dasar-dasar pemahaman tentang metoda Takabeya yang berhubungan dengan portal-portal yang sederhana dengan atau tanpa mengalami suatu pergoyangan. Diharapkan dari dasar-dasar ini, kita sudah dapat menghitung besarnya gaya-gaya dalam berupa momen-momen ujung (momen akhir) dari suatu batang yang menyusun konstruksi portal yang bentuknya sederhana.

Persamaan - persamaan yang digunakan dalam metoda perhitungan ini hanya merupakan persamaan dasar dari Takabeya sendiri, dimana persamaan-persamaan tersebut hanya dapat digunakan khusus untuk portal yang sederhana dan hal-hal yang berhubungan dengan pergoyangan dalam satu arah saja yaitu

pergoyangan dalam arah horizontal. Mengenai pergoyangan dalam dua arah (horizontal dan vertikal) persamaan-persamaan dasar yang digunakan dalam teks ini masih perlu diturunkan lebih lanjut.

Untuk menganalisa struktur portal yang sederhana, bab ini memberikan contoh-contoh perhitungan yang sudah disesuaikan dengan langkah-langkah perhitungan yang sesuai dengan prosedur perhitungan dalam metoda Takabeya. Perhitungan-perhitungan yang dimaksudkan di sini adalah hanya sampai pada bagaimana menentukan momen-momen ujung (momen akhir) dari suatu konstruksi. Mengenai reaksi perletakan tumpuan dan atau gaya-gaya lintang dan normal yang terjadi dalam suatu penampang batang serta penggambaran diagram dari gaya-gaya dalam tersebut, sudah dibahas dalam materi perkuliahan pada Mekanika Rekayasa I dan Mekanika Rekayasa II semester sebelumnya.

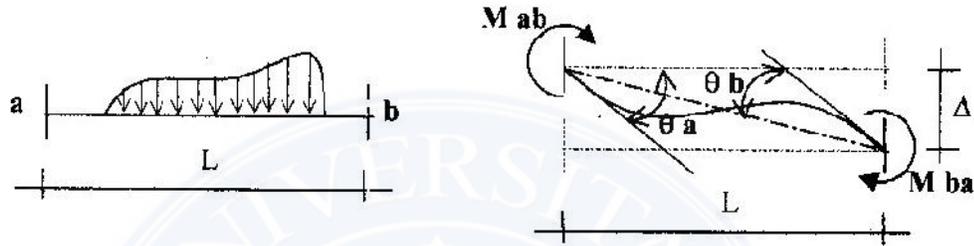
PERSAMAAN DASAR METODA TAKABEYA

Dalam perhitungan konstruksi portal dengan metoda Takabeya, didasarkan pada asumsi-asumsi Bahwa :

- a. Deformasi akibat gaya aksial (Tarik dan Tekan) dan gaya geser dalam diabaikan ($= 0$).
- b. Hubungan antara balok-balok dan kolom pada satu titik kumpul adalah kaku sempurna.

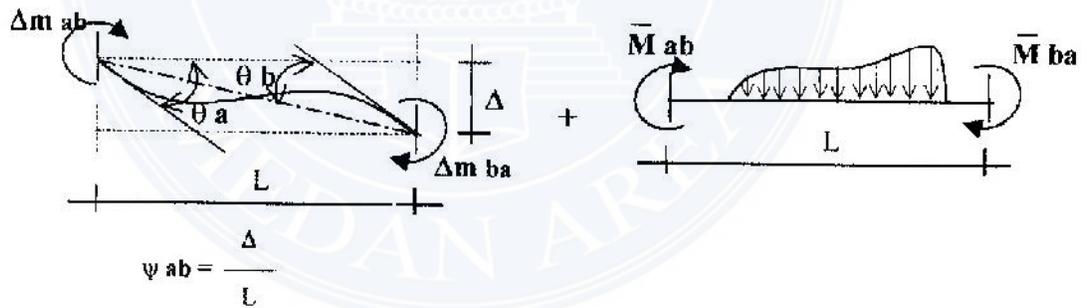
Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut, maka pada titik kumpul akan terjadi perputaran dan pergeseran sudut pada masing-masing batang yang bertemu yang besarnya sebanding dengan momen-momen lentur dari masing-masing ujung

batang tersebut. Gambar 4.1 berikut ini, memperlihatkan dimana ujung batang (titik b) pada batang ab bergeser sejauh ' Δ ' relatif terhadap titik a. Besarnya momen-momen akhir pada kedua ujung batang (M_{ab} dan M_{ba}) dapat dinyatakan sebagai fungsi dari perputaran dan pergeseran sudut.



Gambar 2.1 Besar Momen Akhir

Kemudian keadaan pada gambar 2.1 tersebut, selanjutnya diuraikan menjadi dua keadaan seperti terlihat pada gambar 4.2 di bawah ini :



Gambar 2.2 Keadaan Momen Akhir

Sehingga menghasilkan suatu persamaan :

$$\begin{aligned}
 M_{ab} &= \Delta m_{ab} + \bar{M}_{ab} \\
 M_{ba} &= \Delta m_{ba} + \bar{M}_{ba}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} M_{ab} \\ M_{ba} \end{aligned}} \right\} \text{-----} \rightarrow \text{Persamaan 2.1}$$

Dari prinsip persamaan Slope Depletion secara umum telah diketahui bahwa :

$$\theta_a = \omega_a + \psi_{ab}$$

$$\theta_b = \omega_b + \psi_{ab} \quad \text{dan}$$

$$\left. \begin{aligned} \theta_a &= \frac{\Delta m_{ab} \cdot L}{3EI} - \frac{\Delta m_{ba} \cdot L}{6EI} + \psi_{ab} & \left. \begin{array}{l} \text{x 2} \\ \text{x 1} \end{array} \right\} \\ \theta_b &= \frac{\Delta m_{ab} \cdot L}{6EI} - \frac{\Delta m_{ba} \cdot L}{3EI} + \psi_{ab} \end{aligned} \right\}$$

$$2\theta_a + 2\theta_b \frac{\Delta m_{ab} \cdot L}{2EI} + 3\psi_{ab}$$

Sehingga :

$$\Delta m_{ab} = 2 EI/L (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab})$$

$$\Delta m_{ba} = 2 EI/L (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab})$$

Jika $I/L = K$ untuk batang ab, maka :

$$\left. \begin{aligned} \Delta m_{ab} &= 2 E K_{ab} (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab}) \\ \Delta m_{ba} &= 2 E K_{ab} (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab}) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Persamaan 2.2}$$

Masukkan Persamaan 4. 2 ke dalam persamaan 4. 1 , diperoleh :

$$\left. \begin{aligned} M_{ab} &= 2 E K_{ab} (2\theta_a + \theta_b - 3\psi_{ab}) + \bar{M}_{ab} \\ M_{ba} &= 2 E K_{ab} (2\theta_b + \theta_a - 3\psi_{ab}) + \bar{M}_{ba} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Pers. 2.3}$$

Oleh Takabeya, dari persamaan slope depletion ini disederhanakan menjadi :

$$\left. \begin{aligned} M_{ab} &= k_{ab} (2m_a + m_b + \bar{m}_{ab}) + \bar{M}_{ab} \\ M_{ba} &= k_{ba} (2m_b + m_a + \bar{m}_{ba}) + \bar{M}_{ba} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Persamaan 2.4}$$

Dimana :

$$m_a = 2EK\theta_a \quad \bar{m}_{ab} = -6 EK \psi_{ab}$$

$$m_b = 2EK\theta_b \quad k_{ab} = K_{ab}/K$$

Keterangan :

M_{ab}, M_{ba} = Momen akhir batang ab dan batang ba (ton m).

$\bar{M}_{ab}, \bar{M}_{ba}$ = Momen Primer batang ab dan batang ba (ton m).

$\Delta_{mab}, \Delta_{mba}$ = Koreksi momen akibat adanya pergeseran pada titik b sejauh

Δ

θ_a, θ_b = Putaran sudut pada titik a dan titik b

k_{ab} = Angka kekakuan batang ab = K_{ab} / K (m^3)

k_{ab} = Faktor kekakuan batang ab = I/L (m^3)

K = Konstanta

m_a, m_b = Momen parsial masing-masing titik a dan b akibat putaran sudut

θ_a dan θ_b disebut momen rotasi di titik a dan titik b (ton m).

\bar{m}_{ab} = Momen parsial akibat pergeseran titik b relatif terhadap titik a sejauh Δ disebut momen displacement dari batang ab (ton m).

2.2. Portal Dengan Titik Hubung Yang Tetap

Yang dimaksud dengan portal dengan titik hubung yang tetap adalah suatu portal dimana pada tiap-tiap titik kumpulnya (titik hubung) hanya terjadi perputaran sudut, tanpa mengalami pergeseran titik kumpul. Sebagai contoh :

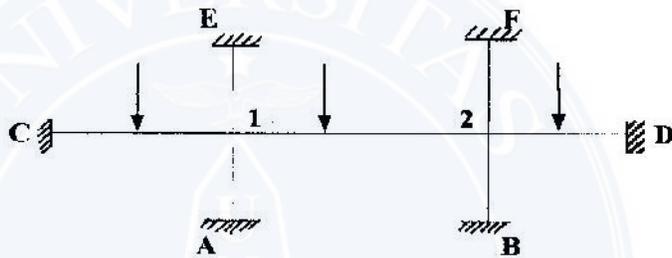
- Portal dengan struktur dan pembebanan yang simetris
- Portal dimana baik pada struktur balok maupun kolom-kolomnya disokong oleh suatu perletakan.

Oleh karena portal dengan titik hubung yang tetap tidak terjadi pergeseran pada titik-titik hubung, maka besarnya nilai momen parsial akibat pergeseran

titik (\bar{m}) adalah = 0. Sehingga rumus dasar dari Takabeya (persamaan 2.4) akan menjadi :

$$\left. \begin{aligned} M_{ab} &= k_{ab} (2m_a + m_b) + \bar{M}_{ab} \\ M_{ba} &= k_{ba} (2m_b + m_a) + \bar{M}_{ba} \end{aligned} \right\} \text{-----} \blacktriangleright \text{Persamaan. 2.5}$$

Sebagai contoh, penerapan persamaan untuk Takabeya, perhatikan gambar berikut ini :



Berdasarkan rumus dasar dari Takabeya, maka untuk struktur di atas, diperoleh persamaan :

$$\left. \begin{aligned} M_{12} &= k_{12} (2m_1 + m_2) + \bar{M}_{12} \\ M_{1A} &= k_{1A} (2m_1 + m_A) + \bar{M}_{1A} \\ M_{1C} &= k_{1C} (2m_1 + m_C) + \bar{M}_{1C} \\ M_{1E} &= k_{1E} (2m_1 + m_E) + \bar{M}_{1E} \end{aligned} \right\} \text{-----} \blacktriangleright \text{Persamaan 2.6}$$

Keseimbangan di titik 1 = 0 $\implies \sum M_1 = 0$, sehingga :

$$M_{12} + M_{1A} + M_{1C} + M_{1E} = 0 \quad \text{-----} \blacktriangleright \text{Persamaan 2.7}$$

Dari persamaan 4.6 dan persamaan 4.7 menghasilkan :

$$2m_1 \begin{bmatrix} k_{12} \\ k_{1A} \\ k_{1C} \\ k_{1E} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_{12} \cdot m_2 \\ k_{1A} \cdot m_A \\ k_{1C} \cdot m_C \\ k_{1E} \cdot m_E \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \overline{M}_{12} \\ \overline{M}_{1A} \\ \overline{M}_{1C} \\ \overline{M}_{1E} \end{bmatrix} = 0 \rightarrow \text{Pers. 2.8}$$

dimana :

$$2 \begin{bmatrix} k_{12} \\ k_{1A} \\ k_{1C} \\ k_{1E} \end{bmatrix} = \rho_1 \quad \text{dan} \quad \begin{bmatrix} \overline{M}_{12} \\ \overline{M}_{1A} \\ \overline{M}_{1C} \\ \overline{M}_{1E} \end{bmatrix} = \tau_1 \quad \text{dan} \quad \begin{aligned} \gamma_{12} &= k_{12} / \rho_1 \\ \gamma_{1A} &= k_{1A} / \rho_1 \\ \gamma_{1C} &= k_{1C} / \rho_1 \\ \gamma_{1E} &= k_{1E} / \rho_1 \end{aligned}$$

Persamaan 2. 8 di atas dpt ditulis sebagai pers. momen rotasi pada titik kumpul 1 persamaan 2.6 dan persamaan 2.7 menghasilkan :

$$\rho_1 \cdot m_1 = -\tau_1 + \begin{bmatrix} -k_{12} \cdot m_2 \\ -k_{1A} \cdot m_A \\ -k_{1C} \cdot m_C \\ -k_{1E} \cdot m_E \end{bmatrix}$$

$$m_1 = -(\tau_1 / \rho_1) + \begin{bmatrix} -\gamma_{12} \cdot m_2 \\ -\gamma_{1A} \cdot m_A \\ -\gamma_{1C} \cdot m_C \\ -\gamma_{1E} \cdot m_E \end{bmatrix} \rightarrow \text{Persamaan 2.9}$$

Untuk persamaan momen rotasi pada titik kumpul yang lainnya dapat dicari/ ditentukan seperti pada persamaan 2.9 di atas, dimana indeks/angka pertama diganti dengan titik kumpul yang akan dicari dan angka kedua diganti dengan titik kumpul yang berada di seberangnya. Perlu diingat, bahwa pada suatu perletakan jepit tidak terjadi putaran sudut sehingga besarnya $m_A = m_B = m_C = m_D = m_E = m_F = 0$

Untuk langkah awal pada suatu perhitungan momen rotasi titik kumpul, maka titik kumpul yang lain yang berseberangan dengan titik kumpul yang dihitung, dianggap belum terjadi rotasi. Sehingga :

$$m_1 = m_1^{(0)} = -(\tau_1 / \rho_1)$$

$$m_2 = m_2^{(0)} = -(\tau_2 / \rho_2)$$

$$m_1^{(1)} = -(\tau_1/\rho_1) + \begin{bmatrix} -\gamma_{12} \cdot m_2^{(0)} \\ -\gamma_{1A} \cdot m_A^{(0)} \\ -\gamma_{1C} \cdot m_C^{(0)} \\ -\gamma_{1E} \cdot m_E^{(0)} \end{bmatrix}$$

$$m_1^{(1)} = m_1^{(0)} + \begin{bmatrix} -\gamma_{12} \cdot m_2^{(0)} \\ -\gamma_{1A} \cdot m_A^{(0)} \\ -\gamma_{1C} \cdot m_C^{(0)} \\ -\gamma_{1E} \cdot m_E^{(0)} \end{bmatrix}$$

dan seterusnya dilakukan pada titik 2 sampai hasil yang konvergen (hasil-hasil yang sama secara berurutan pada masing-masing titik kumpul) yang berarti pada masing-masing titik kumpul sudah terjadi putaran sudut.

Setelah pemberesan momen-momen parsial mencapai konvergen, maka untuk mendapatkan momen akhir (design moment), hasil momen parsial selanjutnya disubstitusikan dalam persamaan 2.6 sebagai persamaan dasar. Sebagai contoh : pemberesan momen parsial dicapai pada langkah ke-7 maka pada titik kumpul 1 adalah :

$$M_{12} = M_{12}^{(7)} = k_{12} (2m_1^{(7)} + m_2^{(7)}) + \bar{M}_{12}$$

$$M_{1A} = M_{1A}^{(7)} = k_{1A} (2m_1^{(7)} + m_a^{(7)}) + \bar{M}_{1A}$$

$$M_{1C} = M_{1C}^{(7)} = k_{1C} (2m_1^{(7)} + m_2^{(7)}) + \bar{M}_{1C}$$

$$M_{1D} = M_{1E}^{(7)} = k_{1E} (2m_1^{(7)} + m_a^{(7)}) + \bar{M}_{1E}$$

Keseimbangan di titik kumpul 1 = 0 $\Rightarrow \Sigma M_1 = 0$

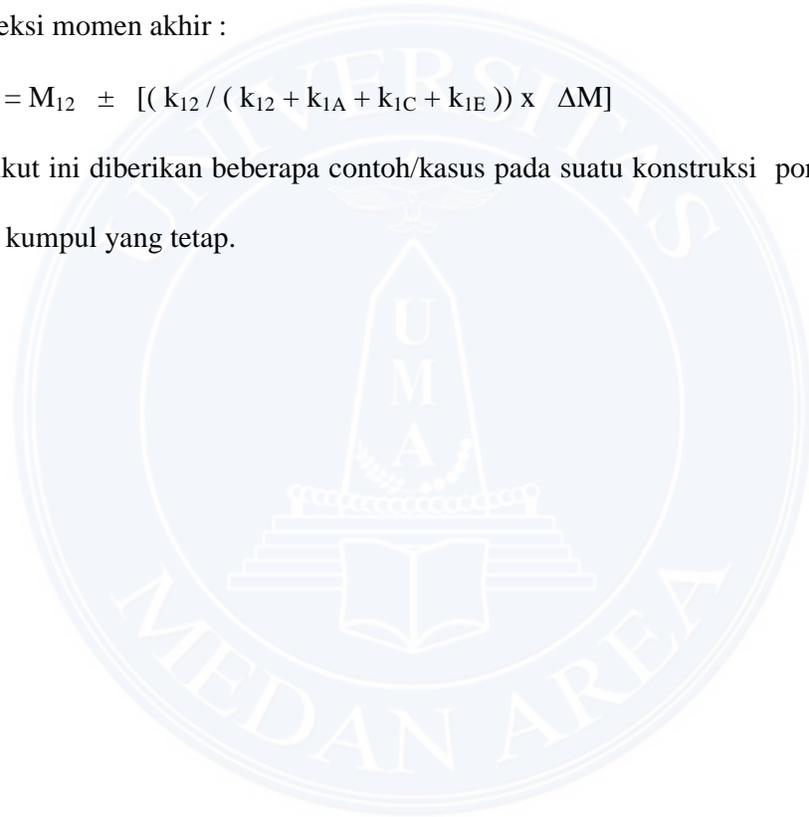
$$M_{12} + M_{1A} + M_{1C} + M_{1E} = 0$$

Apabila $\Sigma M_1 \neq 0$, maka momen-momen perlu dikoreksi.

Koreksi momen akhir :

$$M_{12} = M_{12} \pm [(k_{12} / (k_{12} + k_{1A} + k_{1C} + k_{1E})) \times \Delta M]$$

Berikut ini diberikan beberapa contoh/kasus pada suatu konstruksi portal dengan titik kumpul yang tetap.



2.3. Beton Bertulang.

Beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri dari beton dan baja tulangan yang ditanam didalam beton. sifat utama beton adalah sangat kuat didalam menahan beban tekan (kuat tekan tinggi) tetapi lemah didalam menahan gaya tarik. baja tulangan didalam beton berfungsi menahan gaya tarik yang bekerja dan sebagian gaya tekan.

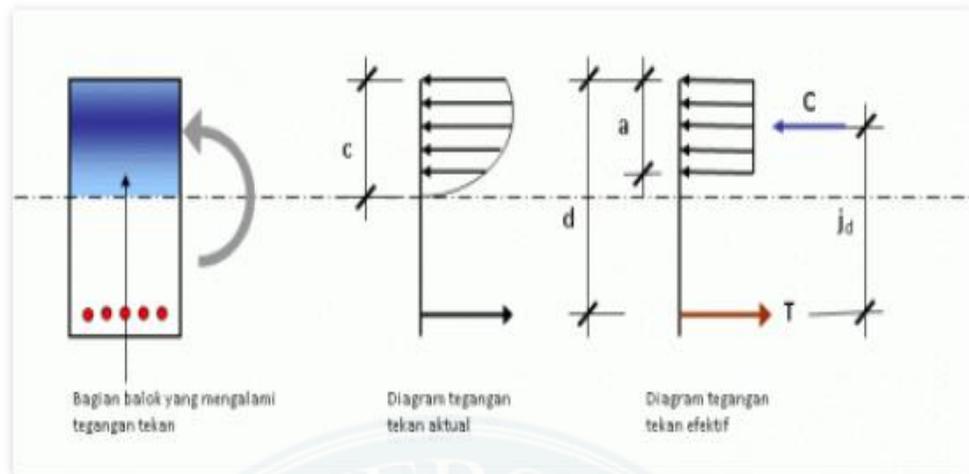
2.3.1. Balok

Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban.

Apabila suatu gelagar balok bentangan sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Regangan-regangan balok tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitas terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan baja tarik saja (Dipohusodo,1996).

Berikut contoh prosedur perhitungan Balok.

1. Hitung β_1 , sesuai SNI-Beton, pasal 10.2.7.3. β_1 adalah rasio tinggi blok tegangan tekan ekivalen a terhadap tinggi tegangan tekan aktual c . Persamaannya sebagai berikut :



Gbr 2.3 Diagram Tegangan Balok Beton

2. Tentukan ukuran penampang dengan metoda *trial-error*. SNI Beton sudah mengatur tentang ukuran balok. Di pasal 9.5 ada tabel tinggi minimum balok terhadap panjang bentang.

$H_{min} = \begin{cases} l/16 \\ l/18.5 \\ l/21 \\ l/8 \end{cases}$	$l/16$	untuk balok sederhana (satu tumpuan)
	$l/18.5$	untuk balok menerus bentang ujung
	$l/21$	untuk balok menerus bentang tengah
	$l/8$	untuk balok kantilever

Gbr 2.4 Tabel Tinggi Minimum Balok

Jika H_{min} telah diketahui, kita dapat memperkirakan tinggi balok yang akan didesain, biasanya dengan menambahkan 100 sampai 200 mm dari H_{min} .

Sementara lebar balok b , normalnya dapat diambil sekitar $0.4 - 0.6 H_{min}$.

3. Setelah itu tentukan nilai d , yaitu $d = H_{min} -$ tebal selimut beton. SNI juga sudah mengatur tebal selimut beton minimum (pasal 7.7). Tujuan dari selimut beton adalah melindungi tulangan dari “serangan” korosi akibat uap air yang

dapat masuk melalui celah-celah beton yang retak. Untuk daerah ekstrim, misalnya daerah dekat laut yang kadar garam uap airnya tinggi, tebal selimut beton harus ditambah.

4. Hitung j_d , dengan persamaan :

$$j_d \approx 0.875 \cdot d$$

j_d adalah jarak antara resultan gaya tarik T pada tulangan tarik dengan resultan gaya tekan C pada beton. Seharusnya, $j_d = d - (a/2)$, tapi kita belum bisa menghitung nilai a , sehingga untuk perkiraan awal j_d , dianggap kira-kira sama dengan $0.875d$. Nilai j_d ini nanti akan dikoreksi jika a telah diketahui.

5. Berikutnya, hitung luas tulangan perlu:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y j_d}$$

dan juga luas tulangan minimum yang disyaratkan oleh SNI-Beton:

$$A_{s-min} = \frac{1.4}{f_y} bd$$

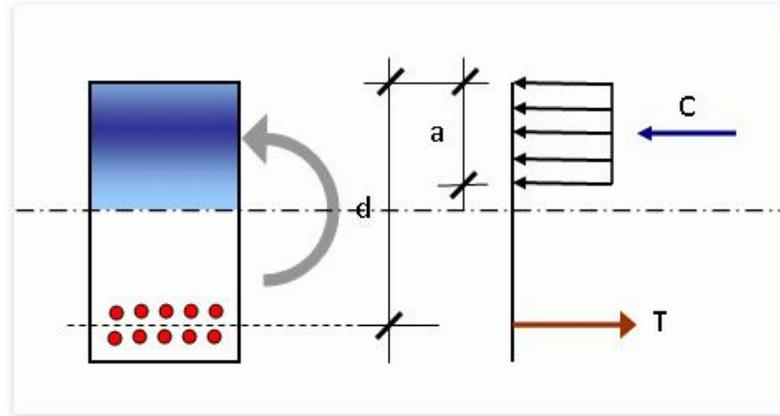
Jangan lupa konsistensi penggunaan unit/satuan. Nilai ϕ untuk kuat lentur balok adalah 0.8.

6. Tentukan diameter dan jumlah tulangan yang memenuhi kedua kondisi di atas

(no #5). Dan.. hitung A_s yang baru. Misalnya, tulangan 4D16,

$$A_s = 4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 16^2}{4} \right) = 804.25 \text{ mm}^2$$

7. Jika ternyata tulangan yang dibutuhkan lebih dari satu lapis, perlu dikoreksi nilai d yang baru. Jika tulangannya lebih dari satu lapis, posisi resultan gaya tariknya akan berubah.



Gbr 2.5 Tulangan Balok 2 baris

8. Hitung nilai a :

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

Catatan : 0.85 pada persamaan di atas bukan nilai ϕ , juga bukan β_1 . 0.85 itu adalah mm.. reduksi kuat tekan beton aktual terhadap kuat tekan beton silinder.

Jadi, jika dikatakan beton mutu tekan f'_c 30 MPa, maka beton itu akan mulai hancur pada tekanan $0.85 \times 30 = 25.5$ MPa. Angka $0.85 f'_c$ juga digunakan pada perhitungan desain kolom beton (terhadap beban aksial tekan).

9. Cek nilai j_d yang baru, dan cek juga A_s sesuai j_d baru tersebut.

$$j_d = d - (a/2)$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y j_d}$$

Jika tulangan yang kita pilih sebelumnya sudah memenuhi A_s yang baru, berarti tulangannya cukup.

10. Hitung rasio tulangan ρ dan rasio tulangan kondisi balance ρ_b :

$$\rho = \frac{A_{s-terpasang}}{bd}$$
$$\rho_b = \frac{0.85f'_c\beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

SNI membatasi tulangan maksimum $\rho_{max} \leq 0.75\rho_b$. Namun, dalam pelaksanaannya biasanya diambil sekitar $0.4 - 0.5 \rho_b$. Hal ini biasanya menyangkut masalah segi ekonomis dan kepraktisan pelaksanaan di lapangan.

11. ρ_b adalah rasio luas tulangan tarik terhadap luas penampang beton di mana batas keruntuhannya adalah beton hancur pada saat tulangan mulai leleh (mencapai f_y). Gampangnya gini, pada saat memikul momen lentur, ada bagian beton yang mengalami tekan, sementara tegangan tarik dipikul oleh tulangan baja, sehingga ada tiga skenario keruntuhan yang bisa terjadi :

- 1) Tulangan hancur, Tulangan belum leleh.
- 2) Beton hancur bersamaan dengan tulangan mulai leleh,
- 3) Tulangan leleh (dan mungkin putus) sebelum beton hancur.

Kondisi 1) disebut *over-reinforced* (kebanyakan tulangan), kondisi 2) adalah kondisi seimbang, dan kondisi 3) adalah *under-reinforced* (kekurangan tulangan).

12. Terakhir, cek lagi kekuatan lentur penampang berdasarkan dimensi dan

Tulangan yang sudah di peroleh $\phi M_n = 0.8 \cdot f_y \cdot A_s \cdot j_d$

2.3.2. Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Jenis-Jenis Kolom

Menurut Wang (1986) dan Ferguson (1986) jenis-jenis kolom ada tiga, yaitu :

1. Kolom ikat (tie column).
2. Kolom spiral (spiral column).
3. Kolom komposit (composite column).

Dalam buku struktur beton bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1994), ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu :

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.
3. Struktur kolom komposit, merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

Prosedur Perhitungan Kolom

mempermudah perhitungan karena banyaknya faktor yang berpengaruh dalam menentukan kekuatan kolom. Maka dapat diperoleh kapasitas beban aksial nominal maksimum sebagai berikut:

kolom bersengkang →

$$P_{n(\text{maks})} = 0,8[0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y]$$

kolom spiral →

$$P_{n(\text{maks})} = 0,85[0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y]$$

2.3.3. Pelat Lantai

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada apabila struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur (seperti pada kasus balok)

Berikut Prosedur Perhitungan Tulangan Pelat

Langkah langkah perncanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

1. Mengumpulkan data yang diperlukan seperti panjang bentang, mutu beton, mutu baja tulangan, selimut beton.
2. Menentukan tebal pelat
Nilai tebal pelat dalam laporan ini telah ditetapkan sebesar 12 cm.
3. Menghitung beban-beban yang bekerja pada pelat, berdasarkan PPIUG 1983 berupa beban hidup (LL) dan beban mati (DL).

4. Menghitung momen dengan menggunakan bantuan aplikasi Etabs V
9.7.2

5. Mencari tulangan pelat

a. Menentukan tinggi efektif

d_x = tebal pelat – selimut beton - 0,5D

b. Membagi Mu dengan $b \times d^2$

$$\frac{Mu}{b \times d^2}$$

Dimana :

B = Lebar pelat per meter panjang

Dx = Tinggi efektif

Mu = Momen

c. Mencari dan memeriksa rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho_{ada} < \rho_{max}$)

berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002 dengan persamaan :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Dimana :

ρ = rasio tulangan

f_y = mutu baja

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c \times 600}{f_y \times (600 + f_y)}$$

Dimana :

β_1 = Faktor Reduksi

F'_c = Mutu Beton

ρ Maks = $0.75 \times \sigma$ balance

$$R_n = \frac{M}{\phi \times b \times d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

d. Mencari Luas tulangan yang butuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d_x$$

A_s = Luas Tulangan

e. Mencari Jumlah Tulangan

$$n = A_s / A_s \text{ perlu}$$

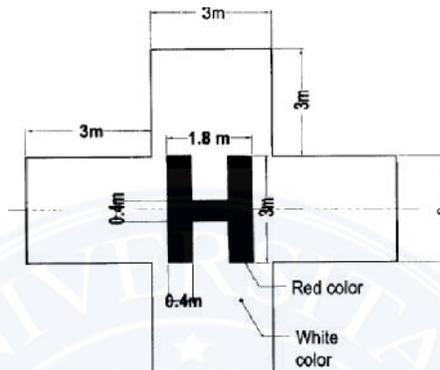
Dimana n = Jumlah Tulangan

2.3.4. Helipad

Helipad pada umumnya dibangun dari beton dan ditandai dengan suatu lingkaran atau suatu huruf "H" agar kelihatan dari udara. dalam merencanakan helipad, yang perlu diperhatikan yaitu tipe helikopter yang menyangkut dengan berat helikopter dengan bahan bakar penuh dan diameter rotor, kondisi lingkungan, dan tanda yang dirancang untuk visual pilot.

2.3.4.1 Rambu dan Marka *Helipad*

Rambu dan marka *Helipad*, memiliki standar yang diatur pada Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara nomor : SKEP/41/III/2010 seperti pada gambar 2.6.



(Sumber : Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara nomor : SKEP/41/III/2010)

Gambar 2.6 Marka *Helipad*

2.3.4.2. Beban Rencana

Berdasarkan PPURG 1987, beban helipad pada atap gedung tinggi yang diperlengkapi dengan *helipad* harus diambil sebesar minimum 200 kg/m² di luar daerah landasan, sedangkan pada daerah landasannya harus diambil beban yang berasal dari helikopter sewaktu mendarat dan mengangkasa dengan ketentuan – ketentuan sebagai berikut :

1. Struktur landasan beserta struktur pemikulnya harus direncanakan terhadap beban – beban yang berasal dari helikopter yang paling menentukan, yaitu apabila terjadi pendaratan yang keras karena mesin mati sewaktu melandas (*hovering*).
2. Pembagian beban helikopter berasal dari masing – masing tumpuan pendarat yang meneruskan bagian tertentu dari berat bruto helikopter yang tergantung pada jenis helikopter dan jenis tumpuan pendaratnya.

3. Luas bidang kontak ini tergantung pada jenis helikopter dan jenis tumpuan pendaratnya. Pada umumnya, lantai landasan dapat dianggap kuat apabila direncanakan terhadap beban terpusat sebesar 50 persen dari berat bruto helikopter yang terbagi rata dalam bidang kontak seluas 600 cm².

2.4 Pembebanan Struktur

Pada perencanaan bangunan bertingkat tinggi, komponen struktur direncanakan cukup kuat untuk memikul semua beban kerjanya. Pengertian beban itu sendiri adalah beban-beban baik secara langsung maupun tidak langsung yang mempengaruhi struktur bangunan tersebut. Menurut PPURG 1987, pengertian dari beban-beban tersebut adalah

1. Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian (*finishing*), mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.
2. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan atap dan lantai tersebut.
3. Beban Angin adalah Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

4. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

2.4.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. (SNI 03-2847-2002, Pasal 3.10)

Beban mati yang di perhitungkan terdiri dari :

- a. Berat kolom sendiri
- b. Berat sendiri balok induk, balok *sloof*, balok anak, balok ring.
- c. Berat dinding *precast*
- d. Berat pelat lantai
- e. Berat penutup lantai

2.4.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan/ atau beban akibat air hujan pada atap. (SNI 03-2847-2002, Pasal 3.8)

Tabel 2.4.1. Beban Hidup

Beban Hidup	Kg/m ²
Lantai dan tangga, kecuali yang di sebut dalam (b)	200

Lantai dan rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting, yang bukan untuk toko atau ruang kerja	125
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250
Lantai ruang olahraga	400
Lantai ruang dansa	500
Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang di sebut dalam (a) s/d (e), seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400
Panggung penonton tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
Tangga, bordes tangga, lantai, dan gang dari ruang-ruang yang disebut dalam poin (c)	300
Tangga, bordes tangga, lantai, dan gang dari ruang-ruang yang disebut dalam poin (d), (e), (f) dan (g)	500
Lantai ruang pelengkap dari ruang-ruang yang di sebut (c), (d), (e), (f), dan (g)	250
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
Lantai gedung parkir bertingkat :	

Untuk lantai bawah	800
Untuk lantai tingkat lainnya	400
Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

2.4.3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagiannya karena adanya selisih tekanan udara (hembusan angin kencang). Beban angin ini ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan angin), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang bangunan yang ditinjau.

(http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/civil-engineering/2005/Artikel_10300035.pdf)

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, besarnya tekanan tiup angin ini harus diambil minimum 25 kg/m^2 luas bidang bangunan yang ditinjau. Sedangkan untuk di laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai tekanan tiup angin ini diambil minimum 40 kg/m^2 , serta untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain dimana kemungkinan terdapat kecepatan angin yang mungkin dapat menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar dari yang ditentukan di atas, maka tekanan tiup angin tersebut harus dihitung dengan rumus:

$$p = V^2/16 \quad (\text{kg/m}^2)$$

Dimana : p = tekanan tiup angin (kg/m^2).

V = kecepatan angin (m/deti

2.4.4. Beban Helipad Pada Atap Bangunan

Helipad pada umumnya dibangun dari beton dan ditandai dengan suatu lingkaran atau suatu huruf "H" agar kelihatan dari udara. dalam merencanakan helipad, yang perlu diperhatikan yaitu tipe helikopter yang menyangkut dengan berat helikopter dengan bahan bakar penuh dan diameter rotor, kondisi lingkungan, dan tanda yang dirancang untuk visual pilot.

Tabel 2.4.2. Beban Helipad

Beban Helipad Pada Atap Bangunan	Kg/m ²
Beban hidup pada atap gedung diluar daerah landasan helipad	200
Untuk beban hidup di area helipad direncanakan mampu menahan beban helikopter jenis Bell 206-B atau setaranya. Berat bruto helikopter.	1452

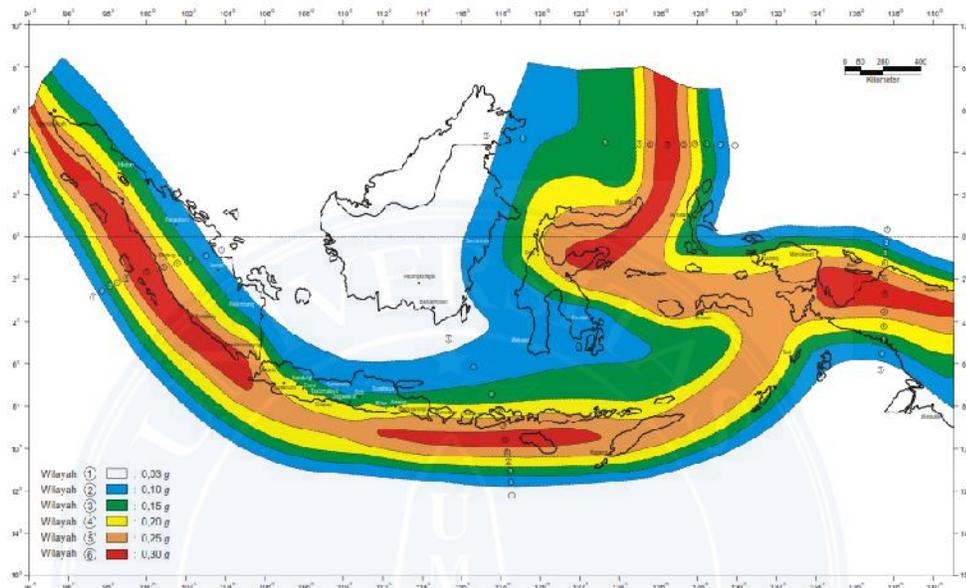
2.4.5 Beban Gempa

Suatu bangunan gedung harus direncanakan tahan terhadap gempa sesuai dengan peraturan yang ada yaitu SNI -1726-2002. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan gempa yaitu wilayah gempa, kategori gedung, jenis sistem struktur gedung, dan daktilitas.

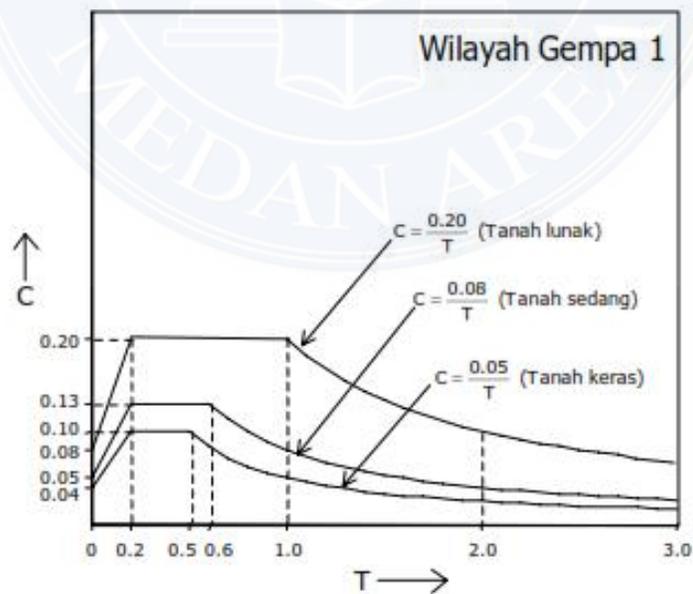
2.4.5.1 Wilayah gempa Indonesia

Sesuai dengan SNI 1726, Indonesia terbagi dalam 6 wilayah gempa. Wilayah gempa 1 dan 2 adalah termasuk wilayah dengan tingkat kegempaan yang rendah, wilayah gempa 3 dan 4 adalah wilayah dengan

tingkat kegempaan menengah dan wilayah 5 dan 6 dengan tingkat kegempaan tinggi. Bangunan yang ditinjau masuk pada wilayah gempa 3 dengan tingkat kegempaan menengah dan direncanakan dengan daktilitas parsial.



Gbr 2.7 Wilayah Gempa Indonesia



Gbr 2.8 Response Spektrum Gempa Rencana

2.5. Etabs

Program Etabs merupakan program untuk menganalisa struktur bangunan. Banyak program yang bisa digunakan untuk menganalisa struktur bangunan, ETABS merupakan program yang sangat cocok untuk menganalisa struktur, terutama untuk bangunan-bangunan tinggi (High Rise Building).

2.5.1 Sejarah Program Etabs

Program Etabs (*Extended Three Analysis Building Systems*) merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari peneliti dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Berkeley, Amerika Serikat, Maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah.

Selain program analisis struktur ETABS, ada beberapa program yang dikembangkan oleh CSI, diantaranya program SAP dan SAFE. Program SAP sendiri adalah program pertama kali yang dikembangkan oleh perusahaan CSI. Program SAP, ETABS, Dan SAFE sudah dipakai dan di aplikasikan (teruji) di lapangan oleh konstruktor-konstruktor di enam benua (dari total 7 benua) dan dipakai lebih dari 100 negara di dunia.

2.5.2 Peraturan SNI Tentang Etabs

Pasal 7.2.1 Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana, dapat dilakukan dengan metoda analisis ragam spektrum respons dengan memakai Spektrum Respons Gempa Rencana menurut Gambar 2 yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, di mana I adalah Faktor Keutamaan menurut Tabel 1, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya **90%**.

Pasal 4.8.1 Unsur-unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi seperti balkon, kanopi dan balok kantilever berbentang panjang, balok transfer pada struktur gedung tinggi yang memikul beban gravitasi dari dua atau lebih tingkat di atasnya serta balok beton pratekan berbentang panjang, harus diperhitungkan terhadap komponen vertikal gerakan tanah akibat pengaruh Gempa Rencana, berupa beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen yang harus ditinjau bekerja ke atas atau ke bawah yang besarnya harus dihitung sebagai perkalian faktor respons gempa vertical C_v dan beban gravitasi, termasuk beban hidup yang sesuai.

BAB III

STUDI KASUS

3.1. Gambaran Umum

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir. Data sekunder ini didapatkan bukan melalui pengamatan secara langsung dilapangan. Yang termasuk dalam klasifikasi data sekunder ini adalah antara lain.

Tabel 3.1 Data Sekunder

PROYEK	: PEMBANGUNAN KAWASAN INDUSTRI
LOKASI	: PANGKALAN BUN-KALIMANTAN TENGAH
LUAS LAHAN	: 2088 m ²
PENGGUNAAN BANGUNAN	: GEDUNG KANTOR
OWNER	: SURYA BORNEO INDUSTRI
KONSULTAN STRUKTUR	: PT LYDUMA INTERMAS CONSULTAN
KONSULTAN ARSITEK	: PT LYDUMA INTERMAS CONSULTAN

3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode studi kasus. Metode studi kasus berupa pembuatan ulang dengan menggunakan model yang dibuat sesuai kondisi bangunan yang tercantum dalam Rencana Kerja dan Syarat-syarat dengan menggunakan *softwere* ETABS. Evaluasi dilakukan mengacu pada kaidah SNI 1726-2002.

Studi kasus dilakukan pada salah satu bangunan di kota pangkalan bun. Struktur bangunan menggunakan struktur beton bertulang yang terdiri dari 4 lantai. Gedung tersebut akan ditinjau beberapa parameter kegempaan dengan berdasarkan SNI 1726-2002. Hal ini penting karena SNI 1726-2002 mengatur tentang dasar perencanaan dan perancangan infrastruktur tahan gempa. Sedangkan untuk struktural gedung beton akan diacukan pada SNI 2847-2002.

Metode penelitian yang digunakan memiliki tiga tahap penelitian. Tahap penelitian tersebut adalah tahap input, analisis dan output. Pada tahapan input akan dijelaskan tentang geometri struktur, dimensi dan spesifikasi elemen struktur, penentuan beban yang bekerja dan pemodelan tiga dimensi. Tahapan analisis antara lain pemodelan struktur dengan menggunakan *software* ETABS, memasukan perhitungan gempa dan perhitungan gaya dalam elemen struktur pada ETABS. Tahap akhir yaitu tahap output membahas tentang detailing dari gaya-gaya dalam yang terjadi.

Berikut tahapan dalam pemodelan struktur dengan ETABS.

- a. Studi literatur dari buku dan jurnal jurnal yang terkait dengan analisis gedung kantor. buku acuan SNI yang dipakai SNI 1726-2002 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. dan jurnal jurnal lain yang berkaitan dengan analisis bangunan gedung
- b. Pengumpulan data dan informasi tentang bangunan yang dijadikan studi kasus penelitian ini, baik data sekunder maupun data primer. Data yang didapatkan adalah *Shop Drawing*. Dari data tersebut kemudian diketahui dimensi dan spesifikasi struktur yang digunakan sehingga dapat dilakukan permodelan 3D

dan analisa dengan bantuan ETABS.

c. Menghitung beban mati dan beban hidup yang terjadi berdasarkan PPIUG 1983 dan SNI 2847-2002 sesuai fungsi dan jenis yang terdapat pada data.

d. Menghitung parameter beban gempa berdasarkan SNI 1726-2002 termasuk berat struktur tiap lantai. Parameter-parameter tersebut akan digunakan untuk menghitung distribusi beban gempa tersebut di setiap lantai yang nantinya akan diinputkan ke dalam model ETABS yang dibuat.

e. Melakukan pemodelan struktur 3 dimensi sesuai dengan denah dan *shop drawing* dari gedung tempat studi kasus dengan *software* ETABS termasuk detail dan spesifikasi yang terdapat di dalamnya serta input beban-beban yang bekerja dan kombinasi beban yang digunakan.

Model yang dibuat harus sesuai dengan keadaan nyata di lapangan agar keadaan riil bangunan nyata terevaluasi secara baik. Model tersebut kemudiannya akan dijadikan pembanding dengan hasil dari analisa penelitian yang akan dikerjakan.

Proses input beban dan penggambaran model dilakukan secara teliti karena akan menentukan langkah kedepan yang akan dilakukan tentang evaluasi bangunan tersebut.

f. Melakukan analisis struktur dengan menggunakan *software* ETABS. Analisis ini akan menghasilkan gaya-gaya dalam yang terjadi dan kekuatan masing-masing elemen struktur dari beberapa kombinasi yang digunakan.

g. Dari gaya-gaya dalam yang didapat dari analisis struktur dengan menggunakan *software* ETABS maka dapat dihitung kebutuhan dimensi beton,

jumlah tulangan longitudinal dan transversal berdasarkan SNI 2847-2002 tentang perencanaan beton struktural

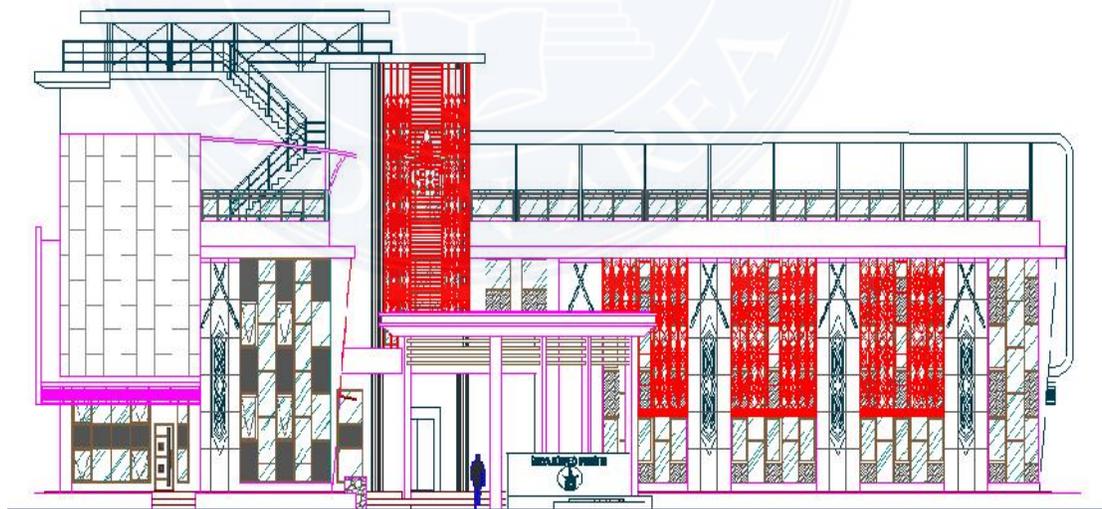
h. Melakukan analisa untuk menghitung dimensi dari hubungan kolom balok, kebutuhan dari tulangan transversal dan kekuatan dari hubungan balok kolom tersebut agar sesuai dengan kaidah SNI Beton 2847:2002.

i. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan.

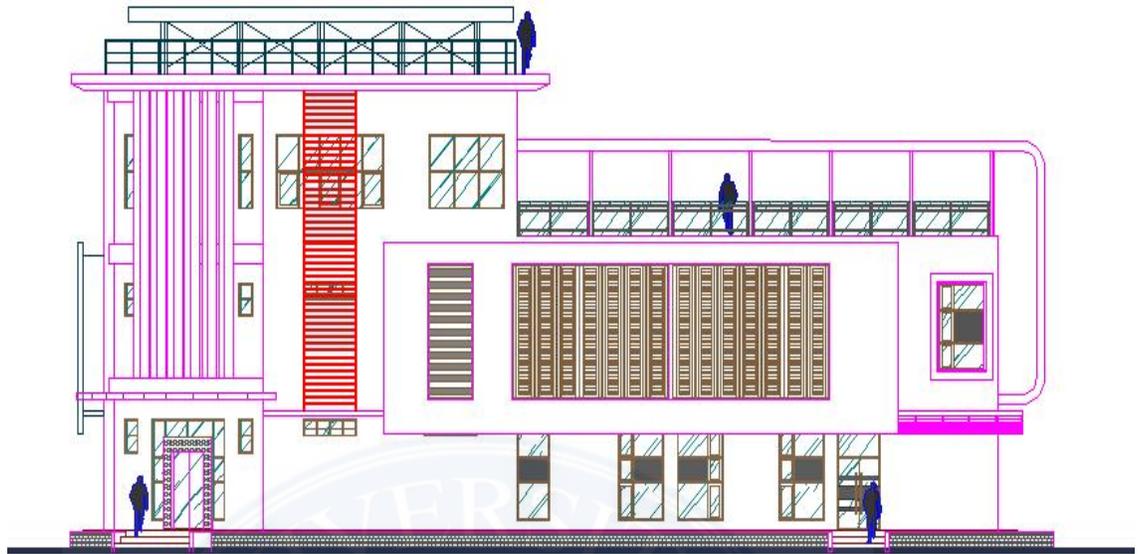




Gambar 3.1. Denah Lantai Dasar Gedung Studi Kasus



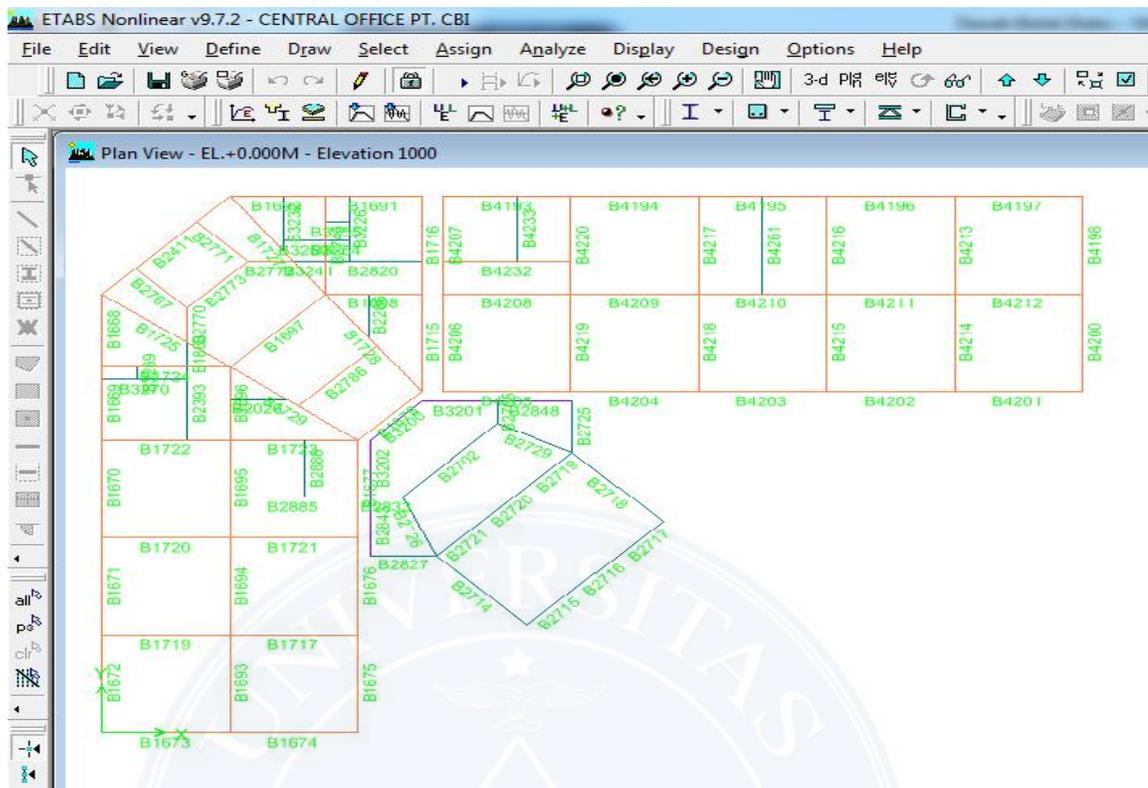
Gambar 3.2. Tampak A Gedung Studi Kasus



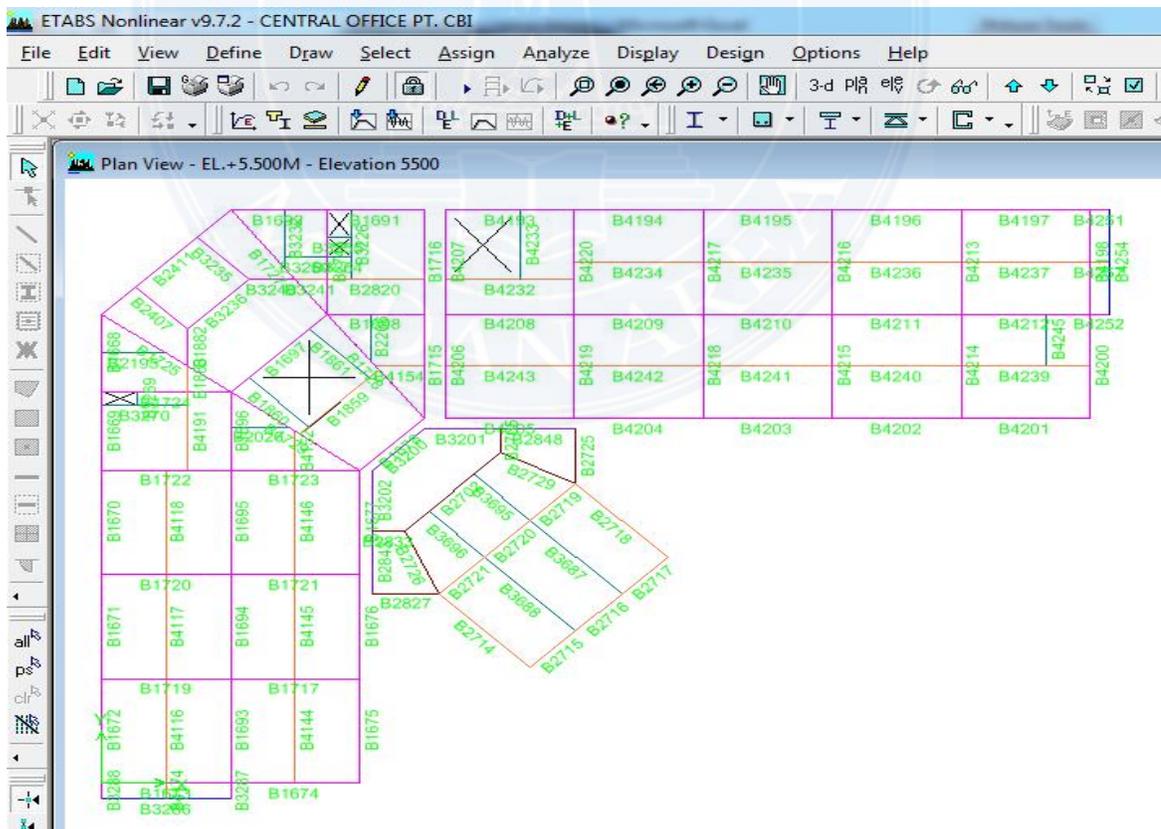
Gambar 3.3. Tampak B Gedung Studi Kasus



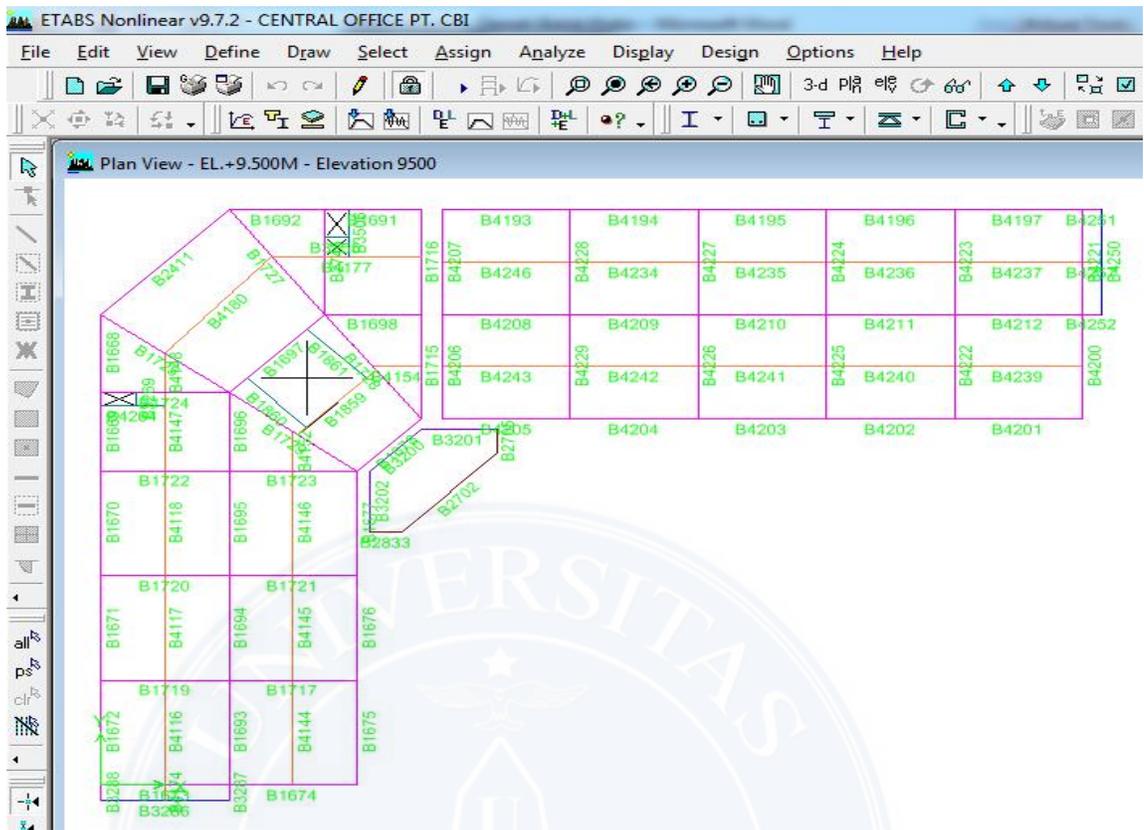
Gambar 3.4. Tampak C Gedung Studi Kasus



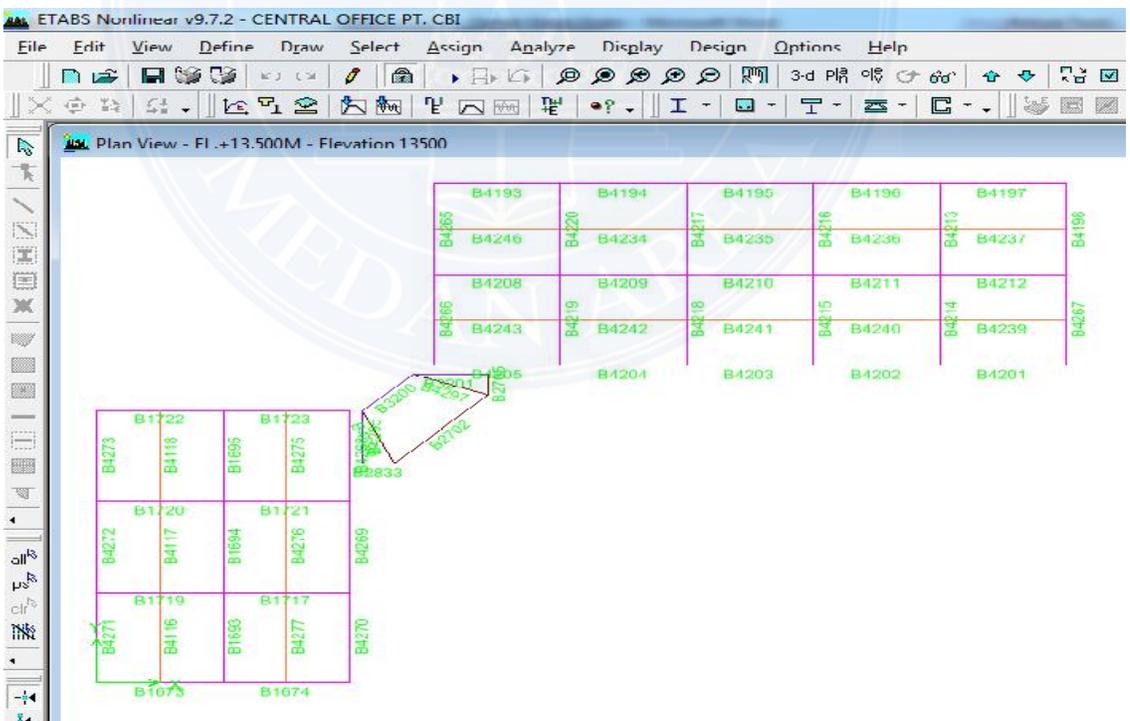
Gambar 4.65. "Denah Balok Elv+0.000"



Gambar 4.66. "Denah Balok Elv+5.500"



Gambar 4.67. "Denah Balok Elv+9.500"



Gambar 4.68. "Denah Balok Elv+13.500"

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)*
- Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti, Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-202, *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Bantuan Program Etabs V 9.0.7*
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 1726 – 2002)*. BSN. Bandung.
- Gunawan dan Margareth.1987. *Teori Soal dan Penyelesaian Kontruksi Beton 1 Jilid 1*. Delta Teknik Group. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)*, Bandung
- Ilham., Noer. *Analisis Struktur Gedung Bank Bri Aceh dengan ETABS*. 2013.Jakarta
- Wang, C.K, dan Salmon, C.G. 1990. *Desain Beton Bertulang*, Jakarta : Penerbit Erlangga, Edisi ke 4 Jilid 1.
- Wang, C.K, dan Salmon, C.G. 1990. *Desain Beton Bertulang*, Jakarta : Penerbit Erlangga, Edisi ke 4 Jilid 2.
- Nobel, Afret. 2013. *ETABS dalam perencanaan Gedung*. Yogyakarta

- Pamungkas, Anugrah dan Harianti, Erni. 2009. *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. ITS press. Surabaya.
- Departemen Pekerjaan Umum. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*, Jakarta.
- H.R Andrianto, **Analisa Struktur Bangunan dengan Etabs versi 9.0.7**
- Riza., Muhammad Miftakhur,. 2014. *Analisa Perencanaan Struktur Gedung Dengan ETABS*. Yogyakarta: UGM.
- Puskim. (2016, 22 Juli). *Desain Spektra Indonesia 2011*. Diperoleh 22 Juli, dari http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
- Budi, Anindito. 2011. *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton dengan Analisis Pushover Prosedur A Menggunakan Program ETABS V 9.50*. Surakarta: UNS.