

ANALISA PERENCANAAN STRUKTUR BETON GEDUNG KULIAH KAMPUS 2 IAIN KOTA METRO MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*)

Sari Utama Dewi¹, M. Iqbal Pratama²

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
E-mail : saridewi.dewi1981@gmail.com¹, iqbalpratama485@gmail.com²

ABSTRAK

Pembangunan gedung kuliah mengikuti kebutuhan pendidikan yang semakin maju seiring perkembangan jaman, seperti kantor, ruang dosen, ruang kelas, ruang siding, aula, mushola dan lahan parkir. Dalam perhitungan struktur bangunan gedung dapat dilakukan secara manual ataupun komputerisasi menggunakan aplikasi yang sudah ada. Untuk perhitungan secara komputerisasi dapat dilakukan dengan menggunakan program ETABS (*Extended Three Analysis Building Systems*) dengan tetap mengacu pada peraturan - peraturan yang berlaku di Indonesia seperti: Tata cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang (SNI 03-2847-2002). Dari keseluruhan hasil perhitungan dengan secara manual dan komputerisasi dengan tetap mengacu pada peraturan – peraturan yang sudah ada, maka akan didapatkan rencana gambar struktur yang akan dibangun dilengkapi dengan perhitungan dan detail penulangan pada tiap sub yang akan dibangun. Kecermatan, ketelitian dan ketelatenan sangat dibutuhkan dalam merencanakan suatu bangunan.

Kata kunci: Struktur, Beton, Beban, Momen, Tulangan, Gambar Kerja

PENDAHULUAN

Gedung perkuliahan merupakan sarana yang paling penting untuk mendukung proses belajar mengajar, karena dengan adanya gedung perkuliahan maka proses belajar akan lebih kondusif dan memberikan kenyamanan mahasiswa maupun dosen dalam menyampaikan materi perkuliahan.

Mengingat semakin timbulnya kesadaran masyarakat untuk mengenyam pendidikan yang lebih, semakin meningkatnya jumlah mahasiswa dan minimnya perguruan tinggi di Kota Metro terutama pada gedung perkuliahan yang ada, maka IAIN Kota Metro Lampung membangun sebuah gedung perkuliahan yang berada di kampus 2 IAIN Metro Lampung yang tepatnya berada di kecamatan Banjar Rejo kabupaten Lampung Timur. Penambahan gedung perkuliahan pada kampus 2 IAIN Metro Lampung diharapkan mampu mengatasi minimnya sarana pada perguruan tinggi yang ada di Kota Metro demi

memaksimalkan kebutuhan mahasiswa dalam menempuh pendidikan di perguruan tinggi.

Dalam perencanaan gedung ini metode yang digunakan program *ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Building Systems)*. *ETABS* merupakan perangkat lunak hasil karya *CSI Bekeley*, program ini sangat *Power Full* dalam melakukan permodelan struktur analysis, dan desain. Program *ETABS* ini juga mampu untuk memecahkan beragam permodelan dan permasalahan yang rumit sekalipun. Program *ETABS* secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu dalam menganalisisnya. Program *ETABS* sendiri telah teruji

aplikasinya di lapangan dan banyak konsultan-konsultan perencana struktur ternama telah menggunakan program ini untuk analisis struktur.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SK SNI 03- 2847 -2002).

Beton kuat di dalam menahan tekan, tetapi lemah di dalam menahan tarik, bentuk baja tulangan untuk beton adalah bulat polos atau bulat ulir.

- a. Baja tulangan polos (\emptyset). biasanya digunakan untuk tulangan geser/begel/sengkan, mempunyai tegangan leleh (f_y) 240 MPa (disebut BJTP-24), dengan ukuran $\emptyset 6$, $\emptyset 8$, $\emptyset 10$, $\emptyset 12$, $\emptyset 14$ dan $\emptyset 16$.
- b. Baja tulangan *deform* (D). Tegangan leleh minimum pada baja tulangan *deform* yang biasanya digunakan sebesar 320 Mpa (disebut BJTP-40), dengan ukuran D10, D13, D16, D19, D22, D25, D32, D36

Pembebanan

1. Beban Mati

Tabel 1. Berat Sendiri Komponen Bangunan

No	Jenis (Konstruksi)	Berat Jenis	Satuan Kg/m ³
1	Berat penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap.	50	Kg/m ²
2	Berat plafond dan penggantung Langit-langit	18	Kg/m ²
3	Berat ½ pasangan bata	250	Kg/m ²
4	Berat pasangan satu batu bata	450	Kg/m ²
5	Berat penutup lantai dari keramik dengan adukan	30	Kg/m ²

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG) 1987

Tabel 2. Berat Sendiri Bahan Bangunan

No	Jenis (Bahan Bangunan)	Massa jenis	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m ³
2	Batu alam	2600	Kg/m ³
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500	Kg/m ³
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	Kg/m ³
5	Batu pecah	1450	Kg/m ³
6	Besi tuang	7250	Kg/m ³
7	Beton (1)	2200	Kg/m ³
8	Beton bertulang (2)	2400	Kg/m ³
9	Kayu (Kelas I) (3)	1000	Kg/m ³
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650	Kg/m ³
11	Pasangan bata merah	1700	Kg/m ³
12	Pasangan batu belah, batu belat, batu gunung	2200	Kg/m ³
13	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m ³
14	Pasangan batu karang	1450	Kg/m ³
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m ³
16	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m ³
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850	Kg/m ³
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700	Kg/m ³
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	Kg/m ³
20	Timah hitam (Timbel)	11400	Kg/m ³

Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG) 1987

2. Beban Hidup

Tabel 3. Muatan Hidup Lantai Bangunan

No	Jenis (Konstruksi)	Berat Jenis	Satuan Kg/m ³
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam 2	200	Kg/m ³
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang - gudang tidak penting yang bukan untuk toko atau ruang kerja	125	Kg/m ³
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, dan asrama.	250	Kg/m ³
4	Lantai ruang olah raga	400	Kg/m ³
5	Lantai ruang dansa	400	Kg/m ³
6	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang alat-alat dan mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri minimum.	400	Kg/m ³
7	Lantai dan balkon dalam dari ruang - ruang untuk pertemuan, tidak termasuk yang disebut dalam 1 hingga dengan 6 seperti gereja, ruang konser, ruang pertunjukan, ruang rapat, bioskop dan sebagainya juga panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400	Kg/m ³

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG) 1987

3. Beban Gempa

- Wilayah gempa

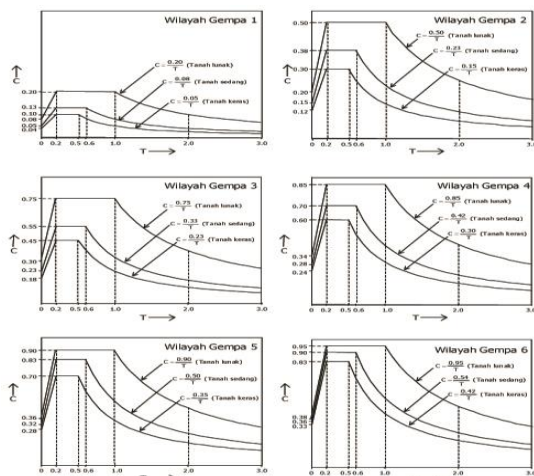
Tabel 4. Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah Untuk Masing-masing Wilayah Gempa Indonesia.

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah A_o (g)			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

Sumber: Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 1726 – 2002 .

- Faktor respons gempa

Faktor respons gempa C dinyatakan dalam percepatan grafitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana perhitungan waktu getar alami (T) $T_x = T_y = 0,06 H^{3/4}$



Gambar 1. Respons Spektrum Gempa Rencana (SNI – 1726–2002)

- Beban gempa nominal

Beban gempa didapat dari hasil perhitungan gaya geser dasar nominal V yang diperoleh dari rumus

$$V = C \times I \times W/R$$

Dimana :

V = gaya geser dasar nominal

C = faktor respons gempa

I = faktor keutamaan gedung

W = berat total gedung termasuk beban hidup yang bekerja

R = faktor reduksi gempa

Gaya geser dasar nominal harus didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang bekerja pada pusat masa lantai tingkat ke- i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} V$$

Dimana :

F_i = gempa nominal statik ekuivalen

W_i = berat lantai ke- i termasuk baban hidup

Z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i diukur dari taraf penjepitan lateral

V = gaya geser dasar nominal

ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems)

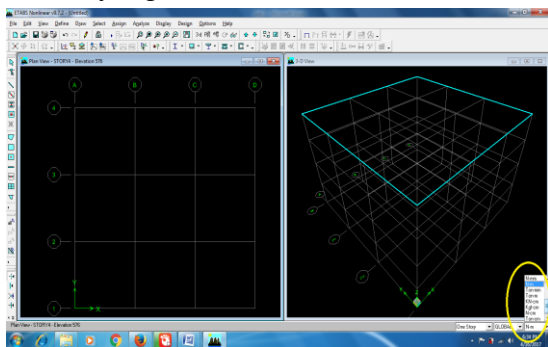
Program *ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems)* adalah suatu program yang dipergunakan untuk melakukan analisis dan desain pada struktur gedung dengan konstruksi beton, baja, dan komposit dengan cepat dan tepat. Software tersebut mempunyai tampilan yang hampir sama dengan SAP karena dikembangkan oleh perusahaan yang sama (*Computers and Structures Inc, CSI*) yaitu salah satu perusahaan pembuat piranti lunak (*software*) untuk perencanaan – perencanaan struktur. ETABS merupakan salah satu aplikasi yang sangat populer di dunia teknik sipil. Software buatan CSI Berkeley ini memang sangat tepat dalam melakukan pemodelan struktur, analisis, dan desain. Kebanyakan para perencana high rise building menjadikan ETABS sebagai pilihan pertama dan utama dalam melakukan analisis dinamik, karena memang analisis dinamik ini secara manual. *ETABS* membahas dengan detail cara-cara untuk mendesain struktur gedung

dengan meliputi permodelan struktur, input pembebanan, analisis gempa, dan perhitungan struktur balok, kolom, plat, serta pondasi. Beban gempa akan dipelajari dalam 2 analisis yaitu dengan beban *respon spektrum function* dan dengan *time hystori function*. Dengan demikian, analisis gempa dan angin dapat secara otomatis dihitung dengan memodifikasi nilai- nilai koefisien faktor dari peraturan *ACI* dan *IBC* sehingga sesuai dengan peraturan *SNI* yang berlaku di Indonesia.

Langkah Mengoprasikan Program ETABS (Extended Three Dimensional Analysis Of Building Systems)

a. Memilih satuan yang akan digunakan

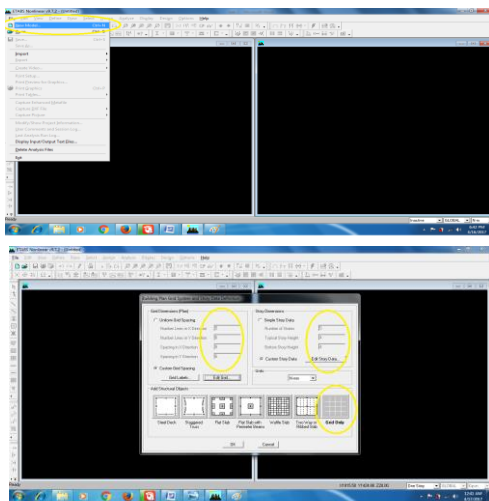
Klik *drop down box* di status bar untuk mengubah unit satuan (Kgf-m) atau satuan yang lain.



Gambar 2. Pemilihan satuan

b. Grid / Kerangka Struktur

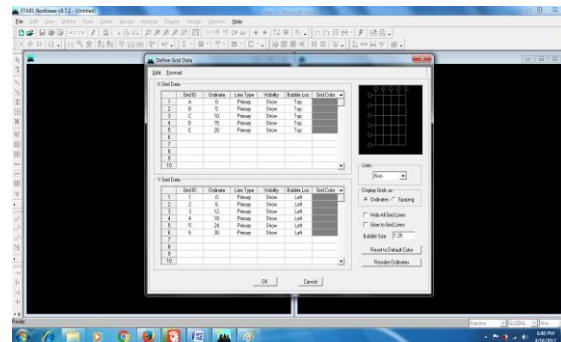
Klik menu file, terus klik new model, klik No. Maka akan tampil jendela seperti dibawah ini :



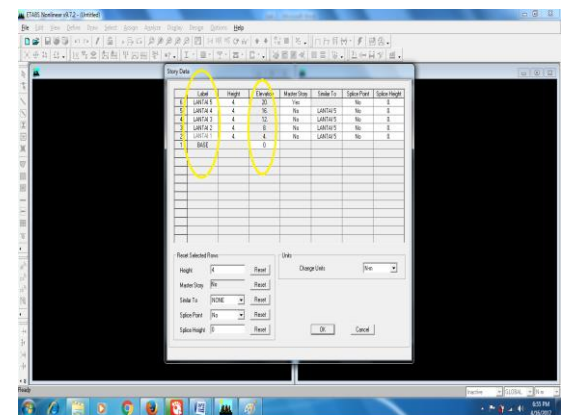
Gambar 3. New model

c. Menentukan Geometri Struktur

Menentukan pemodelan struktur dengan cara klik kanan pada lembar kerja program *ETABS* > akan muncul menu *Coordinate/Grid Sistem* > *Modify/Show systems* > *Klik Spacing* > *input data* > *OK*. Namun edit Grid belum sampai disini karena tinggi lantai belum diterapkan . adapun langkahnya yaitu *Klik edit* pada menu *bar* > *Edit Story Data* > *Edit Story*. Kemudian sesuaikan angka dengan struktur yang dibuat, lalu klik *OK*.



Gambar 4. Edit Grid Data



Gambar 5. Data input

d. Menentukan Perletakan

Atur perletakan yang diinginkan dengan cara klik pada semua titik/*joint* perletakan sehingga akan muncul tanda silang pada *joint*. Kemudian pilih menu *Assign – joint – Restraints* - *Klik OK*.

e. Pembebanan pada struktur

Klik *frame* yang akan diberi beban . klik *Assign* > *Frame Load* > *Distribute* (untuk beban merata)/ *Point* (untuk beban terpusat).

f. Kombinasi Pembebanan

Dengan adanya beban tersebut diatas dikombinasikan berdasarkan SK-SNI – T – 15 – 1991 – 03 yaitu :

- Untuk menahan beban mati D dan beban hidup L dengan menggunakan rumus $U = 1,2 D + 1,6 L$
- Untuk beban angin ditentukan nilai U terbesar adalah
 $U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$
- Untuk ketahanan struktur terhadap gempa (beban E) diperhitungkan
 $U = 1,05 (D + L_R + E)$ atau $U = 0,9 (D + E)$

Dimana L_R adalah beban hidup yang telah direduksi dengan ketentuan SNI 1726 – 1989 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk rumah tinggal dan gedung.

Langkah-langkah untuk memasukan data kombinasi adalah sebagai berikut ini :

- Pilih menu *Define*, kemudian pilih *Load Combination*
- Setelah itu akan muncul kotak dialog *Define Load Combination*.,kemudian isikan semua kombinasi dengan klik *Add New Combination* terlebih dahulu.
- Masukan data-data kombinasi pembebanan , adapun kotak-kotak yang diisi adalah sebagai berikut :
 - Load Combination Name = COMBI*
 - Load Combination Type = ADD*
 - Define Combination*
 - Case Name*, yaitu nama beban yang akan digunakan untuk kombinasi.
 - Scale Factor*, yaitu besarnya perbandingan beban pada sebuah kombinasi.

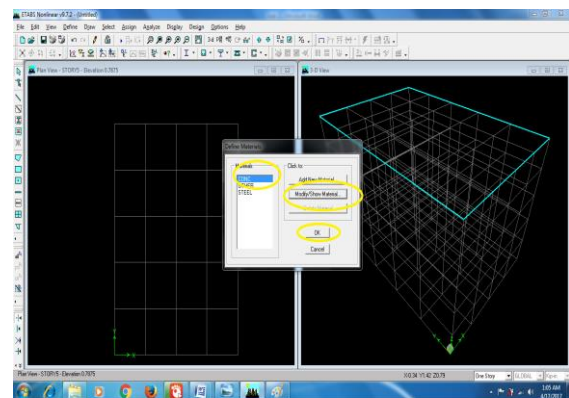
Setelah selesai mengisi *Case Name* dan *Scale Factor*, klik *Add* agar beban beban tecantum pada list pembebanan *Case Name*, jika ingin mengganti *Scale Factor* ataupun *Case Name* dari list maka klik *Modify*. Setelah selesai lalu klik *OK*.

g. Material Struktur

Dalam sebuah bangunan terdapat *Elemen* penyusun dari bangunan itu, dan

Elemen itu mempunyai karakteristik berbeda-beda seperti baja dengan beton dan juga bahan yang lainnya. Dalam menentukan karakteristik dari material beton antara lain:

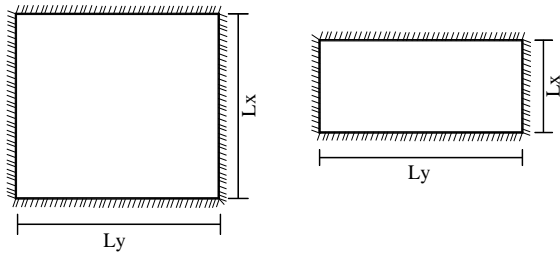
- Pilih Menu *Define > Material Properties*
- Dalam *Option Define Materials*, pilih *CONC (Concrete)* karena material yang digunakan merupakan beton, lalu pilih perintah *Modify/Show Material*, kemudian ubah nama *CONC* sesuai dengan mutu beton yang direncanakan Masukkan data material beton dan baja sesuai dengan data yang diperoleh , lalu klik *OK* pada *Analysis Property*



Gambar 6. Menentukan Material

Analisa Plat

Dalam hal ini pelat yang dipakai adalah plat dua arah dan plat satu arah. Plat dua arah didefinisikan sebagai plat yang didukung sepanjang keempat sisinya atau apabila perbandingan antara panjang dan lebar plat tidak lebih dari dua. Sedangkan pelat satu arah adalah plat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sedemikian sehingga lenturan timbul hanya dalam satu arah saja yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi.



Gambar 7. Plat Lantai

Rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

Menentukan beban:

$$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL} \text{ (beban rencana)}$$

Menentukan tebal h minimum dan maksimum plat adalah sebagai berikut:

$$h_{\min} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9, \beta}$$

$$h_{\max} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

Rumus-rumus yang dipakai dalam perhitungan plat adalah sebagai berikut:

$$d_{\text{efektif}} = h - p - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul}}$$

$$f'c = \dots \text{ Mpa} \rightarrow \beta = \dots$$

$$f_y = \dots \text{ Mpa}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (untuk plat dengan } f_y = 240 \text{ Mpa)}$$

(SK SNI T-15-1991-03 ketentuan perencanaan plat)

$$M_n = \frac{Mu}{\theta}$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \cdot d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

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

jika $\rho < \rho_{\min} < \rho_{\max}$, maka dipakai $\rho_{\min} = 0,002$

$$AS \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$AS_{\text{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{s}$$

Dimana:

As = Luas tulangan yang diperlukan (mm²)

s = Jarak antar tulangan (mm)

p = Selimut beton (mm)

h = Tebal plat (mm)

Mu = Momen lentur akibat beban batas (kNm)

d = Tinggi efektif (mm)

(Sedangkan dalam analisa program plat lantai maupun atap menggunakan program ETABS).

Tabel 5. Momen-momen pelat akibat beban terbagi rata (Tumpuan terjepit elastis)

Momen di dalam pelat penyangga yang menerima pada keempat tepi akibat beban terbagi rata

ly/lx	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6		
I	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	44	52	59	66	73	79	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	115	
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	44	45	45	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	36	42	46	50	53	56	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63
II	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	33
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	33
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34	33
III	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	41	51	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	94
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	48	48	48	47	47	47	47	46
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	48	48	48	47	47	47	47	46
IVa	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	33	38	41	41	41	41	41	40	40	40	39	39	39	39	39	39	39	38
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	33	37	42	47	50	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	59	58
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	33	37	42	47	50	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	59	58
IVb	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	33
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	33	37	42	47	50	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	59	58
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	33	37	42	47	50	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	59	58
Va	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	31	36	41	45	48	51	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	58
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	40	43	46	48	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	48
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	40	43	46	48	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	48
Vb	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	40	46	51	55	58	61	63	65	67	68	69	70	70	71	71	71	71	70
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	31	36	41	45	48	51	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	58
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	31	36	41	45	48	51	53	55	57	58	59	59	59	59	59	59	59	58
VIa	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	38	45	51	56	61	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	88	88	88
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	49	49	49	49	48
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	49	49	49	49	48
VIb	M _{lx} = 0,01 q _u l _x ²	33	48	51	55	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63
	M _{ly} = 0,01 q _u l _y ²	38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
	M _{lx} - M _{ly} = 0,01 q _u l _x ²	38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971

Tabel 6. Momen-momen pelat akibat beban terbagi rata (Tumpuan terjepit penuh)

Momen di dalam pelat penopang yang mengumpul pada keempat tepinya akibat beban terbagi rata

L _x /L _y	L _x /L _y																	
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	>2.5		
I	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	44	51	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	115
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31
II	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	21	25	28	31	34	36	37	38	40	41	41	41	41	42	42	42	42
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	10
III	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
IV	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	28	33	38	42	45	48	50	51	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	28	28	28	27	26	25	23	22	21	19	18	17	17	16	16	16	15
V	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	68	77	83	88	92	96	100	103	106	108	110	111	111	111	111	111	112
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	68	72	74	76	77	77	76	74	73	72	71	70	70	70	70	70	70
VI	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	22	28	34	42	49	51	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	105
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	22	25	27	29	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
VII	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	9	9	9	9	9	8
VIII	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
IX	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	31	38	45	51	56	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	31	29	28	27	26	25	24	22	21	20	19	18	17	16	16	15	15
X	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	84	92	99	104	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	123	124	125
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	84	91	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	123	123	123	124	125
XI	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	61	61	61	62	63
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15
XII	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	123	123	123	124	125
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	84	91	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	123	123	123	124	125
XIII	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	18
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	18
XIV	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	65	65	65	64	63	62	61	59	58	57	56	55	54	53	53	52	52
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	65	63	61	59	57	55	53	51	49	48	47	46	45	44	44	43	43
XV	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	29	29	32	35	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42
	M _{ly} = +0,001 q _u l _y ² X	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10
XVI	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
XVII	M _{lx} = +0,001 q _u l _x ² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	M _{ly} = -0,001 q _u l _y ² X	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

— • Terbalik bebas
— • Terjepit penuh

Tabel 7. Jarak Penulangan Plat

* Tulangan Pelat (mm² per meter)

Spasi (mm)	Diameter Nominal (mm)																	
	d-6	d-8	d-10	d-12	d-13	d-14	d-16	d-19	d-22	d-25	d-28	d-29	d-32	d-36	d-40	d-50	d-54	d-57
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
50	565	1005	1571	2262	2655	3079	4021	5671	7603	9817	12315	13210	16085	20358	25133	39270	45804	51035
75	377	670	1047	1508	1770	2053	2681	3780	5068	6545	8210	8807	10723	13572	16755	26180	30536	34023
100	283	503	785	1131	1327	1539	2011	2835	3801	4909	6158	6605	8042	10179	12566	19635	22902	25518
125	226	402	628	905	1062	1232	1608	2268	3041	3927	4926	5284	6434	8143	10053	15708	18322	20414
150	188	335	524	754	885	1026	1340	1890	2534	3272	4105	4403	5362	6786	8378	13090	15268	17012
175	162	287	449	646	758	880	1149	1620	2172	2805	3519	3774	4596	5816	7181	11120	13087	14581
200	141	251	393	565	664	770	1005	1418	1901	2454	3079	3303	4021	5089	6283	9817	11451	12759
225	126	223	349	503	590	684	894	1260	1689	2182	2737	2936	3574	4524	5585	8727	10179	11341
250	113	201	314	452	531	616	804	1134	1521	1963	2463	2642	3217	4072	5027	7854	9161	10207
275	103	183	286	411	483	560	731	1031	1382	1785	2239	2402	2925	3701	4570	7140	8328	9279
300	94	168	262	377	442	513	670	945	1267	1636	2083	2202	2681	3393	4189	6545	7634	8506

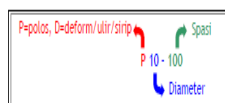
Contoh:

P 10-100 = 785 mm²/m
 D 13-150 = 885 mm²/m

P: tulangan polos

S: tulangan sirip (deform/ulir)

Penamaan: tul. polos = P.10, P.12, dst.; tul. deform = S.25, S.29, dst.



Analisa Balok

Apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut. Sifat utama beton adalah kurang mampu menahan gaya tarik akan menjadi dasar perhitungan. Tulangan yang hanya dipasang di daerah tegangan tarik bekerja pada balok disebut balok bertulangan baja tarik.

Analisa dan perencanaan balok yang dicetak menjadi kesatuan monolit dengan pelat atau atap, didasarkan pada anggapan antara pelat dengan balok-balok terjadi interaksi saat menahan momen lentur positif yang bekerja pada balok. Sedangkan untuk perencanaan penampang dapat diasumsikan dengan acuan SNI 03-2847-2002

Tabel 8. Minimum Balok dan Satu Arah Bila Lentutan Tidak Diperhitungkan

Komponen Struktur	Tebal Minimum			
	Dua Tumpuan	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
Pelat solid satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau jalur satu arah	L/16, L/21	L/18,5	L/21	L/8

Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lentutan yang besar

Sumber SNI 03-2847-2002

(Sedangkan untuk analisa penampang balok dengan program ETABS).

Tabel 9. Luas Tulangan Balok dan Kolom

TABEL LUAS TULANGAN

* Tulangan Balok dan Kolom (mm²)

Arah (mm)	Diameter Nominal (mm)																	
	d-6	d-8	d-10	d-12	d-13	d-14	d-16	d-19	d-22	d-25	d-28	d-29	d-32	d-36	d-40	d-50	d-54	d-57
	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
X	21	30	45	67	78	91	120	165	210	270	330	360	420	510	630	810	945	1050
Y	21	30	45	67	78	91	120	165	210	270	330	360	420	510	630	810	945	1050
Z	21	30	45	67	78	91	120	165	210	270	330	360	420	510	630	810	945	1050
...

Analisa Kolom

Kolom merupakan komponen struktur vertikal yang meneruskan beban dari balok atau plat sehingga sampai pada pondasi. Pada kolom beban aksial dan lentur tidak dapat dipisahkan sehingga perlu ditinjau interaksi antara kedua besaran gaya dalam tersebut. Keruntuhan pada suatu kolom merupakan penyebab utama keruntuhan total bangunan, oleh karena itu perencanaan kolom harus diberikan kekuatan yang lebih tinggi dari pada balok atau yang lebih dikenal dengan *Strong Colom Weak Beam*-kolom kuat balok lemah.

Adapun langkah dalam mendesain kolom yaitu:

1. Klik *Define > Frame Sections*
2. Kemudian pada *Option Define Properties Data* pilih *Add Rectangular*
3. Pada *Option Rectangular Section* isi *Edit Boxes* sesuai data
 - a. Beri nama kolom pada *Section Name*
 - b. Pilih mutu beton yang akan digunakan
 - c. Masukkan untuk dimensi lebar dan tebal kolom
 - d. Klik *Reinforcement* untuk memasukkan data tulangan
 - e. *Cover To Rebar* (tebal penutup beton)
 - f. *Number Of Bar In 3-dir* (jumlah tulangan terhadap sumbu *Local*)
 - g. *Number Of Bar In 2-dir* (jumlah tulangan terhadap sumbu *local*)
 - h. Masukkan ukuran tulangan yang diperoleh dari perhitungan
 - i. Setelah semua data dimasukkan kemudian klik *OK* pada *Reinforcement* data lalu klik *Set Modifiers*
4. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.11,1 gaya-gaya aksial terfaktor M1 dan M2 pada ujung-ujung kolom dan bila mana diperlukan simpangan relatif antar lantai, harus dihitung dengan analisis elastis rangka orde baru satu, dimana besaran-besaran

penampang ditentukan dengan memperlihatkan pengaruh beban aksial, adanya retak sepanjang bentang komponen struktur dan durasi beban.

Tabel 10. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas	ec (dari pasal10.5.1)
Momen inersia	
Balok	0,35
Kolom	0,7
Dinding : Tidak retak	0,7
: Retak	0,35
Plat datar dan lantai Datar	0,25
Luas	1

Sumber : SNI 03-2847-2002

Data tersebut kemudian diinput ke ETABS dengan tahapan *Option Property Modifiers > Analysis Property Modification Factors*, pada *Moment Of Inertia About 2 Axis* dan *3 Axis* diisi dengan 0,7.

5. Klik *OK* pada *Analysis Property Modification Factors* dan kemudian klik *OK* pada *Rectangular Section*
6. Lakukan hal yang sama untuk semua jenis kolom yang akan digunakan.

Permodelan Struktur

Agar struktur gedung yang direncanakan mampu menahan beban-beban yang bekerja maka haru diterapkan ke bidang gambar adapun tahapannya yaitu:

1. Penggambaran Elemen Kolom
Adapun langkah dalam menggambar *Elemen* kolom yaitu:
 - a. Klik *Menu Draw*, pilih *Draw Line Object* kemudian pilih *Create In Region At Click (Plane)*
 - b. Kemudian letakan kolom pada *Grid* yang diinginkan
2. Penggambaran Elemen Balok
Tahapan dalam menggambar *Elemen* balok yaitu:
 - a. Klik *Draw Line Object* kemudian pilih *Draw Line*

- b. Kemudian gambarkan pada garis *Grid-Grid* yang telah direncanakan
3. Menggambar Elemen Pelat
 Karena pada bangunan menggunakan pelat beton untuk lantainya maka harus direncanakan pelat beton itu, adapun tahapannya yaitu:
 - a. klik *Draw Area Object*, kemudian pilih *Create Area At Click*, kemudian pilih *Property* untuk *Slab*
 - b. kemudian klik pada bagian-bagian yang akan digambar.

Response Spectrum Gempa Rencana

Karena bangunan didesain agar bisa tahan dari gempa yang sesuai dengan peraturan yang digunakan *SNI-1726-2002* maka perlu direncanakan beban gempa, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Klik *Define* pada menubar, kemudian pilih *Response Spectrum Function*
2. Pada kotak dialog *Define Response Spectrum Function*, klik *Add User Spectrum*, untuk tipe gempa di indonesia tidak terdapat didalam *ETABS* oleh karena itu dihitung secara manual.
3. Kemudian masukan periode dan akselerasi/ percepatan gempa pada kotak dialog *Response Spectrum Function Definition* sesuai dengan perhitungan. Setelah kurva respons spektrum diinput kemudian harus didefinisikan spektrum case

Adapun langkah menentukan spektrum case antara lain:

- 1) Klik *Define* pada menubar, kemudian pilih *Response Spectrum Case*.
- 2) Setelah itu klik *Response Spectrum Spectra*, kemudian akan muncul kotak dialog *Define Response Spectra* lalu klik *Add New Spectrum* untuk membuat pengaturan baru untuk data-data gempa pada wilayah yang akan di analisis.
- 3) Setelah itu masukan data pada kotak dialog *Response Spectrum Data*, data

yang dimasukan adalah sebagai berikut:

- a. *Spectrum Case Name*,
 untuk arah X = *RSX*
 untuk arah Y = *RSY*
- b. *Model Combination* = *CQC*
- c. *Directional Combination* *SRSS*
- d. *Input Response Spectrum*
 - 1) Untuk arah X masukan *function* dan *Scale factor* pada kotak U1 sesuai dengan hitungan analisis pembebanan
 - 2) Untuk arah Y masukan *function* dan *scale factor* pada kotak U2 sesuai dengan hitungan analisis pembebanan.

Analisis struktur

Sebelum *running program*, pilih menu *analyze, Running Program*, klik menu *analyze*, setelah *analyze complete*, klik *OK*

Balok Sloof

Fungsi balok sloof adalah sebagai pengikat antara pondasi sehingga diharapkan bila terjadi pada penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan.

Balok sloof akan menerima beban akibat :

1. Perbedaan penurunan pondasi
 Perbedaan penurunan antar pondasi, ΔS , adalah $1/150 L_s$ hingga $1/300 L_s$. Akibat dari penurunan tersebut, maka balok sloof akan mengalami momen ΔM sebesar :

$$\Delta M = \frac{6 \cdot E \cdot I \cdot \Delta S}{L_s^2}$$
 Dimana :
 ΔM = momen yang terjadi akibat perbedaan penurunan pondasi.
 E = modulus elastisitas beton.
 ΔS = perbedaan penurunan pondasi.
 L_s = panjang balok sloof.
2. Gaya aksial 10% dari kolom yang bekerja bersamaan dengan gaya momen. Gaya aksial 10% ini bekerja bolak-balik sebagai gaya normal pada balok sloof sehingga perhitungannya dapat dilakukan seperti perhitungan

kolom. Momen-momen dapat terjadi akibat beban dari struktur atas.

Perhitungan Tulangan Balok Sloof Tulangan Lentur

(SNI-03-2847-2002 pasal 12.3)

Untuk komponen struktur non-prategang dengan tulangan sengkang pengikat, kuat tekan aksial terfaktor ϕP_n tidak boleh diambillibeh dari :

$$\phi P_n(\max) = 0,80 \cdot \phi \cdot [0,85 \cdot f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y]$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 23.10)

Bila beban aksial tekan terfaktor $\phi \leq 0,10 f'_c A_g$ maka persyaratan pada pasal 23.10.5 harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spiral. Pasal 23.10.5 yaitu mengenai persyaratan jarak tulangan sengkang.

Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/3 kuat lentur negatifnya pada muka kolom tersebut (SNI-03-2847-2002 pasal 23.10.4).

Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/5 kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

(SNI-03-2847-2002 pasal 12.5)

Tulangan A_s minimum tidak boleh kurang dari:

$$A_s \min = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b \cdot d$$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$A_s \min = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

Dimana:

- B = lebar balok
- d = tinggi efektif balok
- f'_c = kuat tekan beton
- f_y = tegangan leleh baja

Tulangan Geser

Tulangan geser menurut SNI-03-2847-2002 pasal 13.1:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\phi(V_c + V_s) \geq V_u$$

di mana :

ϕ = faktor reduksi kekuatan geser (0,75)

V_n = tegangan geser nominal

V_u = gaya geser terfaktor

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

(SNI-03-2847-2002 pasal 13.1) Untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh gaya tarik aksial yang besar, kuat geser V_c boleh dihitung dengan perhitungan yang lebih rinci dengan persamaan:

$$V_c = \left(1 + \frac{0,3 N_u}{A_g}\right) \frac{\sqrt{f'_c} b_w \cdot d}{6}$$

Di mana:

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

f'_c = kuat tekan beton

A_g = luas penampang beton

d = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal = tinggi balok – selimut beton

N_u = gaya tarik terfaktor

Sehingga V_s dapat dicari dengan rumus :

$$\phi(V_c + V_s) \geq V_u$$

Dimana :

A_v = luas tulangan geser

f_y = kuat leleh tulangan

d = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

S = jarak tulangan geser

Jarak Tulangan Geser

(SNI-03-2847-2002 pasal 23.10.4.2) Pada kedua ujung balok harus dipasang sengkang pertama pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan jarak $l_o = 2x$ tinggi balok diukur dari muka perletakan ke arah bentang.

Sengkang ini harus mempunyai spasi yang tidak lebih dari :

- a. 1/4 tinggi efektif balok
- b. 8 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- c. 24 kali diameter sengkang
- d. 300 mm

e. Gunakan ukuran yang terkecil

Analisa Pondasi

Pondasi adalah komponen struktur bangunan yang terbawah yang berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ketanah. Karena pondasi berfungsi sebagai penahan beban hidup dan beban mati yang berada di atasnya dan bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan tersebut, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat pada yang mendukung pondasi. Pada perhitungan ini menggunakan pondasi Bore Pile dan menggunakan cara perhitungan Dedi susanto.

Uraian Umum

Pondasi tiang pancang dipergunakan untuk suatu bangunan dimana tanah dasar dibawah bangunan tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya. Pondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan beban-beban dari konstruksi kelapisan tanah yang lebih dalam.

Menurut cara pemindahan beban, tiang pancang dibedakan menjadi 2 yaitu:

a. Point Bearing Pile (End Bearing Pile)

Tiang pancang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung kelapisan tanah keras.

b. Friction Pile

Tiang pancang ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit. Apabila pemancang tiang sampai dengan tanah keras melalui tanah lempung, untuk menghitung daya dukung tiang diperhitungkan baik berdasarkan tahanan ujung maupun *clef (friction pile)*.

Kelompok Tiang Pancang

a. Jumlah Tiang Pancang

$$n = \frac{N_{total}}{Eff \cdot Q_{tiang}}$$

Dimana :

n = Jumlah tiang pancang

N = Gaya aksial yang bekerja pada kolom

Eff = Efisiensi kelompok tiang pancang

Q = Daya dukung tiang pancang (N)

Untuk perhitungan perkiraan jumlah tiang pancang harga efisiensi tiang pancang ditaksir lebih dahulu. Setelah jumlah tiang ditentukan (berdasarkan hitungan perkiraan jumlah tiang pancang), baru dihitung efisiensi kelompok tiang pancang yang sebenarnya.

b. Efisiensi kelompok tiang

$$Eff = 1 + \frac{d}{\pi s m} \{m(n-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}\}$$

Dimana:

n = jumlah tiang pancang berbaris

m = banyaknya baris

d = diameter tiang (mm)

s = jarak antar as tiang (mm)

c. Daya dukung efektif kelompok tiang

$$P_{eff} = Eff \times n \times Q_{tiang}$$

d. Beban yang didukung tiang pancang

$$P_{tiang} = \pm \frac{N_{total}}{n} \pm \frac{M_{y-x}}{\sum x^2} \pm \frac{M_{x-y}}{\sum y^2}$$

Dimana:

M_y = Momen arah sumbu y yang bekerja pada kolom (Nmm)

M_x = Momen arah sumbu x yang bekerja pada kolom (Nmm)

x = Absis tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang (mm)

y = Ordinat tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang (mm)

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat absis tiang pancang (mm)

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat tiang pancang (mm)

e. Kontrol Poer

$$\phi V_c = 0,60 \left[1 + \frac{2}{\beta_o} \right] \left[\frac{1}{6} \sqrt{f_c} \right] b_o \cdot d$$

Dimana :

β_o = perbandingan sisi kolom terpanjang dan sisi kolom terpendek

b_o = keliling bidang kritis (mm)

d = tinggi efektif *poer* (mm)

Jika $V_u < \phi V_c \longrightarrow$ *poer* tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$, *poer* perlu tulangan geser

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada lokasi Kampus 2 IAIN Kota Metro, yang tepatnya berada di kecamatan Banjar Rejo Kabupaten Lampung Timur

Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data Lapangan adalah data utama, data yang diperoleh dari observasi lapangan di daerah penelitian adalah :

Gambar kerja

Bangunan (tiga) lantai

a. Tinggi Bangunan Gedung

lantai 1 = 4,5 m

lantai 2 = 4,5 m

lantai 3 = 4,5 m

Total ketinggian = 13,5m

b. Luas bangunan

Luas Bangunan Lantai 1 = 1987,08 m²

Luas Bangunan Lantai 2 = 1987,08 m²

Luas Bangunan Lantai 3 = 1886,5 m²

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data penunjang yang mendukung proses pembahasan yang diperoleh dari buku referensi dan literatur - literatur skripsi Teknik Sipil.

Data-data sekunder antara lain :

a) Beban-beban yang bekerja pada bangunan

b) Mutu beton menggunakan beton dengan kuat tekan ($F'c$) = 29,05 MPa

c) Mutu baja menggunakan kuat leleh (\emptyset) F_y = 240 Mpa

d) Mutu baja menggunakan kuat leleh (D) F_y = 320 Mpa

Kajian Penelitian

Dari data yang telah diperoleh maka selanjutnya akan dilakukan proses kajian penelitian dengan menghitung kembali semua beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan gedung tersebut dengan maksud dan tujuan untuk mengetahui besarnya beban-beban yang bekerja pada masing-masing komponen struktur, sehingga didapatkan suatu struktur dengan berbagai jenis dimensi

atau ukuran dari masing-masing komponen yang efektif, efisien serta kuat secara teknis yang mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia (Standar Nasional Indonesia).

Dalam kajian perhitungan menggunakan dari berbagai sumber literatur sebagai acuan dan referensi diantaranya sebagai berikut:

a) Perhitungan beton menggunakan peraturan SK SNI T-15-1991-03, SNI 03-2847-2002, SNI-1726-2002, PPIUG 1983 dan PPPIURG 1987.

b) Mutu beton yang digunakan adalah beton dengan $F'c$ = 29,05 MPa dan (\emptyset) F_y = 240 Mpa, (D) F_y = 320 Mpa .

c) Dalam menganalisa dan mendesain/merencanakan gedung bertingkat penulis menggunakan program *ETABS*.

Langkah-Langkah Perencanaan

1. Pemodelan Struktur

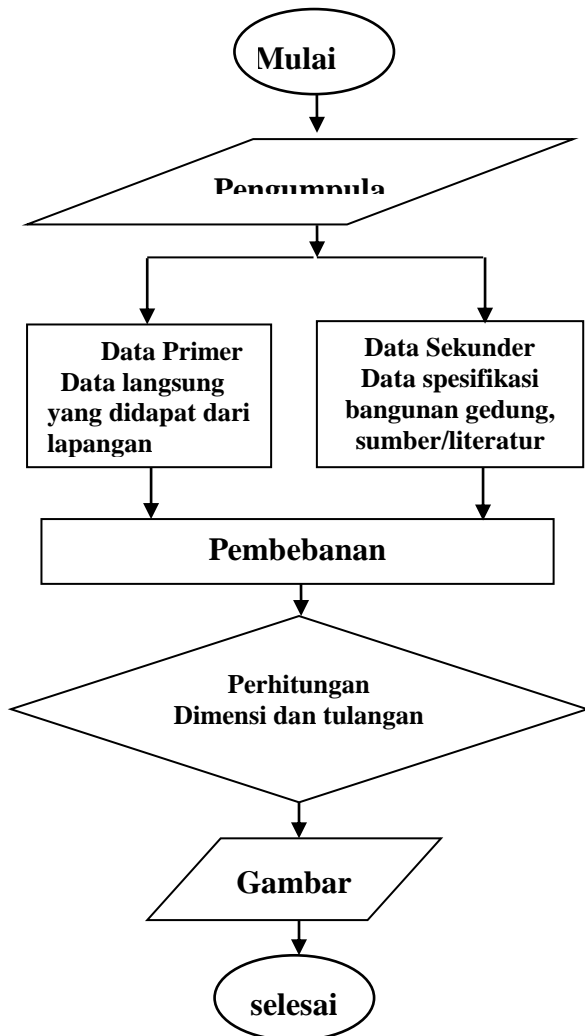
2. Pembebanan

3. Analisis struktur dengan program *ETABS*

4. Perhitungan struktur dengan program *ETABS*

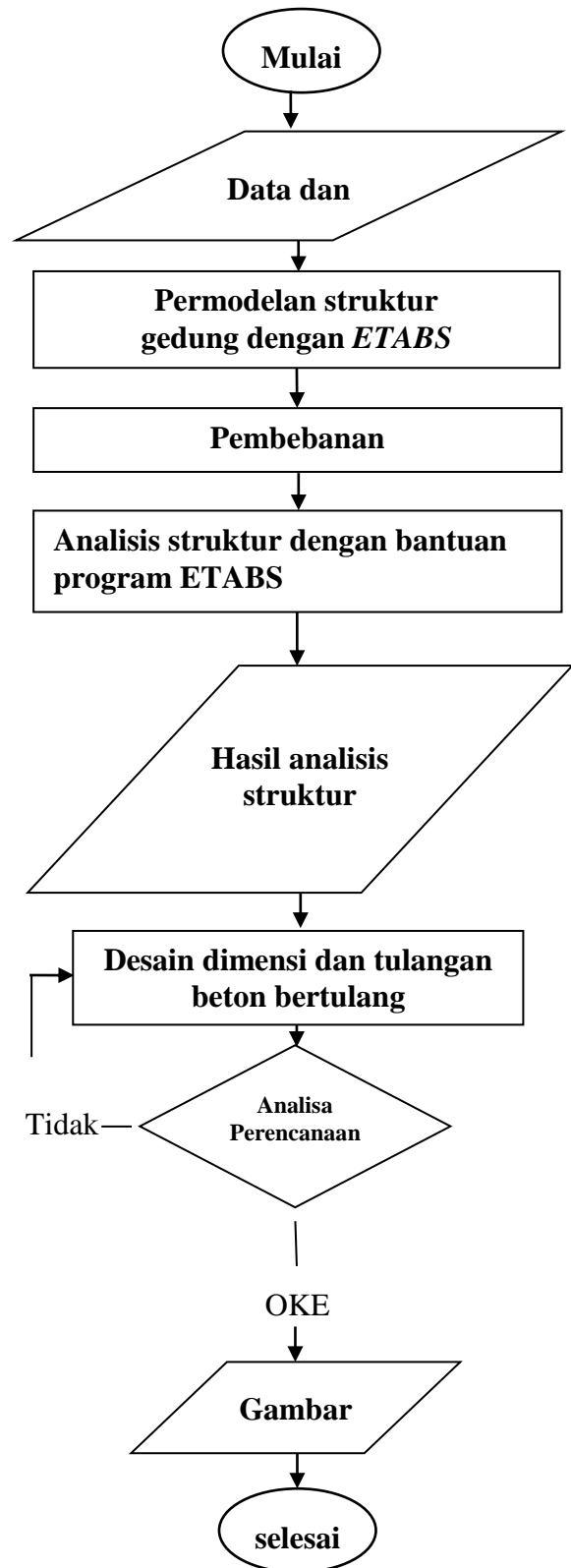
5. Hasil (Gambar struktur gedung) dengan program *Autocad*

Bagan Alur Penelitian (flow chart)



Gambar 8. Bagan Alir Penelitian Penulisan dan perhitungan (flow chart)

Bagan Alur Perencanaan (flow chart)



Gambar 9. Bagan Alur Perencanaan

PEMBAHASAN

Data Bangunan

Data struktur beton gedung perkuliahan kampus 2 IAIN Metro Lampung:

1. Bangunan 3 (tiga) lantai
 - a. Tinggi bangunan gedung
 - a) lantai 1 = 4,50 m
 - b) lantai 2 = 4,50 m
 - c) lantai 3 = 4,50 m
 - d) Total ketinggian = 13,50 m
 - b. Luas bangunan
 - a) Panjang bangunan gedung = 54,74 m
 - b) Lebar bangunan gedung = 23 m
 - c) Luas bangunan
Luas Bangunan Lantai 1 = 1987,08 m²
Luas Bangunan Lantai 2 = 1987,08 m²
Luas Bangunan Lantai 3 = 1886,5 m²
2. Material struktur beton yang digunakan :
 - a) Mutu kuat tekan beton $f'c$ = 29,05 Mpa => K-350
 - b) Mutu baja f_y = 240 Mpa (\emptyset polos) = 320 Mpa (D ulir)
 - c) Modulus *elastisitas* beton = $4700\sqrt{f'c}$ (SNI-03-2847-2002
 $E_c = 25742,96$ Mpa = 3101561,446 kg/cm²
 - d) Angka *poisson* = 0,2(ARS Group Azza Reka

Data Perhitungan Plat Lantai

Menurut data di lapangan tentang perencanaan plat diperoleh data sebagai berikut:

Data tinjauan pada plat type A:

1. $F'c = 29,05$ Mpa = 350 kg/cm²
2. $F'y = 240$ MPa = 2891,57 kg/cm²
3. Tebal Plat Lantai = 12 cm
4. \emptyset Tulangan = $\emptyset 10$ mm
4. Bentang terpanjang L_y = 4,5 m
5. Bentang terpendek L_x = 3,25 m
6. Fungsi gedung sebagai Ruang Kuliah (PPURG 1987) = 250 kg/m²

Menurut SK SNI T-1 5-1991-03 tentang perencanaan plat dengan ketentuan :

1. Faktor reduksi (θ) = 0,8
2. Tebal selimut beton (p) = 2 cm
3. B_j Beton (PPURG 1987) = 2400 kg/m³
4. Berat Spesi (PPURG 1987) = 2100 kg/m²
5. Lantai kramik (PPURG 1987) = 2400 kg/m²
6. Beban Plafond (PPURG 1987) = 18 kg/m²

Beban Yang Bekerja Pada Plat

a. Beban Mati (W_D)

Direncanakan : Plat lantai setebal 12 cm
Penutup plat keramik setebal 1 cm

Spesi pemasangan 2 cm

Berat sendiri plat	= 0,12 x 2400 = 288 kg/m ²
Berat spesi (PPURG 1987)	= 0,02 x 2100 = 42 kg/m ²
Lantai kramik (PPURG 1 987)	= 0,01 x 2400 = 24 kg/m ²
Beban Plafond (PPURG 1987)	= 0,11 + 0,07 = 18 kg/m ²
Total Beban (W_D)	= 372 kg/m ²

Direncanakan plat atap setebal 10 cm

Berat sendiri plat = 0,10 x 2400 = 240 kg/m²

Air Hujan = 0,05 x 1000 = 50 kg/m²

Beban Plafond (PPURG 1987) = 0,11 + 0,07 = 18 kg/m²

Total Beban (W_D) = 308 kg/m²

b. Beban hidup (W_L)

Beban hidup yang dipakai dalam merencanakan gedung sekolah ini sesuai dengan fungsi masing – masing plat lantai nantinya, diambil berdasarkan “Peraturan Pembebanan Untuk Gedung 1987”, yaitu :

- a. Fungsi gedung sebagai Ruang kuliah = 250 kg/m²
- b. Beban hidup pada atap gedung = 100 kg/m²

c. Beban berfaktor/rencana (W_U)

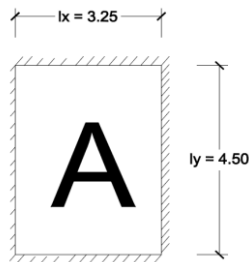
$W_U = 1,2 (W_D) + 1,6 (W_{L1})$

$$= 1,2 (372) + 1,6 (250) = 846,4 \text{ kg/m}$$

$W_U = 1,2 (W_D) + 1,6 (W_{L3})$

$$= 1,2 (356) + 1,6 (100) = 587,2 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Plat Type A



Gambar 10. Plat type A

Karena terjepit oleh balok pada keempat sisinya, maka diasumsikan jepit penuh (Monolid) sesuai dengan SK SNI T-15 1991-03.

Dari gambar didapat $\beta = L_y/L_x = 4,5/3,25 = 1,4$

L_y/L_x dimana:

L_y = Panjang bentang arah y (bentang terpanjang)

L_x = Panjang bentang arah x (bentang terpendek)

Momen Perlu

Untuk menentukan momen pelat tersebut adalah:

- $M_{lx} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x$
- $M_{ly} = 0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x$
- $M_{tx} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x$
- $M_{ty} = -0,001 \cdot w_u \cdot l_x^2 \cdot x$

Keterangan:

- M_{lx} = Momen lapangan arah X
- M_{ly} = Momen lapangan arah Y
- M_{tx} = Momen tumpuan arah X
- M_{ty} = Momen tumpuan arah Y
- W_u = Beban berfaktor/rencana
- l_x^2 = Panjang Bentang Terpendek dalam arah x
- x = koefisien yang tergantung $\frac{l_y}{l_x}$

Maka dengan interpolasi didapatkan momen sebagai berikut :

- $M_{lx} = 0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 34 = 303,8 \text{ kgm}$
- $M_{tx} = -0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 73 = 652,4 \text{ kg.m}$
- $M_{ly} = 0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 18 = 160,8 \text{ kg.m}$

$$d. M_{ty} = -0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 57 = 509,4 \text{ kg.m}$$

Perhitungan h_{min} dan h_{max}

$$h_{min} = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9 \cdot \beta} = \frac{4500\left(0,8 + \frac{240}{1500}\right)}{36 + 9 \cdot 0,85} = 98,969 \text{ mm}$$

$$h_{max} = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36} = \frac{4500\left(0,8 + \frac{240}{1500}\right)}{36} = 120 \text{ mm}$$

dari perhitungan tersebut digunakan tebal plat (h) = 120 mm, karena $h \geq h_{min}$ maka lendutan tidak diperhitungkan.

Perhitungan Tulangan Plat lantai

Tebal plat : $h = 120 \text{ mm}$,

$F'_c = 29,05 \text{ Mpa}$,

$F'_y = 240 \text{ Mpa}$

Tebal penutup beton : $p = 20 \text{ mm}$ (PBI 1989)

Ditentukan diameter tulangan $\phi_p = 10 \text{ mm}$

Tinggi efektif :

$$d_x = h - p - 0,5 \cdot \phi_p = 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 = 95 \text{ mm}$$

$$d_y = h - p - \phi_{px} - 0,5 \cdot \phi_{px} = 120 - 20 - 10 - 0,5 \cdot 10 = 85 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{(0,85 \cdot f'_c)}{f_y} \beta_1 \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)$$

$$\rho_b = \frac{(0,85 \cdot 29,05)}{240} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 240}\right) = 0,062$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,062 = 0,0465$$

Untuk menentukan As Perlu Sesuai dengan peraturan SK SNI T-15 1991-03,

Jika $\rho_{perlu} > \rho_{min}$ maka menggunakan ρ_{perlu} ,
jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ maka menggunakan ρ_{min} ,
nilai ρ_{max} sebagai nilai batas tertinggi
dalam ρ_{min} dan ρ_{perlu} .

Perhitungan Tulangan

a. Penulangan Lapangan Arah x (Mlx)

$$\text{Tinggi Efektif } dx = h - p - (\frac{1}{2} \cdot \theta \text{ tul})$$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm}$$

$$Mu = 0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 34$$

$$= 303,8 \text{ kg.m} = 3,038 \text{ kN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{3,038}{0,8} = 3,79 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{3,79 \times 10^6}{1000 \cdot 95^2} \right) = 0,419$$

$$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{fy} \right)} \right\}$$

$$= \frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,41}{240} \right)} \right\} =$$

$$0,001$$

$$\rho_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min} = 0,001 < 0,006$ maka

Tulangan menggunakan $\rho_{min} = 0,006$

$$AS_{perlu} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 95 = 570 \text{ mm}^2$$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 125 \text{ mm}$
(628 mm²)

b. Penulangan tumpuan Arah x (Mtx)

$$\text{Tinggi Efektif } dx = h - p - (\frac{1}{2} \cdot \theta \text{ tul})$$

$$= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm}$$

$$Mu = -0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 73$$

$$= 652,4 \text{ kg.m} = 6,524 \text{ kN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{6,524}{0,8} = 8,1 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{8,1 \times 10^6}{1000 \cdot 95^2} \right) = 0,89$$

$$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{fy} \right)} \right\} =$$

$$\frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,89}{240} \right)} \right\} = 0,003$$

$$\rho_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min} = 0,003 < 0,006$ maka
tulangan menggunakan $\rho_{min} = 0,006$

$$AS_{perlu} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 95 = 570 \text{ mm}^2$$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 125 \text{ mm}$
(628 mm²)

c. Penulangan Lapangan Arah y (Mly)

$$\text{Tinggi Efektif } dx = h - p - \theta \text{ tul} - (\frac{1}{2} \cdot \theta \text{ tul})$$

$$= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm}$$

$$Mu = 0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 18$$

$$= 160,8 \text{ kg.m} = 1,608 \text{ kN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{1,608}{0,8} = 2,01 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{2,01 \times 10^6}{1000 \cdot 85^2} \right) = 0,27$$

$$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{fy} \right)} \right\}$$

$$= \frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,27}{240} \right)} \right\} = 0,001$$

$$\rho_{min} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{perlu} < \rho_{min} = 0,001 < 0,006$ maka

Tulangan menggunakan $\rho_{min} = 0,006$

$$AS_{perlu} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 85 = 510 \text{ mm}^2$$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ (524 mm^2)

a. Penulangan tumpuan Arah y (Mty)

Tinggi Efektif $dx = h - p - \theta \text{ tul} - (1/2 \cdot \theta \text{ tul})$
 $= 120 - 20 - 10 - 1/2 \cdot 10 = 85 \text{ mm}$

$Mu = -0,001 \times 846,2 \times 3,25^2 \times 57$
 $= 509,4 \text{ kg.m} = 5,094 \text{ kN.m}$

$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{5,094}{0,8} = 6,367 \text{ kN.m}$

$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{6,367 \times 10^6}{1000 \cdot 85^2} \right) = 0,54$

$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$

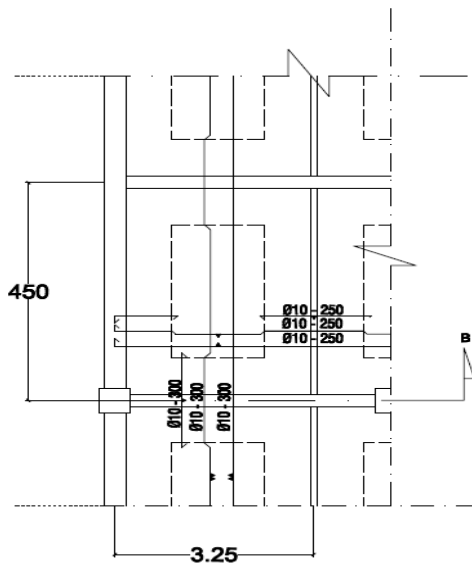
$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot Rn}{fy} \right)} \right\}$
 $= \frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,54}{240} \right)} \right\} = 0,002$

$\rho_{\text{min}} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$

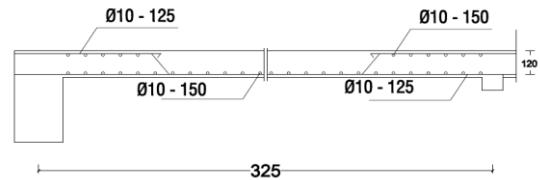
$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,002 < 0,006$ maka tulangan menggunakan $\rho_{\text{min}} = 0,006$

$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$
 $= 0,006 \times 1000 \times 85 = 510 \text{ mm}^2$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ (524 mm^2)



Gambar 11. Denah penulangan plat lantai



Gambar 12. Potongan B-B

Perhitungan Tulangan Plat Atap

Tebal plat : $h = 100 \text{ mm}$,

$F'c = 29,05 \text{ Mpa}$,

$F'y = 240 \text{ Mpa}$

Tebal penutup beton: $p=20 \text{ mm}$ (PBI 1989)

Ditentukan diameter tulangan $\varnothing_p = 10 \text{ mm}$

Tinggi efektif :

$dx = h - p - 0,5 - \varnothing_p$
 $= 100 - 20 - 0,5 - 10 = 75 \text{ mm}$

$Dy = h - p - \varnothing_{px} - 0,5 - \varnothing_{px}$
 $= 100 - 20 - 10 - 0,5 - 10 = 65 \text{ mm}$

$\rho_b = \frac{(0,85 \cdot f'c)}{fy} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$

$\rho_b = \frac{(0,85 \cdot 29,05)}{240} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,062$

$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,062 = 0,0465$

Untuk menentukan As Perlu sesuai dengan peraturan SK SNI T-15 1991-03. Jika $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$ maka menggunakan ρ_{perlu} , jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka menggunakan ρ_{min} , nilai ρ_{max} sebagai nilai batas tertinggi dalam ρ_{min} dan ρ_{perlu} .

Perhitungan Tulangan

a. Penulangan Lapangan Arah x (Mlx)

Tinggi Efektif $dx = h - p - (1/2 \cdot \theta \text{ tul})$
 $= 100 - 20 - 1/2 \cdot 10 = 75 \text{ mm}$

$Mu = 0,001 \times 587,2 \times 3,25^2 \times 34$
 $= 210,8 \text{ kg.m} = 2,108 \text{ kN.m}$

$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{2,108}{0,8} = 2,63 \text{ kN.m}$

$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{2,63 \times 10^6}{1000 \cdot 75^2} \right) = 0,46$

$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{fy} \right)} \right\}$$

$$\frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,46}{240} \right)} \right\}$$

$$= 0,001$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,001 < 0,006$ maka tulangan menggunakan $\rho_{\text{min}} = 0,006$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 75 = 450 \text{ mm}^2$$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ (524 mm^2)

b. Penulangan tumpuan Arah x (Mtx)

$$\text{Tinggi Efektif } dx = h - p - (1/2 \cdot \theta \text{ tul})$$

$$= 100 - 20 - 1/2 \cdot 10 = 75 \text{ mm}$$

$$Mu = -0,001 \times 587,2 \times 3,25^2 \times 73$$

$$= 452,7 \text{ kg.m} = 4,527 \text{ kN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{4,527}{0,8} = 5,6 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{5,6 \times 10^6}{1000 \cdot 75^2} \right) = 0,99$$

$$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{fy} \right)} \right\}$$

$$\frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,99}{240} \right)} \right\} =$$

$$0,004$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,004 < 0,006$ maka tulangan menggunakan $\rho_{\text{min}} = 0,006$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 75 = 450 \text{ mm}^2$$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ (524 mm^2)

c. Penulangan Lapangan Arah y (Mly)

$$\text{Tinggi Efektif } dx = h - p - \theta \text{ tul} - (1/2 \cdot \theta \text{ tul})$$

$$= 100 - 20 - 10 - 1/2 \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

$$Mu = 0,001 \times 587,2 \times 3,25^2 \times 18$$

$$= 111,6 \text{ kg.m} = 1,116 \text{ kN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{1,116}{0,8} = 1,39 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{1,39 \times 10^6}{1000 \cdot 65^2} \right) = 0,32$$

$$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{fy} \right)} \right\}$$

$$= \frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 0,32}{240} \right)} \right\} =$$

$$0,001$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} = 0,001 < 0,006$ maka tulangan menggunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,006$

$$AS_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$$

$$= 0,006 \times 1000 \times 65 = 390 \text{ mm}^2$$

Jadi diperlukan tulangan $\varnothing 10 - 150 \text{ mm}$ (524 mm^2)

d. Penulangan tumpuan Arah y (Mty)

$$\text{Tinggi Efektif } dx = h - p - \theta \text{ tul} - (1/2 \cdot \theta \text{ tul})$$

$$= 100 - 20 - 10 - 1/2 \cdot 10 = 65 \text{ mm}$$

$$Mu = -0,001 \times 587,2 \times 3,25^2 \times 57$$

$$= 535,5 \text{ kg.m} = 5,355 \text{ kN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta} = \frac{5,355}{0,8} = 6,69 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \left(\frac{Mn}{b \cdot d^2} \right) = \left(\frac{6,69 \times 10^6}{1000 \cdot 65^2} \right) = 1,58$$

$$m = \left(\frac{fy}{0,85 \cdot f'c} \right) = \left(\frac{240}{0,85 \cdot 29,05} \right) = 9,71$$

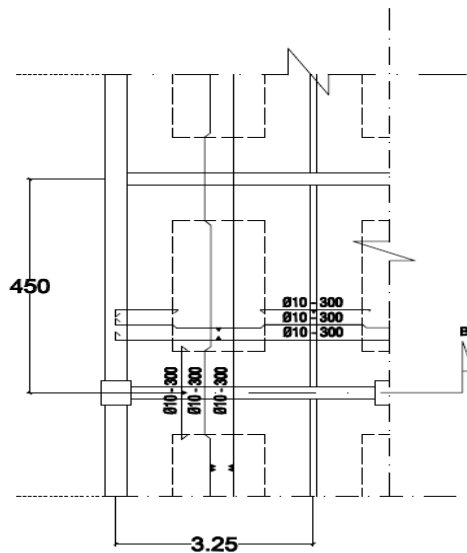
$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m.Rn}{fy} \right)} \right\}$$

$$\frac{1}{9,71} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 9,71 \times 1,58}{240} \right)} \right\} =$$

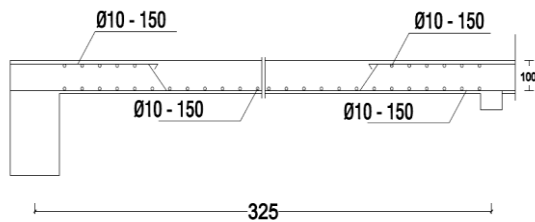
$$0,006$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / fy = 1,4 / 240 = 0,006$$

$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,006 = 0,006$ maka tulangan menggunakan $\rho_{\text{min}} = 0,006$
 $A_{S \text{ perlu}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$
 $= 0,006 \times 1000 \times 65 = 390 \text{ mm}^2$
 Jadi diperlukan tulangan $\text{Ø} 10 - 150 \text{ mm}$ (524 mm^2)



Gambar 13. Denah penulangan plat atap



Gambar 14. Potongan B-B

Pembebanan Pada Balok

Beban yang bekerja pada balok lantai 1, 2, 3

Tinggi dinding = 4,5 m
 Beban dinding = 250 kg/m²
 Qdl = 4,5 x 250 = 1125 kg/m²

Berat sendiri balok dihitung dalam program ETABS setelah pendimensian dilakukan.

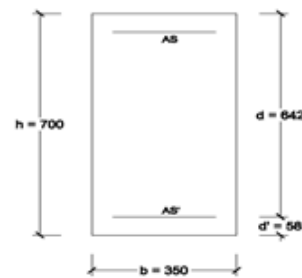
Penentuan Penampang/Dimensi Balok

Dalam perencanaan balok yang menahan lentur serta secara bersamaan juga menahan gaya geser, dimensi balok diperkirakan dengan persyaratan tinggi

minimum (h) didalam acuan SK SNI-15-1991-03 tabel 3.2.5(a) yang menghasilkan persentase tulangan maksimum. Akan tetapi peninjauan terhadap kekuatan geser juga akan menentukan besarnya dimensi balok.

Contoh Data desain penampang balok B1

Mutu kuat tekan beton $f'c = 29,05 \text{ Mpa}$
 Mutu baja ($f_y' = 320 \text{ Mpa}$) (*D ulir*)
 Mutu baja ($f_y' = 240 \text{ Mpa}$) (Ø polos)
 Panjang bentang (L) = 900 cm
 Selimut beton (p) = 40 mm
 (SK SNI T 15 – 1991 – 03 Pasal 3.3.16-7)
 Perkiraan penampang balok 1
 Panjang Bentang = 9000 mm
 Tinggi balok (h) = 700 mm
 Lebar Balok (b) = 350 mm
 Tinggi efektif balok (d) = 642 mm



Gambar 15. Rencana Balok 1

Tinggi efektif (d) = $h - p - \text{Øseng} - \frac{1}{2} \cdot \text{Øtul}$
 Dengan diameter rencana tulangan pokok 16 mm (*D ulir*) dan tulangan sengkang 10 mm (Ø polos).
 $= 700 - 40 - 10 - (\frac{1}{2} \cdot 16) = 642 \text{ mm}$

Tinggi efektif (d') = $700 - 642 = 58 \text{ mm}$
 Dari hasil perhitungan perkiraan dimensi balok 35/70 dianggap memenuhi syarat.
 Dari perhitungan di atas didapat perkiraan penampang balok yang digunakan adalah:

Tabel 11. Penampang balok yang digunakan

No	Notasi	b x h (cm)	Keterangan
1	B1	35 x 70	Balok induk
2	B2	30 x 50	Balok induk
3	B3	15 x 30	Balok anak
4	B4	25 x 40	Balok anak

Analisa Perhitungan Balok Induk B1

Dalam perhitungan balok pada ETABS ditinjau pada salah satu balok, untuk luas tulangan pada balok dapat diketahui pada program ETABS dengan *File Print Table > Concrete Frame Design*.

Penulangan Tumpuan Balok Induk B1

Dari hasil perhitungan yang dimodelkan oleh program ETABS, output untuk luas tulangan tumpuan yaitu :

a. Luas tulangan As, End I (*Top Rebar Area*) = 918,053 mm²

$$AS_{\text{Perlu}} = 918,053 \text{ mm}^2$$

Jadi jumlah tulangan Tumpuan yang digunakan adalah 5 D 16 (1005 mm²)

Luas tulangan As', End I (*Bottom Rebar Area*) = 800,876 mm²

$$AS_{\text{Perlu}} = 800,876 \text{ mm}^2$$

Jadi jumlah tulangan Tumpuan yang digunakan adalah 5 D 16 (1005 mm²)

b. Luas tulangan As, End J (*Top Rebar Area*) = 1608 mm²

$$AS_{\text{Perlu}} = 1608,660 \text{ mm}^2$$

Jadi jumlah tulangan Tumpuan yang digunakan adalah 8 D 16 (1608 mm²)

Luas tulangan As', End J (*Bottom Rebar Area*) = 965,266 mm²

$$AS_{\text{Perlu}} = 965,266 \text{ mm}^2$$

Jadi jumlah tulangan Tumpuan yang digunakan adalah 5 D 16 (1005 mm²)

Penulangan Lapangan Balok Induk B1

Dari hasil perhitungan yang dimodelkan oleh program ETABS, output untuk luas tulangan lapangan yaitu :

Luas tulangan As = 1424,205 mm²

$$AS_{\text{Perlu}} = 1424,205 \text{ mm}^2$$

Jadi jumlah tulangan Lapangan yang digunakan adalah 8 D 16 (1608 mm²)

Luas tulangan As' = 517,688 mm²

$$AS_{\text{Perlu}} = 517,688 \text{ mm}^2$$

Jadi jumlah tulangan Lapangan yang digunakan adalah 3 D 16 (603 mm²)

Penulangan Geser

Detail luas tulangan geser (sengkang) yang ditinjau dapat diketahui pada output yang telah dimodelkan program ETABS

a) Tulangan geser daerah tumpuan
Digunakan \emptyset 10 – 150 mm
 $= 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times 1000 / 150$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 1000 / 150 = 1046,67 \text{ mm}^2$$

Sehingga luas tulangan per meter panjang

$$= 1046,67 / 1000 = 1,047 \text{ mm}^2$$

Kontrol keamanan = 1,047 mm²

b) Tulangan geser daerah lapangan
digunakan \emptyset 10 – 200 mm

$$= 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times 1000 / 200$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 1000 / 200 = 785 \text{ mm}^2$$

Sehingga luas tulangan per meter panjang

$$= 785 / 1000 = 0,785 \text{ mm}^2$$

Kontrol keamanan = 0,785 mm²

Desain Tulangan Samping / Pinggang

Dimensi balok yang relatif tinggi (lebih dari 400 mm) membuat resiko retak pada bagian samping balok semakin besar. Maka harus diberi tulangan samping / pinggang dengan jarak antar tulangan d/6 atau 300 mm (diambil yang terkecil). (*ARS Group Azza Reka Struktur*)

Perhitungan d = tinggi balok – selimut -

$$\emptyset_{\text{sengkang}} - 1/2 \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}}$$

$$= 600 - 40 - 10 - (0,5 \cdot 16)$$

$$= 542 \text{ mm}$$

$$d/6 = 542/6$$

$$= 90,33 \text{ mm} \Rightarrow 150 \text{ mm}$$

Sehingga dengan tinggi balok 600 mm digunakan 2 \emptyset 10 tulangan samping (disamakan dengan tulangan sengkang).

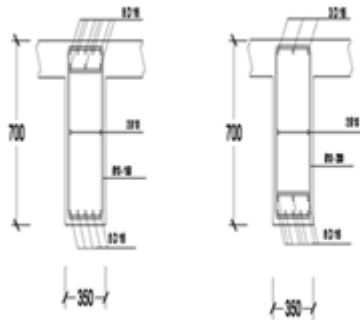
Balok yang direncanakan yakni 35 x 70 cm dan f²c = 29.05 Mpa adalah :

Tulangan tumpuan End I (As) = 5 D 16,
tulangan tumpuan (As') = 5 D 16

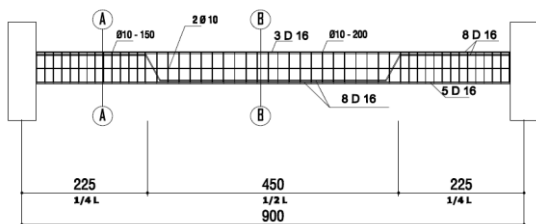
Tulangan tumpuan End J (As) = 8 D 16,
tulangan tumpuan (As') = 5 D 16

Tulangan lapangan (As) = 8 D 16,
tulangan lapangan (As') = 3 D 16

Tulangan sengkang tumpuan \emptyset 10-150,
tulangan sengkang lapangan = \emptyset 10-200



Gambar 16. rencana pembesian balok 1 daerah tumpuan dan daerah lapangan.



Gambar 17. Detail Balok 1

Penentuan Penampang/Dimensi Kolom

Adapun propertis perkiraan penampang kolom yang digunakan adalah:

Tabel 12. Perkiraan Penampang Kolom

No	Notasi	Lantai	Dimensi (cm)	Keterangan
1	K1	Lantai 1	50 x 50	Kolom A
2	K2	Lantai 1	45 x 45	Kolom B
3	K3	Lantai 1	20 x 20	Kolom C
4	K4	Lantai 1	40 x 40	Kolom D

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya perhitungan tulangan dan kekuatan penampang akan dihitung pada perhitungan selanjutnya dengan program *ETABS*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang dimodelkan oleh program *ETABS* maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam merencanakan struktur bangunan perlu diketahui data dan informasi struktur kemudian dimulai dengan permodelan struktur dengan dimensi yang telah ditentukan, dilanjutkan dengan menginput pembebanan terhadap struktur, dari beban plat, tangga, ramp dan beban

gempa, setelah itu dianalisis dengan dibantu program *ETABS*. Maka akan didapatkan luas tulangan untuk tiap balok dan kolom dan dilanjutkan dengan perhitungan secara manual. Setelah mendapat luas tulangan, akan dilanjutkan dengan penggambaran dari masing-masing balok, kolom, sloof dan pondasi dengan menggunakan program *Autocad*.

2. Perhitungan struktur gedung ini menggunakan mutu beton $f'_c = 29,05$ Mpa dan mutu baja $f_y (\emptyset) = 240$ Mpa, $f_y (D) = 320$ Mpa.

Perhitungan penulangan yang digunakan untuk plat atap, plat lantai, sloof dan pondasi digunakan perhitungan secara manual dengan menggunakan tebal plat lantai 12 cm dengan jarak tulangan $\emptyset 10-125$ untuk Mlx dan Mtx, kemudian untuk jarak tulangan arah Mly dan Mty yakni menggunakan $\emptyset 10-150$. Sedangkan untuk plat atap menggunakan ketebalan 10 cm dengan jarak tulangan $\emptyset 10-150$ untuk Mlx dan Mtx, kemudian untuk jarak tulangan Mly dan Mty yakni menggunakan $\emptyset 10-150$. literatur berupa buku struktur bangunan gedung. Perhitungan kerangka struktur berupa kolom, balok, dihitung menggunakan Program *ETABS*. Adapun dimensi kolom yang digunakan dalam perhitungan ini adalah : Kolom 1 = 50 x 50 cm, Kolom 2 = 45 x 45 cm, Kolom 3 = 20 x 20 cm, Kolom 4 = 40 x 40 cm. Sedangkan untuk dimensi balok yang digunakan yakni Balok 1 = 35 x 70 cm, Balok 2 = 30 x 50 cm, Balok 3 = 15 x 30 cm, dan Balok 4 = 25 x 40 cm sehingga mampu menghasilkan bangunan yang kuat dan efisien.

Saran

1. Dalam merencanakan suatu bangunan harus diketahui fungsi/kegunaan bangunan tersebut,

- supaya dalam tahap perhitungan mampu mendekati kesempurnaan tanpa kegagalan struktur.
2. Dalam perhitungan menggunakan program harus, selalu dipastikan bahwa data material, beban-beban yang bekerja dan faktor reduksi yang diinput kedalam *ETABS* harus di sesuaikan dengan peraturan yang berlaku di indonesia (SK-SNI).
 3. *Software* yang canggih bukan jaminan konstruksi akan kokoh, tapi kemampuan *engineer* canggih lah yang akan berpengaruh dalam hal tersebut.
 4. Suatu struktur bangunan yang kokoh dan kuat memerlukan suatu perencanaan struktur yang baik dengan menggunakan peraturan – peraturan perencanaan secara tepat dan benar.

Bangunan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1993. ***Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung.*** Bandung : Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Asroni. Ali 2010. ***Kolom Fondasi & Balok Bertulang.*** Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kusuma. Gideon 1993. ***Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa.*** Erlangga, Jakarta.
- Kusuma. Gideon 1993. ***Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang.*** Erlangga, Jakarta.
- Riza. M. Miftakur 2010. ***Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung Dengan ETABS.*** ARS Group Azza Reka Struktur.
- SKBI 1.3.53-1987. ***Pedoman Perencanaan Pembebanan Rumah dan Gedung.*** Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SKSNI 03-1726-2002. April 2002. ***Standar Perencanaan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.*** Bandung.
- SKSNI T15-1991-03. ***Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk***