

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN PONDASI RAKIT DAN METODE
PELAKSANAAN PADA PEMBANGUNAN GEDUNG
SEKOLAH DIAN HARAPAN MANADO**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi
Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Disusun Oleh :

David Lumy
NIM. 12 012 002



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Dian Harapan Kairagi Manado merupakan pembangunan salah satu sarana pendidikan yang ada di Kota Manado. Sebagai salah satu pusat persekolahan yang ada, maka keamanan dan kenyamanan pengguna gedung harus menjadi perhatian perencana maupun pelaksana proyek.

Struktur bangunan terdiri atas dua bagian besar yaitu struktur atas dan struktur bawah. Dalam penulisan tugas akhir ini akan secara khusus membahas tentang struktur bawah dan metode pelaksanaan pondasi rakit pada Gedung Sekolah Dian Harapan Manado.

Pondasi adalah elemen struktur bangunan yang berfungsi menyalurkan beban-beban dari struktur atas ke lapisan tanah keras yang akan mendukung keseluruhan beban dari bangunan tersebut. Pada bangunan gedung sekolah ini, jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi rakit.

Proyek pembangunan gedung sekolah ini memiliki data hasil sondir paling terakhir yang dilakukan pada bulan juni tahun 2015, lapisan tanah keras paling dalam ada pada satu titik pengujian dengan kedalaman 5-6 m dan metode pelaksanaan pondasi rakit di lakukan sesuai prosedur untuk mendapatkan hasil yang baik.

Mengingat pentingnya fungsi pondasi sebagai salah satu elemen struktur bangunan, maka dipandang perlu untuk mengkaji kembali perencanaan pondasi rakit pada Sekolah Dian Harapan Kairagi Manado. Selain itu dalam penulisan tugas akhir ini, dilakukan Tinjauan Pondasi Rakit Dan Metode Pelaksanaan Pada Gedung Sekolah Dian Harapan Manado.

1.2 Tujuan dan Manfaat

a. Tujuan Penulisan

1. Mencari daya dukung terpenuhi.
2. Menghitung tulangan pondasi rakit.

3. Metode pelaksanaan pondasi rakit.

b. Manfaat Penulisan

1. Untuk mendapatkan daya dukung terpenuhi di bawah pondasi rakit.
2. Untuk mendapatkan hasil diameter tulangan pondasi rakit.
3. Untuk menjelaskan metode pelaksanaan pondasi rakit.

1.3 Pembatasan Masalah

Penyusunan tugas akhir ini hanya pada lingkup struktur bawah dan pembahasannya di batasi pada :

- a. Menghitung daya dukung terpenuhi
- b. Menghitung tulangan pondasi rakit
- c. Metode pelaksanaan pondasi rakit

1.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

- a. Studi lapangan
Pengumpulan data dengan cara observasi atau pengamatan dilapangan
- b. Studi Literatur
yaitu dengan membaca dan mengumpulkan referensi juga buku-buku panduan yang berkaitan dengan topik tugas akhir dan berisi materi pendukung untuk penyusunan tugas akhir
- c. Konsultasi
Mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing juga dosen lain dan pihak-pihak terkait dengan penyusunan tugas akhir untuk mengarahkan penulisan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir “Tinjauan Pondasi Rakit Gedung Sekolah Dian Harapan Kairagi Manado” disusun sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang penulisan, maksud dan tujuan penulisan tugas akhir, pembatasan masalah, metode penelitian yang digunakan dan sistematika penulisan tugas akhir.

2. BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang dasar teori yang berkaitan dengan perencanaan pondasi rakit

3. BAB III PEMBAHASAN

Berisi tentang pembahasan tinjauan pondasi rakit pada pembangunan Sekolah Dian Harapan Kairagi Manado.

4. BAB IV PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh hasil perhitungan dan pembahasan dalam tugas akhir, dan juga saran yang berkaitan dengan kesimpulan yang diambil dalam tugas akhir ini.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tanah

Menurut Setyo Budi (2011) dalam bukunya yang berjudul pondasi dangkal, “Karl Von tersaghi memberikan definisi tentang tanah, yang dapat didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain, yang di dalamnya terdapat rongga-rongga yang diisi oleh zat cair dan udara dan berfungsi sebagai pendukung pondasi bangunan dan juga sebagai bahan bangunan itu sendiri”.

2.1.1. Karakteristik Tanah

Menurut Pamungkas A dan Harianti A (2010) dalam buku Desain Pondasi Tahan Gempa, “Dalam merencanakan struktur bawah diperlukan data-data mengenai karakteristik tanah tempat struktur tersebut berada dan beban struktur yang bekerja di atas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, tinggi muka air tanah. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut.

Jenis pondasi ditentukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan tempat berdirinya bangunan dan mempertimbangkan hasil dari penyelidikan tanah yang diantaranya:

1. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
2. Analisis daya dukung tanah.
3. Besar nilai SPT (*Standar Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
4. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekak dari beberapa titik sondir.
5. Hasil test laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah, dan lainnya.
6. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data-data tanah

Menurut Pamungkas A dan Harianti A (2010) juga, karakteristik tanah dapat diketahui dengan diadakannya penyelidikan tanah yang pada akhirnya akan menerangkan tentang kondisi tanah dan jenis lapisannya. Penyelidikan tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti:

1. *Sondir*, yang dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*Cone Resistance*) dan hambatan lekat (*Local Friction*) secara langsung di lapangan. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (q_c) serta jumlah hambatan pelekat (TF).
2. *Deep Boring*, dilaksanakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *Standart penetration test* juga dilakukan pada pekerjaan boring.
3. *Standart penetration test*, dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah dan hasil SPT disajikan dalam bentuk diagram pada boring log.

2.1.2. Klasifikasi Tanah

Tanah dapat digolongkan seperti berikut :

1. Batu kerikil (*Gravel*)
2. Pasir (*Sand*)
3. Lanau (*Silt*)
4. Lempung (*Clay*)

Golongan batu kerikil dan pasir seringkali dikenal sebagai jenis tanah yang berbutir kasar atau jenis tanah yang bersifat tidak kohesif, sedangkan golongan lanau dan lempung dikenal sebagai jenis tanah yang berbutir halus atau jenis tanah yang bersifat kohesif

1. Batu kerikil dan pasir

Golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk, tetapi terkadang juga, kerikil bisa terdiri dari satu macam zat mineral tertentu, misalnya kwartz atau flint. Hampir sama dengan kerikil, butir-butir pasir hampir selalu terdiri dari satu macam zat mineral, terutama kwartz.

2. Lempung

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesif. Sifat kohesif menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah.

3. Lanau

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang *plastis* dan lebih mudah ditembus air daripada lempung dan memperlihatkan sifat dilatansi yang tidak terdapat pada lempung. Dilatansi ini menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu dirubah bentuknya.

Pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir :

1. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir - butir tanahnya berupa pasir dan kerikil.
2. Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir - butir tanahnya berupa lempung dan lanau.
3. Tanah organik adalah tanah yang cukup banyak mengandung bahan- bahan organik.

Pengelompokan tanah berdasarkan sifat lekatnya :

1. Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir – butirnya (tanah lempung = mengandung lempung cukup banyak).
2. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir - butirnya (hampir tidak mengandung lempung misal pasir).
3. Tanah Organik adalah tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan - bahan organik (sifat tidak baik).

2.2. Pengertian Pondasi

Pondasi adalah bagian dari suatu konstruksi bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat untuk menahannya. Untuk itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri dan beban-beban yang bekerja pada bangunan tersebut. Sedangkan menurut kamus bahasa indonesia pondasi berarti dasar bangunan yang kuat, biasanya terdapat dibawah permukaan tanah bangunan itu didirikan.

Dari beberapa arti diatas maka pondasi dapat di definisikan sebagai bagian struktur paling bawah dari suatu bangunan yang tertanam didalam lapisan tanah yang kuat dan stabil (*solid*) serta berfungsi sebagai penopang bangunan.

2.2.1. Dasar-Dasar Pemilihan Pondasi

Pamungkas A dan Harianti A (2010) dalam buku Desain Pondasi Tahan Gempa memberikan beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis pondasi yang tepat, diantaranya :

1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi
 - a. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi dangkal (pondasi telapak atau pondasi menerus).
 - b. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi tiang apung.
 - c. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diijinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunan biasanya menggunakan tiang pancang. Tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan antara pemakaian kaisan lebih menguntungkan.
 - d. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter di bawah permukaan tanah dapat menggunakan kaisan terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat. Tetapi apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata

kurang dari 3 kg/cm² maka digunakan kaisan tekanan

- e. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.

2.3 Jenis-Jenis Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam, tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman lebar pondasi. Pondasi dangkal dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi :

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal disebut juga juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang di limpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Pondasi ini merupakan pondasi yang murah karena selain konstruksinya yang mudah juga material yang di gunakan tidak terlalu banyak. Yang perlu di perhatikan dalam perhitungan pondasi dangkal antara lain:

- a. Penurunan (*settlement*) yang mungkin terjadi.
- b. Perbedaan penurunan antara kolom 1 dan yang lain.

Penurunan maksimum yang di iijikan adalah 3 – 7 cm. Sedakan perbedaan penurunan antara setia kolom adalah 2.5 – 4 cm. Suatu dinding boleh terjadi kemiringan maksimum 1/3000 bentang dinding.

Contoh pondasi dangkal sebagai pondasi yang memikul beban secara langsung

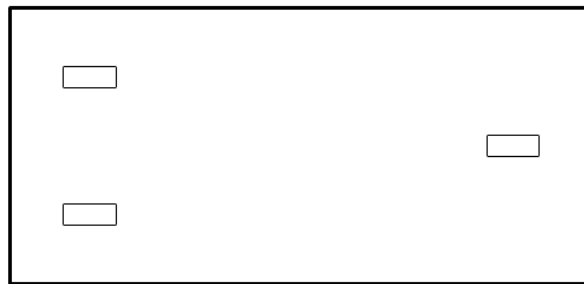
▪ Pondasi telapak

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung.

▪ Pondasi rakit (*raft foundation*)

Pondasi rakit adalah beton yang berbentuk rakit melebar keseluruhan bagian dasar bangunan, yang digunakan untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah dasar atau batu-batuan di bawahnya. Sebuah pondasi rakit bisa digunakan untuk menopang tangki-tangki penyimpanan atau digunakan untuk menopang beberapa bagian peralatan industri. Pondasi rakit biasanya digunakan di bawah kelompok silo, cerobong, dan berbagai konstruksi bangunan.

Pondasi pelat / rakit merupakan pondasi gabungan yang sekurang-kurangnya memikul tiga kolom yang tidak terletak pada satu garis lurus.

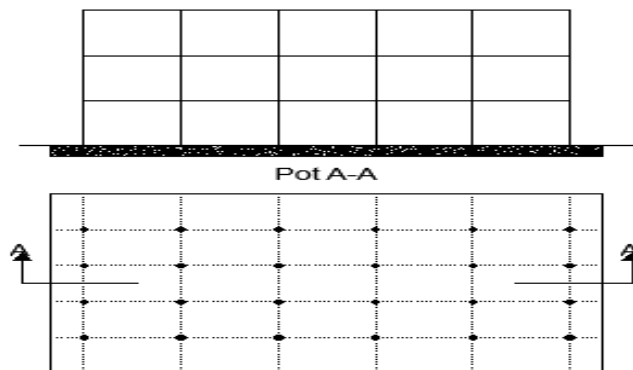


Gambar 2.1 Pondasi rakit dengan tiga kolom



Gambar 2.2 Pondasi rakit dengan dua kolom dan satu dinding beton

Pada prinsipnya pondasi rakit adalah bahwa untuk satu bangunan menggunakan satu pondasi telapak untuk menopang seluruh beban kolom yang ada pada bangunan tersebut.



Gambar 2.3 Pondasi rakit

- Pondasi Tumpuan: Diletakkan dibawah kolom pendukung bangunan, yang menerima semua beban bangunan langsung pada pondasi ini.
- Pondasi Terapung : Pondasi ini cocok untuk tanah dengan daya dukung rendah, Dipakai untuk pondasi plat diatas tanah lembek dimana besar bangunan diatas = berat tanah yang digali.
- Pondasi menerus
Pondasi ini biasa digunakan untuk konstruksi yang tidak berat, seperti pagar, rumah tinggal sederhana yang tidak bertingkat, karena pada umumnya pondasi menerus hanya memikul berat beban yang bekerja tanpa mempertimbangkan beban momen yang terjadi.
- Pondasi Umpak
Digunakan pada bangunan – bangunan sederhana yang memiliki kondisi tanah keras, terletak di bawah kolom.

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti :

- Pondasi sumuran
Pondasi sumuran adalah pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.
- Pondasi tiang
Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.
- Pondasi tiang bor
Pondasi tiang bor merupakan jenis pondasi yang dicor di tempat, yang sebelumnya dilakukan pengeboran dan penggalian terlebih dahulu. Pondasi ini sangat cocok apabila digunakan di tempat – tempat yang padat oleh bangunan – bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan yang berada disekelilingnya. Namun pembuatan pondasi tiang bor ini memerlukan peralatan yang besar.

2.4 Ketentuan penggunaan pondasi rakit

Pondasi rakit digunakan, apabila jumlah luas seluruh telapak melebihi setengah luas bangunan (muatan bangunan cukup besar), lebih ekonomis apabila digunakan pondasi rakit, dan juga untuk mengatasi tanah dasar yang tidak homogen, misal pada tanah dimana bangunan akan didirikan terdapat tanah lunak (daya tanah tidak begitu besar) supaya tidak terjadi penurunan cukup besar. Secara struktur, pondasi rakit merupakan pelat beton bertulang yang mampu menahan momen, gaya lintang, geser pons yang terjadi pada pelat beton, tetapi masih aman dan ekonomis. Apabila beban tidak terlalu besar dan jarak kolom sama maka plat di buat sama tebal. Untuk mengatasi gaya geser pons yang cukup besar, dilakukan pertebalan pelat dibawah masing-masing kolom atau diatas pelat. Pemberian balok pada kedua arah dibawah pelat bertujuan menahan momen yang besar dapat juga dipakai pelat dengan struktur seluler (bilik-bilik). Sedangkan untuk mengurangi penurunan pada tanah yang kompresible dibuat pondasi yang agak dalam, struktur ini disebut pondasi pelat terapung / *floating foundation*.

Pondasi rakit biasanya juga di pakai untuk ruang-ruang bawah tanah (*basement*) yang dalam, baik untuk menyebarkan beban kolom menjadi distribusi tekanan yang lebih seragam dan juga dapat berfungsi sebagai lantai ruang bawah tanah. Keuntungan khusus untuk ruang bawah-bawah yang berada pada bawah tanah MAT (Muka air tanah) adalah dapat menyekat air tanah.

Bangunan bawah tanah yang lantainya terletak beberapa meter di bawah permukaan tanah, dibangun dengan cara menggali tanah sampai kedalaman dasar pondasi. Untuk menghindari penurunan bangunan, maka diusakan penggalian tanah untuk pondasi beratnya $\geq$ berat bangunan. Jadi bangunan sebesar ini dapat di dukung oleh ruang bawah tanah yang tanah dasarnya berupa lempung sangat lunak dan mudah mampat, yang secara teoritis beban tersebut tidak akan mengakibatkan penurunan.

Pondasi rakit dapat di topang oleh tiang-pancang, apabila dimana pondasi yang akan dibuat, air tanahnya cukup tinggi atau tanah dasar mudah terpengaruh oleh penurunan yang besar. Podasi rakit terbagi lagi dalam beberapa jenis yang lazim atau sering digunakan, yaitu:

1. Plat rata

2. Pelat yang ditebalkan di bawah kolom
3. Balok dan plat
4. Plat dengan kaki tiang
5. Dinding ruang bawah tanah sebagai bagian pondasi telapak.

2.5 Perencanaan Pondasi Rakit

2.5.1 Kapasitas Dukung Pondasi Rakit

Dalam Braja (2007) disebutkan kapasitas dukung ultimit bruto dari pondasi rakit dapat ditentukan menggunakan persamaan yang sama dengan yang dipakai pada pondasi dangkal, yaitu:

- Daya dukung tanah berdasarkan N-SPT

Persamaan yang digunakan

$$q_{all} = 12.5 N K_d N \quad (1)$$

K_d = faktor kedalaman maksimum

$$= (1 + 0.33D/B)$$

B = lebar efektif pondasi

D = kedalaman pondasi (m)

N = jumlah pukulan dalam uji SPT

B = $\sqrt{\text{luas bangunan}}$

2.5.2 Perhitungan Titik berat Beban dan Penampang

- Perhitungan Titik Berat Beban

Persamaan yang digunakan untuk menentukan titik berat beban bangunan adalah :

$$\text{Untuk sumbu x} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i X_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (1)$$

$$\text{Untuk sumbu y} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i Y_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

- Perhitungan Titik Berat Penampang

Persamaan yang digunakan untuk menentukan titik berat penampang bangunan adalah :

$$\text{Untuk sumbu x} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i X_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

$$\text{Untuk sumbu } y = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i Y_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2)$$

2.5.3 Analisa Stabilitas Bangunan

- Analisa Stabilitas Guling

Stabilitas guling akan diperoleh bila syarat keamanan terpenuhi, yaitu apabila

$$= \frac{M_G}{M_E} \geq 1,5 \quad (1)$$

Di mana :

M_E = momen penyebab guling

$$= H_E \times h$$

M_G = momen penahan guling

$$= W_G \times d$$

W_G = Berat Sendiri Bangunan

d = Jarak titik berat bangunan ke titik guling

H_E = beban gempa

h = tinggi bangunan

- Analisa Stabilitas Geser
- Stabilitas geser akan didapat apabila persyaratan keamanan terpenuhi, yaitu

$$FS = \frac{\sum FR}{\sum FD} \geq 2 \quad (1)$$

Dimana:

FR = gaya penahan geser

$$= c A + \sum V' \tan \Phi \quad (2)$$

FD = gaya penyebab geser (Etabs)

Gaya penahan geser

FR

Di mana:

C = kohesi pada permukaan geser

A = luas area permukaan geser

Φ = sudut geser tanah (di ambil dari grafik hubungan NSPT dan sudut geser, Braja M. Das)

V' = beban vertical efektif

2.5.4 Menghitung Tulangan Pondasi

Dalam perhitungan tulangan ini pondasi rakit, perhitungan yang dilakukan sama dengan pondasi telapak dengan mengambil titik beban yang bekerja pada pondasi berupa beban vertikal dengan yang paling besar pada satu titik pondasi. Tulangan pondasi di hitung berdasarkan besar momen maksimal yang terjadi pada pondasi.

$$\bullet \quad M_u = \frac{1}{2} \times q \times Lb^2 \quad (1)$$

$$\bullet \quad K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (2)$$

$$\bullet \quad K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot (600 + Fy - 225 \cdot \beta_1) \cdot f_c'}{(600 + fy)^2} \quad (3)$$

$$\bullet \quad a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d \quad (4)$$

$$\bullet \quad A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{fy} \quad (5)$$

$$\bullet \quad A_s = \frac{1,4 \times b \times d}{fy} \quad (6)$$

$$\bullet \quad s = \frac{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}{A_s} \quad (7)$$

$$\bullet \quad A_{s,u} = \frac{1/4 \times \pi \times D^2 \times S}{s} \quad (8)$$

Dimana:

M_u : momen ultimat

q : tegangan

Lb : lebar daerah pembebanan

K : faktor momen pikul

K_{maks} : faktor momen pikul maksimal

b dan S : konstanta pengali 1000

d : tebal efektif pondasi telapak

s : jarak tulangan pondasi

A_s : luas tulangan tekan

$A_{s,u}$: luas tulangan tekan yang diperlukan

2.6 Beban dan Muatan Pada Gedung

1. Beban Mati

Beban mati ialah berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta segala peralatan yang tidak terpisahkan bangunan.

Contoh dari beban mati pada gedung yakni berat sendiri struktur; komponen bangunan (partisi ruang, plafond, mekanikal dan elektrik); *finishing* arsitektural; serta berbagai jenis lainnya yang bersifat tetap.

Dalam Tabel 2.1. dan 2.2. di bawah dapat dilihat beberapa nilai beban mati dari bahan bangunan maupun komponen-komponen gedung yang biasa digunakan dalam perencanaan.

Tabel 2.1. Berat Isi Bahan Bangunan

(Sumber : PPIUG 1983)

No.	Bahan Bangunan	Berat Isi (kg/m ³)
1.	Baja	7.850
2.	Batu alam	2.600
3.	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500
4.	Batu karang (berat tumpuk)	700
5.	Batu pecah	1.450
6.	Besi tuang	7.250
7.	Beton	2.200
8.	Beton bertulang	2.400
9.	Kayu (Kelas I)	1.000
10.	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650
11.	Pasangan bata merah	1.700
12.	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200
13.	Pasangan batu cetak	2.200
14.	Pasangan batu karang	1.450
15.	Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600
16.	Pasir (jenuh air)	1.800
17.	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850
18.	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700
19.	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000
20.	Timah hitam (timbel)	11.400

Tabel 2.2. Berat Komponen Gedung

(Sumber : PPIUG 1983)

No.	Bahan Bangunan	Berat (kg/m ²)
1.	Adukan, per cm tebal : - dari semen	21
	- dari kapur	17
2.	Aspal, beserta bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14
3.	Dinding pasangan bata merah : - satu batu	450
	- setengah batu	250
4.	Dinding pasangan batako - tebal dinding 20 cm (HB 20)	200
	berlubang : - tebal dinding 10 cm (HB 10)	120
5.	Dinding pasangan batako tanpa - tebal dinding 15 cm	300
	lubang : - tebal dinding 10 cm	200
6.	Dinding pasangan bata hebel	57,5
7.	Partisi Horizontal dan Vertikal, - semen asbes dan bahan sejenis	11
	dengan rusuk dan tanpa - tebal maksimum 4 mm	10
	penggantung : - kaca, tebal 3 – 4 mm	10
8.	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dan bentang maksimum 5 m dimana beban hidup yang bekerja $\leq 200 \text{ kg/m}^2$	40
9.	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak sisi ke sisi minimum 0,80 m	7
10.	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per luasan bidang atap	50
11.	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per luasan bidang atap	40
12.	Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10
13.	Penutup atap galvalum per luasan bidang atap tanpa gording	12
14.	Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24
15.	Semen asbes gelombang tebal 5 mm	11

2. Beban Hidup

Beban hidup merupakan berat akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dimana hal tersebut berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin dan peralatan tidak tetap.

Biasanya beban hidup ini terjadi pada pelat lantai maupun atap yang disebabkan oleh penghuni, pekerja, perabotan, dan sebagainya. Khusus untuk atap termasuk berat air hujan baik akibat genangan maupun tekanan jatuh butirannya.

Dalam Tabel 2.3. di bawah diuraikan beberapa nilai beban hidup pada pelat lantai berdasarkan fungsi dari masing-masing ruangan.

Tabel 2.3. Beban Hidup pada Lantai Gedung

(Sumber : PPIUG 1983)

No.	Fungsi Ruangan	Beban Hidup (kg/m ²)
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal, selain disebutkan dalam 2	200
2.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik, dan bengkel	125

Lanjutan : Tabel 2.3 Beban Hidup pada Lantai Gedung

No.	Fungsi Ruangan	Beban Hidup (kg/m ²)
3.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250
4.	Lantai ruang olahraga	400
5.	Lantai ruang dansa	500
6.	Lantai dan balkon-dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari 1 s/d 5, seperti masjid, gereja, pegelaran, bioskop, ruang rapat, dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
7.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500
8.	Tangga, bordes, dan gang dari yang disebut dalam 3	300
9.	Tangga, bordes, dan gang dari yang disebut dalam 4 s/d 7	500
10.	Lantai ruang perlengkapan dari yang disebut dalam 3 s/d 7	250
11.	Lantai untuk : pabrik; bengkel; gudang; perpustakaan; ruang arsip; toko buku; toko besi; ruang alat-alat; dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400
12.	Lantai gedung parkir - lantai bawah bertingkat : - lantai tingkat lainnya	800 400
13.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

3. Reduksi Beban Hidup

Reduksi ini dimaksudkan untuk mencapai suatu prosentase tertentu dari beban hidup yang bergantung pada bagaian struktur pemikul; penggunaan gedung; dan ditinjau untuk apa hal tersebut.

Karena sifat beban hidup yang berpindah-pindah, maka besar nilainya dianggap tidak efektif sepenuhnya dan harus dikalikan suatu koefisien reduksi (Tabel 2.4.) agar dalam perencanaan hal tersebut dapat mendekati kenyataan sebenarnya.

Tabel 2.4. Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif

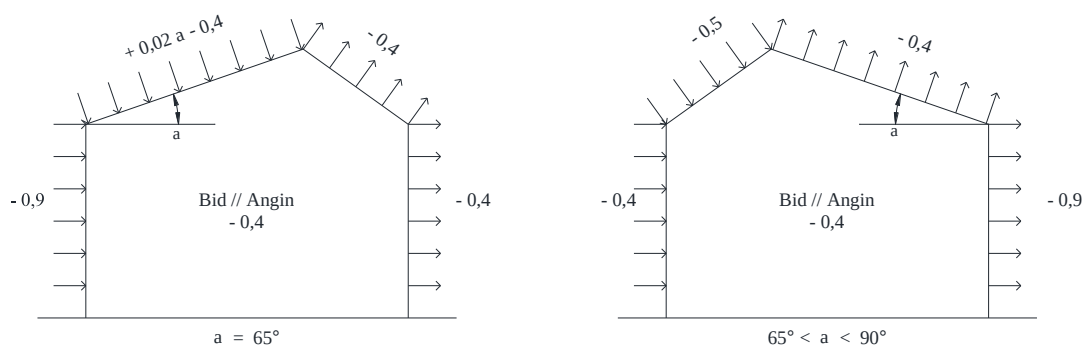
(Sumber : PPIUG 1983)

Jumlah Lantai Tingkat	Koefisien Reduksi Beban Hidup
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8 dan lebih	0,4

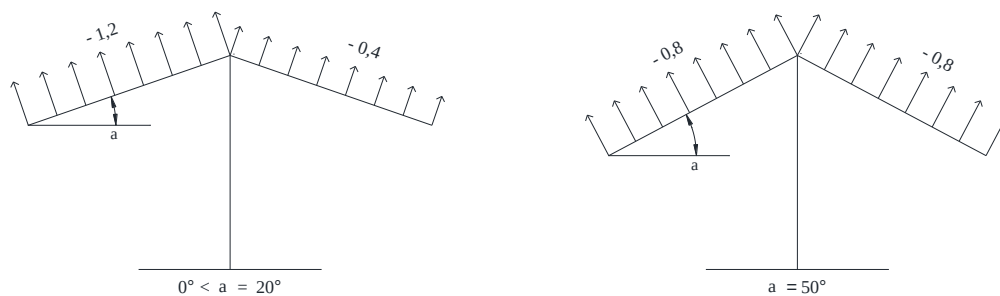
4. Beban Angin

Beban angin disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara dengan kata lain hal ini merupakan hasil dari hembusan angin pada bagian gedung, beban ini dianggap menghasilkan tekanan positif dan negatif serta bekerja tegak lurus bidang yang dibebani.

Besarnya tekanan positif dan negatif yang disebabkan beban ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup angin dengan koefisien-koefisien (Gambar 2.1) tertentu berdasarkan geometrik dari bagian tinjauan.



(a) Koefisien Angin Gedung Tertutup



(b) Koefisien Angin Atap Pelana Biasa Tanpa Dinding

Gambar 2.4 koefisien Angin

5. Tekanan Tiup Angin

1. Tekanan tiup minimum 25 kg/m^2 , kecuali yang ditentukan dalam butir (2), (3), dan (4).
2. Tekanan tiup di laut dan tepinya sampai sejauh 5 km dari pantai diambil minimum 40 kg/m^2 , kecuali yang ditentukan dalam butir (3), dan (4).
3. Untuk daerah di dekat laut serta lokasi lain tertentu, dimana kecepatan angin pada wilayah itu mungkin menghasilkan tekanan tiup lebih besar dari pada yang ditentukan dalam butir (1) dan (2), nilainya dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$P_w = \frac{V^2}{16} \quad (1)$$

dimana V adalah kecepatan angin dalam m/det, yang ditentukan oleh instansi yang berwenang.

4. Pada cerobong tekanan tiup angin harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$P_w = 42,5 + 0,6 \times h \quad (2)$$

dimana, h merupakan tinggi keseluruhan cerobong, diukur dari lapangan yang berbatasan.

5. Apabila dapat dijamin suatu gedung terlindung efektif dari angin terhadap arah tertentu oleh bangunan-bangunan lain; hutan; maupun penghalang lain, maka nilai tekanan tiup berdasarkan butir (1) s/d (4) dikalikan dengan koefisien reduksi sebesar 0,5.

6. Beban Gempa

Beban gempa terjadi akibat gerakan tanah di bawah bangunan yang merupakan hasil dari pergeseran lapisan kulit bumi karena adanya aktivitas fulkanik di dalam perut bumi.

Besarnya beban gempa ditentukan oleh beberapa parameter yakni jenis tanah; wilayah gempa tempat bangunan berdiri; berat gedung; jumlah tingkat; dan sistem struktur yang digunakan.

7. Beban Khusus

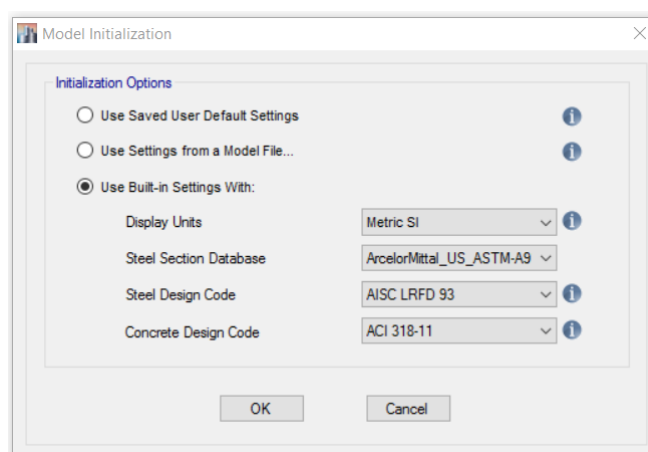
Beban khusus bekerja pada seluruh bagian gedung yang diakibatkan oleh pengaruh-pengaruh tidak langsung seperti selisih suhu; pengangkatan dan pemasangan; penurunan pondasi; susut; gaya rem, sentrifugal atau parabola, dan dinamis.

2.7 Pemodelan dan Analisa Struktur Pada ETABS 15.2.2

1. Pembuatan *Grid Lines*

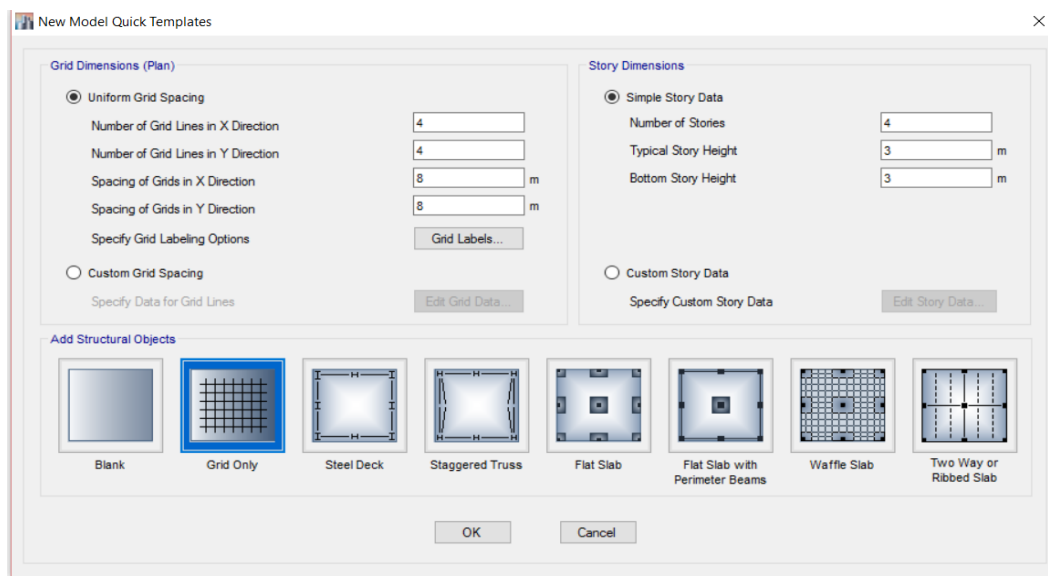
Grid lines adalah garis khayal yang berfungsi sebagai bagan untuk melakukan penggambaran struktur, langkah pembuatannya adalah sebagai berikut :

1. Buka program **ETABS 15.2.2**.
2. Pilih menu **File > New Model > Model Initialization > Use Built-in Setting With > OK**.
3. Tentukan standar desain sesuai dengan lokasi gedung, atau yang mendekati dengan aturan yang ada.



Gambar 2.5 Standar Ukuran dan Standar Perencanaan yang Digunakan

4. **New Model Quick Templates > Grid Dimensions (Plan) : Uniform Grid Spacing > Story Dimensions : Simple Story Data > Add Structural Object : Grid Only > OK.**
5. Masukkan jarak , tinggi, dan jumlah *grid* maupun *story*.

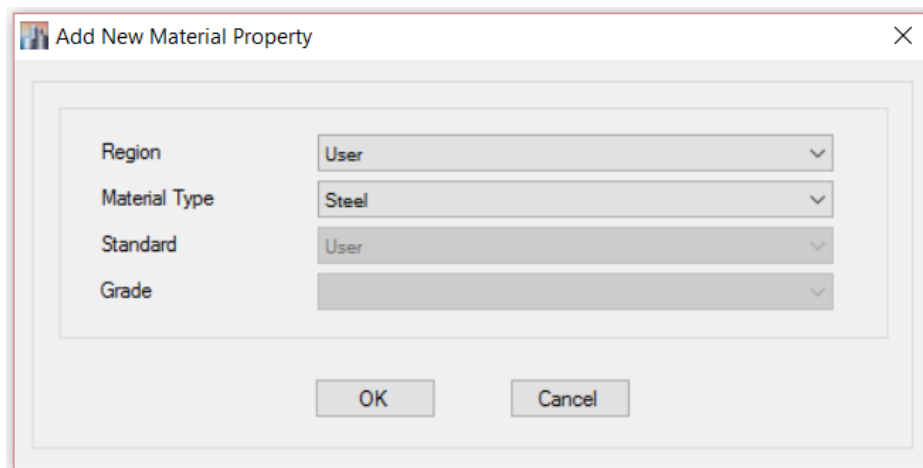


Gambar 2.6 Pembuatan Grid Lines

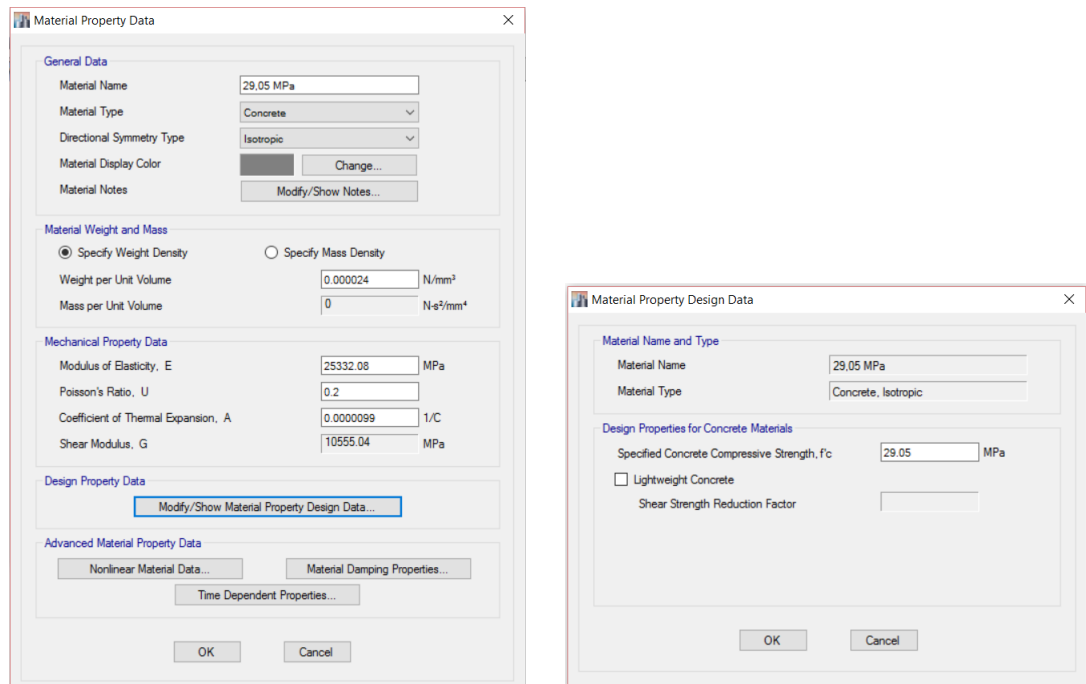
2. Definisikan Material Struktur

Definisi ini dimaksudkan untuk memasukan atau menjelaskan sifat fisik maupun mekanis dari material-material yang akan digunakan pada program ETABS 15.2.2.

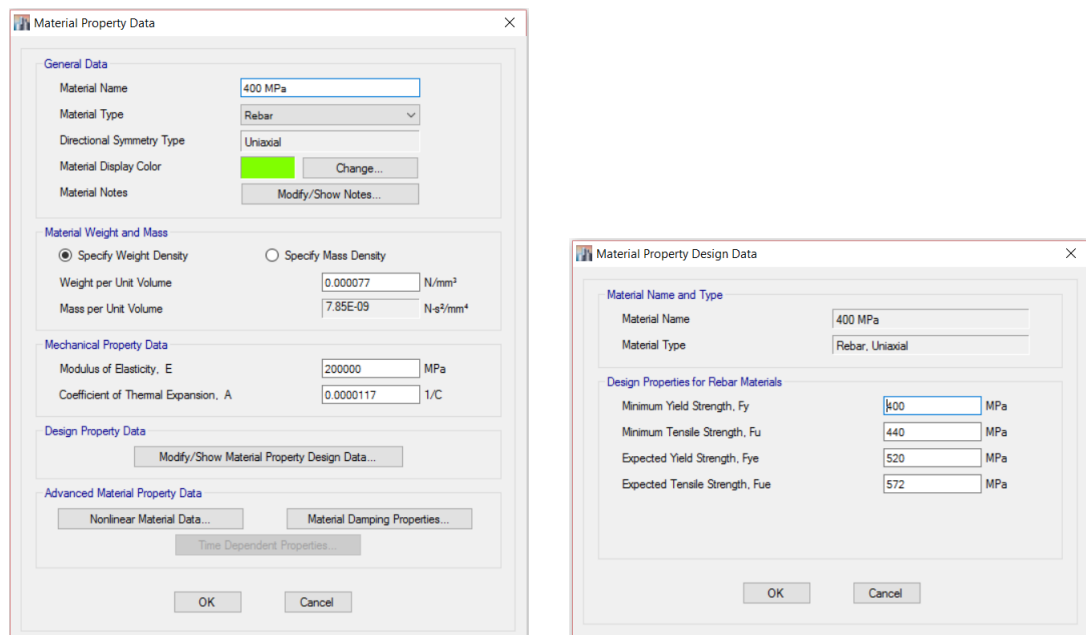
1. Pilih menu **Define > Material Properties > Define Materials : Add New Material > Region : User > Material** : sesuai material yang dipakai > masukan parameter-parameter material > **OK**.



Gambar 2.7 Penambahan Jenis Material Struktur dalam ETABS 15.2.2.



Gambar 2.8 Contoh Material Properties Beton



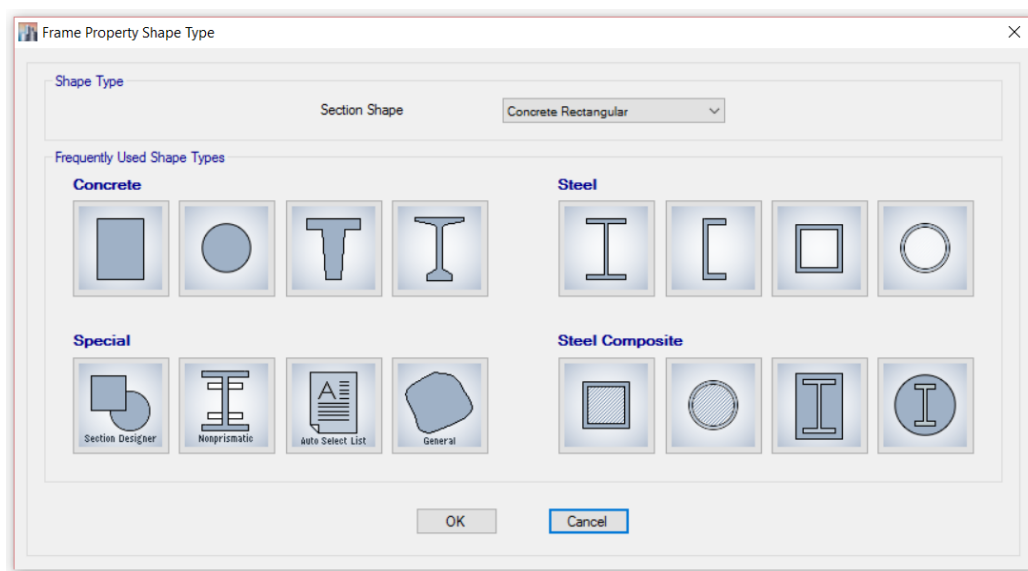
Gambar 2.9 Contoh Material Properties Baja Tulangan

3. Definiskan Penampang Elemen Struktur Rangka

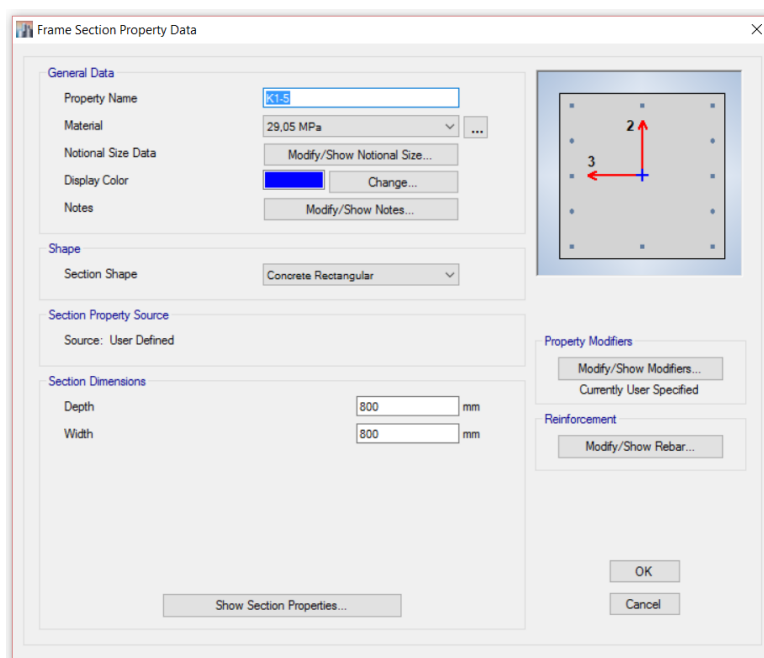
Elemen struktur dapat berupa elemen yang menahan lentur maupu kombinasi lentur dan geser, dimana perlu dimodelkan dengan data-data sesuai ketentuan di wilayah lokasi bangunan.

1. Pilih Menu **Define > Section Properties > Frame Section > Add New Property > Section Shape** : sesuai material dan bentuk yang digunakan > **OK**.

2. Masukkan data-data penampang baik ukuran, material, faktor modifikasi, dan tulangan.
3. Untuk memodelkan elemen sebagai balok atau pun kolom, ganti gaya yang dipikul penampang dengan cara pada **Frame Section Property Data** pilih **Modify/Show Rebar** > **Design Type** : **P-M2-M3 Design** (kolom) dan **M3 Design Only** (balok) > **OK**.



Gambar 2.10. Definisikan Jenis Penampang Berdasarkan Bentuk dan Material



Gambar 2.11. Input Data-data Penampang

Gambar 2.12 Input Data-data Tulangan dan Penentuan Kolom/Balok

Gambar 2.13 Input Faktor Modifikasi Penampang

4. Definisikan Tebal Elemen Pelat

Pelat dimodelkan untuk membentuk diafragma lantai dan menyalurkan beban terbagi rata dari tiap tingkat ke balok-balok pendukung.

1. Pilih Menu **Define** > **Section Properties** > **Slab Section** > **Add New Property** > **OK**.
2. Masukkan data-data pelat baik jenis, tebal, material, dan faktor modifikasi.

Gambar 2.14 Input Data-data Pelat

Gambar 2.15 Input Faktor Modifikasi Pelat

5. Definisikan Penampang Dinding Struktural

Dinding struktural merupakan elemen kaku dimana berfungsi menahan gaya geser besar. Komponen tersebut merupakan pelat, dan harus dimodelkan sebagai penopang atau diasumsikan memikul lentur dan geser seperti kolom.

1. Modelkan dinding sebagai *pier* dengan cara : pilih Menu **Design > Shear Wall Design > Define General Pier Section > Add Pier Section > Section Designer > OK**.
2. Masukkan data-data dinding geser ukuran, material, dan faktor modifikasi.

Pier Section Data

General

Section Name:

Base Material:

Add Pier

☒ Add New Pier Section

☐ Start from Existing Wall Pier

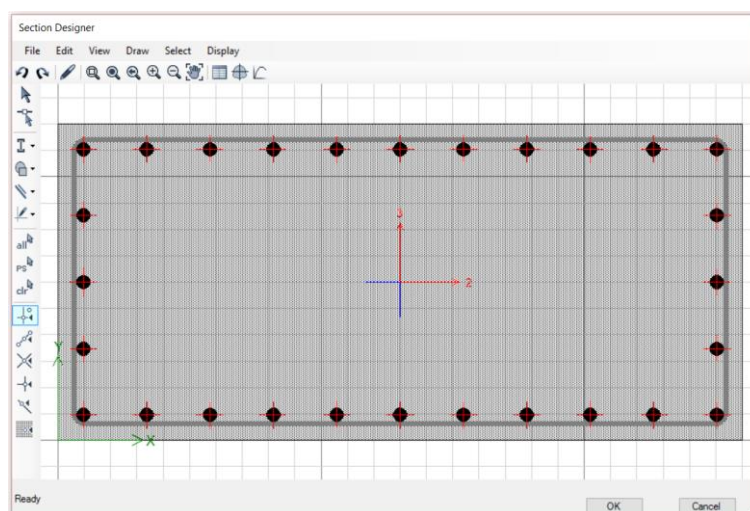
Story:

Pier:

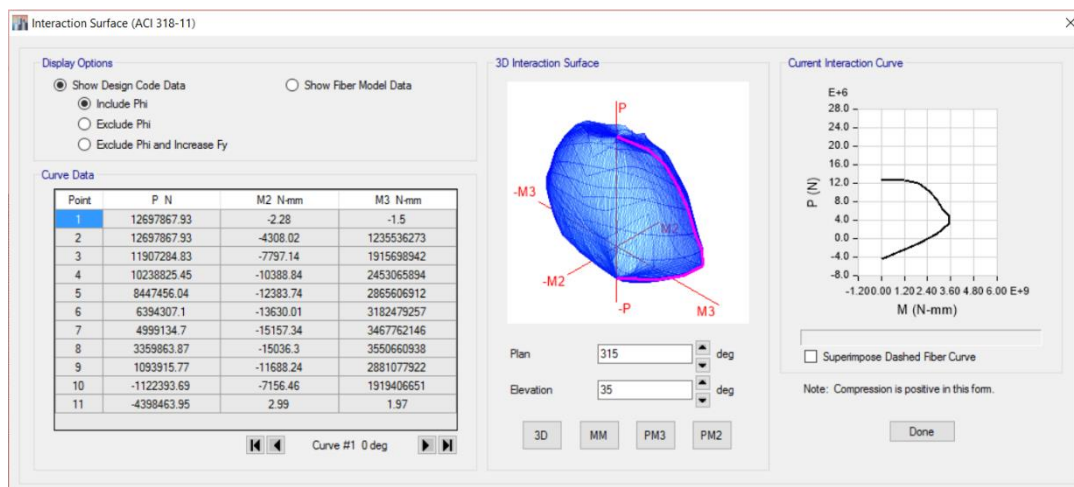
Define/Edit/Show Section

Modify/Show:

Gambar 2.16 Input Data Pier Dinding Geser



Gambar 2.17 Pemodelan Penampang Dinding Geser



Gambar 2.18 Diagram Interaksi Pier Dinding Geser

6. Gambarkan Elemen Struktur Rangka, Dinding Struktural, dan Pelat pada *Grid Lines*

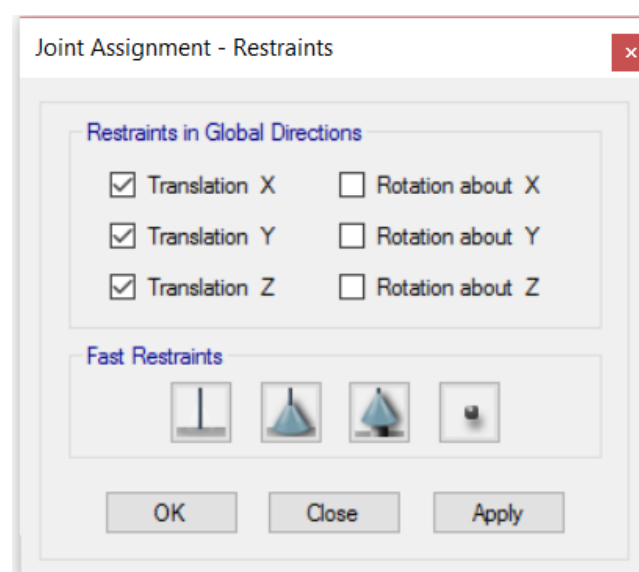
Penggambaran struktur dilakukan pada *grid lines* yang sudah dibentuk dalam tahap pertama.

1. Pilih menu **Draw > Beam/Column/Brace Objects > Draw Beam/Column/Brace (Plan/Elev/3D) > OK.**
2. Lakukan penggambaran objek balok dan kolom dengan memilih dua titik kumpul pada *grid lines* yang akan menjadi ujung-ujung dari elemen rangka.
3. Pilih menu **Draw > Draw Floor/Wall Objects > Draw Floor/Wall (Plan/Elev/3D) > OK.**
4. Lakukan penggambaran objek pelat lantai dan dinding struktural dengan memilih titik kumpul pada *grid lines* yang akan menjadi ujung-ujung dari elemen pelat.

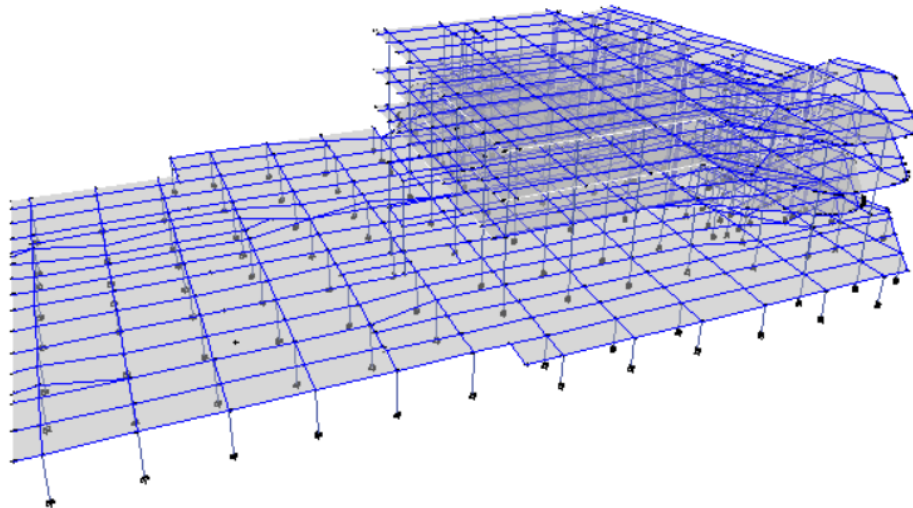
7. Definisikan Jenis Perletakan Struktur

Definisikan perletakan struktur pada lokasi penjepitan lateralnya dengan memodelkan sebagai jepit; sendi; rol; dan kopler. Dimana hal tersebut akan menghasilkan reaksi tumpuan yang dapat digunakan dalam perencanaan pondasi.

1. Pilih titik kumpul yang akan menjadi perletakan struktur.
2. Pilih menu **Assign > Joint > Restraints > pilih jenis perletakan > OK.**



Gambar 2.19 Input Jenis Perletakan Struktur

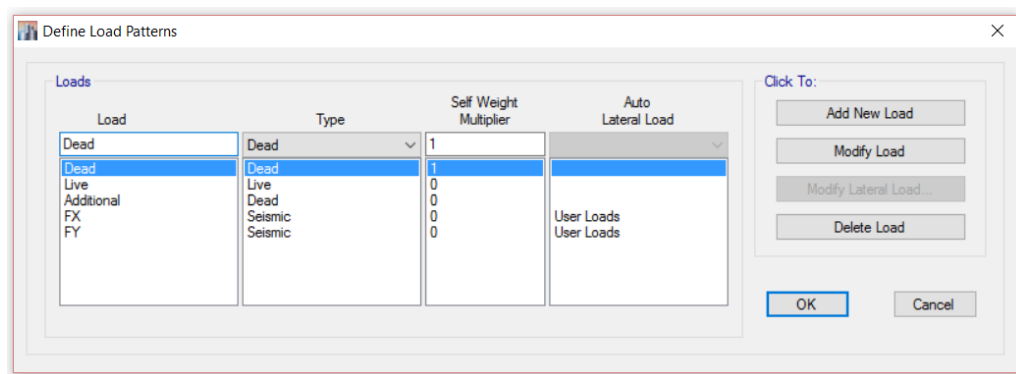


Gambar 2.20 3D Struktur Sekolah Dian Harapan pada ETABS 15.2.2

8. Definisikan Jenis-Jenis Beban

Jenis pembebanan yang didefinisikan adalah berat sendiri struktur (SW), beban mati (DL), beban hidup (LL), dan beban gempa (EQ).

1. Pilih menu **Define > Load Patterns > Add New Load > OK**.
2. Pada kolom *Self Weight Multiplier* hanya berat sendiri yang diisi 1, sisanya dimasukan 0 (artinya beban SW dihitung otomatis dengan program, dan lainnya diinput secara manual).



Gambar 2.21 Penentuan Jenis Beban

9. Input Beban pada Penampang

Beban yang dimasukan pada penampang hanya pada balok saja dan berupa beban mati, yang nantinya akan dilimpahkan ke kolom.

1. Pilih penampang yang akan input beban mati.

2. Pilih menu **Assign > Frame Loads > Point** (beban terpusat) dan **Distributed** (berat merata) > **OK**.
3. Masukkan jenis, besar beban, lokasi, dan arah pembebanan.

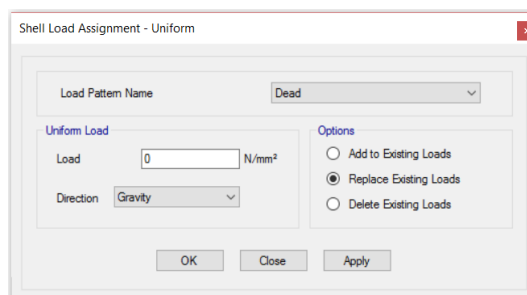
Gambar 2.22 Input Beban Terpusat pada Penampang

Gambar 2.23 Input Beban Terbagi Rata pada Penampang

10. Input Beban Mati dan Beban Hidup pada Pelat

Beban yang dimasukkan pada pelat berupa berat luasan baik itu tergolong sebagai jenis tetap maupun bergerak.

1. Pilih pelat yang akan input beban luasan
2. Pilih menu **Assign > Shell Loads > Uniform > OK**.
3. Masukkan jenis, besar beban, lokasi, dan arah pembebanan.

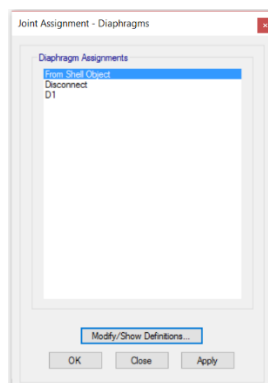


Gambar 2.24 Input Beban Luasan pada Pelat

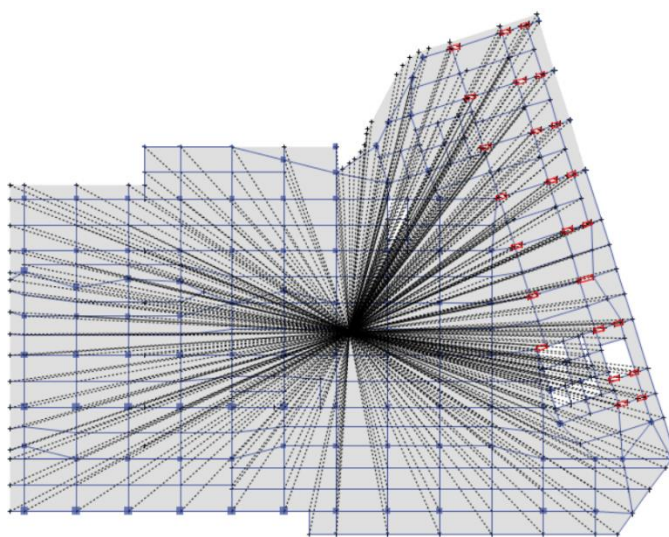
11. Diafragma Lantai

Diafragma dibentuk untuk menganggap pelat lantai/atap sebagai ikatan kaku struktur yang berhubungan langsung dengannya (kolom dan balok)

1. Pilih semua objek pelat setiap tingkat.
2. Pilih menu **Assign > Joint > Diaphragms > OK**.



Gambar 2.25 Pembuatan Diafragma Lantai / Atap

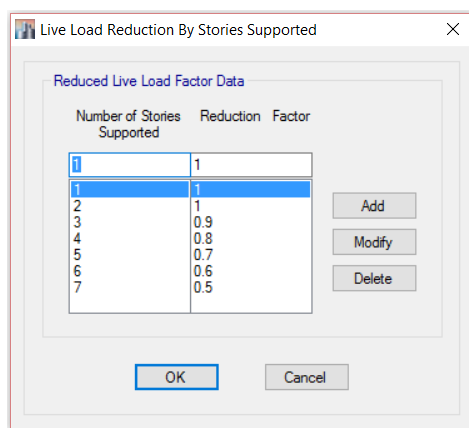


Gambar 2.26 Diafragma Lantai Dasar

12. Reduksi Beban Hidup

Beban hidup harus direduksi oleh suatu faktor, dimana koefisien ini dipengaruhi oleh jumlah tingkat dari gedung.

1. Pilih menu **Design > Live Load Reduction Factors > User Defined (By Stories Supported) > Define > Add** : masukan faktor reduksi sesuai Tabel 2.4 > **OK**.

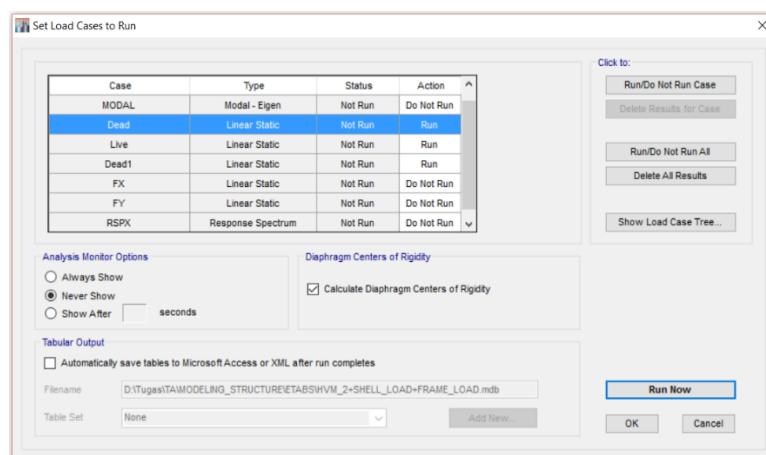


Gambar 2.27. Input Faktor Reduksi Beban Hidup

13. Berat Setiap Lantai

Berat setiap lantai didapat dari hasil analisa program ETABS 15.2.2 terhadap berat sendiri struktur, beban mati, dan beban hidup, gedung secara keseluruhan.

1. Pilih menu **Analyze > Set Load Cases To Run** : pilih beban mati dan hidup > **Run Now**.



Gambar 2.28 Penentuan Jenis Beban yang Akan Dianalisa

- Untuk menampilkan berat per lantai pilih menu **Display > Show Tables > Analysis > Result > Structure Results > Centers of Mass and Rigidity > OK.**

Story	Diaphragm	Mass X kgf·s ² /m	Mass Y kgf·s ² /m	XCM m	YCM m	Cumulative X kgf·s ² /m	Cumulative Y kgf·s ² /m	XCCM m	YCCM m	XCR m	YCR m
Story7	D1	72619.35	72619.35	129.145	38.3882	72619.35	72619.35	129.145	38.3882	131.7836	42.3305
Story6	D1	25203	25203	145.7358	48.7105	97822.35	97822.35	133.4195	41.0477	132.2036	42.7952
Story5	D1	95342.85	95342.85	128.1006	38.5115	193165.2	193165.2	130.7941	39.7958	130.903	42.7179
Story4	D1	27457.09	27457.09	145.8362	48.48	220622.28	220622.28	132.6662	40.8766	131.013	43.1261
Story3	D1	92822.92	92822.92	126.0061	40.3131	313445.21	313445.21	130.6939	40.7097	128.9242	43.0888
Story2	D1	23289.27	23289.27	144.9724	47.354	336734.48	336734.48	131.6814	41.1693	129.135	43.8015
Story1	D1	305326.4	305326.4	110.5039	43.4798	642060.88	642060.88	121.6106	42.268	111.2825	44.8672

Gambar 2.29 Tabel Berat Setiap Lantai Hasil Analisa Program ETABS 15.2.2.

14. Input Beban Gempa Statik Ekuivalen

Berdasarkan berat bangunan yang didapat dari program menggunakan langkah-langkah pada butir 2.14.13, dicari gaya geser per tingkat gempa statik dengan ketentuan dalam butir 2.4.

- Pilih menu **Define > Load Patterns > Auto Lateral Load : User Loads > Modify Lateral Load > OK.**
- Input gaya geser tingkat pada arah X maupun Y, beserta ordinat eksentrisitas pusat massa terhadap kekakuan berdasarkan ketentuan butir 2.3.8.

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf·m	X Ordinate m	Y Ordinate m
Story7	D1	81027.85	0	0	137.993	50.784
Story6	D1	24866.58	0	0	135.99	46.756
Story5	D1	79496.54	0	0	133.319	50.14
Story4	D1	20303.83	0	0	135.431	47.832
Story3	D1	51692.88	0	0	134.054	49.607
Story2	D1	11711.63	0	0	134.966	48.919
Story1	D1	74579.86	0	0	130.876	53.828

1

☐ Apply Load at Diaphragm Center of Mass

Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms):

Sort Rows Add Row Delete Row(s)

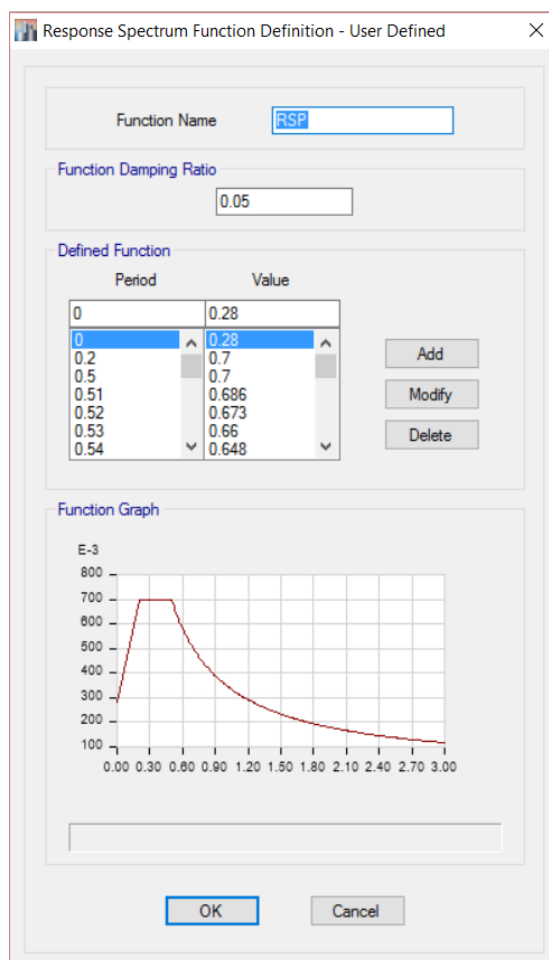
OK Cancel

Gambar 2.30 Input Gaya Geser Tingkat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah X dan Ordinat Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Rotasi.

15. Input Beban Gempa Respon Spektrum

Kurva respon spektrum yang akan diinput menjadi beban gempa dinamik ditentukan berdasarkan jenis tanah dan wilayah gempa lokasi gedung berdasarkan Gambar 2.9.

1. Pilih menu **Define > Functions > Response Spectrum > Choose Function Type to Add : From File > Add New Function > Browse** : pilih file yang berisi informasi numerik kurva respon spektrum sesuai wilayah gempa dan jenis tanah > **Convert to User Defined > OK**.



Gambar 2.31 Input Kurva Respon Spektrum pada Program ETABS 15.2.2

16. Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat akibat beban gempa dihitung untuk mendapatkan kinerja batas layan dan ultimit dari gedung seperti ketentuan butir 2.6.

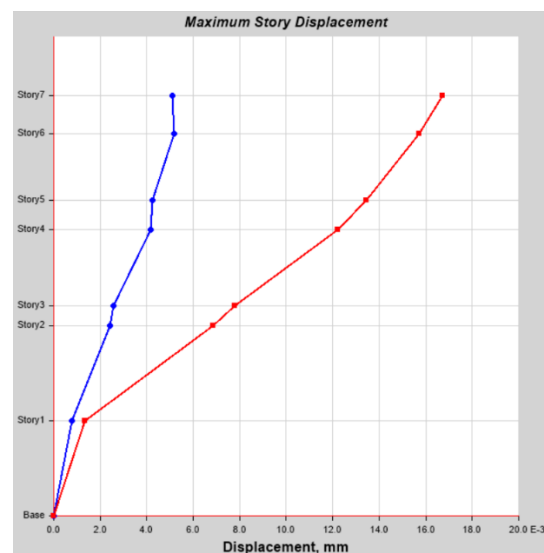
1. Pilih menu **Analyze > Set Load Cases To Run** : pilih beban gempa dan modal untuk respon dinamik > **Run Now**.

2. Untuk menampilkan simpangan antar tingkat pilih menu **Display > Show Tables > Analysis > Result > Structure Results > Displacements > Diaphragm Centers of Mass Displacements > OK.**

Story Drifts								
1 of 28 Reload Apply								
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X mm	Y mm	Z mm	
Story7	RSPX Max	X	0.000773	325	133161.3	65724.64	21950	
Story7	RSPX Max	Y	0.000459	139	108500	48000	21950	
Story7	RSPY Max	X	0.000351	325	133161.3	65724.64	21950	
Story7	RSPY Max	Y	0.000671	19	108500	26000	21950	
Story6	RSPX Max	X	0.000721	325	133161.3	65724.64	19950	
Story6	RSPX Max	Y	0.000362	58	157797	34147.32	19950	
Story6	RSPY Max	X	0.000361	325	133161.3	65724.64	19950	
Story6	RSPY Max	Y	0.000745	58	157797	34147.32	19950	
Story5	RSPX Max	X	0.000824	224	119575	64000	16450	
Story5	RSPX Max	Y	0.000698	317	99025	36725	16450	
Story5	RSPY Max	X	0.000438	224	119575	64000	16450	
Story5	RSPY Max	Y	0.000987	31	157092.39	29731.04	16450	
Story4	RSPX Max	X	0.000857	325	133161.3	65724.64	14950	
Story4	RSPX Max	Y	0.000453	56	156271.05	33666.19	14950	
Story4	RSPY Max	X	0.00048	325	133161.3	65724.64	14950	
Story4	RSPY Max	Y	0.001064	56	156271.05	33666.19	14950	
Story3	RSPX Max	X	0.000844	325	133161.3	65724.64	10950	
Story3	RSPX Max	Y	0.000581	317	99025	36725	10950	
Story3	RSPY Max	X	0.000436	325	133161.3	65724.64	10950	
Story3	RSPY Max	Y	0.001037	31	157092.39	29731.04	10950	
Story2	RSPX Max	X	0.000718	241	145445.64	68000	9950	
Story2	RSPX Max	Y	0.000414	56	156271.05	33666.19	9950	
Story2	RSPY Max	X	0.000468	241	145445.64	68000	9950	
Story2	RSPY Max	Y	0.001065	56	156271.05	33666.19	9950	
Story1	RSPX Max	X	0.000159	4	84500	16000	4950	
Story1	RSPX Max	Y	8.4E-05	1	60500	16000	4950	
Story1	RSPY Max	X	0.000108	261	79000	72000	4950	

Gambar 2.32. Simpangan Struktur Akibat Beban Gempa

3. Untuk menampilkan diagram simpangan struktur pilih menu **Display > Story Response Plot > OK.**



Gambar 2.33 Diagram Simpangan Struktur Akibat Beban Gempa

17. Kombinasi Pembebanan

Untuk mencapai suatu kekuatan struktur minimum sama dengan kuat perlu, maka beban yang bekerja harus dikalikan suatu faktor sesuai dengan ketentuan butir 2.7.3.1.

1. Pilih menu **Define > Functions > Load Combinations > Add New Combo > Add** : masukan jenis beban dan faktor kombinasi yang sesuai > **OK**.

Load Name	Scale Factor
Dead	0.9
Dead1	0.9
RSPX	1
RSPY	0.3

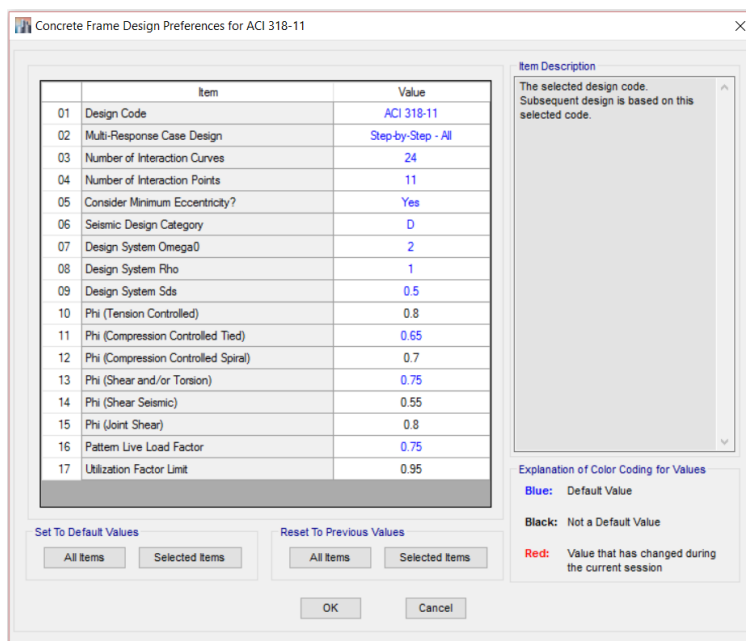
Gambar 2.34. Input Kombinasi Pembebanan

18. Faktor Reduksi Kekuatan

Reduksi kekuatan dimaksudkan untuk mengurangi kapasitas elemen struktur dalam menahan lentur, geser, dan torsi, guna menjamin suatu gedung memiliki faktor keamanan.

Reduksi ini didapat dengan cara mengalikan kuat nominal elemen struktur dengan suatu faktor sesuai dengan butir 2.7.3.2.

1. Pilih menu **Design > pilih jenis material struktur yang digunakan (Steel/Concrete/Composite/Shear Wall) > View/Revise Preferences > Masukan parameter-parameter perencanaan yang sesuai > OK**.

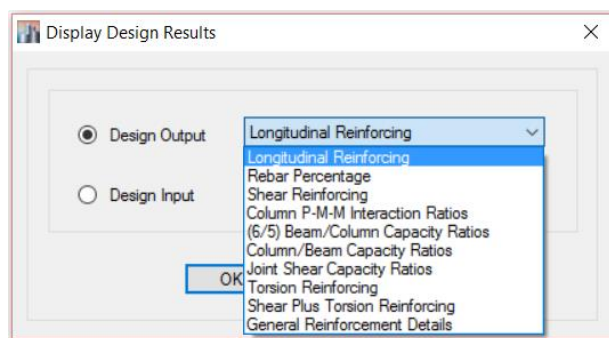


Gambar 2.35. Input Faktor Reduksi Kekuatan Rangka Portal Beton Bertulang

19. Desain Struktur Rangka Beton Bertulang dengan ETABS

Dalam ETABS 15.2.2. sudah terdapat fasilitas untuk menghitung kekuatan struktur rangka hingga jumlah tulangannya, serta dapat mengecek keamanan dari penampang.

1. Pilih menu **Analyze > Set Load Cases To Run** : pilih beban mati , hidup, dan gempa > **Run Now**.
2. Pilih menu **Desig > Concrete Frame Design > Select Design Combinations** : pilih semua kombinasi pembebanan yang akan digunakan > **OK**.
3. Pilih menu **Desig > Concrete Frame Design > Start Design/Check**.
4. Pilih menu **Desig > Concrete Frame Design > Display Design Info** : pilih jenis informasi hasil desain struktur beton bertulang yng diperlukan > **OK**.



Gambar 2.36 Informasi Hasil Desain Struktur Rangka Beton Bertulang

2.8 Metode Pelaksanaan

2.8.1 Pengertian Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Metode pelaksanaan konstruksi pada hakekatnya adalah penjabaran tata cara dan teknik – teknik pelaksanaan pekerjaan, merupakan inti dari seluruh kegiatan dalam sistem manajemen konstruksi. Metode pelaksanaan konstruksi merupakan kunci untuk dapat mewujudkan seluruh perencanaan menjadi bentuk bangunan fisik. Pada dasarnya metode pelaksanaan konstruksi merupakan penerapan konsep rekayasa berpijak pada keterkaitan antara persyaratan dalam dokumen pelelangan (dokumen pengadaan), keadaan teknis dan ekonomis yang ada dilapangan, dan seluruh sumber daya termasuk pengalaman kontraktor.

Kombinasi dan keterkaitan ketiga elemen secara interaktif membentuk kerangka gagasan dan konsep metode optimal yang diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi. Konsep metode pelaksanaan mencakup pemilihan dan penetapan yang berkaitan dengan keseluruhan segi pekerjaan termasuk kebutuhan sarana dan prasarana yang bersifat sementara sekalipun (Istimawan Dipohusodo: 1996:363).

Teknologi konstruksi (*Construction technology*) mempelajari metode atau teknik yang digunakan untuk mewujudkan bangunan fisik dalam lokasi proyek. Technology berasal dari kata techno dan logic, dapat diartikan sebagai urutan dari setiap langkah kegiatan (prosedur), misalkan kegiatan X harus dilaksanakan lebih dahulu kemudian baru kegiatan Y, dan seterusnya; sedangkan techno adalah cara yang harus digunakan secara logic, (Wulfram I. Ervianto, 2002:1).

Metode pelaksanaan pekerjaan atau yang bisa disingkat „CM“ (*Construction Method*), merupakan urutan pelaksanaan pekerjaan yang logis dan teknik sehubungan dengan tersedianya sumber daya yang dibutuhkan dan kondisi medan kerja, guna memperoleh cara pelaksanaan yang efektif dan efisien. Metode pelaksanaan pekerjaan tersebut, sebenarnya telah dibuat oleh kontraktor yang bersangkutan pada waktu membuat ataupun mengajukan penawaran pekerjaan. Dengan demikian „CM“ (*Construction Method*) tersebut minimal telah „teruji“ saat dilakukan „klarifikasi“ atas dokumen tendernya atau terutama *Construction Method* (CM)-nya. Namun demikian, tidak tertutup kemungkinan, bahwa pada waktu menjelang pelaksanaan atau selama

pelaksanaan pekerjaan ada ketidaksesuaian. Jika demikian *Construction Method* (CM) tersebut perlu atau harus dirubah.

Metode pelaksanaan pekerjaan yang ditampilkan dan diterapkan merupakan cerminan dari profesionalitas sang pelaksana proyek tersebut, atau profesionalitas dari tim pelaksana proyek, yaitu manajer proyek dan perusahaan yang bersangkutan. Karena itu dalam penilaian untuk menentukan pemenang tender, penyajian metode pelaksanaan pekerjaan mempunyai „bobot“ penilaian yang tinggi. Yang diperhatikan bukan rendahnya nilai penawaran harga, meskipun kita akui bahwa rendahnya nilai penawaran merupakan jalan untuk memperoleh peluang ditunjuk menjadi pemenang tender/pelelangan. (Mahendra Sultan Syah, 2004).

2.8.2 Dokumen Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dokumen metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi (Mahendra Sultan Syah:2004:113), pada umumnya terdiri dari :

1. *Project plant*, dimana dokumen ini memuat antara lain:
 - a. Denah fasilitas proyek (jalan kerja, bangunan fasilitas, dan lain- lain),
 - b. Lokasi pekerjaan
 - c. Jarak angkut d. Komposisi alat
 - d. Kata – kata singkat (bukan kalimat panjang), dan jelas mengenai urutan pekerjaan
2. Sket atau gambar bantu, merupakan penjelasan pelaksanaan pekerjaan
3. Uraian pelaksanaan pekerjaan, yang meliputi:
 - a. Urutan pelaksanaan seluruh pekerjaan dalam rangka penyelesaian proyek (urutan secara global).
 - b. Urutan pelaksanaan per pekerjaan atau per kelompok pekerjaan, yang perlu penjelasan lebih detail. Biasanya yang ditampilkan adalah pekerjaan penting atau pekerjaan yang jarang ada, atau pekerjaan yang mempunyai nilai besar, pekerjaan dominan (volume kerja besar). Pekerjaan yang ringan atau umum dilaksanakan biasanya cukup diberi uraian singkat mengenai cara pelaksanaannya saja. Tapi perhitungan kebutuhan alat dan tanpa gambar/sket penjelasan cara pelaksanaan pekerjaan.

4. Perhitungan kebutuhan tenaga kerja dan jadwal kebutuhan tenaga kerja (Mandor, Pekerja, Tukang, Kepala Tukang).
5. Perhitungan kebutuhan material/ bahan dan jadwal kebutuhan material/bahan.
6. Perhitungan kebutuhan peralatan konstruksi dan jadwal kebutuhan peralatan.
7. Dokumen lainnya sebagai penjelasan dan pendukung perhitungan kelengkapan yang lain. Apabila metode pelaksanaan pekerjaan merupakan dokumen yang terpisah (tersendiri), maka harus dilengkapi dengan jadwal pelaksanaan pekerjaan.

2.8.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Yang Baik

Metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi yang baik apabila memenuhi persyaratan (Mahendra Sultan Syah: 2004: 114), yaitu:

1. Memenuhi persyaratan teknis, yang memuat antara lain:
 - a. Dokumen metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi lengkap dan jelas memenuhi informasi yang dibutuhkan.
 - b. Bisa dilaksanakan dan efektif
 - c. Aman dilaksanakan, terhadap bangunan yang dibangun, para tenaga kerja, bangunan lainnya, dan lingkungan sekitarnya.
2. Memenuhi persyaratan ekonomis, yaitu biaya murah, wajar dan efisien.
3. Memenuhi pertimbangan nonteknis lainnya, yang memuat antara lain:
 - a. Dimungkinkan untuk diterapkan di lokasi proyek dan disetujui atau tidak ditentang oleh lingkungan setempat.
 - b. Rekomendasi dan *policy* dari pemilik proyek.
 - c. Disetujui oleh sponsor proyek atau direksi perusahaan, apabila hal itu merupakan alternatif pelaksanaan yang istimewa atau riskan.
4. Merupakan alternatif/pilihan terbaik dari beberapa alternatif yang telah diperhitungkan dan dipertimbangkan. Masalah metode pekerjaan banyak sekali variasinya, sebab tidak ada keputusan engineer. Jadi pilihan terbaik yang merupakan tanggung jawab manajemen, dengan tetap mempertimbangkan engineering economies.
5. Manfaat positif *Construction Method*.
 - a. Memberikan arahan dan pedoman yang jelas atas urutan dan fasilitas penyelesaian pekerjaan.

- b. Merupakan acuan/dasar pola pelaksanaan pekerjaan dan menjadi satu kesatuan dokumen prosedur pelaksanaan pekerjaan di proyek.

2.8.4 Hal-Hal Yang Mempengaruhi Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Dalam melaksanakan pekerjaan, biasanya dimungkinkan dengan berbagai metode. Beberapa alternatif metode pelaksanaan yang ada, tentunya akan menghasilkan beberapa alternatif biaya juga.

Dalam hal ini, alternatif metode pelaksanaan yang harus dipilih tentunya yang menghasilkan biaya yang paling rendah. Pemilihan ini dilakukan oleh pihak *owner* selaku pengguna jasa maupun pihak Kontraktor selaku penyedia jasa, dengan maksud yang sama, yaitu menurunkan biaya, hanya tujuannya saja yang berbeda.

Bagi *owner* selaku pengguna jasa tujuannya agar nilai kontrak proyek, yang akan merupakan investasi menjadi rendah, sedangkan bagi pihak kontraktor selaku penyedia jasa, bukan untuk menurunkan nilai kontrak, tetapi untuk menurunkan biaya pelaksanaan. Dimana metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi, dalam pengembangan alternatifnya, dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut :

1. Design bangunan.
2. Medan/lokasi pekerjaan.
3. Ketersediaan tenaga kerja, bahan, dan peralatan.

2.8.5 Peranan Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Peranan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi adalah untuk menyusun cara – cara kerja dalam melaksanakan suatu pekerjaan dan suatu cara untuk memenuhi, menentukan sarana – sarana pekerjaan yang mendukung terlaksananya suatu pekerjaan misalnya :

menetapkan, memilih peralatan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang efektif dan efisien dalam biaya operasi. Cara kerja juga dapat membantu dalam menentukan urutan pekerjaan, menyusun jadwalnya sehingga dapat menentukan penyelesaian suatu pekerjaan. Peranan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi akan mempengaruhi perencanaan konstruksi (Nono Tisnawardono: 2002: 11) antara lain:

1. Jadwal pelaksanaan.
2. Kebutuhan dan jadwal tenaga kerja
3. Kebutuhan dan jadwal meterial/bahan.
4. Kebutuhan dan jadwal alat
5. Penjadwalan anggaran (*Arus kas/cash-flow*).
6. Jadwal prestasi dengan metode kurva – S (*S-Curve*)
7. Cara – cara pelaksanaan pekerjaan.

Dalam penyusunan metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi, perlu pembahasan/diskusi. Oleh karena itu dianjurkan pada perusahaan kontraktor yang telah mempunyai banyak tenaga kerja dari berbagai disiplin dan agar membuat metode pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi, dengan melibatkan berbagai pihak yang ahli bidangnya, misal:

1. Menguasai peralatan konstruksi
2. Mengetahui sumber – sumber material/bahan
3. Mengerti masalah angkutan
4. Mengerti masalah jenis – jenis pekerjaan
5. Menguasai bahasa perbankan.

2.8.6 Penentuan Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Tahap pertama sebelum memulai suatu pelaksanaan proyek konstruksi, harus ditentukan terlebih dahulu suatu metode untuk melaksanakannya. Dalam skala organisasi suatu proses perencanaan pelaksanaan proyek konstruksi, sangatlah penting untuk menentukan metode konstruksi terlebih dahulu, karena setiap jenis metode konstruksi akan memberikan karakteristik pekerjaan berbeda.

Penentuan jenis metode konstruksi yang dipilih akan sangat membantu menentukan jadwal proyek. Metode konstruksi yang berbeda akan memberikan ruang lingkup pekerjaan dan durasi yang berbeda pula, yang sudah barang tentu juga mempunyai pertimbangan finansial dalam bentuk biaya. Ada faktor – faktor yang mempengaruhi jenis ruang lingkup pekerjaan yang dilakukan, sehingga perlu diperhatikan dan dipertimbangkan, yaitu:

1. Sumber daya manusia dengan skill yang cukup untuk melaksanakan suatu metode pelaksanaan konstruksi.

2. Tersedianya peralatan penunjang pelaksanaan metode konstruksi yang dipilih.
3. Material cukup tersedia.
4. Waktu pelaksanaan yang maksimum dibanding pilihan metode konstruksi lainnya.
5. Biaya yang bersaing.

Oleh karena faktor – faktor yang mempengaruhi metode pelaksanaan seperti : Design bangunan, Medan/lokasi pekerjaan, dan ketersediaan dari tenaga kerja, bahan, dan peralatan, seperti sudah dijelaskan diatas, maka kadang – kadang metode pelaksanaan hanya memiliki alternatif yang terbatas

