

TUGAS AKHIR

TINJAUAN PERENCANAAN PONDASI DAN METODE PELAKSANAAN PADA PEMBANGUNAN GEDUNG AUDITORIUM POLITEKNIK NEGERI MANADO

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

Oleh :

Jansen M.Takaredase

Nim : 12 012 022



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

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tanah

Menurut Braja M. Das-Noor Endah dalam buku Mekanika Tanah, Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (buriran) material-material padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

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 diatas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, dan 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 pelekat 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.

2.1.2 Klasifikasi tanah

Dapat digolongkan kedalam macam pokok berikut ini :

1. Batu kerikil (*Gravel*)

2. Pasir (*Sand*)
3. Lanau (*Silt*)
4. Lempung Organik (*Clay*)

Tanah juga didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat(butiran) mineral-mineral padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu samalain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1991).

Secara umum tanah dapat dibedakan menjadi dua yaitu tanah tak berkohesif dan tanah berkohesif. Tanah tak kohesif adalah tanah yang beradadalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan didalam air, contohnya adalah tanah berpasir. Tanah berkohesif adalah tanah apabila karakteristik fisis yang selalu terdapat pembasahan dan pengeringan yang menyusun butiran tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya akan diperlakukan untuk memisahkan dalam keadaan kering, contohnya pada tanah lempung (Bowles, 1991).

2.1.3 Penyelidikan tanah

Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisannya. Penyelidikan tanah ini dilakukan dengan berbagai cara, seperti:

1. Sondir

Test sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan (*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

Deep boring dilaksanakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *Standrad Penetration Test* juga dilakukan pada pekerjaan boring.

3. *Standard Penetration Test*

Standard Penetration Test dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap contoh internal 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 peralihan tanah.

2.2 Pondasi

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar atau konstruksi yang berfungsi menopang bangunan yang ada di atasnya untuk diteruskan secara merata ke lapisan tanah. Ada juga pengertian lainnya yang menyatakan bahwa pondasi itu adalah konstruksi yang diperhitungkan sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri.

2.2.1 Dasar-dasar pemilihan jenis pondasi

Dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini karena tidak semua jenis pondasi bisa dilaksanakan di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknis cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi adalah :

Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi sebagai berikut :

- a. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak) dan pondasi strauss.
- b. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang minipile atau pondasi tiang apung untuk memperbaiki tanah pondasi.
- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang atau

pondasi bor bilamana tidak boleh terjadi penurunan. Bila terdapat batu besar pada lapisan tanah, pemakaian kaisan lebih menguntungkan.

- d. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi kaisan terbuka tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
- e. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 40 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.

2.2.2 Jenis pondasi dangkal

Pondasi dangkal dapat digunakan jika lapisan tanah yang baik terletak tidak dalam dari permukaan. Pondasi ini merupakan jenis pondasi yang murah karena selain konstruksinya mudah juga materialnya yang digunakan tidak terlalu banyak. Adapun jenis-jenis dari pondasi dangkal sebagai berikut:

1. Pondasi sarang laba laba

Pondasi sarang laba laba ditemukan oleh Ir.Ryantori dan Ir.Soetjipto, pada tahun 1975. Kontruksinya terdiri dari pelat beton tipis bermutu K-225 berukuran 10-15 cm yang dibawahnya dikakukan dengan rib-rib tegak yang tipis dan relatif tinggi, biasanya, 50-150 cm. Penempatan rib-rib diatur sedemikian rupa sehingga dari atas kelihatan membentuk petak-petak segitiga, sedangkan rongga-rongga dibawah pelat dan diantara rib-rib diisi dengan tanah/pasir yang dipadatkan lapis demi lapis.Karena fungsinya memikul beban terpusat/kolom, maka susunan rib-rib diatur supaya titik pertemuannya berimpitan dengan titik kerja beban/kolom. Rib tepi keliling, biasanya, dibuat lebih dalam dari rib-rib tengah (berkisar antara 2-3 meter), agar penurunan total direduksi dan untuk menjaga kestabilan bangunan terhadap kemungkinan terjadinya kemiringan.

2. Pondasi gasing

Pondasi gasing (tob base method) ditemukan oeh seorang pengusaha jepang bernama Atsushi Matsui pada tahun 1974. Idenya berawal ketika ia melihat kenyataan sebuah mangkuk teh tidak akan tengelam dipasir, walau dipukul

ombak. Setelah melakukan berbagai percobaan, akhirnya ia menemukan bentuk top atau gasing tersebut. Penemuannya ini lalu dikembangkan oleh para ahli di negeri Sakura itu.

Pondasi gasing ini terdiri atas 2 (dua) bagian.

- Balok-balok beton berbetuk gasing dengan kontak yang luas dan berfungsi sebagai pemikul beban dan menyebarkannya ke lapisan tanah di bawahnya.
- Batu pecah mengisi celah-celah antara balok-balok beton tersebut yang berfungsi sebagai pengunci dan peredam getaran.

Garis tengah lingkaran bagian atas dari pondasi gasing ini kurang lebih sama ukurannya dengan tinggi bagian kerucutnya. Tinggi kerucut ini lebih kurang sama dengan tinggi kaki gasing. Bidang yang bersinggungan dengan tanah (sudut kerucut) adalah 45 derajat, yang merupakan kunci dari desain pondasi gasing ini.

3. Pondasi hypaar

Pondasi ini disebut "*hypaar*" karena berbentuk parabola-hiperbola dan cocok digunakan pada bangunan-bangunan sedang (3 lantai) dengan daya dukung tanah 0,3-0,5 kg/cm². Pondasi ini terdiri atas pelat beton bertulang berbentuk hiperbola dengan ketebalan 10 cm dan diameter tulangan 8-10 cm dengan jarak 20 cm. Ketebalan membran/atau plat beton ini dimasukkan supaya berat pondasi tidak menimbulkan momen pada pondasi itu sendiri, karena pelat beton lebih tebal dari 10 cm akan menimbulkan momen. Tulangan yang digunakan berfungsi untuk menjaga kelenturan pelat.

4. Pondasi cakar ayam

Pondasi cakar ayam atau pondasi tapak merupakan pondasi yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia ketika mendirikan suatu bangunan bertingkat 2-3 lantai, terutama bangunan bertingkat serta bangunan yang berdiri di atas tanah lembek.

5. Pondasi grid

Pondasi grid biasanya digunakan untuk bangunan-bangunan pantai yang relative ringan, seperti pada bangunan pemboran dan konstruksi ringan lainnya. Pondasi grid terdiri dari dinding yang dipasang tegak membentuk sel-sel, yang didalam sel-sel tersebut diisi oleh agregat yang dipadatkan.

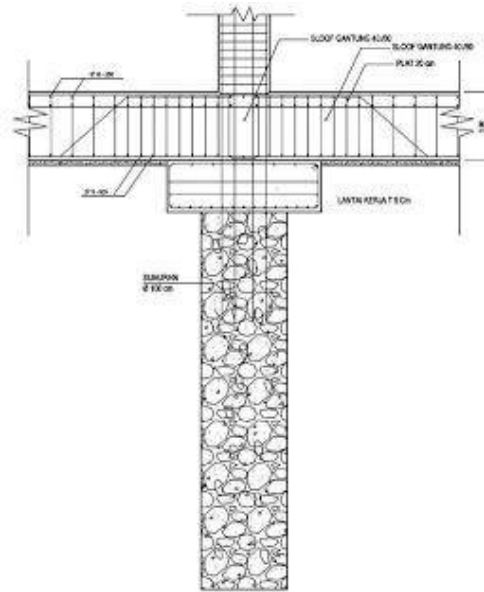
2.2.3 Jenis pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalam tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi tiang pancang, dinding pancang dan caissons atau pondasi kompensasi . Pondasi dalam dapat digunakan untuk mentransfer beban ke lapisan yang lebih dalam untuk mencapai kedalam yang tertentu sampai didapat jenis tanah yang mendukung daya beban struktur bangunan sehingga jenis tanah yang tidak cocok di dekat permukaan tanah dapat dihindari.

a. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah suatu bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang. Pondasi sumuran sangat tepat digunakan pada tanah kurang baik dan lapisan tanah kerasnya berada pada kedalaman lebih dari 3m. Diameter sumuran biasanya antara 0.80 - 1.00 m dan ada kemungkinan dalam satu bangunan diameternya berbeda-beda, ini dikarenakan masing-masing kolom berbeda bebannya.

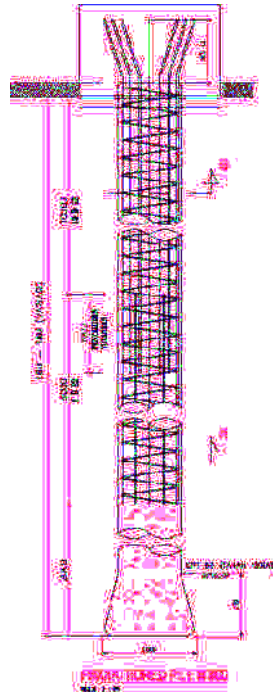
Disebut pondasi Sumuran, karena dalam pengerjaannya membuat lubang-lubang berbentuk sumur. Lobang ini digali hingga mencapai tanah keras atau stabil. Sumur-sumur ini diberi buis beton dengan ketebalan kurang lebih 10 cm dengan pembedaan. Dasar dari sumur dicor dengan ketebalan 40 cm sampai 1,00 m, diatas coran tersebut disusun batu kali sampai dibawah 1,00 m buis beton teratas. Ruang kosong paling atas dicor kembali dan diberi angker besi, yang gunanya untuk mengikat plat beton diatasnya. Plat beton ini mirip dengan pondasi plat setempat, yang fungsinya untuk mengikat antar kolom yang disatukan oleh sloof beton. Seper pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Pondasi Sumuran
 Sumber : *kontemporer2013.blogspot.com*

b. Pondasi Bored Pile

Pondasi Bored Pile adalah bentuk Pondasi Dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah dengan kedalaman tertentu. Pondasi di tempatkan sampai ke dalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang yang dibor dengan alat khusus. Setelah mencapai kedalaman yang disyaratkan, kemudian dilakukan pemasangan kasing/begisting yang terbuat dari plat besi, kemudian dimasukkan rangka besi pondasi yang telah dirakit sebelumnya, lalu dilakukan pengecoran terhadap lobang yang sudah di bor tersebut. Pekerjaan pondasi ini tentunya dibantu dengan alat khusus, untuk mengangkat kasing dan rangka besi. Setelah dilakukan pengecoran kasing tersebut dikeluarkan kembali. Detail pondasi *bored pile* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pondasi *Bored Pile*
 Sumber : *kontemporer2013.blogspot.com*

c. Pondasi Tiang Pancang

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman lebih dari 8 meter. Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

2.2.4 Keuntungan pondasi bor pile

Adapun beberapa keuntungan dari pondasi bor pile sebagai berikut :

- Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
- Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (pile cap). Kolom dapat secara langsung diletakkan di puncak bored pile.

- Kedalaman tiang dapat divariasikan.
- Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
- Bored pile dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
- Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
- Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.

2.2.5 Kerugian pondasi bor pile

Adapun beberapa kerugian dari pondasi bor pile sebagai berikut :

- Pengecoran bored pile dipengaruhi kondisi cuaca.
- Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
- Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya disepanjang badan bored pile mengurangi kapasitas dukung bored pile, terutama bila bored pile cukup dalam.
- Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
- Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
- Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang temporary casing untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

2.2.6 Jenis-jenis pondasi bor pile

Adapun beberapa jenis pondasi bor pile sebagai berikut :

- **Pondasi strauss pile adalah** pondasi tiang berbentuk bulat yang dalam cara pembuatannya tanah di lobangi dengan alat bor manual sampai kedalaman tertentu lalu dimasukkan besi tulangan yang telah diinstall dan pengecoran ditempat. Strauss pile / Bor pile manual adalah solusi alternatif pondasi untuk bangunan sederhana atau sebagai pengganti pondasi tiang pancang, bored pile atau cerucuk bambu. Berikut ini tahapan

- **Tiang pancang Franki** adalah salah satu jenis pondasi tiang pancang dari beton yang dicor di tempat pengerjaan (*cast in place pile*) dengan bagian ujung bawahnya yang diperbesar sehingga daya dukung tiang semakin besar. Tiang pancang Franki pertama kali dikembangkan oleh seorang engineer dari Belgia yang bernama Edgard Franki gnuol pada tahun 1909. Tiang pancang Franki menggabungkan keunggulan dari tiang bor dan tiang pancang, yaitu dapat dimanfaatkannya secara maksimal kekuatan friksi tanah dan relatif ekonomis karena beton yang digunakan sesuai dengan kedalaman pondasi.

2.3 Kapasitas Daya Dukung Bor Pile

Standard Percobaan Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukan suatu alat yang dinamakan split spoon ke dalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh dengan kepadatan relative (*relative density*), sudut geser tanah (Φ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N).

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan *silt* berdasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

- a. Daya dukung ujung tiang

Daya dukung ultimit pada ujung bor pile dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_p = q_p \cdot A$$

Dimana :

Q_p = daya dukung ultimit ujung tiang (ton)

q_p = tahanan ujung per satuan luas (ton/m^2)

A = luas penampang *bored pile* (m^2)

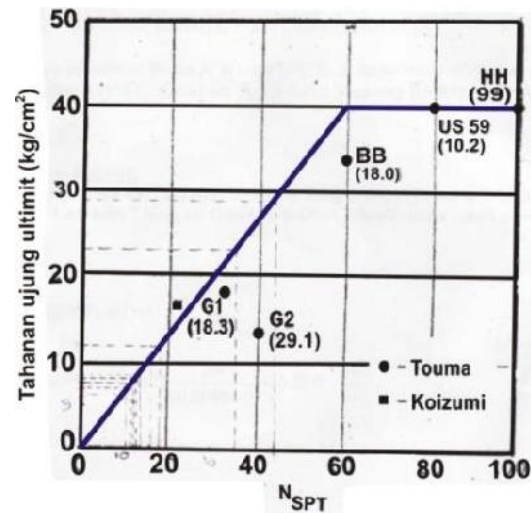
Pada tanah kohesif besar tahanan ujung per satuan luas (q_p) dapat diambil sebesar 9 kali kuat geser tanah. Sedangkan pada tanah non kohesif, Reese mengusulkan korelasi antara q_p dengan NSPT.

Untuk tanah kohesif :

$$q_p = 9 \cdot C_u$$

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT} \cdot 10$$

Reese & Wright mengusulkan korelasi antara q_p dan NSPT seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Daya dukung ujung batas *bored pile* pada tanah pasir (Reese & Wright)

Dimana :

Untuk $N < 60$ maka $q_p = 7N$ (t/m^2) < 400 (t/m^2)

Untuk $N > 60$ maka $q_p = 400$ (t/m^2)

N adalah nilai rata – rata SPT

Untuk tanah non kohesif rumus yang digunakan adalah

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$= 7N \cdot A_p$$

$$\text{Dimana, } N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

b. Daya Dukung Selimut Tiang

Perhitungan daya dukung selimut tiang pada tanah homogen dapat dituliskan dalam bentuk :

$$Q_s = f \cdot L \cdot p$$

Dimana :

Q_s = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

f = gesekan selimut tiang (ton/m^2)

L = panjang tiang (m)

p = keliling penampang tiang (m)

Bila *bored pile* terletak pada tanah yang berlapis, maka formula tersebut dapat dimodifikasi sebagai berikut :

$$Q_s = \sum f_s \cdot l \cdot p$$

Dimana :

Q_s = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

f_s = gesekan selimut tiang (t/m²)

l = panjang tiang (m)

p = keliling penampang tiang (m)

Nilai L dan p untuk perhitungan diatas diperoleh dari data tiang yang akan digunakan, sedangkan untuk nilai f diperoleh dari perhitungan menggunakan metode Reese & Wright (1977). Gesekan selimut tiang per satuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah. Untuk tanah kohesif dan non kohesif dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$f = \alpha \cdot C_u$$

Dimana :

α = Faktor adhesi.

berdasarkan penelitian Resse & Wright (1977)

$$\alpha = 0,55$$

C_u = Kohesi tanah (ton/m²)

pada tanah non kohesif :

Untuk $N < 53$ maka $f = 0,32 N$ (ton/m²)

Untuk $53 < N < 100$ maka f diperoleh dari korelasi langsung dengan NSPT (Resse & Wright)

2.3.1 Perencanaan Pondasi *Bored Pile*

Adapun tahap-tahap perencanaan *bored pile* seperti yang dijelaskan dalam jurnal tugas akhir Nirwana Karisma, Universitas Hasanudin (2012) adalah seperti berikut :

- Menentukan data-data *bored pile* termasuk didalamnya dimensi tinggi, luas penampang, keliling, total *friction*, tahanan konus berdasarkan hasil sondir
- Dengan data-data tersebut dilakukan perhitungan daya dukung ijin
- Kemudian tentukan daya dukung maksimum dan daya dukung minimum tiang
- Setelah itu lakukan pengecekan efisiensi kelompok tiang
- Apabila jumlah tiang dalam kelompok sudah memenuhi syarat kekuatan maka dilakukan perencanaan *pile cap*

2.3.2 Metode perhitungan daya dukung

Kapasitas daya dukung tiang dari data sondir

Untuk menghitung daya dukung tiang bor berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Mayerhoff.

Daya dukung ultimate pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K)$$

Dimana : Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang bor tunggal.

q_c = Tahanan ujung sondir.

A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah hambatan lekat.

K = Keliling tiang.

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$$

2.4 Pembebanan

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban

atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut, yang di dalamnya terdapat beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan.

2.4.1 Beban Mati (DL)

Beban mati adalah beban yang berasal dari material yang digunakan pada struktur dan beban mati tambahan yang bekerja pada struktur. Pada hitungan struktur menggunakan bantuan *software* SAP 2000 v11, beban mati dihitung secara otomatis berdasarkan input data material dan dimensi material yang digunakan. Berat tergantung dari jenis bahan yang digunakan. Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 adalah:

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

Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari finishing lantai (keramik, plesteran), beban dinding dan beban tambahan lainnya sebagai contoh, berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Beban finishing (keramik) = 24 kg/m^2
2. Plesteran 2,5 cm ($2,5 \times 21 \text{ kg.m}^2$) = 53 kg/m^2
3. Beban ME = 25 kg/m^2
4. Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2
5. Beban dinding = 250 kg/m^2

2.4.2 Beban Hidup (LL)

Di dalam peraturan pembebanan telah ditetapkan bahwa fungsi suatu ruangan didalam gedung akan membuat beban berbeda, misalnya beban untuk kantor tentu berbeda dengan beban untuk gudang, dan lainnya. Contoh beban hidup berdasarkan fungsi ruangan dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) tabel 3.1 pada butir C, maka diambil bebanhidup 250 kg/m^2 .

Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) tabel 3.1 seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
Sumber (PPIUG 1983)

Beban hidup pada lantai gedung		
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m ²
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m ²
d.	Lantai ruang olah raga	400 kg/m ²
e.	Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
f.	Lantai dan balkon-dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m ²
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²
h.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m ²
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m ²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m ²
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m ²
l.	Lantai gedung parkir bertingkat:	
	– untuk lantai bawah	800 kg/m ²
	– untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m ²

A. Kombinansi Beban

Menurut SNI-03-2847-2002 pasal 1.1: Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara ini. Komponen struktur juga harus memenuhi ketentuan lain yang tercantum dalam tatacara ini untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang baik pada tingkat beban bekerja. Kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang

diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi.

Kombinasi pembebanan untuk gedung sudah ditetapkan berdasarkan SNI-03-2847-2002 pasal 12.1. kombinasi pembebanan pada perhitungan struktur gedung dapat dirangkum sebagai berikut:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL

Dimana,

DL = beban mati

LL = beban hidup

E = beban Gempa

2.4.3 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit tiang dengan faktor aman tertentu, fungsi faktor aman adalah:

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidak pastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
2. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
5. Untuk mengantisipasi adanya ketidak pastian metode hitungan yang digunakan (Hardiyatmo, 2010).

2.5 SAP 2000

SAP 2000 adalah program yang menyediakan pilihan, antara lain membuat model struktur baru, memodifikasi dan merancang element struktur. Semua hal tersebut dapat dilakukan melalui *User Interface* yang sama. Program ini dirancang sangat interaktif, sehingga beberapa hal dapat dilakukan, misalnya mengontrol kondisi tegangan pada element struktur, mengubah dimensi batang dan mengganti peraturan perancangan tanpa harus mengulang analisis struktur. Program ini telah

dilengkapi dengan beberapa template seperti 2D dan 3D frame, wall, shell, staircase, Brigde Wizard dan lain-lain untuk mempermudah dalam memodel struktur.

SAP 2000 merupakan program versi terakhir yang paling lengkap dari sesi-sesi program analisis struktur SAP, baik SAP 80 maupun SAP 90. Keunggulan program SAP 2000 antara lain ditunjukkan dengan adanya fasilitas untuk desain elemen, baik untuk material baja maupun beton. Di samping itu adanya fasilitas baja dengan mengoptimalkan penampang, sehingga pengguna tidak perlu menentukan profil untuk masing-masing elemen, tetapi cukup memberikan data profil secukupnya, dan program akan memilih sendiri profil yang paling optimal atau ekonomis.

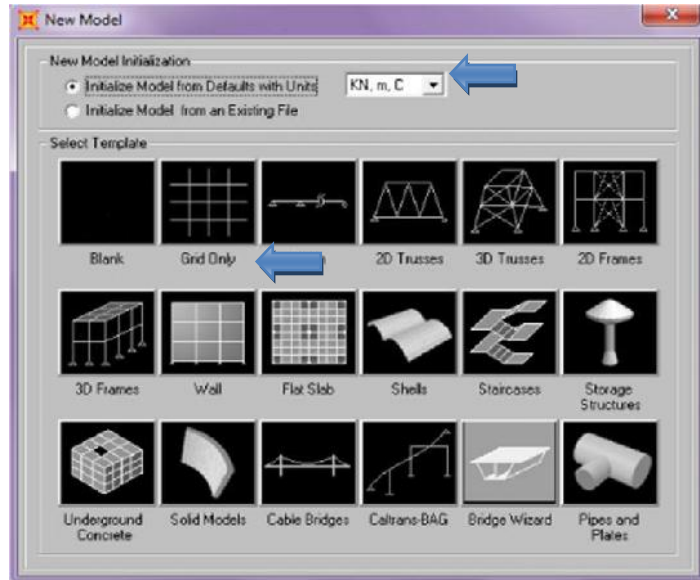
2.5.1 Penginputan Data Sap 2000

Untuk penginputan data sap 2000, berikut langkah – langkah yang harus dilakukan dalam memperhitungkan pembebanan, yaitu :

- Output Data

1. Buat file pekerjaan baru

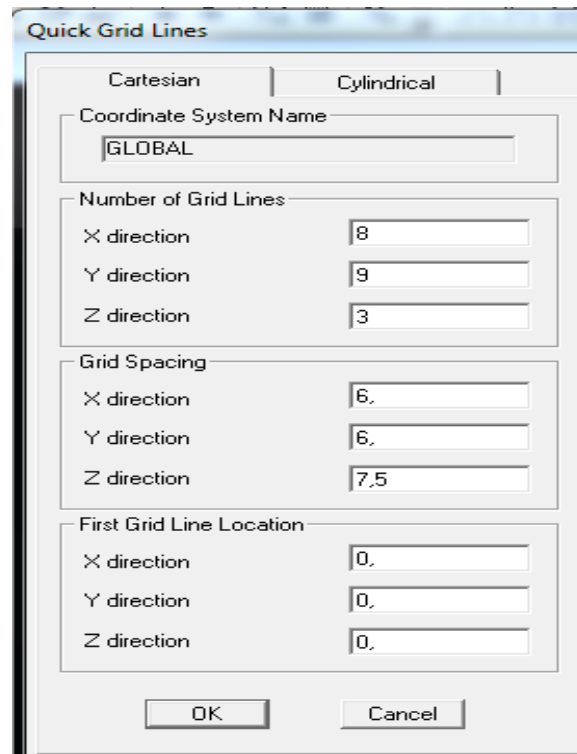
- File
- Atur satuan dalam ukuran panjang (kg/m)
- Grid Only. Grid berfungsi sebagai garis bantu untuk menginput jenis pemodelan elemen struktur, seperti pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Jenis pemodelan
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

- Atur grid sesuai dengan gambar struktur (x, y, z)., seperti pada Gambar 2.5

- Number of Grid Lines
 - X direction = Banyak kolom pada arah X
 - Y direction = Banyak kolom pada arah Y
 - Z direction = Pembagian Lantai bangunan
- Grid Spacing
 - X direction = Jarak kolom arah X
 - Y direction = Jarak kolom arah Y
 - Z direction = Tinggi lantai

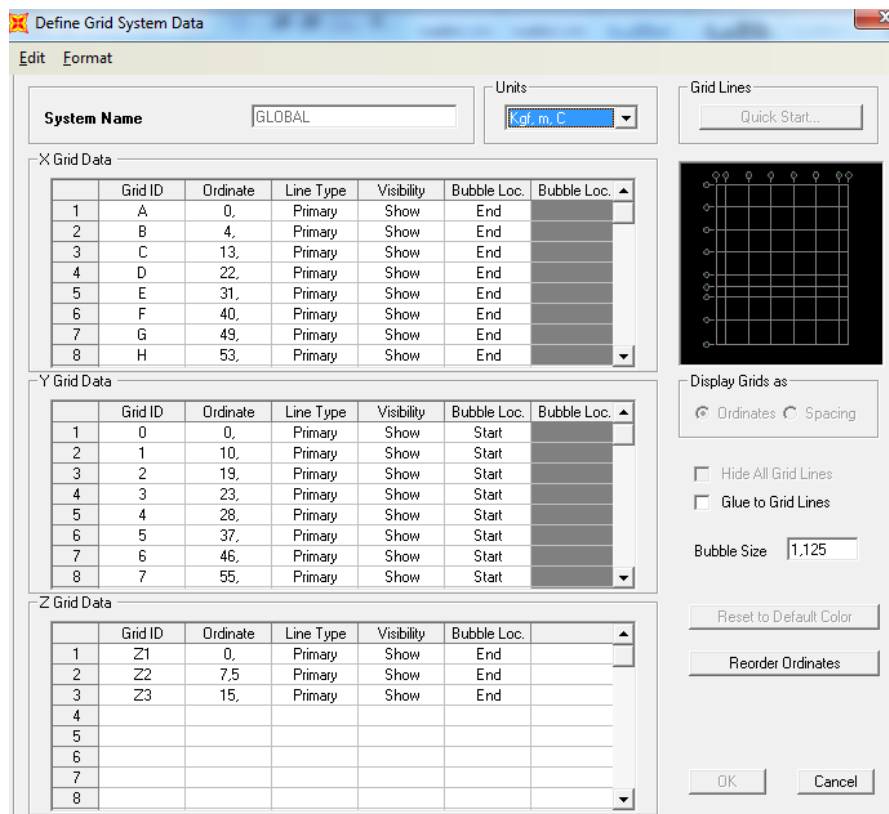


Gambar 2.5 Pengaturan Grid
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

Catatan: karena dalam perencanaan struktur ini memiliki jarak bentang yang berbeda, maka disesuaikan lagi dengan jarak bentang yang direncanakan dan dilakukan pengeditan pada menu define grid system data.

- Define
- Coordinate Systems/Grids
- Modify/Show Systems

Klik ordinate kemudian edit ukuran yang akan diganti. seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Pengeditan pemodelan grid system data.
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

2. Mendefinisikan material yang akan dipakai

- Define
- Material (*add new material*)
- Pilih jenis material yang akan digunakan seperti pada Gambar 2.7 dan 2.8
- Ganti *Weight per unit volume* dari tiap-tiap material (untuk beton 2400 kg/m³ dan untuk baja 7850 kg/m³)
- Ganti *modulus of elasticity* tiap-tiap material (untuk baja $2,1 \times 10^4$ kg.cm² dan untuk beton 4700√

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: baja

Material Type: Steel

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7850

Mass per Unit Volume: 800.4772

Units: Kg, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2,039E+10

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 7,844E+09

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 40789648

Minimum Tensile Stress, Fu: 24473189

Effective Yield Stress, Fye: 37965760

Effective Tensile Stress, Fue: 44855842

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Gambar 2.7 Pemilihan jenis material baja
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: beton

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2400

Mass per Unit Volume: 244,7319

Units: Kg, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2,625E+09

Poisson's Ratio, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 1,094E+09

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, fc: 3059148,6

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

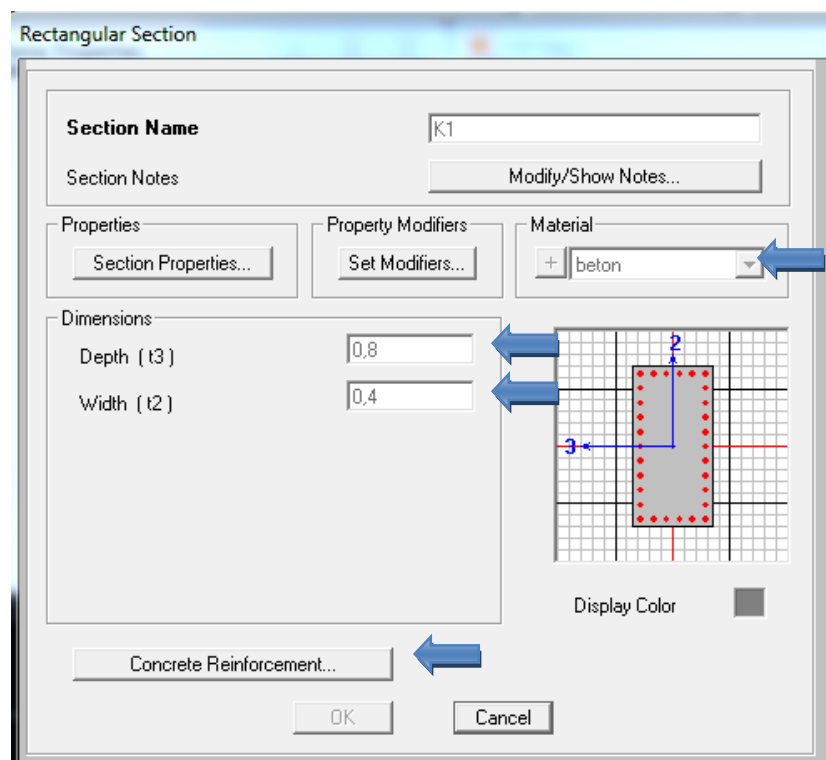
Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

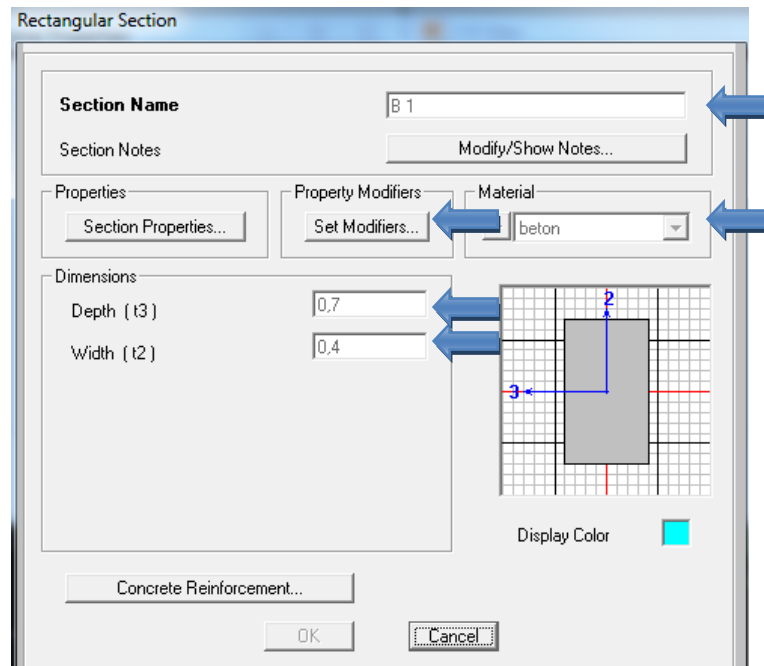
Gambar 2.8 Jenis pemilihan materi beton
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

3. Mendefinisikan penampang struktur yang akan digunakan.

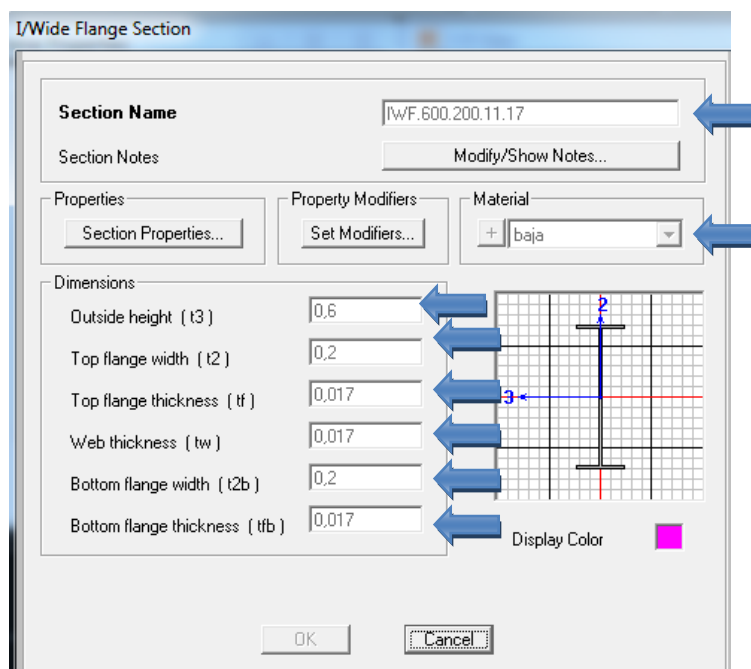
- Define, Section properties
- Frame section
- Add new property
- Pilih jenis tipe penampang yang akan digunakan
- Masukkan ukuran serta material yang digunakan pada kolom, balok, baja, dan plat.
 - Pengaturan ukuran penampang kolom seperti pada Gambar 2.9
 - Pengaturan ukuran penampang balok seperti pada Gambar 2.10
 - Pengaturan ukuran penampang baja seperti pada Gambar 2.11
 - Pengaturan ukuran penampang plat seperti pada Gambar 2.12



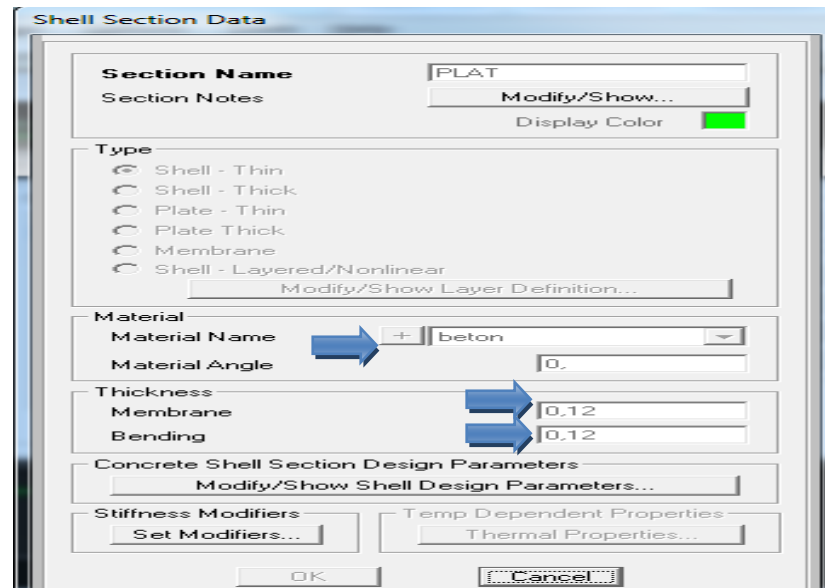
Gambar 2.9 Pengaturan ukuran penampang kolom
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)



Gambar 2.10 Pengaturan ukuran penampang balok
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)



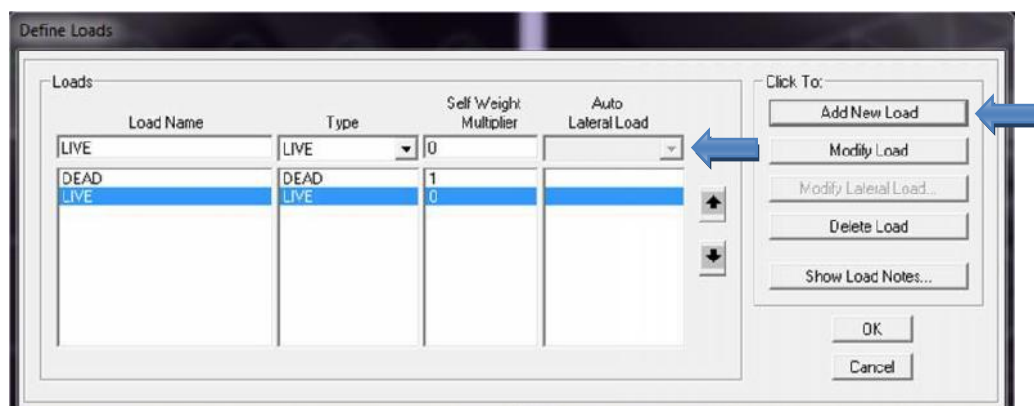
Gambar 2.11 Pengaturan ukuran penampang baja
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)



Gambar 2.12 Pengaturan ukuran plat
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

4. Mendefinisikan tipe beban

- Define
- Load case
- Beban mati / Dead, self weight multiplier = 1 (satu dimaksudkan berat sendiri elemen struktur dihitung secara otomatis oleh program)
- Beban hidup / Live, self weight multiplier = 0, seperti pada Gambar 2.13

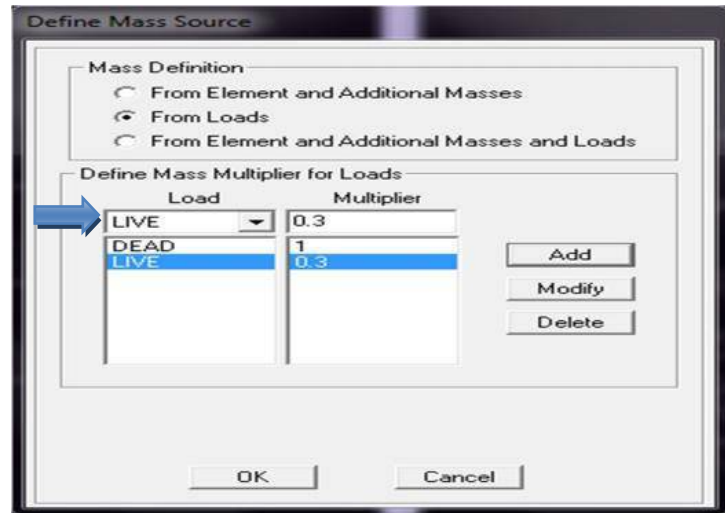


Gambar 2.13 Pendefinisian tipe beban
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

5. Mendefinisikan sumber beban

- Define

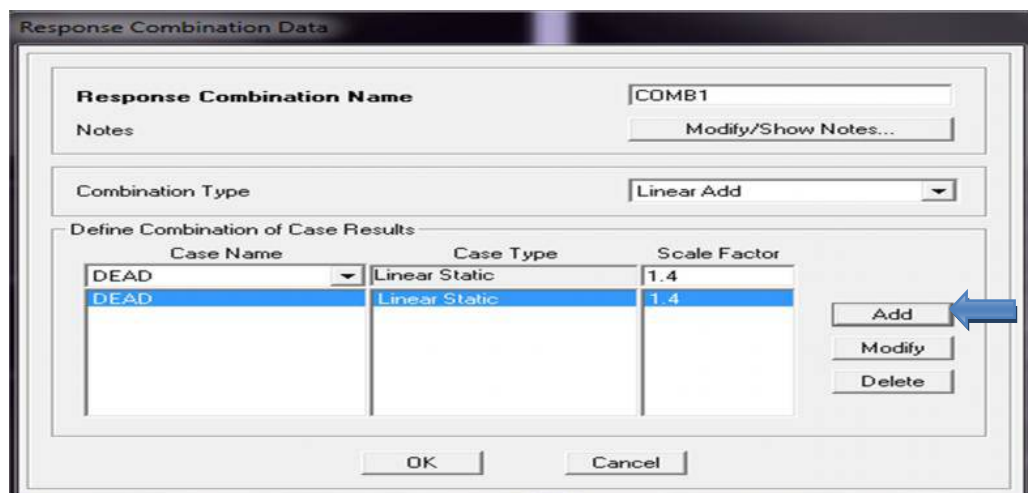
- Mass source
- Mass definition
- From load ($Dead = 1 / live = 0,3$), seperti pada Gambar 2.14



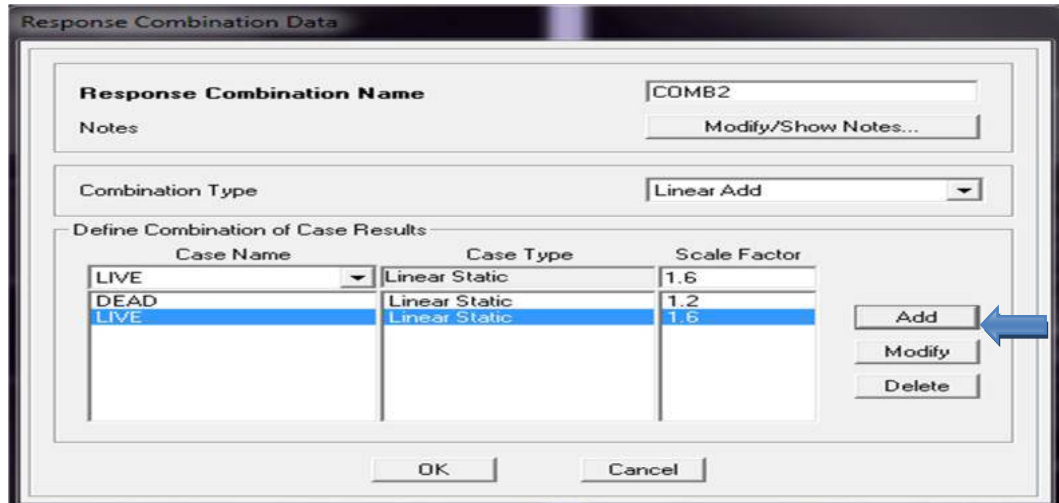
Gambar 2.14 Define mass source
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

6. Mendefinisikan kombinasi beban

- Define
- Combination
- Combo 1 (1.4 DL), seperti pada Gambar 2.15
- Combo 2 (1.2 DL + 1.6 LL), seperti pada Gambar 2.16

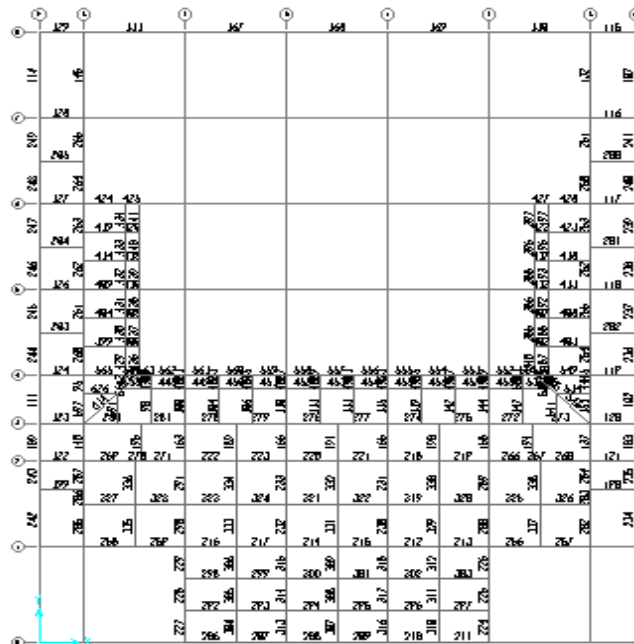


Gambar 2.15 Kombinasi beban (combo 1)
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)



Gambar 2.16 Kombinasi beban (Combo 2)
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

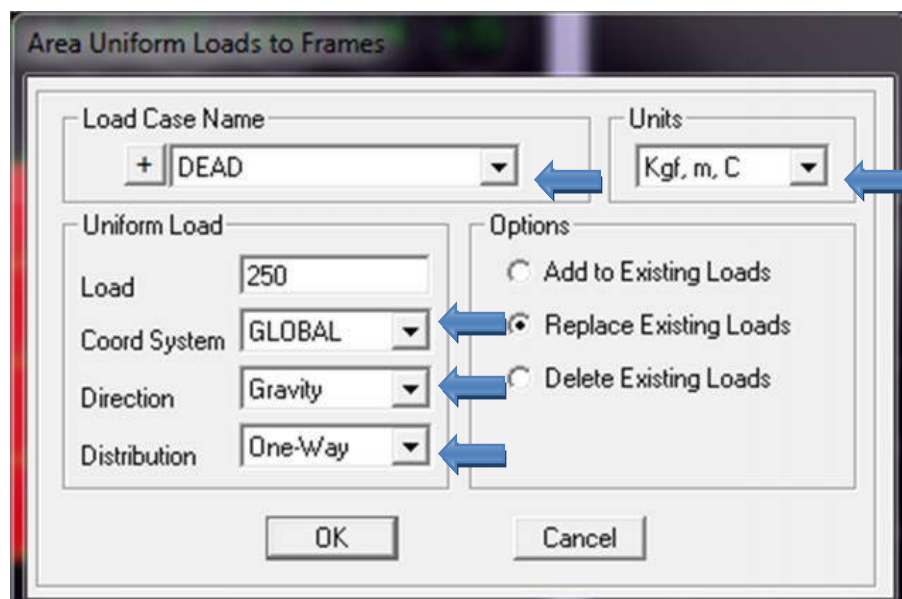
7. Gambar elemen struktur pada grid yang dibuat sebelumnya sesuai dengan tataletak elemen struktur rencana, seperti pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Gambar elemen struktur
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

8. Masukkan beban-beban yang bekerja pada elemen struktur, karena dalam perencanaan struktur bangunan tidak di perhitungkan beban dinding, maka pada elemen balok tidak dimasukan beban yang bekerja. Untuk elemen plat bekerja beban mati tambahan berupa finishing lantai, berat plafond serta beban hidup, maka dimasukan beban plat, seperti pada Gambar 2.18

- Assign
- Area load
- Uniform to frame
- Shell
- Pilih jenis beban (D/L)
- Atur satuan kg/m
- Masukkan besar beban (load = x)
- Atur arah beban bekerja
- Sistem kordinat = global
- Direction = gravity



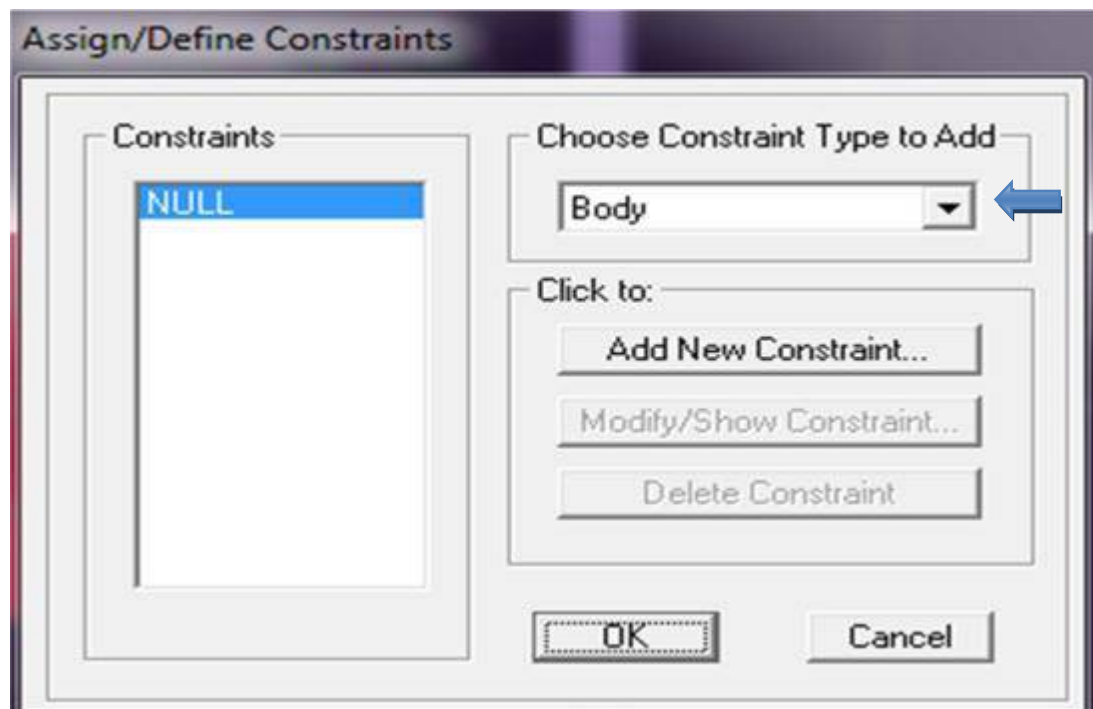
Gambar 2.18 Pengaturan pembebanan
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

9. Pengikatan pelat dan kolom

- Pilih semua elemen (CTRL + A)
- Assign

- Joint
- Constraint
- Body

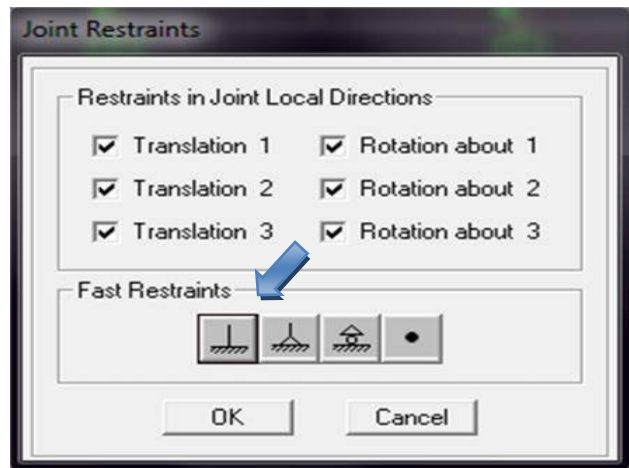
Ini berguna untuk mengikat pelat dengan kolom agar pergerakan deformasi kolom searah mengikuti kemana arah plat bergerak, seperti pada Gambar 2.19



Gambar 2.19 Pengaturan pengikatan pelat dan kolom
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

10. Buat perletakan

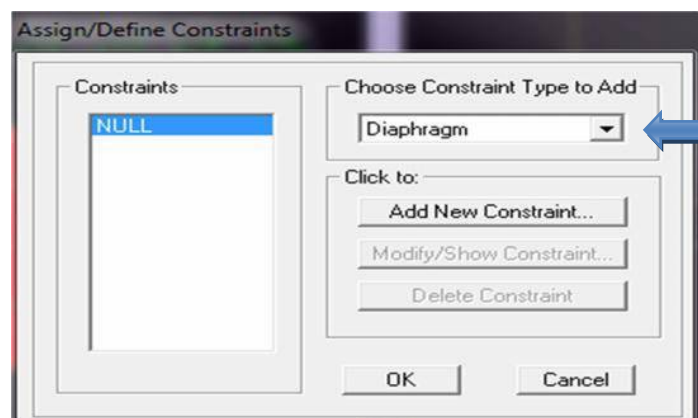
- Pilih keseluruhan penampang struktur paling bawah bangunan
- Assign
- Joint
- Restraint
- Pilih jepit, seperti pada Gambar 2.20



Gambar 2.20 Mengatur perletakan
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

11. Membuat diafragma bangunan, seperti pada Gambar 2.21

- Pilih semua objek
- Assign
- Joint
- Constraint
- Choose constraint type to add
- Diafragma

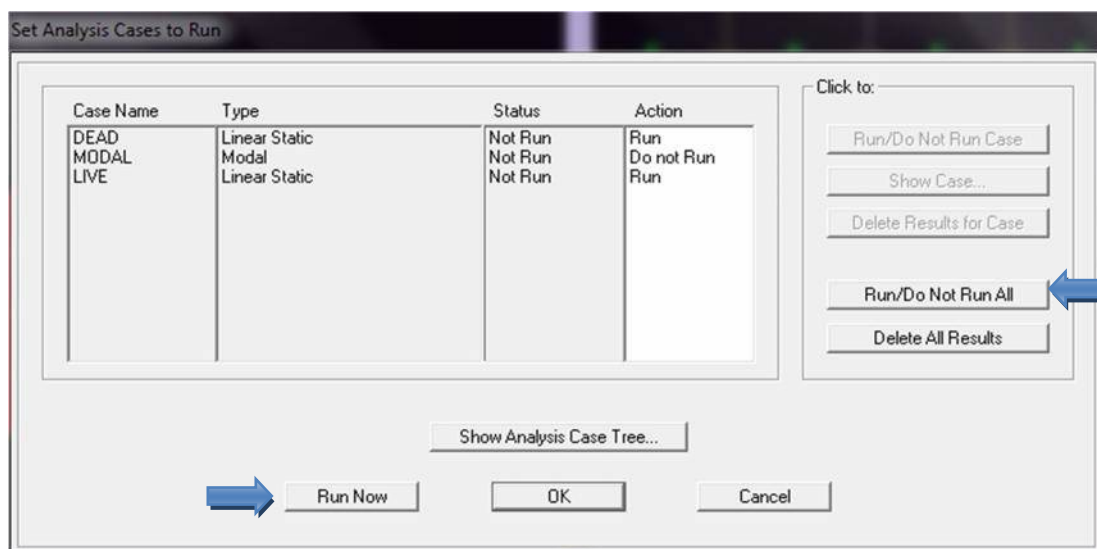


Gambar 2.21 Mengatur diafragma bangunan
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

12. Analisa bangunan, seperti pada Gambar 2.22

- F5
- Do not run

- Run now



Gambar 2.22 Analisa bangunan
(Sumber : Perhitungan Sap 2000)

2.6 Metode Pelaksanaan Pondasi *Bored Pile*

Pada prinsipnya pekerjaan pembuatan pondasi tiang bor dalam dua tahapan, yaitu tahap pengeboran dan tahap pembuatan tiang yang pelaksanaannya harus dikelola secara terpadu sehingga dapat dihasilkan pondasi dengan mutu yang optimal. Selanjutnya akan dijelaskan prosedur pelaksanaan pondasi *bor pile*:

2.6.1 Metode Basah

Tanah dikikis dengan menggunakan mata bor cross bit yang mempunyai kecepatan putar 375 rpm dan tekanan +/- 200 kg. Pengikisan tanah dibantu dengan tiupan air lewat lubang stang bor yang dihasilkan pompa sentrifugal 3". Hal ini menyebabkan tanah yang terkikis terdorong keluar dari lubang bor. Setelah mencapai kedalaman rencana, pengeboran dihentikan, sementara mata bor dibiarkan berputar tetapi beban penekanan dihentikan dan air sirkulasi tetap berlangsung terus sampai cutting atau serpihan tanah betul-betul terangkat seluruhnya. Selama pembersihan ini berlangsung, baja tulangan dan pipa tremi sudah disiapkan di dekat lubang bor. Setelah cukup bersih, stang bor diangkat dari lubang bor. Dengan bersihnya lubang bor diharapkan hasil pengecoran akan baik hasilnya.

Aspek teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Umumnya, aplikasi teknologi ini banyak ditetapkan dalam metode pekerjaan pelaksanaan konstruksi penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat, dan aman sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. hingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai. Tahapan pekerjaan pondasi bore pile adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Drainase dan kolam air

Dengan adanya pembuatan kolam air dan drainase dapat memudahkan proses pengeboran yang dilakukan dengan alat bor. Kolam air berfungsi untuk tempat penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur dari hasil pengeboran. Ukuran kolam air sebaiknya disesuaikan pada kondisi lapangan. Jarak dari kolam air ke tempat pengeboran tidak boleh terlalu dekat.

2. Mengatur mesin bor

Pada tahap ini digunakan alat sesuai dengan kondisi dilapangan bisa memakai alat bor air yang pada ujung alat di pasang mata bor, atau bisa juga memakai alat mini crane. Memasang alat tepat berada diatas titik pondasi agar memudahkan proses pengeboran.

3. Perakitan besi

Ada baiknya jika kebutuhan besi untuk tulangan bor pile disiapkan terlebih dahulu sebelum atau diinstal *alat bor pile* masuk agar pembesian bisa segera dikerjakan dan tidak sampai menunggu yang bisa memperlambat pekerjaan bor pile.

4. Proses pengeboran

Pengeboran dilakukan dengan memasang mata bor dan memulai mengebor sehingga tanah yang sudah dibor dapat hancur supaya larut dalam air agar lebih mudah dihisap, Proses pengeboran dilakukan secara bersamaan dengan proses penghisapan lumpur hasil pengeboran, oleh karena itu air yang

ditampung pada kolam air harus dapat memenuhi sirkulasi air yang diperlukan untuk pengeboran, setiap kedalaman ± 2 meter dilakukan penyambungan stang bor sampai kedalaman yang diinginkan, setelah itu lubang yang sudah dibor diukur memakai meter jika kedalaman yang diinginkan sudah tercapai maka stang bor boleh diangkat dan dibuka mata bornya.