

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian yang terdahulu adalah penelitian Achmad Hambali (2016) dengan judul “Perbandingan Perencanaan Struktur Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 Studi Kasus Apartemen Malioboro City Yogyakarta”. Hasil penelitian ini menunjukkan Hasil perhitungan pembebanan gaya lateral gempa menggunakan SNI 03-1726-2012 memiliki selisih 15,6% dari peraturan pembebanan gempa gempa SNI 03-1726-2002, artinya pada pembebanan gaya lateral bangunan itu bertambah dari perhitungan semula, pada perancangan penulangan lentur balok menggunakan peraturan pembebanan gempa SNI 03-1726-2012 diperoleh jumlah tulangan yang lebih banyak dengan selisih 15,7% di tumpuan balok dan lebih banyak 22,7% di lapangan balok, pada perencanaan ulang untuk perhitungan perancangan penulangan geser balok di tumpuan lebih banyak 13,1% dan jumlah tulangan geser balok di lapangan lebih banyak 0,11%, untuk perencanaan analisis kolom pada penulangan lentur kolom menggunakan peraturan pembebanan gempa SNI 03-1726-2012 diperoleh jumlah penulangan kolom lebih banyak dibandingkan perencanaan sebelumnya yaitu dengan selisih 17,5%, perencanaan tulangan geser kolom mengalami pengurangan penulangan geser ditumpuan maupun lapangan dengan selisih 14,3 % dari perencanaan sebelumnya. Jadi dapat dikatakan bahwa hasil analisa penelitian ini menunjukan banyak kenaikan dari segi tulangan.

Hasil penelitian yang terdahulu adalah penelitian Servie O, Dapas, Ronny Pandaleke. (2018) dengan judul “Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus”. Hasil penelitian ini menunjukkan hasil analisis dan desain pada gedung laboratorium Fakultas Teknik, Unsrat penampang balok dengan dimensi 400 x 600 mm dan kolom 700 x 600 mm telah memenuhi kriteria penampang untuk sistem rangka pemikul momen khusus, karena secara teori telah memenuhi syarat-syarat yaitu: *Strong Column*

Weak Beam, tahan terhadap geser dan telah memenuhi syara-syarat pendetailan setiap komponen-komponen rangka.

Hasil penelitian yang terdahulu adalah penelitian Agus (2018) dengan judul “Analisis Perbandingan Kolom Berbentuk Bulat dan Persegi Terhadap Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Beban Gempa (Studi Kasus Gedung BKPSDM Kota Padang Panjang”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perbandingan struktur bangunan yang menggunakan kolom bulat terhadap kolom persegi pada bangunan tiga lantai pada Gedung Kantor BKPSDM Kota Padang Panjang terhadap gaya-gaya dalam kolom, respons struktur (*displacement*), dan jumlah tulangan sehingga diperoleh kolom yang efisien antara kolom bulat dan kolom persegi. Dilakukan perhitungan gedung menggunakan kolom bulat berdasarkan perencanaan awal dan perhitungan gedung menggunakan kolom persegi dengan luas penampang kolom yang relatif sama, kemudian dilakukan perbandingan kolom bulat dan kolom persegi terhadap gaya-gaya dalam kolom, respons struktur (*displacement*), dan jumlah tulangan. Hasil analisis *displacement* diperoleh bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan nilai *displacement* antara struktur gedung kolom bulat dan struktur gedung kolom persegi. Berdasarkan perbandingan gaya dalam maksimal keseluruhan, dapat dilihat bahwa struktur gedung kolom bulat memiliki gaya aksial lebih tinggi dibandingkan struktur gedung kolom persegi. Gaya dalam geser struktur gedung kolom bulat lebih besar dari kolom persegi, sedangkan gaya dalam momen struktur gedung kolom bulat lebih rendah dibandingkan dengan struktur gedung kolom persegi. Untuk penulangan, kolom persegi 53 x 53 cm merupakan kolom yang lebih efisien dibandingkan kolom bulat Ø60 cm karena jumlah tulangan pokok yang dibutuhkan lebih sedikit (16 berbanding 20 atau $\pm 25\%$), akan tetapi kolom bulat dengan tulangan sengkang spiral mampu menyerap deformasi yang cukup besar sebelum keruntuhan dibandingkan kolom persegi dengan sengkang lateral (persegi).

Hasil penelitian yang terdahulu adalah penelitian Indra Lukmansa (2015) dengan judul “Studi Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Menggunakan Profil Biasa Dan Profil Kastela Pada Proyek Gedung PGN Di Surabaya”.

Berdasarkan perencanaan struktur baja di atas berdasarkan SNI 03-1729-2002. Hasil perencanaan menggunakan struktur baja kastela adalah untuk profil kolom menggunakan profil H 250.175.7.11. Sedangkan untuk profil balok menggunakan profil WF 175.90.5.8 dijadikan bentuk kastela menjadi profil 264.90.5.8. Biaya total menggunakan struktur baja kastela adalah Rp.1.307.358.000,-. Sedangkan biaya total menggunakan struktur baja biasa adalah Rp. 1.791.453.000,-. Jadi selisih harga antara penggunaan struktur baja biasa dengan struktur baja kastela adalah Rp.484.095.000,-. Atau dengan perbandingan 1/1,4.

Hasil penelitian yang terdahulu adalah penelitian I Putu Bagus Brahmantya Karna (2015) dengan judul “Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Tanpa Dan Dengan Dinding Geser Beton Bertulang”. Hasil penelitian ini menunjukkan Hasil simpangan struktur arah x simpangan yang terbesar terjadi pada M1 pada tingkat ke-7, dengan presentase 36,11% lebih besar dari M2 dan lebih besar 32,70 % dari M3. Untuk simpangan struktur arah y, simpangan yang terbesar terjadi pada M1 pada tingkat ke-7, dengan presentase 46,27% lebih besar dari M2 dan lebih besar 41,43 % dari M3. Penggunaan dinding geser mengakibatkan bertambahnya berat struktur sebesar 3,98% sehingga perlu dilakukannya perubahan dimensi struktur seperti balok dan kolom mengakibatkan berat struktur hanya sedikit bertambah sebesar 0,55%.

2.2 Uraian Umum

Pada perencanaan konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis diatas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur yang ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Perencanaan kontruksi bangunan gedung harus memenuhi berbagai syarat yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu kontruksi, sehingga

bangunan yang dihasilkan sesuai dengan keinginan dengan tetap memperhatikan standar ekonomi, aman, kuat, nyaman dan dapat dipergunakan sesuai dengan fungsinya.

2.3 Pembebanan Struktur

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

1. **Beban Mati**

Beban Mati adalah berat dari semua bagian dari seluruh gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin dan peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

2. **Beban Hidup**

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang- barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama bangunan itu didirikan.

3. **Beban Angin**

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Beban yang memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

4. **Beban Gempa**

Beban Gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Gaya yang timbul ini disebut inersia. Besar gaya-gaya tersebut bergantung pada banyak faktor. Massa bangunan merupakan faktor yang paling utama karena gaya tersebut melibatkan inersia. Faktor lain adalah bagaimana massa tersebut

terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis fondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan, dan tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri.

Massa dan kekakuan struktur, juga periode alami getaran yang berkaitan, merupakan faktor terpenting, yang mempengaruhi respon keseluruhan struktur terhadap gerakan dan besar serta perilaku gaya-gaya yang timbul sebagai akibat gerakan tersebut.

2.4 Beton Bertulang

Beton adalah Batuan buatan yang terjadi sebagai hasil pengerasan suatu campuran tertentu dari semen, air dan agregat (batu pecah, kerikil, dan pasir). Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan tertentu untuk mendapatkan suatu penampang yang berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja. Apabila beton mempunyai berat isi 2200 - 2500 kg/m³ maka disebut beton berat normal.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*.

Menurut Wuryati S. dan Candra R (2001), dalam bidang bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Menurut Tjokrodimulyo (1996:2), beton memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu:

a) Kelebihan Beton:

- a. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
- b. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan, cetakan dapat pula dipakai berulang kali sehingga lebih ekonomis.
- c. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.
- d. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton yang lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan

e. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang.

b) Kekurangan Beton:

a. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak.

b. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retakan akibat terjadinya perubahan suhu.

c. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan teliti.

d. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

Pada beton bertulang, unsur beton mempunyai kekuatan tekan yang besar, tetapi tidak mampu menerima tegangan tarik, sehingga tulangan baja yang ditanam dalam beton menjadi unsur kekuatan yang memikul tegangan tarik. Tulangan baja juga digunakan untuk menerima tegangan tekan, karena baja sanggup menahan kekuatan tekan seperti kekuatan tarik, sehingga pemasangan tulangan pada daerah tekan dinamakan tulangan tekan. kombinasi kerja antara beton dan baja berdasarkan beberapa hal :

a. Lekatan antara tulangan baja dengan beton yang mencegah slip tulangan terhadap beton (sifat monolit) bahan.

b. Sifat kedap beton yang mencegah proses korosi tulangan.

c. Derajat pemuaian akibat panas yang sama antara baja dan beton yang meniadakan beda tegangan antara dua permukaan bahan.

c) Sifat beton jangka pendek betong bertulang:

a. Kuat Tekan Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150mm, tinggi 300mm) sampai hancur. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM (*American Society for Testing materials*). Kuat tekan beton umur 28

hari berkisar antara 10-65 Mpa. untuk beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17-30 Mpa.

- b. Kuat tarik beton yang tepat sulit untuk diukur. Selama bertahun-tahun, sifat tarik beton diukur dengan memakai modulus keruntuhan (*modulus of rupture*). Baru-baru ini, hasil dari percobaan split silinder beton, umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan mencerminkan kuat tarik sebenarnya.
 - c. Kekuatan geser lebih sulit diperoleh, karena sulitnya mengisolasi geser dari tegangan-tegangan lainnya. ini merupakan salah satu sebab banyaknya variasi kekuatan geser yang dituliskan dalam berbagai literature, mulai dari 20% dari kekuatan tekan pada pembebanan normal, sampai sebesar 80% dari kekuatan tekan, dalam hal terjadi kombinasi geser dan tekan.
 - d. Modulus elastisitas, merupakan kemiringan dari bagian awal grafik yang lurus dari diagram regangan-tegangan, yang akan bertambah besar dengan bertambahnya kekuatan beton.
- d) Sifat beton jangka panjang:**
- a. Rangkak (*Creep*) adalah sifat di mana beton mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) permanen akibat beban tetap yang bekerja padanya. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang untuk selang waktu tertentu dan akan berakhir setelah beberapa tahun berjalan. Besarnya deformasi rangkakan sebanding dengan besarnya beban yang ditahan dan juga jangka waktu pembebanan. ada umumnya rangkakan tidak mengakibatkan dampak langsung terhadap kekuatan struktur, tetapi akan mengakibatkan timbulnya redistribusi tegangan pada beban kerja dan kemudian mengakibatkan terjadinya peningkatan lendutan (defleksi).
 - b. Susut secara umum didefinisikan sebagai perubahan volume beton yang tidak berhubungan dengan beban. pada dasarnya ada dua jenis susut, yaitu susut plastis dan susut pengeringan. Susut plastis terjadi beberapa jam setelah beton segar dicor ke dalam cetakan bekisting. Sedangkan susut pengeringan terjadi setelah beton mencapai bentuk akhirnya, dan proses hidrasi pasta semen telah selesai. laju perubahannya berkurang terhadap

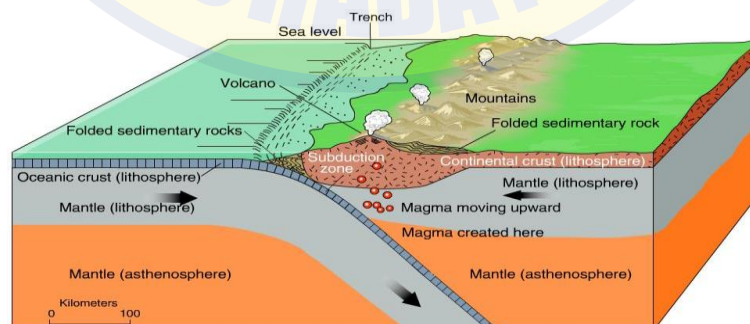
waktu, karena beton semakin berumur akan semakin tahan tegangan dan semakin sedikit mengalami susut.

2.5 Gempa Bumi

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan dilapisan kerak bumi. Akumulasi energi yang dilepaskan dihasilkan dari pergerakan lempeng tektonik akibat gaya gravitasi, pergerakan lempeng tersebut mengakibatkan adanya regangan/tegangan pada batuan, ketika tegangan maksimum batuan terlampaui maka terjadi pelepasan energi (Prawirodikromo W., 2012).

Menurut Howel dalam Mulyo (2004) yang mendefinisikan bahwa pengertian gempa bumi adalah getaran atau serentetan getaran dari kulit bumi yang bersifat tidak abadi dan kemudian menyebar ke segala arah. Kulit bumi bergetar secara kontinyu walaupun relatif sangat kecil. Getaran tersebut tidak dikatakan gempa bumi karena memiliki sifat getaran yang terus menerus. Jadi, gempa bumi harus memiliki waktu awal dan waktu akhir yang jelas.

Sebab utama yang dapat memicu terjadinya gempa bumi adalah adanya pelepasan energi, disebabkan pergeseran Lempeng Bumi. Semakin lama energi itu akan membesar dan akan mencapai keadaan *maximun*. Apabila pinggiran lempeng tidak bisa menahan energi tersebut maka akan mengakibatkan terjadinya gempa bumi. Getaran gempa bumi disebabkan oleh proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada lapisan kulit bumi.



Gambar 2.1 Pergeseran Lempeng Bumi

A) Gempa bumi dalam

Pada umumnya gempa bumi ini dalam tidak terlalu membahayakan kelangsungan hidup manusia. Karena gempa bumi jenis ini *Hiposentrumnya* sama atau lebih dari 300 km berada di bawah perut bumi. Karena jarak getarannya yang sangat jauh maka getarannya hanya bisa dirasakan oleh sebagian kecil manusia.

B) Gempa bumi menengah

Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang *Hiposentrumnya* berada pada jarak 300-60 km dari permukaan bumi. Gempa bumi menengah memiliki kekuatan getaran yang lebih besar dari gempa bumi dalam. Gempa ini dapat dirasakan oleh sebagian besar manusia dan hanya menimbulkan kerusakan kecil.

C) Gempa bumi dangkal

Gempa bumi dangkal adalah gempa yang *Hiposentrumnya* berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Gempa ini memiliki getaran yang lebih besar dari kedua gempa diatas, karena jaraknya lebih dekat dari permukaan bumi. Gempa jenis ini bisa dirasakan oleh semua manusia dan menimbulkan kerusakan yang besar.

Sistem struktur selama gempa bumi berlangsung, bangunan mengalami gerakan vertikal dan horizontal, sehingga gaya gempa dalam arah vertikal maupun horizontal akan menjadi titik-titik pada massa struktur. Gaya gempa pada arah vertikal hanya berpengaruh sedikit pada gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, karena struktur biasanya dirancang terhadap gaya-gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai, sehingga jarang terjadi struktur rumah runtuh terhadap gaya vertikal. Sebaliknya gempa horizontal banyak menimbulkan keruntuhan (*collapse*) atau kegagalan (*failure*). Atas alasan ini prinsip utama dalam perancangan struktur tahan gempa (*earthquake resistant design*) dengan meningkatkan kekuatan struktur terhadap gaya lateral (ke samping) yang umumnya tidak memadai. (Muto & Wira, 1987).

D) Gaya Gempa

- 1) **Gaya Vertikal** : berpengaruh terhadap elemen bangunan pendukung gaya normal, seperti kolom-kolom, jenis balok kantilever dan dinding-dinding

pendukung. Terutama pada bagian kantilever, gaya gempa vertikal ini sangat berpengaruh karena akan mengakibatkan ayunan pada pada kantilever tersebut. Akibat ayunan tersebut momen pada bagian ujung yang terikat menjadi sangat besar dan selanjutnya akan mengakibatkan pembalikan arah tegangan pada kantilever tersebut.

- 2) **Gaya Horizontal** : bekerja pada bangunan akibat respons bangunan dan sistem pondasinya dan bukan disebabkan oleh percepatan gerakan tanah. Muatan gempa horizontal dianggap bekerja dalam arah sumbu-sumbu utama bangunan yang pada bangunan bertingkat tinggi gaya yang lebih menonjol adalah gaya-gaya dorong yang berasal dari tiap lantai. Gaya horizontal ini bekerja sebagai muatan lateral terpusat pada elemen-elemen pendukung vertikal seperti kolom-kolom dan dinding geser pada “core” atau pengkaku lateral lainnya (ikatan silang).

E) Kategori resiko gempa

Untuk kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai dengan SNI 03-1726-2012 ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan yang ditunjukkan dengan Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung Apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang memiliki unit bedah dan unit gawat darurat 	III

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 15)

F) Faktor keutamaan gempa

Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 15)

G) Gempa statik dan dinamik

Adalah beban gempa tetap, baik besarnya (intensitasnya), titik bekerjanya dan arah garis kerjanya tetap. Sedangkan beban gempa dinamik adalah beban yang besarnya (intensitasnya) berubah-ubah menurut waktu, sehingga dapat dikatakan besarnya beban merupakan fungsi waktu. Bekerja hanya untuk rentang waktu tertentu saja, akan tetapi walaupun hanya bekerja sesaat akibat yang

ditimbulkan dapat merusakkan struktur bangunan, oleh karena itu beban ini harus diperhitungkan didalam merencanakan struktur bangunan. Beban dinamis lebih kompleks dari pada beban statis, baik jika ditinjau dari bentuk fungsi bebannya maupun akibat yang ditimbulkan. Karena beban dinamik adalah fungsi dari waktu, maka pengaruhnya terhadap struktur juga akan berubah-ubah menurut waktu. Oleh karena itu penyelesaian persoalan dinamik harus dilakukan secara berulang-ulang mengikuti sejarah pembebanan yang ada. Jika penyelesaian problem statik bersifat tunggal (single solution), maka dalam penyelesaian problem dinamik bersifat penyelesaian berulang (multiple solution). Karena beban dinamik menimbulkan repons yang berubah-ubah menurut waktu, maka struktur yang bersangkutan akan ikut bergetar.

2.6 Software SAP2000

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi global sekarang ini, maka secara otomatis tuntutan penggunaan teknologi tersebut mutlak diperlukan, berbagai macam dampak perkembangan teknologi adalah munculnya berbagai *software under window*, baik pada bidang desain grafis maupun pada bidang rancang bangun, adapun salah satu wujud teknologi pada bidang rancang bangun yang sekarang berkembang adalah SAP (*Structural Analysis Program*), yang mana SAP ini adalah program yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi obyek (*Object Oriented Programming*).

Program SAP2000 merupakan pengembangan SAP (*structure Analysis Program*) yang dibuat oleh Prof. Edward L. Wilson dari University of California at Berkeley, US sekitar tahun 1970. pada tahun 1975 dibentuklah perusahaan Computer & Structure, Inc. dipimpin oleh Ashraf Habibullah yang bertujuan untuk melayani keperluan komersial.

Program SAP2000 ini memiliki beberapa kelebihan, terutama dalam perancangan struktur baja dan beton, dalam perancangan struktur baja SAP2000 dapat merancang elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang optimal dan seekonomis mungkin, sehingga dalam penggunaannya tidak perlu menentukan elemen awal dengan profil pilihannya, tetapi cukup memberikan data profil dari

database yang ada pada SAP2000, dan ini hanya berlaku untuk perancangan struktur baja, sedangkan untuk perancangan struktur beton kita tetap harus menentukan elemen awal sebagai asumsi awal perancangan yang kemudian nanti diperoleh luas tulangan totalnya.

Program SAP2000 dapat melakukan perhitungan analisis struktur statik / dinamik, saat melakukan desain penampang beton bertulang maupun struktur baja, SAP2000 juga menyediakan metode *interface* (antar muka) yang secara grafis mudah digunakan dalam proses penyelesaian analisis struktur.

2.7 Konsep Perencanaan Balok Menggunakan SNI 2847-2013

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur beban menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Mengingat karakteristik yang dimiliki oleh beton, dimana beton kuat terhadap tegangan tekan tetapi kurang mampu menahan tegangan tarik, maka beton diperkuat dengan tulangan baja pada daerah terjadinya tegangan tarik. Penulangan balok beton harus dilakukan dengan cermat, agar balok mempunyai kemampuan yang baik untuk menahan gaya lentur yang bekerja.

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 2847 – 2013 hal. 70 tabel 9.5(a) adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $l/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $l/18,5$, sedangkan untuk kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $l/21$, untuk balok kantilever memiliki tebal minimum $l/8$.

Tahap-tahap dalam menganalisis balok:

1. Gaya lintang desain balok maksimum

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit

2. Gaya lintang desain balok maksimum

$$Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

- Tentukan $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan
- $Mu = \emptyset \cdot Mn$ (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2)
- $Mn = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$
- $Rn = Mu / (\phi \cdot b \cdot d^2)$
- $m = fy / (0,85 \cdot f_c)$
- $$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right)$$
- $\rho_{min} = 1,4 / fy$
- $$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c}{fy} \right) \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$
 (chu kia wang 1993:49)
- $\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$
- $As = \rho \cdot b \cdot d$
- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ diperlukan

b. Penulangan lentur tumpuan

- Tentukan $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan
- $Mu = \emptyset \cdot Mn$ (SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.2)
- $Mn = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a \cdot (d - a/2)$
- $Rn = Mu / (\phi \cdot b \cdot d^2)$
- $m = fy / (0,85 \cdot f_c)$

- $$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right)$$

- $\rho_{min} = 1,4 / fy$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c}{f_y} \right) \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{chu kia wang 1993:49})$$

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

➤ Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ diperlukan

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Tulangan Geser

$$\phi V_n \geq V_u \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.1.1})$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} \text{ bw } d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.2.1})$$

$$V_s = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} \text{ bw } d \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3})$$

$$S_{\max} = 8 \cdot \text{Tul Utama}$$

$$S_{\max} = 24 \cdot \text{Tul sengkang}$$

$$S_{\max} = h/4$$

$$A_{v\min} = 1/3 \cdot ((b \cdot S_{\max}) / f_y)$$

$$A_v = 2 \cdot A_s$$

$$A_v > A_{v\min}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

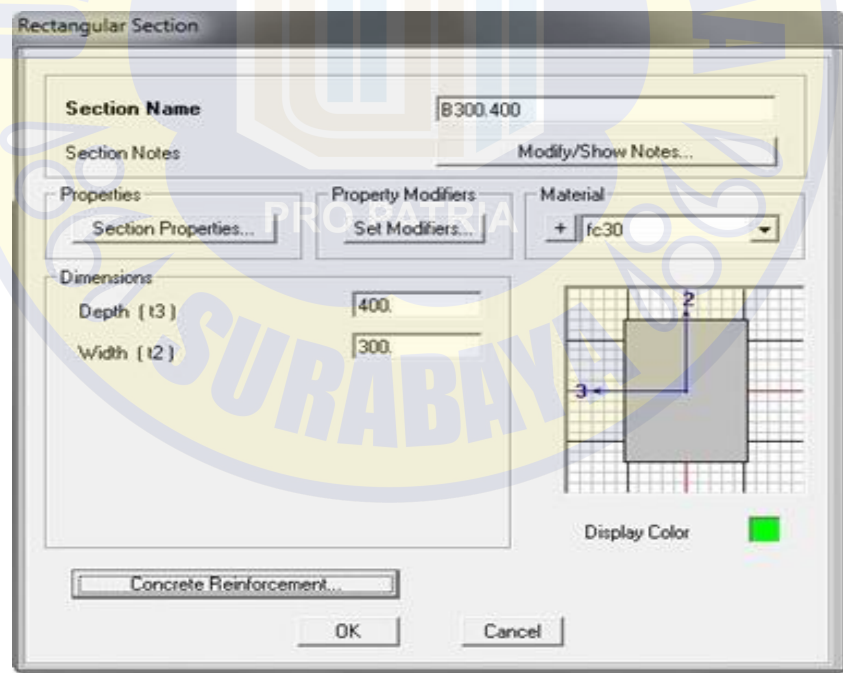
d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

b_w = lebar balok

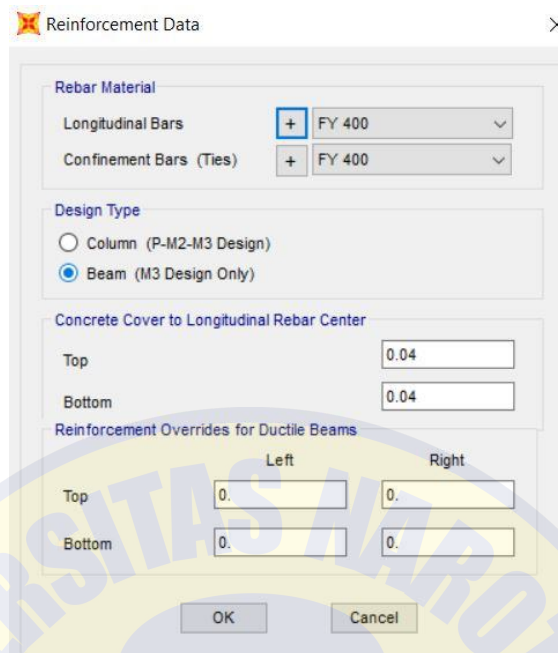
2.8 Konsep Perencanaan Balok Menggunakan *Software* SAP2000

Program SAP2000 sebagai salah satu program rekayasa teknik sipil yang berbeda dengan program komputer pada umumnya. Hal ini disebabkan pengguna program ini dituntut untuk memahami latar belakang metode penyelesaian dan batasan-batasan yang dihasilkan serta bertanggung jawab penuh terhadap outputnya. Program ini digunakan untuk Analisis dan Design struktur menggunakan konsep metode elemen hingga yang didukung dengan analisis Statis, Dinamis, Linear, maupun Nonlinear.

Balok merupakan salah satu elemen struktur bangunan yang berfungsi utama untuk menerima beban lentur dan geser, namun tidak untuk gaya aksial. Cara menentukan suatu elemen struktur sebagai balok ini dapat kita lakukan dengan cara meng-klik: “*Define -> Frame Section -> Add New Property -> Concrete -> Rectangular (untuk beton dengan bentuk penampang persegi)*”. Maka akan keluar mini-window seperti pada gambar 2.2 dan gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2.2 Permodelan dimensi balok menggunakan *software* SAP2000



Gambar 2.3 Permodelan tulangan balok menggunakan software SAP2000

2.9 Konsep Perencanaan Kolom Menggunakan SNI 2847-2013

Kolom pada suatu bangunan gedung berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui fondasi. Beban dari balok dan pelat ini merupakan beban aksial tekan serta momen lentur.

Menurut SNI 03-2847-2013, kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau.

Oleh karena itu dapat didefinisikan, kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur. (Ali Asroni, 2010)

Tahap-tahap dalam menganalisis kolom:

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u
2. Beban design kolom maksimum

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

- D = beban mati
L = beban hidup
- Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

$$M_u = 1,2 MDL + 1,6 MLL$$
 (istimawan 1996:40)
 Keterangan :
 M_u = momen terfaktor pada penampang
 MDL = momen akibat beban mati
 MLL = momen akibat beban hidup
 - Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \cdot d = 1,2 \cdot D / (1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L)$$
 (gideon 1993:186)
 Keterangan : β = rasio bentang bersih arah memanjang
 d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
 - Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{F_c}$$
 - Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_{gk} = 1/12 b h^3$$

$$I_{gb} = 1/12 b h^3$$

$$E \cdot I_k = 0,4 \cdot E_c \cdot I_g / (1 + \beta \cdot d)$$
 = untuk kolom

$$E \cdot I_b = 0,4 \cdot E_c \cdot I_g / (1 + \beta \cdot d)$$
 = untuk balok
 - Nilai Eksentrisitas

$$e = M_u / P_u$$
 (istimawan 1996:132)
 Keterangan : e = eksentrisitas
 M_u = momen terfaktor pada penampang
 P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas
 - Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = ((E \cdot I_k / I_k) / ((E \cdot I_b / E \cdot I_b)))$$
 (SNI 2847-2013:83)
 - Angka kelangsingan kolom
 Kolom langsing dengan ketentuan :
 - rangka tanpa pengaku lateral = $K_l u / r < 22$

- rangka dengan pengaku lateral = $Klu / r < 34 - 12 (M_{1-b} / M_{2-b})$
(istimawan 1996:132)

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

10. Perbesaran momen

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

$$\delta_b = C_m / (1 - (P_u / \phi P_c)) > 1$$

$$\delta_s = C_m / (1 - (\Sigma P_u / \phi \Sigma P_c)) > 1$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \cdot (M_{1b} / M_{2b}) > 0,4 \text{ (kolom dengan pengaku)}$$

$$C_m = 1 \text{ (kolom tanpa pengaku)}$$

(istimawan 1996:335)

Keterangan : M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

P_u = beban rencana aksial terfaktor

P_c = beban tekuk Euler

11. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = A_s / b \cdot d \text{ (istimawan 1996:325)}$$

12. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = A_{s \text{ pakai}} / b \cdot d \text{ (istimawan 1996:325)}$$

13. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$C_b = 600d / (600 + f_y)$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f_s' = (C_b - d / C_b) \cdot 0,003$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y)$$

(istimawan 1996:324)

$$\phi P_n = P_u \rightarrow \text{beton belum hancur pada daerah tarik}$$

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

14. Memeriksa kuat penampang

Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right]$$

Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18}$$

$M_u = M_c$

$\phi M_n = \phi P_n \cdot e$

$\phi M_n > M_c \dots$ (ok)

Keterangan : ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f_c' = mutu beton

f_y = mutu baja

e = eksentrisitas

15. Tulangan geser

➤ $V_c = 0,17 (1 + N_u / (14 A_g)) \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$ (SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2)

➤ $V_s = V_u / \phi - V_c$

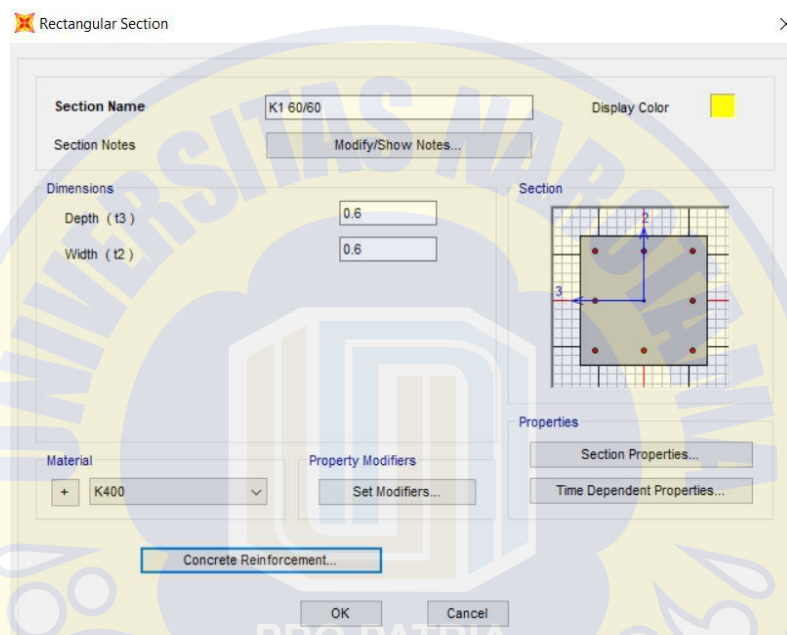
➤ $V_u > \phi V_c + \phi V_s \text{ min}$

➤ $V_s < 2/3 \cdot b \cdot d \sqrt{f_c'}$

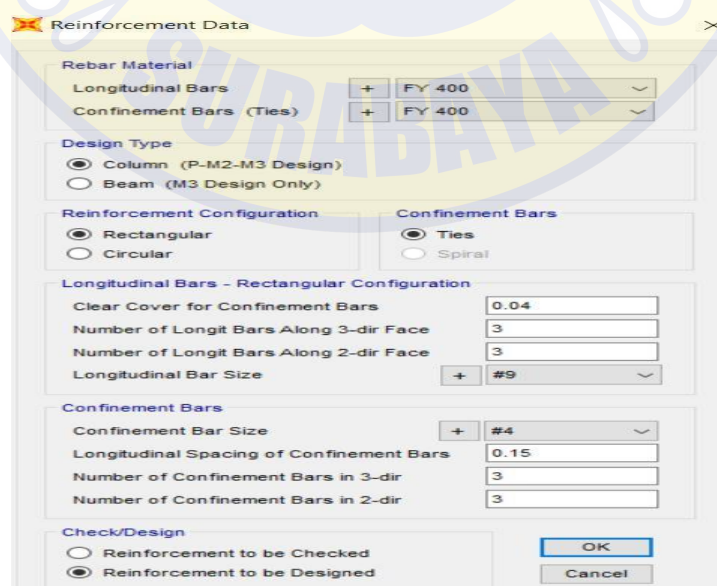
➤ $S_{\text{max}} < 0,5 \cdot d$

2.10 Konsep Perencanaan Kolom Menggunakan Software SAP2000

Kolom merupakan salah satu elemen struktur bangunan yang berfungsi utama untuk menerima beban *axial*. Cara menentukan suatu elemen struktur sebagai kolom ini dapat kita lakukan dengan cara meng-klik: “*Define -> Frame Section -> Add New Property -> Concrete -> Rectangular (untuk beton dengan bentuk penampang persegi)*”. Maka akan keluar mini-window seperti pada gambar 2.4 dan gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.4 Permodelan dimensi kolom menggunakan software SAP2000



Gambar 2.5 Permodelan tulangan kolom menggunakan software SAP2000