

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan studi kasus yang memiliki permasalahan analisis dan pembahasan dengan memiliki kemiripan yang nantinya bisa digunakan sebagai referensi dalam penyusunan skripsi, dibawah ini ada beberapa analisis kajian yang pernah dilakukan sebelumnya, antara lain adalah sebagai berikut :

- (Ittendi, 2015) dengan judul “**Perencanaan gedung 5 lantai dengan analisis program etabs kampus sekolah tinggi teknologi pagar alam (STTP) ”**. Seiring berjalannya waktu, jumlah siswa dari SMA Pagar Alam dar tahun ke tahun meningkat pesat , tidak hanya dari kota Pagar Alam saja peningkatan siswa mulai berdatangan dari kota lain dengan bertambahnya dengan jumlah siswa yang tidak sebanding. Dengan infrastuktur seperti ruang kelas kegiatan belajar mengajar akan sedikit terganggu. Oleh karena itu penyediaan fasilitas ruang belajar harus di perhatikan dan perencanaan pembangunan secara *vertical* agar dapat memanfaatkan lahan dengan sebaik – baiknya. Dalam penelitian ini merencanakan pembangunan gedung kelas di Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam dilakukan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan dimensi kolom, balok, pelat dan luas tulangan setelah di dapatkan perhitungan manual hanya di analisa dengan bantuan aplikasi ETABS, Setelah dilakukan Analisa dengan aplikasi ETABS ada beberapa hasil dari hasil perhitungan manual yang tidak mampu menahan beban kerja sehingga dilakukan sehingga dilakukan perubahan pada kolom dan jumlah tulangan.

- (Limbongan, 2015) dengan judul “ **Analisis struktur beton bertulang kolom pipih pada gedung bertingkat**”. Perencanaan ataupun disain merupakan suatu faktor yang sangat menentukan untuk menjamin kekuatan dan keamanan suatu struktur bangunan, bangunan dengan beban yang besar juga membutuhkan struktur penopang yang juga besar, sehingga mampu menahan beban yang ada. Kolom dengan dimensi cukup besar akan memberikan dampak ukuran ruangan yang menjadi semakin kecil. Hal ini dapat menyebabkan fungsi ruangan menjadi terganggu. Sedangkan jika kolom terlalu kecil, ukuran ruangan menjadi lebih besar, tetapi belum tentu kuat untuk menahan beban yang ada. sebagai alternatif dibuat kolom pipih dengan tebal mengikuti lebar ukuran dinding agar masalah pengurangan luas ruangan yang telah direncanakan teratasi.

Dari hasil analisis model dengan variasi tebal yaitu 15cm, 20cm, dan 25cm, serta variasi tinggi tiap lantainya yaitu 3m, 3.2m, dan 3.5m menunjukkan bahwa ketebalan dinding 15cm mempunyai tinggi lantai optimal yang dihasilkan kecil dibandingkan dengan tebal dinding 25cm yang mempunyai tinggi lantai yang lebih besar, namun dari beberapa pertimbangan tebal 20cm dianggap sebagai pilihan yang ekonomis. Selain itu hasil analisis struktur kolom, menunjukkan bahwa kolom termasuk kolom panjang atau langsing terlihat dari rasio kelangsingannya ($40,93 > 22$) serta kolom mengalami perilaku tertekuk.

- (Muisy, 2013) dengan judul penelitian “**Perhitungan struktur beton bertulang pada pembangunan gedung** ”. Beton Bertulang adalah campuran beton yang terdiri dari campuran semen porland, agregat kasar, agregat halus dan air yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan tertentu, bertujuan untuk mendapatkan suatu penampang dengan asumsi, bahwa

kedua material dapat bekerja bersama-sama dalam menahan gaya-gaya yang bekerja.

Pada Beton Bertulang, unsur beton itu sendiri memiliki kekuatan tekan yang cukup besar, tetapi tidak mampu menerima tegangan tarik, sehingga tulangan baja yang terpasang di dalam beton menjadi unsur yang memikul tegangan tarik.

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui perhitungan komponen struktur beton bertulang yang terdiri dari pelat, balok, kolom dan pondasi berdasarkan SNI 03-1727-1989 dan Perhitungan komponen struktur beton bertulang berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 03-2847-2002.

- Dan untuk perbandingan yang di lakukan Vikke Ittendi
 - perbedaannya adalah lokasi penelitian dan perencanaan desain bangunan merencanakan laboratorium beton, pemetaan, ukur tanah, struktur, mekkan, gambar computer dan transfortasi. merencanakan struktur bangunan sekolah internasional menengah atas 5 lantai.
 - Persamaannya adalah sama-sama menggunakan metode perhitungan dengan aplikasi ETABS dan sama-sama berfokus dalam perencanaan bangunan.

2.2. Landasan teori

Perencanaan struktur Gedung Sekolah 5 lantai Menengah Atas Internasional berdasarkan pada “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03–2847-2013)” dan “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 03-1726-2012)”.

Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada suatu bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (*dead load*) berupa berat sendiri, beban hidup (*live load*) berupa beban akibat penggunaan ruangan dan beban khusus seperti penurunan pondasi, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

Tinjauan pustaka adalah sebuah telaah atau pembahasan suatu materi yang didasarkan pada buku referensi yang bertujuan memperkuat materi pembahasan maupun sebagai dasar untuk perhitungan berupa rumus-rumus, ada beberapa aspek yang perlu ditinjau yang nantinya akan mempengaruhi dalam perancangan gedung, antara lain :

1. Prosedur perencanaan struktur
2. Material struktur
3. Pembebanan struktur
4. Kombinasi pembebanan

2.3. Pembebanan

Struktur terbuat dari bahan yang bermassa, maka struktur akan dipengaruhi oleh beratnya sendiri. Berat sendiri dari struktur dan elemen–elemen struktur disebut sebagai beban mati. Selain beban mati, struktur dipengaruhi juga oleh beban–beban yang terjadi akibat penggunaan ruangan. Beban ini disebut sebagai beban hidup (*live load*). Selain itu struktur dipengaruhi juga oleh pengaruh–pengaruh

dari luar akibat kondisi alam seperti pengaruh angin, salju, gempa, atau dipengaruhi oleh perbedaan temperatur, serta kondisi lingkungan yang merusak (misalnya pengaruh bahan kimia, kelembaban, atau pengkaratan).

Dalam meninjau suatu beban, kita tidak boleh hanya menentukan besaran atau intensitas saja, tetapi juga harus meninjau dalam kondisi bagaimana beban tersebut diterapkan pada struktur.

Sehubungan dengan sifat elastisitas dari bahan–bahan struktur, setiap sistem atau elemen struktur akan berdeformasi jika dibebani, dan akan kembali kebentuknya yang semula jika beban yang bekerja dihilangkan. Oleh karena itu struktur mempunyai kecenderungan untuk bergoyang kesamping (*slideway*), atau melentur kebawah (*deflection*) jika dibebani.

2.3.1 Beban Vertikal

Beban Mati Struktur terbuat dari bahan yang bermassa, maka struktur akan dipengaruhi oleh beratnya sendiri. Berat sendiri dari struktur dan elemen–elemen struktur disebut sebagai beban mati. Selain beban mati, struktur dipengaruhi juga oleh beban–beban yang terjadi akibat penggunaan ruangan. Beban ini disebut sebagai beban hidup (*live load*). Selain itu struktur dipengaruhi juga oleh pengaruh–pengaruh dari luar akibat kondisi alam seperti pengaruh angin, salju, gempa, atau dipengaruhi oleh perbedaan temperatur, serta kondisi lingkungan yang merusak (misalnya pengaruh bahan kimia, kelembaban, atau pengkaratan).

a)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian–penyelesaian, mesin–mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Untuk keperluan analisis dan *desain* struktur bangunan, besarnya beban mati harus ditaksir atau ditentukan terlebih dahulu. Untuk menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen.

Berat satuan atau berat sendiri dari beberapa material konstruksi dan komponen bangunan gedung dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 atau peraturan tahun 1987.

- Bahan bangunan

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

No.	Material	Berat	Keterangan
1.	Baja	7850kg/m ³	
2.	Batu alam	2600kg/m ³	
3.	Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³	Berat tumpuk
4.	Batu karang	700 kg/m ³	Berat tumpuk
5.	Batu pecah	1450 kg/m ³	
6.	Batu tuang	7250kg/m ³	
7.	Beton	2200 kg/m ³	
8.	Batu bertulang	2400 kg/m ³	
9.	Kayu	1000 kg/m ³	Kelas 1
10.	Krikil, koral	1650 kg/m ³	Kering udara sampai lembab
11.	Pasangan batu merah	1700 kg/m ³	
12.	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³	
13.	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³	
14.	Pasangan batu karang	1450 kg/m ³	

15.	Pasir	1600 kg/m ³	Kering udara sampai lembab
16.	Pasir	1800 kg/m ³	Jenuh air
17.	Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³	Kering udara sampai lembab
18.	Tanah, lempung dan lanau	1700	Kering udara sampai lembab

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung

- Komponen Gedung

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

No	Material	Berat	Keterangan
1.	Adukan, per cm tebal : <ul style="list-style-type: none"> • Dari semen • Dari kapur, semen merah/tras 	21 kg/m ² 17 kg/m ²	
2.	Aspal, per cm tebal :	14 kg/m ²	
3.	Dinding pasangan batako <ul style="list-style-type: none"> • Satu batu • Setengah batu 	450 kg/m ² 250 kg/m ²	
4.	Dinding pasangan batako : <ul style="list-style-type: none"> • Berlubang : Tebal dinding 20 cm (HB 20) Tebal dinding 10 cm (HB 10) • Tanpa lubang : Tebal dinding 15 cm Teal dinding 10 cm 	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²	
5.	Langit-langit & dinding, terdiri : <ul style="list-style-type: none"> • Semen asbes (eternit), Tebal maks 4 mm 	11 kg/m ²	Termasuk rusuk-rusuk, tanpa penggantung atau

	• Kaca, tebal 3-5 mm	10 kg/m ²	pengaku
6.	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²	Tanpa langit-langit, bentang maks 5 m, beban hidup maks 200 kg/m ²
7.	Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m ²	Bentang maks 5 m, jarak s.k.s min 0,80 m
8.	Penutup atap genteng	50 kg/m ²	Dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap
9.	Penutup atap sirap	40 kg/m ²	Dengan reng dan usuk/kaso
10.	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²	Tanpa usuk
11.	Penutup lantai ubin, 7 cm tebal	24 kg/m ²	Ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
12.	Semen asbes gelombang	11 kg/m ²	

Sumber : Pedoman Pembebanan untuk Rumah dan Gedung

b) Beban hidup

Beban hidup adalah suatu beban yang terjadi akibat penghunian/penggunaan suatu gedung dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah.

Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan

standar yang berlaku. Beban hidup di sesuaikan dengan fungsi ruangan yang sudah di rencanakan, dalam hal ini pembebanan mengacu SNI 1727:2013 untuk bangunan untuk bangunan gedung adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5
Garasi/Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c}	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berhubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain	20 (0,96) 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani ^a	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	20 (0,96)	2 000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 1 000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 ^r 300 ^r
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) Ringan Berat	20 (0,96) 125 (6,00) ^a 250 (11,97) ^a	

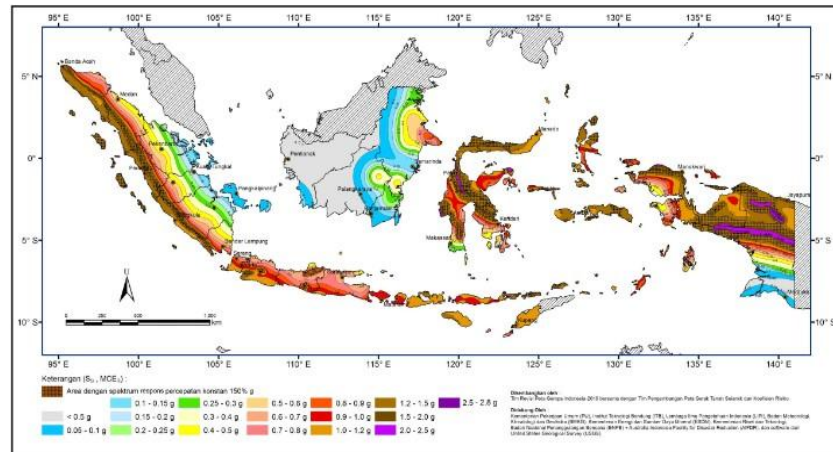
Sumber: SNI 1727:2013 Beban Minimum bangunan gedung

2.3.2 Beban *Horizontal* (Beban Gempa)

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat pergerakan tanah dimana struktur tersebut berdiri. Karena struktur bangunan memiliki massa, maka inersia massa dari bagian atas bangunan memberikan tahanan terhadap pergerakan. Oleh karena itu, beban gempa sangat tergantung dari massa suatu bangunan. Pergerakan gempa untuk

mencapai permukaan tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat. Lapisan tanah dibawah permukaan yang menompang pondasi bangunan dapat meningkatkan besarnya beban gempa yang dialami oleh struktur bangunan.

- Wilayah Gempa



Gambar 2.1 Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Resiko

- Kategori Gedung

Pada setiap bangunan harus dikenal masuk dalam kategori salah satu dari 4 kategori gedung tersebut pada SNI 03:1726:2012 pasal 4.1 tabel 1, kategori gedung dan bangunan tersebut digunakan untuk menghitung beban gempa nominal (V).

Tabel 2.4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk 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- Gedung penyimpanan- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
<p>Semua struktur gedung dan struktur lain, 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

Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas penitipan anak
- Penjara
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam resiko IV yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ atau gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam resiko IV (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk manufaktur, proses penanganan, penyimpanan, penggunaan ata tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahan melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin, badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energy dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air, pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang termasuk ke dalam kategori resiko IV</p>	<p>IV</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Sumber : SNI 03:1726:2012, Tata cara perencanaan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung.

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa neangan sni 2013

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

Sumber : SNI 03:1726:2012, Tata cara perencanaan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung.

- Daktilitas Struktur Gedung

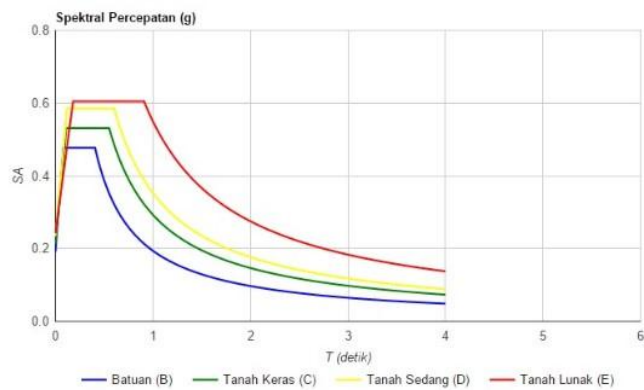
Daktilitas struktur gedung memakai 2 parameter, yaitu *factor* daktilitas simpangan (μ) dan *factor* reduksi gempa (R).

Daktilitas simpangan (μ) menyatakan rasio simpangan di ambang keruntuhan (δ_m) dan simpangan pada terjadinya pelelehan pertama. R adalah *ratio* beban, gempa rencana, dan beban gempa nominal. R ini juga merupakan indikator kemampuan daktilitas struktur gedung. Nilai (μ) dan (R) tercantum pada SNI 03:1726:2012.

- Faktor *Response* Gempa

Faktor *response* gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dengan *spectru response* gempa rencana.

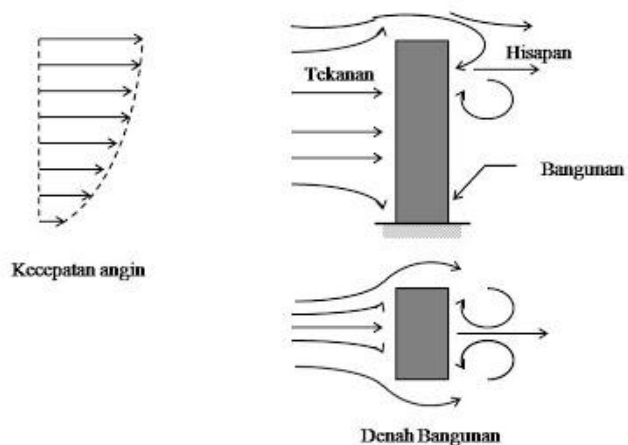
Faktor *response* gempa ditentukan SNI 03:1726:2012.



Gambar 2.2 Spektrum Respon Gempa

2.3.3 Beban Angin

Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau hisapan pada bangunan.



Gambar 2.3 Pengaruh angin pada bangunan Gedung

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi besarnya tekanan dan isapan pada bangunan pada saat angin bergerak adalah kecepatan angin. Besarnya kecepatan angin berbeda-beda untuk setiap lokasi geografi. Kecepatan angin rencana biasanya didasarkan untuk periode ulang 50 tahun. Karena kecepatan angin akan semakin tinggi dengan ketinggian di atas tanah, maka tinggi kecepatan rencana juga demikian. Selain itu perlu juga diperhatikan apakah bangunan itu terletak di perkotaan atau di pedesaan. Seandainya kecepatan angin telah diketahui, tekanan angin yang bekerja pada bangunan dapat ditentukan dan dinyatakan dalam gaya statis ekuivalen.

Pola pergerakan angin yang sebenarnya di sekitar bangunan sangat rumit, tetapi konfigurasinya telah banyak dipelajari serta ditabelkan. Karena untuk suatu bangunan, angin menyebabkan tekanan maupun hisapan, maka ada koefisien khusus untuk tekanan dan hisapan angin yang ditabelkan untuk berbagai lokasi pada bangunan.

2.3.4 Kombinasi Pembebanan

Ada beberapa jenis beban yang dapat bekerja pada setiap struktur bangunan. Beban mati akibat berat sendiri dari struktur harus selalu diperhitungkan. Sedangkan beban hidup besarnya selalu berubah – ubah tergantung dari penggunaan dan kombinasi beban hidup. Kemungkinan bekerjanya beban – beban maksimum pada struktur pada saat yang bersamaan adalah sangat kecil.

Untuk pembebanan pada bangunan gedung bertingkat banyak, sangat tidak mungkin pada saat yang sama semua lantai memikul beban hidup yang maksimum secara simultan.

Oleh karena itu diijinkan untuk mereduksi beban hidup untuk keperluan perencanaan elemen – elemen struktur dengan memperhatikan pengaruh dari kombinasi pembebanan dan penempatan beban hidup.

Untuk kombinasi pembebanan tertentu sering kali diijinkan untuk mereduksi gaya desain total dengan faktor tertentu.

Untuk perencanaan struktur bangunan, pada umumnya banyak kombinasi pembebanan yang harus ditinjau didalam analisis. Elemen – elemen struktur harus direncanakan untuk memikul kombinasi pembebanan terburuk yang mungkin terjadi.

Kombinasi pembebanan yang harus diperhitungkan pada perancangan struktur bangunan gedung adalah :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0 W$
7. $0,9D + 1,0E$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

F = Tekanan fluida

2.3.5 Dasar Perhitungan dan Pembebanan Rencana

2.3.5.1 Struktur Atas

Struktur atas atau *upper structure* adalah elemen bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Dalam proses perencanaan meliputi : atap, plat lantai, kolom, balok, portal .

a) Atap

Atap adalah elemen struktur yang berfungsi melindungi bangunan beserta apa yang ada didalamnya dari pengaruh panas dan hujan.

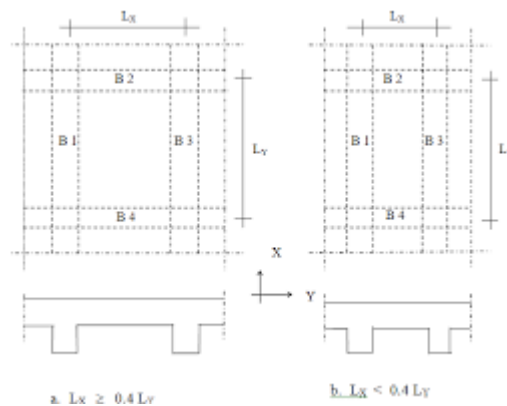
b) Pelat

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin tulangnya dua arah atau satu arah saja, tergantung system strukturnya. Kontinuitas penulangan pelat diteruskan ke dalam balok - balok dan diteruskan ke dalam kolom. Dengan demikian sistem pelat secara keseluruhan menjadi satu-kesatuan membentuk rangka struktur bangunan kaku statis tak tentu yang sangat kompleks. Perilaku masing-masing komponen struktur dipengaruhi oleh hubungan kaku dengan komponen lainnya. Beban tidak hanya mengakibatkan timbulnya momen, gaya geser dan Lendutan langsung pada komponen struktur yang menahannya, tetapi komponen-komponen struktur lain yang berhubungan juga ikut berinteraksi karena hubungan kaku antar komponen. Berdasarkan perbandingan antara bentang panjang dan bentang

pendek pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

c) Pelat satu arah

Pelat satu arah adalah pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan saja sehingga lendutan yang timbul hanya satu arah saja yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi. Dengan kata lain pelat satu arah adalah pelat yang mempunyai perbandingan antara sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari dua dengan lendutan utama pada sisi yang lebih pendek.



(Gambar 2.4 pelat 1 arah)

d) Pelat dua arah

Pelat dua arah adalah pelat yang didukung sepanjang keempat sisinya dengan lendutan yang akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus atau perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek yang saling tegak lurus yang tidak lebih dari dua.

Pelat lantai yang dirancang adalah plat lantai dua arah yang didukung pada keempat sisinya. Untuk

memudahkan perancangan akan digunakan tabel dari grafik dan hitungan beton bertulang berdasarkan SNI-03-2847-2013.

➤ Menentukan Tebal Minimum Pelat (h)

Untuk l_m lebih besar 0,2 tapi tidak boleh lebih dari 2,0, h tidak boleh lebih dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm
untuk l_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh dari 90 mm

dimana :

h = tebal pelat

l_n = panjang bentang bersih dalam arah melintang

β = perbandingan antara bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dua arah

αm = nilai rata-rata dari α

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot L_b}{E_{cs} \cdot L_s}$$

E_{cb} = modulus elastis pada beton

E_{cs} = modulus elastis pada pelat.

➤ Menentukan Momen Lentur Pelat yang Terjadi

Perencanaan dan analisis dilakukan dengan menggunakan konsep beban Amplop yaitu dengan

menggunakan koefisien momen besar momen lentur adalah:

$$M_{lx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C_{lx}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C_{lx}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C_{ly}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot C_{ly}$$

Dengan :

qu = Beban Total

Lx = Panjang bentang pendek

C_{tx} = Koefisien momen tumpuan arah x

C_{lx} = Koefisien momen lapangan arah x

C_{ty} = Koefisien momen tumpuan arah y

C_{ly} = Koefisien momen lapangan arah y

➤ Menentukan tulangan (A_s) arah x dan y

$$\rho = \frac{\frac{mu}{b d^2}}{2 \times \left(0,4704 \frac{fy^2}{f'c} \right)}$$

$$\rho = \frac{0,8fy - \sqrt{(0,8fy)^2 - 4 \left(0,4704 \frac{fy^2}{f'c} \right) \left(\frac{Mu}{bd^2} \right)}}{2 \times \left(0,4704 \frac{fy^2}{f'c} \right)}$$

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

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,85 f_c \beta}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

Rasio baja-tulangan harus memenuhi $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

• Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka digunakan $\rho = \rho_{\min}$ dan $A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$

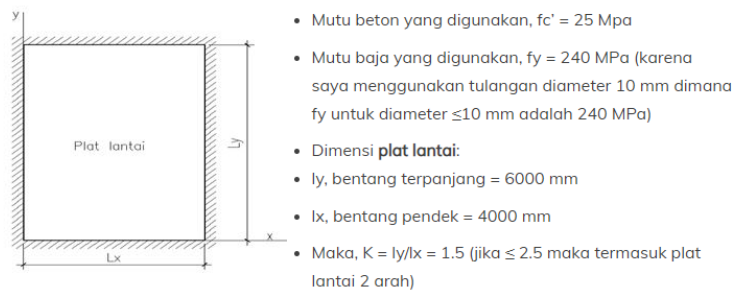
- Jika pada $> \rho_{maks}$, maka tebal pelat harus diperbesar

Setelah didapatkan nilai ρ perlu, maka :

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$$

Jarak tulangan pokok (di ambil $b = 1$ meter)

$$(\text{Jarak tul.} = 1000 / (A_s / (1/4 d^2)))$$



(Gambar 2.5 Pelat 2 arah)

e) Balok

Balok adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban *vertikal* dan *horizontal*. Beban *vertikal* berupa beban mati dan beban hidup yang diterima plat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban *horizontal* berupa beban angin dan gempa. Balok merupakan bagian struktur bangunan yang penting dan bertujuan untuk memikul beban transversal yang dapat berupa beban lentur, geser maupun torsi. Oleh karena itu perencanaan balok yang efisien, ekonomis dan aman sangat penting untuk suatu struktur bangunan terutama struktur bertingkat tinggi atau struktur berskala besar. Langkah- langkah perencanaan balok :

- Menentukan mutu beton dan baja tulangan :

$$f'_c \leq 30 \text{ MPa} \text{ maka } \beta_1 = 0,85 \text{ Mpa}$$

$$f'_c \geq 30 \text{ MPa} \text{ maka } \beta_1 = 0,65 \text{ Mpa}$$

- Menentukan nilai rasio tulangan (ρ) :

$$\rho = \frac{0,8 f_y \sqrt{(0,8 f_y)^2 - 4 \left(0,4704 \frac{f_y^2}{f'c}\right) \left(\frac{m_u}{bd^2}\right)}}{2 \times \left(0,4704 \times \frac{f_y^2}{f'c}\right)}$$

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

$$\rho_{\max} = 0,75 \left(\frac{0,75 f_c \beta}{f_y}\right) \left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

disyaratkan : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

ρ = Rasio tulangan terhadap luas beton efektif dalam kondisi seimbang

ρ_{\max} = Rasio tulangan maksimum

ρ_{\min} = Rasio tulangan minimum

- Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang beton

$$b = \frac{1}{2} h$$

$$d = h - d_c - \frac{1}{2} \text{Øtulangan} - \frac{1}{2} \text{Øsengkang}$$

f) Kolom

Definisi kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktur yang memikul beban dari balok induk maupun balok anak. Kolom meneruskan beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Keruntuhan pada suatu kolom merupakan kondisi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga

runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur. Kolom adalah struktur yang mendukung beban dari atap, balok dan berat sendiri yang diteruskan ke pondasi. Secara struktur kolom menerima beban vertikal yang besar, selain itu harus mampu menahan beban-beban *horizontal* bahkan momen atau puntir/torsi akibat pengaruh terjadinya eksentrisitas pembebanan. hal yang perlu diperhatikan adalah tinggi kolom perencanaan, mutu beton dan baja yang digunakan dan eksentrisitas pembebanan yang terjadi. dengan kata lain kolom juga diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu.

$$P_u < P_n \quad P_n = 0,1 \cdot A_g \cdot F_c$$

Keterangan :

P_u = Beban Pada Kolom

P_n = Kekuatan Kolom

F_c' = Mutu beton yang digunakan

A_g = Dimensi kolom (Luasan Kolom)

0,1 = Faktor Reduksi

Jika $P_u > P_n$ maka penampang Kolom Harus diperbesar atau mutu beton harus dinaikan.

g) Portal

Portal merupakan suatu rangka struktur pada bangunan yang harus mampu menahan beban-beban yang bekerja, baik beban mati, beban hidup, maupun beban sementara.

❖ Portal tak bergoyang (*braced frame*)

Portal tak bergoyang didefinisikan sebagai portal dimana tekuk goyangan dicegah oleh elemen-elemen

topangan struktur tersebut dan bukan oleh portal itu sendiri. Portal tak bergoyang mempunyai sifat :

- Portal tersebut simetris dan bekerja beban simetris
- Portal yang mempunyai kaitan dengan konstruksi lain yang tidak bergoyang

❖ Portal bergoyang

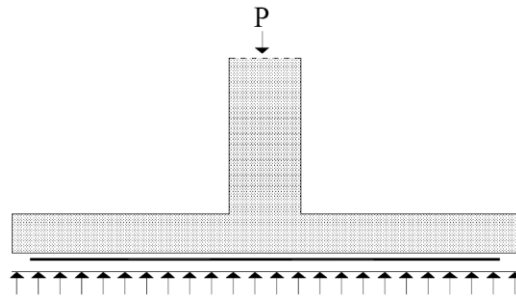
Suatu portal dikatakan bergoyang, jika :

- Beban yang tidak simetris yang bekerja pada portal yang simetris atau tidak simetris
- beban simetris yang bekerja pada portal yang simetris atau tidak simetris

2.3.6 Struktur Bawah

Yang dimaksud dengan struktur bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang berada dibawah permukaan. Pondasi adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban bangunan atas ke tanah yang mampu mendukungnya. Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ketanah, sehingga telapak pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menyebarkan beban-beban yang diteruskan sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak terlampaui. Perlu diperhatikan bahwa dalam merencanakan pondasi harus memperhitungkan keadaan yang berhubung atas tanah kuat pada keadaan cukup tertentu.

a. Perencanaan Penampang Pondasi



q all tanah

Gambar 2.6 Potongan Pondasi

$$\sigma_{netto\ tanah} = \sigma_{tanah} - \Sigma(h \cdot \gamma_{beton}) - \Sigma(h \cdot \gamma_{tanah})$$

$$\sigma_{netto\ tanah} = \frac{P}{A_{perlu}} + \frac{M_y}{1/6 \cdot B_x^2 \cdot B_y} + \frac{M_x}{1/6 \cdot B_y^2 \cdot B_x}$$

(SNI 2847:2013)

Kemudian dengan coba-coba di ambil nilai Lp (lebar pondasi) dan Pp (panjang pondasi) Sehingga didapat nilai A ada = Lp x Pp > A perlu.

Kontrol tegangan kontak yang terjadi didasar pondasi :

$$\sigma_{netto\ tanah} = \frac{P}{A_{ada}} + \frac{M_y}{a/6 \cdot P^2 \cdot L} + \frac{M_x}{1/6 \cdot L^2 \cdot P} < \sigma_{netto\ tanah}$$

(SNI 2847:2013)

Jarak pusat tulangan tarik ke serat tekan beton :

$$d = h - Pb - \frac{1}{2} v_{tulangan\ pokok} \quad (\text{SNI 2847:2013})$$

keterangan :Nilai P, Mx, My

tanah = berat volume tanah (kN/m^3)

2.3.7 Software Pendukung

2.3.7.1 Software *Autocad*

Autocad adalah sebuah software yang berfungsi untuk desain grafis, yang dapat menghasilkan berupa gambar 2D. Selain itu software ini sangat ringan dari pada software–software lainnya. Walaupun dengan tampilannya yang sederhana, Autocad memungkinkan untuk menggambar lebih cepat dan akurat. Program ini merupakan suatu program aplikasi pemodelan 2D yang fleksibel cepat dan dan praktis. Autocad juga Biasa digunakan Untuk mendisain bangunan serta detail–detailnya dengan penampilan 2D yang mudah dibaca.

2.3.7.2 Program *ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems)*

ETABS adalah program untuk memperhitungkan pembebanan dengan hasil akhir berupa momen, dan gaya yang terjadi pada struktur yang direncanakan. Program ini dirancang sangat interaktif, sehingga beberapa hal dapat dilakukan, misalnya mengontrol kondisi tegangan pada element struktur, mengubah dimensi batang dan pengaturan (*code*) perancangan tanpa harus mengulang analisis stuktur.

Secara garis besar, perancangan struktur *frame* dengan ETABS yaitu :

- 1) Menentukan geometri model struktur
- 2) Mendefinisikan data-data :
 - Jenis dan kekuatan bahan

- Dimensi penampang elemen struktur
 - Jenis beban
 - kombinasi pembebanan
- 3) Menempatkan (*assign*) data–data yang telah di definisikan model struktur
- Data penampang
 - Data beban
 - Memeriksa *input* data
 - Analisa mekanika rekayasa