

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Dari penelitian yang telah dilakukan pada masa lampau terkait dengan studi kasus yang memiliki kemiripan mengenai permasalahan dan pembahasan, yang kemudian dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam penyusunan yang akan dilakukan antara lain sebagai berikut :

Pertama, Analisis struktur yang dilakukan oleh Febriasyah Hikmawan (2020) melakukan analisis struktur. Judul buku yaitu **Analisis Struktur Pembangunan Rumah Susun Sewa Kab. Sukaharjo Provinsi Jawa Tengah.**

Kedua, Analisis Struktur yang dilakukan oleh Aef Saefudin (2021) melakukan analisis struktur dengan judul bukunya yaitu **Analisis Desain Struktur Rumah Susun Sewa Sumatera II.**

Ketiga, Analisis Struktur yang dilakukan oleh Muhammad Farid Abdillah (2022) melakukan analisis struktur dengan judul buku yaitu **Analisis Struktur Bangunan Sekolah Dan Tempat Ibadah Pada Proyek Rumah Deret Tamansari Blok C Di Bandung.**

Berdasarkan hasil kajian dari buku yang telah disebutkan di atas perihal analisa struktur pada bangunan gedung, penulis menilai bahwa yang paling mendekati dan mempunyai kemiripan dalam hal penelitian analisis struktur adalah penelitian yang dilakukan oleh Aef

Saefudin, karena dari pengidentifikasian masalah dan rumuham masalah yang dilakukan hampir mendekati dengan yang akan diteliti penulis.

Penelitian ini berjudul **Analisis Struktur Rumah Deret Taman Sari Blok A di Bandung**. Jika diperhatikan dari tujuannya yaitu untuk menganalisis dan memperhitungkan desain struktur bangunan gedung yang menggunakan struktur beton bertulang memiliki kemiripan dengan penelitian yang pernah dikerjakan pada masa lampau mulai dari podasi, kolom, balok, sloof dan pelat dengan berpegangan pada standar kelayakan kriteria keselamatan dan pelayanan prima.

Penelitian yang sekarang memiliki perbedaan dengan penelitan yang pernah dilakukan sebelumnya diantaranya yaitu mengenai perhitungan analisisnya. Pada penelitian ini menggunakan perhitungan dengan bantuan Software ETABS versi 18.1.1.dan metode manual, serta menggunakan SNI-1726 : 2019 dalam pembebanan gempanya.

**Tabel 2.1** Kajian Pustaka

No.	Peneliti	Tahun	.Judul Penelitian
1.	Febriasyah Hikmawan	2020	Analisis Struktur Pembangunan Rumah Susun Sewa Kab. Sukaharjo Provinsi Jawa Tengah.
2.	Aef Saefudin	2021	Analisis Desain Struktur Rumah Susun Sewa

			Sumatera II
3.	Muhammad Farid Abdillah	2022	Analisis Struktur Struktur Bangunan Sekolah Dan Tempat Ibadah Pada Proyek Rumah Deret Tamansari Blok C Di Bandung.

## 2.2 LANDASAN TEORI

Menurut Schodek (1998) konsep struktur dalam konteks huungannya dengan bangunan gedung adalah sarana distribusi beban dan akibat dari penggunaannya atau keberadaan bangunan yang diteruskan dalam tanah. Sedangkan analisis struktur adalah ilmu yang mempelajari berbagai gaya dan perpindahan yang terjadi pada suatu struktur yang disebabkan oleh beban – beban yang terjadi pada struktur tersebut.

Analisa struktur menggabungkan berbagai diantaranya yaitu bidang teknik mekanika, teknik matematika dan teknik material. untuk memperghitungkan perubahan bentuk struktural, kekuatan tekanan internal, respon pendukung, percepatan dan kestabilan. Hasil analisis ini memungkinkan untuk memeriksa ketahanan suatu bangunan yang sedang dibangun atau yang telah selesai dibangun. Dengan demikian analisis struktur merupakan bagian cukup penting dari desain struktural.

Aspek – aspek yang berkaitan dengan Analisis Struktur adalah sebagai berikut :

1. Bangunan.
2. Pemilihan sistem struktur.

3. Dasar perhitungan.
4. Dasar perencanaan atau analisis.
5. Rencana pembebanan.
6. Software penyokong.

### **2.2.1 Bangunan Gedung**

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik sebagai tempat tinggal atau hunian, kegiatan usaha, kegiatan keagamaan, kegiatan sosial, budaya, maupun khusus. (UU RI No. 36, 2005)

Pada PP Republik Indonesia Nomor 36 th. 2005 mengenai Peraturan Pelaksanaan UU nomor 28 th. 2002 terkait Bangunan Gedung pada Bab 2, Pasal 3 (UU RI No. 36, 2005) menjelaskan bahwa :

1. Fungsi bangunan gedung merupakan ketentuan pemenuhan persyaratan teknis bangunan gedung, baik ditinjau dari segi tata bangunan dan lingkungannya, maupun keandalan bangunan gedungnya.
2. Fungsi bangunan gedung sebagaimana dimaksud pada ayat 1 meliputi fungsi hunian, fungsi keagamaan, fungsi usaha, fungsi sosial dan budaya, serta fungsi khusus.
3. Satu bangunan gedung dapat memiliki lebih dari satu fungsi sebagaimana dimaksud pada ayat 2.

Pemenuhan persyaratan teknis pada setiap fungsi bangunan gedung harus efisien dan efektif, oleh karena itu bangunan gedung dibedakan menjadi berbagai tingkat. Pengklasifikasian diatur dalam Pasal 5 Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia No. 36 Tahun 2005 tentang Bangunan Gedung.

**Tabel 2.2** Klasifikasi Bangunan Gedung

*Sumber:* Pasal 5 PP RI No. 36 Th. 2005

KLASIFIKASI BANGUNAN GEDUNG		
Tingkat Kompleksitas	Sederhana	Karakter, kompleksitas, dan teknologi sederhana
	Tidak Sederhana	Karakter, kompleksitas, dan teknologi tidak sederhana
	Khusus	Penggunaan dan persyaratan khusus
Tingkat Parmanensi	Permanen	Umur layanan diatas 20 tahun
	Semi Permanen	Umur layanan 5 s.d 10 tahun
	Darurat/Sementara	Umur layanan s.d 5 tahun
Tingkat Resiko Kebakaran	Resiko Kebakaran Tinggi	Mudah terbakarnya tinggi
	Resiko Kebakaran Sedang	Mudah terbakarnya sedang

	Resiko Kebakaran Rendah	Mudah terbakarnya rendah
Zona Gempa	Zona 1	Daerah sangat aktif
	Zona 2	Daerah aktif
	Zona 3	Daerah lipatan dengan retakan
	Zona 4	Daerah lipatan tanpa retakan
	Zona 5	Daerah gempa kecil
	Zona 6	Daerah stabil
Lokasi	Lokasi Padat	Dipusat kota
	Lokasi Sedang	Didaerah pemukiman
	Lokasi Regangan	Didaerah pinggiran kota
Ketinggian	Bertingkat Tinggi	Lebih dari 8 lantai
	Bertingkat Sedang	5 s.d. 8 lantai
	Bertingkat Rendah	s.d. 4 lantai
Kepemilikan	Milik Negara	
	Milik Badan Usaha	
	Milik Perorangan	

### 2.2.2 Dasar – dasar Perencanaan Gedung

Merencanakan suatu bangunan gedung diharuskan memiliki acuan dan pedoman tertentu supaya bangunan

tersebut sesuai dengan kriteria kelayakan yang berlaku. Dalam penelitian analisis struktur ini, berpedoman pada peraturan – peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia, diantaranya yaitu :

- SNI 1727 : 2020 Mengenai Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- SNI 2847 : 2019 Mengenai Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung.
- SNI1726 :2019 Mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- PPPURG 1987 Mengenai Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

### **2.2.3 Perencanaan Pembebanan Struktur**

Definisi Beban Menurut SNI 1727:2020 adalah Gaya atau aksi lainnya yang diakibatkan oleh berat total dari bahan bangunan gedung, barang – barang atau benda yang terdapat didalam bangunan gedung itu sendiri, penghuni, selisih perpindahan, pengaruh lingkungan, dan gaya kekang akibat perubahan dimensi. (SNI 1727:2020, 2020)

Pada peninjauan suatu beban, kita diharuskan menentukan besaran dan memperhatikan kondisi beban tersebut diaplikasikan pada suatu struktur. Karena pada suatu sistem atau elemen struktur bangunan akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk jika dibebani, dan akan kembali ke bentuk semula jika beban – beban yang bekerja dihilangkan. Oleh karenanya diperlukan pemodelan beban pada suatu struktur bangunan guna mempermudah dalam

perancangan dan perhitungan analisisnya, serta melihat gambaran perubahan bentuk struktur yang cenderung untuk bergoyang ke arah samping (*slideway*), atau melentur ke arah bawah (*deflection*).

Dalam menganalisis dan perhitungan desain struktur, beban yang terjadi pada suatu struktur bangunan gedung dapat dibedakan menjadi dua menurut arah kinerjanya, yaitu sebagai berikut :

1. Beban Vertikal (*gravity*)
  - a. Beban Mati (*dead load*)
  - b. Beban mati tambahan (*super imposed dead load*)
  - c. Beban hidup (*live load*)
  - d. Beban air hujan (*rainwater load*)
2. Beban horizontal (*lateral*)
  - a. Beban gempa (*earthquake*)
  - b. Beban angin (*wind load*)
  - c. Tekanan tanah dan air tanah (*soil and groundwater pressure*)

#### **2.2.3.1 Beban Vertikal (*Gravity*)**

Beban vertikal didefinisikan sebagai beban yang bekerja secara vertikal (tegak lurus ke bumi) karena gravitasi yang dimiliki setiap benda di bumi, atau berasal dari beban mati suatu struktur dan beban hidup yang besarnya menyesuaikan dengan kegunaan bangunan tersebut.

### 1) Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati menurut SNI 1727:2020 ialah berat seluruh bahan konstruksi pada struktur bangunan yang terpasang, termasuk lantai, dinding, plafon, tangga, atap, tangga dan komponen arsitektural lainnya, serta peralatan pendukung (layan) lain yang terpasang termasuk berat keran. (SNI 1727:2020, 2020)

Dalam memperhitungkan besarnya beban mati pada suatu struktur bangunan, dapat dilakukan dengan menghitung berat suatu material struktur yang digunakan menurut volumenya. Dalam hal ini bisa dilihat pada standar pembebanan pada PPPURG 1987.

**Tabel 2.3** Berat Sendiri Bahan dan Komponen Gedung

*Sumber* : PPPURG 1987. Tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

Berat Beban Mati Bahan Konstruksi	
Material	Berat
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (kelas 1)	1000 kg/m <sup>3</sup>

Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Berat Beban Mati Komponen Gedung</b>	
<b>Material</b>	<b>Berat</b>
Adukan, per cm tebal :	
– Dari semen	21kg/m <sup>2</sup>
– Dari kapur, semen merah atautras	17kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah :	
– Satu batu	450kg/m <sup>2</sup>
– Setengah batu	250kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako :	
– tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- tebal dinding 10 cm (HB 10)</li> </ul> Tanpa lubang:	120 kg/m <sup>2</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- tebal dinding 15cm</li> </ul>	300 kg/m <sup>2</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- tebal dinding 10cm</li> </ul>	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4mm</li> </ul>	11 kg/m <sup>2</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- kaca, dengan tebal 3 – 5mm</li> </ul>	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa usuk	10 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m <sup>2</sup>

## 2) Beban Mati Tambahan (*Super Imposed Dead load*)

Sederhananya beban mati tambahan ialah beban mati yang bersifat sebagai tambahan. Terkait pada pengertian beban mati, disebutkan bahwa beban mati

tambahan yang mempunyai sifat tetap adalah satu kesatuan pada elemen struktur dan dapat digolongkan kedalam *Super imposed Dead Load*, termasuk didalamnya berupa plafon penggantung, dinding, *space* untuk lantai, dan dinding.

### 3) Beban Hidup

Beban hidup ialah beban yang terjadi akibat dari pengguna dan/atau penghuni bangunan atau struktur lainnya yang bukan merupakan beban konstruksi dan beban yang disebabkan oleh lingkungan seperti beban gempa, beban hujan, dan lain sebagainya (SNI 1727:2020, 2020)

**Tabel 2.4** Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_0$  Dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Sumber : SNI - 1727- 2020. *Tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.*

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses:		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000(8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2000(8,9)
Gudang persenjataan dan ruang Latihan	150 (7,18) <sup>a</sup>	

Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi	60 (2,87) <sup>a</sup>	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Panggung pertemuan	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Lantai podium	100 (4,79) <sup>a</sup>	
	150 (7,18) <sup>a</sup>	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama	100 (4,79)	
Lantai lain	Sama seperti pelayanan huniankecuali Disebutkanlain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada Daerah 2in.x2in. [50mmx50mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1in. x 1in. [25 mm x 25 mm] )		200 (0,89)

Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi / parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) <sup>a,b,c</sup>	
Susran tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) <sup>d,e,f,g</sup> tidak boleh direduksi	
Rumah sakit: Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60(2,87) 40(1,92) 80(3,83)	1000(4,45) 1000(4,45) 1000(4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) <sup>a,h</sup> 80 (3,83)	1000(4,45) 1000(4,45) 1000(4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) <sup>a</sup> 250(11,97) <sup>a</sup>	2000 (8,90) 3000 (13,40)

Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000(8,90)
Kantor	50(2,40)	2000(8,90)
Koridor diatas lantai pertama	80(3,83)	2000(8,90)
Lembaga hokum Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang dan penggunaan yang sama	75(3,59) <sup>a</sup>	
Bangsas dansa dan ruang dansa	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Gymnasium	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100(4,79) <sup>a,k</sup>	
Stadium dan tribun / arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) <sup>a,k</sup>	

<p>Rumah tinggal</p> <p>Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)</p> <p>Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang</p> <p>Loteng yang tidak dapat dengan Gudang</p> <p>Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur</p> <p>Semua ruang kecuali tangga dan balkon</p>	<p>10(0,48)<sup>l</sup></p> <p>20(0,96)<sup>m</sup></p> <p>30(1,44)</p> <p>40(1,92)</p>	
<p>Semua hunian rumah tinggal lainnya</p> <p>Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka</p> <p>Ruang publik dan koridor yang melayani mereka</p>	<p>40(1,92)</p> <p>100 (4,79)</p>	
<p>Atap</p> <p>Atap datar, berbubung dan lengkung</p> <p>Atap digunakan untuk taman atap</p> <p>Atap yang digunakan untuk tujuan lain</p>	<p>20(0,96)<sup>n</sup></p> <p>100(4,79)</p> <p>Sama seperti hunian dilayani<sup>a</sup></p>	<p>l</p>

Atap yang digunakan untuk hunian lainnya	5 (0,24) tidak boleh	
Awning dan kanopi	direduksi	
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh	
Rangka tumpu layar penutup	direduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (8,9)
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	2000(8,9)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300(1,33)
		300(1,33)
Sekolah		
Ruang kelas	40(1,92)	1000(4,5)
Koridor diatas lantai pertama	80(3,83)	1000(4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000(4,5)

Bak-bak/ <i>scuttles</i> , 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) <sup>a,p</sup>	800 (35,6) <sup>q</sup>
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Gudang diatas langit – langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) Ringan Berat	125 (6,00) <sup>a</sup> 250(11,97) <sup>a</sup>	
Toko Eceran Lantai pertama Lantai diatasnya Grosir, disemua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00) <sup>a</sup>	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) <sup>a</sup>	

#### 4) Beban Khusus

Beban khusus merupakan semua beban yang bekerja pada suatu gedung atau bagiannya yang diakibatkan oleh perubahan suhu, pengangkat dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya – gaya tambahan yang bisa berasal dari beban hidup, gaya sentripetal, dan gaya dinamis yang diakibatkan oleh mesin – mesin, serta pengaruh khusus lainnya. (Departemen PU PPPURG 1987, 1987)

#### 5) Beban Air Hujan (*Rainwater Load*)

Beban air hujan dalam SNI 1727:2020 adalah Beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft<sup>2</sup> (kN/m<sup>2</sup>). Apabila istilah atap yang tidak melendut digunakan, lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap. (SNI 1727:2020, 2020)

- Beban hujan rencana :  $R = 5,2 (d_s + d_h)$
- Dalam SI :  $R = 0,0098 (d_s + d_h)$

Keterangan :

$d_s$  = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis) dalam in.(mm).

$d_h$  = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik) dalam in.(mm).



dan kekakuan struktur, waktu getar alam dan pengaruh redaman dari struktur.

Dalam perhitungan beban gempa mengikuti aturan yang diterapkan berdasarkan SNI 1726 : 2019. Langkah – langkahnya adalah sebagai berikut : (SNI 1726:2019, 2019)

a) Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa

Pada setiap kategori bangunan harus dikenal masuk dalam salah satu dari 4 kategori gedung tersebut pada SNI-1726: 2019 untuk berbagai kategori gedung dan bangunan yang dipakai menghitung beban gempa nominal ( $V$ ).

**Tabel 2.5** Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

*Sumber : SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*

<b>Jenis pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antarlain:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li><li>➤ Fasilitas sementara</li><li>➤ Gedung penyimpan</li><li>➤ Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li></ul>	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"> <li>➤ Perumahan</li> <li>➤ Rumah toko dan rumahkantor</li> <li>➤ Pasar</li> <li>➤ Gedungperkantoran</li> <li>➤ Gedung apartemen atau rumahsusun</li> <li>➤ Pusat perbelanjaan ataumall</li> <li>➤ Bangunanindustri</li> <li>➤ Fasilitasmanufaktur</li> <li>➤ Pabrik</li> </ul>	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"> <li>➤ Bioskop</li> <li>➤ Gedungpertemuan</li> <li>➤ Stadion</li> </ul>	III

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawatdarurat</li> <li>➤ Fasilitas penitipananak</li> <li>➤ Penjara</li> <li>➤ Bangunan untuk orangjampo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam resiko II yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan gangguan masal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasiuntuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pusat pembangkit listrikbiasa</li> <li>➤ Fasilitas penanganan air</li> <li>➤ Fasilitas penanganan limbah</li> <li>➤ Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kedalam resiko II (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk manufaktur, proses penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak)</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bangunan-bangunan monumental</li> </ul>	IV

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>➤ Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>➤ Fasilitas pemadam kebakaran, ambulan, dan kantor polisi serta garasi kendaraan darurat</li> <li>➤ Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin, badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>➤ Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>➤ Struktur tambahan termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air, pemadam kebakaran yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang termasuk kedalam kategori resiko II</p>	
--	--

**Tabel 2.6** Faktor Keutamaan Gempa

*Sumber : SNI-1726-2019 tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.*

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

b) Klasifikasi Situs Untuk Desain Seismik

Perumusan kriteria desain seismik bangunan gedung di permukaan tanah atau dalam penentuan amplifikasi, Besaran percepatan gempa tertinggi dari batuan dasar ke permukaan tanah suatu lokasi, maka diperlukan pengklasifikasian terlebih dahulu pada lokasi tersebut.

**Tabel 2.7** Klasifikasi Situs Desain Seismik

*Sumber : SNI-1726: 2019 tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.*

Kelas Situs	$V_s$ (m / detik)	$N$ atau $N_{ch}$	$S_u$ (kPa)
SA (Batuan keras)	> 1500	N / A	N / A
SB (Batuan)	750 – 1500	N / A	N / A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	> 50	$\geq 100$
SD (Tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
	< 175	< 15	< 50

SE (Tanah lunak)	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. kadar air, <math>W \geq 40\%</math></li> <li>3. kekuatan geser niralir <math>S_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki satu atau lebih dari karakteristik berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaks, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>• Lempung sangat organik dan / atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>• Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>• Lapisan lempung lunak / setengah teguh</li> </ul> <p>Dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>S_u &lt; 50</math> kPa</p>

**Catatan :** N / A = Tidak dapat dipakai.

c) Parameter Percepatan Gempa Terpetakan

Parameter  $S_s$  dan  $S_1$  harus ditetapkan masing – masing dari respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

**Tabel 2.8** Koefisien Situs,  $F_a$ 

Sumber : SNI-1726: 2019 tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MC ER) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

**Catatan** : - Untuk nilai – nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

- $SS$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat(6.10.1)

**Tabel 2.9** Koefisien Situs,  $F_v$ 

Sumber : SNI-1726: 2019 tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MC ER) terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

**Catatan** : - Untuk nilai – nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier

- $S_1$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan

analisis respons situs-spesifik, lihat(6.10.1)

d) Parameter Percepatan Spektral Desain

Penentuan kategori desain seismic dapat dilakukan dengan meninjau kategori resiko struktur (I-IV) dan nilai parameter gempa dari situs dimana struktur atau bangunan tersebut akan dibangun, baik pada periode pendek (SDS) maupun perioda 1 detik (SD1). Kategori desain seismic ini akan menentukan tipe struktur yang dapat dipakai yang nantinya berpengaruh pada nilai R (Koefisien Modifikasi Respon) dan pendetailan dari desain struktur tersebut.

Menurut (SNI 1726:2019, 2019) nilai SDS, SD1 dan kategori resiko gedung akan diperoleh dua kategori desain seismic. Nilai yang diambil adalah nilai yang terbesar dari kedua kategori desain seismic tersebut. Nilai tersebut didapatkan harus dari nilai dalam tabel dibawah :

**Tabel 2.10** Kategori Desain Seismic Pada Perioda Pendek

Sumber : SNI 1726 : 2019 Tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung.

Nilai $S_{ps}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 2.11** Kategori Desain Seismic Pada Perioda 1 Detik

Sumber : SNI 1726 : 2019 Tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung.

Nilai $S_{ps}$	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

## 2) Beban Angin (*Wind Load*)

Definisi Beban angin menurut PPPURG 1987 ialah semua bebanyangbekerja pada suatu struktur gedung atau bagian gedung yang diakibatkan oleh adanya perbedaan tekanan udara. (Departemen PU PPPURG 1987,1987)

Penentuan beban angin dapat dilakukan dengan cara menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negative (hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang – bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ .

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

Kecepatan angin rencana umumnya didasarkan untuk periode ulang 50 tahun. Kecepatan angin akan semakin tinggi mengikuti ketinggian struktur bangunan di atas tanah. Tekanan angin yang bekerja pada bangunan gedung dapat ditentukan dan dinyatakan dalam gaya statis ekuivalen.

Dalam memperhitungkan pengaruh dari angin pada struktur bangunan gedung, pedoman yang berlaku di Indonesia mensyaratkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tekanan tiup angin harus diambil minimal  $25\text{kg/m}^2$ .
2. Tekanan tiup angin dilaut dan ditepi laut sampai 5km dari pantai, harus diambil minimal  $40\text{kg/m}^2$ .

Pada SNI 1727: 2020 Beban angin yang dipakai dalam desain SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh kecil dari  $16\text{ lb/ft}^2$  ( $0,77\text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas dinding bangunan gedung dan  $8\text{ lb/ft}^2$  ( $0,38\text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan. Pembebanan ini harus mengikuti parameter yang ditentukan seperti menentukan beban angin SPBAU berdasarkan SNI 1727: 2020

- a) Tentukan kategori resiko Gedung atau strukturlain.
- b) Tentukan kecepatan angin dasar(V)
- c) Tentukan parameter beban angin

- Faktor arah angin( $K_d$ )

**Tabel 2.12** Faktor Arah Angin ( $K_d$ )

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin $K_d$
Bangunan Gedung Sistem penahan beban angin utama Komponen dan klading bangunan gedung	0,85 0,85
Atap lengkung	0,85
Cerobong asap, tangki, dan struktur yang sama Segi empat Segi enam Bundar	0,90 0,95 0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka sisi	0,85
Rangka batang Menara Segi tiga, segi empat, persegi Panjang Penampang lainnya	0,85 0,95
<b>Catatan</b> : Faktor arah $K_d$ telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.	

- Kategori exposure

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, exposure lawan angin didasarkan pada kekerasan permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi dan fasilitas dibangun.

- Faktor Topografi

Efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam topografi umum, terletak dalam setiap kategori exposure, harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin bila kondisi bangunan gedung dan kondisi lokasi struktur memenuhi.

Persamaan :

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

Dimana untuk :  $K_1$  = ditentukan dari tabel berikut

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right)$$

$$K_3 = e^{-\gamma z/L_h}$$

**Tabel 2.13** Parameter Untuk Peningkatan Kecepatan Angin

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Parameter untuk peningkatan kecepatan angin di atas bukit dan tebing						
Bentuk bukit	$K_1/(H/L_h)$			$\gamma$	$\mu$	
	Eksposur				Sisi angin datang dari puncak	Sisi angin pergi dari puncak
	B	C	D			

Bukit memanjang 2-dimensi (atau lembah dengan negatif dalam $K_1/(H/L_h)$ )	1,30	1,5	1,55	3	1,5	1,5
Tebing 2-dimensi	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4
Bukit simetris 3-dimensi	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5

**Tabel 2.14** Pengali Topografi

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Pengali topografi untuk eksposur C										
$H/L_h$	Pengali $K_1$			$x/L_h$	Pengali $K_2$		$z/L_h$	Pengali $K_3$		
	Bukit 2-D	Tebing 2-D	Bukit 3-D		Tebing 2-D	Seluruh kasus lainnya		Bukit 2-D	Tebing 2-D	Bukit 3-D
0,20	0,29	0,17	0,21	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
0,25	0,36	0,21	0,26	0,50	0,88	0,67	0,10	0,74	0,78	0,67
0,30	0,43	0,26	0,32	1,00	0,75	0,33	0,20	0,55	0,61	0,45
0,35	0,51	0,30	0,37	1,50	0,63	0,00	0,30	0,41	0,47	0,30
0,40	0,58	0,34	0,42	2,00	0,50	0,00	0,40	0,30	0,37	0,20
0,45	0,65	0,38	0,47	2,50	0,38	0,00	0,50	0,22	0,29	0,14
0,50	0,72	0,43	0,53	3,00	0,25	0,00	0,60	0,17	0,22	0,09
				3,50	0,13	0,00	0,70	0,12	0,17	0,06
				4,00	0,00	0,00	0,80	0,09	0,14	0,04
							0,90	0,07	0,11	0,03
							1,00	0,05	0,08	0,02
							1,50	0,01	0,02	0,00
							2,00	0,00	0,00	0,00

**Catatan :**

1. Untuk nilai-nilai  $L_h, x/L_h, z/L_h$  selain dari yang diperlihatkan, diperkenankan interpolasi linier.
2. Untuk  $H/L_h > 0,5$ , asumsikan  $H/L_h = 0,5$  untuk menghitung  $K_1$  dan anggap  $L_h$  dengan untuk menghitung  $K_2$  dan  $K_3$ .
3. Pengali didasarkan pada asumsi bahwa angin menuju bukit atau tebing sepanjang arah kelandaian maksimum.
4. Notasi :

$H$  = Tinggi bukit atau tebing relative terhadap elevasi kawasan di sisi angin datang (*upwind*), dalam feet (meter).

$L_s$  = Jarak horizontal pada sisi angin datang (*upwind*), dari puncak bukit atau tebing sampai setengah tinggi bukit atau tebing, dalam feet (meter).

$K_1$  = Faktor untuk memperhitungkan bentuk fitur topografis dan pengaruh peningkatan kecepatan angin maksimum.

$K_2$  = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan jarak ke sisi angin datang atau ke sisi angin pergi dari puncak.

$K_3$  = Faktor untuk memperhitungkan reduksi dalam peningkatan kecepatan sehubungan dengan ketinggian di atas elevasi kawasan setempat.

$x$  = Jarak (di sisi angin datang atau sisi angin pergi) dari puncak ke lokasi gedung, dalam feet (meter).

$z$  = Ketinggian di atas elevasi tanah setempat, dalam feet (meter).

$\mu$  = Faktor atenuasi horizontal.

$\gamma$  = Faktor atenuasi ketinggian.

berdasarkan klasifikasi ketertutupan dari table berikut:

**Tabel 2. 15** Koefisien Tekanan Internal ( $GC_{pi}$ )

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

**Tabel 26.13-1 - Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ ), untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka sebagian, dan bangunan terbuka (dinding dan atap)**

Klasifikasi ketertutupan	Kriteria untuk klasifikasi ketertutupan	Tekanan internal	Koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ )
Bangunan tertutup	$A_o$ kurang dari terkecil $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan tertutup sebagian	$A_o > 1,1A_{oi}$ dan $A_o >$ terkecil dari $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Tinggi	- 0,55 - 0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

**CATATAN**

1. Tanda plus dan minus menandakan tekanan yang bekerja ke arah dan menjauh dari permukaan dalam, masing-masing.
2. Nilai ( $GC_{pi}$ ) harus digunakan dengan  $q_z$  atau  $q_h$  seperti yang disyaratkan.
3. Dua kasus harus diperhitungkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
  - a. Nilai positif ( $GC_{pi}$ ) diterapkan pada semua permukaan dalam, atau
  - b. Nilai negatif ( $GC_{pi}$ ) diterapkan pada semua permukaan dalam.

**Tabel 2.16** Koefisien Eksposur Tekanan Velocitas

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

**Tabel 26.10-1 - Koefisien eksposur tekanan kecepatan,  $K_z$ , dan  $K_x$**

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0 – 15	0 – 4,6	0,57 (0,70) <sup>a</sup>	0,85	1,03
20	6,1	0,62 (0,70) <sup>a</sup>	0,90	1,08
25	7,6	0,66 (0,70) <sup>a</sup>	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,12
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

<sup>a</sup>Gunakan 0,70 pada Pasal 28, Eksposur B, apabila  $z < 30$  ft (9,1 m).

**Catatan**

- Koefisien eksposur tekanan kecepatan  $K_z$  dapat ditentukan dari rumus berikut:  
 Untuk  $15$  ft (4,6 m)  $\leq z \leq z_g$   $K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$   
 Untuk  $z < 15$  ft (4,6 m)  $K_z = 2,01(15/z_g)^{2/\alpha}$
- $\alpha$  dan  $z_g$  ditabulasi dalam Tabel 26.11-1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah dari tinggi  $z$  boleh dilakukan.
- Kategori eksposur didefinisikan pada Pasal 26.7.

**Tabel 2.17** Koefisien Tekanan Dinding

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Koefisien tekanandinding, $C_p$			
Permukaan	$L/B$	$C_p$	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin Datang	Seluruh nilai	0,8	$q_z$
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	$q_h$
	2	- 0,3	
	$\geq 4$	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	$q_h$

**Tabel 2.18** Koefisien Tekanan Atap

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Koefisien tekanan atap, $C_p$ , untuk digunakan dengan $q_h$												
Arah angin	Di sisi angin datang									Di sisi angin pergi		
	Sudut, $\theta$ (derajat)									Sudut, (derajat)		
	$h/L$	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	$\geq 20$
Tegak lurus terhadap bubungan $\geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,4	0,01 $\theta$	-0,3	-0,5	-0,6
	0,5	-0,9 -0,18	-0,7 -0,18	-0,4 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,2	-0,2 0,3	0,0 0,4	0,01 $\theta$	-0,5	-0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-1,3** -0,18	-1,0 -0,18	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,2	0,0 0,4	0,01 $\theta$	-0,7	-0,6	-0,6
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta < 10^\circ$ sejajar bubungan untuk semua $\theta$	$\leq 0,5$	Jarak horizontal dari tepisisi angin datang		$C_p$		* Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi ** Nilai dapat direduksi secara linier dengan luas yang sesuai berikut ini:						
		0 – h/2		-0,9, -0,18								
		h/2 – h		-0,9, -0,18								
		h – 2h		-0,5, -0,18								
	$\geq 1,0$	0 – h/2		-1,3**, -0,18		Luas (ft <sup>2</sup> )		Faktor reduksi				
				$\leq 100$ (9,3 m <sup>2</sup> )		1,0						
> h/2		-0,7, -0,18		250 (23,2 m <sup>2</sup> )		0,9						
						$\geq 1000$ (92,9 m <sup>2</sup> )		0,8				

g) Hitung tekanan angin,  $p$ , pada setiap permukaan bangunan gedung

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (lb/ft}^2 \text{) (N/m}^2 \text{)}$$

Keterangan:

$q = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah

$q = q_h$  untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian  $h$

$q_i = q_h$  untuk dinding sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negative pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif

$G$  = Faktor efek-tiupan angin

$C_p$  = Koefisien tekanan eksternal

$G C_{pi}$  = Koefisien tekanan internal

### 3) Beban Tanah dan Tekanan Hidrostatik

#### a. Tekanan Tanah Lateral

Definisi tekanan tanah lateral ialah gaya yang terjadi akibat adanya gerak dorong tanah terhadap struktur penahan tanah dalam arah lateral atau horizontal. Oleh karenanya, pemilihan jenis struktur yang akan menerima gaya tersebut harus dibuat (didesain) sesuai dengan ketantuan dan persyaratan yang ada, sehingga struktur

dapat menahan gaya tekanan dengan baik dan tidak mengalami kegagalan. (Ir. Hanafiah H. Z. et al., 2020)

Berikut merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tegangan tanah lateral diantaranya yaitu :

1. Besaran nilai koefisien tegangan lateral dalam keadaan diam ( $K_0$ ).
2. Besaran nilai kohesi pada tanah.
3. Besarnya pembebanan yang dapat mempengaruhi struktur.

b. Gaya Angkat pada Lantai dan Pondasi

Pada perencanaan basemen dan elemen – elemen struktur yang hampir horizontal sejenis lainnya yang terdapat pada bawah permukaan tanah, tekanan air ke atas, jika ada, maka harus diambil sebesar tekanan hidrostatis penuh dan diaplikasikan pada seluruh luasan. Besarnya tekanan hidrostatis harus diukur dari bawah struktur.

Berikut persyaratan yang dipakai berdasarkan (SNI 1727:2020, 2020) antara lain :

**Tabel 2.19** Beban Tanah Lateral Rencana.

Sumber : SNI - 1727- 2020. Tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

No.	Uraian material timbunan	Klasifikasi jenis tanah	(kN/m <sup>2</sup> per meter kedalaman)
1	Bergradasi baik, kerikil bersih, campuran pasir dan kerikil	GW	35 (5,50) <sup>b</sup>
2	Kerikil bersih bergradasi buruk, campuran pasir kerikil	GP	35 (5,50) <sup>b</sup>

3	Kerikil mengandung lanau, campuran pasir-kerikil bergradasi Buruk	GM	35 (5,50) <sup>b</sup>
4	Kerikil mengandung lempung, campuran lempung dengan kerikil bergradasi buruk	GC	45 (7,07) <sup>b</sup>
5	Bergradasi baik, pasir bersih ; campuran pasir kerikil	SW	35 (5,50) <sup>b</sup>
6	Pasir bersih bergradasi buruk ; campuran kerikil pasir	SP	35 (5,50) <sup>b</sup>
7	Pasir berlanau, campuran lanau – pasir bergradasi buruk	SM	45 (7,07) <sup>b</sup>
8	Campuran lempung lanau-pasir dengan plastik halus	SM – SC	85 (13,35) <sup>b</sup>
9	Pasir berlempung, campuran lempung – pasir bergradasi buruk	SC	85 (13,35) <sup>b</sup>
10	Lanau inorganik dan lanau Lempung	ML	85 (13,35) <sup>b</sup>
11	Campuran lanau inorganik dan Lempung	ML – CL	85 (13,35) <sup>b</sup>
12	Lempung inorganik dari plastisitas sedang-rendah	CL	100 (15,71) <sup>b</sup>
13	Lanau organik dan lanau-lempung, plastisitas rendah	CL	D
14	Lanau lempung inorganik, lanau Elastic	MH	D
15	Lempung inorganik plastisitas Tinggi	CH	D
16	Lempung organik dan lempung Lanau	CH	D

**Catatan :**

- Beban tanah lateral untuk tanah yang ditentukan diberikan untuk kondisi lembap pada kepadatan optimum. Kondisi aktual lapangan yang menentukan. Tekanan tanah yang terendam air atau yang jenuh harus menggunakan berat tanah yang berkurang karena gaya apung ditambah beban hidrostatik.
- Untuk dinding yang relatif kaku, karena menyatu dengan lantai, beban tanah lateral rencana untuk tanah tipe kerikil dan pasir harus ditambah menjadi 60 psf (2,87 kN/m<sup>2</sup>) per foot (meter) kedalaman. Dinding basement dengan kedalaman tidak lebih dari 8 ft (2,44 m) di bawah muka tanah dan memikul sistem lantai ringan tidak dianggap sebagai dinding relatif kaku.
- Untuk dinding yang relatif kaku, karena menyatu dengan lantai, beban tanah lateral rencana untuk tanah lumpur dan lempung harus ditambah menjadi 100 psf (4,79 kN/m<sup>2</sup>) per foot (meter) kedalaman. Dinding base dengan kedalaman tidak lebih dari 8 ft (2,44 m) di bawah muka tanah dan memikul sistem lantai ringan tidak dianggap sebagai dinding relatif kaku.
- Tidak cocok sebagai material timbunan.

**2.2.4 Kombinasi Pembebanan Pada Struktur Portal**

Kombinasi pembebanan ialah beban – beban yang digabungkan dan dipehitungkan dengan faktor reduksi dari masing – masing beban itu sendiri. Struktur dan komponennya harus direncanakan sampai semua penampangnya mempunyai kuat rencana minimum yang sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi pembebanan standar yang dipakai yaitu (SNI 1727:2020) yang mengacu pada persyaratan beton struktural bangunan gedung pada (SNI 2847:2020, 2020).

Struktur bangunan diharuskan mampu memikul berbagai

macam kombinasi pembebanan (*load combination*) yang mungkin terjadi supaya memastikan bahwa struktur bangunan gedung dapat bertahan selama umur rencana. Beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan, dapat berupa kombinasi dari beberapa kasus beban (*load case*) yang terjadi secara bersamaan.

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

1. Kombinasi Pembebanan Tetap

Pada kombinasi ini, beban yang harus diperhitungkan bekerja pada struktur adalah (SNI 1727-2020).

2. Kombinasi Pembebanan Sementara

Pada kombinasi ini, beban yang harus diperhitungkan bekerja pada struktur adalah (SNI 1727-2020).

Dalam menganalisis struktur, perlu memperhitungkan juga analisis momen torsi atau puntir ( $T_u$ ), momen lentur ( $M_u$ ), gaya normal ( $P_u$ ), dan gaya geser ( $V_u$ ), yang terjadi pada elemen – elemen struktur.

Kuat perlu ( $U$ ) adalah kekuatan suatu komponen stuktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi seperti yang ditetapkan dalam tata cara (SNI 1727-2020).

Kekuatan perlu ( $U$ ) harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan (1) sampai (7). Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa (beban  $S$  (salju) dalam

persamaan di bawah dihapus karena tidak relevan, lihat Daftar Deviasi).

Berikut adalah persamaan kombinasi pembebanan yang mengacu dan sesuai pada SNI 1727 – 2020 :

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

Dimana simbol (notasi) :

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| $\rightarrow(D) = \text{Beban mati}$  | $\rightarrow (R) = \text{Beban hujan}$ |
| $\rightarrow(L) = \text{Beban hidup}$ | $\rightarrow (Lr) = \text{Beban atap}$ |
| $\rightarrow(E) = \text{Beban gempa}$ | $\rightarrow (S) = \text{Beban salju}$ |
| $\rightarrow(W) = \text{Beban angin}$ |  |

### 2.2.5 Dasar Perhitungan dan Pembebanan Rencana

Dasar struktur ialah bagian dari seluruh rangkaian proses perencanaan bangunan gedung. Pada proses desain tersebut merupakan perpaduan antara sains dan seni yang pada pengerjaannya membutuhkan keahlian dalam mengolahnya. Proses ini dibagi ke dalam dua bagian:

#### a. Tahap pertama

Pada tahap ini merencanakan desain umum sebagai gambaran secara garis besar keputusan daerah. Dan biasanya merencanakan mengenai tipe struktur yang dipilih, penataan posisi (letak) struktur, bentuk (geometri) bangunan, jarak antar kolom, elevasi tiap lantai, dan bahan

bangunan (material) yang kemudian ditetapkan dengan pasti pada tahap ini.

b. Tahap kedua

Pada tahap ini merencanakan desain terkecil yang merupakan penggambaran secara mendetail dari desain umum, pada tahap ini meninjau tentang penentuan penampang melintang balok, kolom, tebal pelat, dan elemen struktur lainnya.

Struktur bangunan dengan menggunakan struktur beton bertulang harus berpedoman pada peraturan yang berlaku. Pada penelitian ini, pedoman yang digunakan untuk struktur bangunan menggunakan beton bertulang ialah SNI 2847 – 2019. Berikut ini merupakan dasar perencanaan elemen struktur beton bertulang menurut SNI 2847 – 2019:

#### **2.2.5.1 Struktur Atas (*Upper Structure*)**

Struktur atas ialah elemen bangunan yang terletak diatas permukaan tanah. Diantaranya yaitu: atap, plat lantai, kolom, balok, dan portal. (Jeffri Harjawinata, 2014)

a. Atap

Atap merupakan elemen struktur yang dapat melindungi bangunan beserta apa yang berada di bawahnya dari pengaruh cuaca, baik hujan ataupun panas. Bentuk dari atap dapat dipengaruhi beberapa faktor diantaranya yaitu: iklim, model bangunan, arsitektur, dan lain sebagainya dan biasanya atap didesain serasi dengan rangka bangunan atau bentuk daerahnya guna menambah nilai estetika dan harga dari bangunan tersebut. (Jeffri Harjawinata, 2014)

## b. Pelat

Pelat ialah panel – panel beton bertulang yang tulangnya memiliki tukanan dua arah atau hanya satu arah, tergantung dari sistem strukturnya. (Nawy, 1985)

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur, harus didesain dan direncanakan sampai mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi deformasi atau defleksi yang dapat mengurangi kemampuan layan struktur, ataupun memperlemah kekuatan struktur. (SNI 2847: 2019, 2019)

Kelanjutan dari beban pada penulangan pelat diteruskan ke balok dan disalurkan ke kolom. Dengan demikian sistem pelat secara keseluruhan menjadi satu kesatuan membentuk kerangka struktur bangunan kaku statis tak tentu yang kompleks. Sehingga perilaku masing – masing komponen struktur dipengaruhi oleh hubungan kaku komponen satu dengan komponen yang lainnya.

Berdasarkan perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Antara lain sebagai berikut:

### 1. 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. (Nawy, 1985)

Menurut (SNI 2847:2019, 2019) untuk tebal minimum yang ditentukan dalam tabel di bawah berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Bila lendutan harus dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metoda atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur. Dengan kata lain, jika nilai  $L_y/L_x > 2$  maka pelat dianggap sebagai pelat satu arah.

Untuk memudahkan perancangan akan digunakan tabel dari grafik dan hitungan beton bertulang berdasarkan (SNI 2847:2019, 2019) yaitu:

- Menentukan tebal pelat minimum pelat(h)

**Tabel 2.20** Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Sumber : SNI 2847 : 2019 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung

Tebal Minimum, h				
Komponen Struktur	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu Arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8
<p><b>Catatan :</b></p> <p>Panjang bentang dalam (mm)</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan Mutu 420 MPa.</p> <p>Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :</p> <p>a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 kg/cm<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan (1,65 - 0,000 <math>w_c</math>) tetapi tidak kurang dari 1,09.</p> <p>b. Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya dikalikan dengan (0,4 + <math>f_y/700</math>).</p>				

Bila nilai kekakuan tidak dihitung dengan cara analisis yang lebih mendetail dan teliti, maka besarnya lendutan seketika akibat pembebanan harus dihitung dengan menggunakan nilai modulus elastisitas beton  $E_c$  dan dengan momen inersia efektif  $I_e$  berikut, tapi tidak lebih besar dari  $I_g$ . (SNI 2847:2013, 2013)

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

Dimana,  $M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$  dan  $f_r = 0,6\lambda\sqrt{f'_c}$

➤ Menghitung pembebanan

Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.

Jika ada beban mati dan beban hidup, maka :

$$QU = 1,2QD + 1,6Q \dots \dots \dots (\text{dalam kN/m})$$

Jika ada beban mati saja, maka:

$$QU = 1,4QD \dots \dots \dots (\text{dalam kN/m})$$

➤ Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) baik dengan cara tabel atau analisa sebagai alternatif, untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulangan di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya – gaya dalam satu arah, selama:

- Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua
- Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2m.
- Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata.
- Beban hidup persatuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan Panjang
- Komponen struktur adalah prisma

➤ Perkiraan tinggi efektif (*deff*)

Untuk beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan SNI 2847 : 2019 sebagai berikut:

**Tabel 2.21** Beton Cor Setempat (Non-Prategang)

Sumber : SNI 2847 : 2019 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung

Komponen	Selimut Beton (mm)
a. Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
- Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	40
c. Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah :	
Slab, dinding, balok usuk :	
- Batang tulangan D-44 dan D-57	40
- Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom :	
- Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40

**Tabel 2.22** Beton Cor Setempat (Prategang)

Sumber : SNI 2847 : 2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung

Komponen	Selimut Beton (mm)
a. Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah dan cuaca: - Panel dinding, slab, balok usuk - Komponen struktur lainnya	25 40
c. Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : Slab, dinding, balok usuk Balok, kolom : - Tulangan utama - Pengikat, sengkang, spiral	20 40 25

- Menghitung faktor panjang efektif

$$k = \frac{Mu}{\phi \times bd \times deff^2}$$

dimana,

$k$  = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

$Mu$  = Momen terfaktor pada penampang (kNm)

$\phi$  = Faktor reduksi

$bd$  = Lebar penampang (mm) diambil 1m

$deff^2$  = Tinggi efektif pelat (mm)

- Menentukan rasiopenulangan

$$\rho = \frac{As}{bd}$$

dimana,

$\rho$ = Rasio penulangan

$As$ = Luas tulangan ( $\text{mm}^2$ )

$bd$ = Lebar penampang (mm)

- Memilih tulangan pokok

Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan susut dan suhu berdasarkan pasal 7.12.2.1 (SNI 2847:2019,2019)

Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350.....0,0020
- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420.....0,0018
- Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420M Payang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 %... $\frac{0,0018 \times 420}{F_y}$

Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

## 2. Pelat dua arah

Pelat dua arah ialah pelat yang pada keempat sisinya didukung dengan lendutan yang akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus atau perbandingan antar sisi yang saling tegak lurus yang tidak lebih dari dua. (Nawy, 1985)

Dengan kata lain, jika nilai  $L_y / L_x \leq 2$ , maka pelat tersebut dianggap sebagai pelat dua arah. Untuk memudahkan perancangan akan digunakan tabel dari grafik dan hitungan beton bertulang berdasarkan (SNI 2847:2019, 2019).

**Tabel 2.23** Tebal Pelat Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Sumber : SNI 2847 : 2019 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung

Tegangan leleh $f_y$ (Mpa) <sup>†</sup>	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

**Catatan :**

- Untuk konstruksi dua arah,  $l_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka kemuka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
- † Untuk  $F_y$  antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
- ‡ Panel drop didefinisikan dalam poin 13.2.5. SNI 2847 :2013.
- § Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

## ➤ Menentukan Tebal Minimum Pelat(h)

1. Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$

- Tanpa panel drop = 125mm
- Dengan panel drop = 100mm

2. Untuk  $\alpha_m (0,2 < \alpha_m < 2,0)$  Ketebalan pelat tidak boleh kurang dari 125mm.

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 - 9\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

3. Untuk  $\alpha_m \geq 2,0$ , ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari 90mm.

$$H = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 - 9\beta}$$

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan tidak kurang dari 0,8

atau sebagai alternative ketebalan minimum yang ditentukan Pers. (2) atau (3) harus dinaikan paling tidak 10 % pada panel tepi yang tidak menerus Dimana notasi – notasi adalah:

$h$  = Tebal Pelat

$l_n$  = Panjang bentang bersih dalam arah Panjang diukur muka ke muka balok.

$B$  = Rasio bentang bersih dalam arah Panjang terhadap pendek pelat.

$\alpha_{fm}$  = Nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu pelat.

$\alpha_f$  = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat, yang dibatasi secara lateral oleh garis – garis sumbu tengah dari pelat – pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok nilai rata – rata dari.....  $\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$

$E_{cb}$  = modulus elastis pada beton

$E_{cs}$  = modulus elastis pada pelat.

$I_b$  = Momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencakup pula bagia pelat pada setiapsisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, namun tidak lebih dari empat kali tebal pelat.

$I_s$  = Momen inersia bruto dari penampang 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 sebagai berikut:

- $Mlx^{(+)} = 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 \cdot Clx$
- $Mtx^{(-)} = - 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 \cdot Clx$
- $Mly^{(+)} = 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 \cdot Cly$
- $Mty^{(-)} = - 0,001 \cdot Qu \cdot Lx^2 \cdot Cly$

Dengan :  $Qu =$  Beban Total

$Lx =$  Panjang bentang pendek

$Ctx =$  Koefisien momen tumpuan arah x  $Clx =$

Koefisien momen lapangan arah x  $Cty =$

Koefisien momen tumpuan arah y  $Cly =$

Koefisien momen lapangan arah y

➤ Menentukan tulangan As (luas tulangan) arah x dany

$$\rho = \frac{0,8fy - \sqrt{(0,8fy)^2 - 4(0,4704 \frac{fy^2}{fc}) (\frac{Mu}{bd^2})}}{2 \times (0,4704 \frac{fy^2}{fc})}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left[ \frac{0,85 fc \beta}{fy} \right] \left[ \frac{600}{600 + fy} \right]$$

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

Rasio baja tulangan harus memenuhi syarat

- Jika  $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{maks}$  (maka diambil nilai  $\rho$ )
- Jika  $\rho < \rho_{min}$  (maka  $\rho = \rho_{min}$ ,  $As = \rho_{min} \cdot b \cdot d$ )

- Jika  $\rho > \rho_{maks}$  (maka tebal pelat harus diperbesar setelah didapat nilai  $\rho_{perlu}$ , maka persamaan  $A_s$  menjadi  $A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d$ )
- atau bisa digunakan tulangan rangkap Jarak tulangan pokok (di ambil  $b = 1$  meter)
- Jarak antar tulangan ( $s$ ) = 
$$\frac{\frac{1}{4}d^2 \times b}{A_s}$$

### c. Balok

Balok ialah elemen horizontal atau miring yang memanjang dengan ukuran yang telah direncanakan. Adapun fungsi dari balok yaitu berguna untuk menyalurkan beban dari pelat. Umumnya proses pencetakan balok dilakukan bersamaan dengan pelat lantai, sehingga nantinya akan terbentuk balok penampang T pada balok interior dan balok penampang L pada balok tepi (Setiawan, A. 2016).

Balok merupakan elemen bagian dari struktur suatu bangunan yang kaku yang direncanakan untuk menahan dan menyalurkan beban ke elemen kolom pendukung. Balok juga merupakan bagian terpenting dari struktur bangunan yang bertujuan sebagai pemikul beban yang dapat berupa beban lentur geser, melintang dan torsi. Oleh karenanya, perencanaan balok diharuskan efisien, ekonomis dan aman untuk suatu struktur bangunan, terutama bangunan bertingkat atau bangunan berskala besar. Perencanaan balok meliputi:

- Menentukan tinggi efektif ( $d$ ) dan lebar ( $b$ ) penampang beton  $b = \frac{1}{2} h$

$$d = h - d_c - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan} - \frac{1}{2} \text{Ø sengkang}$$

- Menghitung gaya lintang desain balok

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

- Menghitung momen desain balok maksimum

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

- Menentukan rasio penulangan dan luas tulangan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad \phi = 0,9$$

$$R_n = M_n / b d^2 \quad (b = \text{lebar balok})$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \quad \rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \beta_i \cdot \left( \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600 \times f_c'} \right)$$

- jika  $f_c' \leq 28$  Mpa maka  $\beta_i = 0,85$

- jika  $28 \leq f_c' \leq 56$  maka :

$$\beta_i = 0,85 - \frac{0,85 \times (f_c' - 28)}{7}$$

$$\beta_i = 0,85 - 0,007 (f_c' - 28)$$

- jika  $f_c' > 56$  Mpa maka  $\beta_i = 0,65$

- syarat :

jika  $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$  (maka diambil nilai  $\rho$ )

jika  $\rho > \rho_{\min}$  (maka diambil nilai  $\rho_{\min}$ )

jika  $\rho < \rho_{\min}$  (maka diambil nilai  $\rho_{\min}$ )

jika  $\rho > \rho_{\max}$  (maka diambil nilai  $\rho_{\max}$ )

- sehingga, :

$A_s = \rho \times b \times d$  (maka diambil nilai  $A_{s,\min}$ )

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

- Menghitung kekuatan beton menahan geser  $V_c$  untuk kombinasi gaya geser dan lentur pada balok

$$V_c = \frac{1}{7} \left[ \sqrt{f'} + 120 \cdot \rho_w \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right] b_w \cdot d$$

$$V_c = \phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \right) b_w \cdot d$$

$$\phi = 0,75 \text{ (faktor reduksi geser)}$$

$$V_u \leq 0,5\phi V_c \text{ (maka tidak diperlukan tulangan geser)}$$

$$V_u > 0,5\phi V_c \text{ (maka diperlukan tulangan geser)}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_n = V_c + V_s$$

#### d. Kolom

Kolom merupakan elemen struktur tekan yang juga elemen terpenting dari struktur bangunan sehingga runtuhnya elemen kolom merupakan kondisi kritis yang bisa mengakibatkan robohnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga keruntuhan total suatu bangunan.

Kolom ialah struktur yang menopang beban atap, balok dan pelat yang kemudian diteruskan ke pondasi. Pada struktur, kolom menerima beban vertikal yang besar, oleh karena itu kolom diharuskan kuat menahan beban horizontal bahkan torsi akibat dari pengaruh eksentrisitas pembebanan.

Hal lain yang perlu diamati adalah tinggi kolom rencana, kualitas beton dan baja tulangan yang dipakai, serta eksentrisitas pembebanan yang terjadi dengan kata lain kolom juga diperhitungkan untuk menopang beban aksial atap 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 kolom penampang harus diperbesar atau kualitas beton harus ditingkatkan.

Berikut adalah langkah – langkah perencanaan kolom sesuai SNI 2847 : 2019 :

- Menghitung beban desain kolom

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

- Momen desain kolom maksimum

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

- Nilai eksentrisitas (e) dan Desain Penulangan

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad \rho = \rho' = \frac{A_s}{b \times d}$$

- Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = 0,80 \phi (0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

➤ Akibat keruntuhan tarik

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

➤ Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left( \frac{e}{d-d'} \right) + 0,5} + \frac{A_s' \cdot f_y}{\left( \frac{8 \cdot h \cdot x \cdot e}{d'} \right) + 1,18}$$

**Tabel 2.24** Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

Sumber : SNI 2847 : 2019. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung.

Jenis beton	Tebal selimut beton minimum
a) Beton yang di cor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah.	75 mm
b) Beton yang berhubungan dengan cuaca: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Batang D19 hingga D57</li> <li>- Batang D16 kawat M16 ulir atau polos dan yang lebih kecil.</li> </ul>	50mm 40mm
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Batang tulangan D44 dan D57</li> <li>- Batang tulangan D36 dan yang lebih kecil.</li> </ul>	40mm 20mm
d) Balok, kolom : Tulangan utama, pengikat, sengkang, dan spiral.	40mm

#### e. Portal

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

❖ Portal tak bergoyang ( *braced frame* )

Portal tak bergoyang merupakan 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 tidaksimetris
- beban simetris yang bekerja pada portal yang simetris atau tidaksimetris.

f. Tangga

Melihat fungsi dan kegunaan serta kondisi gedung yang ada, terdapat perbedaan elevasi antar lantai. Oleh karenanya struktur bangunan gedung ini menggunakan tangga sebagai alternatif lain selain lift sebagai transportasi vertikal sekaligus penghubung antar lantai.

Beban yang dihitung antara lain yaitu beban mati dan beban hidup orang untuk lantai hunian. Beban mati dihitung langsung oleh Etabs dengan memasukkan nilai 1 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan (*load case*). Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan adalah :

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL$$

### 2.2.5.2 Struktur Bawah (*Under Structure*)

Maksud dari struktur bawah (*under structure*) ialah bagian bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Kemudian dari pada itu terdapat pondasi, yang mana dapat didefinisikan sebagai suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan berbagai beban bangunan dari atas ke tanah yang mampu mendukungnya. (Jeffri Harjawinata, 2014)

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen pendukung suatu bangunan yang paling bawah dan pada bagian pondasi terdapat telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke dalam tanah, oleh karena itu telapak pondasi diharuskan untuk memenuhi persyaratan-persyaratan supaya mampu menyebarkan berbagai beban yang diteruskan sedemikian rupa sehingga tidak melampaui kapasitas atau daya dukung tanah.

Perlu diperhatikan dalam merencanakan pondasi harus memperhitungkan keadaan yang berhubung atas tanah kuat pada keadaan tertentu.

#### a) Perencanaan Pondasi

Pondasi ialah bagian dari struktur berguna sebagaipenerus beban bangunan ke dalam tanah atau batuan-batuan di bawahnya. Pondasi bisa direncanakan dengan berbagai tipe pondasi, namun pemilihan tipe pondasi harus berdasarkan:

- Besarnya beban dan berat bangunan diatasnya
- Keadaan tanah dilokasi bangunan yang akan direncanakan dan biaya pondasi dibandingkan

dengan bangunan atas.

Tipe pondasi yang digunakan pada perancangan kali ini adalah tipe pondasi *Bored Pile*. Daya dukung dari pondasi *Bored Pile* berdasarkan data sondir dibagi menjadi dua, yaitu daya dukung ujung pondasi dan daya dukung kulit (friction).

Keuntungan dan kerugian penggunaan *bored pile*, antara lain :

Keuntungan pada pemakaian pondasi *bored pile* ini tidak terpengaruhi kondisi tanah lempung serta tidak mengalami pergerakan ke arah samping, walaupun struktur tanah bergelombang.

Kelebihan yang lain dari pondasi *bored pile* ini juga cocok dipakai pada lahan sempit, dikarenakan *bored pile* tunggal bisa digabungkan menjadi tiang kelompok. Kemudian segi diameter dan kedalaman tiang juga bisa direncanakan sesuai dengan kebutuhan. Pada telapak atau bagian dasar pondasi ini juga bisa diperbesar, sehingga bisa mempunyai ketahanan yang besar untuk gaya keatas.

Terlepas dari keuntungan di atas, pondasi *bored pile* juga memiliki kelemahan. Diantaranya saat kondisi cuaca di lokasi kurang mendukung seperti terjadi hujan, maka hal itu bisa menjadikan proses pengeboran serta pengecoran lebih sulit dilakukan. Pemakaian *bored pile* juga akan menyebabkan penurunan kepadatan tanah ketika sedang dilaksanakan proses pengeboran.

Hardiyatmo (2011) menjelaskan langkah –langkah perhitungan kapasitas dukung tiang dari uji kerucut statis (*Cone Penetration Test, CPT*) atau sondir, sebagai berikut:

➤ Kapasitas dukung tiang dalam tanah granuler

- Kapasitas dukung ultimit neto( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = A_b f_b + A_s f_s - W_p$$

Keterangan:

→  $A_b$  = Luas ujung bawah tiang ( $\text{cm}^2$ )

→  $A_s$  = Luas selimut tiang ( $\text{cm}^2$ )

→  $f_b$  = Tahanan ujung satuan ( $\text{kg/cm}^2$ )

→  $f_s$  = Tahanan gesek satuan ( $\text{kg/cm}^2$ )

→  $W_p$  = Berat tiang

➤ Metode Schmertmann dan Nottingham

- Tahanan ujung satuan

$$f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (1500 kN/m}^2\text{)}$$

Keterangan:

→  $\omega$  = Koefisien korelasi yang bergantung pada OCR

→  $q_{ca}$  = Tahanan konus rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

→  $q_{ca} = \frac{1}{2} (q_1 + q_{c2})$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

→  $q_{c1}$  =  $q_c$  rata – rata pada zona 0,1d atau 4d di bawah dasar tiang ( $\text{kg/cm}^2$ )

→  $q_{c2}$  =  $q_c$  rata-rata pada zona 0,8d atau 4d di atas

dasar tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

- Tahanan gesek satuan

$$f_s = K_f q_f$$

Keterangan:

→  $K_f$  = Koefisien tak berdimensi

→  $q_f$  = Tahanan gesek sisi konus (kg/cm<sup>2</sup>)

➤ Metode Mayerhoff

- Tahanan ujung satuan

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca}$$

Keterangan:

→  $q_{ca}$  = rata – rata (kN/m<sup>2</sup>) pada zona 4d dibawah ujung tiang dan 8d diatasnya.

→  $\omega_1 = \{(d + 0,5)/2d\}^n$ ; koefisien modifikasi pengaruh skala, jika  $d > 0,5$  m jika  $d < 0,5$  m,  $\omega_1 = 1$ .

→  $\omega_2 = L/10d$  = koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam palisan pasir padat saat  $L < 10d$ , jika  $L > 10d$ ,  $\omega_2 = 1$ .

→  $d$  = Diameter tiang

→  $L$  = Kedalaman penetrasi tiang di dalam lapisan tanah pasir padat (m).

→  $n$  = Nilai eksponensial

= 1 untuk pasir longgar ( $q_c < 5$  MPa)

= 2 pasir sedang ( $5$  MPa  $< q_c < 12$  MPa)

= 3 untuk pasir padat ( $q_c > 12$  MPa)

- Tahanan gesek satuan

$$f_s = K_f q_f, \text{ dengan } K_f = 1$$

Bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi

konus :  $f_s = K_c q_c$ , dengan  $K_c = 0,005$

Keterangan:

→  $K_f$  = Koefisien modifikasi tahanan gesek sisi  
konus

→  $K_c$  = Koefisien modifikasi tahanan konus

#### b) Kapasitas Dukung Tiang Dalam Tanah Kohesif

Didalam merencanakan pondasi, data tanah sangat diperlukan dalam perencanaan kapasitas daya dukung dari pondasi sebelum pembangunan dimulai. Kapasitas daya dukung ultimit (maksimal) bisa ditentukan melalui persamaan sebagai berikut:

##### ➤ Kapasitas dukung ultimit neto ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b f_b + A_s f_s$$

Keterangan:

□  $A_b$  □ Luas ujung bawah tiang ( $\text{cm}^2$ )

□  $A_s$  □ Luas selimut tiang ( $\text{cm}^2$ )

□  $f_b$  □ Tahanan ujung satuan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

□  $f_s$  □ Tahanan gesek satuan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

##### ➤ Metode Bagemann

- Kapasitas ultimit tiang dinyatakan dalam

persamaan:

$$Q_u = A_b q_c + A_s q_f$$

Keterangan :

→  $A_b$  = Luas ujung bawah tiang ( $\text{cm}^2$ )

→  $A_s$  = Luas selimut tiang ( $\text{cm}^2$ )

→  $q_c = f_b$  = tahanan konus ( $\text{kg/cm}^2$ )

→  $q_f$  = Tahanan gesek sisi konus ( $\text{kg/cm}^2$ )

### c) Kapasitas Daya Dukung Dari Hasil Sondir

Sondir merupakan tes yang sangat sederhana, cepat, ekonomis. Tes sondir dapat dipercaya dan diaplikasikan dilapangan dengan pengukuran secara terus menerus dari permukaan tanahdasar.

CPT (*Cone Penetration Test*) atau sondir ini dapat juga digunakan untuk mengklasifikasikn lapisan tanah dan dapat sebagai bahan perkiraan kekuatan dan karakteristik tanah. Kapasitas daya dukung ultimit bisa dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan kapasitas daya dukung ijin tiang *Square*

*pile*

→ Luas penampang,  $A_p = D \times D$

→ Keliling tiang,  $K_t = 4 \times D$

→  $Q_p = (q_c \times A_p)^{1/3} + (JHL \times Keliling)^{1/5}$

→  $Q_s = K \sigma \tan (0,8 \times \phi) p L'$

→ Daya dukung ultimit,  $Q_{ult} = Q_p + Q_s$

→ Daya dukung ijin,  $Q_a = Q_{ult} / SF$

→ Jumlah tiang =  $P_u / Q_a$

## 2. Efisiensi kelompok tiang

$$Eg = 1 - \theta \times \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \text{dimana } \theta = \text{Arctan} \frac{D}{s}$$

## 3. Daya dukung kelompok tiang, Qpg

$$Qpg = Eg \times \text{jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang}$$

→ Dimana untuk,  $Qpg > Pu$

Keterangan :

- $Q_u$  Ijin = Kapasitas daya dukung ijin
- $Q_c$  =Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi Begemann
- JHL = Jumlah hambatan lekat (total friction)

### d) Faktor aman tiang dari ujisondir

Hasil dari perhitungan kapasitas tiang ultimit ( $Q_u$ ), dihitung nilai kapasitas dukung ijin ( $Q_a$ )dengan cara membagi  $Q_u$ dengan faktor aman ( $F$ )sama dengan 2,5 –3. Nilai  $Q_a$ yang terhitung, kemudian dicek terhadap kekuatan bahan tiang.

**Tabel 2.25** Faktor Aman Tiang Pancang Dari Uji Sondir.

Sumber : SNI 2847 : 2019. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung

Bahan tiang	Faktor aman
Kayu	1,7
Beton pracetak, diameter seragam	2,0
Beton pracetak, diameter diperbesar	2,5

## 2.3 PROGRAM SOFTWARE PENDUKUNG

### 2.3.1 Program *SoftwareAutocad*

*Autocad* merupakan software yang berguna sebagai desain grafis, yang bisa menghasilkan gambar berupa 2 dimensi. *Autocad* memiliki tampilannya yang sederhana dan mudah dipahami. *Software* ini memungkinkan penggunanya dapat menggambar model lebih akurat dan cepat serta efisien. *Autocad* juga biasa dipakai untuk mendesain suatu struktur bangunan serta detail – detail yang diperlukan dalam perencanaan suatu bangunan, dengan penampilan 2 dimensi yang mudah dibaca dan dimengerti. Hasil dari pemodelan *Autocad* juga bisa dengan mudah untuk dicetak.

### 2.3.2 Program *Software Etabs v.18.1.1.*

Program ETABS v.18.1.1. (*Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems*) ialah program pemodelan struktur bangunan yang berguna untuk menganalisa lima jenis perencanaan struktur diantaranya yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang analisis dinding geser, pemakaian program ini bisa diaplikasikan dalam menganalisis struktur terutama untuk bangunan yang relatif tinggi, sangat tepat dan memudahkan bagi pelaku perencana struktur karena ketepatan dari hasil *output* yang tergolong sangat efektif dan efisien dalam proses menganalisisnya dengan hasil akhirnya berupa momen, dan gaya yang terjadi pada struktur bangunan yang direncanakan.

Secara garis besar, perancangan struktur frame dengan ETABS v.18.1.1. yaitu:

1. Menentukan geometri model struktur
2. Mendefinisikan data – data:
  - Jenis dan kekuatan bahan
  - Dimensi penampang elemenstruktur
  - Jenis beban
  - Kombinasi pembebanan
3. Menempatkan (*assign*) data – data yang telah didefinisikan model struktur
  - Data penampang
  - Data beban
  - Memeriksa *input* data
  - Analisa mekanika rekayasa
  - Desain struktur beton sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku diIndonesia.