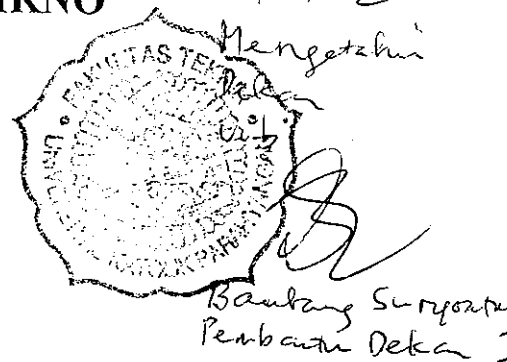


**PERHITUNGAN BANGUNAN BERTINGKAT
BATU BATA BERTULANG
AKIBAT ANGIN DAN GEMPA**

OLEH :

**IR. HANDOYO SOETIKNO
NIK. 410621035**



**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan terwujudnya karya ilmiah ini sebagai salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan jabatan akademik di Fakultas Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Adapun tujuan dari penulisan ini yaitu untuk memberikan sedikit sumbangnan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang Teknik Sipil. Dalam karya ilmiah ini kami berkesempatan membahas “ **Perhitungan Bangunan Bertingkat Batu Bata Bertulang Akibat Angin dan Gempa**”.

Dengan selesainya karya ilmiah ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Ibu Ir. Ny. Winarni Hadipratomo selaku koordinator dan pembimbing yang telah banyak memberikan petunjuk dan bimbingan kepada kami sehingga dapat di selesaikannya karya ilmiah ini.
- Semua pihak yang telah membantu kami baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan serta ketidak sempurnaan dalam penyusunan karya ilmiah ini, namun demikian kami berharap karya ilmiah ini berguna bagi pembaca.

Bandung, 16 Mei 1998

Penulis,



(Ir. Handoyo Soetikno)

DAFTAR ISI

	hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR NOTASI	iii
B A B I. PENDAHULUAN	1
B A B II. PEMBAHASAN TEORI	3
II.1. Pengaruh-pengaruh angin	3
II.1.1. Pengaruh-pengaruh umum	3
II.1.2. Pengaruh-pengaruh kritis	4
II.1.3. Syarat-syarat bangunan untuk angin	8
II.1.4. Pertimbangan-pertimbangan umum	11
II.2. Pengaruh-pengaruh gempa	14
II.2.1. Perencanaan bangunan akibat gempa	14
II.2.2. Peraturan-peraturan yang dibutuhkan	16
II.3. Elemen-elemen dari sistem penahan gaya lateral	20
II.3.1. Diafragma horizontal	21
II.3.2. Diafragma Vertikal	24
B A B III. CONTOH PERHITUNGAN	31
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR NOTASI

GEMPA :

- C = faktor empiris seperti ditetapkan pada bagian 2312 (d).
- C_p = koefisien seperti ditetapkan pada bagian 2312 (g).
- D = lebar bangunan dalam feet sejajar dengan arah gaya gempa.
- F_i = gaya lateral yang digunakan pada tingkat i .
- F_n = gaya lateral yang digunakan pada tingkat n .
- F_p = gaya lateral pada bagian bangunan.
- F_t = gaya lateral bagian dari V yang dikerjakan di puncak bangunan.
- F_x = gaya lateral yang digunakan pada tingkat x .
- g = gaya gravitasi.
- h_i = ketinggian dalam feet dari dasar ke tingkat i .
- h_n = tinggi bangunan dari dasar.
- h_x = ketinggian dalam feet dari dasar ke tingkat x .
- I = faktor yang tergantung penggunaan bangunan pada tabel 23-K
- K = faktor yang tergantung dari sistem penahan lateral struktur.
- L_i = tingkat ke i
- L_m = tingkat yang paling atas.
- M = momen guling.

- n = menunjukkan bagian paling atas dari bangunan.
 N = jumlah tingkat dari dasar sampai tingkat n .
 S = koefisien resonansi tempat bangunan.
 T = waktu getar
 T_s = waktu getar setempat.
 V = gaya lateral total pada tingkat.
 W = beban mati total.
 W_i = bagian dari W di tingkat i .
 W_p = berat dari bagian bangunan.
 W_{px} = berat dari bagian bangunan di tingkat x .
 W_x = bagian dari W di tingkat x .
 Z = koefisien daerah gempa.
 S_i = pembelokkan elastis pada tingkat i .

ANGIN :

- A_g = luas blok beton.
 C = gaya maksimum akibat momen maksimum (= T).
 e = eksentrisitas.
 F = gaya penahan geser horizontal.
 f'_m = $\sqrt{f'_{bk}}$ = tegangan karakteristik beton.
 f_s = ratio kelangsingan.
 f_y = $\sqrt{f'_a} = \sqrt{f'_a}$ = tegangan tarik/tekan baja.
 H = resultante gaya angin total pada bidang.
 h = panjang tekuk.
 I = momen inersia.

- M_t = momen torsi.
- p = tekanan angin rencana; tekanan tanah.
- P = beban aksial.
- P_g = perbandingan luas tulangan dengan luas blok beton.
- t = tebal blok beton, tebal batu bata.
- T = gaya pada ujung jangka.
- \bar{y} = jarak dinding geser ke pusat kekakuan.
- V = gaya maksimum pada dinding geser.
- v = kecepatan angin.
- = tegangan geser pada dinding.

BAB I

PENDAHULUAN

Dewasa ini laju pembangunan semakin cepat, sehingga banyak para ahli juga mulai memikirkan cara mendisain dan menganalisa bangunan dengan mudah dan cepat, antara lain dengan teknologi komputer. Cara tersebut juga diusahakan agar sesederhana mungkin.

Penyederhanaan itu adalah disain dan analisa tekanan angin rencana, perhitungan gaya lateral akibat beban gempa maupun disain konstruksinya. Semuanya ini didasarkan pada asumsi-asumsi yang diperoleh dari kombinasi antara tinjauan teoritis dan pengalaman dari kejadian-kejadian sebelumnya. Asumsi-asumsi di atas menghasilkan cara analisa dalam bentuk statis sederhana yang disebut "Analisa Statis Ekuivalen". Asumsi-asumsi ini dibatasi untuk disain bangunan sederhana.

Adapun yang dimaksud dengan bangunan sederhana adalah bangunan yang mempunyai bentuk sederhana (misalnya kotak, bulat, segibanyak beraturan) atau bangunan bertingkat yang mempunyai sedikit perubahan pada struktur dasarnya.

Metoda penyederhanaan ini memakai peraturan UBC (Uniform Building Code) yang kemudian dibandingkan dengan Peraturan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1981

dan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

Di dalam ini kami hanya membahas simplifikasi disain sistem penahan gaya lateral untuk dinding rangka kayu, dinding geser dari batu bata bertulang, dan konstruksi menara.

BAB II

PEMBAHASAN TEORI

II.1 PENGARUH-PENGARUH ANGIN

Angin adalah udara yang bergerak. Udara mempunyai massa dan kerapatan, dapat bergerak menurut arah dan kecepatan tertentu. Hal ini menimbulkan energi kinetis yaitu $E = \frac{1}{2} m V^2$.

Bila udara yang bergerak ini bertemu dengan sebuah benda yang diam, akan menimbulkan beberapa kombinasi gaya pada benda yang diam itu.

II.1.1. PENGARUH-PENGARUH UMUM

- TEKINAN POSITIF LANGSUNG

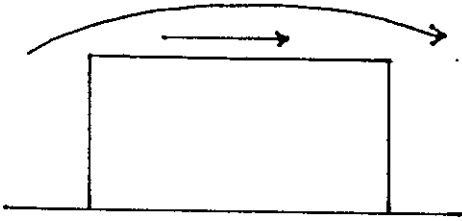
Permukaan yang langsung berhadapan dengan angin dan tegak lurus, langsung menerima pengaruh tumbukan dari massa udara yang bergerak.



TEKANAN POSITIF LANGSUNG.

- ANGIN SERET

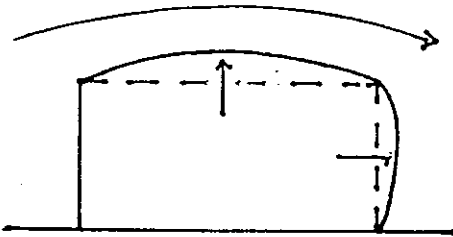
Karena aliran angin tidak berhenti di atas benda yang diam, tetapi mengalir seperti fluida, maka timbul gaya angkat pada permukaan yang sejajar arah angin.³



ANGIN SERET.

- TEKINAN NEGATIF

Pada bagian belakang dari benda (berlawanan dengan arah angin) biasanya terjadi tekanan negatif yang berupa tekanan ke arah ke luar pada permukaan benda.³



TEKANAN NEGATIF.

II.1.2. PENGARUH-PENGARUH ANGIN KRITIS

Berdasarkan ruang lingkup yang kami bahas, beberapa anggapan dibuat sebagai berikut :

- Pada umumnya bangunan-bangunan berbentuk kotak sehingga mengakibatkan respons dinamika udara.

- Pada umumnya bangunan-bangunan adalah tertutup, permukaannya cukup licin terhadap angin.
- Pada umumnya bangunan-bangunan yang bersatu dengan tanah mengakibatkan adanya angin seret pada permukaan tanah.
- Pada umumnya bangunan-bangunan mempunyai kekakuan yang cukup sehingga variasi getaran yang terjadi pada bangunan terbatas.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan ini diperbolehkan penyederhanaan perhitungan angin melalui beberapa variabel yang dirubah menjadi satu konstanta tertentu. Jumlah gaya angin pada bangunan didapatkan dengan tekanan statis ekuivalen, yang dinyatakan dalam bentuk tekanan horizontal pada permukaan yang tegak lurus terhadap arah angin. Tekanan ini mempunyai persamaan dasar untuk energi kinetis dan dinyatakan sebagai³ :

$$p = C.V^2$$

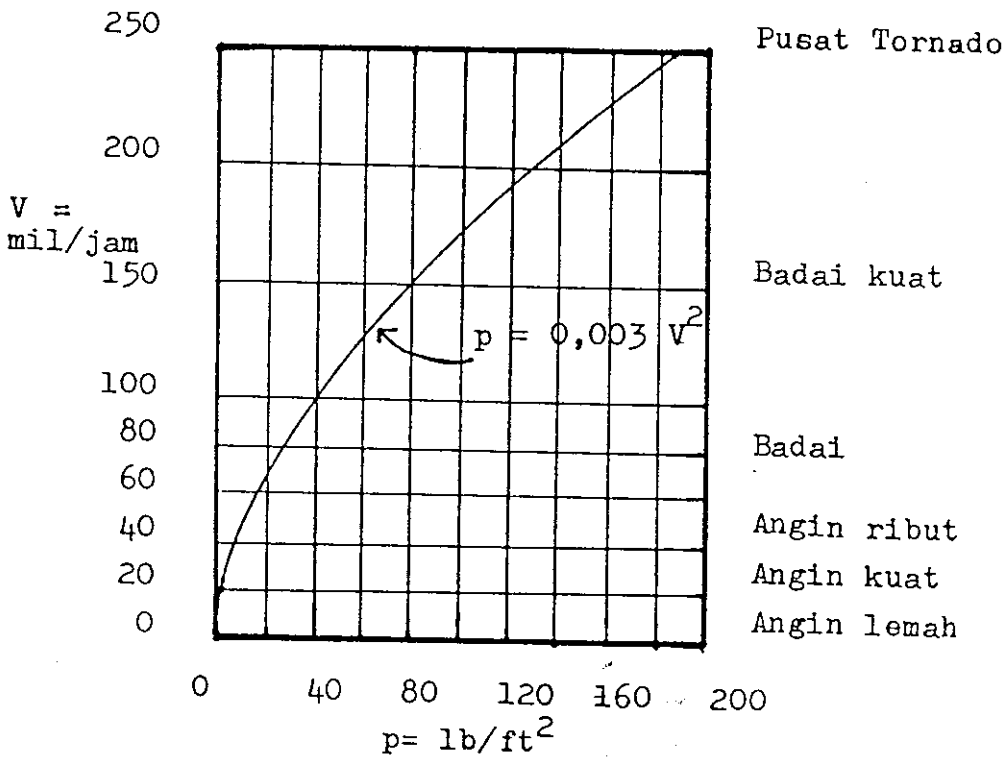
dimana : C merupakan kombinasi penyesuaian untuk massa udara dengan beberapa anggapan di atas.

V merupakan kecepatan angin (mil/jam).

p merupakan tekanan angin dasar (lb/ft²).

Persamaan tidak dimaksudkan untuk mewakili tekanan sebenarnya pada setiap permukaan, tetapi merupakan gaya resultan netto dari kombinasi tekanan positif langsung, tekanan negatif dan angin seret. Untuk bangun-

an-bangunan yang berbentuk kotak dan berukuran sedang dipakai persamaan yang ada pada grafik di bawah ini :



V = kecepatan angin

p = tekanan pada dinding vertikal

Gambar 3.1. Hubungan antara kecepatan angin dan tekanan

Pengaruh-pengaruh angin yang kritis adalah seperti di bawah ini.

- TEKANAN POSITIF PADA DINDING LUAR

Permukaan yang langsung berhubungan dengan angin, di-

rencanakan dengan tekanan rencana maximum, meskipun sebenarnya tekanan positif biasa dihitung hanya $\pm 60\%$ dari gaya total bangunan.⁴

- TEKANAN NEGATIF PADA DINDING LUAR

Pada umumnya peraturan mengharuskan tekanan negatif ini sebagai tekanan rencana maximum, meskipun sebenarnya hanya $\pm 40\%$ dari gaya total pada bangunan.⁴

- TEKANAN PADA PERMUKAAN ATAP

Permukaan yang tidak vertikal biasanya menjadi sasaran baik tekanan positif (ke dalam) maupun tekanan negatif dari angin. Tekanan positif biasanya berhubungan dengan sudut kemiringan atap terhadap horizontal.

Tekanan negatif harus direncanakan sama dengan tekanan keseluruhan pada ketinggian permukaan atap.⁴

- GAYA HORIZONTAL PADA SEKELILING BANGUNAN

Gaya-gaya ini secara keseluruhan sebagai tekanan horizontal pada bangunan sesuai dengan ketinggiannya di atas permukaan tanah. Sistem konstruksi untuk menahan gaya lateral direncanakan dengan gaya ini.

- GESERAN HORIZONTAL PADA BANGUNAN

Bila sistem penahan gaya lateral runtuh, mungkin gaya horizontal dapat menggeserkan bangunan pada fondasinya. Dalam kasus ini beban mati dari bangunan memberikan geseran untuk menahan gaya ini.

- PENGARUH GULING

Seperti pada geseran horisontal, beban mati cenderung menahan bangunan terguling. Dalam praktek akibat guling ini dihitung dalam bentuk bagian-bagian dinding vertikal tersendiri dari sistem penahan gaya lateral untuk bangunan secara keseluruhan.⁴

- PENGARUH DARI BANGUNAN-BANGUNAN YANG TERBUKA

Bentuk bangunan yang terbuka atau bentuk bangunan yang cenderung menampung angin dapat menimbulkan gaya angin yang besar terhadap bangunan. Secara matematika sangat sulit menghitung pengaruh ini kecuali dengan cara pendekatan.

- PENGARUH TORSI

Apabila bangunan tidak simetris pada bidang vertikal yang menerima tekanan angin, maka penahan gaya lateral juga tidak simetris pada bangunan tersebut.

Pengaruh ini dapat menghasilkan puntiran (torsion).

II.1.3. SYARAT-SYARAT BANGUNAN UNTUK ANGIN

Bentuk peraturan bangunan seperti UBC secara teknik kurang tepat karena diambil dari peraturan-peraturan setempat (misalnya negara-negara bagian, kota-kota besar).

Jika angin merupakan pengaruh dominan setempat, maka selain peraturan UBC juga harus dipertimbangkan de-

ngan peraturan setempat itu.

Berikut ini adalah pembahasan dari persyaratan angin dari UBC keluaran tahun 1979.⁶

- PERENCANAAN TEKANAN DASAR

Bagian 2311 (a) dari UBC menetapkan bahwa perencanaan tekanan minimum diambil dari tabel 23 F dari UBC.

Tabel ini menunjukkan bermacam-macam tekanan untuk daerah-daerah bangunan menurut ketinggiannya terhadap tanah. Ini dipakai sebagai perencanaan tekanan horisontal pada bidang yang diproyeksikan tegak lurus pada bangunan sesuai dengan bentuknya.

- GAYA ANGKAT

Bagian 2311 (c) menetapkan bahwa atap dari bangunan tertutup direncanakan dengan gaya angkat sebesar 75 % dari tekanan rencana yang disyaratkan pada ketinggian atap tersebut. Untuk bangunan tak tertutup dan balkon, pilar disyaratkan sebesar 125 % dari tekanan rencana.

- SUDUT DARI ATAP

Bagian 2311 (d) dari UBC menetapkan bahwa sudut atap yang lebih besar dari 30° direncanakan sedemikian rupa sehingga tekanan positif normal pada permukaan sama dengan tekanan rencana pada ketinggian tersebut.

- MENARA-MENARA TERTUTUP

Tabel 23G UBC menetapkan faktor modifikasi untuk menara tertutup yang terdiri dari pengurangan gaya angin

total, yang penampang melintangnya berbentuk lingkaran.

- MENARA-MENARA TERBUKA

Bagian 2311 (g) menetapkan perencanaan struktur yang menggunakan bentuk sebenarnya sehingga faktor bentuk digunakan untuk mengatur gaya angin total pada menara dan berat sendiri menurut bentuknya.

- MOMEN GULING

Bagian 2311 (i) menetapkan bahwa momen guling akibat angin tidak boleh melampaui $2/3$ dari momen akibat beban mati, maka secara teori dipakai faktor keamanan 1,5 untuk melawan guling itu. Syarat penahan momen guling pada perencanaan ditentukan 1,5 kali pengaruh angin sebenarnya. Momen akibat beban mati mengurangi pengaruh guling tersebut, bila terjadi guling disediakan angker pada struktur untuk menahan gaya tersebut. Sistem penahan gaya lateral pada bagian vertikal bangunan selalu diangker secara keseluruhan.

- KOMBINASI ANGIN DAN BEBAN HIDUP

Bagian 2311 (b) menetapkan bahwa beban hidup dimasukkan dalam perhitungan angin dan beban mati untuk perhitungan tekan. Pedoman ini dibuat untuk perencanaan pembebanan pada bermacam-macam keadaan dan masih banyak pula kemungkinan kombinasi beban untuk perencanaan bangunan yang lain. Rangka batang dan portal untuk peninjauan kritis dilakukan secara bagian-bagian dari

keseluruhan. Pengaruh guling dapat diselidiki tanpa beban hidup.

II.1.4. PERTIMBANGAN-PERTIMBANGAN UMUM

Dalam perencanaan bangunan pengaruh angin adalah cukup penting. Lokasi bangunan harus benar-benar dipertimbangkan karena perencanaan variasi tekanan angin dasar dengan faktor sampai 2,5 dari daerah angin rendah menuju daerah angin tinggi.

Pengaruh penting lainnya adalah beban mati dari konstruksi, tinggi bangunan, tipe dan bentuk bangunan seperti bagian-bagian yang terbuka dan bagian-bagian yang tertutup.

Perencanaan bangunan akibat angin dan faktor-faktor di atas adalah sebagai berikut :

- Pengaruh beban mati.

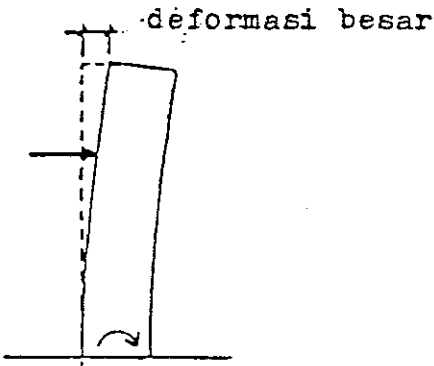
Beban mati bangunan biasanya menguntungkan dalam perencanaan angin karena merupakan faktor stabilitas untuk mengurangi gaya angkat, guling, geseran dan kerusakan akibat getaran.

- Penjangkaran untuk menahan gaya angkat, guling dan geseran.

Hubungan yang umum antara bagian-bagian bangunan dapat dipakai sebagai perantara untuk memindahkan ga-

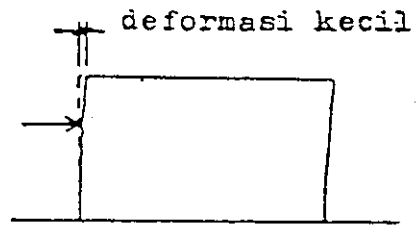


pengaruh aliran angin pada bentuk bangunan



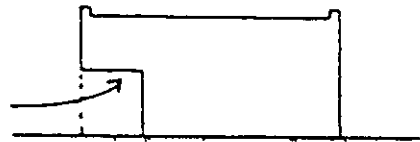
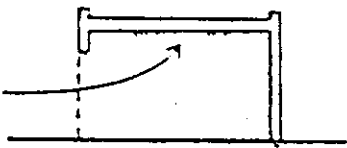
deformasi besar

tahanan untuk menahan gaya angkat

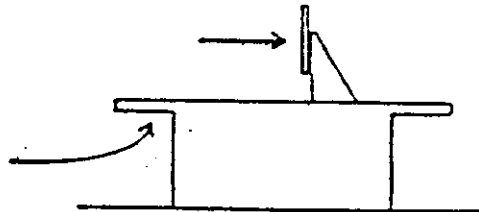
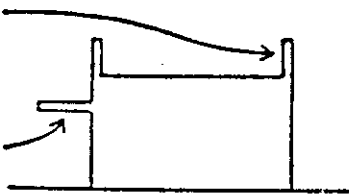


deformasi kecil

tanpa gaya angkat



pengaruh angin pada bagian bangunan yang terbuka



penambahan tekanan pada bagian yang menonjol

3.4 Hubungan bentuk bangunan dan pengaruh angin..

ya angin pada bangunan. Dalam beberapa kasus, seperti pada bagian-bagian bangunan yang ringan, jangkar angin merupakan pertimbangan yang penting.

- Pertimbangan-pertimbangan bentuk kritis⁴.

Beberapa segi dari bentuk bangunan dapat menyebabkan penambahan atau pengurangan akibat beban angin. Beberapa situasi kritis seperti pada gambar sebagai berikut :

1. Bangunan bentuk lengkung atau bundar lebih dapat menahan angin daripada bangunan bentuk kotak dengan permukaan yang datar dan rata.
2. Bangunan tinggi yang ramping adalah kritis untuk guling dan mungkin juga untuk simpangan horizontal pada puncaknya.
3. Bangunan yang mempunyai bagian samping terbuka atau bangunan dengan bentuk menampung angin mengakibatkan gaya angin yang lebih besar daripada perencanaan bangunan biasa.
4. Bangunan-bangunan dengan balkon, kantilever, dinding yang tinggi dan penonjolan-penonjolan bagian bangunan akan menangkap angin dan meningkatkan pengaruh angin seret pada bangunan.

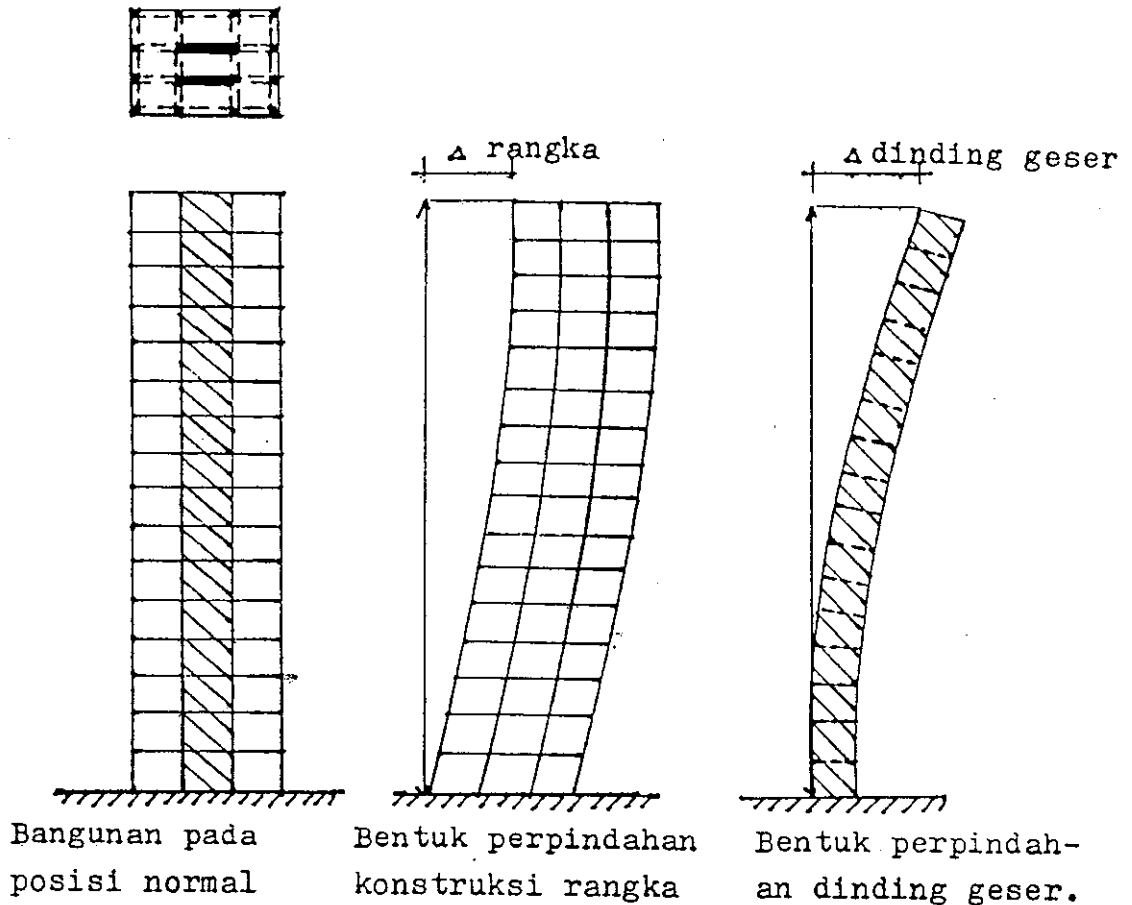
II.2. PENGARUH-PENGARUH GEMPA

Di sini kami tidak menyajikan suatu pembahasan umum dari gempa bumi tetapi mengkhususkan pengaruh gempa bumi terhadap perencanaan struktur pada bangunan-bangunan.

II.2.1. PERENCANAAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA

Selama gempa bumi permukaan tanah dan lapisan-lapisannya bergerak ke segala jurusan. Pengaruh kerusakan yang paling parah pada struktur umumnya disebabkan oleh gerakan-gerakan tadi yang sejajar dengan permukaan tanah. Prinsip dasar perencanaan struktur terhadap gaya-gaya gempa ini disebut sistem penahan lateral pada struktur bangunan. Kegagalan bagaimanapun dalam sistem ini dapat menyebabkan kehancuran bagian utama dari bangunan, termasuk kemungkinan terguling secara keseluruhan. Hal yang harus diingat bahwa bangunan harus tetap tinggal dengan utuh bagaimanapun goncangan-goncangan akibat gempa berpengaruh terhadap seluruh bangunan atau dengan kata lain perencanaan sistem pengikat bangunan secara keseluruhan harus tidak tergoncangkan. Dengan pertimbangan ini berarti bahwa bagian-bagian bangunan yang terpisah harus dibaut tepat satu sama lain. Bagian-bagian dari bangunan ini cenderung bergerak ke

arah yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan tegangan kritis pada sambungan bagian-bagian itu.⁵



Gambar 3.5. Perbedaan kekakuan antara rangka dan dinding

Penyelesaian yang terbaik untuk menyelesaikan sambungan-sambungan yaitu dengan mengingat bahwa tiap bagian (tingkat) tidak terpengaruh dengan pergerakan-pergerakan bagian (tingkat) yang lain. Type hubungan ini disebut perlemahan hubungan.

Perhitungan dan pembagian dari beban lateral akibat beban gempa umumnya serupa dengan perhitungan

gaya-gaya horizontal akibat angin. Didalam beberapa kasus peraturan menyamakan seperti akibat angin.¹

II.2.2. PERATURAN-PERATURAN YANG DIBUTUHKAN UNTUK GEMPA BUMI⁶

Berikut ini adalah suatu pembahasan dari berbagai kebutuhan yang terdapat pada U.B.C. edisi 1979 untuk perencanaan gempa. Bahan utama untuk perencanaan gempa bumi ini diambil dari bagian 2312.

Rumus dasar untuk penentuan dari beban lateral akibat gempa bumi pada bangunan adalah :

$$V = Z.I.K.C.S.W. \text{ dimana :}$$

- Z : mempunyai nilai dari 3/16 sampai 1, tergantung pada daerah (zone) gempa. (lihat peta UBC gambar 1, 2 dan 3)
- I : faktor yang tergantung pada penggunaan bangunan (lihat UBC tabel 23-K)
- K : faktor yang tergantung dari sistim penahan lateral struktur (lihat tabel 23-I)
- C : faktor empiris yang diambil dari hubungan waktu getar alami dengan pengaruh gempa bumi rata-rata seperti pada grafik spektrum. (gambar 4.1)
- S : faktor yang tergantung dari kondisi tanah setempat (dimana mungkin meredam atau memperkuat getaran akibat gempa)

W : berat mati dari bangunan

C diambil dari UBC rumus 12-2 sebagai :

$$C = \frac{1}{15 \sqrt{T}} , \text{ dimana } T \text{ adalah waktu getar alami (dalam detik).}$$

Rumus 12-3A menyatakan T sebagai fungsi tinggi bangunan dengan lebar bangunan dari arah beban lateral, ditulis:

$$T = \frac{0,05 h_n}{\sqrt{D}}$$

Rumus 12-3B menyatakan T sebagai fungsi dari jumlah tingkat dari bangunan, ditulis :

$$T = 0,10 N$$

Rumus 12-3B ini digunakan untuk bangunan-bangunan dimana sistem penahan beban lateralnya terdiri dari rangka kaku yang daktail.

UBC menetapkan bahwa harga C tidak boleh lebih dari 0,12. Dengan memasukkan nilai ini dalam rumus 12-2, kita mendapatkan harga T yang lebih rendah.

$$\text{Jadi } C = \frac{1}{15 \sqrt{T}} = 0,12$$

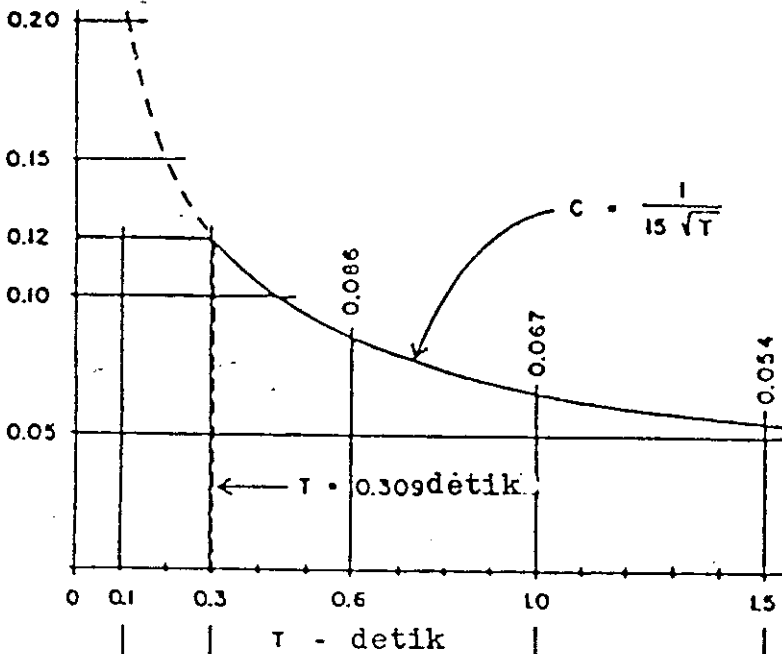
$$\text{Maka } T = \left[\frac{1}{15 \cdot (0,12)} \right]^2 = 0,309 \text{ detik.}$$

Gambar 4.1 memperlihatkan nilai C sebagai fungsi dari T dengan menggunakan UBC rumus 12-2.

Nilai maximum untuk C didapat dengan menyesuaikan nilai akar 0,309 detik untuk T.

Grafik spektrum di bawah ini memperlihatkan beberapa

taksiran dari rumus UBC 12 -3A dan 12 -3B.



N = no. tingkat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D = 30', h _n =	11	33	66							110					131
D = 50', h _n =	14	42	85							141					212
D = 100', h _n =	20	60	120							200					300

T = 0.10 N

T = $\frac{0.05 h_n}{\sqrt{D}}$

3.6 Hubungan antara nilai C dan T.

Perhitungan faktor S memerlukan penentuan waktu getar alami setempat (T_s). Untuk menentukan harga T_s dibutuhkan keterangan keadaan geologi setempat dan perkembangannya. Jika tidak didapat keterangan ini UBC mengijinkan menggunakan nilai maximum yaitu hasil kali nilai C dan S adalah 0,14.

Bagian 2312 (c) dari UBC menetapkan pembagian beban-beban gempa pada bangunan. Rumus 12-5 menetapkan beban gempa total pada bangunan adalah :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i$$

Bagian terakhir dari rumus ini terdiri dari beban-beban yang didapat dari perhitungan normal pada tingkat yang berbeda-beda pada bangunan. F_t adalah tekanan tambahan yang harus dipergunakan pada bagian atas bangunan dan harga ini diperoleh dengan menggunakan rumus 12-6 :

$$F_t = 0,07 T.V.$$

Harga maximum dari F_t adalah 0,25 dan F_t dianggap nol bila T lebih kecil semua dengan 0,7 detik ($T \leq 0,7$ detik). Seperti diperlihatkan pada gambar 4.2. nilai T menjadi lebih tinggi untuk bangunan yang tinggi.

Nilai dari gaya geser lateral setiap tingkat pada bangunan bertingkat digunakan rumus 12-7.

$$F_x = \frac{(V - F_t) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}$$

Gaya geser F_x ini dikerjakan pada daerah bangunan menurut distribusi massa setiap tingkat pada tiap tingkat x yang direncanakan.

Pengaruh momen guling pada bagian-bagian yang terpisah (dinding geser) disalurkan pada dinding itu dengan cara yang sama seperti pembagian gaya geser lateral.

Sub bagian 2312 (g) menetapkan bagian - bagian bangunan harus direncanakan untuk gaya geser lateral sendiri yang dihasilkan dari bagian berat sendiri.

Gaya dihitung dari rumus 12-8 sebagai :

$$F_p = Z.I.C_p.W_p$$

Faktor C_p menggantikan faktor-faktor C , S dan K , sebagaimana dipergunakan dalam beban total untuk bangunan (rumus 12-1). Nilai C_p didapat pada UBC tabel 23-J untuk berbagai jenis bagian-bagian dari bangunan.⁶

II.3. ELEMEN-ELEMEN DARI SISTEM PENAHAN GAYA LATERAL

¹Pada umumnya yang disebut sistem penahan gaya lateral adalah kombinasi dari elemen-elemen horisontal dan elemen-elemen vertikal. Elemen-elemen horizontal ini, misalnya: - Lantai-lantai/atap yang cukup kuat dan kaku.

- Sistem-sistem dek/geladak.

Sedang elemen-elemen vertikal adalah :

- Dinding-dinding geser.
- Rangka kaku.
- Rangka batang penahan momen.

II.3.1. DIAFRAGMA HORIZONTAL¹

Berfungsi mengumpulkan gaya-gaya lateral pada suatu tingkat bangunan, kemudian membagi-bagikan ke bagian-bagian vertikal (kolom, dinding geser) pada sistem penahan lateral.

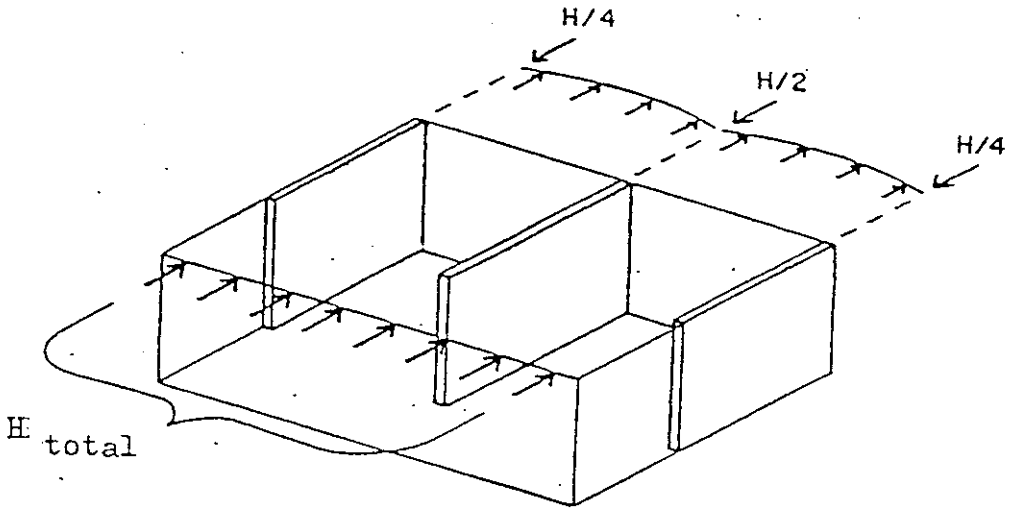
- Kekakuan relatif dari diafragma horizontal

Bila diafragma horizontal ini tidak kaku (lentur), maka pembagian gayanya menurut gambar 3.7 atas, jadi kekakuan tiap-tiap elemen diabaikan. Tapi apabila diafragma horizontal ini cukup kaku, pembagian gayanya berdasarkan perimbangan dari besarnya kekakuan relatif tiap-tiap elemen (gambar 3.7 bawah).

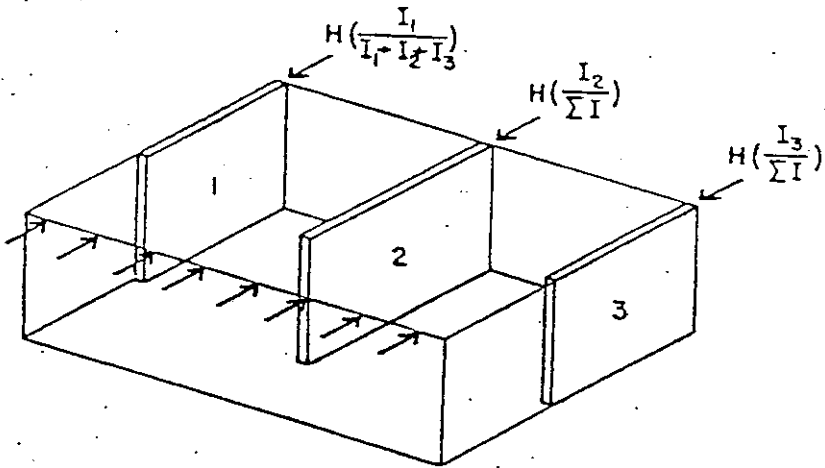
- Pengaruh puntiran (torsion)

Bila pusat massa akibat gaya-gaya lateral dalam diafragma horizontal, maka terjadi pengaruh puntiran (torsion).

Gambar 3.8 memperlihatkan suatu struktur dimana pengaruh torsion ini disebabkan karena tidak simetrisnya elemen-elemen vertikal struktur. Pengaruh ini biasanya berarti hanya bila diafragma horizontal cukup kaku. Secara umum, pelat beton yang dicor adalah sangat kaku, sedang



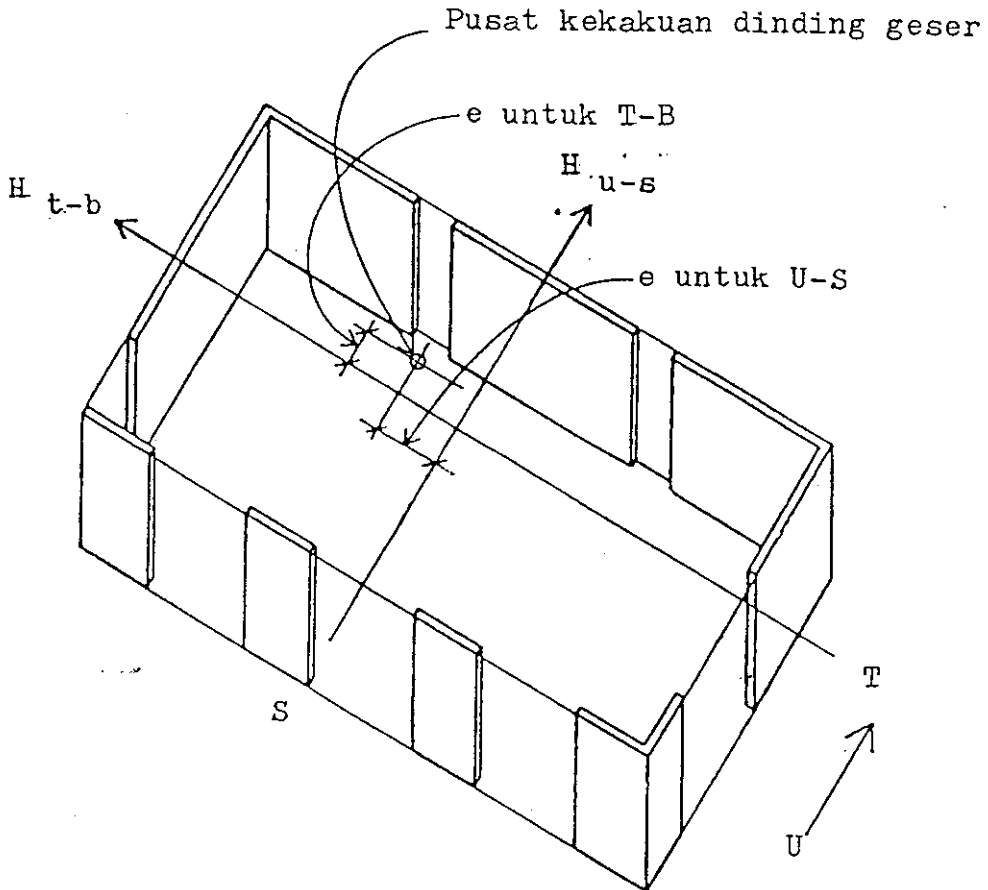
Diafragma horisontal yang fleksibel



Diafragma horisontal yang kaku

3.7 Pembagian beban dari diafragma horisontal.

kayu dan pelat logam cukup fleksibel.



3.8 Pengaruh torsi pada bangunan berbentuk kotak.

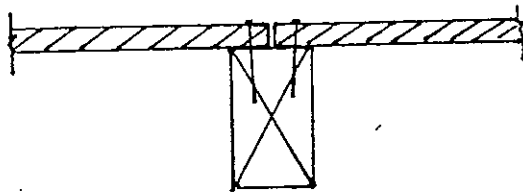
- Kekakuan relatif dari elemen-elemen vertikal

Ketika elemen-elemen vertikal membagi gaya-gaya dari diafragma horizontal, kekakuan relatifnya ditentukan menurut besarnya ukuran dari bagian-bagiannya (gambar 3.7 bawah). Penentuan ini bila hanya bahan dan tipe tiap elemen sama, misalnya dinding-dinding geser yang semuanya terbuat dari beton. Tetapi, bila elemen-

elemen vertikal ini dari bahan yang berbeda, perbandingan kekakuan dari bahannya harus dihitung.

- Penggunaan sendi kontrol

Pada perencanaan gaya-gaya lateral, hal yang penting adalah pengikatan seluruh struktur secara bersamaan agar dihasilkan gerakan kontinuitas keseluruhan. Tetapi, karena bentuk yang tidak simetris atau perbedaan ukuran luas dari sumbu bangunan, diperlukan pemakaian sendi kontrol pada struktur yang terpisah, dimana berfungsi menciptakan kelepasan menyeluruh dengan tujuan menyempurnakan gerakan bebas dari bagian-bagian terpisah dari struktur. Dalam hal ini, sendi kontrol ini dapat mengontrol gerakan-gerakan (perpindahan-perpindahan) dalam satu arah sambil memperoleh perhubungan untuk beban yang pindah dari arah-arah lainnya.



Gambar 3.9. Sendi kontrol antara 2 lembar plywood.

II.3.2. DIAFRAGMA VERTIKAL

Yang berfungsi sebagai diafragma vertikal biasanya adalah dinding-dinding bangunan. Konstruksi din-

dinding geser yang paling umum adalah beton yang dicor dan rangka penahan dari kayu yang cukup kuat dan kaku. Perencanaan dinding geser secara daktail yaitu kemampuan untuk menyerap energi yang besar dalam batas post-elastis, menjadikan dinding geser merupakan struktur yang paling baik sebagai struktur penahan gaya lateral. Dinding geser yang daktail dapat mencegah terjadinya keruntuhan maupun kerusakan pada bangunan akibat angin atau gempa yang kuat.

Beberapa fungsi struktur yang biasanya memakai diafragma vertikal :

- Penahan geser langsung

Terjadi dari perpindahan tekanan lateral pada bidang datar dari beberapa tingkat yang lebih atas ke tingkat yang lebih bawah atau terhadap dasar dinding. Ini menghasilkan macam-macam kondisi gaya geser dengan diagonal tekan dan diagonal tarik yang menyertainya.

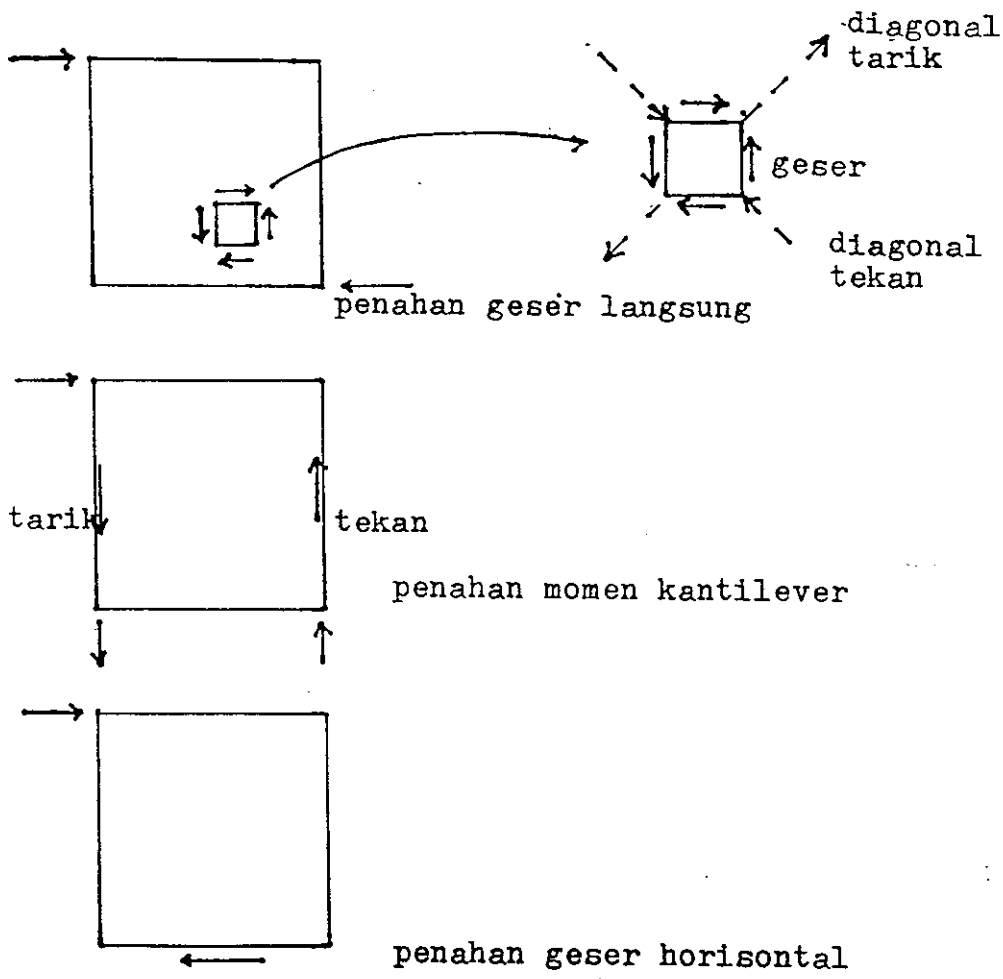
- Penahanan momen kantilever

Dinding-dinding geser umumnya bekerja sebagai kantilever-kantilever vertikal yang menyebabkan gaya tekan pada satu ujung dan gaya tarik pada ujung yang berlawanan dan memindahkan sebuah momen guling ke dasar dinding itu.

- Penahan geser horizontal

Perpindahan langsung beban lateral pada dasar

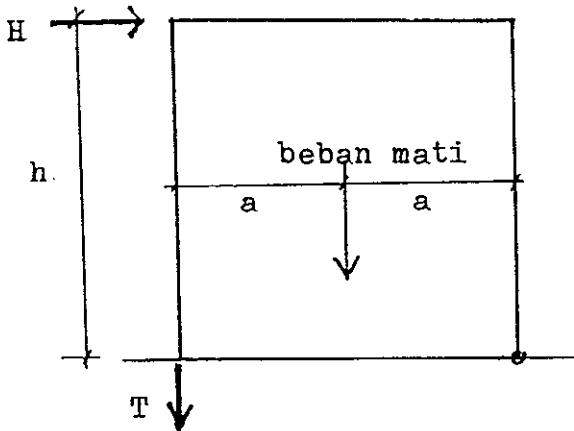
dinding menyebabkan dinding cenderung untuk melepaskan penahan-penahannya secara horizontal.



Gambar 3.10 Fungsi dinding geser.

Pengaruh guling akibat beban-beban lateral harus ditahan oleh faktor keamanan 1,5 (ditetapkan oleh UBC).

Bentuk perhitungan dari pengaruh guling ini diperlihatkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Analisa guling pada dinding geser.

Bila penahan bawah diperlukan, maka diadakan penjangkaran pada bagian-bagian ujung rangka dari dinding. Penahan geser horisontal pada dasar dinding geser biasanya sebagian ditahan oleh geseran yang diakibatkan oleh beban mati bangunan.

Untung dinding-dinding beton dan batu-bata, beban mati biasanya cukup tinggi, sehingga penahan geser cukup. Bila tidak mencukupi maka dipasang jangkar pada ujung-ujung dinding.

Untuk dinding rangka kayu, geseran ini biasanya diabaikan dan baut-baut ambang direncanakan untuk seluruh beban lateral.

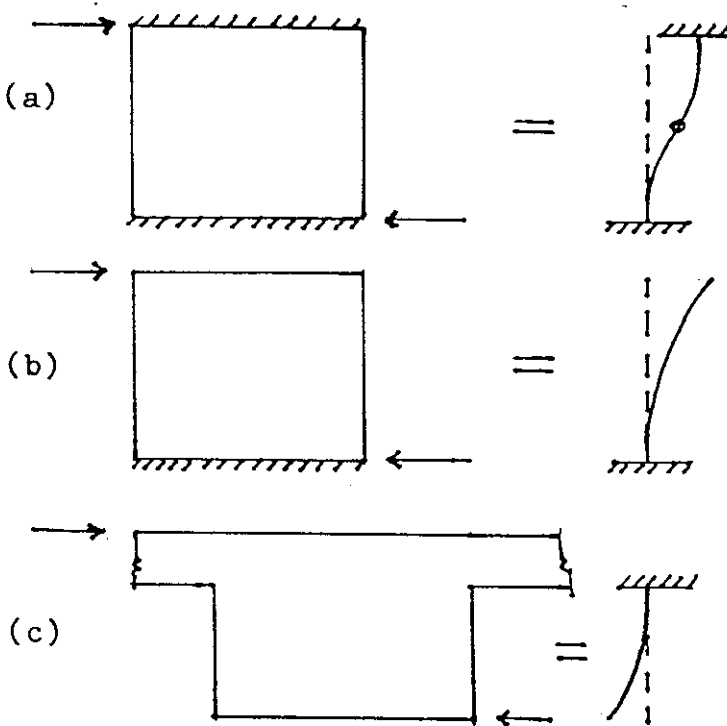
Suatu keputusan penting yang sering dibuat dalam perencanaan beban lateral yaitu cara distribusi dari gaya-gaya lateral terhadap sejumlah dinding-dinding geser pada diafragma horisontal.

Dalam beberapa kasus, kesimetrisan dan fleksibilitas diafragma horizontal dapat disederhanakan, tetapi kekakuan relatif harus ditentukan dengan perhitungan.

Jika persoalan dianggap sebagai beban statis dan kondisi tegangan (regangan) elastis, kekakuan relatif dinding berbanding terbalik dengan lendutan yang dihitung sebagai beban satuan.

Gambar 3.12 memperlihatkan bentuk lendutan dari sebuah dinding geser untuk dua keadaan yang ditinjau. Pada gambar 3.12 (a) dinding dianggap terjepit pada kedua ujungnya dan di tengah tingginya merupakan titik belok. Kasus ini biasanya untuk dinding dari beton atau bagian-bagian dinding yang kaku.

Pada gambar 3.12 (b) dinding terjepit pada dasarnya dan bebas pada ujungnya biasanya untuk dinding yang berdiri bebas atau dinding yang bagian atasnya menerus dan fleksibel. Kemungkinan ketiga diperlihatkan pada gambar 3.12 (c), dimana bagian menerus di atas dinding geser berhubungan monolit dengan pelatnya, sehingga menghasilkan keadaan yang sama seperti (b).



Gambar 3.12 Perletakan dinding geser; (a) atas dan bawah bawah terjepit, (b), dan (c) kantilever.

Dalam beberapa kasus simpangan dari dinding dapat lebih besar penyimpangan yang sebenarnya karena pergeseran dinding. Penyimpangan ini disebabkan oleh bahan-bahan dinding, konstruksi atau perbandingan antara tinggi dan lebar dinding. Peninjauan lebih jauh, kekakuan dalam menahan beban-beban dinamis tidak sama seperti kekakuan dalam menahan beban-beban statis.

Pembahasan di bawah ini dibuat untuk dinding-dinding geser satu lantai.

- Untuk dinding rangka kayu dengan perbandingan antara tinggi dan lebar dinding ≤ 2 . Kekakuan dianggap sebanding dengan lebar dinding.

- Untuk dinding rangka kayu, dinding beton dan batu bata dengan perbandingan antara tinggi dan lebar dinding > 2 . Kekakuan dianggap sebagai fungsi perbandingan tinggi, lebar dan jenis perletakannya (kantilever atas atau bawah yang terjepit). Harga untuk kekakuan dinding dapat dilihat pada tabel "Concrete Masonary Design Manual" pada UBC.
- Menghindarkan keadaan dimana perbedaan yang besar dari kekakuan dinding sepanjang dinding tersebut. Dinding-dinding yang pendek cenderung menerima pembagian beban yang kecil, khususnya jika kekakuan dianggap fungsi dari perbandingan antara tinggi dan lebar dinding.
- Menghindarkan kombinasi dinding-dinding geser dari konstruksi yang berbeda bila dinding-dinding itu membagi beban-beban pada dasar pergeseran.

III.1 CONTOH PERHITUNGAN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT DARI BATU BATA BERTULANG AKIBAT BEBAN ANGIN DAN GEMPA

Suatu struktur bangunan 3 lantai seperti pada gambar 4.21. Sistem penahan lateral terdiri dari dua dinding geser dalam. Pada pembahasan ini dibatasi perencanaan dinding geser dan pondasi.

III.1.1. AKIBAT BEBAN ANGIN

Ditentukan : Angin bertiup dari Utara - Selatan.

Kecepatan angin terbesar = 85 knots

Didapat tekanan angin = 140 kg/m^2

Dari tabel UBC 23-F

Ketinggian bagian I = 9 m, tekanan angin rencana 100 kg/m^2 .

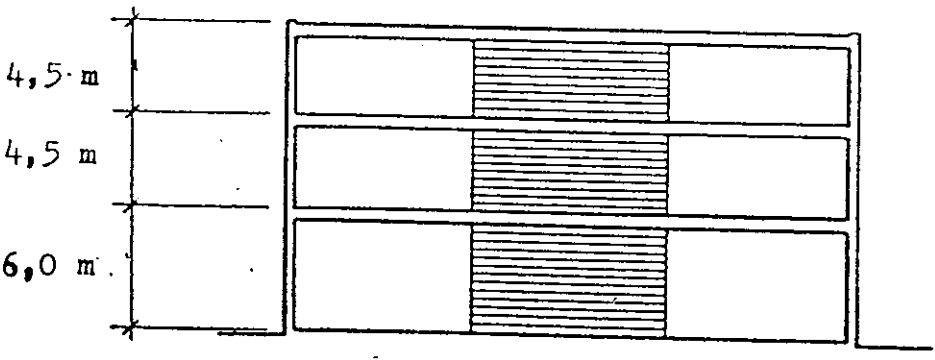
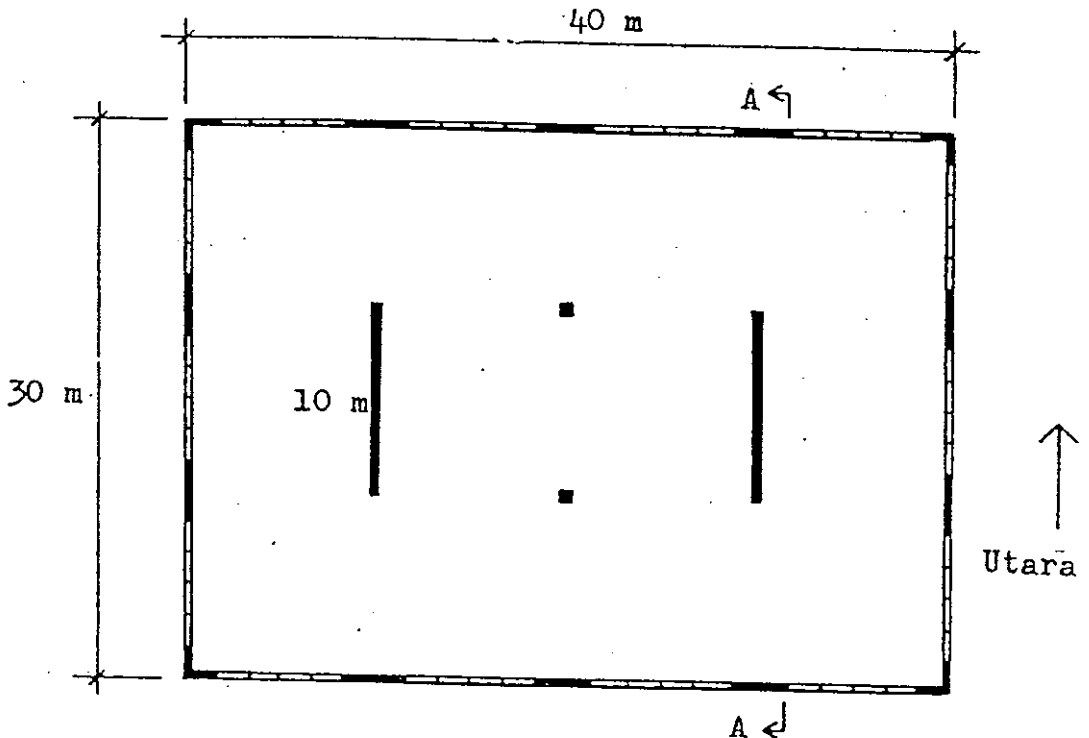
Ketinggian bagian II = 6 m, tekanan angin rencana 140 kg/m^2 .

Menentukan besarnya gaya lateral (lihat gambar 4.22).

$$H_1 \text{ (atap)} = 140 \text{ kg/m}^2 \times 40 \text{ m} \times 2,25 = 12\ 600 \text{ kg.}$$

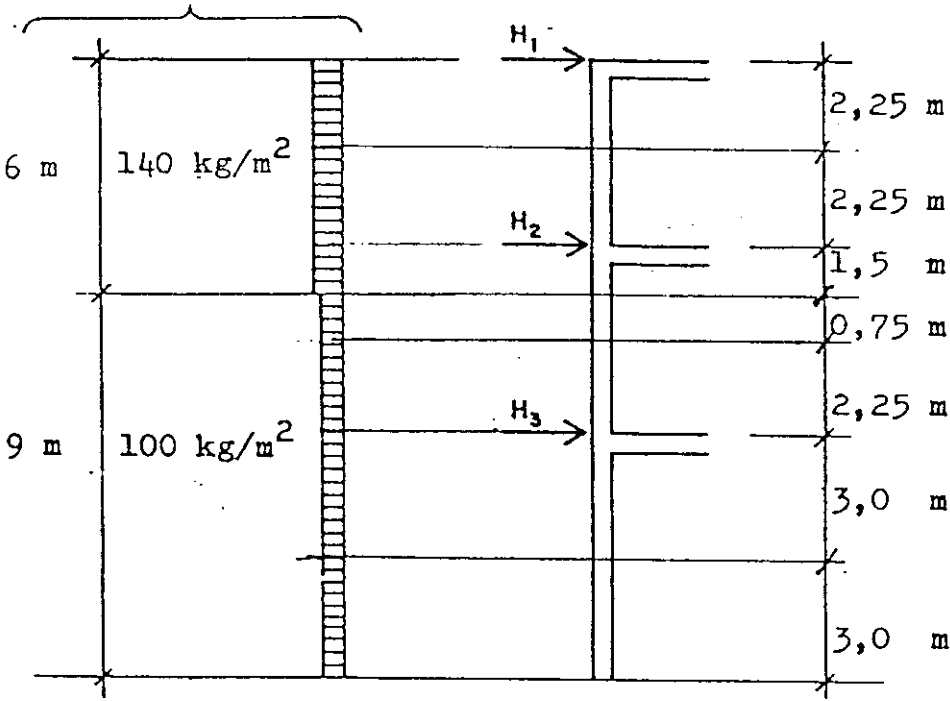
$$H_2 \text{ (lantai III)} = 140 \text{ kg/m}^2 \times 40 \text{ m} \times (2,25 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) + 100 \text{ kg/m}^2 \times 40 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 24\ 000 \text{ kg.}$$

$$H_3 \text{ (lantai II)} = 100 \text{ kg/m}^2 \times 40 \text{ m} \times (2,25 \text{ m} + 3 \text{ m}) = 21\ 000 \text{ kg.}$$

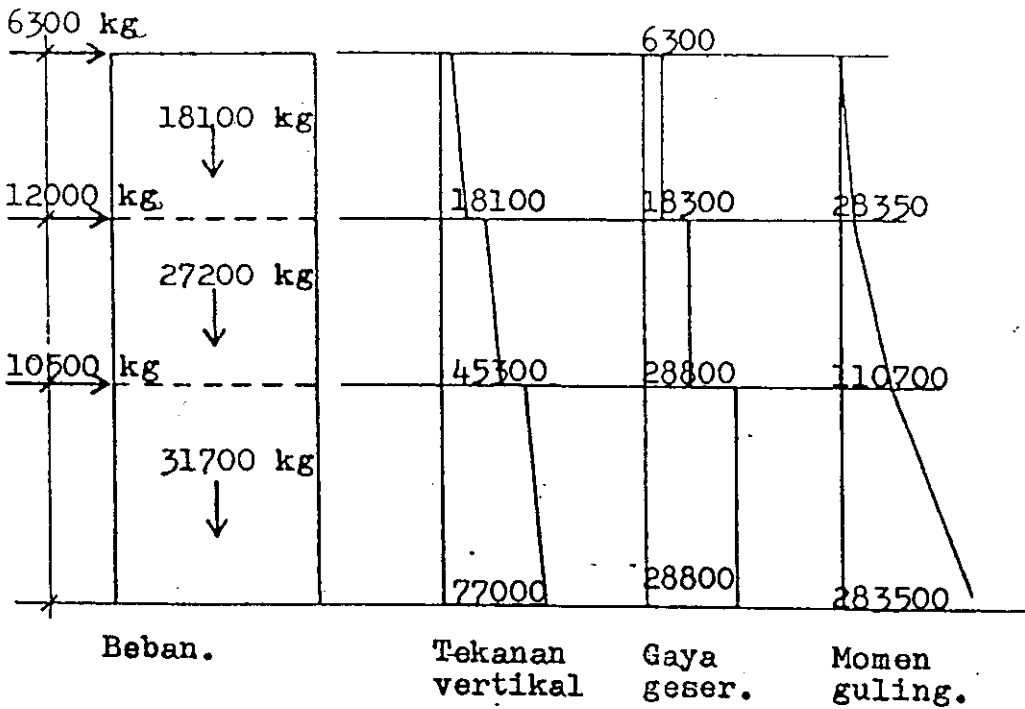


Potongan A - A

Gambar 4.21 Denah bangunan dan potongan.



Gambar 4.22 Beban angin arah Utara - Selatan.



Gambar 4.23 Gaya-gaya pada dinding geser.

Diasumsikan bangunan adalah simetris, maka beban total akibat angin dibagi dua pada kedua dinding geser yang terbuat dari batu bata bertulang dengan tegangan $f'_m = 105 \text{ kg/cm}^2$ (1500 psi).

Kita selidiki tiap tingkat secara terpisah dengan mempertimbangkan dinding vertikal yang menerus dan hubungan atap dan lantai bangunan (lihat gambar 4.23).

Dinding geser pada lantai III

$$\text{Tegangan geser} = \frac{6300 \text{ kg}}{10 \text{ m}} = 630 \text{ kg/m}$$

$$M \text{ guling} = 6300 \text{ kg} \cdot 4,5 \text{ m} = 28.350 \text{ kgm.}$$

$$M \text{ beban mati} = 18.100 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m} = 90.500 \text{ kgm.}$$

$$\text{Faktor keamanan} = \frac{90.500}{28.350} = 3,19 > 1,5$$

melawan guling (tidak diperlukan jangkar).

$$\text{Gaya pada ujung dinding} = \frac{28.350 \text{ kgm}}{(10-0,40) \text{ m}} = 2.953 \text{ kg.}$$

Dinding geser pada lantai II

$$\text{Tegangan geser} = \frac{12.000 \text{ kg}}{10 \text{ m}} = 1200 \text{ kg/m.}$$

$$\begin{aligned} M \text{ guling} &= 6300 \text{ kg} \cdot 9 \text{ m} + 12.000 \text{ kg} \cdot 4,5 \text{ m} \\ &= 110.700 \text{ kgm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ beban mati} &= (18.100 + 27.200) \text{ kg} \cdot 5 \text{ m} = \\ &= 226.500 \text{ kgm.} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor keamanan} = \frac{226.500}{110.700} = 2,05 > 1,5$$

melawan guling. (tidak diperlukan jangkar).

$$\begin{aligned} \text{Gaya pada ujung dinding} &= \frac{110.700 \text{ kgm}}{(10-0,40) \text{ m}} = \\ &= 11.531,25 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Diasumsikan tebal tembok 8 in (21 cm) dengan 45 % nilai kepadatannya.

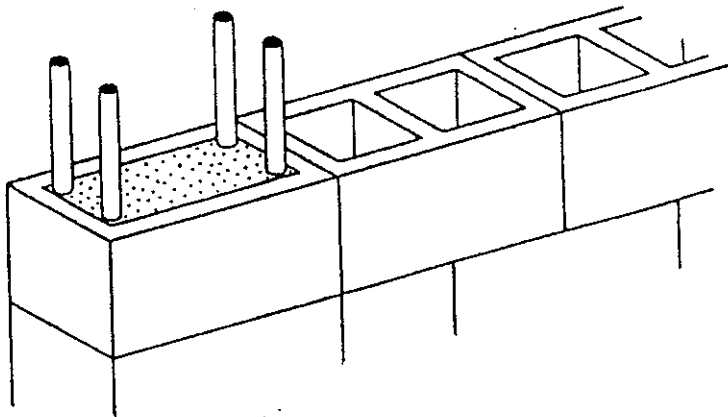
Tegangan geser pada penampang dinding :

$$v = \frac{1200 \text{ kg}}{100 \text{ cm} (21-1) \text{ cm} \times 0,45} = 1,34 \text{ kg/cm}^2.$$

Menurut tabel UBC 24-H, maka tegangan geser pada penampang yang diijinkan = $1,33 \cdot (2,5 \text{ kg/cm}^2) = 3,325 \text{ kg/cm}^2$, maka tegangan yang terjadi lebih kecil tegangan ijin.

Perencanaan kolom dinding geser

Kekuatan karakteristik beton $f'_m = 1500 \text{ psi}$
Mutu baja $f_y = 50 \text{ ksi}$



Gambar 4.24 Kolom dinding geser.

Menurut UBC bagian 2418 k.

Dimensi kolom minimum 12-in (30 cm), dan maksimum rasio kelangsingan = 20.

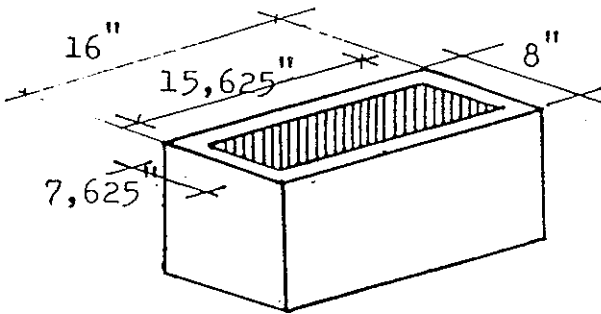
Tetapi, jika tetap digunakan ukuran kolom 8-in (20 cm), maka tinggi yang maksimum adalah :

$$\begin{aligned} h &= 20 \cdot (t) \\ &= 20 \cdot (7,625") = 152,5 \text{ in} \end{aligned}$$

dimana satuan h dan t dalam -in.

Dengan menggunakan rumus pembebanan dari UBC dan memakai tulangan kolom sebanyak 4 buah (nomor 7 bars).

dimana luas tulangan = $4 \times 0,6 = 2,4 \text{ sq-in}$, maka :



$$\begin{aligned} p &= A_g \cdot (0,18 \cdot f'_m + 0,65 \cdot P_g \cdot f_s) \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right] \\ &= (7,625 \times 15,625) \left[(0,18 \cdot 1,500 + 0,65 \cdot \frac{2,40}{119} \times \right. \\ &\quad \left. \left[1 - \left(\frac{152,5}{40 \cdot 7,625} \right)^3 \right] \right. \\ &\quad \left. \left. \cdot 20 \right) \right] \\ &= 119,14 \cdot (0,270 + 0,262) \cdot 0,875 \\ &= 55,4596 \text{ k} \\ &= 25.156,51 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Karena pembatasan pada UBC bagian 2418 k yaitu dengan

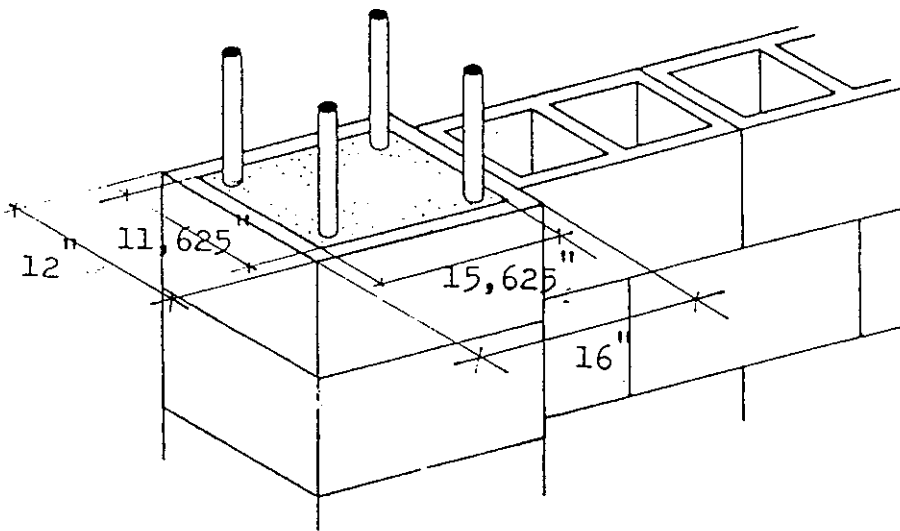
tebal dinding minimum 12 in, maka kolom dengan tebal 8 in akan berkurang sebesar 50 %, tetapi akan meningkat sepertiganya akibat beban aksial oleh angin.

$$p = 25 \cdot 156,51 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,33 = 16.729,08 \text{ kg, kemudian dibandingkan dengan :}$$

Total beban = 38.531,25 kg, ternyata

$$p > 38531,25 \text{ kg (disain tidak memenuhi).}$$

Untuk mengatasinya, kolom diperbesar dengan ukuran 12 in x 16 in dengan 4 buah tulangan nomor 7 bars.



Gambar 4.25 Kolom dinding geser.

$$\begin{aligned} p &= (11,625 \times 15,625) \left(0,18 \cdot 1,5 \cdot \frac{2,40}{181,64} \cdot 20 \right) \\ &\quad \left[1 - \left(\frac{152,5}{40 \cdot 11,625} \right)^3 \right] \\ &= 181,64 \cdot (0,27 + 0,17) (0,97) \\ &= 77,52 \text{ k} \\ &= 35.164,83 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Peningkatan sepertiganya beban aksial oleh angin :

$$p = 1,33 \cdot 35 \cdot 164,83 = 46.769,22 \text{ kg.}$$

Dibandingkan dengan

Beban total = 38.531,25 kg, ternyata $p > 38.531,25 \text{ kg}$
(disain memenuhi).

Dinding pada lantai I

$$\text{Tegangan geser} = \frac{10.500 \text{ kg}}{10 \text{ m}} = 1.050 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen guling} &= 6.300 \text{ kg} \cdot 15 \text{ m} + 12.000 \text{ kg} \cdot 10,5 \text{ m} \\ &+ 10.500 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m} = 283.500 \text{ kgm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen beban mati} &= (18.100 \text{ kg} + 27.200 \text{ kg} + 31.700 \text{ kg}) \\ &\cdot 5 \text{ m} = 385.000 \text{ kgm.} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor keamanan} = \frac{385.000}{283.500} = 1,35$$

melawan guling.

$$\text{Faktor keamanan} < 1,5$$

(diperlukan jangkar).

$$\text{Momen guling} = 1,5 \cdot 283.500 \text{ kg m} = 425.250 \text{ kg m}$$

$$\text{Momen beban mati} = 385.000 \text{ kg m} -$$

$$\text{Momen netto} = 40.250 \text{ kg m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya yang ditahan oleh jangkar} &= \frac{40.250 \text{ kg m.}}{(10-0,4) \text{ m.}} \end{aligned}$$

$$= 4.192,71 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tekan pada ujung dinding} &= \frac{283.500 \text{ kgm}}{(10-0,4) \text{ m}} \end{aligned}$$

$$= 29.531,25 \text{ kg.}$$

Dipakai tebal tembok 12 in (30 cm) dengan nilai ke-
padatannya sebesar 45 %, maka :

Tegangan geser pada penampang dinding :

$$\frac{1.050 \text{ kg}}{100 \text{ cm} \times (31-1) \text{ cm} \times 0,45} = 0,77 \text{ kg/cm}^2.$$

Tegangan geser pada penampang yang diijinkan :

$$1,33 (2,5 \text{ kg/cm}^2) = 3,325 \text{ kg/cm}^2, \text{ maka tegangan geser } < \text{ tegangan yang diijinkan (memenuhi)}$$

Dimensi kolom :

$$\text{Beban mati + beban hidup} = 45.300 \text{ kg}$$

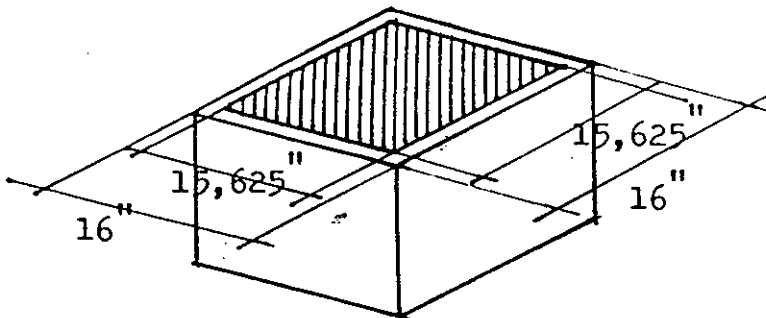
$$\begin{aligned} \text{Total beban + beban angin} &= 45.300 \text{ kg} + 29.531,25 \text{ kg} \\ &= 74.831,25 \text{ kg}. \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi dinding (h)} = 18 \text{ ft} = 216 \text{ in} = 5,48 \text{ m}.$$

$$\text{Tegangan beton } f'_m = 1500 \text{ psi}, \quad f_y = 50 \text{ ksi}.$$

Ukuran kolom 16 in x 16 in dengan tulangan kolom sebanyak 4 buah nomor 9 bars, maka

Menurut rumus pembebanan UBC :



$$\begin{aligned}
 p &= (15,625 \times 15,625) \left(0,18 \cdot 1,5 + 0,65 \cdot \frac{6,00}{244,14} \cdot 20 \right) \\
 &\quad \left[1 - \frac{216}{40 \cdot 15,625} \right]^3 \\
 &= (244,14) (0,27 + 0,319) (0,958) \\
 &= 137,76 \text{ k} \\
 &= 62.487,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Peningkatan sepertiganya beban aksial oleh angin.

$$p = 1,33 \cdot 62.487,45 \text{ kg} = 83.108,31 \text{ kg}$$

bandingkan dengan :

Beban total = 74 831,25 kg, ternyata $p > 74 831,25 \text{ kg}$
(disain memenuhi).

Perencanaan pondasi

Dalam contoh soal ini ada 2 anggapan :

1. Di bawah lantai I dengan basement
2. Di bawah lantai I tanpa basement.

ad.1. Dengan basement

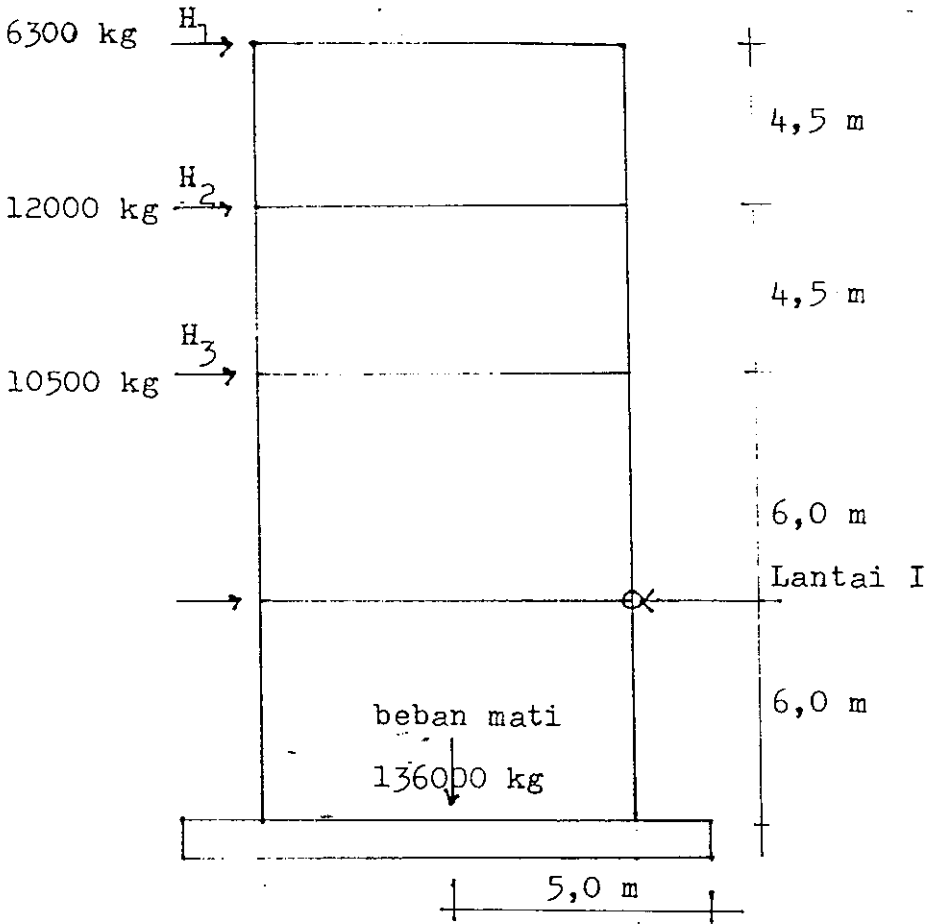
Dalam hal ini, tahanan terhadap gaya horizontal angin, dipindahkan melalui struktur lantai I pada :

- dinding basement.
- tekanan tanah horizontal.

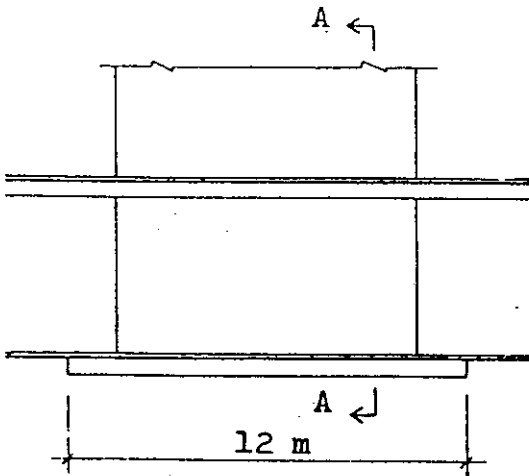
Dianggap, titik guling terletak pada lantai I.

$$\begin{aligned}
 \text{Momen guling} &= 6.300 \text{ kg} \cdot 15 \text{ m} + 12.000 \text{ kg} \cdot 10,5 \text{ m} \\
 &\quad + 10.500 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m} = 283.500 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen beban mati} &= 136.000 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m} \\
 &= 680.000 \text{ kg m.}
 \end{aligned}$$

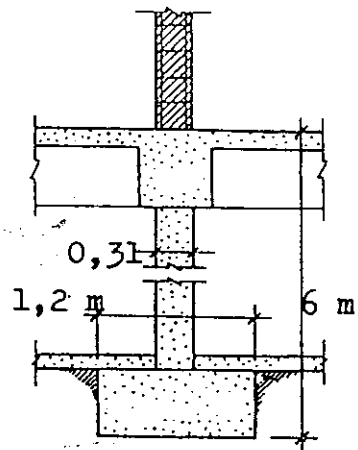


Gambar 4.26 Bangunan dengan basement.



Gambar 4.27

Pondasi dinding geser.



Gambar 4.28

Potongan A - A.

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan melawan guling} &= \frac{680.000 \text{ kg} \cdot \text{m}}{283.500 \text{ kg m}} \\ &= 2,39. \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan tanah ini dibatasi perhitungan tekanan tanah akibat beban mati dan gaya geser horizontal akibat beban angin.

Tekanan tanah akibat beban mati :

$$p = \frac{136.000 \text{ kg}}{12 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}} = 9.444,44 \text{ kg/m}^2 = 0,9444 \text{ kg/cm}^2$$

Gaya penahan geser horizontal akibat beban angin :

$$F = \frac{283.500 \text{ kg m}}{6 \text{ m}} = 47.250 \text{ kg}$$

dimana koefisien geser tanah adalah :

$$k = \frac{47.250 \text{ kg}}{136.000 \text{ kg}} = 0,347, \text{ nilai ini cukup}$$

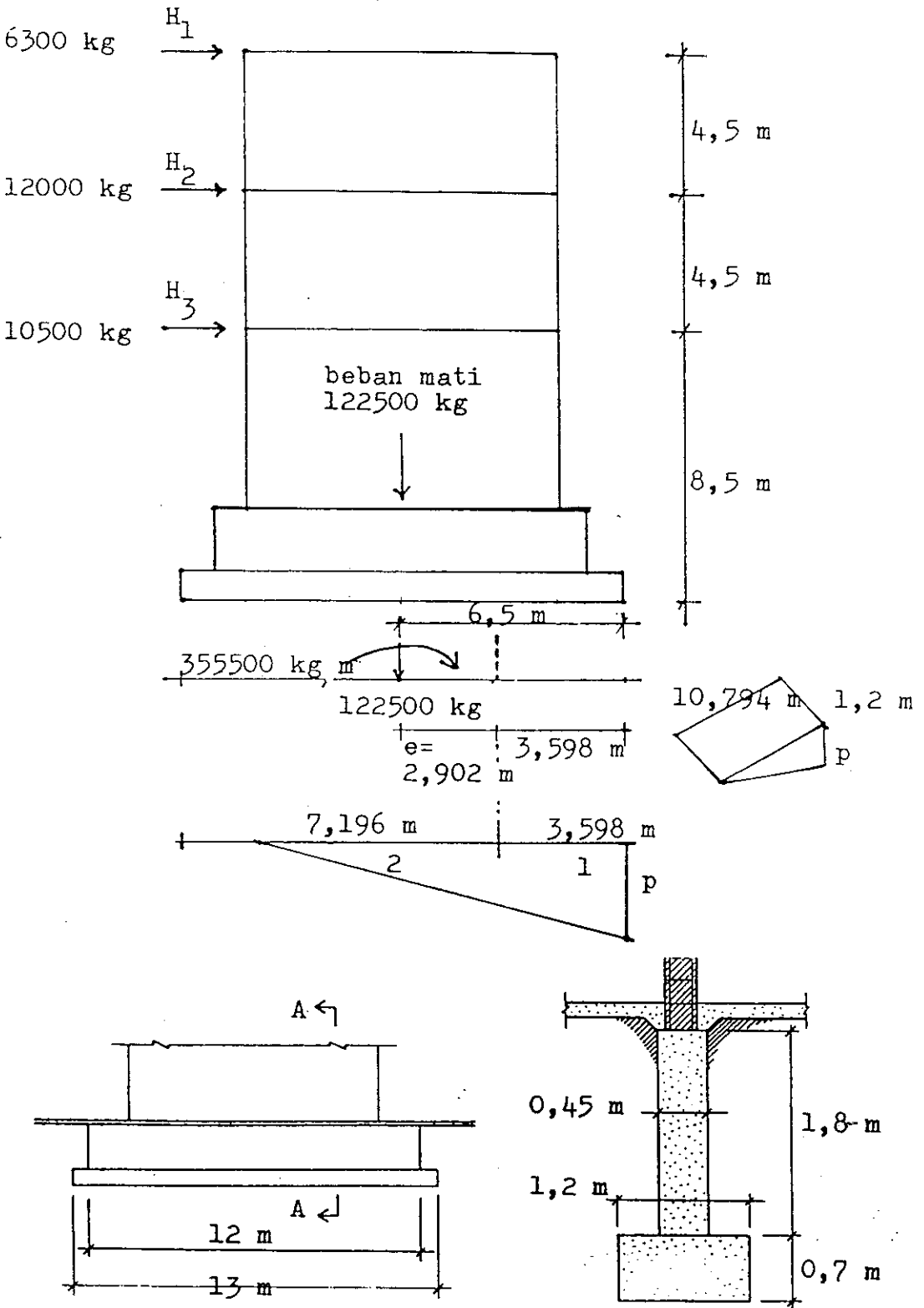
tinggi, diperlukan jangkar untuk memikul gaya geser ke bagian fondasi-fondasi.

ad.2. Tanpa basement

Seperti diperlihatkan pada gambar 4.29, dasar dinding geser terdiri dari balok grid penahan di atas dasar pondasi. Pada kasus ini lantai I diabaikan, sehingga dinding geser diasumsikan sebagai dinding yang berdiri bebas (free standing) di atas pondasinya.

Perhitungan momen seperti pada gambar 4.30 adalah momen guling = $6.300 \text{ kg} \cdot 17,5 \text{ m} = 110.250 \text{ kg m}$.

$$12.000 \text{ kg} \cdot 13 \text{ m} = 156.000 \text{ kg m}.$$



Gambar 4.29 Bangunan tanpa basement dan pondasi.

$$10.500 \text{ kg} \cdot 8,5 \text{ m} = \frac{89.250 \text{ kg m}}{\text{total} = 355.500 \text{ kg m}}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen beban mati} &= 122.500 \text{ kg} \cdot 6,5 \text{ m} \\ &= 796.250 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan melawan guling} &= \frac{796.250 \text{ kg m}}{355.500 \text{ kg m}} \\ &= 2,24 \end{aligned}$$

Untuk analisa tekanan tanah, momen guling menimbulkan ek sentrisitas sebesar :

$$e = \frac{355.500 \text{ kg m}}{122.500 \text{ kg}} = 2,902 \text{ m}$$

$$\text{Letak daerah kern} = \frac{1}{6} \cdot B$$

$e = \frac{1}{6} \cdot 13 \text{ m} = 2,17 \text{ m}$, dimana $e \ll 2,17 \text{ m}$. Karena terletak di luar daerah kern, kita memakai "Analisa bagian yang retak" untuk tekanan tanah maksimum seperti gambar 4.30, maka :

$$\begin{aligned} \text{Volume tekanan} &= \frac{1}{2} \cdot 10,794 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} \cdot p \\ &= 122.500 \text{ kg} \\ p &= \frac{122.500 \text{ kg} \cdot 2}{10,794 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m}} \\ &= 18.914,83 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1,8914 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Karena beban angin horizontal tidak ditahan oleh lantai I, sehingga menimbulkan geseran pada dasar fundasi, di

mana :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien geser tanah} &= \frac{6\,300 \text{ kg} + 12\,000 \text{ kg} + 10\,500 \text{ kg}}{122\,500 \text{ kg}} \\ &= 0,235 \end{aligned}$$

Menurut tabel 29 - B. UBC

Koefisien geser tanah ini dipergunakan untuk tanah yang lebih banyak mengandung clay.

PERHITUNGAN TEKANAN ANGIN RENCANA MENURUT PPIUG 1983

- Kecepatan angin terbesar = 85 knots

$$V = 85 \text{ knots} = 43,7 \text{ m/det.}$$

$$\text{Rumus : } p = \frac{V^2}{16} \text{ kg/m}^2 \quad (V \text{ dalam m/detik})$$

$$p = \frac{(43,7)^2}{16} \text{ kg/m}^2$$

$$p = 119,36 \text{ kg/m}^2$$

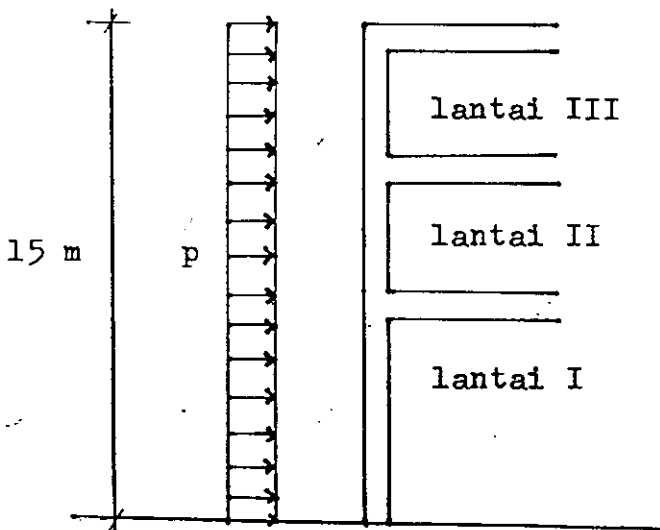


Diagram tekanan menurut PPIUG 1983

Jadi :

$$\begin{aligned} H \text{ total} &= 15 \text{ m} \cdot 40 \text{ m} \cdot 119,36 \text{ kg/m}^2 \\ &= 71616 \text{ kg} = 71,6 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen guling} &= 71616 \text{ kg} \cdot 0,5 \cdot 15 \text{ m} \\ &= 537120 \text{ kgm.} = 537 \text{ tonm.} \end{aligned}$$

III.1.2. AKIBAT BEBAN GEMPA

Contoh ini sama seperti contoh perhitungan angin. Denah bangunan dan bagiannya lihat di depan.

Untuk menganalisa gempa, kita tentukan :

$$Z = 1,0, \quad I = 1,0$$

S tidak ditentukan dari T_s

$K = 1,33$ untuk dinding geser struktur rangka.

Beban-beban mati :

$$\text{Atap dan langit-langit} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Lantai atas} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dinding luar} = 75 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Partisi dalam} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Dinding geser} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Bubungan atap (HVAC)} = 7000 \text{ kg.}$$

UBC bagian 2312 (d) menentukan perhitungan nilai T dipakai rumus :

$$T = \frac{0,05 \text{ hn}}{\sqrt{D}} \quad \text{di mana hn dan D dalam feet.}$$

$$= \frac{0,05 \cdot 49,18}{\sqrt{98,36}} = 0,248 \text{ detik}$$

yang mana menghasilkan nilai C adalah :

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} = \frac{1}{15\sqrt{0,248}} = 0,134$$

Karena hasil ini melebihi ketentuan nilai maximum yaitu 0,12, kita akan memakai nilai maximum CS = 0,14 (atau lebih kecil).

Bagian 2312 (e) dari UBC menetapkan gaya terpusat pada bagian atas bangunan (hanya untuk $T > 0,7$ detik).

Dengan gaya F_t dihapuskan, beban-beban lateral tiap level ditentukan rumus 12.7 dari UBC di bawah ini :

$$F_x = \frac{(V) (W_x h_x)}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$$

dimana :

F_x = gaya lateral yang dipakai pada tiap tingkat X.

W_x = beban mati total pada tingkat X.

h_x = tinggi tingkat x di atas dasar struktur.

Beban-beban mati untuk menentukan nilai W_x dan gaya lateral V ditunjukkan pada tabel 4. Memakai nilai-nilai untuk F_x setiap tingkat ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4.3 Beban mati gempa arah Utara - Selatan

Tingkat	Sumber beban	Satuan berat ₂ (kg/m ²)	Beban
Atap	Atap dan langit langit	60	40x30x60 = 72.000 kg
	Dinding-dinding luar	75	140x2,25x75=23.625 kg
	Dinding-dinding dalam	50	100x2,25x50=11.250 kg
	Dinding geser	400	20x2,25x400=18.000 kg
	Alat-alat HVAC		= 7.000 kg +
			Jumlah = 131.875 kg
Lantai III	Lantai	200	40x30x200= 240.000 kg
	Dinding-dinding luar	75	140x4,5x75= 47.250 kg
	Dinding-dinding dalam	50	100x4,5x50= 22.500 kg
	Dinding geser	400	20x4,5x400= 36.000 kg +
			Jumlah = 345.750 kg
Lantai II	Lantai	200	40x30x200 = 240.000 kg
	Dinding-dinding luar	75	140x5,25x75= 55.125 kg
	Dinding-dinding dalam	50	100x5,25x50= 26.250 kg
	Dinding geser	400	20x5,25x400= 42.000 kg +
			Jumlah = 363.375 kg

Lantai I	Dinding geser	400	$20 \times 3 \times 400 = 24.000$ kg
(dianggap sisa beban lantai I di- limpahkan lantai I).			
total pada tingkat lantai I			=865.000 kg
Pondasi			40.000 kg
total pada dasar pondasi			905.000 kg

Untuk F_x : $V = ZICKSW = 0,1862 \cdot 905.000 = 168.511$ kg.

Catatan :

Perhatikan bahwa kita menganggap pondasi tanpa basemen seperti diperlihatkan di kasus 2 contoh angin. Karena itu, jarak untuk h_n diukur dari dasar pondasi. Berat pondasi termasuk perkiraan dari nilai total V , tetapi sebaliknya ini tidak diikuti pada perkiraan nilai F_x karena pengaruh momen cukup kecil.

Dengan memakai nilai F_x yang ditentukan pada tabel 4.3 dibuat diagram geser dan diagram momen dinding geser seperti diperlihatkan pada gambar 4.4 Perhatikan nilai F_x yang dipisah menjadi dua untuk beban pada dinding geser tunggal.

Tabel 4.4 Beban-beban gempa

Tingkat	W_x (ton)	h_x (m)	$W_x h_x$	F_x (ton)
Atap	131,88	17,5	2.307,82	39,08
Lantai III	345,75	13	4.494,75	76,11
Lantai II	363,38	8,5	3.088,69	52,30
Lantai I	24,00	2,5	60	1,02
$\sum_{i=1}^n W_i h_i =$			9.951,25	

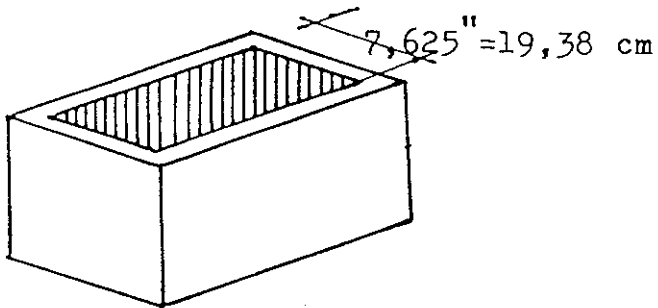
$$F_x = 168.511 \left(\frac{W_x h_x}{9.951,25} \right) = \frac{W_x h_x}{59,054}$$

Pada tingkat III, gaya geser sebesar 19540 kg menghasilkan satuan geser pada dinding.

$$v = \frac{19540 \text{ kg}}{10 \text{ m}} = 1954 \text{ kg/m.}$$

Ditentukan ukuran dinding batu bata berlubang 8 in dengan 45 % nilai kepadatannya, maka tegangan pada bagian tembok tersebut adalah :

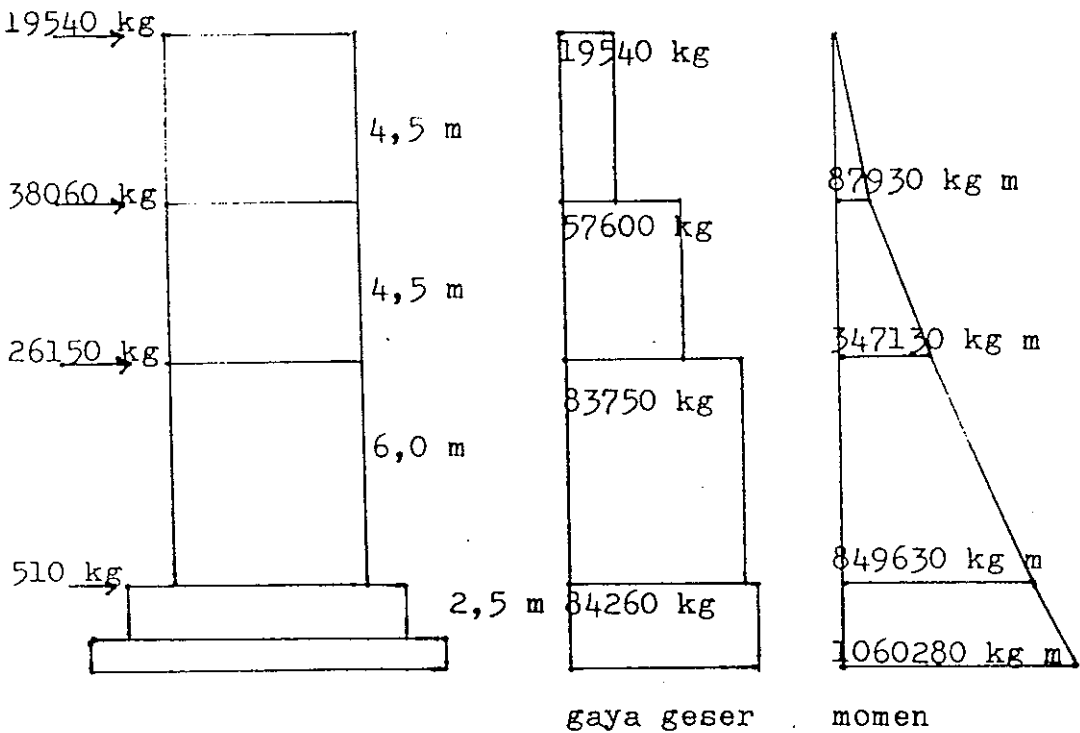
$$v = \frac{1945}{0,45 \cdot 100 \cdot 19,38} = 2,24 \text{ kg/cm}^2$$



Ini bukan tegangan kritis untuk dinding batu bata bertulang (lihat tabel 24 H pada lampiran). Catatan pada UBC tabel 24 - H menentukan bahwa gaya geser ditambah 50 % dari perhitungan tegangan geser. Penambahan 50 % ini diberikan bersama-sama dengan sepertiga penambahan beban gempa yang diijinkan.

$$v = (1,5) \cdot \frac{2,24}{1,33} = 2,53 \text{ kg/cm}^2.$$

dimana masih jauh lebih kecil dari tegangan kritis yang diijinkan.



Gambar 4. 31 Beban gempa pada dinding geser.

Ujung-ujung dinding geser umumnya didisain seperti kolom yang menderita beban dari rangka atap. Bila itu terjadi, ujung gaya-gaya kolom selama momen guling akibat gempa dapat dengan mudah dimuat.

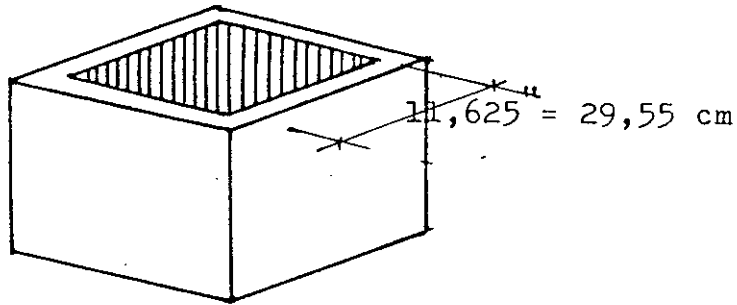
Bila gaya dari pengikat bawah dibutuhkan, dapat dipakai pasak dari beton.

Pada tingkat II, gaya geser sebesar 5760 kg menghasilkan satuan geser pada dinding :

$$v = \frac{57600 \text{ kg}}{10 \text{ m}} = 5760 \text{ kg/m}$$

Ditentukan memakai dinding batu bata setebal 12 in dengan 45 % nilai kepadatannya, maka tegangan pada bagian yang padat :

$$v = \frac{5760}{0,45 \cdot 100 \cdot 29,55} = 4,33 \text{ kg/cm}^2.$$



Seperti penyesuaian yang sudah dibahas sebelumnya, disain tegangan sebenarnya lebih tinggi, tetapi masih termasuk didalam tegangan dinding batu bata yang diijinkan. Momen guling dapat pula ditahan dengan memakai kolom batu bata bertulang pada ujung-ujung dinding.

Pada tingkat I, gaya geser dan momen akibat gempa sebenarnya di bawah tegangan yang diijinkan dinding batu bata. Sebuah alternatif akan memakai dinding batu bata bertulang ujung-ujung kolom.

Satuan geser pada dinding :

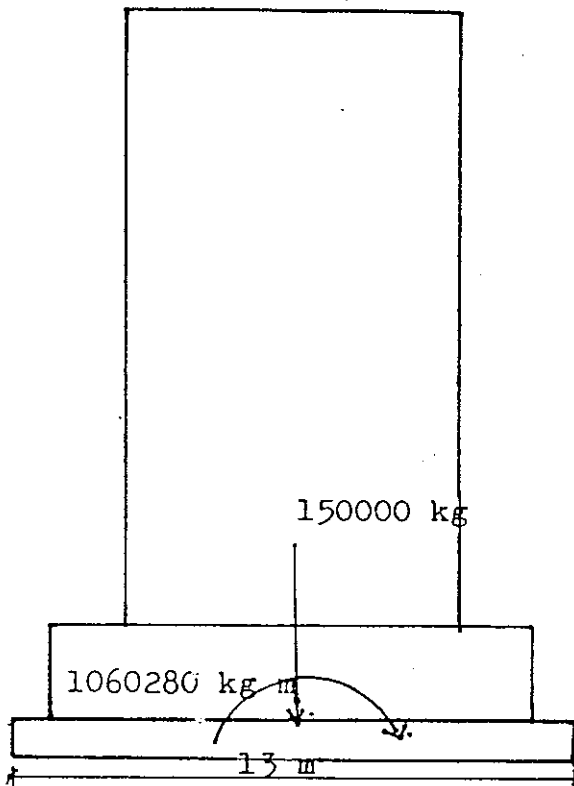
$$v = \frac{83750 \text{ kg}}{10 \text{ m}} = 8375 \text{ kg/m.}$$

Dengan dinding beton setebal 10 in, maka satuan tegangan pada dinding

$$v = \frac{8375}{25,4 \cdot 100} = 3,30 \text{ kg/cm}^2$$

dimana masih cukup rendah dari tegangan ijin beton bertulang.

Kalau dinding pondasi ditentukan sama seperti kasus 2 pada contoh perhitungan angin, maka kondisi pembebanan untuk analisa guling pada dasar pondasi seperti 4.32.



Gambar 4.32 Analisa guling pada dinding geser.

Karena dinding-dinding geser pada contoh ini sedikit lebih berat dari contoh angin. Kita anggap beban mati total = 150 ton.

Perhitungan momen guling sebagai berikut :

$$M \text{ guling} = 1060,28 \cdot 1,5 \text{ (SF)} = 1590,42 \text{ tm}$$

$$M \text{ beban mati} = 150 \cdot 6,5 = 975 \text{ tm}$$

Analisa memperlihatkan bahwa faktor keamanan tidak disediakan untuk beban mati. Pilihan adalah pe-

nambahan ukuran dinding pondasi atau perluasan ikatan ke bagian pondasi bangunan yang lain yang menyediakan penambahan penahan untuk guling.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ambrose, J. E., and Vergun, D., "Simplified Building Design for Wind and Earthquake Forces", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
2. Ambrose, J. E., "Simplified Design of Building Structures", John Wiley & Sons, Inc. New York, 1979.
3. Melaragno, M.G., "Wind in Architectural and Environmental Design", Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982, page 157-167.
4. Sachs, P., "Wind Forces in Engineering", Pergamon Press, New York, 1978, page 51-73 and 211-243.
5. Rosenblueth, E., "Design of Earthquake Resistant Structures", Pentech Press, 1980, page 70-77 and 195-211.
6. International Conference of Building officials, "Uniform Building Code 1979".
7. DPMB, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983".
8. DPMB, "Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1981".