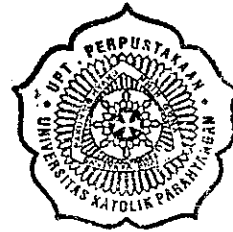


KARYA ILMIAH  
PERHITUNGAN BANGUNAN  
KAYU AKIBAT BEBAN  
ANGIN DAN GEMPA

OLEH :



IR. HANDOYO SOETIKNO

NIK 410621035

624.175  
SOE  
P

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL

UNIVERSITAS KATOLIK

PARAHYANGAN

BANDUNG

1998

85293 R1PTS  
9.10.02.

## 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 sumbangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang teknik sipil. Dalam karya ilmiah ini kami berkesempatan membahas "Perhitungan bangunan kayu akibat beban angin dan gempa".

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

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

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

Bandung, 16 Mei 1998

Penulis, 

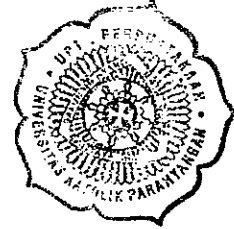
(Ir. Handoyo Soetikno)

## DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR NOTASI .....	iii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
BAB II. PEMBAHASAN TEORI .....	2
II.1. Pengaruh angin .....	2
II.1.1. Pengaruh umum .....	2
II.1.2. Pengaruh kritis pada bangunan .....	3
II.1.3. Syarat bangunan untuk angin .....	7
II.1.4. Pertimbangan umum untuk bangun an akibat angin .....	10
II.2. Pengaruh gempa pada bangunan ...	13
II.2.1. Perencanaan bangunan akibat gempa bumi .....	13
II.2.2. Peraturan yang diperlukan ....	15
II.3. Elemen-elemen dari sistem pena- han gaya lateral .....	19
II.3.1. Diafragma horizontal .....	20
II.3.2. Diafragma vertikal .....	22
BAB III. CONTOH PERHITUNGAN .....	30
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.  
 $f'_m$  =  $\sqrt{f'_c}$  = tegangan karakteristik beton.  
 $f_s$  = ratio kelangsingan.  
 $f_y$  =  $\sqrt{f_y}$  =  $\sqrt{f_y}$  = 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

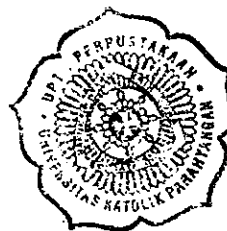
Pembangunan semakin cepat sehingga banyak ahli juga mulai memikirkan cara menghitung bangunan dengan mudah, antara lain dengan teknologi komputer.

Perhitungan bangunan ini semuanya didasarkan pada asumsi – asumsi yang diperoleh dari kombinasi antara tinjauan teoritis dan pengalaman dari kejadian – kejadian sebelumnya. Asumsi – asumsi di atas menghasilkan cara perhitungan bangunan kayu yang disebut “Analisa Statis Ekuivalen”. Asumsi – asumsi ini dibatasi untuk bangunan sederhana.

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

Metoda 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 perhitungan ini kami hanya membahas untuk dinding rangka kayu.



## BAB II

## PEMBAHASAN TEORI

## II.1. PENGARUH ANGIN.

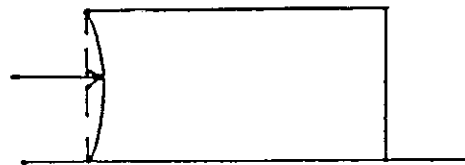
Angin adalah udara yang bergerak. Udara mempunyai massa dan kerapatan, dapat bergerak menurut arah dan kecepatan tertentu. Hal ini menimbulkan energi kinetis yaitu  $E = \frac{1}{2} m V^2$ .

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 UMUM:

## - TEKINAN POSITIF LANGSUNG

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

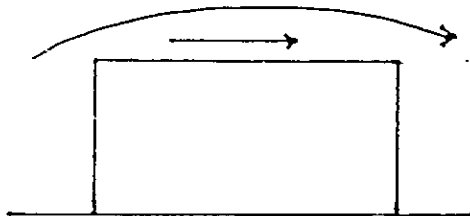


TEKANAN POSITIF LANGSUNG.



- ANGIN SERET

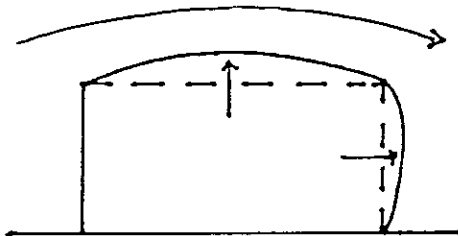
Karena aliran angin tidak berhenti di atas benda yang diam, tetapi mengalir seperti fluida, maka timbul gaya angkat pada permukaan yang sejajar arah angin.<sup>3</sup>



ANGIN SERET.

- TEKANAN NEGATIF

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



TEKANAN NEGATIF.

1.1.2. PENGARUH-PENGARUH ANGIN KRITIS PADA BANGUNAN

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 sebagai <sup>3</sup> :

$$p = C \cdot V^2$$

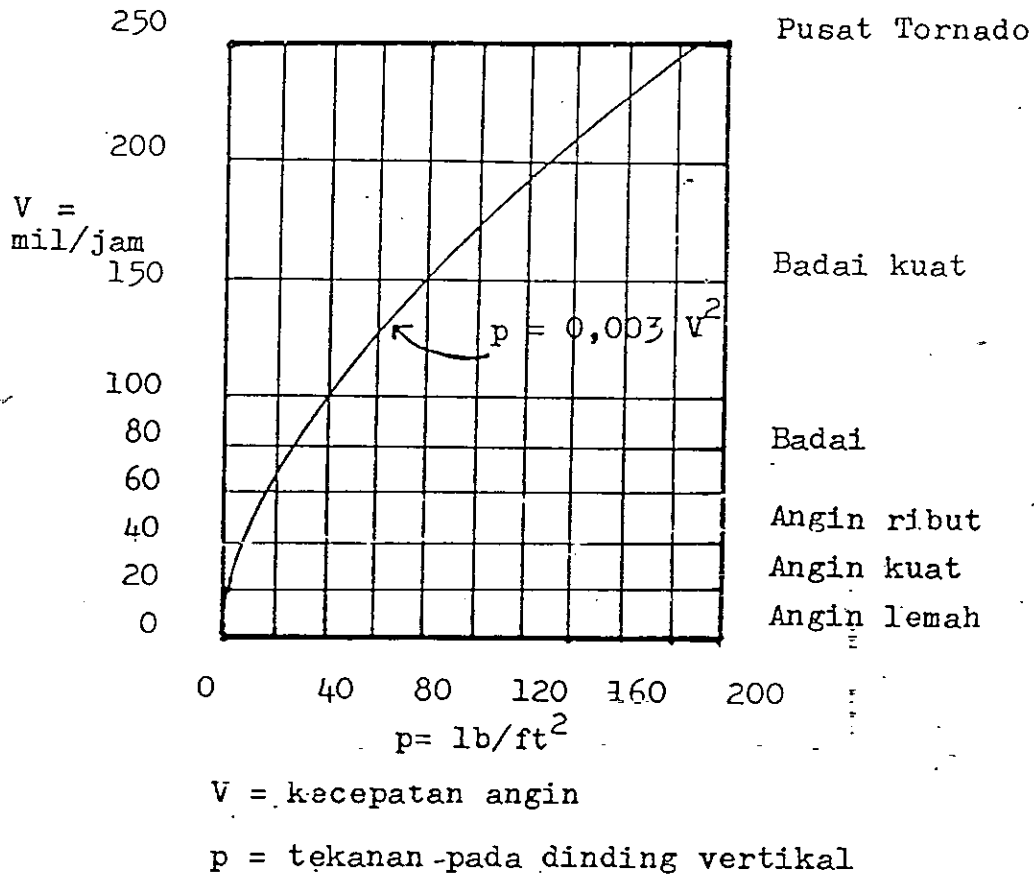
dimana : C merupakan kombinasi penyesuaian untuk massa udara dengan beberapa anggapan di atas.

V merupakan kecepatan angin (mil/jam).

p merupakan tekanan angin dasar (lb/ft<sup>2</sup>).

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 :



Gambar 3.1. Hubungan antara kecepatan angin dan tekanan

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

#### - TEKINAN 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.

- 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.

- 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.

- 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.<sup>4</sup>

#### - 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.<sup>6</sup>

- PERENCANAAN TEKINAN 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  $30^{\circ}$  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 anker 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 UMUM UNTUK BANGUNAN AKIBAT ANGIN

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-



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

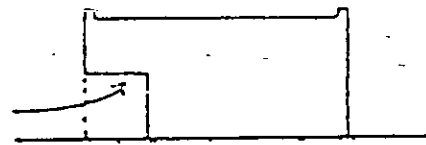
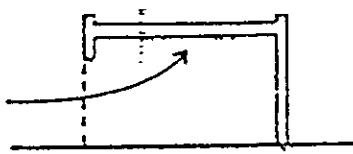
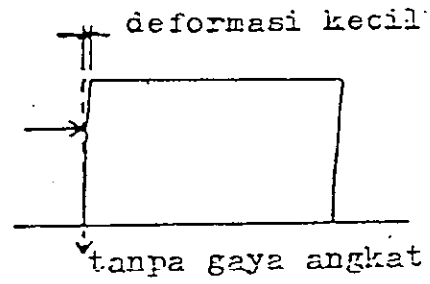
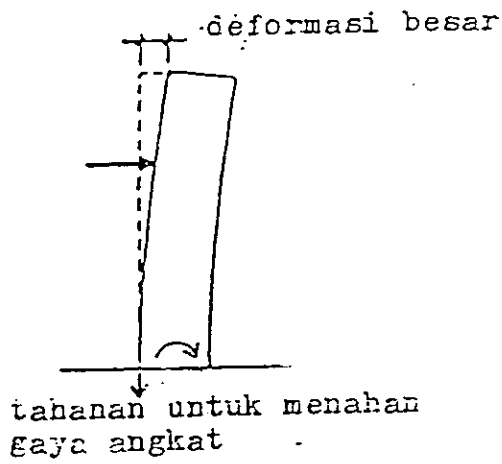
- Pertimbangan-pertimbangan bentuk kritis<sup>4</sup>.

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

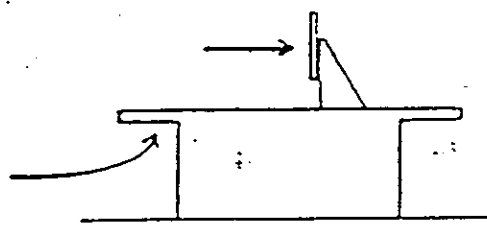
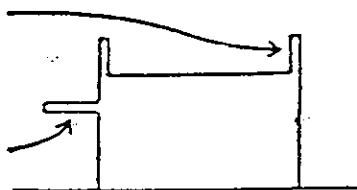
1. Bangunan bentuk lengkung atau bundar lebih dapat menahan angin daripada bangunan bentuk kotak dengan permukaan yang datar dan rata.
2. Bangunan tinggi yang ramping adalah kritis untuk guling dan mungkin juga untuk simpangan horizontal pada puncaknya.
3. Bangunan yang mempunyai bagian samping terbuka 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.



pengaruh aliran angin pada bentuk bangunan



pengaruh angin pada bagian bangunan yang terbuka



penambahan tekanan pada bagian yang menonjol

3.4 Hubungan bentuk bangunan dan pengaruh angin..

## II.2. PENGARUH GEMPA PADA BANGUNAN

Di sini kami tidak menyajikan suatu pembahasan umum dari gempa bumi tetapi mengkhususkan pengaruh gempa bumi terhadap

### II.2.1. PERENCANAAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA

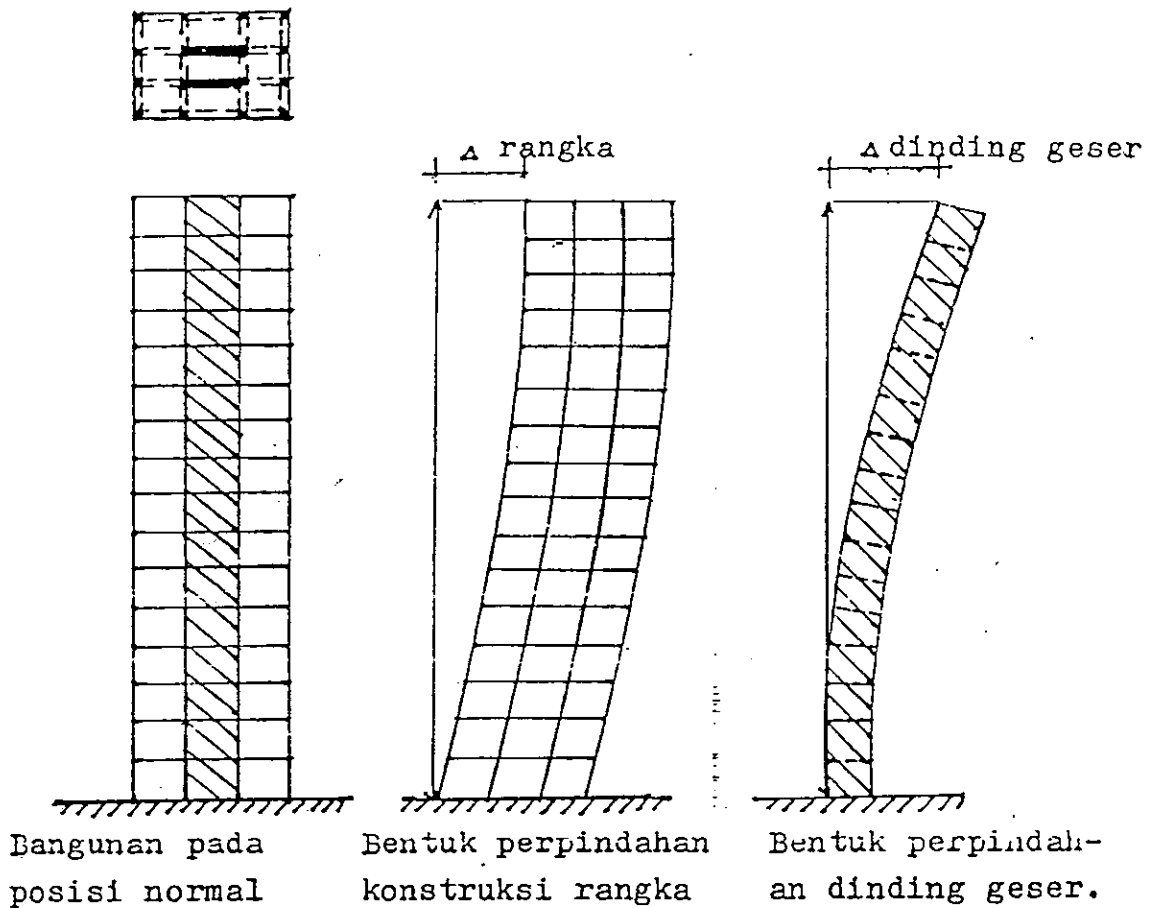
Selama gempa bumi permukaan tanah dan lapisannya bergerak ke segala jurusan.

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.<sup>5</sup>



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.

## II. 2.2. PERATURAN-PERATURAN YANG DIBUTUHKAN UNTUK GEMPA BUMI<sup>6</sup>

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.

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

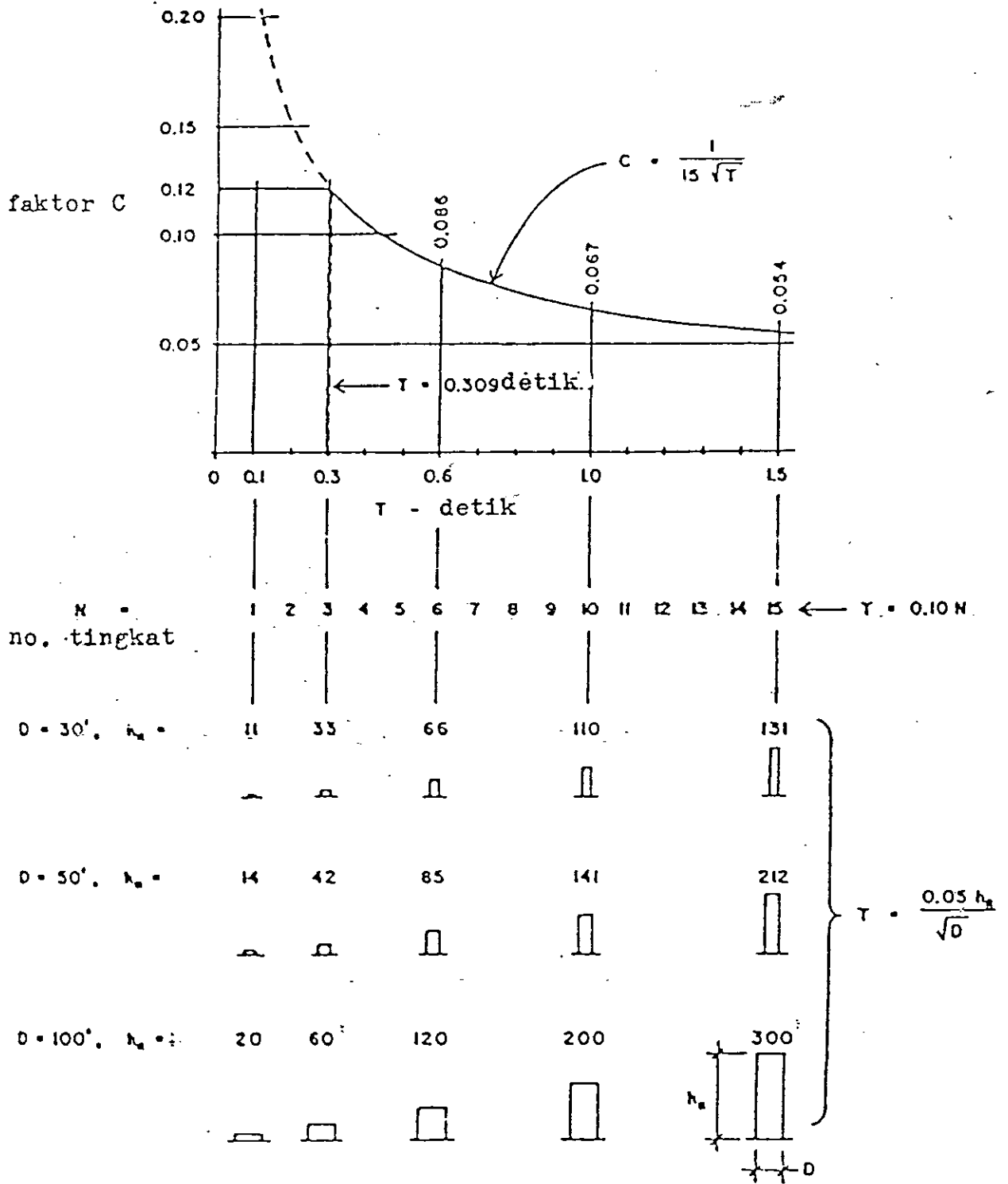
$$\text{Maka } T = \left[ \frac{1}{15 \cdot (0,12)} \right]^2 = 0,309 \text{ detik.}$$

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.



3.6 Hubungan antara nilai C dan T.<sup>6</sup>

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 :

$$F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p$$

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.<sup>6</sup>

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

Pada umumnya yang disebut sistem penahan gaya lateral adalah kombinasi dari elemen-elemen horisontal dan elemen-elemen vertikal. Elemen-elemen horisontal 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 HORIZONTAL<sup>1</sup>

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

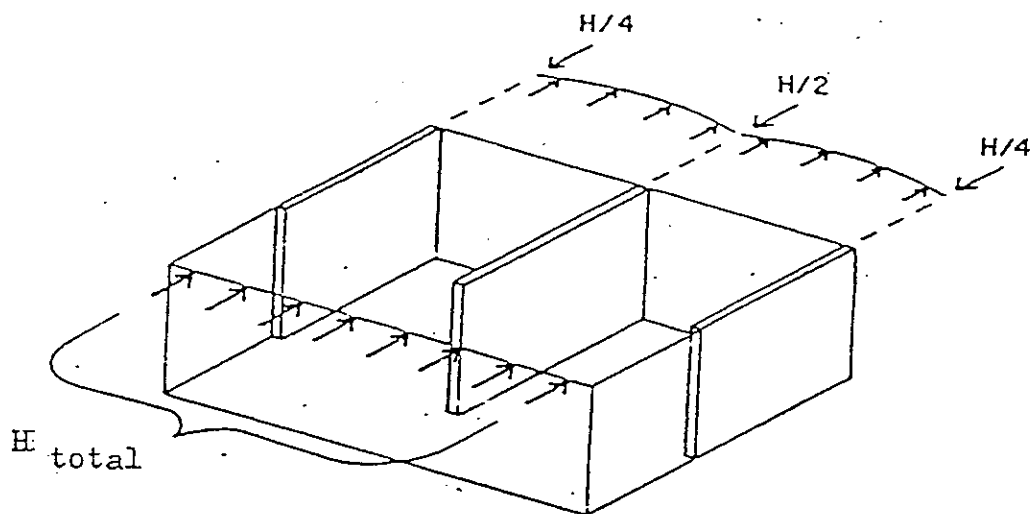
- Kekakuan relatif dari diafragma horizontal

Bila diafragma horisontal 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).

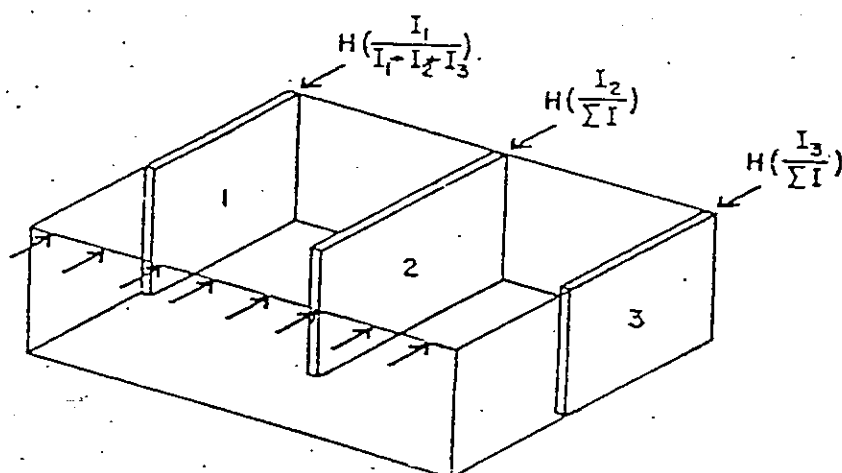
- Pengaruh puntiran (tors<sup>i</sup>)

Bila pusat massa akibat gaya-gaya lateral dalam diafragma horizontal, maka terjadi pengaruh puntiran (tors<sup>i</sup>).

Gambar 3.8 memperlihatkan suatu struktur dimana pengaruh tors<sup>i</sup> ini disebabkan karena tidak simetrisnya elemen-elemen vertikal struktur. Pengaruh ini biasanya berarti hanya bila diafragma horisontal cukup kaku. Secara umum, pelat beton yang dicor adalah sangat kaku, sedang



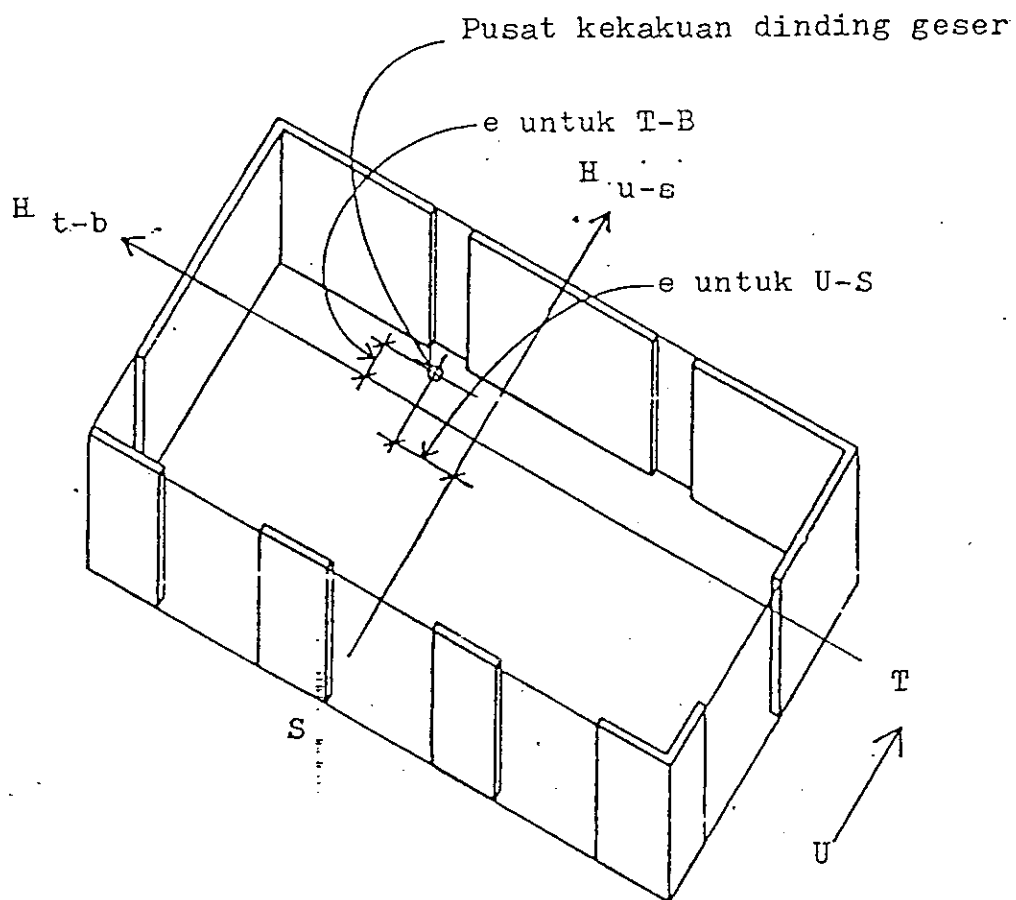
Diafragma horizontal yang fleksibel



Diafragma horizontal yang kaku

### 3.7 Pembagian beban dari diafragma horizontal.

kayu dan pelat logam cukup fleksibel.



### 3.8 Pengaruh torsi pada bangunan berbentuk kotak.

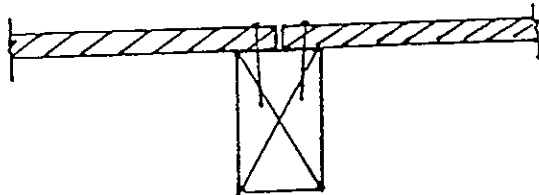
- Kekakuan relatif dari elemen-elemen vertikal

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 duktail 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 duktail 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.

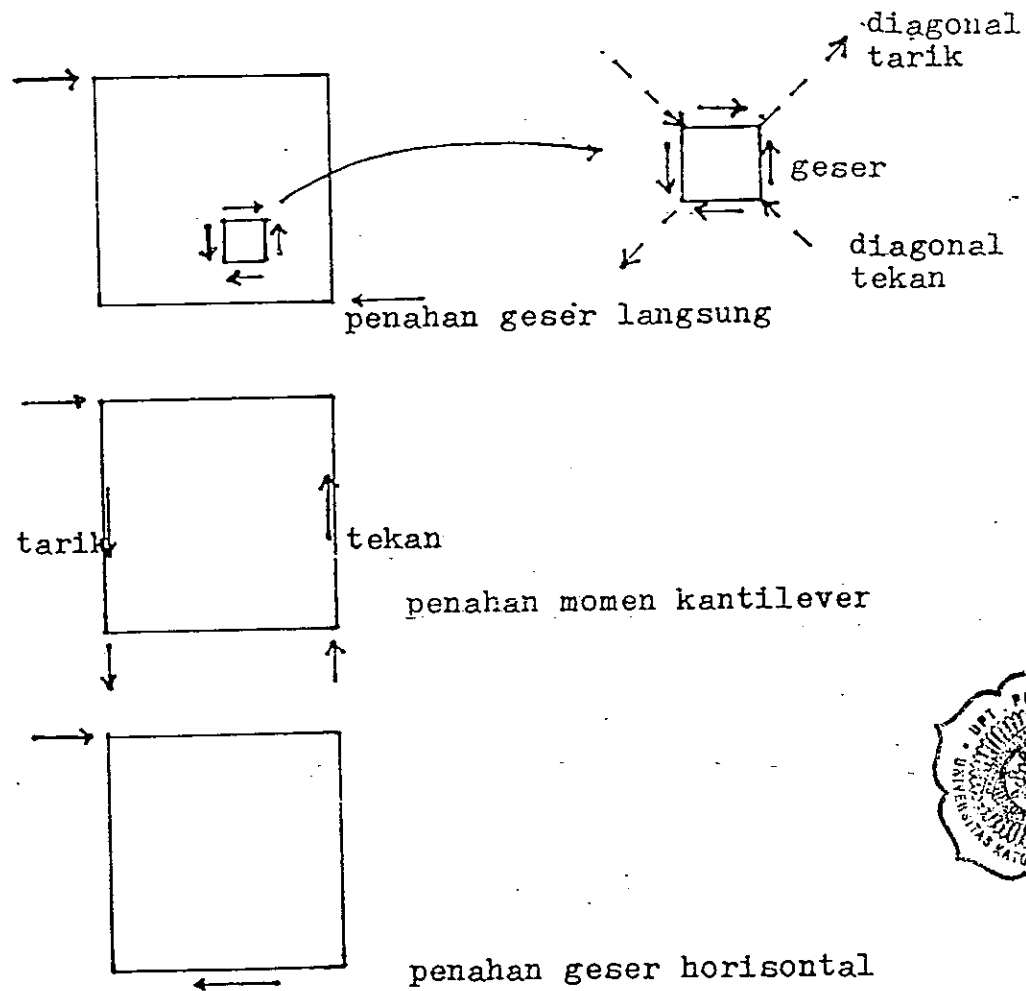
- Penahanan momen kantilever

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

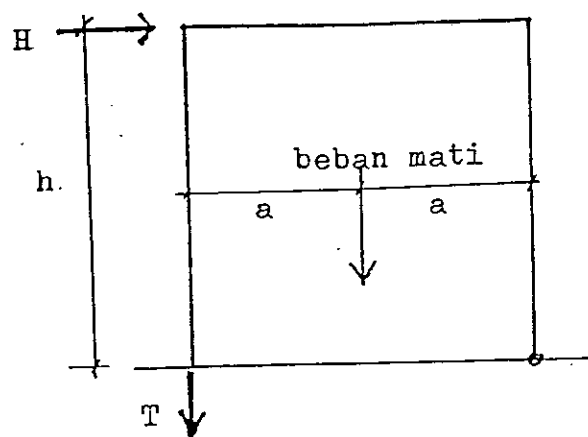
dinding menyebabkan dinding cenderung untuk melepaskan penahan-penahannya secara horizontal.



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.

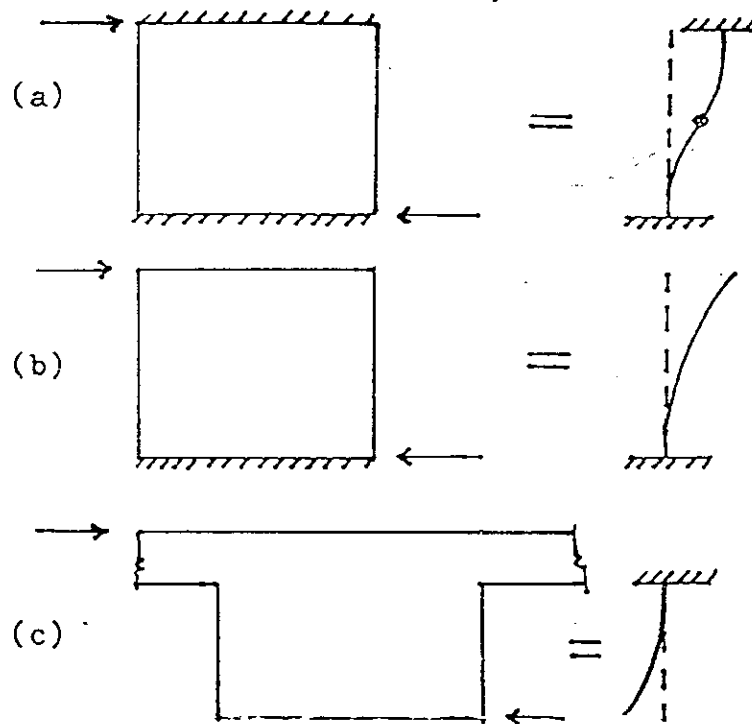


Dalam beberapa kasus, kesimetrisan dan fleksibilitas diafragma horizontal dapat disederhanakan, tetapi kekakuan relatif harus ditentukan dengan perhitungan.

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 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  $\leq 2$ . 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.

## BAB III

## CONTOH PERHITUNGAN

III. CONTOH PERHITUNGAN BANGUNAN KAYU AKIBAT BEBAN  
ANGIN DAN GEMPA

Kita mulai dengan satu contoh sederhana, sebuah kotak dengan satu atap sebagai diafragma horisontal dan dinding-dinding luar sebagai diafragma vertikal. Konstruksi ini dari rangka kayu yang ringan dengan atap mendatar dari playwood dan bahan pernis sebagai bahan permukaan.

## III .1.1. AKIBAT BEBAN ANGIN

Kita ambil data angin suatu daerah, dengan kecepatan angin terbesar = 90 knots.

$$p = 0,003 v^2$$

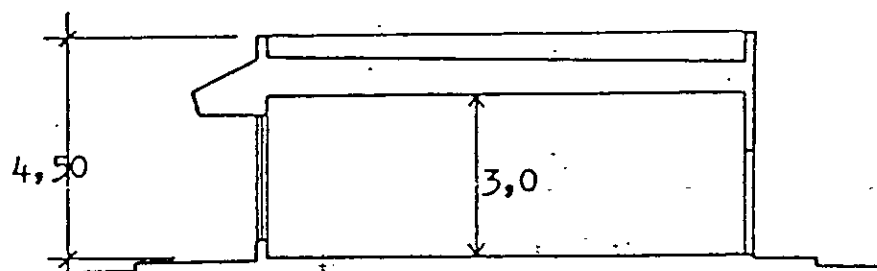
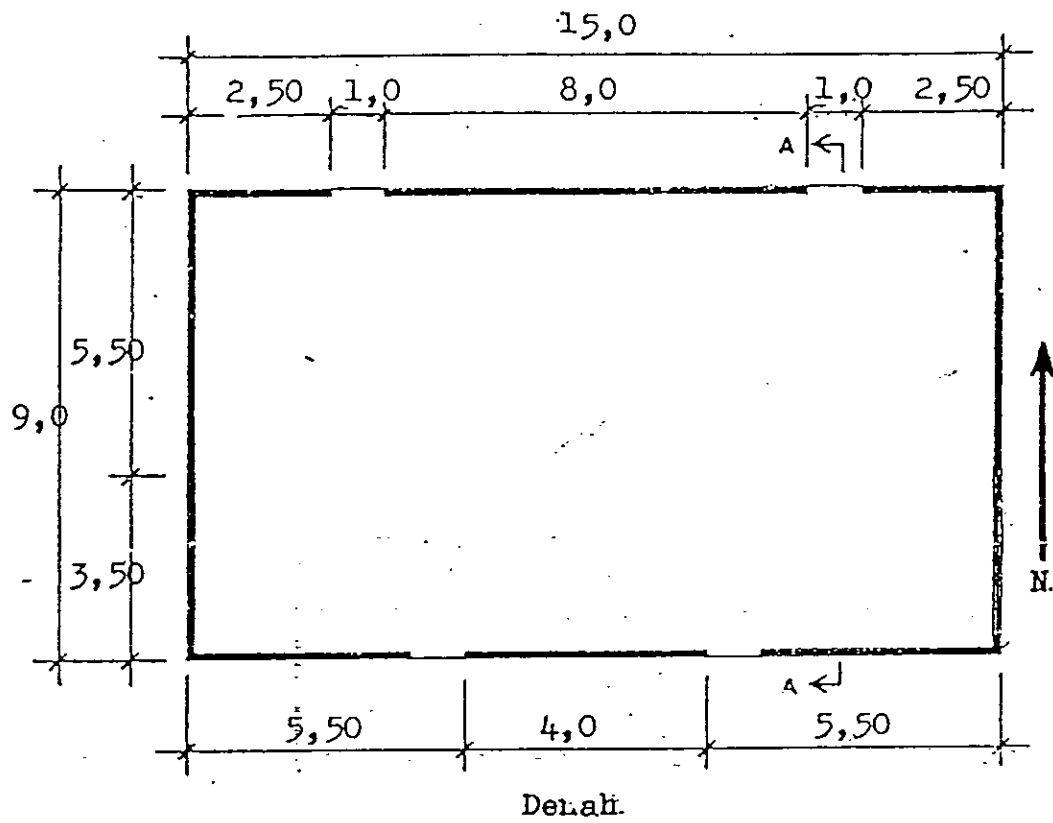
$$p = 0,00 (103,5)^2 = 32,14 \text{ lb/ft}^2 = 156,9 \text{ kg/m}^2.$$

Lihat tabel 23 F, didapat tekanan angin rencana

$$= 122 \text{ kg/m}^2.$$

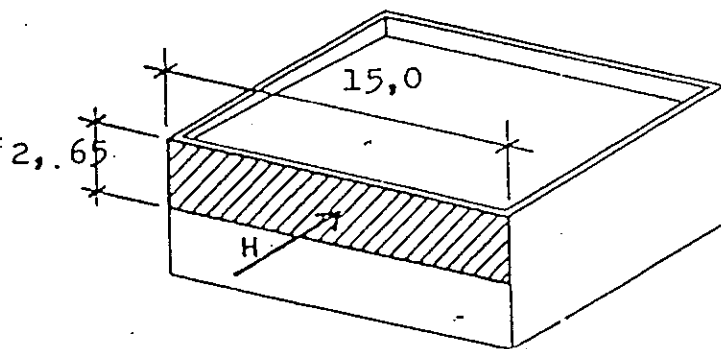
Beban angin arah Utara Selatan

Untuk perhitungan atap luas bidang yang dipakai untuk menahan beban angin sama dengan setengah dari tinggi diafragma vertikal ditambah dengan tinggi lisplang.

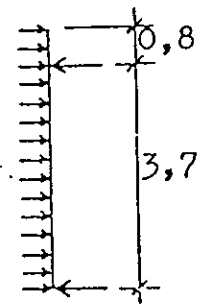


Potongan A-A

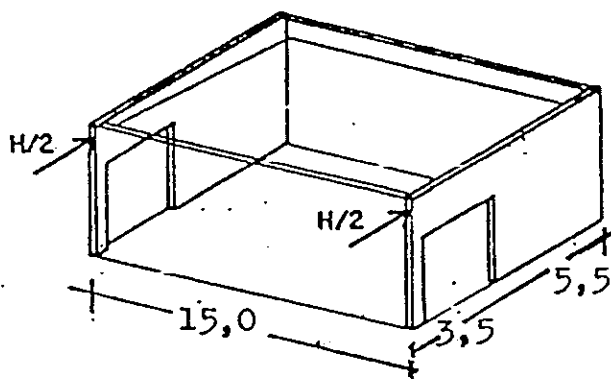
## 4.1 Bangunan contoh I.



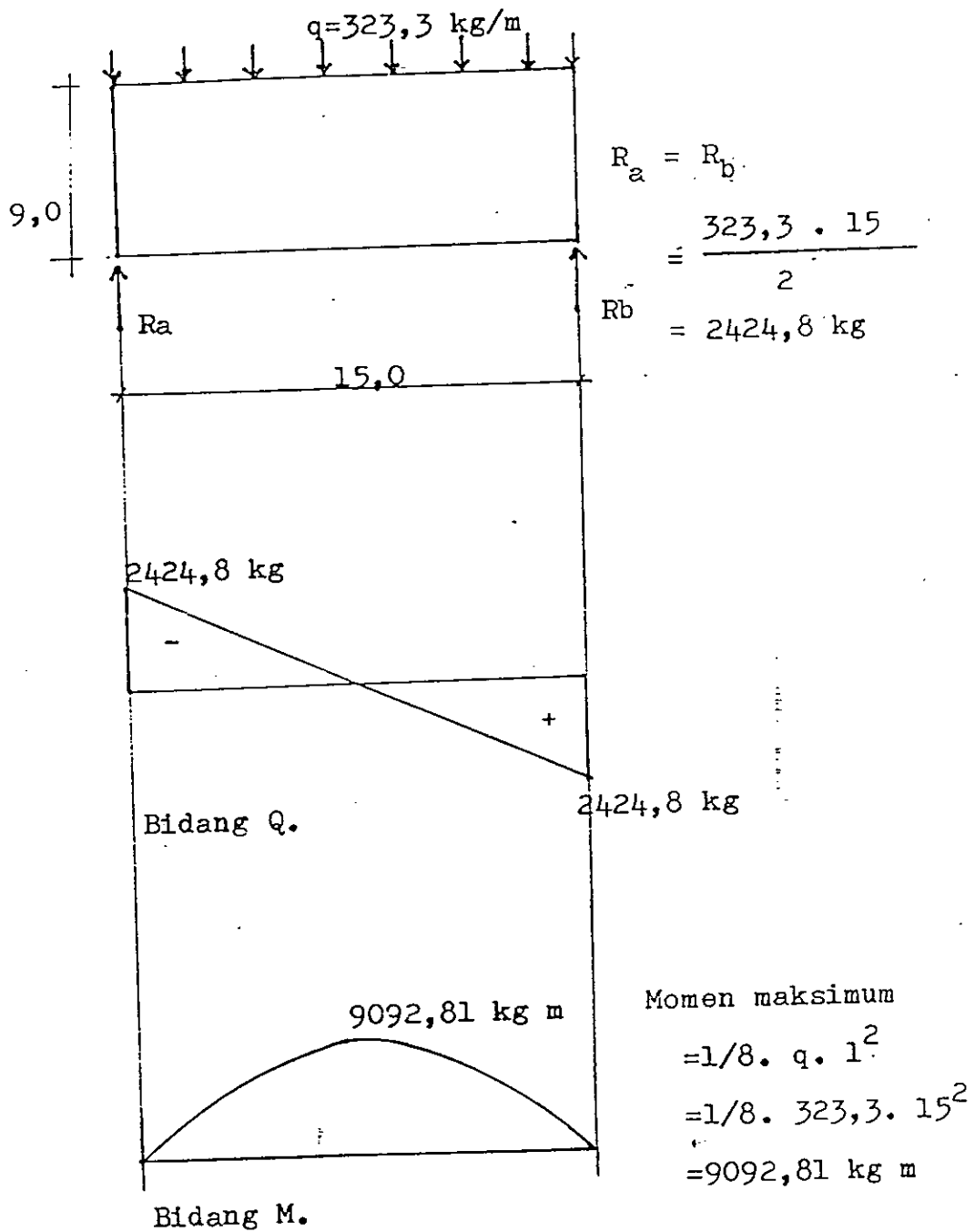
lysplank



#### 4.2 Beban angin arah Utara- Selatan.



#### 4.4 Beban pada ujung dinding geser.



Gambar 4.3 Perhitungan diafragma horisontal.

Jadi :

$$\begin{aligned} H \text{ total} &= p \cdot F \\ &= 122 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,65 \text{ m} \cdot 15,0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H \text{ total} = 4849,50 \text{ kg}.$$

Atau sebagai beban merata pada ujung atap seperti pada gambar 4.3.

$$q = 122 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,65 \text{ m} = 323,30 \text{ kg/m}.$$

Tekanan maximum dinding geser di atap pada ujung - ujung bangunan adalah :

$$V = \frac{2424,8 \text{ kg}}{9,0 \text{ m}} = 269,42 \text{ kg/m}.$$

Gaya maximum yang terjadi akibat momen maximum pada diafragma horizontal (atap) :

$$T = C = \frac{9092,81 \text{ kg}}{9,0 \text{ m}} = 1.010,31 \text{ kg}.$$

Beban akibat berat sendiri terdiri dari berat dinding, atap, konstruksi langit-langit dan beban mati lainnya.

Kita perkirakan sebesar 2250 kg.

Dinding tepi (diafragma vertikal) dianggap menerima gaya horizontal sepanjang 5,5 m.

Menurut UBC, untuk menahan guling diambil faktor keamanan 1,5 maka :

$$M \text{ guling} = 1,5 \times 2424,8 \text{ kg} \times 3,7 \text{ m} = 13457,64 \text{ kgm}$$

Sedang penahan akibat berat sendiri :

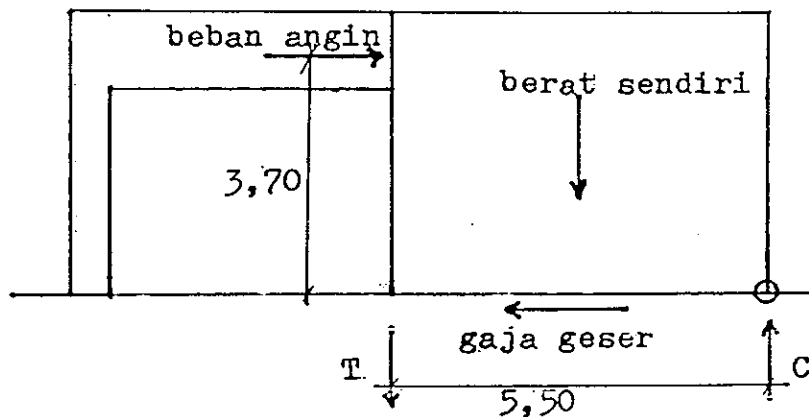
$$\begin{aligned} M \text{ berat sendiri} &= 2250 \text{ kg} \cdot 0,5 \cdot 5,5 \text{ m} = \\ &6187,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Maka  $M_{\text{netto}} = 13457,64 \text{ kgm} - 6187,5 \text{ kgm}$   
 $= 7270,14 \text{ kgm}.$

Momen ini ditahan oleh ujung-ujung jangkar pada dinding, gaya pada ujung jangka itu diperhitungkan :

$$T = \frac{7270,14 \text{ kgm}}{5,5 \text{ m}} = 1321,84 \text{ kg}.$$



Gambar 4.5. Diagram dinding geser.

Gaya  $T$  ini ditahan oleh sebuah jangkar (disebut sebuah penahan bawah atau pengikat bawah) yang diikatkan pada ujung rangka dinding dan dipancangkan pada landasan utama.

Bagian-bagian ujung rangka pada dinding geser sepanjang 5,50 m harus dirancang untuk kombinasi beban berat sendiri ditambah tekanan akibat momen guling.

$$M_{\text{guling}} = 2424,8 \text{ kg} \cdot 3,70 \text{ m} = 8971,76 \text{ kgm}.$$

Dan gaya tekan yang dihasilkan oleh angin sendiri ada-

lah :

$$C = \frac{8971,76 \text{ kgm}}{5,5 \text{ m}} = 1631,23 \text{ kg.}$$

Geseran horizontal pada dinding geser harus ditahan oleh baut-baut yang dipasang pada pelat besi pondasi.

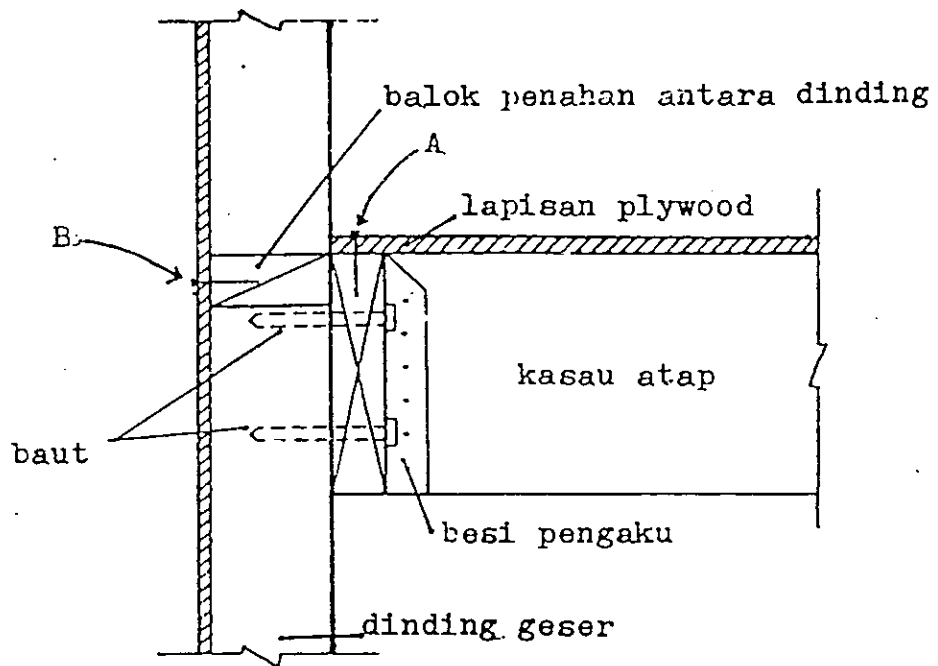
Bagian UBC 2907 (c) menetapkan ukuran diameter minimum baut 1/2" (inci), jarak maksimum antara dua baut 6 ft (182,88 cm) dan jarak maksimum antara baut dengan tiap-tiap ujung dinding adalah 12" (30,48 cm).

Untuk panjang dinding 5,5 m tersebut, dibutuhkan jumlah baut minimum sebanyak 4 buah dengan diameter 1/2" (inci). Menurut UBC tabel 25 F beban yang dapat dipikul oleh tiap baut dengan diameter 1/2" sebesar 650 lb (=295 kg) dalam potongan tunggal dengan gaya sejajar terhadap serat kayu.

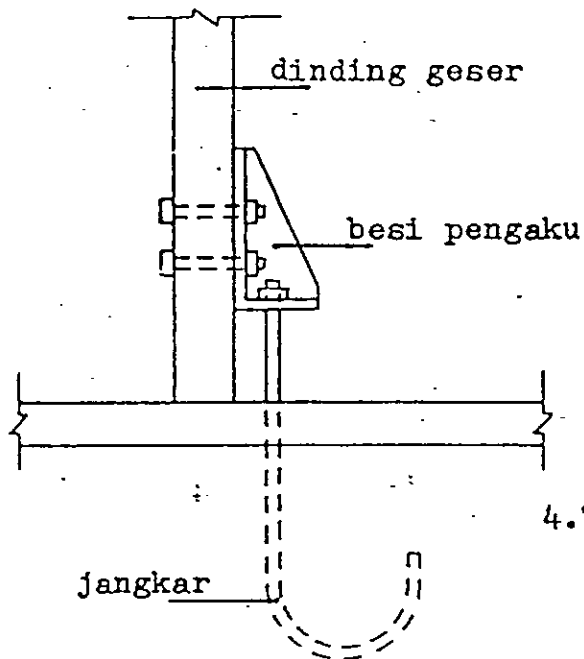
Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut yang diperlukan} &= \frac{1631,23 \text{ kg}}{295 \text{ kg}} \\ &= 5,5 \text{ buah.} \\ &6 \text{ buah.} \end{aligned}$$

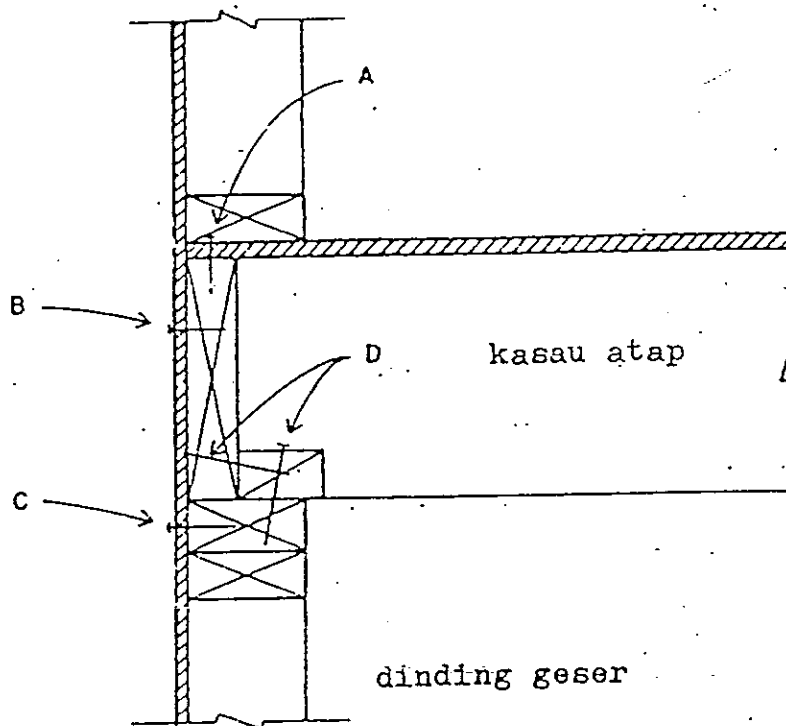
Dipakai 6 buah baut diameter 1/2" untuk menahan geseran.



- 4.6 Hubungan atap dan dinding belakang.  
 Paku A dan B berfungsi untuk memindahkan beban angin dari atap ke dinding geser belakang.  
 ( arah Utara- Selatan).



- 4.7 Jangkar pengikat bawah.  
 untuk dinding geser dari kayu.



- 4.8 Hubungan atap dan dinding depan.  
Paku A dan B berfungsi untuk memindahkan beban angin dari atap ke dinding geser depan.  
Paku C dan D berfungsi sebagai pengunci diafragma horizontal.

Beban angin arah timur barat

Untuk perhitungan atap luas bidang yang dipakai untuk menahan angin sama seperti dinding depan. Jadi :

$H \text{ total} = 122 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,65 \text{ m} \cdot 9,0 \text{ m} = 2909,70 \text{ kg}$   
atau sebagai beban merata pada atap seperti gambar 4.10

$$q = 122 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,65 \text{ m} = 323,3 \text{ kg/m}.$$

Tekanan maximum dinding geser di atap pada ujung-ujung bangunan adalah :

$$v = \frac{0,5 \cdot 2909,7 \text{ kg}}{15 \text{ m}} = 96,99 \text{ kg/m}.$$

Gaya maximum yang terjadi akibat momen maximum pada diafragma horizontal (atap) :

$$T = C = \frac{3273,41 \text{ kgm}}{15 \text{ m}} = 218,23 \text{ kg}.$$

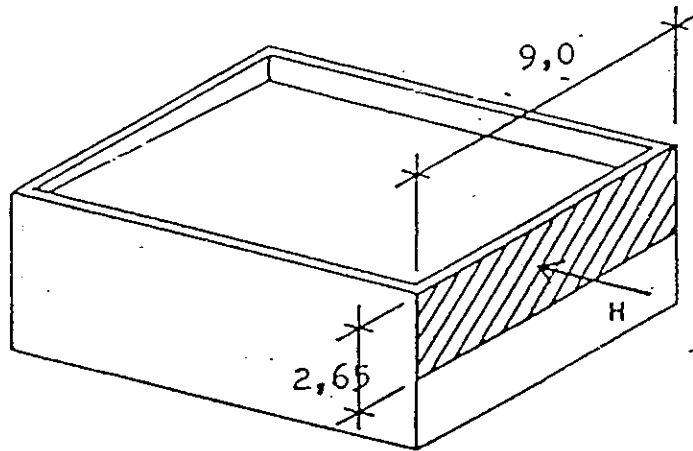
Geseran pada dinding depan :

$$v = \frac{0,5 \cdot 2909,7 \text{ kg}}{4 \text{ m}} = 363,73 \text{ kg/m}$$

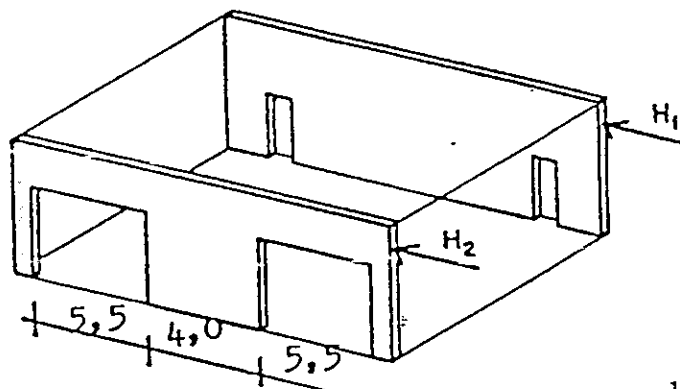
Geseran pada dinding belakang :

$$v = \frac{0,5 \cdot 2909,7 \text{ kg}}{8 + 2(2,50) \text{ m}} = 111,91 \text{ kg/m}.$$

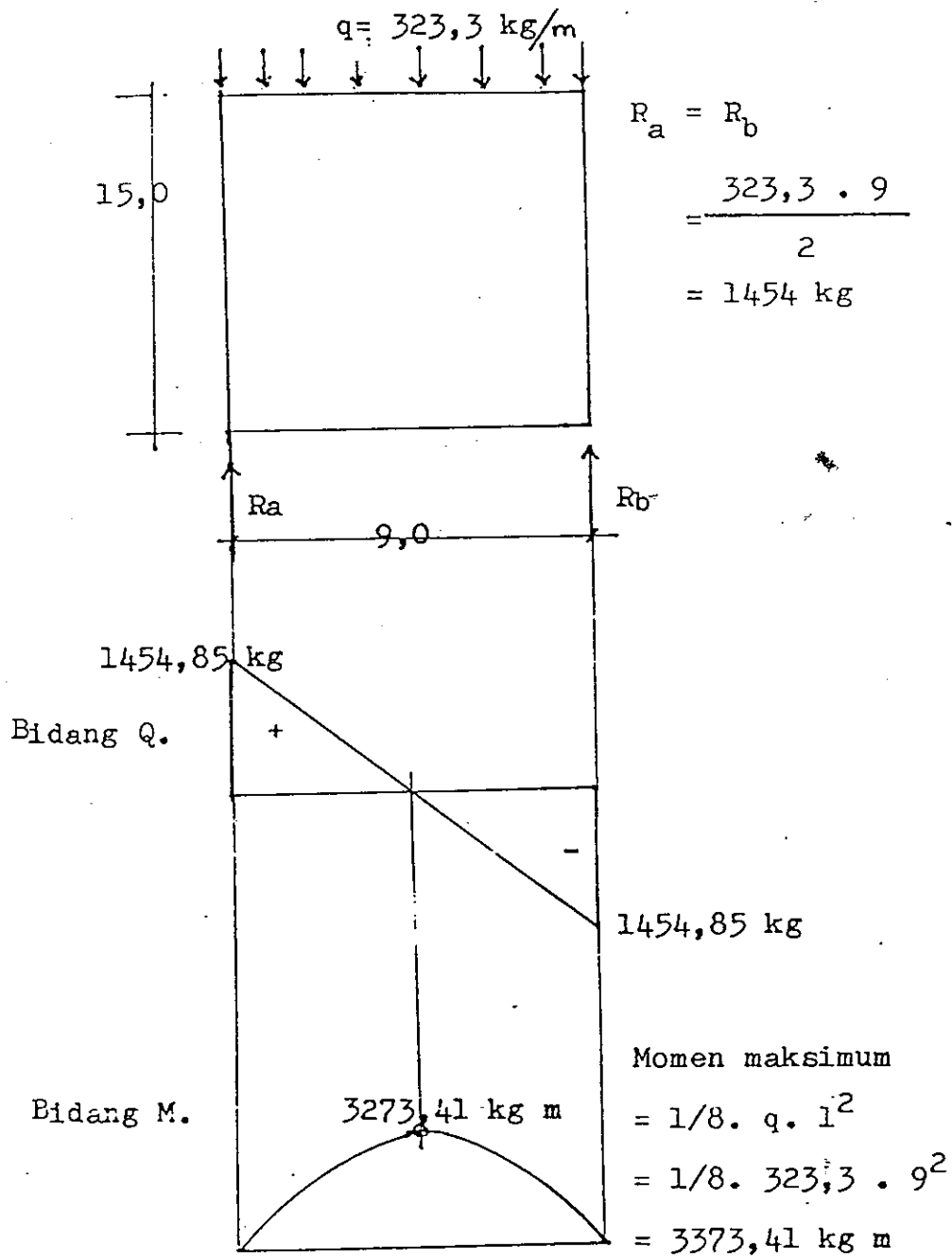
Seperti pada gambar 4.11 tekanan total horizontal diperhitungkan antara dinding depan dan dinding belakang. Kedua dinding tidak simetris, tetapi beban angin yang diterima tiap dinding sama ( $H_1 = H_2 = 1454,85 \text{ kg}$ ).



4.9 Beban angin arah Timur- Barat.



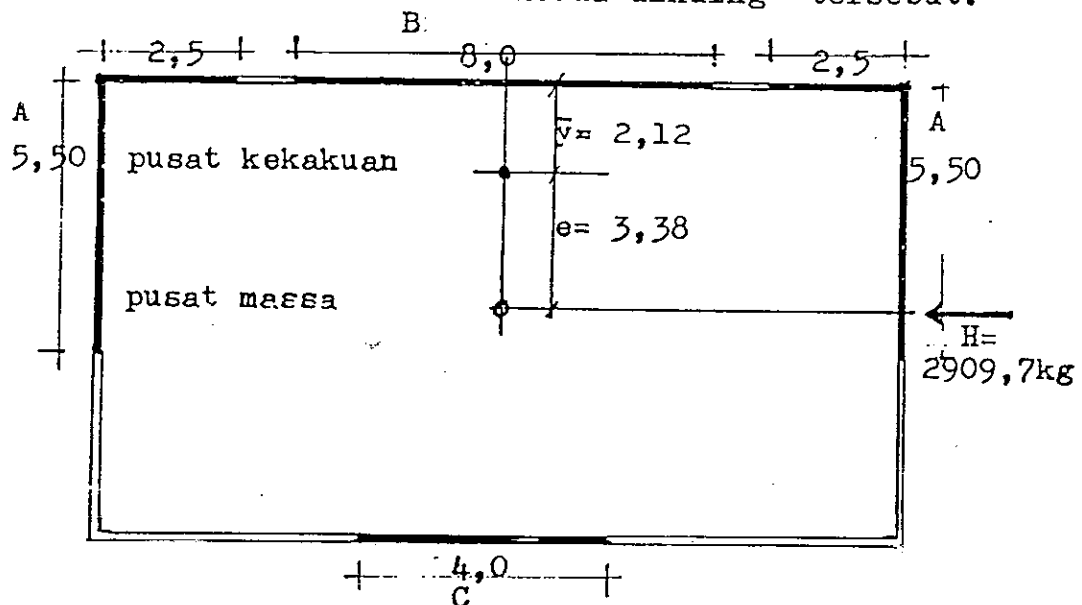
4.11 Beban pada ujung dinding geser.



4.10 Perhitungan diafragma horisontal Timur - Barat.

Perbedaan kekakuan ini mengakibatkan terjadinya pengaruh puntiran yang akan menambah tekanan pada dinding depan dan pengurangan tekanan pada dinding belakang.

Puntiran ini akan ditahan oleh kedua dinding tersebut.



Gambar 4.12. Torsi akibat angin timur barat.

Gambar 4.12 menggambarkan dasar perhitungan akibat torsi. Dinding geser yang berdiri sendiri diperkirakan mempunyai kekakuan yang sesuai dengan panjangnya.

Pusat kekakuan dihitung dengan cara statis momen sebagai berikut :

$$\bar{y} = \frac{\text{Statis momen terhadap dinding belakang}}{\text{Jumlah kekakuan dua dinding}}$$

$$\bar{y} = \frac{4 \text{ m} \cdot 9 \text{ m}}{(4 + 2,5 + 2,5 + 8) \text{ m}} = 2,12 \text{ m}$$

Momen inersia torsi pada dinding-dinding geser (I) dicari seperti pada tabel sebagai berikut :



TABEL 4.1 Pengaruh torsi untuk angin Timur-Barat.

Dinding	Kekakuan dinding (F)	Jarak dari titik kekakuan (d)	$I = F \cdot d^2$
A	2 (5,5) m <sup>2</sup>	7,5 m	618,75 m <sup>4</sup>
B	13 m	2,12m	58,43 m <sup>4</sup>
C	4 m	6,88m	189,34 m <sup>4</sup>
Momen inersia total (I) =			866,52 m <sup>4</sup>

Momen teori ditentukan sebagai :

$$M_t = 2909,7 \text{ kg} \cdot 3,38 \text{ m} = 9834,79 \text{ kgm}.$$

Gaya kritis pada dinding depan ditetapkan sebagai jumlah antara gaya torsi dan gaya akibat beban langsung.

Gaya torsi ini :

$$v = \frac{M_t \cdot y}{I} = \frac{9834,79 \text{ kgm} \cdot 6,88 \text{ m}}{866,52 \text{ m}^4} = 78,09 \text{ kg/m}$$

Sedang gaya akibat beban langsung diperoleh dengan membagi H total dengan jumlah kekakuan dinding depan dan belakang, maka :

$$v = \frac{2909,7 \text{ kg}}{17 \text{ m}} = 171,16 \text{ kg/m}$$

maka gaya kritis pada dinding depan :

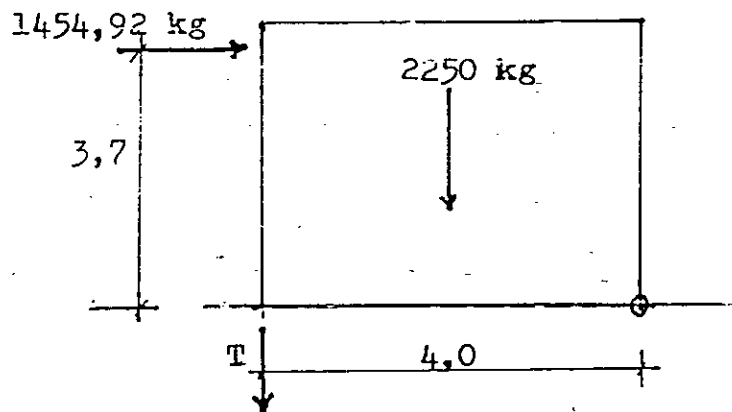
$$V \text{ total} = (171,16 + 78,09) \text{ kg/m} = 249,25 \text{ kg/m}.$$

Hasil ini lebih rendah dari nilai 363,73 kg/m seperti

sudah ditetapkan pada hitungan terdahulu untuk dinding depan.

Untuk dinding belakang torsi bekerja mengurangi geseran, tetapi peraturan tidak memperbolehkan pengurangan ini, sehingga tegangan kritis untuk dinding belakang dipilih yang terbesar antara 111,91 kg/m dan 171,16 kg/m.

Dengan perkiraan beban mati total 2250 kg, nilai yang lebih tinggi yaitu 363,73 kg/m untuk geseran pada dinding depan menghasilkan guling dan geseran seperti pada gambar 4.13.



Gambar 4.13. Analisa guling untuk dinding geser depan.

Momen guling dihitung sebagai berikut :

$$\text{Beban lateral } 363,73 \text{ kg/m} \cdot 4 \text{ m} = 1454,92 \text{ kg}.$$

$$\text{M guling } 1454,92 \text{ kg} \cdot 3,7 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ (SF)} = 8.074,81 \text{ kgm}.$$

$$\text{M beban mati } 2250 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m} = 4500 \text{ kgm}.$$

$$\text{M netto untuk penahan bawah} = 8074,81 \text{ kgm} - 4500 \text{ kgm} = 3574,81 \text{ kgm}.$$

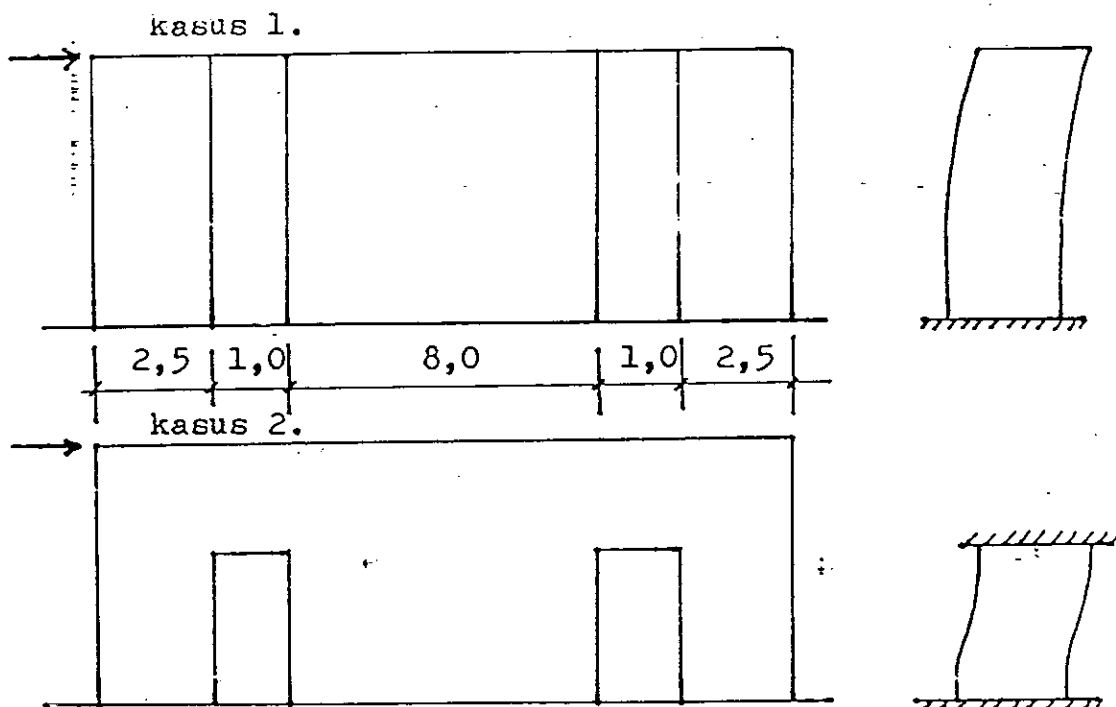
maka gaya pada ujung gambar :

$$T = \frac{3574,81 \text{ kgm}}{4 \text{ m}} = 893,70 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut untuk menahan geseran horizontal} &= \frac{1454,92}{295} \\ &= 4,9 \quad 5 \end{aligned}$$

Dipakai 5 buah baut diameter  $\frac{1}{2}$ " untuk menahan geseran.

Perencanaan terhadap dinding belakang ada dua pendekatan. Pendekatan pertama dengan memperkirakan bahwa dinding terdiri dari tiga bidang yang terisolasi dengan ketinggiannya sama antara lantai dengan atap seperti kasus 1 pada gambar 4.14.

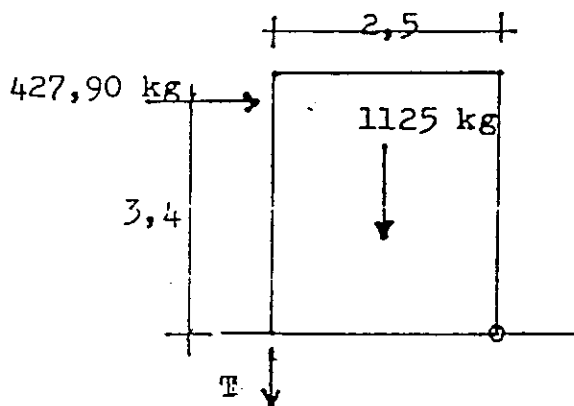


Gambar 4.14. Anggapan-anggapan untuk dinding belakang.

Perhitungan momen (lihat gambar 4.15).

$$\begin{aligned}
 \text{Beban lateral} &= 171,16 \text{ kg/m} \cdot 2,5 \text{ m} = 427,90 \text{ kg} \\
 \text{M guling} &= 427,90 \text{ kg} \cdot 3,4 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ (SF)} \\
 &= 2.182,29 \text{ kgm} \\
 \text{M beban mati} &= 1125 \text{ kg} \cdot 1,25 \text{ m} = 1.406,25 \text{ kgm} \\
 \text{M netto} &= 2182,29 \text{ kgm} - 1406,25 \text{ kgm} \\
 &= 776,04 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

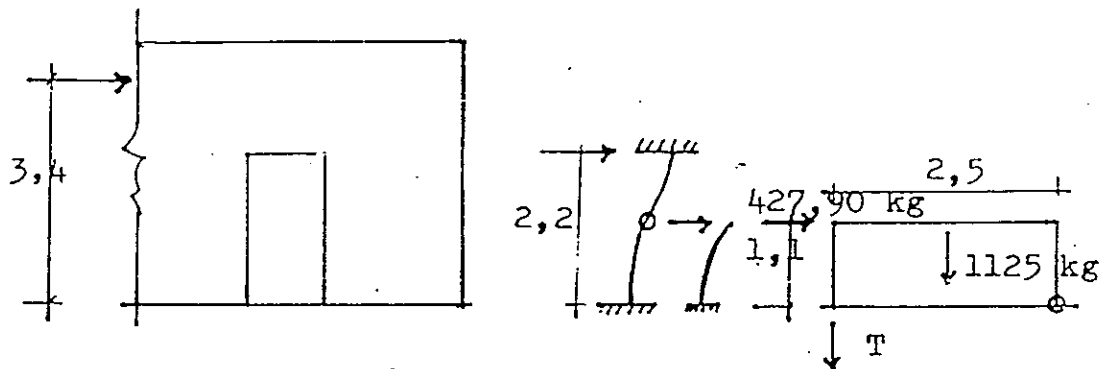
Momen ini mengakibatkan tekanan yang kecil, dimana sudah dicukupi dengan syarat minimum yaitu 3 baut.



Gambar 4.15. Analisa guling untuk dinding geser belakang

Untuk kasus 2 pada gambar 4.14, bagian dinding menerus di atas lubang diperkirakan menghasilkan aksi rangka kaku seperti keadaan jepit-jepit. Ini mengakibatkan banyak pengurangan beban dari dasar dinding. Pengurangan pertama pada tinggi dinding yang dikurangi dari 3,4 m menjadi 2,2 m. Pengurangan kedua karena keadaan jepit-jepit pada bagian atas dan bawah. Jika pembengkokan (inflection) bidang diperkirakan pada pertengahan ketinggian seperti pada gambar 4.16, lengan momen guling menjadi 1,1 m dengan pertimbangan mengurangi

pengaruh guling pada dinding itu, sementara momen penahan akibat beban mati tetap.



Gambar 4.16. Anggapan untuk dinding geser belakang.

Di halaman belakang ada beberapa gambar detail konstruksi untuk kedua masalah ini. Untuk kasus 1 bagian tepi dinding geser harus meneruskan dari lantai ke atap untuk penyaluran gaya.

Untuk kasus 2 harus ada dua penyaluran yaitu vertikal dan horizontal pada sudut rangka atas yang terbuka seperti tampak pada gambar 4.17.

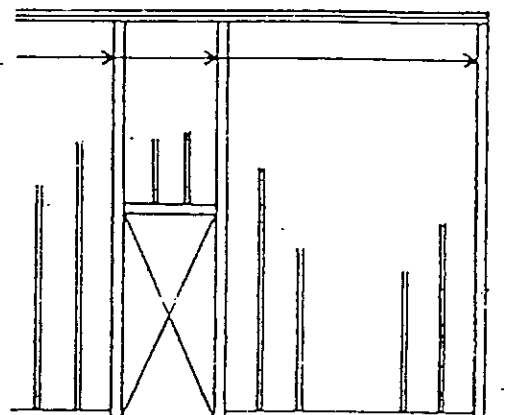
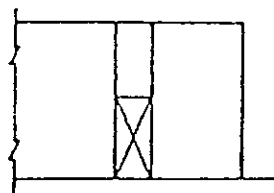
Anggapan titik belok pada kasus 2 terletak pada pertengahan tingginya seperti gambar 4.16.

Momen akibat beban lateral pada kedua ujungnya (atas dan bawah) adalah :  $M = 427,90 \text{ kg} \cdot 1,1 \text{ m} = 470,69 \text{ kgm}$ .

Yang dipakai untuk pemecahan tegangan penahan konstruksi pada titik A dan untuk momen guling pada dasar dinding.

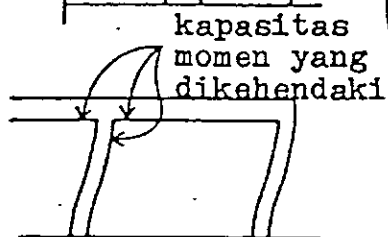
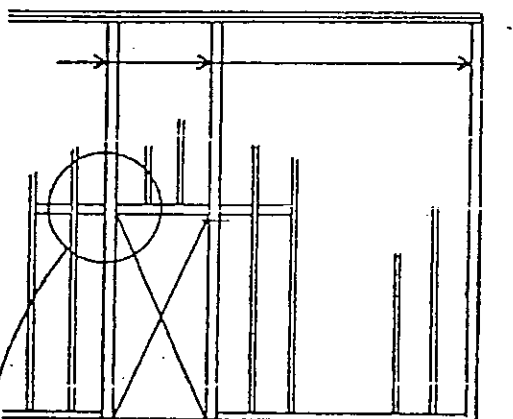
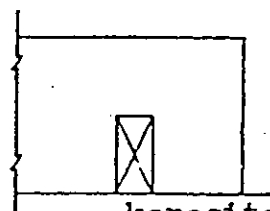
Perhitungan guling pada kasus ke 2, seperti

Kasus 1

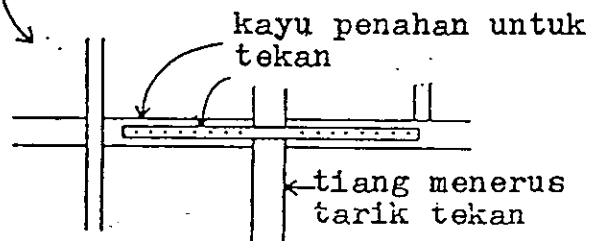


seperti kasus 1

Kasus 2



kapasitas momen yang dikehendaki



kayu penahan untuk tekan

tiang menerus tarik tekan

besi strip untuk tarik

4.17 Detail rangka dinding geser belakang.

pada gambar 4.16, yaitu :

$$M \text{ guling} = 470,69 \text{ kgm} \cdot 1,5 \text{ (SF)} = 706,04 \text{ kgm}.$$

$$M \text{ beban mati} = 1125 \text{ kg} \cdot 1,25 \text{ m} = 1406,25 \text{ kgm}.$$

$$M \text{ netto untuk penahan bawah} = 0.$$

Dari kedua kasus pada contoh ini tidak diperlukan penahan bawah pada dasar dinding. Pada kedua kasus ini terlihat kasus 1 lebih baik (karena menghilangkan balok-balok dan sambungan-sambungan), tetapi banyak perencana lebih suka kasus ke 2 karena mengurangi kemungkinan tekuk pada elemen vertikal.

#### PERHITUNGAN TEKANAN ANGIN RENCANA MENURUT PPIUG 1983<sup>7</sup>

- Kecepatan angin terbesar = 90 knots.

$$V = 90 \text{ knots} = 46,3 \text{ m/det}.$$

$$\text{Rumus : } p = \frac{V^2}{16} \text{ kg/m}^2 \quad \text{dimana } V \text{ dalam m/det}.$$

$$p = \frac{(46,3)^2}{16} \text{ kg/m}^2 = 133,98 \text{ kg/m}^2.$$

Jadi tekanan angin rencana menurut PMI 1981 =  $133,98 \text{ kg/m}^2$

dimana lebih besar dari tekanan angin rencana menurut

UBC =  $122 \text{ kg/m}^2$  (lihat perhitungan di depan).

#### IV.1.2. AKIBAT GEMPA

Contoh ini memakai model seperti pada contoh angin.

Diambil zone 4,  $Z = 1,0$ .

Lihat tabel 23K dari UBC, didapat  $I = 1,0$ .

S tidak ditentukan, dipakai harga maximum  $C.S = 0,14$ .

Beban-beban mati.

Atap dan langit-langit	= 60 $\text{kg/m}^2$ .
Dinding luar	= 100 $\text{kg/m}^2$ .
Dinding dalam	= 50 $\text{kg/m}^2$ .
Lisplang	= 1,5 $\text{kg/m}^2$ .
Bubungan atap	= 2300kg.

Untuk sistim bangunan kotak, tabel 23-I menetapkan faktor  $K = 1,33$ , maka jumlah beban gempa seluruhnya :

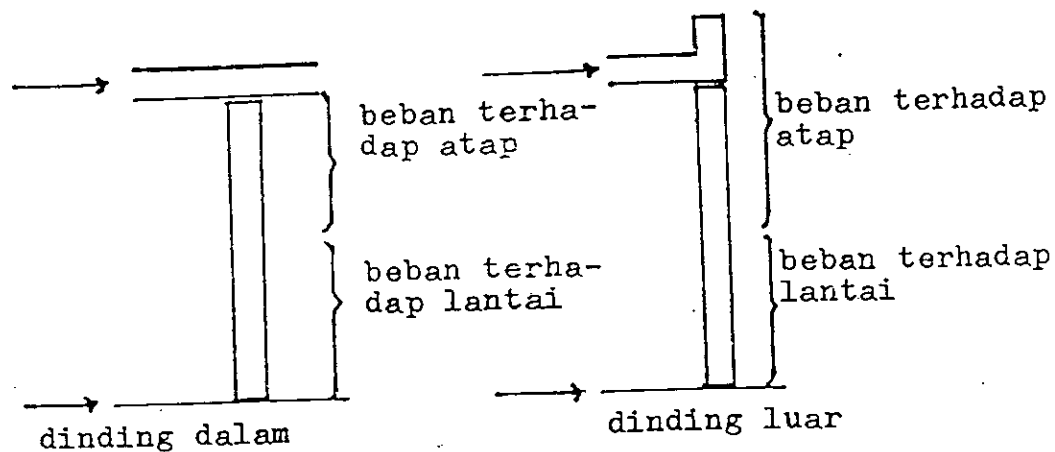
$$\begin{aligned} V &= Z.I.K.C.S.W. \\ &= 1,0.1,0.1,33.0,14.W. \\ &= 0,1862 W. \end{aligned}$$

Beban kritis ( $V$ ) ini dikerjakan pada ujung dari diafragma atap dan dipindahkan melalui dinding-dinding geser ke pondasi. Untuk beban ini harga  $W$  adalah jumlah dari beban-beban mati seperti tersebut di atas.

Pada contoh ini reaksi-reaksi dari dinding di anggap seperti pada gambar







Gambar 4.18. Anggapan perhitungan akibat beban gempa pada dinding datar.

Dengan arah tegak lurus pada dinding, bentang dinding dianggap dari lantai ke atap. Untuk dinding dalam beban terhadap atap sama dengan setengah dari beban total. Untuk dinding luar berdasarkan anggapan di depan, yaitu sama dengan setengah dari diafragma vertikal ditambah dengan tinggi lisplang sepanjang  $= 3,7 \text{ m} + 0,8 \text{ m} = 2,65 \text{ m}$ . Dengan menganggap beban lisplang (depan dan belakang) dijumlahkan dengan  $W$ , dan bubungan atap dikerjakan secara terpusat, maka kita mendapatkan beban  $W$  dalam dua arah, seperti tabel di bawah ini :

BEBAN-BEBAN	BEBAN TIMUR-BARAT
Atap dan langit-langit langit                    60 kg/m <sup>2</sup>	9.15.60 = 8100 kg
Dinding-dinding luar                    100 kg/m <sup>2</sup>	18.2.65 = 4770 kg
Dinding-dinding dalam                    50 kg/m <sup>2</sup>	30.1.85.50 = 2775 kg
Lisplang                    1,5 kg/m	15.1,5 = 22,5 kg
Bubungan atap            2300 kg	2300 kg
<b>BEBAN TOTAL ( = W )</b>	<b>17967,5 kg</b>

BEBAN-BEBAN	BEBAN UTARA-SELATAN
Atap dan langit-langit langit                    60 kg/m <sup>2</sup>	90.15.60 = 8100 kg
Dinding-dinding luar                    100 kg/m <sup>2</sup>	30.2.65.100 = 7950 kg
Dinding-dinding dalam                    50 kg/m <sup>2</sup>	30.1,85.50 = 2775 kg
Lisplang                    1,5 kg/m	15.1,5 = 22,5 kg
Bubungan atap            2300 kg	2300 kg
<b>BEBAN TOTAL ( = W )</b>	<b>21147,5 kg</b>

Perencanaan Gempa Arah Timur-Barat

Beban gempa :

$$V = 0,1862 \cdot 17967,5 \text{ kg} = 3345,55 \text{ kg.}$$

Dengan mengabaikan torsi, tegangan rata-rata pada dinding-dinding geser (depan dan belakang) adalah :

$$v = \frac{3345,55 \text{ kg}}{17 \text{ m}} = 196,80 \text{ kg/m.}$$

Dengan menganggap beban-beban mati terpusat pada bangunan, maka penambahan tegangan torsi pada dinding depan adalah :

$$v = \frac{T_c}{I} = \frac{3345,55 \text{ kg} \cdot 3,38 \text{ m} \cdot 6,88}{866,52 \text{ m}^4} = 63,22 \text{ kg/m}$$

Tegangan dinding depan total = 196,80 kg/m + 63,22 kg/m  
= 260,02 kg/m.

Seperti anggapan pada perhitungan angin, tegangan akibat torsi tidak mengurangi tegangan pada dinding belakang (pengaruh puntiran diabaikan) dan pembagian beban dianggap diterima seluruh dinding.

Perhitungan dari dinding depan :

$$\text{Beban pada dinding depan} = \frac{1}{2} \cdot 3345,55 \text{ kg} = 1672,78 \text{ kg.}$$

$$v = \frac{1672,78 \text{ kg}}{4 \text{ m}} = 418,19 \text{ kg/m.}$$

Untuk perencanaan, kita menggunakan nilai kritis 196,80 kg/m untuk dinding belakang dan 418,19 kg/m untuk dinding

depan.

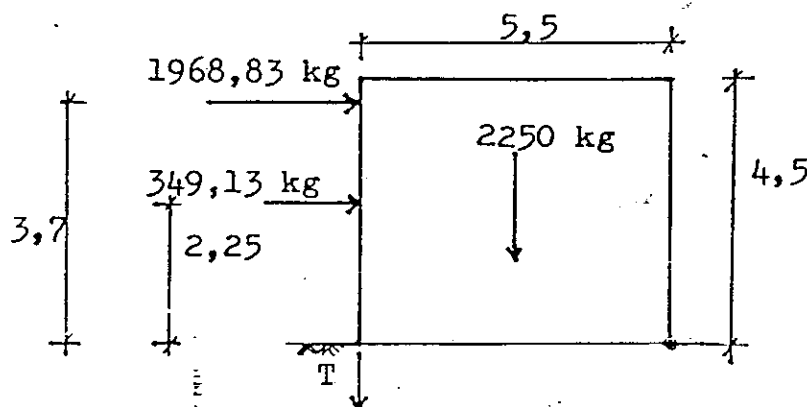
Beban Gempa Arah Utara-Selatan

Perhitungan Terhadap Momen Guling

Beban gempa seluruhnya :

$$V = 0,1862 \cdot 21147 \text{ kg} = 3937,66 \text{ kg.}$$

Dinding-dinding geser harus direncanakan untuk kombinasi beban gempa dan berat sendiri seperti gambar



Analisa guling dari dinding geser.

Kita anggap dinding itu sendiri mempunyai berat 1875 kg.

Jika beban lateral akibat gempa adalah :

$$0,1862 \cdot 1875 \text{ kg} = 349,13 \text{ kg.}$$

Beban lateral seluruhnya :

$$1968,83 \text{ kg} + 349,13 \text{ kg} = 2317,96 \text{ kg.}$$

Tegangan geser maximum :

$$\frac{2317,96 \text{ kg}}{5,5 \text{ m}} = 421,45 \text{ kg/m}$$

- Momen guling :

$$1968,83 \text{ kg} \cdot 3,7 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ (FK)} = 10927,01 \text{ kg m.}$$

$$349,13 \text{ kg} \cdot 2,25 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ (FK)} = \frac{1178,31 \text{ kg m.}}{+} \\ = 12105,32 \text{ kg m.}$$

- Momen beban mati :

$$2250 \text{ kg} \cdot 0,5 \cdot 5,5 \text{ m} = \frac{6187,50 \text{ kg m.}}{-} \\ 5917,82 \text{ kg m.}$$

$$\text{Jadi } T = \frac{5917,82 \text{ kg m.}}{5,5 \text{ m}} = 1075,97 \text{ kg.}$$

Bagian 2312 (e) dari UBC menentukan untuk konstruksi simetris dengan diafragma kayu yang elastis, sistem harus direncanakan untuk pengaruh torsi minimum 5% dari bentang terpanjang.

Berdasarkan gambar 4.12 dan tabel 4.1 penambahan tegangan pada dinding geser ujung adalah :

$$v = \frac{T_c}{I} = \frac{1968,83 \text{ kg} (0,05 \times 15 \text{ m}) 7,5 \text{ m}}{866,52 \text{ m}^4} = \\ = 12,78 \text{ kg/m.}$$

Jika penambahan tegangan ini juga ditambahkan pada pengaruh guling, maka gaya jangkar dihitung sebagai berikut :

Penambahan momen guling :

$$12,78 \text{ kg/m} \cdot 5,5 \text{ m} \cdot 3,7 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ (FK)} = 390,13 \text{ kg m.}$$

$$M \text{ guling baru} = 12105,32 \text{ kgm} + 390,13 \text{ kgm} = 12495,45 \text{ kgm}$$

M baru yang dibutuhkan untuk pengikat bawah (jangkar) :

$$12495,45 \text{ kgm} - 6187,5 \text{ kgm} = 6307,95 \text{ kgm.}$$

$$T \text{ baru} = \frac{6307,95 \text{ kgm}}{5,5 \text{ m}} = 1145,9 \text{ kg.}$$

## 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 Pembetanan Indonesia Untuk Gedung 1983".
8. DPMB, "Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1981".