

**DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG
BERDASARKAN ACI 318-2002 DAN SNI 03-2847-2002
DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ETABS**

Joni Hermanto¹

Abstrak

Struktur yang dirancang merupakan struktur 5 lantai yang didesain menggunakan beton bertulang. Dalam merancang dan mendesain sebuah struktur gedung diperlukan ketelitian dan efisiensi penggunaan waktu. Sehingga perhitungan struktur gedung 5 lantai ini di desain dengan program bantu ETABS v.9.0.0. Pendesainan struktur mengacu pada Peraturan ACI 318-2002 dan SNI-03-2847-2002, serta SNI-1926-2002 untuk beban gempa Ragam Respons Spektrum.

Tinjauan perancangan dititik beratkan pada struktur primer bangunan yaitu balok dan kolom. Adapun tujuan untuk menghasilkan perencanaan struktur gedung beton bertulangan yang efektif dan efisiensi dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI 03-2847-2002, ACI 318-2002.

Dari hasil desain manual (SNI 03-2847-2002) diperoleh rasio tulangan balok dengan selisih 2,222% terhadap ACI 318-2002 yang didesain dengan menggunakan program ETABS v9.0.0. Tulangan geser (seengkang) balok akibat gaya geser diperoleh rasio tulangan dengan selisih 16,77% untuk ACI 318-2002 terhadap SNI-03-2847-2002. Kebutuhan tulangan dengan metode SNI 2847-2002 akibat momen lentur kolom 7,556% lebih besar dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode ACI-318-2002. Tulangan geser (seengkang) kolom akibat gaya geser adalah 25,81 % lebih kecil dibandingkan hasil yang diperoleh dengan metode ACI-318-2002.

Kata kunci : Balok, beton bertulang, desain, ETABS, kolom, Ragam Respons Spectrum.

¹ Dosen Fakultas Teknik UMMU Ternat

PENDAHULUAN

Tata cara perhitungan beton di Indonesia (SNI) memakai rujukan dari berbagai peraturan di negara maju seperti Amerika, Belanda dan Selandia Baru. Di Indonesia perkembangan perhitungan struktur bertulang didasarkan pada peraturan – peraturan yang pernah ada di Indonesia mulai dari *PB-55, PBI-71* yang mengadopsi sebagian besar dari Eropa dan menggunakan Metode Elastis, Perubahan acuan beton Indonesia berubah pada tahun 1991 dimana saat itu Indonesia mengeluarkan peraturan baru *SKSNI-1991* yang menggunakan Metode Keadaan Batas (*LSM*) yang merujuk pada *ACI-318-83* dan Metode ini tetap dipakai pada tata cara perhitungan struktur beton bertulang yang paling baru saat ini yakni *SNI-2847-2002* dimana tata cara yang baru ini merujuk pada *ACI-318-99* dan untuk faktor bebannya mengadopsi dari *ACI-318-2002*.

Prosedur dan asumsi dalam perencanaan serta besarnya beban rencana mengikuti ketentuan dalam perencanaan berdasarkan *SNI-03-2847-2002*. Didasarkan pada asumsi bahwa struktur direncanakan untuk memikul semua beban kerjanya. dalam penelitian ini beban-beban yang direncanakan yaitu:

1. Beban Mati
2. Beban Hidup
3. Beban Gempa Respons Spektrum Dinamik.

Analisis *Ragam Spektrum Respons* adalah suatu cara analisis dimana *Respons Dinamik* total struktur gedung tersebut didapat sebagai super posisi dari *Respons Dinamik* maksimum masing-masing ragamnya yang didapat melalui *spectrum Respons* gempa rencana. Dimana analisis dinamik dilakukan dengan bantuan program *ETABS v9.0.0*.

Analisis *Ragam Spektrum Respons* meliputi:

1. Arah pembebanan
2. Faktor respons gempa
3. Respons Spektrum rencana
4. Kombinasi ragam
5. Faktor skala
6. Eksentrisitas pusat massa terhadap pusat rotasi lantai tingkat.

Pembebanan pada *SNI 2847-2002* diambil dari pasal 11.2 dimana beban yang ada dikalikan dengan suatu factor beban :

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1 L \ddot{E} 1 E$$

$$U = 0,9 D \ddot{E} 1 E$$

Dimana :

D = Beban Mati; L = Beban Hidup;
 A = Beban Atap; R = Beban Hujan
 E = Beban Gempa.

Pembebanan pada *ACI 318-2002* diambil dari pasal 9.2 dimana beban yang ada dikalikan dengan suatu factor beban :

$$U = 1.4 D (D + F)$$

$$U = 1.2 (D + F + T) + 1.6 (L + H) + 0.5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2 D + 1.6 (L \text{ atau } S \text{ atau } R) + (1.0 L \text{ atau } 0.8 W)$$

$$U = 1.2 D + 1.0 E + 1.0 L + 0.2 S$$

$$U = 0.9 D + 1.6 W + 1.6 H$$

$$U = 0.9 D + 1.0 E + 1.6$$

Dimana :

- D = Beban Mati;
- L = Beban Hidup;
- Lr = Beban Atap;
- R = Beban Hujan;
- F = Beban Fluida;
- S = Beban Salju;
- E = Beban Gempa ;
- W = Beban Angin.

Penentuan besarnya factor reduksi kekuatan (w) struktur dalam SNI 03-2847-2002, Butir 9.3(2) dan 9.3(3). Faktor reduksi kekuatan w ditentukan sebagai berikut:

-) Lentur, tanpa beban aksial 0,80
-) Aksial tarik, dan aksial tarik dengan lentur 0,80
-) Aksial tekan, dan aksial tekan dengan lentur:
 - Komponen struktur tulangan spiral 0,70
 - Komponen struktur lainnya 0,65
-) Geser dan torsi 0,75
-) Komponen struktur penahan gempa tanpa penulangan transversal 0,50
-) Komponen struktur penahan gempa yang kuat geser nominalnya lebih kecil dari pada gaya geser yang timbul sehubungan dengan pengembangan kuat lentur nominalnya 0,55.
-) Geser pada hubungan balok-kolom dan pada geser balok perangkai yang diberi tulangan diagonal 0,80.
-) Tumpuan pada beton 0,65

Penentuan besarnya factor reduksi kekuatan (w) struktur AC/318-2002, yang diakibatkan kekuatan aksial dan lentur diatur

dalam pasal 9.3.2.2 dimana, Faktor reduksi kekuatan w ditentukan sebagai berikut:

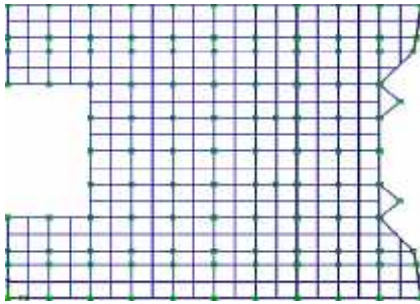
-) *Tension-Controlled Section* 0.9
-) Lentur tanpa beban aksial pada beton bertulang 0.9
-) Tarik aksial dengan atau tanpa lentur 0.9
-) Geser dan torsi 0.85
-) Tumpuan pada beton 0.7
-) Tekan aksial dengan atau tanpa lentur 0.7 – 0.75
-) *Compression-Controlled Section* :
 - Komponen struktur tulangan spiral 0.7
 - Komponen struktur lainnya 0.65

METODE PENELITIAN

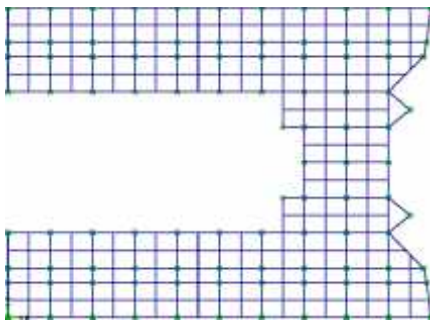
Analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS v9.0.0.

Setelah melakukan analisa struktur bangunan, tahap selanjutnya kita control desain meliputi control terhadap balok, kolom, dimana dari control tersebut dapat mengetahui apakah desain yang kita rencanakan telah sesuai dengan syarat-syarat perencanaan, dan peraturan angka keamanan, serta efisiensi. Bila telah memenuhi maka dapat diteruskan ketahap pendetailan. Bila tidak memenuhi maka dilakukan *re-design*.

Model struktur yang dianalisa seperti pada gambar berikut :



(a)



(b)

Gambar 1.(a)DenahLantai 1, 2 dan (b) DenahLantai 3,4,5

Langkah – langkah dalam perancangan dengan kedua metode yaitu:

- 1) Langkah – langkah perancangan secara manual dalam penelitian ini adalah :
 - a. *Preliminary* Desain balok dan kolom.
 - b. Analisa pembebanan terhadap beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
 - c. Mengambil nilai gaya-gaya dalam berupa momen, geser, dan lintang dari

program bantu *ETABS v9.0.0*.

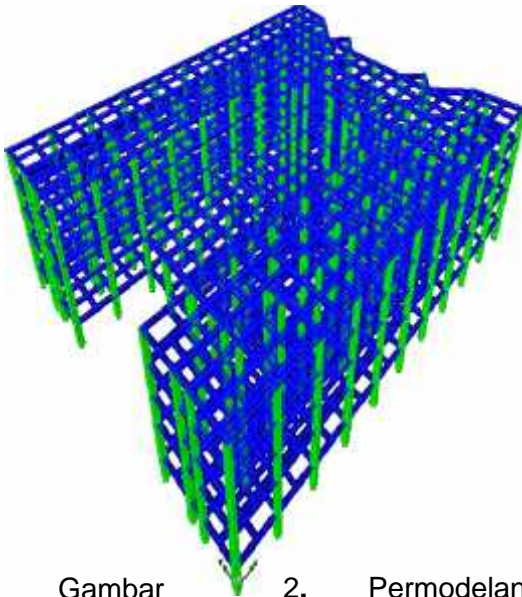
- d. Mendesain penulangan balok serta kolom.
- 2) Langkah – langkah perancangan dengan program bantu *ETABS v9.0.0*, meliputi:
 - a. *Preliminary* Desain balok dan kolom.
 - b. Pemodelan struktur
 - c. *Peng-in-put-an* material (dimensi balok dan kolom) serta Penerapan beban yang bekerja pada struktur berupa, beban mati, beban hidup dan beban gempa terhadap struktur.
 - d. Melakukan analisa untuk mendapatkan gaya-gaya dalam berupa, momen, geser, dan lintang.
 - e. Desain untuk mendapatkan rasio tulangan balok serta kolom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data perencanaan Struktur yaitu sebagai berikut :

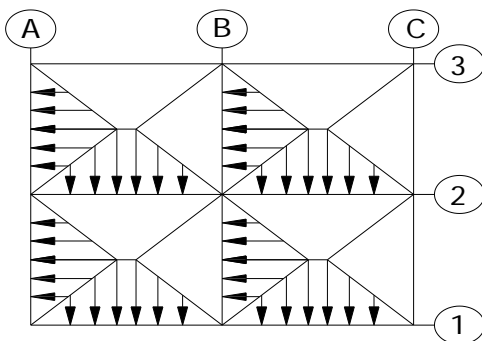
-) Jumlah tingkat (Story):5 Tingkat
-) Jumlah Bentang (bays) : 10 Bentang
-) Mutu Beton ($f'c$) : 30 MPa
-) Mutu Baja (f_y): BjTD 40 (400 MPa)
-) Kegunaan Struktur : Rumah sakit
-) Wilayah Gempa : III (Kota Ternate)

Sehingga struktur dimodelkan sebagai berikut :



Gambar 2. Permodelan struktur 3D
 Sumber : ETABS v9.0.0

Dalam menganalisa Beban yang bekerja pada struktur utama dianggap sebagai beban trapesium, dan beban segitiga, beban merata yang bekerja pada balok yang diteruskan ke kolom, Sebagaimana dalam gambar 3. berikut.



Gambar 3. Pembagian area beban yang diterima oleh balok
 Sumber : gambar manual

1. Beban Mati Lantai Atap

Adapun beban-beban yang bekerja pada lantai atap akibat beban mati, ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 1. Beban mati lantai atap

Jenis bahan	Uraian	Berat (Kg/m ²)
Pelat (t = 0,12 m)	0,12 m x 2400 kg/m ³	288
Langit-langit dan penggantung		18
Instalasi		5
Spesi (t = 0,02 m)	0,02 m x 2200 kg/m ³	44
		355

2. Beban Mati Lantai 1,2,3,4

Adapun beban-beban yang bekerja pada lantai lainnya yaitu lantai 1,2,3, dan 4 akibat beban mati, ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 2. Beban mati lantai 1,2,3,4

Jenis bahan	Uraian	Berat (Kg/m ²)
Pelat (t = 0,12 m)	0,12 m x 2400 kg/m ³	288
Langit-langit dan penggantung		18
Instalasi		5
Spesi (t = 0,02 m)	0,02 m x 2200 kg/m ³	44
Tegel (t = 0,02 m)	0,02 m x 2400 kg/m ³	48
		403

3. Beban hidup Lantai Atap

Adapun beban-beban yang bekerja pada lantai atap akibat beban hidup, ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3. Beban hidup lantai atap

Jenisbahan	Uraian	Berat (Kg/m ²)
Beban hidup lantai atap	100 kg/m ²	100
Air (t = 0,01 m)	0,01 m x 1000kg/m ³	10
		110

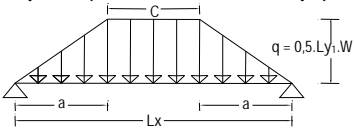
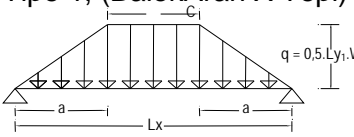
Sumber :Hasil Perhitungan

4. Beban Hidup Lantai 1,2,3,4
 Bebanhiduplantairumahsakit
 (W_L) = 250 kg/m²

5. Beban segitiga dan trapesium pada portal

Distribusi beban segitiga untuk arah Y dan trapesium untuk arah X sesuai dengan gambar 3, ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4.Rekapitulasi Beban pada portal

Tipebeban	Bebanmati (q _d) (Kg/m)	Bebanhidup (q _d) (Kg/m)
BebanLantaiAtap		
Tipe 1(BalokArah X Tepi) 	1,8 x 355 = 639	1,8 x 110 = 198
Lantailainnya (1,2,3,4)		
Tipe 1, (BalokArah X Tepi) 	1,8 x 403 = 725,4	1,8 x 250 = 450

Sumber :Hasil Perhitungan

Dimana: Lx = 4000 mm
 Ly₁ = 3600 mm
 Ly₂ = 3000 mm

6. Beban merata

Tabel 5.Beban mati dinding

Tipe Beban Merata	BebanMati (q _d) (kg/m)
Bebandinding ½ bata : Lantai 5	250 x 4,6 = 1150
Bebandinding ½ bata : Lantai 4	250 x 4,6 = 1150
Bebandinding ½ bata : Lantai 3	250 x 4,6 = 1150
Bebandinding ½ bata : Lantai 2	250 x 6,0 = 1500

Sumber :Hasil Perhitungan

Balok dan kolom dari preliminary ternyata tidak bias didesain untuk itu di gunakan metode coba-coba dalam menentukan dimensi balok dan kolom dengan cara menginput dimensi rencana pada program ETABS. Sehingga didapat hasil Irevisi penampang yaitu pada table 6.berikut:

Tabel 6. Dimensi penampang balok dan Kolom

Lantai	Balok Induk (cm)		Balok Anak (cm)		Kolom Utama (mm ²)
	Arah X (mm ²)	Arah Y (mm ²)	Arah X (mm ²)	Arah Y (mm ²)	
5	350 x 600	350 x 600	250 x 400	250 x 400	750 x 750
4	450 x 700	450 x 700	300 x 500	300 x 500	750 x 750
3	450 x 700	450 x 700	300 x 500	300 x 500	750 x 750
2	450 x 700	450 x 700	300 x 500	300 x 500	850 x 850
1	450 x 700	450 x 700	300 x 500	300 x 500	850 x 850

Sumber : Hasil Perencanaan ETABS v9.0.0

Tabel 7. Rekapitulasi tulangan lentur kolom

Kolom		Metode SNI		Metode ACI		Jumlah Tulangan					
		As tot (mm ²)	As = As' (mm ²)	As tot (mm ²)	As = As' (mm ²)	SNI			ACI		
Lantai 1	Exterior	8670	4335	7225,00	3612,50	12	D	22	10	D	22
	Interior	8670	4335	8244,27	4122,14	12	D	22	11	D	22
Lantai 2	Exterior	13872	6936	7225,00	3612,50	19	D	22	10	D	22
	Interior	13005	6503	12249,42	6124,71	18	D	22	17	D	22
Lantai 3	Exterior	7425	3713	6577,43	3288,71	10	D	22	9	D	22
	Interior	9450	4725	7835,35	3917,67	13	D	22	11	D	22
Lantai 4	Exterior	6750	3375	5625,00	2812,50	9	D	22	8	D	22
	Interior	7425	3713	5973,29	2986,64	10	D	22	8	D	22
Lantai 5	Exterior	6750	3375	5625,00	2812,50	9	D	22	8	D	22
	Interior	6750	3375	5625,00	2812,50	9	D	22	8	D	22

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 8 .Rekapitulasi perhitungan tulangan geser kolom

Kolom	Lokasi	Jarak	SNI	ACI (ETABS)	Hasil Tulangan			Hasil Tulangan		
			Av/s	Av/s	mm			mm		
			mm ² /mm	mm ² /mm						
lantai 1	Eksterior	lo	0,873	0,747	10	-	180	10	-	220
		>lo	0,436	0,747	10	-	360	10	-	220
	Interior	lo	0,873	0,747	10	-	180	10	-	220
		>lo	0,436	0,747	10	-	360	10	-	220
lantai 2	Eksterior	lo	0,873	0,747	10	-	180	10	-	220
		>lo	0,436	0,747	10	-	360	10	-	220
	Interior	lo	0,873	2,123	10	-	180	10	-	80
		>lo	0,436	1,441	10	-	360	10	-	110
lantai 3	Eksterior	lo	0,873	0,659	10	-	180	10	-	240
		>lo	0,436	0,659	10	-	360	10	-	240
	Interior	lo	0,873	1,932	10	-	180	10	-	90
		>lo	0,436	1,248	10	-	360	10	-	130
lantai 4	Eksterior	lo	0,873	1,231	10	-	180	10	-	130
		>lo	0,436	1,113	10	-	360	10	-	150
	Interior	lo	0,873	1,548	10	-	180	10	-	110
		>lo	0,436	0,959	10	-	360	10	-	170
lantai 5	Eksterior	lo	0,873	1,181	10	-	180	10	-	140
		>lo	0,436	1,189	10	-	360	10	-	140
	Interior	lo	0,873	1,297	10	-	180	10	-	130
		>lo	0,436	1,136	10	-	360	10	-	140

Sumber : Hasil perhitungan

Maka didapat total keseluruhan Rasio tulangan lentur dan geser balok dan kolom dari lantai 1- lantai 5, yaitu :

Tabel 9. Persentase total Rasio tulangan

Lantai	Persentase Rasiotulangan Lentur		Persentase Rasio tulangan Geser	
	SNI MANUAL	ACI ETABS	SNI MANUAL	ACI ETABS
Lantai 1	228,00	220	22,777	37,002
Lantai 2	254,00	239	25,133	42,954
Lantai 3	219,00	217	23,562	38,11
Lantai 4	188,00	174	23,562	28,731
Lantai 5	123,00	118	21,484	16,675
i	1012,00	968,00	116,517	163,472
tot	1980		279,989	
%	51,111%	48,889%	41,615%	58,385%
Selisih	2,222%		16,770%	

1. Rasio tulangan lentur dan geser balok

$$\text{Persentase SNI} = \frac{f_i \text{SNIA}}{f_{tot}} | 100 = \frac{f_{1012} A}{1980} | 100 = 51,111\%$$

$$\text{Persentase ACI} = \frac{f_i \text{ACIA}}{f_{tot}} =$$

$$\frac{f_{968} A}{1980} = 48,889\%$$

$$\text{Selisih} = 51,111\% - 48,889\% = 2,222\%$$

2. Rasio tulangan lentur dan geser kolom

Dari Tabel 7. untuk lentur dan Tabel 8. untuk geser didapat :

a. Lentur

$$\text{Persentase SNI} = \frac{f_i \text{SNIA}}{f_{tot}} | 100 = \frac{f_{121} A}{225} | 100 = 53,778\%$$

$$\text{Persentase ACI} = \frac{f_i \text{ACIA}}{f_{tot}} | 100 = \frac{f_{104} A}{225} | 100 = 46,222\%$$

$$\text{Selisih} = 53,778\% - 46,222\% = 7,556\%$$

b. Geser

$$\text{Persentase SNI} = \frac{f_i \text{SNIA}}{f_{tot}} | 100 =$$

$$\frac{f_{3,090} A}{35,288} | 100 = 37,095\%$$

$$\text{Persentase ACI} = \frac{f_i \text{ACIA}}{f_{tot}} | 100 =$$

$$\frac{f_{22,198} A}{35,288} | 100 = 62,905\%$$

$$\text{Selisih} = 62,905\% - 37,095\% = 25,811\%$$

KESIMPULAN

Setelah membandingkan perancangan balok menggunakan program *ETABS v9.0.0* dengan perancangan manual dapat ditarik kesimpulan.

1. Hasil partisipasi massa pada beban gempa didapat dari 6 mode pergoyang gempa, yaitu Respons total untuk arah x mencapai 98,4738% dan 91,2448% untuk arah y.
2. Hasil keluaran *ETABS v9.0.0 (ACI 318-2002)* dengan hitungan manual untuk tulangan balok lentur diperoleh rasio luas tulangan dengan persentase ACI: 48,889% dan SNI: 51,111%. Sehingga persentase selisih rasio tulangnya yaitu 2,222% SNI lebih besar dibandingkan dengan ACI.
3. Untuk hasil perhitungan tulangan geser (sengkang) balok diperoleh rasio tulangan dengan persentase. ACI: 58,385%, dan SNI: 41,615%. Sehingga persentase selisih rasio tulangnya yaitu 16,77% SNI lebih kecil dibandingkan dengan ACI.
4. Perbandingan rasio tulangan lentur kolom dengan persentase ACI: 53,778%, dan SNI: 46,222%. Sehingga persentase selisih rasio tulangnya yaitu

- 7,556% SNI lebih besar dibandingkan dengan ACI.
5. Untuk geser kolom diperoleh rasio tulangan dengan persentase ACI: 62,905%, dan SNI: 37,095%. Sehingga persentase selisih rasio tulangannya yaitu 25,811% SNI lebih kecil dibandingkan dengan ACI.
 6. Output luas tulangan geser /sengkang adalah A_v/s dengan unit mm^2/mm .

- Nawy. Edward G, P.E, 1998, *Beton Bertulang, suatu pendekatan dasar*, PT Revika Aditama. Bandung
- McCormac Jack C. 2001, *Desain Beton Bertulang jilid I edisi Kelima*, Erlangga. Jakarta.
- Pramono Handi, 2005, *ETABS 8.0 untuk Struktur 2D dan 3D, Maxikom. Palembang.*
- Purwono Rachmatdkk, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS press, Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318 2002, (*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*)
- SNI 2847-2002 (*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*)
- SNI 1726-2002, (*Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.*)
- Bambang Piscesa, 2006, *Studi komparatif desain penampang elemen beton akibat kombinasi aksial dan lentur berdasarkan "Unified Design Provision" (ACI 318-2002) dan "Limit State Method" (SNI 2002), Tesis, Institut Teknologi Sepuluh November.*
- Dina Mardiana, 2003, *Kajian ulang struktur 7 lantai berdasarkan tatacara perhitungan beton untuk bangunan gedung (BSN 2002) dan standar perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 1726-2002), Skripsi, Universitas GadjMada.*