

## PROYEK REHABILITASI GEDUNG KANTOR DINAS PENDIDIKAN KABUPATEN SELUMA (*REANALISIS GEDUNG*)

Agustin Gunawan<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W. R. Supratman,  
Kandang Limun, Kota Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087  
Corresponding author : [goenawan@unib.ac.id](mailto:goenawan@unib.ac.id)

### Abstrak

Tindakan pengendalian struktur beton perlu dilakukan agar penyimpangan yang terjadi dapat dikurangi semaksimal mungkin, sehingga kerusakan atau menurunnya kualitas beton yang direncanakan dapat dihindarkan. Gedung Dinas Pendidikan Seluma diuji kelayakan struktur kolom dan sloof-nya berdasarkan permintaan Badan Pemeriksa Keuangan RI. Sampel beton diambil sebanyak 7 benda uji silinder beton hasil pengecoran dengan Metode *core drill* (3 sampel di kolom dan 4 sampel di sloof). Dari hasil uji tekan dan analisis hasil uji, diketahui bahwa kuat tekan beton rata-rata yang tercapai di lapangan di bawah nilai kuat tekan beton target, sehingga perlu dilakukan reanalisis pada struktur dengan menggunakan properties material eksisting. Pemodelan struktur dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur, serta perilaku struktur akibat beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan struktur digunakan sebagai dasar untuk mendesain dimensi penampang elemen struktur beserta tulangan yang diperlukan. Hasil reanalisis gedung menunjukkan bahwa kondisi beberapa kolom (KS) dan Sloof (SL1) dinyatakan tidak aman, maka muncul potensi kegagalan struktur pada gedung ini pada kondisi ekstrim yang harus diperhitungkan, antara lain gempa bumi dan kondisi pembebanan penuh. Pilihan metode rekayasa yang dapat dilakukan antara lain : mengubah fungsi gedung sedemikian sehingga beban hidup yang harus ditanggung tereduksi dan atau memperkuat struktur yang terindikasi tidak aman.

**Kata kunci** : *core drill*, kuat tekan beton, reanalisis.

### Abstract

*Control measures for concrete structures need to be carried out so that deviations can be reduced as much as possible so that damage or decrease in the quality of the planned concrete can be avoided. The Seluma Education Office building was tested for the feasibility of its column and sloof structure based on the request of the BPK RI. Concrete samples were taken from as many as 7 specimens of concrete cylinders using the core drill method (3 samples in the column and 4 samples in the sloof). From the results of the compression test and analysis of the test results, it is known that the average compressive strength of concrete achieved in the field is below the target concrete compressive strength value in the design. Hence, it is necessary to reanalyze the structure using the existing material properties. Structural modeling is carried out to determine the internal forces that occur in the structural elements, as well as the behavior of the structure due to the working load. The results of the structural modeling are used as the basis for designing the cross-sectional dimensions of the structural elements along with the required reinforcement. The results of building reanalysis show that the condition of several columns (KS) and Sloof (SL1) are declared unsafe, so the potential for structural failure in this building appears in extreme conditions that must be taken into account, including earthquakes and full loading conditions. Options for engineering methods that can be done include: changing the function of the building so that the live load that must be borne is reduced and or strengthening structures that are indicated to be unsafe*

**Keywords**: *core drill*, compressive strength of concrete, reanalysis.

## PENDAHULUAN

Proses Pembangunan Gedung Dinas Pendidikan (Dispendik) Seluma yang terletak di lokasi lama yaitu di Jalan RA Kartini, Pematang Aur, tepat disebelah gedung BKPSDM Seluma belum dilaksanakan oleh Pemerintah Kabupaten Seluma hingga tahun 2020. DPRD Kabupaten Seluma meminta agar proses pembangunan gedung di lokasi bekas gedung lama yang dirobuhkan ditunda dahulu. Proses Pembangunan Gedung Dispendik akan dilakukan hanya jika telah mendapat surat resmi dari Kejari Seluma. Alasannya karena proyek yang sempat dilaksanakan pada tahun 2019, pembangunannya batal berlanjut pada 2020, karena permasalahan proyek, yang berujung pada pengusutan oleh Kejaksaan Negeri Seluma.

Kejari Seluma juga menunggu hasil audit investigasi BPK RI. Pihak BPK RI memulai audit dengan membuat permohonan permintaan tenaga ahli untuk melakukan audit fisik terhadap Gedung Dinas Pendidikan (Dispendik) ke pihak Universitas Bengkulu. Pengauditan fisik tersebut dilakukan untuk mengetahui ada atau tidak penyimpangan atau indikasi perbuatan melawan hukum yang berpotensi Kerugian Negara (KN).

Berdasarkan hal di atas, pihak tenaga ahli dari Unib beserta tim akan melakukan audit fisik awal terhadap kualitas dari struktur kolom dan sloof yang dibuat (berdasarkan kuat tekan betonnya), serta melakukan tindak lanjut dari audit awal tersebut dengan melakukan reanalisis Gedung Dinas Pendidikan, serta memberikan saran tindakan lanjutan dari hasil reanalisis gedung tersebut.

Tujuan dari audit fisik Gedung Dinas Pendidikan Seluma adalah untuk mengetahui audit fisik awal terhadap

struktur kolom dan sloof yg dibangun apakah sudah memenuhi peraturan dan standar perencanaan terutama terhadap kualitas kuat tekan betonnya atau tidak dan untuk mengetahui aman tidaknya struktur kolom dan sloof yang sudah ada melalui reanalisis gedung sesuai dengan perencanaan awal struktur gedung tersebut.

Manfaat dari audit fisik dan reanalisis gedung adalah memberikan informasi mengenai kondisi struktur kolom dan sloof yang sudah dikerjakan, terutama pada kualitas kuat tekan betonnya, memberikan gambaran terhadap tindakan apa yang harus dilakukan pada proses pembanguan Gedung Dinas Pendidikan, apakah bisa dilanjutkan atau perlu perlakuan tindakan perkuatan apabila tetap mau dilanjutkan pembangunannya, serta memberikan pemahaman kepada pihak-pihak terkait terhadap suatu kondisi bangunan yang dirasa perlu di kaji ulang sesuai dengan prosedur dan standar perencanaanya dan bisa dipertanggungjawabkan secara keilmuan.

Batasan masalah dari audit fisik dan reanalisis gedung ini antara lain gedung yang diaudit adalah Gedung Dinas Pendidikan Kabupaten Seluma yang beralamat di Jalan RA Kartini, Pematang Aur, tepat disebelah gedung BKPSDM Seluma, struktur yang diaudit adalah pada kualitas kuat tekan beton struktur kolom dan sloof yang sudah dikerjakan (*existing*), serta reanalisis gedung berdasarkan hasil audit awal (kuat tekan) dengan beban sesuai perencanaan awal gedung tersebut.

### Pengujian Kualitas Beton

Pengujian kualitas beton merupakan suatu tindakan pengendalian/pengontrolan dan perbaikan. Tindakan pengendalian dimaksudkan agar penyimpangan yang terjadi dapat dikurangi semaksimal mungkin, sehingga kerusakan atau penurunan kualitas beton yang telah

direncanakan dapat dihindari sejak dini (Amri, 2005).

Metode pengujian terhadap kualitas beton secara umum dibedakan menjadi dua bagian, yaitu pengujian dengan cara merusak (*Destructive Method*) dan tanpa merusak (*Non-Destructive Method*). Salah satu pengujian yang dilkakukan dengan cara merusak yaitu pengujian pengeboran (*core-drill*). Pengambilan sampel beton dengan metode core drill merupakan suatu proses mendapatkan sampel beton berbentuk silinder untuk dilakukan uji kuat tekan atau tarik beton. Pengujian beton inti dari hasil pengeboran memberikan hasil yang lebih memuaskan, karena dapat mengetahui kekuatannya dari hasil pengujian baik itu uji tekan atau uji tarik. Keuntungan lain dari uji ini adalah benda ujinya dapat dipergunakan lagi untuk dilanjutkan dengan pengujian lain seperti pengujian komposisi dan kualitas bahan baku (uji urai mineral bahan) (Amri, 2005).

### Beban Gravitasi

Beban gravitasi ditetapkan berdasarkan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban-beban tersebut meliputi :

- a. Berat sendiri struktur (DL)  
Beban sendiri struktur (*dead load*) adalah berat dari masing-masing elemen struktur yang menjadi bagian dari struktur. Dalam pemodelan struktur dengan menggunakan *software*, berat sendiri struktur akan dihitung otomatis oleh *software* berdasarkan data berat jenis material dan dimensi elemen struktur yang diinput.
- b. Beban mati tambahan (ADL)  
Beban mati tambahan (*additional dead load*) adalah beban mati tambahan akibat penggunaan komponen non-struktural (arsitektural dan MEP) yang melekat dan membebani struktur utama bangunan.
- c. Beban hidup (LL)  
Beban hidup (*live load*) adalah beban yang bekerja akibat penggunaan struktur bangunan. Beban hidup tersebut dapat berasal dari orang/barang yang dapat berpindah tempat. Beban hidup ditetapkan berdasarkan SNI 1727:2013 Tabel 4.1 (Tabel 1) sebagai berikut :

**Tabel 1.** Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo dan Beban Hidup Terpusat Minimum.

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Lb (kN)
Gedung Perkantoran : Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian, lobi, dan koridor lantai pertama.	100(4,79)	2000(8,90)
Kantor	50(2,40)	2000(8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000(8,90)

(Sumber : SNI 1727:2013 (sebagian dari isi dari Tabel 4.1))

**Beban Gempa**

Beban gempa ditetapkan berdasarkan SNI 1726:2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung. Hal-hal yang terkait dalam perhitungan beban gempa rencana antara lain :

a. Kategori risiko bangunan (KRB), ditentukan berdasarkan fungsi operasional/jenis pemanfaatan dari suatu bangunan. Dalam SNI 1726:2012 Tabel 1, kategori risiko bangunan dibedakan menjadi 4 jenis (Tabel 2).

b. Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ), ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan pada Tabel 2 SNI 1726:2012 atau Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 2.** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas Manufaktur - Pabrik	II

(Sumber : SNI 1726:2012, (sebagian dari isi dari Tabel1))

c. Klasifikasi Situs (SA - SF)  
 Karakteristik lokasi proyek khususnya yang berhubungan dengan aspek geoteknik harus diidentifikasi dengan baik dalam proses perencanaan melalui kegiatan penyelidikan lokasi proyek (site investigation). Kegiatan penyelidikan lokasi proyek ini dapat berupa

penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Selanjutnya hasil dari penyelidikan lokasi proyek tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam penentuan klasifikasi situs. Dalam SNI 1726:2012 Tabel 3 klasifikasi situs dibedakan menjadi 6 jenis atau Tabel 4 di bawah ini .:

**Tabel 4.** Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 s/d 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 s/d 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 s/d 350	15 s/d 50	50 s/d 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50

	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math></li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir, <math>s_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal (6.10.1))	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>4. Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>s_u &lt; 50</math> kPa</li> </ol>
Catatan: N/A = tidak dapat dipakai	

(Sumber : SNI 1726:2012)

- d. Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ ).

Penentuan respons spektral percepatan gempa yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ), dibutuhkan suatu faktor amplikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) (Tabel 4 di dalam SNI 1726-2012 atau dapat dilihat pada

Tabel 5 di bawah ini) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ) (Tabel 5 di dalam SNI 1726-2012 atau dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan rumus:

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots(1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots(2)$$

**Tabel 5.** Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s =$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

Catatan : untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier situs yang memerlukan investigasi geoteknikspesifik dan analisis respons situs spesifik lihat 6.10.1

(Sumber : SNI 1726:2012)

**Tabel 6.** Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 4$	$S_1 \geq 5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				
<p><u>Catatan</u> : untuk nilai-nilai antara <math>S_1</math> dapat dilakukan interpolasi linier                      SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknikspesifik dan analisis respons situs spesifik lihat 6.10.1</p>					

(Sumber : SNI 1726:2012)

- e. Parameter Percepatan Spektral Desain  
 Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek ( $S_{DS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ), harus ditentukan melalui rumus sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots \dots \dots (3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots \dots \dots (4)$$

- f. Kategori Desain Seismik (KDS: A - F)  
 Struktur yang didesain harus ditetapkan termasuk dalam kategori desain seismik (KDS) sesuai dengan Pasal 6.5 Tabel 6 dan 7 dalam SNI 1726:2012. Dalam

Tabel 7 dan Tabel 8 di bawah ini disajikan kategori desain seismik yang didasarkan pada hubungan  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dengan KDS.

- g. Sistem dan Parameter Struktur  
 Sistem struktur penahan gaya gempa diizinkan untuk ditetapkan berbeda pada masing-masing sumbu ortogonal struktur. Parameter  $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_o$  untuk setiap tipe sistem struktur penahan gaya gempa dapat dilihat pada Tabel 9 dalam SNI 1726:2012.

**Tabel 7.** Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai  $S_{DS}$

Nilai $S_{DS}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,330$	B	B
$0,330 \leq S_{DS} < 0,500$	C	C
$0,500 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2012)

**Tabel 8.** Kategori Desain Seismik berdasarkan Nilai  $S_{D1}$

Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	B
$0,133 \leq S_{D1} < 0,200$	C	C
$0,200 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: SNI 1726:2012)

### Kombinasi Beban Rencana

Kombinasi beban ultimit ditetapkan berdasarkan Pasal 4.2.2 SNI 1726:2012 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, yaitu sebagai berikut:

- 1) 1,4DL
- 2) 1,2DL + 1,6LL + 0,5(Lr atau R)
- 3) 1,2DL + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)
- 4) 1,2DL + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr atau R)
- 5) 1,2DL + 1,0E + 1,0LL
- 6) 0,9DL + 1,0W
- 7) 0,9DL + 1,0E

Kombinasi beban nomor 5 dan 7 yang merupakan kombinasi beban gempa, diatur secara khusus dalam Pasal 7.4 SNI 1726:2012 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, yaitu sebagai berikut:

- 1)  $(1,2+0,2S_{DS})DL + 1,0LL \pm 0,3\rho Ex \pm 1,0\rho Ey$
- 2)  $(1,2+0,2S_{DS})DL + 1,0LL \pm 1,0\rho Ex \pm 0,3\rho Ey$
- 3)  $(0,9-0,2S_{DS})DL \pm 0,3\rho Ex \pm 1,0\rho Ey$
- 4)  $(0,9-0,2S_{DS})DL \pm 1,0\rho Ex \pm 0,3\rho Ey$

Kombinasi beban layan ditetapkan berdasarkan Pasal 4.2.3 SNI 1726:2012 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, yaitu sebagai berikut:

- 1) DL
- 2) DL + LL
- 3) DL + (Lr atau R)
- 4) DL + 0,75LL + 0,75(Lr atau R)
- 5) DL + (0,6W atau 0,7E)
- 6) DL + 0,75(0,6W atau 0,7E) + 0,75LL + 0,75(Lr atau R)
- 7) 0,6DL + 0,6W
- 8) 0,6DL + 0,7E

Dimana :

- DL = Beban mati (berat sendiri struktur dan beban mati tambahan)  
LL = Beban hidup  
Lr = Beban hidup pada struktur atap

- R = Beban hujan  
W = Beban angin  
Ex = Beban gempa arah-x  
Ey = Beban gempa arah-y  
 $\rho$  = Faktor redundansi  
 $S_{DS}$  = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek 0,2 detik

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dilakukan untuk mengetahui lokasi dan kondisi gedung. Gedung Dinas Pendidikan Seluma terletak di Jalan RA Kartini, Pematang Aur, tepat disebelah gedung BKPSDM Seluma. Gedung mulai dibangun tahun 2019 dengan merobohkan gedung lama dan berhenti untuk sementara waktu yang tidak ditentukan ditahun 2020 sampai ada kepastian hukum.

#### Pengumpulan Data

Pengumpulan data meliputi:

1. Pengumpulan data primer yaitu pengambilan data awal secara langsung ke lokasi gedung berada dengan melakukan audit secara fisik melalui pengujian *core drill* pada struktur kolom dan sloof. Hasil pengujian *core drill* nanti berupa data kuat tekan beton. Pengumpulan data-data teknik gedung langsung ke pihak terkait berupa gambar, jenis tanah, dokumen spesifikasi, dan RAB. Data-data yang didapatkan oleh tim pemeriksa bersumber dari pihak BPK, berupa data gambar *as built drawing*, dokumen RKS (Rencana Kerja dan Syarat), serta dokumen kontrak CCO.
2. Pengumpulan data sekunder yaitu peraturan dan standar perencanaan yang digunakan.

**Pengolahan Data**

Pengolahan data yang dilakukan adalah ;

1. Penggunaan data kuat tekan beton hasil audit fisik gedung pada kolom dan sloof untuk menentukan, apakah kualitas kuat tekan beton sesuai dengan perencanaan awal, kalau tidak sesuai akan dilakukan tindakan selanjutnya.
2. Penggunaan data teknik berupa lokasi gedung dibangun, fungsi gedung, jenis tanah, untuk digunakan dalam perhitungan awal beban gempa rencana. Langkah-langkah perhitungan kategori desain seismik dimana gedung itu dibangun sebagai berikut:
  - a. Menentukan kategori risiko bangunan (I-IV)
  - b. Menentukan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )
  - c. Menentukan parameter percepatan tanah ( $S_s$  dan  $S_1$ )
  - d. Menentukan klasifikasi situs ( $S_A - S_F$ )
  - e. Menyusun kurva respons spektra desain
  - f. Menentukan kategori desain seismik (KDS: A - F)
  - g. Menentukan sistem dan parameter struktur ( $R, C_d, \Omega_o$ )

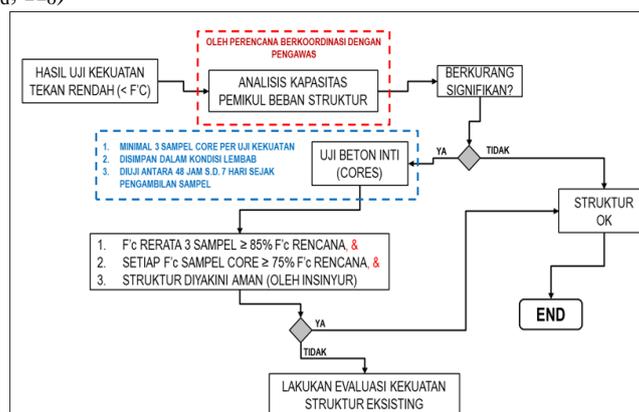
3. Penggunaan data nomor 1 dan 2 untuk dilakukan analisis ulang, bila data kuat tekan tidak sesuai dengan perencanaan awal gedung.
4. Pengambilan keputusan dan saran dari hasil analisis ulang gedung dinas pendidikan Seluma.

**Prosedur Evaluasi Struktur**

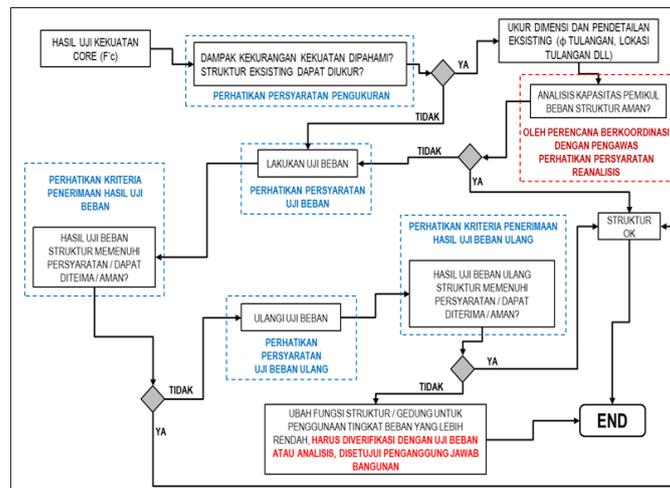
Sesuai pasal 20 SNI 2847:2013, evaluasi kekuatan struktur eksisting dilakukan dengan beberapa tahap (Gambar 1):

1. Pengukuran dan penyelidikan pendetailan eksisting yang dilanjutkan dengan analisa kapasitas pemikul beban
2. Pengujian beban pertama
3. Pengujian beban kedua
4. Desain perkuatan / perbaikan struktur sesuai persyaratan dan keperluan

Tahapan tahapan tersebut tidak harus dilaksanakan seluruhnya. Jika tahap 1 menunjukkan hasil bahwa struktur telah memenuhi persyaratan struktural, maka tidak perlu diteruskan pada tahap 2, demikian pula sebaliknya. Untuk lebih jelasnya prosedur evaluasi kekuatan struktur eksisting dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Flowchart Evaluasi Mutu Beton



**Gambar 2.** Flowchart Evaluasi Kekuatan Struktur Eksisting

Persyaratan-persyaratan teknis dalam evaluasi kekuatan struktur eksisting adalah sebagai berikut:

1. Persyaratan umum:
  - a. Jika hasil uji beban “ok” namun kekuatan struktur masih diragukan oleh insinyur dan dianggap perlu, uji beban ulang secara berkala harus dilakukan.
  - b. Uji beban harus dilaksanakan setelah tindakan pengamanan untuk memastikan keamanan jiwa dan struktur selama pengujian.
  - c. Tindakan pengamanan tidak boleh mengganggu prosedur uji beban atau mempengaruhi hasilnya.
2. Persyaratan pengukuran:
  - a. Diukur pada penampang kritis.
  - b. Lokasi, diameter/ukuran penulangan harus diukur.
  - c. Boleh didasarkan pada gambar dengan verifikasi secara acak di lapangan.
  - d. Kekuatan beton ( $f'_c$ ) diambil dari elemen yang kekuatannya diragukan.
  - e. Kekuatan tulangan didasarkan dari hasil uji tarik sampel bahan yang mewakili jika diperlukan.
3. Persyaratan uji beban:
  - a. Jumlah & penempatan elemen yang dibebani harus dipilih untuk memaksimumkan lendutan & tegangan pada daerah kritis elemen yang diragukan.
  - b. Boleh lebih dari 1 penempatan beban uji.
  - c. Beban uji harus ditempatkan merata pada semua lemen struktur yang diuji.
  - d. Penempatan beban tidak merata / terkonsentrasi harus dihindari.
  - e. Besaran beban uji total (termasuk beban mati eksisting).
    - (a)  $1,15D + 1,5L + 0,4(L_r \text{ atau } R)$
    - (b)  $1,15D + 0,9L + 1,5(L_r \text{ atau } R)$
    - (c)  $1,3D$
  - f. Tidak boleh dilaksanakan sampai umur struktur minimal 56 hari kecuali disetujui oleh pemilik, kontraktor dan pihak lain yang terlibat.
4. Persyaratan Uji Beban Ulang
  - a. Jika hasil uji beban (pertama) tidak dapat diterima, diperbolehkan melakukan uji beban ulang.
  - b. Prosedur uji beban ulang sama dengan prosedur yang berlaku pada uji beban.
  - c. Uji beban ulang dilaksanakan tidak kurang dari 72 jam setelah pemindahan/penghilangan beban uji pertama.

- d. Elemen struktur yang diuji ulang dianggap dapat diterima jika pemulihan lendutan memenuhi kondisi:

$$\Delta_r = \frac{\Delta_2}{5}$$

dimana  $\Delta_2$  adalah lendutan maksimum yang diukur selama uji kedua relatif terhadap posisi struktur pada saat awal uji kedua.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Umum Pekerjaan

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Sampel *Core Drill*

No	Komponen (Kode)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Target	85% Kuat Tekan Target	75 % Kuat Tekan Target	Xi - mu	Standar Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Kuat Tekan Terpakai (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	Kolom 3	143.27	250.00	212.50	187.50	494.87	80.92	246.43	84.60	143.27	Tidak Terpenuhi
2	Kolom 7	122.02	250.00	212.50	187.50	1891.88	80.92	246.43	84.60	122.02	Tidak Terpenuhi
3	Kolom 12	217.13	250.00	212.50	187.50	2664.03	80.92	246.43	84.60	217.13	Terpenuhi
4	Sloof R	112.50	250.00	212.50	187.50	2810.67	80.92	246.43	84.60	112.50	Tidak Terpenuhi
5	Sloof L	107.49	250.00	212.50	187.50	3366.98	80.92	246.43	84.60	107.49	Tidak Terpenuhi
6	Sloof (C/L)	343.80	250.00	212.50	187.50	31785.29	80.92	246.43	84.60	Tidak Terpakai	
7	Sloof R	112.40	250.00	212.50	187.50	2821.28	80.92	246.43	84.60	112.40	Tidak Terpenuhi
Rata-rata		165.5157						Rata-rata		135.80	

Sebagaimana disebutkan dalam dokumen perencanaan, kuat tekan beton target untuk elemen struktur adalah sebesar K-250 atau 20.75 MPa. Hasil uji menunjukkan bahwa kuat tekan aktual beton eksisting atau yang terpasang di lapangan berada di bawah kuat tekan beton target dalam perencanaan.

Untuk kasus dimana hasil uji beton inti (*core*) menunjukkan nilai di bawah kuat tekan tertarget dalam perencanaan, beton masih dapat diterima jika ketiga persyaratan berikut terpenuhi:

1. Kuat tekan rata-rata sampel lebih besar daripada 85% kuat tekan target.
2. Tidak ada sampel yang memiliki kuat tekan dibawah 75% kuat tekan target.
3. Struktur diyakini aman oleh insinyur bersertifikat.

Pelaksanaan audit fisik terhadap kualitas hasil konstruksi (kolom dan sloof) tanggal 1 Maret 2020, pada Proyek Rehabilitasi Gedung Kantor Dinas Pendidikan Kabupaten Seluma, telah diambil sebanyak 7 benda uji silinder beton hasil pengeboran dengan Metode *core drill*. Dari hasil uji tekan dan analisis hasil uji diketahui bahwa kuat tekan beton yang tercapai di lapangan adalah sebesar 135.80 kg/cm<sup>2</sup> pada benda uji silinder, dan nilai ini di bawah nilai kuat tekan beton target dalam perencanaan sebesar 250 kg/cm<sup>2</sup> pada benda uji kubus, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 7.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa syarat no. 1 dan 2 tidak terpenuhi, sehingga perlu dilakukan reanalisis pada struktur dengan menggunakan properties material eksisting.

Pembangunan rehabilitasi kantor dinas pendidikan kabupaten Seluma ini dilakukan dalam 2 tahap. Pada tahap pertama dimana dilakukan pemeriksaan, item struktur atas yang telah dibangun adalah sloof dan kolom lantai dasar. Reanalisis kelayakan struktur dengan demikian dibatasi pada elemen kolom dan sloof tersebut.

### Peraturan dan Standar Perencanaan

Beberapa peraturan dan standar perencanaan yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah sebagai berikut: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013), Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk

Proyek Rehabilitasi Gedung Kantor Dinas Pendidikan Kabupaten Seluma (*Reanalisis Gedung*)

Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2012), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), serta Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 1729:2015).

**Properti Material Struktur**

Spesifikasi material yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

1. Beton, dimana kuat tekan beton asumsi = 135,80 kg/cm<sup>2</sup> dan  $E_c = 4700 (f_c')^{0.5} = 17489,49$  MPa.
2. Baja tulangan menggunakan tulangan ulir (*deform*) dengan  $f_y = 400$  MPa untuk tulangan dengan diameter 13 mm ke atas dan  $f_y = 240$  MPa untuk tulangan 10 mm ke bawah dan  $E_s = 200.000$  MPa.

**Perhitungan Beban Gempa Rencana**

Berdasarkan data teknik berupa lokasi gedung dibangun, fungsi gedung, tinggi bangunan, jenis tanah, dilakukan perhitungan kategori desain seismik Dinas Pendidikan Seluma, sebagai berikut (Tabel 10) :

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan KDS Gedung Dinas Pendidikan Seluma

1	Fungsi	:	Kantor
2	Lokasi	:	Seluma
3	H	:	8 m
4	KRB	:	II
5	Faktor keutamaan gempa	:	1,0
6	Jenis tanah	:	Tanah lunak (asumsi)
7	$S_s$	:	0.1050
8	$S_1$	:	0.1260
9	$F_a$	:	2,5
10	$F_v$	:	3,422
11	$S_{MS}$	:	0,2625
12	$S_{MI}$	:	0,4312
13	$S_{DS}$	:	0,175 (KDS C)
14	$S_{D1}$	:	0,287 (KDS D)
15	KDS	:	D

Berdasarkan hasil analisis, Kategori Desain Seismik (KDS) pada pekerjaan ini ditetapkan KDS D, dan berdasarkan tinggi bangunan yaitu setinggi 8 m, maka, sistem struktur penahan gaya gempa yang digunakan pada pekerjaan ini adalah SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) sehingga diperoleh parameter struktur sebagai berikut:  $R = 8$ ,  $C_d = 5,5$ , dan  $\Omega_0 = 3$ .

Kombinasi beban ultimit dan beban layan yang digunakan dalam pekerjaan ini disajikan dalam Tabel 11 dan 12.

**Tabel 11.** Kombinasi Beban Ultimit

Kombinasi Beban	DL	ADL	LL	Ex	Ey
COMB1	1,40	1,40	-	-	-
COMB2	1,20	1,20	1,60	-	-
COMB3	1,357	1,357	1,00	-1,30	-0,39
COMB4	1,357	1,357	1,00	-1,30	+0,39
COMB5	1,357	1,357	1,00	+1,30	-0,39
COMB6	1,357	1,357	1,00	+1,30	+0,39
COMB7	1,357	1,357	1,00	-0,39	-1,30
COMB8	1,357	1,357	1,00	-0,39	+1,30
COMB9	1,357	1,357	1,00	+0,39	-1,30
COMB10	1,357	1,357	1,00	+0,39	+1,30
COMB11	0,743	0,743	-	-1,30	-0,39
COMB12	0,743	0,743	-	-1,30	+0,39

COMB13	0,743	0,743	-	+1,30	-0,39
COMB14	0,743	0,743	-	+1,30	+0,39
COMB15	0,743	0,743	-	-0,39	-1,30
COMB16	0,743	0,743	-	-0,39	+1,30
COMB17	0,743	0,743	-	+0,39	-1,30
COMB18	0,743	0,743	-	+0,39	+1,30

**Tabel 12.** Kombinasi Beban Layan

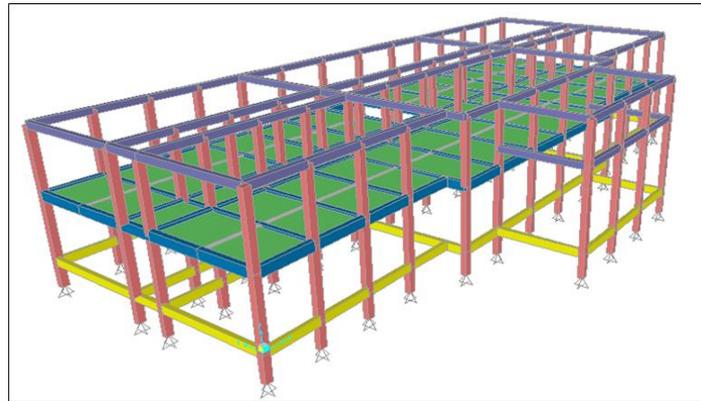
Kombinasi Beban	DL	ADL	LL	Ex	Ey
COMB1	1,00	1,00	1,00	-	-
COMB2	1,00	1,00	-	-0,70	-0,21
COMB3	1,00	1,00	-	-0,70	+0,21
COMB4	1,00	1,00	-	+0,70	-0,21
COMB5	1,00	1,00	-	+0,70	+0,21
COMB6	1,00	1,00	-	-0,21	-0,70
COMB7	1,00	1,00	-	-0,21	+0,70
COMB8	1,00	1,00	-	+0,21	-0,70
COMB9	1,00	1,00	-	+0,21	+0,70

**Pemodelan Struktur**

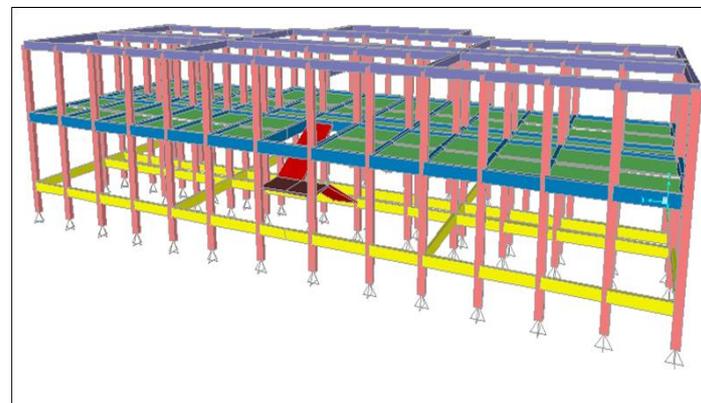
Pemodelan struktur dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur, serta perilaku struktur akibat beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan struktur digunakan sebagai dasar untuk mendesain dimensi penampang elemen struktur beserta tulangan yang diperlukan. Model struktur dikerjakan dengan beberapa idealisasi. Sebagai contoh, pelat lantai diidealisasikan sebagai elemen shell, sedangkan balok dan kolom diidealisasikan sebagai elemen frame. Pemodelan struktur yang dilakukan mampu mengakomodasi pengaruh keretakan beton ketika terjadi gempa yaitu melalui reduksi momen inersia penampang elemen struktur.

Momen inersia pada pelat lantai direduksi menjadi 25% dari momen inersia awal. Pada elemen struktur balok, momen inersia direduksi menjadi 35% dari momen inersia awal. Selain itu torsi juga direduksi menjadi 25% untuk menyeimbangkan nilai reduksi terhadap inersia elemen struktur. Sedangkan pada kolom, momen inersia direduksi menjadi 70% dari momen inersia awal.

Pada pekerjaan ini struktur gedung didesain dengan menggunakan sistem struktur berupa sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Struktur tersebut dimodelkan dalam model 3 dimensi (3D Models) menggunakan bantuan software (Gambar 3 dan Gambar 4).



**Gambar 3.** Model Struktur (Tampak Samping Kanan)

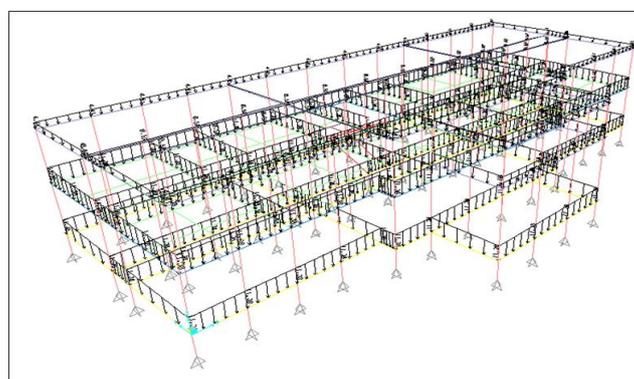


**Gambar 4.** Model Struktur (Tampak Belakang)

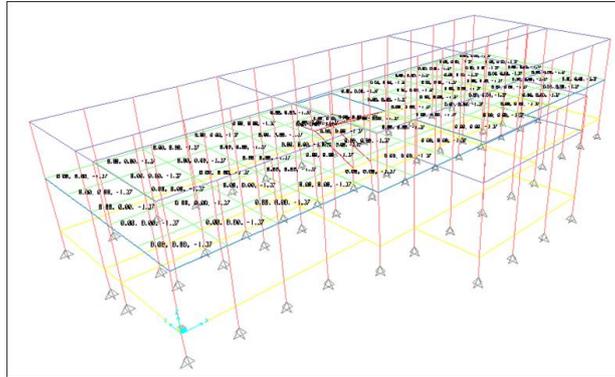
#### **Input Beban Pada Model Struktur**

Beban gravitasi dan beban gempa rencana yang dipertimbangkan dalam desain struktur gedung pada pekerjaan ini diinputkan dalam model struktur. Selanjutnya berdasarkan input beban

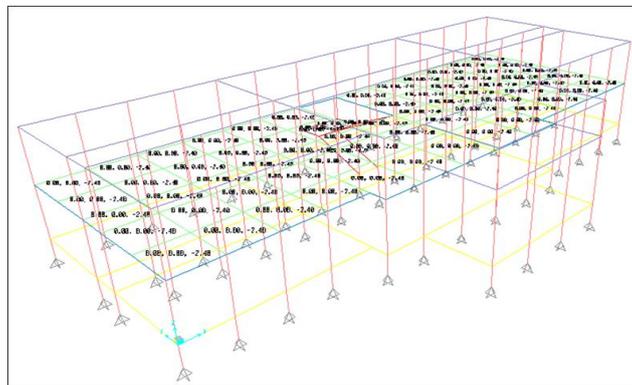
tersebut, software dapat menjalankan proses analisis dan desain struktur. Input beban tersebut disajikan dalam Gambar 5 s/d Gambar 7, sedangkan internal forces hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 8 s/d Gambar 11.



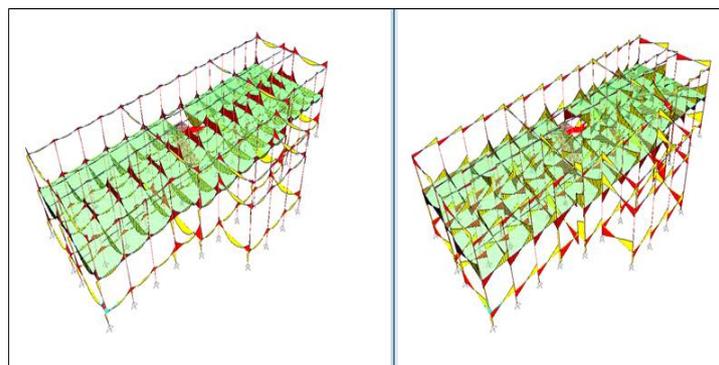
**Gambar 5.** Input Beban Mati pada Frame Model



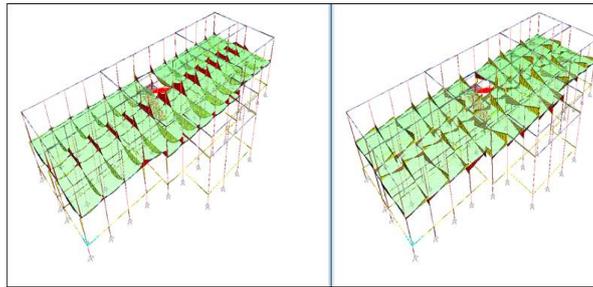
**Gambar 6.** Input Beban Mati pada Slab Model



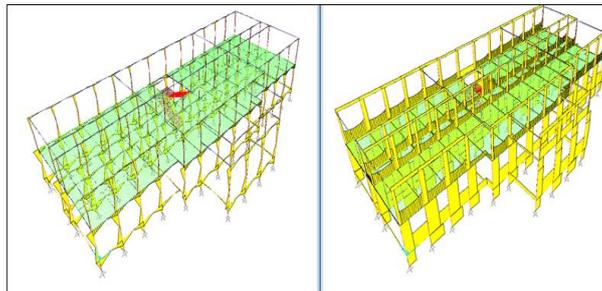
**Gambar 7.** Input Beban Hidup pada Slab



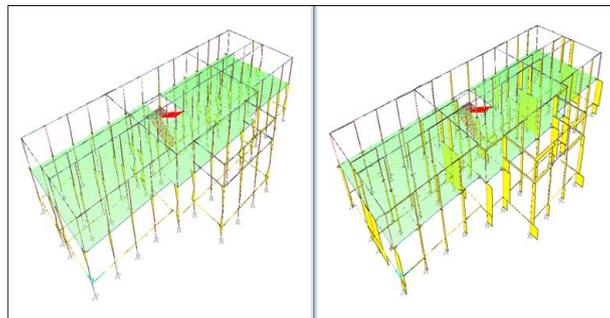
**Gambar 8.** BMD & SFD Beban Mati



**Gambar 9.** BMD & SFD Beban Hidup



**Gambar 10.** BMD & SFD Beban Gempa-X



**Gambar 11.** BMD & SFD Beban Gempa-Y

### **Analisis dan Desain Struktur**

Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan software SAP2000, sedangkan desain detail elemen struktur dilakukan dengan menggunakan *software spreadsheet* dengan perhitungan manual.

### **PENUTUP**

#### **Kesimpulan**

Hasil reanalysis gedung menunjukkan bahwa:

1. Kondisi kolom (KS) dan sloof (SL1) pada beberapa lokasi tidak aman di

bawah kombinasi beban sebagaimana ditunjukkan dalam perhitungan reanalysis.

2. kondisi kolom (KS) dan sloof (SL1) dinyatakan tidak aman, maka muncul potensi kegagalan struktur pada gedung ini pada kondisi ekstrim yang harus diperhitungkan, antara lain gempa bumi dan kondisi pembebanan penuh.

#### **Saran**

Dari hasil analisis dapat kami rekomendasikan beberapa hal yaitu:

1. Kondisi struktur harus direkayasa sedemikian sehingga menjadi aman dan memenuhi syarat teknis sebagaimana distandarkan dalam SNI.
2. Metode rekayasa yang dapat dilakukan antara lain:
  - a. Mengubah fungsi gedung sedemikian sehingga beban hidup yang harus ditanggung tereduksi.
  - b. Memperkuat struktur yang terindikasi tidak aman.
3. Metode perkuatan struktur kolom bisa dilakukan antara lain metode jacketing.
4. Metode perkuatan struktur sloof bisa dilakukan, antara lain dengan metode *jacketing* atau *propping*. Propping secara sederhana pada sloof dapat dilakukan dengan menambah pondasi menerus di bawah sloof dimaksud.
5. Metode perkuatan yang dipilih nantinya harus mempertimbangkan faktor biaya, fungsi gedung dan metode.
6. Desain dan perhitungan perkuatan struktur agar dilakukan dengan hati-hati dan memenuhi standar.
7. Detail evaluasi struktur gedung dapat mengacu pada pasal 20 dalam SNI 2847:2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S., 2005, Teknologi Beton A-Z, Yayasan Jhon Hi-Tech Idetama, Jakarta.
- SNI 1726, 2012, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, BSN, Jakarta.
- SNI 1727, 2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, BSN, Jakarta.
- SNI 2847, 2013, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, BSN, Jakarta.