



# **EVALUASI SEISMIC DAN RETROFIT STRUKTUR BANGUNAN MENGGUNAKAN ASCE 41-17 DAN SNI 1726:2019**

**ARI FEBRIANTO**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Evaluasi Seismik dan Retrofit Struktur Bangunan Menggunakan ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2024



Ari Febrianto  
F4501222020

## RINGKASAN

ARI FEBRIANTO. Evaluasi Seismik dan Retrofit Struktur Bangunan Menggunakan ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019. Dibimbing oleh ERIZAL dan HERIANSYAH PUTRA.

Indonesia merupakan negara dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi, mencatat 71.628 kejadian gempa bumi antara tahun 2009 hingga 2019, termasuk gempa Cianjur pada November 2022 yang dipicu oleh sesar aktif yang belum teridentifikasi. Kondisi ini mendorong pembaruan standar seismik, seperti SNI 1726:2019 yang menggantikan SNI 1726-2012, untuk memberikan panduan yang lebih komprehensif dalam perancangan bangunan tahan gempa. Namun, pembaruan ini juga meningkatkan beban gempa hingga 69% di beberapa wilayah, sehingga bangunan yang dibangun sebelum pembaruan ini memerlukan evaluasi kinerja untuk memastikan keamanannya. Hingga saat ini, Indonesia belum memiliki standar evaluasi khusus untuk bangunan eksisting, sehingga evaluasi sering kali masih menggunakan standar desain yang bersifat preskriptif.

Gedung XYZ, yang berlokasi di Jakarta Timur dengan delapan lantai dan dibangun pada tahun 2001, menjadi objek evaluasi menggunakan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan ASCE 41-17. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa struktur gedung ini tidak memenuhi persyaratan kedua standar dalam hal simpangan lantai Berdasarkan SNI, ditemukan 140 balok dan 120 kolom dengan nilai *Demand Capacity Ratio* (DCR) rata-rata masing-masing 1,10 dan 1,34, yang menunjukkan elemen-elemen ini tidak memenuhi target kinerja. Selain itu, terdapat 12 elemen dinding geser dengan DCR rata-rata 1,84, serta 146 elemen sambungan dengan DCR rata-rata 1,26. Sementara itu, berdasarkan ASCE 41-17, semua elemen memenuhi tingkat kinerja LS di bawah beban BSE-1E, namun di bawah beban BSE-2E, delapan kolom lantai dasar melebihi target CP, menunjukkan adanya risiko kegagalan pada prinsip kolom kuat-balok lemah.

Penelitian ini mengungkap perbedaan signifikan antara pendekatan SNI 1726:2019 dan ASCE 41-17 dalam menentukan *demand* dan kapasitas struktur bangunan eksisting. SNI cenderung bersifat konservatif, dengan penggunaan *factor safety* yang tinggi, sehingga terjadi peningkatan *demand* dan faktor reduksi yang besar menurunkan nilai kapasitas elemen, persyaratan SNI lainnya menerapkan mutu material minimum dan jarak tulangan minimum yang sulit dipenuhi oleh bangunan eksisting. Pendekatan ini menghasilkan tingkat defisiensi yang lebih tinggi dan memberikan tantangan lebih besar dalam memenuhi kinerja struktur eksisting. Sebaliknya, ASCE 41-17 lebih fleksibel dan proporsional dalam menentukan *demand* serta kapasitas, sehingga menghasilkan evaluasi yang lebih realistis dan efisien. Evaluasi gedung ini menunjukkan bahwa ASCE 41-17 tidak hanya lebih efisien, dengan mengidentifikasi hingga 77% lebih sedikit elemen tidak aman dibandingkan SNI, tetapi juga memberikan pedoman yang lebih fleksibel dan realistis untuk bangunan eksisting di Indonesia.

Kata kunci : ASCE 41-17, Gempa Bumi, *retrofit*, SNI 1726:2019, Struktur

## SUMMARY

ARI FEBRIANTO. Seismic Evaluation and Retrofit of Building Structures Using ASCE 41-17 and SNI 1726:2019. Mentored by ERIZAL and HERIANSYAH PUTRA.

Indonesia is a country with a high level of seismic activity, recording 71,628 earthquake incidents between 2009 and 2019, including the Cianjur earthquake in November 2022, which was triggered by an active fault that had not been identified. This situation has led to updates in seismic standards, such as SNI 1726:2019, which replaces SNI 1726-2012, to provide more comprehensive guidelines for earthquake-resistant building design. However, these updates have also increased the seismic load by up to 69% in some regions, meaning that buildings constructed before these updates require performance evaluations to ensure their safety. To date, Indonesia does not have specific evaluation standards for existing buildings, so evaluations are often still based on prescriptive design standards.

XYZ Building, located in East Jakarta with eight floors and constructed in 2001, was chosen as an evaluation subject using SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, and ASCE 41-17. The evaluation results show that the structure of this building does not meet the requirements of both standards in terms of floor drift. According to SNI, 140 beams and 120 columns were found with an average Demand Capacity Ratio (DCR) of 1.10 and 1.34, respectively, indicating that these elements do not meet the performance target. Additionally, there are 12 shear wall elements with an average DCR of 1.84, as well as 146 connection elements with an average DCR of 1.26. Meanwhile, according to ASCE 41-17, all elements meet the LS performance level under BSE-1E load, but under BSE-2E load, eight columns on the ground floor exceed the CP target, indicating a risk of failure in the strong column-weak beam principle.

This study reveals significant differences between the SNI 1726:2019 and ASCE 41-17 approaches in determining the demand and capacity of existing building structures. SNI tends to be more conservative, using high safety factors, which results in increased demand and large reduction factors that lower the capacity of elements. Other SNI requirements apply minimum material quality and minimum rebar spacing, which are difficult to meet in existing buildings. This approach results in a higher level of deficiency and presents greater challenges in meeting the performance of existing structures. In contrast, ASCE 41-17 is more flexible and proportional in determining demand and capacity, producing more realistic and efficient evaluations. This evaluation shows that ASCE 41-17 is not only more efficient, identifying up to 77% fewer unsafe elements compared to SNI, but also provides more flexible and realistic guidelines for existing buildings in Indonesia.

Keywords: ASCE 41-17, retrofit, seismic, SNI 1726:2019, structure



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## © Hak Cipta milik IPB, tahun 2024

### Hak Cipta dilindungi Undang – Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



**EVALUASI SEISMIC DAN RETROFIT STRUKTUR  
BANGUNAN MENGGUNAKAN ASCE 41-17 DAN SNI  
1726:2019**

**ARI FEBRIANTO**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Teknik pada  
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada Ujian Tesis :

1. Dr.Eng. Fengky Satria Yoresta, S.T, M.T





Judul Proposal : Evaluasi Seismik dan Retrofit Struktur Bangunan Menggunakan ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019

Nama : Ari Febrianto

NIM : F4501222020

Disetujui Oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Erizal, M. Agr, IPU



Pembimbing 2:

Dr. Eng Heriansyah Putra, S.Pd., M. Eng.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Ir. Satyanto K. Saptomo, S.TP, M.Si, IPM

NIP. 19730411 200501 1 002



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr.

NIP. 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian : 27 Desember 2024

Tanggal Lulus :



## PRAKATA

Puji syukur diucapkan kepada Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan pembuatan tesis dengan judul “Evaluasi Seismik dan Retrofit Struktur Bangunan Menggunakan ASCE 41-17 dan SNI 1726:2019”. Penyusunan tesis ini adalah untuk melengkapi salah satu persyaratan untuk lulus pada Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Terima Kasih diucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tesis ini, khususnya kepada :

1. Dr. Ir. Erizal, M.Agr, IPU dan Dr. Eng Heriansyah Putra, S.Pd., M. Eng. Selaku komisi pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan tesis ini.
2. Dr.Eng. Fengky Satria Yoresta, S.T, M.T selaku dosen penguji dan untuk sarannya atas substansi yang terkandung dalam tesis ini.
3. Kepada orang tua yaitu Ibu Desi Astinawati serta kedua saudara yaitu Utari Putri Yani dan Sherin Natasya yang selalu memberikan dukungan.
4. Apt. Silvanny Pratiwi, S.Farm selaku istri yang selalu memberikan semangat dan motivasi selama penyusunan tesis ini.
5. Teman-teman mahasiswa reguler 59 yang selalu memberikan bantuan dan semangat dalam penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini memiliki banyak kekurangan sehingga diharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat menjadi tulisan yang lebih baik. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2024



*Ari Febrianto*

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiv</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 Standar Nasional Indonesia 1726:2019	4
2.1.1 Kategori Risiko	4
2.1.2 Penentuan Respons Spektrum	4
2.1.3 Pemilihan Sistem Struktur	8
2.1.4 Gempa Rencana	9
2.2 Evaluasi Seismik Berdasarkan ASCE 41-17	10
2.3 Retrofit Pada Struktur	11
2.3.1 Retrofit Lokal Komponen	11
2.3.2 Penghilangan atau Pengurangan Ketidakberaturan yang Ada	11
2.3.3 Pengakuan Struktural Global	12
2.3.4 Perkuatan Struktural Global	12
2.3.5 Reduksi Massa	12
2.3.6 Isolasi Seismik	13
2.3.7 Disipasi Energi Tambahan	13
<b>III METODOLOGI</b>	<b>14</b>
3.1 Lokasi dan Waktu	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>16</b>
4.1. Pemodelan	<b>16</b>
4.4.1. Data Teknis Bangunan	16



4.4.2. Kelas Situs dan Parameter Gempa	17
4.4.3. Pembebanan	19
4.4.4. Pemodelan Struktur	20
4.2. Kinerja Struktur dan Elemen	<b>20</b>
4.2.1. Kinerja Struktur	21
4.3. Kinerja Elemen	<b>23</b>
4.4. Pushover Analisis	<b>28</b>
4.5. Retrofit Struktur	<b>30</b>
4.5.1. Defisiensi	30
4.5.2. Strategi Retrofit	31
4.5.3. Evaluasi Struktur Setelah Retrofit menggunakan SNI	32
4.5.4. Evaluasi struktur setelah di retrofit menggunakan ASCE	37
<b>V SIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>40</b>
5.1. Simpulan	40
5.2. Saran	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>44</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	<b>51</b>

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Parameter gerak tanah $S_s$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $M_{CER}$ ) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik 6	
Gambar 2 Parameter gerak tanah, $S_1$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $M_{CER}$ ) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1-detik 6	
Gambar 3 Spektrum respons desain	8
Gambar 4 Lokasi Penelitian	14
Gambar 5 Diagram Alir	15
Gambar 6 Grafik respon spektral	19
Gambar 7 Pemodelan struktur	20
Gambar 8 Simpangan antar lantai	21
Gambar 9 Grafik kapasitas $V_s$ demand	22
Gambar 10 Evaluasi kinerja balok	24
Gambar 11 Evaluasi kinerja kolom	25
Gambar 12 Evaluasi Kinerja Dinding Geser	26
Gambar 13 Joint Shear	27
Gambar 14 DCR <i>Strong Coloum Weak Beam</i>	28
Gambar 15 Hasil Analisis Pushover Struktur	29
Gambar 16 Grid G Pushover Arah Y BSE2E	29
Gambar 17 Grid E Pushover Arah Y BSE2E	29
Gambar 18 Model Retrofit SNI	31
Gambar 19 Model Retrofit ASCE	32
Gambar 20 Simpangan antar lantai retrofit dan eksisting	33
Gambar 21 DCR balok setelah retrofit	34
Gambar 22 DCR Kolom sebelum dan setelah retrofit	35
Gambar 23 DCR Dinding geser sebelum eksisting dan setelah di <i>retrofit</i>	36
Gambar 24 DCR <i>joint shear</i> Sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	36
Gambar 25 DCR <i>strong coloum weak baem</i> Sebelum dan setelah <i>retrofit</i>	37
Gambar 26 Titik Performa Struktur Setelah Retrofit	38
Gambar 27 Hasil evaluasi retrofit (a) PMM Ratio (b) Sendi plastis	38

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Faktor Keutamaan gempa	4
Tabel 2 Klasifikasi Kelas Situs	5
Tabel 3 Koefisien Situs $F_a$	6
Tabel 4 Koefisien Situs Penentu $F_v$	7
Tabel 5 Kategori desain seismik periode pendek	8
Tabel 6 Kategori desain seismik periode 1,0 detik	8
Tabel 7 Koefisien batas Atas Periode yang Dihitung	9
Tabel 8 Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$	9
Tabel 9 <i>Basic Performance Objective For Existing Building (BPOE)</i>	10
Tabel 10 Elemen Kolom	16
Tabel 11 Elemen Balok	17
Tabel 12 Mutu Material	17
Tabel 13 Tabel NSPT	18
Tabel 14 Parameter Beban Gempa	18
Tabel 15 Beban Gravitasi	19
Tabel 16 penyerapan beban gempa	23
Tabel 17 Defisiensi hasil evaluasi	30
Tabel 18 <i>Retrofit</i> Kolom	31
Tabel 19 Elemen dinding geser baru	31
Tabel 20 Analisis perkuatan FRP	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.