

## Analisis Dampak Perubahan Standar Perancangan Struktur Gedung Tahan Gempa terhadap Harga Satuan Bangunan Gedung Negara

Deyza Achrizt Arisintani<sup>(\*)</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,  
Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia, E-mail : dezyaachrizt@gmail.com

Krishna Suryanto Pribadi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan,  
Institut Teknologi Bandung, Bandung, 40132, Indonesia, E-mail : kspribadi@gmail.com

### Abstrak

Saat ini Indonesia telah membuat Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN) berdasarkan perbedaan harga satuan dan upah pekerja di berbagai kota di Indonesia. Namun, HSBGN ini belum memperhatikan kebutuhan struktur tahan gempa yang disesuaikan dengan lokasi bangunan dan standar perancangan struktur tahan gempa yang segera akan dirilis pembaharuannya. Maka dari itu, dari penelitian ini penulis membuat dan membandingkan Model 1 (HSBGN 2018), Model 2 (HSBGN berdasarkan standar perancangan struktur yang berlaku saat ini), dan Model 3 (HSBGN berdasarkan pembaharuan standar perancangan struktur yang akan segera diluncurkan). Pada Model 2 dan Model 3 dikelompokkan menjadi tiga daerah yaitu Daerah A (daerah dengan beban gempa tinggi), Daerah B (daerah dengan beban gempa sedang), dan Daerah C (daerah dengan beban gempa rendah). Hasil penelitian ini menunjukkan nilai HSBGN pada Model 2 dan Model 3 pada setiap daerah lebih tinggi dari Model 1 (HSBGN 2018) yang menunjukkan pembuatan Model 1 belum memperhitungkan pembebanan gempa dengan baik. Perbedaan nilai dari Daerah A, Daerah B, dan Daerah C juga menunjukkan kebutuhan struktur yang berbeda-beda di Indonesia sehingga tidak bisa disamaratakan volume pekerjaannya, terutama pada pekerjaan penulangan. Nilai pada Model 3 menunjukkan peningkatan dari Model 2 maka perubahan standar perancangan struktur membuat biaya meningkat dari standar sebelumnya.

**Kata-kata kunci:** Bangunan tahan gempa, standar bangunan tahan gempa, gedung negara, harga satuan bangunan gedung negara (HSBGN), standar perancangan struktur.

### Abstract

Currently Indonesia has made Unit Price Standard of State Building (HSBGN) based on differences in unit prices and workers' wages in various cities in Indonesia. However, it has not been adjusted to the needs of structures based on the location and structural design standards that will be released soon. Therefore, from this study the authors make and compare Model 1 (2018 HSBGN), Model 2 (HSBGN based on current structural design standards), and Model 3 (HSBGN based on renewal of structural design standards). In Model 2 and Model 3 grouped into three regions namely Region A (areas with high earthquake loads), Region B (areas with moderate earthquake loads), and Regions C (areas with low earthquake loads). The results of this study indicate that the HSBGN value in Model 2 and Model 3 in each area is higher than Model 1 (HSBGN 2018) which shows that the Model 1 has not taken into account earthquake loading properly. The difference in scores from Region A, Region B, and Region C also shows different structural needs in Indonesia so that the volume of work cannot be generalized, especially in the reinforcement work. The value in Model 3 shows an increase from Model 2, so changes to the structural design standards make costs increase from the previous standard.

**Keywords:** Earthquake resistant building, earthquake resistant building standard, state building, structural design standard, unit price standard of state building.

### 1. Pendahuluan

Dalam pembangunan gedung milik negara, terdapat berbagai aspek yang telah diatur dalam peraturan pemerintah. Salah satu aspek yang diatur tersebut merupakan aspek pembiayaan. Aspek pembiayaan ini dibuat untuk mengatur anggaran yang dibutuhkan untuk melaksanakan pembangunan suatu gedung negara. Pada aspek pembiayaan ini, terdapat sebuah

standar yang menetapkan harga tertinggi berdasarkan pekerjaan-pekerjaan standar untuk setiap meter persegi sebuah bangunan. Standar ini adalah Standar Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN). Fungsi dari HSBGN ini merupakan estimasi kebutuhan biaya pada saat sebelum pelaksanaan sebagai pagu anggaran.

Agar standar untuk gedung negara ini relevan dengan keadaan di lapangan, maka pembuatannya pun

<sup>\*</sup>Penulis Korespondensi

disesuaikan dengan standar yang berlaku pada proyek gedung umumnya. Penyusunan HSBGN berdasarkan standar perancangan yang telah ditetapkan dan disetujui dapat memenuhi kebutuhan pembangunan gedung di Indonesia. Salah satu standar tersebut merupakan Standar Perancangan Struktur, yang terdiri dari beberapa standar terkait.

Saat ini, Standar Perancangan Struktur terbaru akan segera diluncurkan. Pembaharuan ini diharapkan dapat memberikan perancangan struktur yang lebih sesuai dan relevan dengan keadaan saat ini. Tentunya, penyesuaian ini harus diiringi oleh penyesuaian standar estimasi dan aturan pembiayaan yang diberlakukan. Apabila tidak disesuaikan, maka perencanaan yang dilakukan tidak akurat. Dampak yang buruk akan terjadi apabila dana yang dialokasikan kurang dari yang dibutuhkan atau *underbudget*. Apabila hal tersebut terjadi, tujuan dari adanya standar yang yaitu untuk menjaga kualitas tidak dapat terpenuhi karena dana yang harus ditekan. Begitu pula apabila dana yang dialokasikan menjadi berlebihan karena dana tersebut dapat dialokasikan kepada aspek lain yang lebih membutuhkan dan mengurangi pemborosan dana.

Pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 22 tahun 2018, dalam perancangan struktur bangunan harus diperhitungkan dapat memikul pengaruh gempa rencana sesuai dengan zona gempanya. Dalam Standar Perancangan Struktur, baik yang kini berlaku maupun yang akan segera diluncurkan, telah diatur perancangan struktur tahan gempa yang disesuaikan dengan lokasi dari bangunan yang akan didirikan. Perbedaan lokasi ini menentukan percepatan pergerakan batuan dasar yang dapat digunakan sebagai dasar pembebanan gempa. Pembebanan yang berbeda mempengaruhi kebutuhan kekuatan struktur yang berbeda-beda dan tentunya mempengaruhi biaya total dari keseluruhan bangunan

HSBGN yang kini berlaku telah memperhitungkan biaya material dan pekerja pada masing-masing daerah yang berbeda-beda. Namun, belum memperhitungkan perbedaan-perbedaan kebutuhan struktur untuk menahan gempa yang disesuaikan dengan daerah bangunan tersebut akan didirikan. Apabila tidak disesuaikan, maka HSBGN sebagai alat untuk estimasi biaya belum cukup akurat untuk digunakan.

Maka dari itu, perlu diadakannya pengecekan kesesuaian standar harga satuan tertinggi dengan standar perancangan struktur yang berlaku dan penyesuaiannya dengan beban gempa yang dibutuhkan untuk perancangan. Perlu dilakukan pembuatan model HSBGN yang disesuaikan dengan zonasi gempa di Indonesia dan analisis perubahan pada bangunan yang disebabkan oleh perubahan standar perancangan gedung.

Sehingga, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat model HSBGN berdasarkan standar perancangan gedung yang berlaku dan disesuaikan dengan zonasi gempa di Indonesia

2. Menganalisis perubahan nilai HSBGN akibat adanya pembaharuan standar perancangan gedung.

## 2. Studi Pustaka

### 2.1 Bangunan tahan gempa

Terdapat tiga karakteristik pada perancangan struktur tahan gempa yang harus terpenuhi yaitu : Kekuatan, Kekakuan, dan Daktilitas.

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang di mana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. SRPM dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) : memiliki daktilitas terbatas hanya cocok untuk bangunan Kategori Desain Seismik (KDS) B
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) : memiliki daktilitas sedang hanya cocok untuk bangunan KDS C
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) : memiliki daktilitas penuh cocok untuk bangunan KDS D, E, atau F

Dalam perancangan struktur beton bertulang, berikut ini adalah tahapan dan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dibutuhkan

### 2.2 Pembiayaan gedung negara

Gedung negara terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

**Tabel 1. Tahapan dan SNI untuk perencanaan struktur gedung beton Bertulang**

Tahapan		SNI-1726	SNI-1727	SNI-2847
<b>1</b>	<b>Kriteria Desain</b>			
1.1	Penentuan Sistem Struktur	v		
1.2	Spesifikasi Material			v
1.3	Penentuan Beban			
1.3.1	Beban Mati		v	
1.3.2	Beban Mati Tambahan		v	
1.3.3	Beban Hidup		v	
1.3.4	Beban Gempa	v		
1.3.5	Kombinasi Pembebanan	v	v	
1.4	Preliminary Desain			
1.4.1	Elemen Struktur Balok			v
1.4.2	Elemen Struktur Pelat			v
1.4.3	Struktur Kolom			v
<b>2</b>	<b>Analisis Struktur Tahan Gempa</b>			
2.1	Modal Participating Mass Ratio	v		
2.2	Periode Fundamental	v		
2.3	Gaya Geser Statik-Dinamik	v		
2.4	Ketidakteraturan Horizontal	v		
2.5	Ketidakteraturan Vertikal	v		
2.6	Simpangan Antarlantai	v		
2.7	Pengaruh P-Delta	v		
<b>3</b>	<b>Perancangan Tulangan Elemen Struktur</b>			
3.1	Elemen Balok			v
3.2	Elemen Kolom			v
3.3	Elemen Hubungan Balok-Kolom			v
3.4	Elemen Pelat			v
3.5	Penyaluran dan Kait			v

- Gedung Sederhana, tidak lebih dari 2 lantai dengan luas kurang dari 500 m<sup>2</sup>
- Gedung Tidak Sederhana, lebih atau sama dengan 2 lantai dengan luas lebih dari 500 m<sup>2</sup>
- Gedung Khusus, untuk gedung dengan fungsi khusus

Pembiayaan sebuah bangunan negara terdiri dari beberapa aspek biaya yaitu :

- Biaya Konstruksi Fisik
- Biaya Perencanaan Teknis Konstruksi
- Biaya Pengawasan Konstruksi
- Biaya Pengelolaan Kegiatan

Pada Biaya Konstruksi Fisik, terdiri dari dua aspek biaya yaitu :

- Biaya Pekerjaan Standar
- Biaya Pekerjaan Non-Standar

Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN) merupakan alat untuk melakukan estimasi biaya kasar untuk memenuhi kebutuhan perencanaan suatu pembangunan gedung negara yang disusun berdasarkan estimasi biaya detail. HSBGN memberikan perkiraan biaya pekerjaan standar secara keseluruhan yaitu komponen struktur, komponen arsitektur, komponen utilitas, dan komponen perampungan, dalam bentuk harga per meter persegi.

$$HSBGN = \frac{\sum V_n H_n}{L_{tb} K} \quad (1)$$

$V_n$  = Kuantitas (Volume) komponen bangunan pekerjaan standar

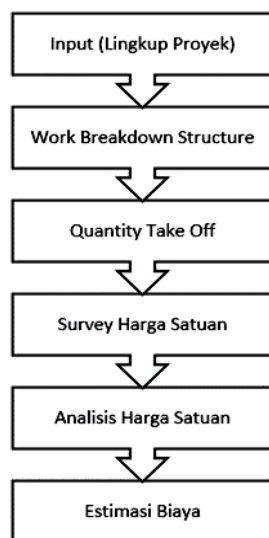
$H_n$  = Harga komponen bangunan pekerjaan standar

$L_{tb}$  = Luas total lantai bangunan

$K$  = koefisien jumlah lantai

### 2.3 Estimasi biaya detail

Berikut ini adalah urutan pekerjaan untuk melakukan estimasi biaya detail



Gambar 1 Urutan pekerjaan estimasi biaya detail

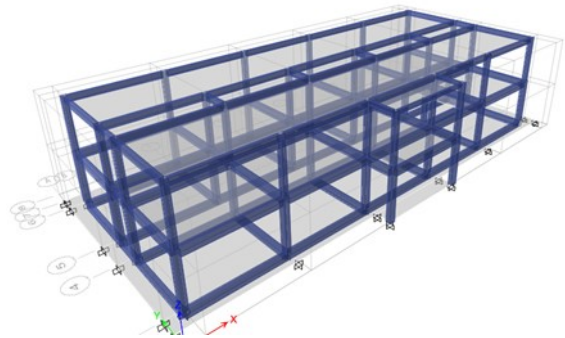
### 3. Metodologi

Dalam penelitian ini, komponen pekerjaan standar yang akan ditinjau adalah komponen pekerjaan struktur pada Gedung Tidak Sederhana. Komponen pekerjaan struktur terdiri dari pekerjaan pengecoran beton, penulangan, dan bekisting pada seluruh elemen struktur.

Pada Aplikasi HSBGN 2018, telah terdapat data-data sebagai berikut :

- Gambar Arsitektural (masing-masing kelompok terdapat 1 gambar arsitektur)
- Spesifikasi Teknis
- Analisis Harga Satuan
- Harga Satuan di Setiap Kota
- Volume Pekerjaan
- Rancangan Anggaran Biaya di Setiap Kota

Berdasarkan Aplikasi HSBGN 2018, gambar arsitektural yang digunakan sebagai standar Gedung Tidak Sederhana merupakan gedung perkantoran. Gedung ini terdiri dari 2 lantai dengan luas total 717,37 m<sup>2</sup>. Struktur gedung ini merupakan beton bertulang.



Gambar 2. Struktur gedung tidak sederhana

Berikut ini adalah elemen-elemen struktur yang akan dianalisis

- Lantai 1
  - Sloof
  - Kolom 1
  - Pelat 1
  - Balok
- Lantai 2
  - Kolom 2
  - Pelat 2
  - Ringbalok

Pekerjaan yang dianalisis hanyalah pekerjaan struktur. Sehingga, volume pekerjaan lainnya dianggap tetap. Sedangkan untuk Analisis Harga Satuan dan Harga Satuan di setiap kota pada Aplikasi HSBGN 2018 dianggap benar. Sehingga untuk memudahkan perbandingan, akan digunakan yang terdapat pada aplikasi tersebut.

Salah satu faktor terpenting yang dapat menentukan sistem dari gedung tahan gempa dan kriteria desain adalah beban gempa yang berlaku disesuaikan dengan lokasi bangunan akan didirikan. HSBGN yang berlaku saat ini belum mengakomodasi perbedaan kebutuhan struktur yang disesuaikan dengan kekuatan bangunan untuk menahan gempa pada lokasi tertentu. Maka dari itu, akan dibuat model HSBGN berdasarkan zonasi gempa. HSBGN yang akan dibuat menjadi tiga kelompok yaitu :

- HSBGN pada Daerah A (daerah dengan beban gempa tinggi)
- HSBGN pada Daerah B (daerah dengan beban gempa menengah)
- HSBGN pada Daerah C (daerah dengan beban gempa rendah)

Menurut spesifikasi perancangan struktur, bangunan gedung negara merupakan struktur beton bertulang yang tahan gempa. Maka penyusunan HSBGN terbaru yaitu HSBGN 2018 berdasarkan standar perancangan struktur yang berlaku dan terkait dengan jenis struktur tersebut yaitu :

#### Standar 1 :

- SNI 2847-2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
- SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

Pada tahun 2019, ketiga standar tersebut akan diperbaharui agar perancangan struktur di Indonesia dapat dilakukan dengan lebih baik. Rancangan pembaharuan ketiga standar tersebut adalah sebagai berikut

#### Standar 2 :

- SNI 2847-2019 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya
- SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
- SNI 1727-2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain

Karena penyusunan HSBGN berdasarkan standar yang berlaku saat ini, maka apabila standar yang berlaku tersebut akan diperbaharui, HSBGN juga perlu dilakukan penyesuaian. Apabila tidak dilakukan pembaharuan pada HSBGN maka penyusunan estimasi biaya menjadi tidak tepat dan kurang bisa diandalkan.

Maka dari itu, untuk melihat dampak perubahan dari standar perancangan struktur terhadap HSBGN, akan dibandingkan 3 buah HSBGN yaitu sebagai berikut

- Model 1 (HSBGN 2018)** : HSBGN yang kini berlaku berdasarkan Standar 1

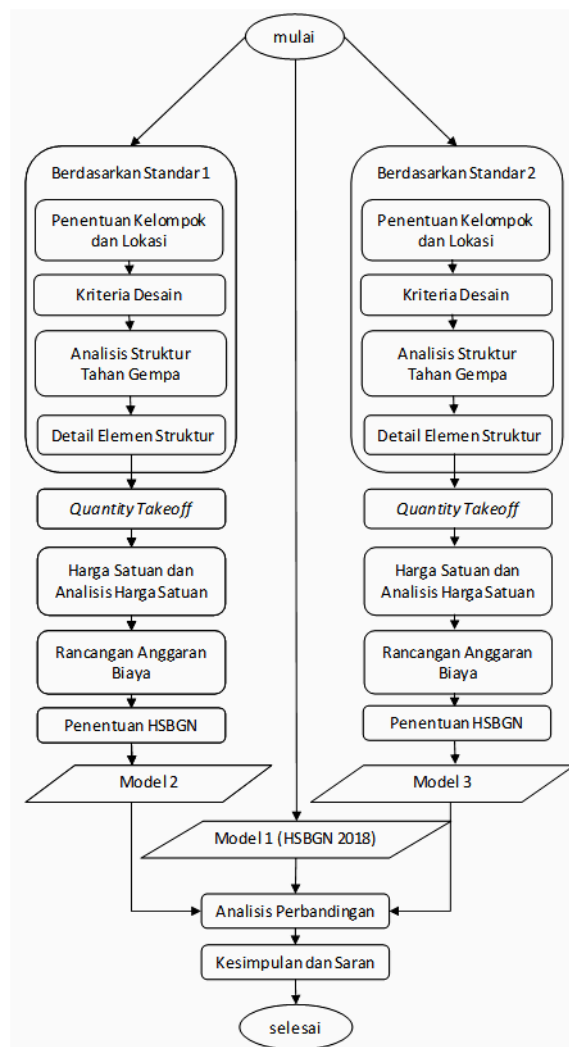
- Model 2** : hasil perhitungan berdasarkan Standar 1 yang disesuaikan dengan zonasi gempa pada 3 kelompok daerah yaitu :

- Daerah A
- Daerah B
- Daerah C

- Model 3** : hasil perhitungan berdasarkan Standar 2 yang disesuaikan dengan zonasi gempa pada 3 kelompok daerah yaitu :

- Daerah A
- Daerah B
- Daerah C

Pada Aplikasi HSBGN 2018 tidak terdapat gambar struktural. Kriteria desain yang digunakan dalam perancangan struktur juga tidak dicantumkan. Sehingga tidak dapat membandingkan secara langsung hasil pemodelan struktural yang dilakukan dengan HSBGN yang saat ini berlaku. Maka dari itu, yang akan dibandingkan adalah hasil perhitungan volume pekerjaan dan biaya.



Gambar 3 Metodologi penelitian

Setiap kelompok daerah tentunya mewakili beberapa daerah tertentu. Namun, untuk memudahkan perbandingan dampak dari perbedaan analisis struktural, akan digunakan biaya dari satu daerah saja, yaitu Kota Jakarta.

## 4. Pengolahan Data

### 4.1 Penentuan kelompok daerah

Untuk melakukan penentuan kelompok, pertama-tama perlu ditentukan dasar dari pengelompokan tersebut, dan nilai yang menentukan kelompok yang akan terpilih untuk setiap kota. Dasar dari penentuan pengelompokan tersebut merupakan hal yang penting dan harus dapat menggambarkan beban di setiap kota dengan baik. Dasar dari pengelompokan yang dipilih merupakan berdasarkan Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa  $MCE_R$  Terpetakan untuk Periode Pendek ( $S_s$ ). Berikut ini adalah uraian dari penentuan dasar pengelompokan tersebut.

Pada penelitian Sutjipto dan Sumeru (2018), telah dianalisis perbedaan dari Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa  $MCE_R$  Terpetakan untuk Periode Pendek ( $S_s$ ) dan untuk Periode 1 Detik ( $S_1$ ) berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Dari penelitian tersebut terdapat 17 ibu kota provinsi yang kemudian ditambahkan Kota Palu. Sehingga terdapat 18 ibukota provinsi yang akan ditinjau.

Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019, kondisi tanah terbagi menjadi 6 kelompok, yaitu :

- SA (batuan keras)
- SB (batuan)
- SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)
- SD (tanah sedang)
- SE (tanah lunak)
- SF (tanah khusus)

Penentuan klasifikasi situs dilakukan berdasarkan hasil tes geoteknik pada lapisan tanah 30 m paling atas. Untuk menentukan HSBGN, agar memastikan analisis struktur pada setiap kelompok terakomodasi untuk segala kondisi, maka dipilih tanah dengan klasifikasi situs paling rendah. Namun, klasifikasi situ SE dan SF memerlukan perlakuan khusus. Maka dari itu, kelas situs yang digunakan adalah tanah sedang atau SD.

Respon spektra dapat menunjukkan percepatan sesuai dengan periode bangunan. Berikut ini adalah penentuan respon spektra berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019.

Gedung negara tidak sederhana yang dijadikan model merupakan gedung dua lantai. Umumnya, gedung yang rendah memiliki periode bangunan yang pendek. Maka, percepatan respon spektra yang akan dirasakan adalah pada kondisi  $S_{DS}$  (parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5 persen), tidak pada kondisi  $S_{D1}$  (parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik, redaman 5 persen). Berdasarkan hasil pemodelan struktur yang dilakukan, bangunan Gedung Tidak Sederhana memiliki periode bangunan sebesar berkisar **0,37 – 0,45 detik**. Semakin besar beban gempa maka akan menghasilkan periode bangunan yang semakin kecil. Untuk membuktikannya, maka akan dihitung besar dari  $T_0$  (periode fundamental bangunan saat  $0,2 S_{D1}/S_{DS}$ ) dan  $T_s$  (periode fundamental bangunan saat  $S_{D1}/S_{DS}$ ).

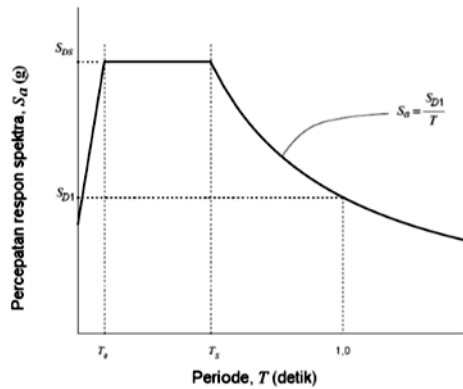
Dapat dilihat, bahwa bangunan Gedung Tidak Sederhana memiliki periode bangunan sebesar **0,37 – 0,45 detik** yang besarnya diantara  $T_0$  dan  $T_s$ . Percepatan respon spektra yang akan dirasakan adalah percepatan pada saat  $S_{DS}$ . Maka dari itu, untuk melakukan pengelompokan akan berdasarkan dari  $S_s$ .

Kemudian, perlu ditentukan rentang dari  $S_s$  untuk setiap kelompok. Penentuan rentang dilakukan dengan

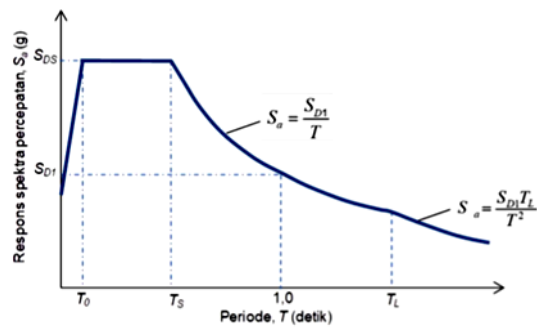
**Tabel 2. Perbandingan parameter respons spektral** (Sutjipto dan Sumeru, 2018)

NO	KOTA	KOORDINAT		$S_s$ (g)			$S_1$ (g)		
		LINTANG	BUJUR	SNI 1726:2012	SNI 1726:2019	RASIO	SNI 1726:2012	SNI 1726:2019	RASIO
1	Ambon	-3,6554	128,1908	1,380	1,085	0,79	0,490	0,393	0,80
2	Balikpapan	-1,2379	116,8529	0,235	0,123	0,52	0,082	0,083	1,01
3	Banda Aceh	5,5483	95,3238	1,349	1,510	1,12	0,642	0,600	0,93
4	Bandung	-6,9175	107,6191	1,450	1,176	0,81	0,486	0,510	1,05
5	Denpasar	-8,6705	115,2126	0,977	0,984	1,01	0,360	0,397	1,10
6	Jakarta	-6,1751	106,8650	0,664	0,779	1,17	0,293	0,379	1,29
7	Jayapura	-2,5916	140,6690	1,500	1,500	1,00	0,600	0,600	1,00
8	Kupang	-10,1772	123,6070	1,113	1,049	0,94	0,296	0,380	1,28
9	Makassar	-5,1477	119,4327	0,317	0,222	0,70	0,142	0,112	0,79
10	Manado	1,4748	124,8421	1,035	1,052	1,02	0,442	0,470	1,06
11	Manokwari	-0,8615	134,0620	1,454	1,500	1,03	0,561	0,600	1,07
12	Medan	3,5952	98,6722	0,526	0,652	1,24	0,332	0,360	1,08
13	Padang	-0,9471	100,4172	1,398	1,481	1,06	0,600	0,600	1,00
14	Palembang	-2,9761	104,7754	0,262	0,292	1,11	0,164	0,248	1,51
15	Pontianak	-0,0263	109,3425	0,017	0,113	6,65	0,022	0,047	2,14
16	Semarang	-7,0051	110,4381	1,098	0,880	0,80	0,364	0,379	1,04
17	Surabaya	-7,2575	112,7521	0,663	0,710	1,07	0,247	0,315	1,28
18	Palu	-0,9000	119,8700	2,132	2,000	0,704	2,000	0,700	0,35





(a) Berdasarkan SNI 1726 – 2012



(b) Berdasarkan RSNI 1726 – 2019

Gambar 4. Spektrum respon desain

Tabel 3. Nilai  $T_0$  dan  $T_s$  untuk setiap kota yang ditinjau

NO	KOTA	$T_0$ (s)		$T_s$ (s)	
		SNI 1726:2012	SNI 1726:2019	SNI 1726:2012	SNI 1726:2019
1	Ambon	0,107	0,130	0,536	0,649
2	Balikpapan	0,104	0,203	0,522	1,015
3	Banda Aceh	0,143	0,135	0,714	0,675
4	Bandung	0,102	0,151	0,508	0,755
5	Denpasar	0,112	0,139	0,558	0,694
6	Jakarta	0,126	0,157	0,630	0,786
7	Jayapura	0,120	0,136	0,600	0,680
8	Kupang	0,091	0,129	0,456	0,643
9	Makassar	0,129	0,149	0,645	0,747
10	Manado	0,123	0,151	0,613	0,757
11	Manokwari	0,116	0,136	0,579	0,680
12	Medan	0,159	0,168	0,793	0,838
13	Padang	0,129	0,138	0,644	0,689
14	Palembang	0,168	0,228	0,842	1,141
15	Pontianak	0,389	0,124	1,944	0,620
16	Semarang	0,105	0,144	0,523	0,721
17	Surabaya	0,112	0,143	0,560	0,715
18	Palu	0,107	0,119	0,533	0,595

Tabel 4. Pengelompokan kota-kota berdasarkan nilai  $S_s$ 

Rentang dari $S_s$ (g)		
Daerah A	Beban Gempa Tinggi	$\geq 0,8$
Daerah B	Beban Gempa Menengah	0,25 - 0,8
Daerah C	Beban Gempa Rendah	$\leq 0,25$

melihat gradasi warna pada Legenda Peta Parameter Gerak Tanah  $S_s$  yang terdapat pada SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Pada legenda dari kedua peta tersebut, terdapat gradasi warna yang menunjukkan besar dari  $S_s$  pada setiap daerah. Dari gradasi tersebut, maka dipilih rentang kelompok yang digunakan adalah sebagai berikut.

Setelah menentukan rentang dari setiap kelompok, maka dapat ditentukan kelompok untuk masing-masing kota. Karena adanya perubahan besar  $S_s$  untuk setiap kota akibat adanya pembaharuan peraturan, maka hasil pengelompokannya pun dapat berbeda. Berikut ini adalah hasil dari pengelompokan tersebut.

Masing-masing pengelompokan daerah terdapat kota yang menempati urutan pertama. Kota-kota ini yang akan menjadi penentu beban gempa yang digunakan untuk kelompok daerahnya. Hal ini dikarenakan untuk analisis struktur lebih baik berlebih dalam segi kekuatan daripada kurang. Sehingga, dapat ditentukan perwakilan kota yang digunakan untuk setiap kelompok.

#### 4.2 Perancangan struktur

Setelah menentukan lokasi tersebut, maka dapat ditentukan sistem struktur yang dibutuhkan. Penentuan sistem struktur mengikuti SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 yaitu berdasarkan Kategori Desain Seismik (KDS)

Setelah ditentukan sistem strukturnya, maka dilakukan perancangan elemen struktur pada masing-masing kondisi. Perancangan struktur menggunakan kaidah **struktur tahan gempa**. Struktur dianalisis menggunakan **metode statis linier** dengan **sistem rangka pemikul momen**.

Perancangan dilakukan sesuai dengan standar yang berlaku, yaitu **Model 2 menggunakan Standar 1** dan **Model 3 menggunakan Standar 2**. Hasil dari perancangan struktur merupakan kebutuhan penulangan dan ukuran beton pada setiap elemen struktur.

#### 4.3 Perhitungan rancangan anggaran biaya

Dari kebutuhan tulangan dan ukuran beton, dapat dilakukan perhitungan volume dari pekerjaan struktur. Pekerjaan struktur ini merupakan :

- pekerjaan penulangan
- pekerjaan pengecoran
- pekerjaan bekisting

Setelah mendapatkan volume pekerjaan pada setiap elemen struktur, kemudian hasilnya digabungkan dengan volume pekerjaan lainnya yang telah diasumsikan sebelumnya tidak terdapat perubahan.

Kemudian, setelah mendapatkan volume pekerjaan tersebut, dilakukan perhitungan rancangan anggaran

Tabel 5. Hasil pengelompokan

SNI 1726:2012				SNI 1726:2019			
NO	KOTA	S <sub>s</sub> (g)	Kelompok	NO	KOTA	S <sub>s</sub> (g)	Kelompok
1	Palu	2,132	Daerah A	1	Palu	2,000	Daerah A
2	Jayapura	1,500		2	Banda Aceh	1,510	
3	Manokwari	1,454		3	Jayapura	1,500	
4	Bandung	1,450		4	Manokwari	1,500	
5	Padang	1,398		5	Padang	1,481	
6	Ambon	1,380		6	Bandung	1,176	
7	Banda Aceh	1,349		7	Ambon	1,085	
8	Kupang	1,113		8	Manado	1,052	
9	Semarang	1,098		9	Kupang	1,049	
10	Manado	1,035		10	Denpasar	0,984	
11	Denpasar	0,977		11	Semarang	0,8=-80	
1	Jakarta	0,664	Daerah B	1	Jakarta	0,779	Daerah B
2	Surabaya	0,663		2	Surabaya	0,710	
3	Medan	0,526		3	Medan	0,652	
4	Makassar	0,317		4	Palembang	0,292	
5	Palembang	0,262		1	Makassar	0,222	
1	Balikpapan	0,235	Daerah C	2	Balikpapan	0,123	Daerah C
2	Pontianak	0,017		3	Pontianak	0,113	

Tabel 6. Pemilihan kota untuk mewakili setiap kelompok

Daerah	Pengelompokan	Model 2	Model 3
Daerah A	Beban Gempa Tinggi	Palu	Palu
Daerah B	Beban Gempa Menengah	Jakarta	Jakarta
Daerah C	Beban Gempa Rendah	Balikpapan	Makassar

Tabel 7. Sistem struktur yang digunakan pada model 2

MODEL 2			
Daerah	Kota	KDS	Sistem Struktur
Daerah A	Palu	D	Rangka Beton Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Daerah B	Jakarta	D	Rangka Beton Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Daerah C	Balikpapan	B	Rangka Beton Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Tabel 8. Sistem struktur yang digunakan pada model 3

MODEL 3			
Daerah	Kota	KDS	Sistem Struktur
Daerah A	Palu	D	Rangka Beton Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Daerah B	Jakarta	D	Rangka Beton Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Daerah C	Makassar	B	Rangka Beton Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

biaya untuk setiap kondisi. Setiap kota di Indonesia memiliki harga satuan material dan upah pekerja yang berbeda-beda. Maka dari itu, untuk memudahkan perbandingan nilai pada setiap kondisi, maka dipilih harga satuan dari satu tempat yang sama yaitu Kota Jakarta. Berikut ini adalah nilai total biaya berdasarkan harga satuan Kota Jakarta.

#### 4.4. Perhitungan harga satuan bangunan gedung negara (HSBGN)

Setelah menentukan rancangan anggaran biaya total berdasarkan harga satuan Kota Jakarta, maka dapat dilakukan perhitungan HSBGN. Perhitungan dilakukan dengan membagi biaya total dengan luas total bangunan. Perhitungan HSBGN berdasarkan harga satuan Kota

Tabel 9. Total biaya bangunan

Total Biaya			
Model 1		Rp	3.942.349.420
Model 2	Daerah A	Rp	4.145.791.010
	Daerah B	Rp	4.088.202.490
	Daerah C	Rp	4.018.303.870
Model 3	Daerah A	Rp	4.142.771.510
	Daerah B	Rp	4.116.774.000
	Daerah C	Rp	4.035.623.810

Tabel 10. Nilai HSBGN pada setiap model

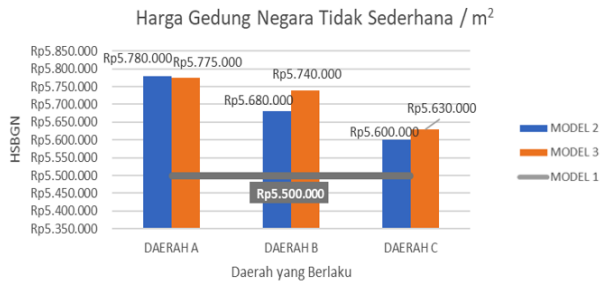
Keterangan		Biaya per m <sup>2</sup>		HSBGN	
Model 1		Rp	5.495.559	Rp	5.500.000
Model 2	Daerah A	Rp	5.779.153	Rp	5.780.000
	Daerah B	Rp	5.698.876	Rp	5.670.000
	Daerah C	Rp	5.601.438	Rp	5.600.000
Model 3	Daerah A	Rp	5.774.944	Rp	5.775.000
	Daerah B	Rp	5.738.704	Rp	5.740.000
	Daerah C	Rp	5.625.582	Rp	5.630.000

Jakarta hanya untuk mempermudah perbandingan antar model.

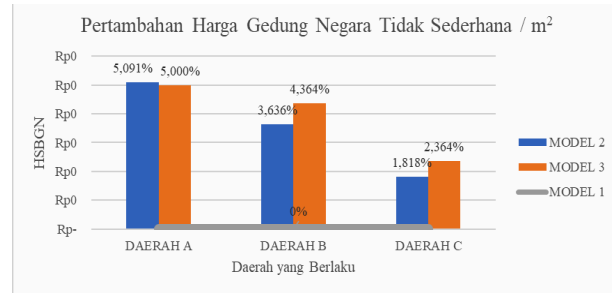
## 5. Analisis

Berikut ini adalah Gambar yang menunjukkan perbandingan antar model Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN) dengan HSBGN yang berlaku berdasarkan harga satuan Kota Jakarta.

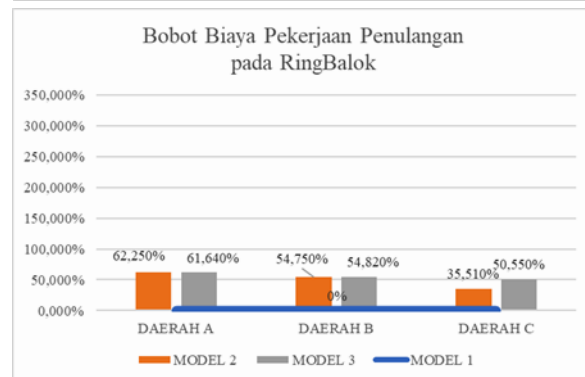
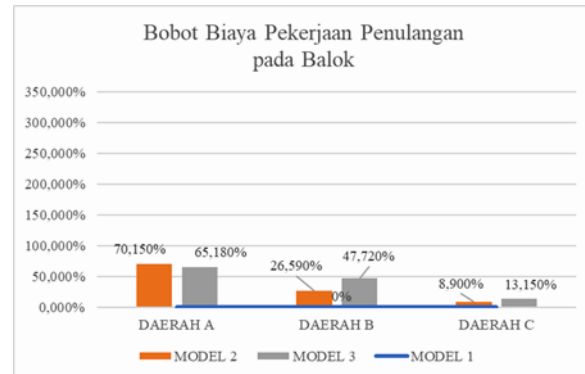
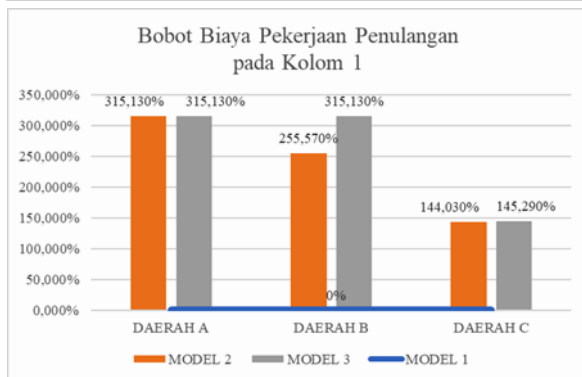
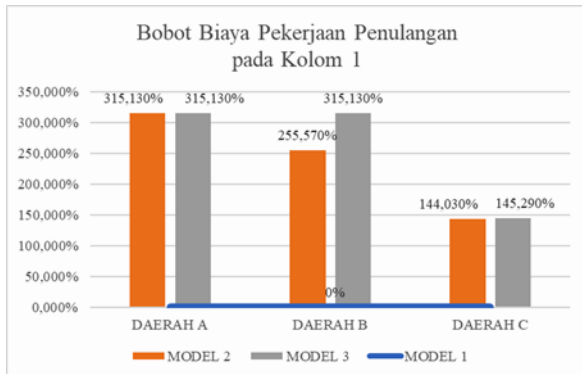
Nilai akhir HSBGN sangat dipengaruhi oleh beban gempa dan pemilihan sistem struktur. Dapat dilihat pada masing-masing model, besar beban gempa berbanding lurus dengan nilai HSBGN. Beban gempa paling tinggi, yaitu pada Daerah A memiliki nilai HSBGN tertinggi sedangkan pada beban gempa yang



Gambar 5. Nilai HSBGN berdasarkan harga kota Jakarta



Gambar 6. Pertambahan nilai model 2 dan model 3 terhadap model 1 (HSBGN 2018)



Gambar 7. Bobot biaya pekerjaan penulangan pada elemen kolom 1, balok, kolom 2, dan ring balok

paling rendah yaitu Daerah C memiliki nilai HSBGN terendah.

Besar beban gempa pada Model 2 di Daerah C lebih besar daripada Model 3 di Daerah C. Namun, hasil akhir nilai HSBGN berbanding terbalik. Nilai Model 2 di Daerah C lebih kecil daripada Model 3 di Daerah C. Hal ini dikarenakan perbedaan standar yang digunakan untuk menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).

Penentuan KDS berujung pada pemilihan sistem struktur yang digunakan. Model 2 di Daerah C memiliki KDS B. Sehingga sistem struktur yang digunakan adalah Struktur Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Sedangkan, Model 3 di Daerah C memiliki KDS C, meskipun beban gempa yang ada lebih rendah. Sehingga sistem struktur yang digunakan adalah Struktur Bertulang Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Maka dari itu, pemilihan sistem struktur sangat penting dan mempengaruhi biaya akhir dari pembangunan sebuah gedung. Pemilihan sistem harus sesuai dengan KDS daerah tersebut agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan biaya. Lebih bahaya lagi apabila dapat mempengaruhi kekuatan struktur.

Dapat disimpulkan, urutan biaya akan dipengaruhi oleh sistem pemikul momen terlebih dahulu, kemudian dilihat dari beban gempa yang bekerja di daerah tersebut. Penggunaan sistem yang lebih khusus akan memerlukan penguatan elemen struktur yang lebih banyak sehingga biaya yang dibutuhkan pun lebih besar.

Pada Gambar 5 - 7 tersebut juga dapat terlihat perbedaan nilai HSBGN antar daerah di masing-masing model sangat signifikan. Hal tersebut menunjukkan kebutuhan struktur di berbagai kota di Indonesia berbeda-beda bergantung pada beban gempa di



daerah akan didirikan bangunan. Untuk menyamaratakan kebutuhan struktur di seluruh Indonesia dapat menimbulkan masalah. HSBGN digunakan sebagai standar pengajuan dana pembangunan gedung negara. Ketidaksesuaian dengan kebutuhan struktural dapat membuat pemborosan atau kekurangan dana. Dana pemborosan dapat dialokasikan kepada kebutuhan lainnya. Sedangkan kekurangan dana dapat membuat kualitas dan fungsi bangunan tidak sesuai dengan ketentuan.

Selain itu, dapat dilihat juga, HSBGN 2018 merupakan nilai HSBGN yang paling kecil diantara Model 2 dan Model 3. Bahkan, nilai HSBGN 2018 lebih rendah daripada nilai HSBGN di Daerah C. Terdapat beberapa faktor yang dapat membuat kondisi ini terjadi.

Pembuatan HSBGN 2018 dilakukan bertahap seperti pada penelitian ini. Namun, meskipun telah diatur bahwa bangunan harus di desain untuk tahan gempa, ada kemungkinan HSBGN 2018 tidak memperhitungkan gaya gempa yang sesuai.

Disisi lain, HSBGN 2018 dimanfaatkan sebagai pembuatan anggaran gedung negara. Pemerintahan Indonesia memiliki kapasitas kemampuan untuk membiayai proyek-proyek pembangunan gedung negara. Sehingga, nilai HSBGN 2018 ini disesuaikan dengan kemampuan pemerintah. Apabila benar begitu adanya, hal tersebut merupakan risiko dikemudian hari untuk pemerintah. Dengan merendahkan penganggaran daripada yang dibutuhkan, dapat membuat gedung dibangun dengan kualitas yang kurang baik. Struktur yang tidak cukup kuat dapat menjadi bencana, terutama di daerah yang beban gempa tinggi.

Kenaikan nilai HSBGN ini paling dipengaruhi oleh kenaikan biaya pekerjaan penulangan. Biaya pekerjaan penulangan yang paling terlihat terdapat pada empat komponen struktur yaitu kolom lantai 1, kolom lantai 2, balok, dan ringbalok. Maka dari itu, pekerjaan penulangan ini merupakan pekerjaan yang paling penting untuk diperhatikan dalam merubah perancangan struktur menjadi struktur tahan gempa. Ketersediaan tenaga kerja dan material untuk menunjang pekerjaan tersebut juga harus dipastikan tersedia. Berikut ini adalah tingkat kenaikan biaya pekerjaan penulangan dibandingkan dengan Model 1 (HSBGN 2018)

## 6. Kesimpulan

1. Berdasarkan peraturan mengenai Pembangunan Gedung Negara, Model 1 (Harga Satuan Bangunan Gedung Negara (HSBGN) 2018) harus dirancang menggunakan Standar Perancangan Gedung Tahan Gempa yang sama dengan Model 2 (pemodelan menggunakan Standar Perancangan Gedung Tahun Gempa 1; SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, dan SNI 1727-2013). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai dari Model 2 adalah 1,818 – 5,091% lebih tinggi dari Model 1. Hal ini merupakan indikasi awal bahwa Model 1 belum memperhitungkan bangunan tahan gempa dengan baik.
2. Nilai dari Model 3 (pemodelan menggunakan Standar Perancangan Gedung Tahun Gempa 2; SNI 1726-2019, SNI 2847-2019, dan SNI 1727-2020) 2,364% –

5% lebih tinggi dari Model 1. Perbandingan nilai Model 3 dengan Model 1 yang lebih tinggi dibandingkan Model 2 dan Model 1 menunjukkan bahwa dengan adanya pembaharuan Standar Perancangan Struktur Tahan Gempa membuat terjadinya peningkatan kebutuhan struktur dan mengakibatkan adanya peningkatan biaya sehingga penting untuk adanya pembaharuan HSBGN berdasarkan Standar Perancangan Struktur Tahan Gempa yang terbaru.

3. Nilai pada Model 2 dan Model 3 untuk setiap Daerah juga berbeda-beda. Daerah A (daerah dengan beban gempa tinggi) lebih besar nilainya daripada Daerah B (daerah dengan beban gempa menengah) hingga 2% pada Model 2 dan 0,636% pada Model 3. Daerah B lebih besar nilainya daripada Daerah C (daerah dengan beban gempa rendah) hingga 1,273% pada Model 2 dan 2% pada Model 3. Perbedaan-perbedaan ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara daerah beban gempa dengan kebutuhan struktur suatu bangunan. Semakin tinggi beban gempa pada suatu daerah maka akan membutuhkan kebutuhan struktur yang semakin tinggi dan membuat kebutuhan biaya yang lebih besar. Oleh karena itu, dalam pembuatan HSBGN perlu dilakukan berdasarkan pengelompokan beban gempa, tidak bisa di samaratakan untuk seluruh daerah di Indonesia.
4. Analisis struktur dengan menggunakan beban gempa yang sesuai menghasilkan perbedaan kebutuhan volume pekerjaan struktur, terutama pada pekerjaan penulangan di elemen struktur kolom. Pembiayaan pada pekerjaan penulangan di elemen struktur Kolom Lantai 1 pada Model 2 meningkatkan hingga 144,03% - 315,13% dari Model 1 dan pada Model 3 meningkat hingga 145,29% - 315,13% dari Model 1 sedangkan di elemen struktur Kolom Lantai 2 pada Model 2 meningkat hingga 136,26% - 292,42% dari Model 1 dan pada Model 3 meningkat hingga 177,06% - 292,42% dari Model 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa pekerjaan penulangan merupakan pekerjaan yang paling mempengaruhi biaya pada bangunan tahan gempa sehingga perlu menjadi catatan penting dalam pembaharuan HSBGN di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- Abduh, M., dan Kurniawan, B., 2008, Model Perhitungan Harga Satuan Tertinggi Bangunan Gedung Negara, *Prosiding dari Konferensi Nasional Teknik Sipil 2* – Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, Juni 6-7.
- Fauzan, Kurniawan, R., Mashelvia, R., 2018, Pengaruh Beban Gempa Berdasarkan Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia 2017 Terhadap Respon Struktur Gedung Rusunawa Universitas Andalas, *Prosiding PIT Ke-5 Riset Kebencanaan IABI* – Universitas Andalas, Padang, Indonesia, Mei 2-4.
- Imran, I., dan Hendrik, F., 2016 *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*, ITB Press, Bandung

- Indarto, H., Hermawan, F., 2017, Mekanisme Kebijakan Standar Ketahanan Gempa Baru Pada Bangunan, *Jurnal Teknik*, 38 (2), 2017, 103-112
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara
- Rainayana, S., 2018, *Perancangan Struktur Tahan Gempa Proyek Gedung Graha Gatsu di Jakarta Selatan*, Tesis, Indonesia : Institut Teknologi Bandung.
- SNI 2847-2019, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya
- SNI 1726-2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
- SNI 1727-2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- SNI 2847-2013, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- SNI 1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
- SNI 1727-2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- Sutjipto, S., dan Sumeru, I., 2018, Perbandingan Spektrum Respons Desain RSNI 1726:2018 dan SNI 1726:2012 Pada 17 Kota Besar di Indonesia, *Prosiding dari Konferensi Nasional Teknik Sipil 12*, Batam, Indonesia, September 18-19.