

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA PADA BANGUNAN HOTEL 12 LANTAI DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN BIASA DI KOTA BATAM

FAUZAN

Universitas Batam
fauzansimple@gmail.com

Abstract: Planning for high-rise buildings with the risk of seismicity can be calculated by several methods. Among them are the Moment Bearer Frame System (SRPM) and Structural Wall System (SDS) methods. Indonesia is a country with a high level of seismic activity, one of which is the city of Batam (earthquake zone 1), so the building structure must be planned to be resistant to earthquakes which have been regulated in SNI 03-1726-2012 and SNI 03-2847-2013. Therefore, this final project discusses the optimization of earthquake load-bearing structural systems (lateral, stiffness, structural resistance in 12 floors hotel building. The design of the building structure uses the 2013 ETABS auxiliary program by adjusting the parameters of the strength of the material used. Quality of concrete ($f'_c = 30\text{MPa}$) & the quality of reinforcing steel ($f_y = 400\text{MPa}$) and gravity loading and earthquake loading of the building structure. The upper main portal structure of the building is designed with the concept of capacity, namely strong column weak beam (SCWB), the occurrence of plastic joints at the ends of the beam, column feet and wall legs structural analysis, which is then analyzed the dimensions and pengesaniannya due to gravity loads, equivalent static earthquakes and dynamic earthquakes of various response spectrum. From the structural design analysis, the results show that the stiffness, strength and resistance of multiple systems with smaller dimensions and the reinforcement of the structural components of the main portal meet the performance requirements of the structure boundary. In the bearer frame system moments can be used where the earthquake load is 100% held at the moment frame, so the size of the beam and column frames will be smaller.

Keywords: Etabs 2013, Earthquake, Structural Performance, SRPMB

Abstrak: Perencanaan bangunan gedung bertingkat tinggi dengan resiko kegempaan dapat dihitung dengan beberapa metode. Diantaranya adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Dinding Struktural (SDS). Indonesia merupakan negara dengan tingkat aktifitas kegempaan yang tinggi salah satunya kota Batam (zona gempa 1), maka struktur gedung harus direncanakan tahan terhadap gempa yang telah diatur dalam SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-2847-2013. Oleh karena itu tugas akhir ini membahas optimalisasi sistem struktur penahan beban gempa (lateral, kekakuan, ketahanan struktur pada bangunan hotel 12 lantai. Perancangan struktur gedung digunakan program bantu ETABS 2013 dengan penyesuaian parameter kekuatan material yang digunakan. Mutu beton ($f'_c = 30\text{MPa}$) & mutu baja tulangan ($f_y = 400\text{MPa}$) dan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa struktur gedung. Struktur atas portal utama gedung didesain dengan konsep kapasitas yaitu *strong column weak beam (SCWB)* terjadinya sendi plastis diujung-ujung balok, kaki kolom dan kaki dinding struktural, yang kemudian dianalisa dimensi dan pembesaniannya akibat dari beban gravitasi, gempa statik ekuivalen dan gempa dinamik ragam spektrum respons. Dari analisa rancangan struktur didapat hasil bahwa kekakuan, kekuatan dan ketahanan pada sistem ganda dengan dimensi dan penulangan komponen struktur atas

portal utama yang lebih kecil memenuhi syarat kinerja batas struktur. Pada sistem rangka pemikul momen bisasa yang beban gempa nya 100% ditahan sama rangka momen , sehingga ukuran rangka balok dan kolom akan lebih kecil.

Kata kunci: Etabs 2013, Gempa, Kinerja Struktur, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa.

A. Pendahuluan

Sebagai negara yang berkembang, Indonesia saat ini melaksanakan pembangunan disegala bidang termasuk dibidang konstruksi. Dalam pelaksanaan suatu konstruksi terutama untuk konstruksi yang bertingkat banyak, pengaruh gempa harus diperhitungkan, mengingat bahwa Indonesia termasuk jalur gempa tektonik yang berbahaya. Oleh karena itu perencanaan (design) dari struktur bangunan sangat menentukan agar dapat menjamin kekuatan dan kestabilan dari bangunan tersebut supaya dapat bermanfaat dan layak untuk digunakan. Wilayah Indonesia memiliki 6 (enam) wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1(satu) adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 (enam) dengan kegempaan paling tinggi.

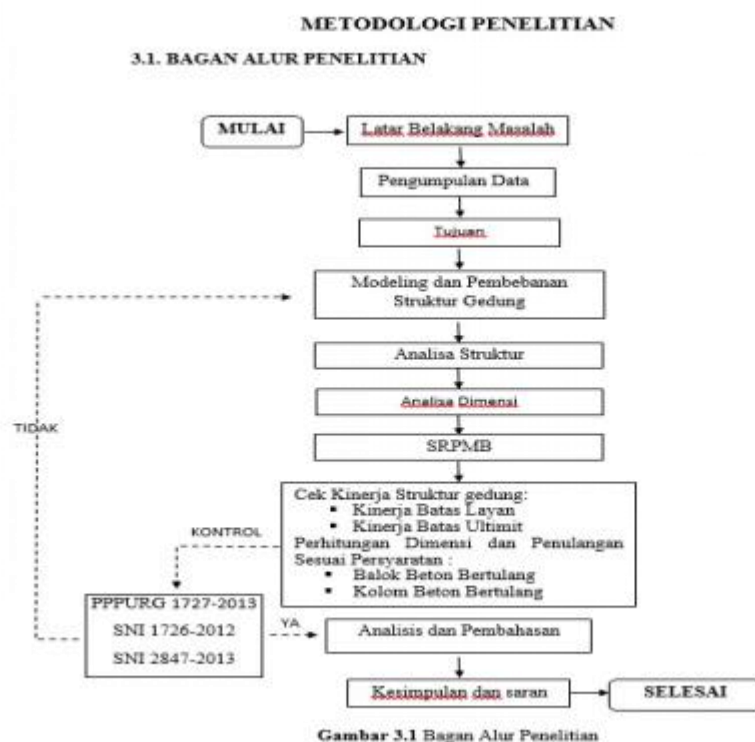
Pembagian wilayah gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 50 tahun. (SNI 03-1726-2012) Dengan kata lain sebagai seorang perencana juga dituntut untuk menciptakan suatu konstruksi bangunan yang dapat menahan respon inelastik yang diakibatkan oleh beban gempa. Berdasarkan Gambar 1 Wilayah Gempa Indonesia Dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Dengan Periode Ulang 50 Tahun pada SNI 03-1726 – 2012, wilayah Batam termasuk pada zona gempa 1 dan didesign dengan metode Sistem rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Dimana metode ini digunakan untuk perhitungan struktur gedung pada zona 1 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan rendah (SNI 03-1726 – 2012).

Perencanaan bangunan gedung bertingkat tinggi dengan resiko gempa dapat dihitung dengan beberapa metode. Diantaranya adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Dinding Struktural (SDS). Sistem rangka pemikul momen terbagi dalam 3 kategori desain yang didasarkan pada lokasi perencanaan. Pada lokasi yang tingkat resiko kegempaan tinggi seperti wilayah gempa 5 dan 6 direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sedangkan untuk lokasi yang tingkat resiko kegempaan sedang seperti wilayah 3 dan 4 direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Dan pada lokasi yang tingkat resiko kegempaan rendah seperti wilayah gempa 1 dan 2 direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

Selain itu, pada bangunan gedung bertingkat tinggi juga memerlukan perkuatan tambahan untuk menahan gaya gempa yang bekerja, misalnya dengan penambahan struktur dinding geser (shearwall). Sama halnya seperti SRPMK, Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK) juga digunakan untuk struktur yang dikenakan kategori dengan tingkat resiko gempa tinggi. Sedangkan untuk struktur yang dikenakan kategori dengan tingkat resiko gempa rendah menggunakan Sistem Dinding Struktural Biasa (Iswandi, 2014). Berdasarkan SNI-1726-2012 yaitu Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, untuk merencanakan bangunan tahan gempa, struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan.

Perencanaan bangunan gedung tersebut direncanakan dengan menggunakan material beton bertulang sesuai dengan SNI-2847-2013 yaitu Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, dan sistem struktur yang akan direncanakan adalah model sistem struktur sistem rangka pemikul momen Biasa (SRPMB). Dasar pemilihan sistem struktur sistem rangka pemikul momen Biasa (SRPMB) ini dikarenakan bangunan berada di wilayah gempa 1 yang terletak di daerah Kota Batam, Perencanaan Gedung Hotel ini berada di wilayah batam yang merupakan kota di Indonesia pada kondisi tanah dengan nilai respon spektra percepatan untuk perioda pendek 1.0 detik (S_1) di batuan dasar (SB) sebesar 0,25 – 0,30g. Dengan ini bangunan gedung Hotel dapat direncanakan dengan metode Sistem rangka pemikul momen Biasa (SRPMB) 21.2 SNI 03-2847-2013.

B. Metodologi Penelitian



Metode Analisa Statik Ekuivalen. Pembebanan beban gempa pada struktur yang diakibatkan oleh gaya geser tanah dasar (V) yang terdistribusi sepanjang tinggi bangunan dalam arah sumbu X dan sumbu Y bangunan. Memodifikasi spektrum respons rencana dengan mengalikan faktor koreksi (I/R) kekoordinatnya sejumlah beberapa ragam hingga respons partisipasi massa mencapai 90%. Untuk melakukan analisa struktur maka didalam Tugas Akhir ini digunakan program ETABS 2013(*Extended Three Dimensional Analisis Building System*). Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak yang diproduksi oleh *Computer Structure Incorporate (CSI)* yang dirancang khusus untuk menganalisa dan mendesain struktur gedung. Terdapat beberapa nilai lebih dari perangkat lunak ini, yang telah mengalami banyak perubahan yang sangat signifikan dari versi sebelumnya salah satunya yaitu peningkatan kecepatan analisa dan penambahan material. Jika dibandingkan dengan program analisis struktur sejenis lainnya dalam hal menganalisa struktur gedung antara lain: 1) Terdapat fitur perhitungan berat sendiri elemen struktur dan reduksi beban hidup kumulatif lantai secara otomatis; 2) Terdapat fitur perhitungan pusat masa dan

pusat kekakuan lantai secara otomatis; 3) Terdapat fitur *similary storey* yang memudahkan pemodelan dan penginputan beban pada lantai yang tipikal; 3) Hasil output dari analisa dapat dengan mudah dipahami karena disajikan dalam tabel-tabel dan diagram yang sistematis. Dengan adanya nilai lebih pada program yang disebutkan diatas maka proses perencanaan dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan jika menggunakan program lain yang sejenis. Untuk perhitungan dan kontrol terhadap penulangan maupun persyaratan lainnya elemen struktur, kolom dan dinding geser yang perlu ditinjau lebih detail

C. Hasil dan Pembahasan

1. Analisa Beban Statik Ekuivalen

Periode Fundamental. Sesuai dengan syarat yang ada pada SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, jumlah ragam untuk memperoleh massa ragam terkombinasi sebesar 90% dari masa aktual dalam masing-masing arah horizontal dan respon yang ditinjau oleh model. Berikut adalah rekapitulasi model struktur yang terkait dengan karakteristik dinamik struktur dengan 20 model seperti yang ada pada tabel 1

Tabel 1 model massa *participating rasio*.

Mode	Periode detik	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ
1	3.510498	55.3774	8.0511	0	55.3774	8.0511
2	3.40733	10.2054	44.233	0	65.5828	52.2841
3	2.575047	0	8.2858	0	65.5828	60.5699
4	1.216007	14.9772	0.0226	0	80.56	60.5925
5	1.102369	0.1223	9.6879	0	80.6822	70.2804
6	0.931955	0.1648	5.9501	0	80.847	76.2305
7	0.721656	8.1512	0.0274	0	88.9982	76.2579
8	0.618435	0.1906	2.2899	0	89.1888	78.5478
9	0.603018	0.0331	4.254	0	89.222	82.8018
10	0.514305	4.7987	0.0199	0	94.0207	82.8217
11	0.405399	0.1139	2.0198	0	94.1346	84.8415
12	0.388555	1.1335	0.6475	0	95.2681	85.4891
13	0.383615	0.4779	0.736	0	95.746	86.225
14	0.298667	0.7447	0.1631	0	96.4907	86.3881
15	0.290857	0.0614	1.4687	0	96.5522	87.8568
16	0.261715	0.018	0.7076	0	96.5702	88.5644
17	0.240864	0.5889	0.0109	0	97.1591	88.5752
18	0.219514	0.0001	0.7028	0	97.1592	89.2781
19	0.207665	0.1609	0.64	0	97.3201	89.9181
20	0.199888	0.2423	0.2114	0	97.5625	90.1295

Perhitungan Berat Seismik Efektif (Wt). Sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.7.2, berat seismik efektif melibatkan seluruh beban mati, beban operasional total gedung dari peralatan yang permanen, serta beban hidup lantai minimum sebesar 25%. Berdasarkan hasil perhitungan pada ETABS, total berat seismik efektif struktur adalah sebagai berikut: 12385,66 kN

Tabel 2. Perhitungan Berat Seismik Efektif Arah-X dan Y

Lantai 15	68.15534	50.1	134563.0744	6.57057
Lantai 14	495.5531	47.6	886186.1875	43.27152
Lantai 13	786.9243	44.2	1219346.07	59.53936
Lantai 12	787.2198	40.8	1044876.385	51.02019
Lantai 11	787.4829	37.4	883348.6574	43.13297
Lantai 10	812.1633	34	757681.3979	36.99677
Lantai 9	840.7656	30.6	639778.3825	31.23969
Lantai 8	840.5213	27.2	509309.0681	24.86902
Lantai 7	840.7123	23.8	393488.1479	19.2136
Lantai 6	852.5792	20.4	296178.2279	14.46206
Lantai 5	1309.151	17	319655.8308	15.60845
Lantai 4	1538.135	13	223553.5111	10.91588
Lantai 3	284.383	9	20297.90802	0.991125
Lantai 2	163.8212	6	5338.03674	0.260651
Lantai 1	1978.092	3	16869.70357	0.82373
total	12385.66			

Gaya Geser Dasar Seismik. Perhitungan faktor skala gaya gempa pada gedung dilakukan untuk membandingkan hasil dari Analisa dinamik dengan prosedur gaya lateral ekuivalen. Beban geser dasar nominal statik ekuivalen dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V = C_s W_t \dots \dots \dots (22)$$

Dengan:

V= Beban geser dasar nominal

Cs= Koefisien respon seismik

Wt= Berat seismik efektif

Sesuai dengan rumus beban geser nominal diatas, diperoleh nilai besarnya beban geser dasar nominal statik ekuivalen untuk kedua arah. Berdasarkan hasil perhitungan pada ETABS, beban geser dasar nominal statik ekuivalen adalah sebagai berikut:

V (B-T) = 8,1 kN

V (S-U) = 8,1 kN

Tabel 3. Perhitungan Gaya Geser Dasar Seismik Arah-X dan Y

Lantai	Gaya Geser Lantai Arah X (kN)	Gaya Geser Lantai Arah Y (kN)
Lantai 15	64.5	64.5
Lantai 14	424.6	424.6
Lantai13	584.3	584.3
Lantai 12	500.7	500.7
Lantai 11	423.3	423.3
Lantai 10	363.1	363.1
Lantai 9	306.6	306.6
Lantai 8	244.1	244.1
Lantai 7	188.6	188.6
Lantai 6	141.9	141.9
Lantai 5	153.2	153.2
Lantai 4	107.1	107.1
Lantai 3	9.7	9.7
Lantai 2	2.6	2.6
Lantai 1	8.1	8.1
Total	3522.23	3522.23

Simpangan Antar Lantai Tingkat. Perpindahan antar lantai diprediksi pada kondisi ultimit dengan menggunakan analisa respon dinamik. Simpangan antar lantai dihitung berdasarkan rumus berikut.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{T_p} \dots\dots\dots(27)$$

Dengan $C_d = 5,5$ dan $I_e = 1,0$ pada masing-masing lantai bangunan gedung dalam arah ortagonal X dan Y. Nilai tersebut harus memenuhi syarat simpangan antar lantai maksimum sesuai dengan standar SNI 1726-2012 pasal 7.12.1 untuk katagori semua struktur lainnya, yakni $0,020h_{sx}$ untuk katagori resiko II. Hasil rekapitulasi perhitungan detail mengenai pengecekan perpindahan antar lantai dapat di lihat pada tabel 4.13 untuk koordinat arah X dan pada tabel 4.14 untuk koordinat arah Y sebagai berikut. Dari hasil perhitungan pengecekan perpindahan antar lantai dapat disimpulkan bahwa

struktur bangunan untuk kedua arah koordinat gempa memenuhi kriteria perpindahan ultimit izin.

Tabel 4. Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

lantai	Tinggi (m)	δx_e (mm)	Δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	status
Lantai 15	2.5	110.3	275.8	8.0	50.0	ok
Lantai 14	3.4	107.1	267.8	10.0	68.0	ok
Lantai13	3.4	103.1	257.8	16.5	68.0	ok
Lantai 12	3.4	96.5	241.3	22.8	68.0	ok
Lantai 11	3.4	87.4	218.5	27.3	68.0	ok
Lantai 10	3.4	76.5	191.3	23.3	68.0	ok
Lantai 9	3.4	67.2	168.0	25.5	68.0	ok
Lantai 8	3.4	57.0	142.5	27.5	68.0	ok
Lantai 7	3.4	46.0	115.0	29.0	68.0	ok
Lantai 6	3.4	34.4	86.0	35.8	68.0	ok
Lantai 5	4	20.1	50.3	26.5	80.0	ok
Lantai 4	4	9.5	23.8	3.0	80.0	ok
Lantai 3	3	8.3	20.8	20.7	60.0	ok
Lantai 2	3	4.1	10.3	-2058.6	60.0	ok
Lantai 1	3	0.0	0.1	0.1	60.0	ok

Tabel 4. Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

lantai	Tinggi (m)	δx_e (mm)	Δx (mm)	Δ (mm)	Δa (mm)	status
Lantai 15	2.5	103.6	259.0	-1.3	50.0	Ok
Lantai 14	3.4	104.1	260.3	9.0	68.0	Ok
Lantai13	3.4	100.5	251.3	14.3	68.0	Ok
Lantai 12	3.4	94.8	237.0	19.3	68.0	Ok
Lantai 11	3.4	87.1	217.8	24.0	68.0	Ok
Lantai 10	3.4	77.5	193.8	26.0	68.0	Ok

Lantai 9	3.4	67.1	167.8	28.0	68.0	Ok
Lantai 8	3.4	55.9	139.8	29.3	68.0	Ok
Lantai 7	3.4	44.2	110.5	30.0	68.0	Ok
Lantai 6	3.4	32.2	80.5	39.8	68.0	Ok
Lantai 5	4	16.3	40.8	21.8	80.0	ok
Lantai 4	4	7.6	19.0	12.0	80.0	Ok
Lantai 3	3	6.9	17.3	16.8	60.0	Ok
Lantai 2	3	2.8	7.0	6.5	60.0	Ok
Lantai 1	3	0.2	0.5	0.5	60.0	Ok

Kinerja struktur yang harus ditinjau yaitu kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit sebagai parameter bahwa kekakuan struktur gedung tergolong nyaman sehingga memberikan rasa aman bagi penghuni.

Tabel 6. Kontrol Kinerja Batas Layan Arah X dan Y

lantai	Tinggi (m)	ΔS_x (mm)	ΔS_y (mm)	Syarat (mm) (5,5xTinggi Lantai x Ie)
Lantai 15	2.5	7,60	9,1	20,9
Lantai 14	3.4	7,70	8,8	20,9
Lantai 13	3.4	7,70	8,7	20,9
Lantai 12	3.4	7,70	8,5	20,9
Lantai 11	3.4	7,60	8,1	20,9
Lantai 10	3.4	7,60	7,8	20,9
Lantai 9	3.4	7,50	7,4	20,9
Lantai 8	3.4	7,40	6,9	20,9
Lantai 7	3.4	7,10	6,3	20,9
Lantai 6	3.4	6,80	5,8	20,9
Lantai 5	4	6,40	5,0	20,9
Lantai 4	4	5,90	4,3	20,9
Lantai 3	3	5,00	3,5	20,9
Lantai 2	3	3,90	2,5	20,9
Lantai 1	3	2,40	1,5	27,5

Tabel 7. Kontrol Kinerja Batas Ultimit Arah X dan Arah Y

lantai	Tinggi (m)	ΔS_x (mm)	ΔS_y (mm)	Syarat (mm) (0,02xTinggi Lantai)
Lantai 15	2.5	41,8	50,1	76
Lantai 14	3.4	42,4	48,4	76
Lantai 13	3.4	42,4	47,9	76
Lantai 12	3.4	42,4	46,7	76
Lantai 11	3.4	41,8	44,6	76
Lantai 10	3.4	41,8	42,9	76
Lantai 9	3.4	41,3	40,7	76
Lantai 8	3.4	40,7	38,0	76
Lantai 7	3.4	39,1	34,7	76
Lantai 6	3.4	37,4	31,9	76
Lantai 5	4	35,2	27,5	76
Lantai 4	4	32,5	23,7	76
Lantai 3	3	27,5	19,3	76
Lantai 2	3	21,5	13,8	76
Lantai 1	3	13,2	8,3	100

D. Penutup

Berdasarkan hasil analisa struktur gedung Perkantoran Berdasarkan hasil analisa struktur gedung Hotel 12 lantai yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut: Pada sistem struktur penahan beban gempa (lateral) telah memenuhi syarat kekuatan, kekakuan dan ketahanan yang telah diatur dalam peraturan SNI 03-1726-2012 dan perhitungan beton bertulang sesuai SNI 03-2847-2013. Waktu getar yang terjadi lebih kecil dari waktu getar yang di ijinakan yaitu $0,028 > 2,36$ detik, jadi struktur utama yang di hitung sudah memenuhi sarat. Pada kinerja batas layan (Δs) Dan batas Ultimit (Δm) telah memenuhi syarat sesuai hasil perhitungan yaitu untuk batas layan ($\Delta s_x = 7,7\text{mm}$) dan ($\Delta s_y = 8,5\text{mm}$) $< 20\text{ mm}$, dan batas ultimit ($\Delta m_x = 22,8\text{mm}$) dan ($\Delta m_y = 19,3\text{mm}$) $< 68\text{ mm}$. Penijauan terhadap kemampuan sruktur sistem rangka pemikul momen biasa tealah memenuhi sarat karena mampu menahan 100 % terhadap gaya gempa

Daftar Pustaka

- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, Ali. 2010. *Kolom, Fondasi dan Balok T Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Assa, Stevy Christopher, 2012, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Di Wilayah Kota Padang Dengan Menggunakan Sistem Ganda (Kombinasi SRPMK & Dinding Geser)*, Tugas Akhir Teknik Sipil, Universitas Batam, Batam.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain". SNI 1727-2013. Jakarta.
- Bambang budiono dkk, 2017, *Desain Bangunan Tahan gempa Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan sistem Dinding Struktur Khusus*.

- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2003, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012*, Badan Puslitbang Pemukiman : Bandung.
- Esa Bahtera, 2010, *Analisa Perbandingan Simpangan Horizontal Gedung Bertingkat Tinggi Pada Shearwall Diagonal Dengan Shearwall Searah Sumbu X-Sumbu Y, Tugas Akhir Teknik Sipil*, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Lestari, Dwi, 2013, *Studi Komparatif Penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen dan Sistem Ganda Terhadap Pembesian Kolom Pada Bangunan 20 Lantai*, Universitas Batam, Batam.
- Nasution, Amrinsyah, 2009, *Analisa dan Desain Struktur Beton Bertulang*, ITB, Bandung.
- Parwirodikromo, Widodo, 2012, *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Purwono, Rahmat dkk, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Surabaya.
- Rio Ade Saputra, 2015, *studi perancangan Struktur Tahan Gempa Gedung Apartemen 22 lantai di wilayah 6 Dengan Opimalisasi Sitem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sitem Ganda, Tugas Akhir Teknik Sipil*, Universitas Batam, Batam.
- Tohirin, 2018, *Desain Struktur Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa 33 Lantai Dengan Sistem Ganda, Tugas Akhir Teknik Sipil*, Universitas Batam, Batam.
- Yuniar Dwi Ambarwati, 2017, *Analisa Perbandingan Sistem Ganda Dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Desain Struktur Hotel Ammeerra Jakarta*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.