

Analisis Perencanaan Bangunan Tahan Gempa pada Gedung Sekolah Pondok Pesantren Al-Kamil Kabupaten Cianjur

Nurul Dhea Andini¹, Haki Yusdinar², Nunu Nugraha³

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi

Jl. Babakan Sirna 25 Kota Sukabumi

Nuruldhea01@gmail.com

Abstrak

Perencanaan struktur khususnya struktur bangunan gedung beton bertulang yang umum digunakan di Indonesia, harus didesain dengan mempertimbangkan pengaruh gempa terhadap struktur. Dengan kata lain, bangunan harus kuat menahan gempa yang terjadi. Dalam merencanakan suatu struktur tahan gempa metode yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Model struktur yang dianalisis yaitu gedung beraturan 3 lantai untuk gedung sekolah. Penelitian ini lokasinya terletak di Kabupaten Cianjur yang mewakili beban gempa rencana berdasarkan peraturan ketahanan gempa SNI 1726:2012. Distribusi beban gempa statik dan dinamik di perhitungkan sesuai SNI 1726:2012. Hasil menunjukkan bahwa perencanaan elemen struktur atas (*upper structure*) terdiri dari kolom, balok dan pelat lantai telah memenuhi peraturan-peraturan beton bertulang tahan gempa berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012. Hasil analisis struktur diperoleh besaran gaya elemen kolom dan balok, reaksi tumpuan serta perpindahan titik buhul dapat diketahui dari hasil analisis yang dilakukan. Pada mode 4, partisipasi massa telah mencapai > 90%. Simpangan antar lantai yang terjadi pada model struktur tidak melebihi simpangan ijin.

Kata kunci: sistem rangka pemikul momen khusus, analisis gaya gempa, struktur beton bertulang

I. PENDAHULUAN

Perencanaan struktur khususnya struktur bangunan gedung beton bertulang yang umum digunakan di Indonesia, harus didesain dengan mempertimbangkan pengaruh gempa terhadap struktur. Dengan kata lain, bangunan harus kuat menahan gempa yang terjadi. Besarnya gaya gempa yang diterima struktur dipengaruhi oleh beberapa faktor karakteristik struktur bangunan seperti beban yang bekerja, bentuk bangunan, massa bangunan, dan kekakuan (Nugroho, 2015).

Untuk menahan gaya gempa yang bekerja pada sistem bangunan maka diperlukan struktur bangunan yang direncanakan berdasarkan peraturan-peraturan untuk perencanaan bangunan tahan gempa. Peraturan ini menganut falsafah atau prinsip dasar sebagai berikut: "Struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan jika terjadi gempa bumi dengan kekuatan ringan. Jika terjadi gempa bumi berkekuatan sedang atau menengah kerusakan struktur boleh terjadi terbatas pada kerusakan ringan dan dapat diperbaiki. Sedangkan jika terjadi gempa bumi dengan kekuatan besar bangunan tidak boleh

robah, meskipun sudah mengalami kerusakan yang parah sehingga korban jiwa manusia dikurangi meskipun terjadi kerusakan dan kerugian material".

Gedung sekolah di pesantren Al-Kamil ini adalah gedung sekolah yang terletak di Kabupaten Cianjur-Jawa Barat yang termasuk pada daerah gempa tinggi dan terdiri dari 3 lantai, dengan ketinggian bangunan +10.80m. Gedung tersebut di bangun dengan menggunakan material baja pada struktur tersebut, komponen struktur yang semula menggunakan material baja akan dimodifikasi menggunakan material beton bertulang. Struktur beton bertulang tersebut harus kuat menahan gaya vertikal dan gaya lateral yang bekerja, dengan tujuan dapat menghasilkan desain gedung yang tahan gempa sesuai persyaratan yang berlaku dan memperoleh hasil yang efisien.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Bangunan Tahan Gempa

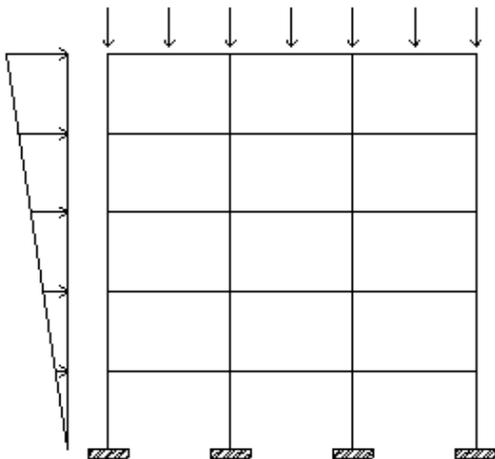
Membangun bangunan yang dapat menahan bangunan tahan gempa adalah tidak ekonomis. Oleh karena itu prioritas utama dalam membangun

bangunan tahan gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat mencegah terjadinya korban, serta memperkecil kerugian harta benda. Dari hal tersebut filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa terbagi 3 macam, yaitu (Budiono 2011 dalam Suhaimi, dkk 2014) :

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan (*serviceable*) sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada saat terjadi gempa moderat atau medium, struktur diperbolehkan mengalami kerusakan pada elemen nonstruktural, tetapi tidak diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural.
3. Pada saat terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadi kerusakan pada elemen struktural dan nonstruktural, namun tidak boleh sampai menyebabkan bangunan runtuh sehingga tidak ada korban jiwa atau dapat meminimalkan jumlah korban jiwa.

B. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 1726:2012 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1. SRPM ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).



Gambar 1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Berdasarkan SNI 2847:2013, perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah

dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur beton bertulang yang berada pada wilayah gempa dan resiko gempa kuat (kerusakan merupakan resiko utama), maka komponen struktur harus memenuhi syarat perencanaan dan pendetailan dari SNI 2847:2013 pasal 21.5.

Integritas struktur dalam rentang waktu perilaku in-elastik harus dipertahankan mengingat beban gempa nominal yang ditentukan oleh SNI 1726:2012 hanya merupakan sebagian dari beban gempa rencana. Karena itu, selisih energi beban gempa itu harus mampu disebar dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam membentuk kemampuan berdeformasi secara in-elastik. Kemampuan ini yang disebut sebagai daktilitas struktur, diwujudkan dengan syarat detail yang diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 21.5.

Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013 dan SNI 1726:2012 untuk beban gempa. Perhitungan pembebanan tersebut nantinya sebagai input beban pemodelan struktur.

• Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur dan berat mati tambahan. Berat sendiri dari elemen struktur dihitung secara manual dengan dimensi struktur yang sudah ditentukan pada saat preliminary desain. Sementara untuk berat mati tambahan (*Superimposed Dead Load*) yang terdiri atas beban merata pada pelat serta beban akibat dinding.

• Beban Hidup

Beban Hidup pada plat lantai digunakan sebesar $2,50 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan untuk lantai atap digunakan sebesar $1,00 \text{ kN/m}^2$. Reduksi beban hidup dalam peninjauan gempa diambil sebesar 50.

• Beban Gempa

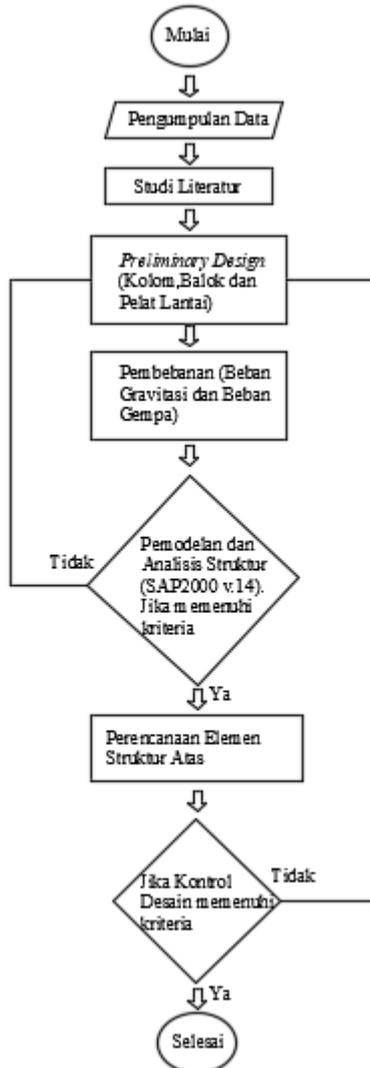
Pada perhitungan gempa dilakukan dengan analisis gempa dinamis yang mengacu pada SNI 1726:2012 yang dilakukan berdasarkan analisis respon spektrum dengan parameter-parameter berikut ini:

- Respons Spektrum Desain
- Penentuan Gaya Geser Dasar Seismik
- Kontrol Gaya Geser Gempa (*Base Reaction*)
- Jumlah Respon Ragam
- Kontrol Simpangan Antar Lantai.

III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan dalam menyelesaikan Tugas Akhir

ini. Tahapan yang digunakan terlihat dalam alur Gambar 2. di bawah ini :



Gambar 2. Flowchart penyelesaian

Pengumpulan data merupakan data lapangan yang digunakan dalam perencanaan meliputi data gedung, gambar eksisting dan data tanah.

1. Data Umum Gedung

- Nama Gedung: Gedung Sekolah Pondok Pesantren Al-Kamil
- Lokasi Gedung: Hegarmanah, Sukaluyu, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat 43284
- Fungsi Gedung : Ruang Kelas
- Jumlah Lantai : 3 lantai (+atap dak)
- Tinggi Total Gedung : + 10,80 meter

2. Mutu Bahan

- Mutu Beton (f_c') : 25 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

Preliminary design merupakan perencanaan awal dimensi elemen-elemen struktur yang mencakup balok induk, balok anak, kolom, dan pelat lantai. Sesuai dengan SNI 2847:2013.

Perhitungan pembebanan beban mati dan beban hidup mengacu pada SNI 1727:2013 serta untuk perencanaan gaya gempa mengacu pada peraturan SNI 1726:2012.

• Beban Gravitasi

Perhitungan beban mati terbagi menjadi dua yaitu:

▪ Beban Mati

Beban mati terdiri dari beban mati lantai dan atap, beban mati mengacu pada SNI 1727:2013.

▪ Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hidup lantai dan atap yang diakibatkan oleh penghuni gedung, beban hidup mengacu pada SNI 1727:2013.

Pada perhitungan gempa dilakukan dengan analisis gempa dinamis yang mengacu pada SNI 1726:2012 yang dilakukan berdasarkan analisis respon spektrum dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

Penentuan kategori risiko bangunan disesuaikan dengan fungsi dari bangunan itu sendiri, Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II dengan $I_e = 1,50$. Penentuan Kategori desain gempa sesuai dengan SNI 1726:2012, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3

Struktur direncanakan dengan sistem ganda. Berdasarkan tabel 12.2-1 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5.5 nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8 dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω_0) = 3.

Berdasarkan SNI 1726 2012 Ps. 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental (T_a) harus ditentukan dari persamaan 26 pada SNI 1726:2012. Dengan rumus sesuai pada Persamaan (2.2) dan Persamaan (2.3).

Menentukan koefisien Respon Seismik (C_s) ditentukan dengan perumusan pada Persamaan (2.4). Koefisien Respon Seismik (C_s) tidak boleh kurang dari Persamaan (2.5) dan tidak boleh lebih dari Persamaan (2.6).

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan dengan berat bangunan dengan koefisien respons seismik. Pada rumus persamaan (2.1).

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.3, distribusi vertikal beban gempa ditentukan dengan menghitung gaya gempa pada tiap lantai, F_i , dengan Persamaan (2.7). Selanjutnya nilai F_i dikalikan

dengan faktor distribusi vertikal C_{vx} sesuai Persamaan (2.8).

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k = 1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k = 2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k=2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

Kombinasi pembebanan yang digunakan akibat beban *ultimate* yang mengacu pada SNI 1726:2012 antara lain:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 L (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,0 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9 D \pm 1,0 E + L$
6. $1,2 D + 1,0 E + L$
7. $0,9 D + 1,0 W$
8. $0,9 D + 1,0 E$

Keterangan :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- Lr = Beban Hidup Atap
- R = Beban Hujan
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa

Pemodelan struktur dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi menggunakan program bantu SAP2000 v.14.

Kontrol *design* adalah tahapan dimana perhitungan analisa struktur dan perancangan tulangan dikontrol sebelum melanjutkan pada tahapan yang selanjutnya. Adapun kontrol-kontrolnya adalah sebagai berikut:

- Kontrol analisa struktur terhadap simpangan antar lantai.
- Kontrol tulangan terhadap lentur, dan geser.
- Kontrol SCWB (*Strong Column Weak Beam*).

Gambar hasil perancangan meliputi gambar eksisting dan gambar modifikasi perancangan berupa gambar struktur, detail penulangan balok, kolom dan pelat lantai. Dikerjakan menggunakan program bantu AutoCad 2017.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preliminary Desain

Adapun data perencanaan yang di pakai adalah sebagai berikut:

- Fungsi Bangunan : Sekolah (Ruang Belajar)
- Struktur Gedung : Beton Bertulang

- Lantai : 3 lantai + atap dak
- Tinggi Bangunan : 10,8m
- Lebar Bangunan : 10.4 m
- Panjang bangunan : 66 m

Preliminary design dimensi balok menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847: 2013.

Tabel 1. Dimensi balok

No.	Notasi	Dimensi	
		h (m)	b (m)
1.	B1	0,5	0,3
2.	B2	0,4	0,3
3.	BA	0,35	0,25
4.	SL	0,35	0,25

Preliminary design dimensi pelat menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 tabel 9.5(a).

$$S1 = 120 \text{ mm}$$

$$S2 \text{ (pelat lantai atap)} = 100 \text{ mm}$$

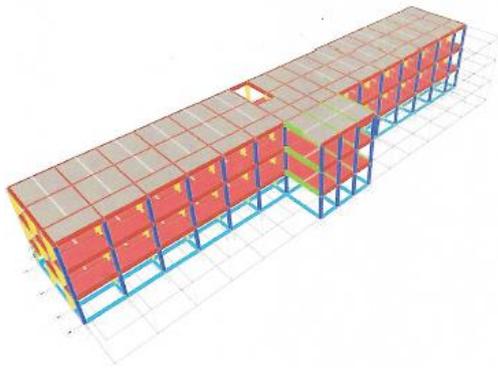
Estimasi kolom berdasarkan beban aksial dari daerah yang di topang kolom serta beban dari lantai atasnya dengan luasan yang sama.

Tabel 2. Dimensi balok

No.	Notasi	Dimensi	
		h (m)	b (m)
1.	K1	0,4	0,4
2.	K2	0,35	0,35

Perencanaan struktur sekunder meliputi perencanaan pelat, balok anak, sloof dan tangga. Struktur gedung sekolah pada tugas akhir ini seperti yang terlihat pada Gambar 3. Direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus untuk wilayah gempa 4. Dimana untuk wilayah gempa 4 menggunakan metode dinamik. Namun, metode statik ekuivalen pun diperhitungkan.

Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013 dan SNI 1726:2012 untuk beban gempa. Perhitungan pembebanan tersebut nantinya sebagai input beban pemodelan struktur.



Gambar 3. Struktur gedung sekolah

Tabel 3. Beban yang bekerja pada tiap lantai

Elevasi	Lantai	Beban Mati (kN)	Beban Hidup (kN)	Total (kN)
10,8	3/ Atap	5168,172	708,15	5876,322
7,2	2	17631,869	3540,75	21172,619
3,6	1	17631,869	3540,75	21172,619
Total		39603,062	7789,65	48221,560

Berdasarkan Tabel didapatkan berat total bangunan sebesar = 48221,560 kN.

Pada perhitungan gempa dilakukan dengan analisis gempa dinamis yang mengacu pada SNI 1726:2012 yang dilakukan berdasarkan analisis respon spektrum dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

Tabel 4. Gaya gempa (Fx) pada tiap lantai

Lantai	hi (m)	hi ^k (m)	Wi (kN)	Cvx	Fix (kN)
3	10,8	11,0298	5876,322	0.218	1614,69
2	7,2	7,327	21172,619	0.522	3866,36
1	3,6	3,641	21172,619	0.260	1925,78
Total		21,998	46221,560	1.00	7406.83

Tabel 5. Gaya gempa (Fy) pada tiap lantai

Lantai	hi (m)	hi ^k (m)	Wi (kN)	Cvx	Fiy (kN)
3	10,8	10,9384	5876,322	0.218	1635,467
2	7,2	7,2764	21172,619	0.532	3919,923
1	3,6	3,6248	21172,619	0.260	1952,707
Total		21,8394	47392,712	1.00	7508,097

Tabel 6. Simpangan Lantai untuk arah X

Lantai	Hsx (mm)	Δx (mm)	Δx (mm)	Δa (ijin) (mm)	ket.
ATAP	3600	16,5263	12,3979	90	Aman
3	3600	13,1451	24,6931	90	Aman
2	3600	6,41056	23,5054	90	Aman
1	0	0	0	0	Aman

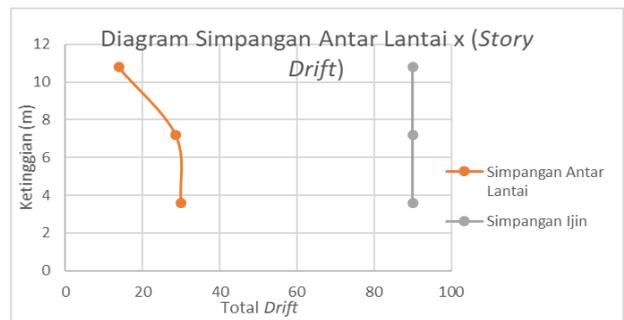
Tabel 7. Simpangan Lantai untuk arah Y

Lantai	Hsx (mm)	Δy (mm)	Δy (mm)	Δa (ijin) (mm)	keterangan
ATA P	3600	26,4321	20,4039	90	Aman
3	3600	20,8674	39,3326	90	Aman
2	3600	10,1404	37,1813	90	Aman
1	0	0	0	0	Aman

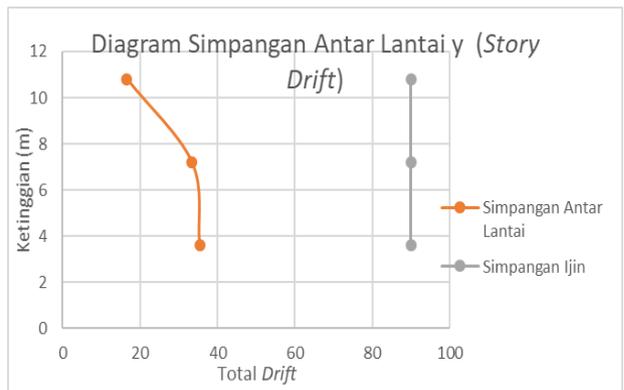
Keterangan :

Simpangan Lantai Arah X/Y < Simpangan Ijin "AMAN".

Simpangan Lantai Arah X/Y > Simpangan Ijin "TIDAK AMAN".



Gambar 4. Simpangan Lantai untuk arah X



Gambar 5. Simpangan Lantai untuk arah Y

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur dan perancangan yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dari hasil *Preliminary Design* didapat hasil yang sesuai dengan sni 2847:2013.
2. Dari hasil analisis beban gempa, struktur gedung termasuk ke dalam kategori desain seismic D dari program analisis struktur didapatkan kontrol nilai akhir respons spektrum yang diperlihatkan pada tabel 4.18. $V_{dinamik-X}$ sebesar 2471,154 kN dan $V_{dinamik-Y}$ sebesar 2422,789 kN. Kontrol partisipasi massa yang diperlihatkan pada tabel 4.20 pada mode ke 4 dan 5 telah memenuhi syarat yaitu $> 90\%$. Kontrol simpangan antar lantai yang diperlihatkan pada tabel 4.22 dan 4.23 telah memenuhi syarat yaitu tidak melebihi 90mm.
3. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung menggunakan program bantu SAP2000 v.14. dengan memasukan gaya-gaya yang bekerja pada pelat serta beban vertikal dan horizontal.
4. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada desain modifikasi struktur gedung Sekolah Pondok Pesantren Al-Kamil akan dituangkan pada gambar teknik yang ada pada lampiran.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional, 2013. *SNI 1727:2013 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. 195 hal.

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. 138 hal.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. 255 hal.
- Budiono Bambang dan Supriatna. 2011. *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Bandung : Penerbit ITB. 151 hal.
- Firman Alfiana, Muhammad. 2017. *Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Galeri Ciumbuleuit Bandung Dengan Menggunakan Metode Pracetak*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Imran, I., dan Hendrik, F. 2014. *Perencanaan Lanjutan Struktur Beton Bertulang*. Bandung : Penerbit ITB. 323 hal.
- Nugroho Fajar, 2015. *Evaluasi Kinerja Bangunan Rencana Gedung Hotel A.N.S dengan Dilatasi (Model B2) Di Daerah Rawan Gempa*. Jurnal Momentum, Institut Teknologi Padang. Hal 48.
- Pandu Wicaksono, Panji. 2011. *Perencanaan Struktur Gedung Sekolah 2 Lantai*. Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret.
- Rachmat, Purwono. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press. 201 hal.
- Sugito. 2007. *Modul SAP2000 15.0 Analisis 3D Statik & Dinamik*. S1 PTB 2007 A. 151 hal.
- Wiranata Zebua, Alfian. 2018. *Analisis Gaya Gempa Pada Bangunan Rumah Tinggal Di Wilayah Gempa Tinggi*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Syekh Kuala.
- http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/