

Nama Rumpun Ilmu : Teknik Sipil

**USULAN
PENELITIAN KEMITRAAN**



**EVALUASI PERFORMA GEDUNG TERHADAP BEBAN GEMPA BERDASARKAN
SNI 03-1726-2002 DAN SNI 03-1726-2012
(STUDI KASUS GEDUNG AR FACHRUDDIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA)**

TIM PENGUSUL

Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng

Yoga Aprianto Harsoyo, ST., M.Eng

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

Oktober 2016

**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN KEMITRAAN**

Judul Penelitian : Evaluasi Performa Gedung Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 (Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Nama Rumpun Ilmu : Teknik Sipil

Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng
b. NIDN : 0523028902
c. Jabatan Fungsional : -
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Nomor HP : 085729089383
f. Alamat e-mail : syamsibnu@gmail.com

Anggota Peneliti (1):

a. Nama Lengkap : Yoga Aprianto Harsoyo, ST., M.Eng
b. NIDN : 0527048101
c. Jabatan Fungsional : -
d. Program Studi : Teknik Sipil
e. Nomor HP : 081229460940
f. Alamat e-mail : yogaharsoyo@gmail.com

Anggota Peneliti Mahasiswa (Mitra 1) :

a. Nama Lengkap : Hararya Widyantama
b. NIM : 20130110023
c. Program Studi : Teknik Sipil

Anggota Peneliti Mahasiswa (Mitra 2) :

a. Nama Lengkap : Muhammad Rezki Ian
b. NIDN : 20130110022
c. Program Studi : Teknik Sipil

Anggota Peneliti Mahasiswa (Mitra 3) :

a. Nama Lengkap : Redi Indra Lesmana
b. NIDN : 20130110025
c. Program Studi : Teknik Sipil

Biaya Penelitian : -diusulkan ke UMY : Rp. 10.000.000,00
-dana internal Prodi : -
-dana institusi lain : -


Yogyakarta, 4 Oktober 2016



Mengetahui,
Keprosdi Teknik Sipil FT UMY

Ir. Anifa Widiyanti, MT
NIP. 196507201994032001

Ketua Peneliti,


Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng
NIK. 19890223201510123086



Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik UMY


Jazqul Habsan, ST., MT., Ph.D
NIK. 19720524041998123037

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
RINGKASAN.....	1
BAB 1. PENDAHULUAN.....	2
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Manfaat.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Gempa di Indonesia.....	5
2.2. Sistem Struktur.....	7
2.3. Pembebanan Struktur Gedung.....	8
2.3.1. Beban Mati.....	9
2.3.2. Beban Hidup.....	9
2.3.3. Beban Angin.....	10
2.3.4. Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012.....	10
2.4. Analisis Gaya Gempa.....	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	23
3.1. Alur Penelitian.....	23
3.1.1. Tahap 1 (Tahap Persiapan).....	23
3.1.2. Tahap Pemodelan dan Analisis.....	23
3.1.3. Hasil dan Kesimpulan.....	23

3.2.	Pengujian Mutu Beton Eksisting	25
3.2.1.	Metode Pengajian	26
3.2.2.	Estimasi Kuat Tekan	27
BAB 4.	BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN	29
4.1.	Biaya Pelaksanaan	29
4.2.	Jadwal Pelaksanaan	29
	DAFTAR PUSTAKA	30
	LAMPIRAN 1.....	31
	LAMPIRAN 2.....	32
	LAMPIRAN 3.....	35
	LAMPIRAN 4.....	38
	LAMPIRAN 5.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya (sumber : Bock et al., 2003)...	5
Gambar 2.2 peta kegempaan di Indonesia periode 1987-2009.....	6
Gambar 2.3 Kejadian gempa di Indonesia.....	7
Gambar 2.4 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB.....	14
Gambar 2.5 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB.....	14
Gambar 2.6 Ketentuan Penggambaran Grafik Respons Spektra	15
Gambar 3.1 Alur Penelitian	24
Gambar 3.2 Hammer Test Type N.....	25
Gambar 3.3 Cara kerja <i>hammer test</i>	26
Gambar 3.4 Kurva konversi nilai hammer R ke benda uji kubus.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan jenis pemanfaatan struktur dengan kategori resiko	10
Tabel 2.2 Hubungan kategori resiko dengan faktor keutamaan gempa, I	11
Tabel 2.3 Hubungan parameter kemampuan tanah dengan klasifikasi situs	11
Tabel 2.4 Lanjutan hubungan parameter kemampuan tanah dengan klasifikasi situs	12
Tabel 2.5 Koefisien situs, F_a (Sumber : Pasal 6.2. Tabel 4. SNI 03-1726-2012).....	13
Tabel 2.6 Koefisien situs, F_v (Sumber : Pasal 6.2. Tabel 5. SNI 03-1726-2012)	13
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	15
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik	16
Tabel 2.9 Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk beberapa sistem penahan gaya gempa.....	16
Tabel 2.10 Prosedur Analisis yang diijinkan (Pasal 7.7.3. SNI 03-1726-2012).....	17
Tabel 2.11 Koefisien batas atas periode (Sumber : Pasal 7.8.2.1. SNI 03-1726-2012).....	18
Tabel 2.12 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	18
Tabel 2.13 Simpangan antar lantai ijin, Δ (Pasal 7.12.1. SNI 03-1726-2012)	20
Tabel 4.1 Biaya pelaksanaan.....	29
Tabel 4.2 Jadwal Penelitian	29

RINGKASAN

Salah satu upaya untuk mengurangi dampak dari bencana gempa bumi adalah dengan mengidentifikasi serta mengevaluasi kondisi bangunan yang sudah ada terhadap ancaman gempa. Evaluasi bangunan meliputi analisa ulang kondisi bangunan dan performa bangunan dalam menahan beban gempa sesuai dengan standar peraturan yang berlaku. Sehingga apabila ditemukan bangunan yang kondisinya kurang baik atau sudah mengalami degradasi kekuatan dari kondisi awalnya, bisa dilakukan langkah antisipasi yaitu dengan memberikan perkuatan pada bangunan tersebut. Gedung AR Fachruddin dengan fungsinya sebagai gedung perkantoran diresmikan pada tahun 1998 yaitu sebelum adanya standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung. Oleh karena itu, sangat perlu untuk bangunan AR Fachruddin ini dilakukan tindakan evaluasi dengan menganalisa performa dan kondisinya terhadap beban gempa sekarang.

Penelitian ini diawali dengan dilakukan pengumpulan data, baik data sekunder maupun primer. Data primer diperoleh melalui survey langsung ke gedung AR Fachruddin untuk dilakukan pengujian mutu beton eksisting yang ada dengan alat *Rebound Hammer Test*. Setelah data terkumpul selanjutnya dilakukan analisa performa bangunan terhadap standar peraturan ketahanan struktur terhadap beban gempa yaitu dengan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012. Analisa beban gempa dilakukan dengan 3 metode yaitu, Metode Statik Ekuivalen, Respon Spektrum, dan Time History. Program yang digunakan untuk memodelkan Gedung AR Fachruddin serta memperoleh respon strukturnya adalah program numerik SAP2000.

Hasil yang diharapkan masing-masing metode analisa beban gempa ialah kondisi aktual perilaku bangunan terhadap beban gempa, frekuensi dan periode alami bangunan, respon bangunan, gaya geser dasar, simpangan bangunan pada masing-masing lantai, serta drift ratio pada bangunan tersebut. Diharapkan pula penelitian ini mampu memberikan informasi dan gambaran mengenai kemampuan struktur gedung bertingkat di daerah yang memiliki karakteristik gempa yang cukup tinggi.

Kata kunci : Gempa, Statik Ekuivalen, Respon Spektrum, *Time History*

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara geografis wilayah Indonesia terletak di pertemuan lempeng bumi yang aktif, yaitu Lempeng Pasifik, Indo-Australia, dan Lempeng Eurasia. Lempeng aktif merupakan lempeng yang selalu bergerak dan berinteraksi. Lempeng yang senantiasa aktif ini kemudian menjadi pemicu terjadinya gempa bumi. Kondisi inilah yang kemudian menjadikan Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terhadap bencana alam yaitu gempa bumi. Dalam undang-undang no 27 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana di jelaskan bahwa wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia memiliki kondisi geografis, biologis, hidrologis, dan demografis yang memungkinkan terjadinya bencana, baik yang di sebabkan oleh factor alam, factor nonalam, maupun faktor manusia yang menyebabkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis yang dalam keadaan tertentu dapat menghambat pembangunan nasional.

Gempa-gempa yang pernah terjadi di Indonesia, seperti Gempa Aceh disertai tsunami (2004), Gempa Nias (2005), Gempa Jogja (2006), Gempa Tasikmalaya (2006), Gempa Padang (2009), serta Gempa Mentawai (2010) banyak menimbulkan korban jiwa dan kerusakan fatal pada bangunan dengan berbagai macam pola atau bentuk keruntuhan. Oleh karena itu dalam proses perencanaan bangunan terutama untuk bangunan bertingkat banyak, harus diperhatikan kemampuan bangunan tersebut dalam menahan gaya gempa. Hal serupa juga diperlukan untuk bangunan-bangunan eksisting. Salah satu upaya untuk mengurangi dampak dari bencana gempa bumi adalah dengan mengidentifikasi serta mengevaluasi kondisi bangunan yang sudah ada terhadap ancaman gempa. Evaluasi bangunan meliputi analisa ulang kondisi bangunan dan performa bangunan dalam menahan beban gempa sesuai dengan standar peraturan yang berlaku. Sehingga apabila ditemukan bangunan yang kondisinya kurang baik atau sudah mengalami degradasi kekuatan dari kondisi awalnya, bisa dilakukan langkah antisipasi yaitu dengan memberikan perkuatan pada bangunan tersebut.

Bangunan Gedung AR Fachruddin yang berlokasi di lingkungan kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta merupakan bangunan yang mulai dibangun pada tahun 1995 dan diresmikan pada tahun 1998. Gedung yang sekarang berfungsi sebagai gedung perkantoran ini didirikan sebelum adanya standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung, baik SNI 03-1726-2002 maupun SNI 03-1726-2012. Oleh karena itu, sangat perlu untuk bangunan AR Fachruddin ini dilakukan tindakan evaluasi dengan menganalisa performa dan kondisinya terhadap beban gempa sekarang. Pentingnya dilakukan evaluasi bangunan eksisting ini juga didukung oleh semakin meningkatnya frekuensi kegempaan di Indonesia setelah gempa besar yang mengguncang wilayah Aceh dan sekitarnya pada tahun 2004 silam. Sehingga dengan dilakukannya evaluasi bangunan ini dapat diketahui kondisi aktual sekarang. Apabila setelah dianalisis ternyata masih memenuhi persyaratan ketahanan terhadap gempa maka masih aman, namun apabila kurang memenuhi persyaratan maka bisa dilakukan langkah antisipasinya.

1.2. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

Beberapa hal yang ingin dicapai dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui frekuensi dan periode alami dari struktur gedung AR Fachruddin,
2. Mengetahui perilaku struktur gedung terhadap 3 macam analisis beban gempa, yaitu analisis Statik Ekuivalen, Respon Spektrum, *Time History*
3. Membandingkan masing-masing respon struktur yang diperoleh dari 3 macam analisis beban gempa, yaitu respon dari Statik Ekuivalen, Respon Spektrum, *Time History*.
4. Mengetahui pola keruntuhan dominan yang mungkin terjadi.

1.3. Manfaat

Manfaat dilakukannya penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi dan gambaran mengenai kemampuan struktur gedung bertingkat tinggi di daerah Yogyakarta,

2. Memberikan informasi dan gambaran nilai simpangan, perilaku struktur, dan gaya geser yang terjadi akibat gaya gempa,
3. Memberikan informasi mengenai parameter dan kategori desain seismic bangunan bertingkat di Yogyakarta berdasarkan SNI gempa 03-1726-2012.

1.4. Batasan Masalah

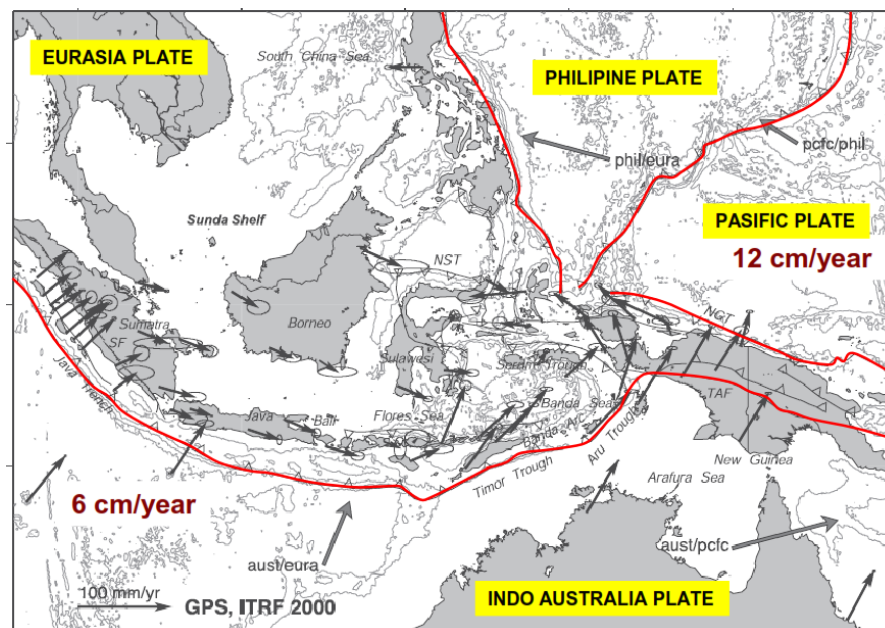
Untuk menjaga agar fokus penelitian tidak meluas, maka dalam penelitian ini diperlukan adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Pemodelan dilakukan dengan bantuan program numerik untuk membantu dalam proses analisis struktur,
2. Bagian bangunan yang dianalisis hanya pada bagian *upper structure*nya saja,
3. Bangunan yang dimodelkan adalah bangunan yang memiliki jumlah lantai sebanyak 6 lantai,
4. Ukuran tulangan dan dimensi elemen struktur mengacu pada *hard file* gambar teknis yang diperoleh,
5. Aspek yang ditinjau meliputi besar beban gempa, story drift, pemeriksaan kapasitas, dan kenyamanan akibat pengaruh gempa,

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gempa di Indonesia

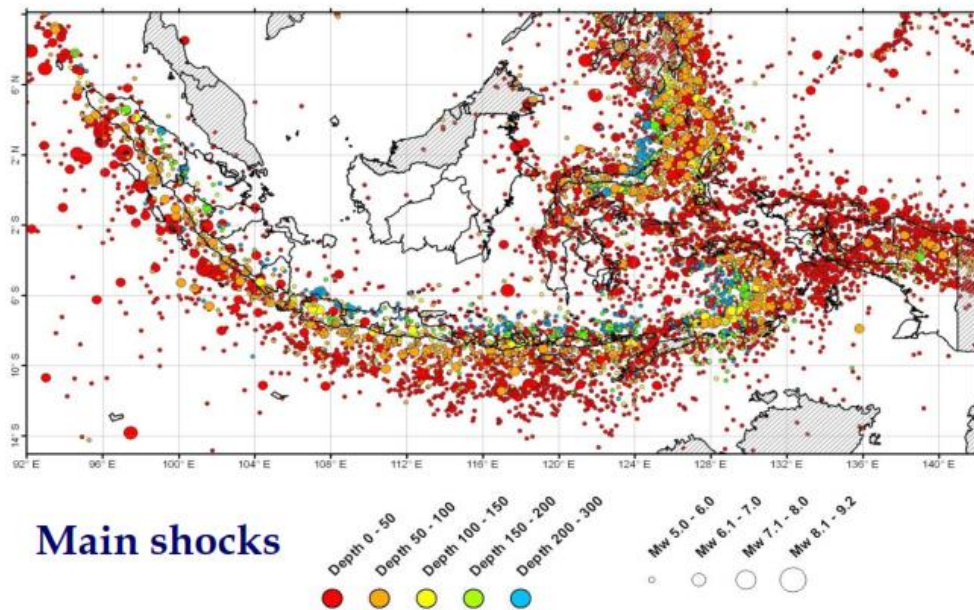
Negara Indonesia termasuk dalam wilayah sangat rawan bencana gempa bumi seperti halnya Jepang dan California yang menempati zona tektonik yang sangat aktif. Hal ini dikarenakan wilayah Indonesia yang diapit oleh 3 lempeng besar dunia yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo Australia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia serta membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks. Keberadaan interaksi antara lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah sangat rawan terhadap gempa bumi



Gambar 2.1 Peta tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya (sumber : Bock et al., 2003)

Akibat pergerakan relatif antar lempeng tektonik di Indonesia dan aktivitas sesar-sesar regional maupun lokal ribuan gempa terjadi setiap tahunnya, namun sebagian besar dari gempa-gempa tersebut hanya terdeteksi oleh alat yakni Seismograph, sedangkan gempa-gempa yang berkekuatan diatas 5,5 SR ataupun yang dirasakan rata-rata per tahun sekitar 70 – 100 kali, sedangkan gempa yang menimbulkan kerusakan antara 1 – 2 kali per tahun.

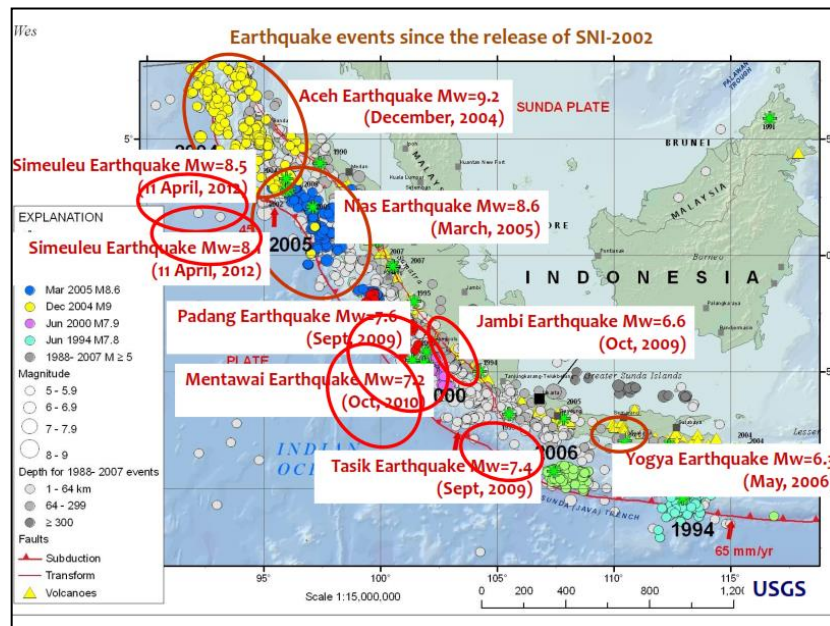
Overview Seismicity of Indonesia



Gambar 2.2 peta kegempaan di Indonesia periode 1987-2009

(sumber : Ringkasan hasil studi tim revisi gempa Indonesia, 2010)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh BMKG, sejak tahun 1991 sampai dengan 2009 tercatat telah terjadi 30 kali gempa merusak dan 14 kali tsunami merusak. Pada 12 Desember 1991 Tsunami Flores telah menelan korban 2000 jiwa lebih, diikuti Tsunami Jawa Timur 1994, Tsunami Biak 1996, Tsunami Sulawesi tahun 1998, Tsunami Maluku Utara 2000 dan Tsunami Raksasa Aceh Desember 2004, Nias 2005, Jawa Barat 2006 serta Bengkulu 2007. Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan rata-rata hampir 1 tahun sekali tsunami menghantam pantai kepulauan Indonesia. Hasil penelitian Paleotsunami menunjukkan bahwa 600 tahun lalu terjadi tsunami besar yang melanda Aceh dan Thailand. Hal tersebut menunjukkan bahwa daerah Aceh rawan tsunami besar



Gambar 2.3 Kejadian gempa di Indonesia

(sumber : Ringkasan hasil studi tim revisi gempa Indonesia, 2010)

2.2. Sistem Struktur

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe system struktur. System struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan system struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan. Macam-macam system struktur menurut SNI 1726 2012, sebagai berikut:

1. Sistem Dinding Penumpu (*Bearing Wall Systems*) adalah system struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap.
2. Sistem Rangka Bangunan (*Building Frame Systems*) adalah system struktur pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh dinding geser ataupun rangka bresing
3. Sistem Rangka Pemikul Momen (*Moment Resisting Frame System*) adalah system struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

4. Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus (*Dual System with Special Moment Frames Capable of Resisting at Least 25% of Prescribed Seismic Forces*) adalah rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang professional terhadap kekakuannya.
5. Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Menengah (*Dual System with Intermediate Moment Frame Capable of Resisting at Least 25% of Prescribed Seismic Forces*) adalah rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang professional terhadap kekakuannya.
6. Sistem Kolom Kantilever (*Cantilevered Column System*) adalah kuat aksial perulu pada elemen-elemen kolom kantilever individu, dengan meninjau hanya kombinasi beban yang mencakup pengaruh beban gempa saja, tidak boleh melebihi 15% kuat aksil kolom yang tersedia, termasuk pengaruh factor kelangsingan
7. Sistem Struktur Baja yang Tidak Didetail Khusus Untuk Menahan Gempa, Tidak Termasuk Sistem Kolom Kantilever. (*Steel Systems Not Specifically Detailed For Seismic Resistance, Excluding Cantilever Column System*)

Sistem struktur existing gedung Dekanat Fakultas Teknik Untirta direncanakan sebagai sitem rangka pemikul momen (*Moment Resisting Frame System*). Dengan jumlah lantai *existing* 3 (tiga) lantai, sistem tersebut dianggap efektif dalam menerima beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa.

2.3. Pembebanan Struktur Gedung

Pada umumnya ada beberapa jenis beban yang membebani struktur gedung, diantaranya adalah beban Mati, Beban Hidup, Beban Angin, Beban Gempa.

2.3.1. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang membebani selama struktur masih berdiri. Beban mati terdiri dari berat struktur sendiri dan beban mati tambahan. Beban tambahan umumnya adalah beban finishing seperti spesi/adukan semen, penutup lantai, dinding, ataupun benda-benda yang menempel pada struktur bangunan dan tidak diubah-ubah. Beban mati yang diberikan pada struktur ini berdasarkan SNI 03- 1727-1989 diantaranya:

- a. Beton = 2.200 kg/m^3
- b. Beton Bertulang = 2.400 kg/m^3
- c. Penutup lantai dari ubin = 24 kg/m^2
- d. Spesi = 21 kg/m^2
- e. Instalasi listrik dan plumbing = 20 kg/m^2
- f. Penggantung langit-langit (kayu) = 7 kg/m^2
- g. Plafond (semen asbes) = 11 kg/m^2
- h. Dinding setengah bata = 250 kg/m^2
- i. Beban penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso = 50 kg/m .

SNI 1727-1989 adalah peraturan pembebanan terakhir yang masih berlaku hingga saat ini dan digunakan dalam penelitian ini. Pada beban mati, disebutkan bahwa penggantung langit-langit masih berupa kayu seberat 7 kg/m^2 dan plafond dengan semen asbes seberat 11 kg/m^2 . Kenyataannya, di lapangan telah banyak dilakukan inovasi seperti rangka penggantung langit-langit dapat berupa aluminium ataupun plafond berupa jenis lain yang lebih ringan dan awet sehingga beratnya dapat diminimalisir. Walaupun begitu, dalam penelitian ini masih digunakan penggantung langit-langit kayu dan plafond asbes karena menyesuaikan dengan peraturan yang digunakan.

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum, 2010

2.3.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang berasal dari penghuni bangunan beserta barang- barang yang bergerak akibat penghuni bangunan tersebut. Besarnya beban hidup ditentukan dari penggunaan gedung tersebut. Berdasarkan SNI PPPURG

1989, untuk beban lantai dengan kegunaan biasa, digunakan beban sebesar 250 kg/m², untuk beban atap sebesar 100 kg/m², dan untuk beban pada tangga sebesar 300 kg/m².

2.3.3. Beban Angin

Angin menimbulkan beban terhadap bangunan berupa tekanan dan hisapan. Sisi gedung yang berhadapan langsung dengan datangnya angin akan terkena beban tekan dan sisi lainnya terkena beban hisap. Besarnya beban angin diambil minimal 25 kg/m² karena sesuai dengan SNI 1727-1989. Terkait dengan kecepatan, beban angin sebesar 25 kg/m² tersebut setara dengan kecepatan angin sebesar 2 m/det atau angin dengan kecepatan 72 km/jam yang ditunjukkan dalam persamaan 3.1 berikut

$$P = v^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (3.1)$$

dengan v adalah kecepatan angin dalam m/det Oleh karena itu, sesuai dengan SNI 1727-1989 maka beban angin diambil sebesar 25 kg/m² dengan dikali suatu koefisien yang nilainya adalah sebagai berikut. Sisi yang berhadapan dengan angin = 0,9 (tekan) Sisi yang tidak berhadapan dengan arah angin = -0,4 (hisap).

2.3.4. Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012

2.3.4.1. Kategori Resiko Struktur Bangunan

Kategori resiko bangunan pada SNI 03-1726-2012 dibagi menjadi 4 kategori berdasarkan jenis penggunaan bangunan dan kaitannya dengan resiko yang akan ditimbulkan berdasarkan prioritasnya. Kategori tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2

Tabel 2.1 Hubungan jenis pemanfaatan struktur dengan kategori resiko

(Sumber : Pasal 4.1.2 Tabel 1. SNI 03-1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, antara lain : fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, perikanan, fasilitas sementara, gedung penyimpanan, rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Struktur yang tidak termasuk kategori resiko I, III, IV, contohnya perumahan, ruko, pasar, kantor,	II

apartemen/rumah susun, mall, bangunan industri, fasilitas manufaktur, pabrik	
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tertinggi terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, misalnya bioskop, gedung pertemuan, stadion, fasilitas kesehatan tanpa unit bedah dan unit gawat darurat, fasilitas penitipan anak, penjara	III
Struktur yang ditunjukkan sebagai fasilitas penting, seperti bangunan monumental, gedung sekolah dan fasilitas pendidikan, rumah sakit yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat, fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, kantor polisi, dan lainnya	IV

Setiap kategori resiko bangunan memiliki faktor keutamaan gempa yang akan digunakan sebagai pengali dalam perhitungan beban gempa. Tabel 2.1 Tabel 2.2 berikut menunjukkan hubungan kategori resiko gempa dengan faktor keutamaan gempa:

Tabel 2.2 Hubungan kategori resiko dengan faktor keutamaan gempa, I

(Sumber : Pasal 4.1.2. Tabel 2. SNI 03-1726-2012)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

2.3.4.2. Klasifikasi Situs

Jenis tanah juga ikut mempengaruhi beban gempa yang diterima oleh bangunan gedung. Semakin buruk tanah yang dipijak oleh gedung, akan semakin besar beban gempa yang diterima oleh bangunan gedung tersebut. Pengklasifikasian jenis tanah dapat didasarkan pada salah satu dari tiga parameter yang ada. Parameter tersebut antara lain adalah kecepatan rambat gelombang rerata tanah, hasil uji NSPT tanah, dan hasil uji CPT tanah. Hubungan nilai parameter parameter tersebut dengan klasifikasi situs ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hubungan parameter kemampuan tanah dengan klasifikasi situs

(Sumber : Pasal 5.3. Tabel 3. SNI 03-1726-2012)

Kelas situs	v_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
-------------	-----------------	-----------------	-------------

SA (Batuan Keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan	350 – 750	>50	>100
SD (Tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 - 100

Tabel 2.4 Lanjutan hubungan parameter kemampuan tanah dengan klasifikasi situs

(Sumber : Pasal 5.3. Tabel 3. SNI 03-1726-2012)

SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w > 40\%$ 3. Kuat geser niralir $su < 25$ kPa		
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) -Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $su < kPa$		

2.3.4.3. Penentuan Nilai Respons Spektra

Respons spektra setiap daerah berbeda-beda akibat adanya kemungkinan kejadian gempa daerah satu dengan lainnya sangat berbeda. Untuk mendesain sebuah bangunan gedung, diperlukan penentuan nilai respons spektra pada percepatan periode pendek yaitu 0,2 detik dan nilai respons spektra pada percepatan periode 1 detik. Nilai tersebut dapat dilihat pada peta gempa pada SNI Gempa 2012 atau pada situs milik Kementerian Pekerjaan Umum bagian Pusat Pengembangan dan Penelitian Permukiman, yang berdasarkan probabilitas terlampaui 20% dalam 50 tahun dengan periode ulang gempa 2475 tahun pada batuan (SB), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.4.

Selain itu, untuk menentukan parameter respons spektra percepatan gempa di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik yang bisa didapat dari hubungan parameter respons spektra percepatan gempa dengan kelas situs pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6. Parameter respons spektrum percepatan di permukaan tanah tersebut dapat diketahui dengan cara mengalikan faktor amplifikasi seismik masing-masing periode dengan respons spektrum percepatan yang sudah didapat dari peta gempa sesuai dengan Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2.2)$$

Tabel 2.5 Koefisien situs, F_a (Sumber : Pasal 6.2. Tabel 4. SNI 03-1726-2012)

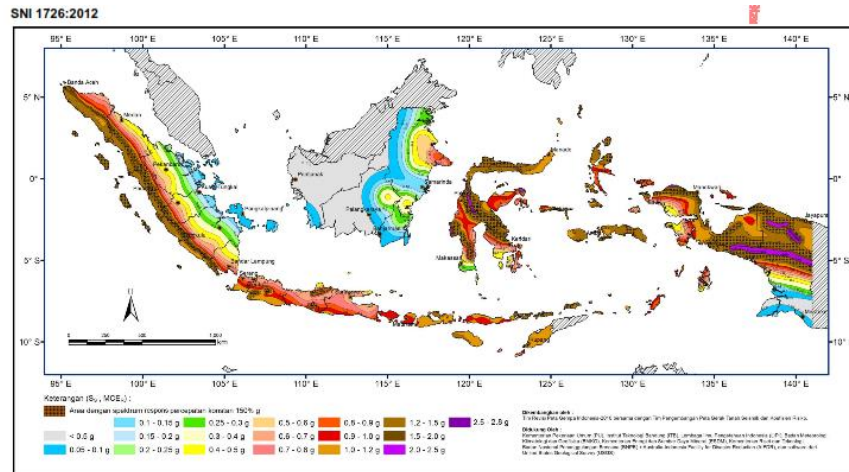
Kelas Situs	Ss (Percepatan Respons Spektra Periode pendek, T = 0,2 detik)				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s > 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	S_s				

Tabel 2.6 Koefisien situs, F_v (Sumber : Pasal 6.2. Tabel 5. SNI 03-1726-2012)

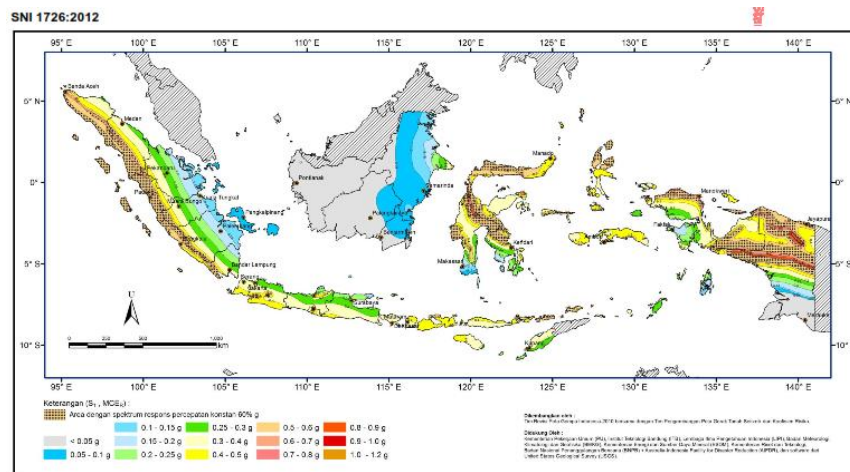
Kelas Situs	S1 (Percepatan Respons Spektra Periode 1 detik, T = 1 detik)				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,6	2,4	2,4
SF	S_s				

Catatan :

- Untuk nilai S_s atau S_1 yang tidak ada pada tabel dapat dilakukan interpolasi linier
- SF = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik



Gambar 2.4 S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB
(sumber : SNI 1726-2012)



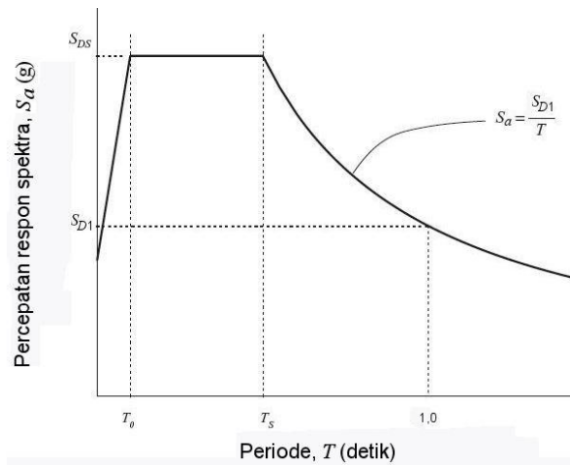
Gambar 2.5 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB
(sumber : SNI 1726-2012)

Setelah nilai SMS dan SM1 didapatkan, lalu dihitung nilai respons spektrum desain yang akan dipakai dalam perancangan. Perhitungannya dilakukan berdasarkan Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4 berikut:

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} \tag{2.3}$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1} \tag{2.4}$$

Dari kedua nilai respons spektrum desain tersebut, dapat digambarkan sebuah grafik respons spektra hubungan percepatan dengan periode getaran dengan besaran-besaran yang ada seperti tampak pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Ketentuan Penggambaran Grafik Respons Spektra

(Sumber: SNI 03- 1726-2012)

2.3.4.4. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu Kategori Desain Seismik (KDS) yang mengikuti ketentuan seperti berikut.

- Struktur dengan kategori resiko I, II, atau III dengan nilai $S_1 > 0,75$ harus ditetapkan sebagai struktur dengan Kategori Desain Seismik E.
- Struktur dengan kategori resiko IV dengan nilai $S_1 > 0,75$ harus ditetapkan sebagai struktur dengan Kategori Desain Seismik F.

Struktur yang memiliki ketentuan diluar ketentuan tersebut, jenis Kategori Desain Seismiknya ditetapkan berdasarkan hubungan nilai SDS dan SD1 terhadap Kategori Resiko Gedung seperti pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8.

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

(Sumber : Pasal 6.5. Tabel 6. SNI 03-1726-2012)

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C

$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

(Sumber : Pasal 6.5. Tabel 7. SNI 03-1726-2012)

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

2.3.4.5. Parameter Pemilihan Sistem Gedung

SNI Gempa 2012 memberikan batasan yaitu struktur yang akan didesain harus masuk dalam salah satu dari sistem gedung berdasarkan elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral dan harus sesuai dengan batasan tinggi struktur oleh hubungan sistem struktur dan kategori desain seismik yang dapat dilihat pada Tabel 2.9. Pada tabel tersebut hanya sedikit contoh dari seluruh jenis sistem struktur beton bertulang penahan gaya gempa, untuk kategori bangunan yang lebih lengkap dapat dilihat pada SNI Gempa 2012. Setelah gedung yang akan didesain sesuai dengan Tabel 2.9, akan didapatkan 3 jenis faktor yang berguna dalam menghitung beban lateral. Ketiga faktor tersebut adalah faktor modifikasi respons R , faktor kuat lebih sistem Ω_0 , dan faktor pembesaran defleksi C_d .

Tabel 2.9 Faktor R , Ω_0 , dan C_d untuk beberapa sistem penahan gaya gempa

(Pasal 7.2.2. SNI 03-1726-2012)

Sistem struktur beton bertulang penahan gaya gempa		R	Ω_0	C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (m)				
					B	C	D	E	F
C	Sistem rangka pemikul momen								
1	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2	Rangka beton bertulang pemikul momen Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI

3	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI
---	--	---	---	-----	----	----	----	----	----

TB=Tidak Dibatasi dan TI=Tidak Diiijinkan

2.3.4.6. Prosedur Analisis

SNI 03-1726-2012 memberi batasan dalam hal prosedur analisis / metode yang diijinkan untuk digunakan dalam melakukan analisis dalam beban gempa. Untuk dapat melakukan prosedur sesuai yang diijinkan, dapat dilihat hubungan antara kategori desain seismik dan karakteristik struktur pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Prosedur Analisis yang diijinkan (Pasal 7.7.3. SNI 03-1726-2012)

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya lateral ekivalen	Analisis spektrum respons ragam	Prosedur riwayat respons seismik
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ dan mempunyai hanya ketidakteraturan horisontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 atau ketidakteraturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

Ket: I=Diiijinkan; TI=Tidak Diiijinkan

2.3.4.7. Periode Fundamental Pendekatan

Penentuan periode fundamental struktur T dapat diperoleh dari hasil analisis struktur yang akan ditinjau. Namun SNI Gempa 2012 memberi persyaratan bahwa periode fundamental yang akan dipakai sebagai perhitungan tidak boleh melebihi dari batas atas periode fundamental pendekatan dengan nilai batas atas periode fundamental pendekatan adalah perkalian dari koefisien periode batas atas (C_u) yang bisa didapat pada Tabel 2.11, dengan periode pendekatan (T_a). Untuk memudahkan pelaksanaan, periode alami fundamental T ini boleh langsung digunakan periode pendekatan T_a . Periode pendekatan ditentukan berdasarkan Persamaan 3.5.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.5)$$

dengan h_n adalah ketinggian struktur bangunan gedung dalam satuan meter, sedangkan nilai C_t dan x dapat diperoleh dari Tabel 2.12.

Tabel 2.11 Koefisien batas atas periode (Sumber : Pasal 7.8.2.1. SNI 03-1726-2012)

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, S_{DS}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,1	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Periode fundamental struktur (T) yang digunakan :

Jika $T_c > C_u \cdot T_a$ gunakan $T = C_u \cdot T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$ gunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ gunakan $T = T_a$

dengan,

T_c = Periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur.

Tabel 2.12 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

(Sumber : Pasal 7.8.2.1. SNI 03-1726-2012)

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466	0.9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0.0731	0.75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0.0731	0.75
Semua sistem struktur lainnya	0.0488	0.75

2.3.4.8. Penentuan Gaya Gempa (*Base Shear*)

Gaya geser dasar seismik adalah total dari seluruh gaya lateral akibat gempa yang diterima oleh bangunan gedung yang sedang ditinjau dan merupakan total dari gaya lateral gempa yang diterima setiap lantainya. Besarnya gaya geser dasar seismik seperti pada Persamaan 3.9.

$$V = C_s \times W \quad (2.6)$$

dengan :

V = gaya geser dasar seismik,

C_s = koefisien respons seismik,

W = berat gravitasi total struktur gedung efektif.

Sedangkan koefisien respons seismik ditentukan oleh Persamaan 2.8 yang nilainya tidak melebihi oleh nilai yang dihasilkan Persamaan 2.7, dan nilai C_s tidak kurang dari nilai yang dihasilkan Persamaan 2.9. Sebagai tambahan persyaratan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana $S_1 > 0,6g$; maka nilai C_s yang diambil tidak diperkenankan melebihi dari nilai yang dihasilkan Persamaan 2.10.

$$C_{S,max} = S_{DS} : (R/I) \quad (2.7)$$

$$C_S = S_{D1} : (T^*(R/I)) \quad (2.8)$$

$$C_{S,min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \geq 0,01 \quad (2.9)$$

$$C_S = 0,5 \cdot S_1 : (R/I) \quad (2.10)$$

2.3.4.9. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Setelah didapatkan nilai total gaya lateral yang diterima gedung akibat gempa, pendistribusian beban ke setiap lantai mengikuti Persamaan 2.11 dengan menggunakan koefisien faktor distribusi vertikal berupa C_{vx} sesuai dengan Persamaan 2.12.

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2.11)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.12)$$

dengan :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Geser dasar seismik

w_x & w_i = Berat seismik efektif total struktur (W) pada tingkat i atau x ,

h_x & h_i = Tinggi tingkat i atau x yang diukur dari dasar struktur.

k = eksponen yang berhubungan dengan periode getar struktur, nilainya adalah 1,0 untuk periode getar $< 0,5$ detik, dan bernilai 2,0 jika periode getar $> 2,5$ detik. Untuk periode getar diantara 0,5 detik dan 2 detik perlu untuk dilakukan interpolasi.

2.3.4.10. Batasan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antara lantai (Δ) dibatasi agar tidak melebihi dari simpangan antar lantai ijin sebesar ΔU yang ditentukan berdasarkan ketentuan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Simpangan antar lantai ijin, Δ (Pasal 7.12.1. SNI 03-1726-2012)

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

dengan : h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x

2.4. Analisis Gaya Gempa

Secara umum analisis struktur terhadap beban gempa dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban static horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respons ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik
2. Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa diseluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur. Analisis dinamik terbagi menjadi 2, yaitu :
 - a. Analisis ragam respons spektrum dimana total respons didapat melalui superposisi dari respons masing-masing ragam getar
 - b. Analisis riwayat waktu adalah analisis dinamis dimana pada model struktur diberikan suatu catatan rekaman gempa dan respons struktur dihitung langkah demi langkah pada interval tertentu.

Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastic. Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*) pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons (*Response Spektrum Modal Analysis*), dimana pada cara ini respons maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari

Spektrum Respons Rencana (*Design Spektra*). Pada analisis dinamik elastis digunakan untuk mendapatkan respons struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*). Analisis dinamik elastis lebih sering digunakan karena lebih sederhana.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Secara garis besar penelitian terdiri dari dua tahap. Pada tahap awal penelitian dilakukan pengujian mutu beton *existing* berupa uji *hammer test* untuk mengetahui kuat tekan beton *existing* (f_c). Pada tahap kedua dilakukan analisis struktur *existing* 6 (enam) berdasarkan mutu beton eksisting yang terukur dari hasil survey. Secara umum langkah pelaksanaan penelitian ini terdiri dari: tahap persiapan, tahap pemodelan dan analisis struktur, dan tahap hasil dan kesimpulan yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Tahapan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut :

3.1.1. Tahap 1 (Tahap Persiapan)

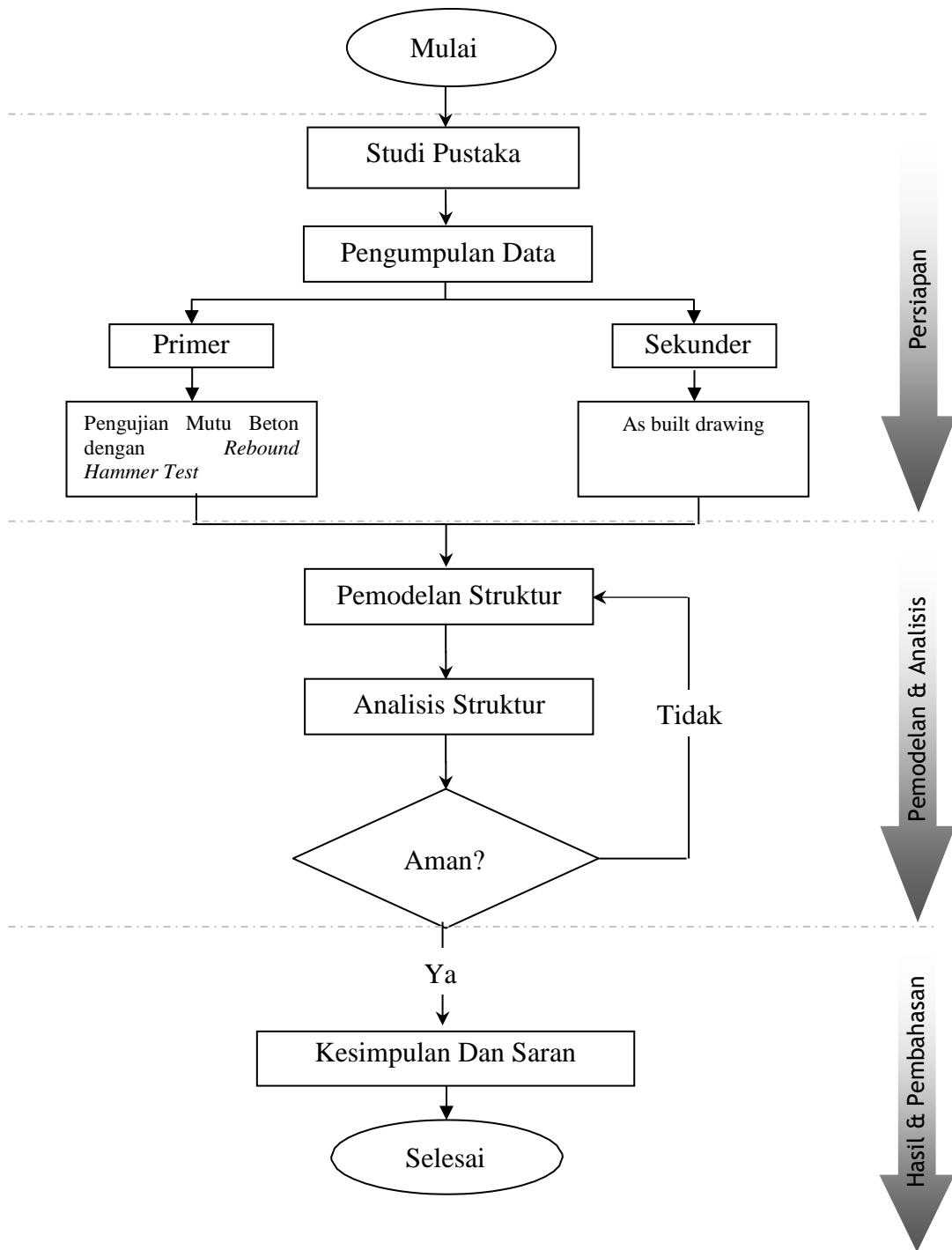
Pada Tahap ini melakukan studi pustaka, pengumpulan data *existing* (*As built drawing*) dan persiapan peralatan yang dibutuhkan agar penelitian ini dapat berjalan lancar, peralatan yang dipersiapkan adalah satu set alat *hammer tes*, kemudian dilakukan pengujian mutu beton *existing* dilapangan. Setelah dilakukan pengujian, maka selanjutnya dilakukan analisa data kuat tekan beton *existing* untuk mendapatkan mutu beton *existing* yang diinputkan pada tahap analisis struktur.

3.1.2. Tahap Pemodelan dan Analisis

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model struktur gedung Dekanat Fakultas Teknik secara 3D yang dimodelkan dengan menggunakan program SAP2000 versi 14. Pemodelan bangunan didasarkan hasil survey dan dokumen teknis gedung yang ditinjau. Lalu dilakukan analisis struktur untuk mendapatkan nilai-nilai defromasi, dan gaya-gaya dalam dari struktur.

3.1.3. Hasil dan Kesimpulan

Data yang diperoleh dari hasil analisis struktur dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan perilaku struktur dalam menerima beban akibat penambahan lantai. Dari seluruh prosedur penelitian dan pembahasan yang telah dilaksanakan kemudian ditarik kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penelitian.

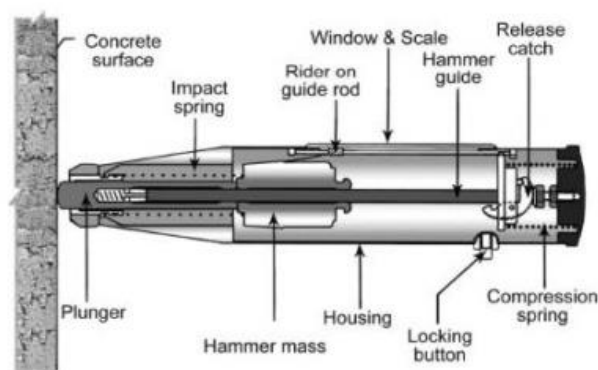


Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2. Pengujian Mutu Beton Eksisting

Rebound Hammer Test adalah suatu pengujian permukaan mutu beton tanpa merusak beton. Metoda pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban impact (beban hantakan yang terdapat pada *hammer*) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa yang diberikan pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton, benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan. Alat ini sangat peka terhadap kondisi di permukaan dan variasi kekerasan yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel baja tulangan pada bagian tertentu dekat permukaan maka pembacaan akan berbeda jauh. Oleh karena itu, diperlukan beberapa kali pengujian disekitar disetiap lokasi pengujian, yang hasilnya kemudian dirata-ratakan dan pada umumnya hammer test tidak dianjurkan dilakukan pada beton berumur kurang dari 7 hari.

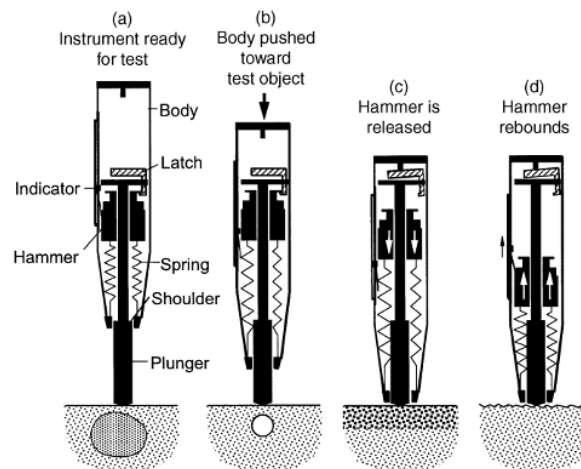
Untuk mengetahui keseragaman mutu beton dipermukaan dapat dilakukan dengan cara uji tanpa merusak dengan *hammer test* ini (palu beton) yang dapat digunakan untuk menguji dan mengevaluasi kekerasan permukaan beton. Bagian-bagian *hammer test* dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Hammer Test Type N

Sumber : Surface hardness methods by Chapman & Hall, 1996)

3.2.1. Metode Pengujian



Gambar 3.3 Cara kerja *hammer test*

(Sumber: ACI Comitte 228 Report)

Merujuk pada spesifikasi data pabrik, umumnya ada 3 metode dalam melakukan pengujian dengan palu beton, setiap metode memiliki grafik nilai rebound vs estimasi kuat tekan yang berbeda yaitu :

- Sudut 0^0 untuk pengujian tegak lurus horizontal
- Sudut -90^0 untuk pengujian tegak lurus ke bawah
- Sudut $+90^0$ untuk pengujian tegak lurus ke atas

Merujuk pada ASTM C 805-2 pasal 5.5 hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian yaitu :

- Elemen struktur beton yang akan diuji harus memiliki ketebalan minimal 100 mm dan terkoneksi erat dengan struktur bangunan area uji berdiameter 150 mm.
- Untuk permukaan yang bertekstur atau dilapisi plester atau mortar harus diratakan dengan menggunakan gerinda Pada saat pengukuran, diambil sepuluh pembacaan dari setiap area uji.
- Jarak pembacaan antar titik uji minimal 25 mm.
- Hasil uji dengan menggunakan alat Hammer Test tergantung kepada rata dan tidaknya permukaan, basah keringnya bidang uji dan sudut inklinasi.

Berdasarkan data diatas ada beberapa faktor lain yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan pengujian yaitu :

- Umur struktur.

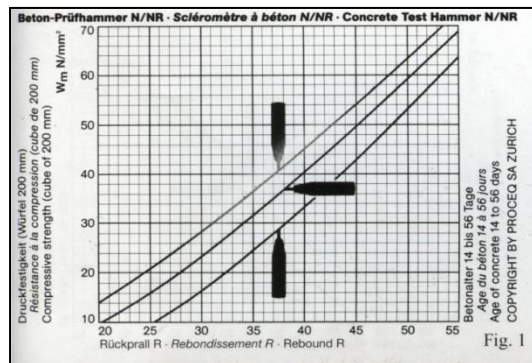
Pada tahap konstruksi umur beton sangat mempengaruhi terhadap hasil pengujian dengan palu beton, berdasarkan pengalaman umur beton dari 1 hingga 14 hari mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan 14 hari hingga 28 hari beton mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan berkisar antara 1-3 Mpa. Berbeda hal-nya dengan pengujian terhadap struktur eksisting yang sudah berumur panjang, akan banyak faktor yang mempengaruhi terhadap hasil pengujian yang berkaitan erat dengan depresiasi bangunan (penurunan mutu).

- Kondisi permukaan.

Pastikan kondisi permukaan beton tidak terlalu lembab, kasar dan kering sehingga pembacaan nilai rebound dapat lebih efektif.

3.2.2. Estimasi Kuat Tekan

Nilai estimasi kuat tekan (σ_b) didapatkan dari grafik rebound vs nilai estimasi kuat tekan yang disediakan oleh produsen alat.



Gambar 3.4 Kurva konversi nilai hammer R ke benda uji kubus

Grafik tersebut menunjukkan 3 variabel nilai atas 3 metode pengujian yang berbeda. Pengujian yang dilakukan dengan metode yang berbeda akan menghasilkan nilai rebound yang berbeda pula, hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya segregasi beton akibat gaya gravitasi yang membuat material berat sewaktu pelaksanaan pengecoran akan lebih banyak berada

dibawah sehingga lebih menonjolkan nilai yang besar pada saat melakukan pengujian pada daerah bawah dibanding daerah atas.

Menghitung kuat tekan beton rata-rata (σ_{bm})

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum_1^N (\sigma b)}{N} \quad (3.1)$$

Dimana :

σ_{bm} = kuat tekan beton rata-rata

N = Jumlah Pukulan

σ_b = kuat tekan beton

Menghitung estimasi standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma_{bm} - \sigma b)^2}{N - 1}} \quad (3.2)$$

Dimana :

σ_{bm} = kuat tekan beton rata-rata

N = Jumlah benda uji

σ_b = kuat tekan beton

S = standar deviasi / mutu pelaksanaan

Menghitung kuat tekan karakteristik beton

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (k_1 x S x k_2) \quad (3.3)$$

Dimana:

σ_{bm} = Kuat tekan beton rata-rata

σ_{bk} = Kuat tekan beton karakteristik (kg/cm²)

S = Standar deviasi

k₁ = Konstanta statistik/Faktor pengali standar deviasi

k₂ = Konstanta statistik 5% Cacat : 1,64 (PBI hal 40)

BAB 4. BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

4.1. Biaya Pelaksanaan

Berikut pada Tabel 4.1 dirangkumkan biaya pelaksanaan secara umum.

Tabel 4.1 Biaya pelaksanaan

No	Item Pengeluaran	usulan biaya
A	Gaji dan Upah	Rp1.650.000,00
B	Bahan Habis Pakai dan Peralatan	Rp5.550.000,00
C	Perjalanan	Rp1.300.000,00
D	Publikasi, Seminar, dan Peralatan	Rp1.500.000,00
	Jumlah	Rp10.000.000,00

4.2. Jadwal Pelaksanaan

Berikut pada Tabel 4.2 adalah rancangan jadwal penelitian.

Tabel 4.2 Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan 1			Bulan 2			Bulan 3			Bulan 4			Bulan 5		
1	Penulisan Awal Laporan	■	■													
2	Pencarian Literatur lebih lanjut	■	■	■												
3	Pengumpulan data			■	■	■										
4	<i>Rebound Hammer Test</i>				■	■	■	■								
5	Olah data survey					■	■	■	■							
6	Pemodelan Struktur						■	■	■	■	■					
7	Analisis Struktur								■	■	■	■	■			
8	Pembuatan Laporan Akhir										■	■	■	■		
9	Pembuatan naskah publikasi												■	■	■	
10	Pembuatan tugas akhir oleh mitra mahasiswa								■	■	■	■	■	■	■	■
11	Publikasi dalam bentuk jurnal / seminar														■	■

DAFTAR PUSTAKA

- Arfiadi, Y. dan Satyarno, I. (2013). Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar Di Indonesia Dalam SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2002. Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (2013) pp. 299-306.
- Badan Standarisasi Nasional. (1989). SNI-03-1727-1989 – Pedomen perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). SNI-07-2052-2002 – Baja tulangan beton, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI-03-1726-2002 – Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Bandung
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI-03-1726-2012 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI-03-2847-2013 – Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, Bandung.
- International Atomic Energy Agency, (2002), “*Guidebook on Non-Destructive Testing of Concrete Structures*”, Industrial Applications and Chemistry Section, Viena.
- Irsyam, M., Sengara, I., Aldiamar, F., dkk. (2010). Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010. Jakarta.
- Pusdiklat Polban, (2013), “*Laporan Pengujian Inspeksi Struktur Beton Lantai Game Master Istana Plaza*”, Bandung.

LAMPIRAN 1
JUSTIFIKASI ANGGARAN PENELITIAN

Perkiraan biaya untuk penelitian kali ini adalah:

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN

No	Item Pengeluaran	usulan biaya
A	Gaji dan Upah	Rp1.650.000,00
B	Bahan Habis Pakai dan Peralatan	Rp5.550.000,00
C	Perjalanan	Rp1.300.000,00
D	Publikasi, Seminar, dan Peralatan	Rp1.500.000,00
	Jumlah	Rp10.000.000,00

A Gaji dan Upah

No	Jenis Pengeluaran	usulan biaya
1	Gaji Surveyor (6 orang)	Rp750.000,00
2	Gaji tenaga administrasi (3 orang)	Rp300.000,00
3	Gaji analisis hasil survey (6 orang)	Rp600.000,00
	Jumlah	Rp1.650.000,00

B Bahan Habis Pakai dan Peralatan

No	Jenis Pengeluaran	usulan biaya
1	ATK	Rp800.000,00
2	Bahan Survey	Rp700.000,00
3	Modul	Rp300.000,00
4	Alat pengolah data	Rp1.750.000,00
5	<i>Rebound Hammer Test</i>	Rp2.000.000,00
	Jumlah	Rp5.550.000,00

C Perjalanan

No	Jenis Pengeluaran	usulan biaya
1	Transportasi	Rp500.000,00
2	Akomodasi	Rp800.000,00
	Jumlah	Rp1.300.000,00

D Publikasi, Seminar, dan Pelaporan

No	Jenis Pengeluaran	usulan biaya
1	Publikasi dan seminar	Rp1.000.000,00
2	Laporan	Rp500.000,00
	Jumlah	Rp1.500.000,00

LAMPIRAN 2
BIODATA KETUA PENELITI

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng.
2	Jenis Kelamin	L/P
3	NIP/NIK/Identitas lainnya	19890223201510 123 086
4	NIDN (jika ada)	0523028902
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Yogyakarta, 23 Februari 1989
6	E-mail	syamsibnu@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	085729089383
8	Nama Institusi Tempat Kerja	Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
9	Alamat Kantor	Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto Kasihan Bantul DIY
10	Nomor Telepon/Faks	0274-387656

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Gadjah Mada	Universitas Gadjah Mada
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil
Th Masuk-lulus	2007 - 2011	2012 – 2015
Judul Skripsi/Tesis	Perbandingan Hasil Analisis Pelat Lantai Untuk Timbunan Batu Bara Sebagai Pelat Datar (<i>Flat Plate</i>) Dan Sebagai Pelat Dengan Balok	Prediksi <i>Rating Factor</i> Jembatan Beton Prategang Tipe-I Dengan Metode <i>Artificial Neural Network</i>
Nama Pembimbing	Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyono	1. Akhmad Aminullah ST, MT, Ph.D 2. Dr.-Ing. Ir. Djoko Sulistyono

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, dan Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber	Jml (juta)
-----	-------	------------------	--------	------------

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber	Jml (juta)
1.	2014	Prediksi <i>Rating Factor</i> Jembatan Beton Prategang Tipe-I Dengan Metode <i>Artificial Neural Network</i>	Mandiri	-
2.	2016	Perbandingan Analisis Two Way Slab With Beam dengan Flat Slab (Studi Kasus: Coal Yard PLTU Kalimantan Barat)	Mandiri	-
3.				
4.				

D. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Perbandingan Analisis Two Way Slab With Beam dengan Flat Slab (Studi Kasus: Coal Yard PLTU Kalimantan Barat)	Jurnal Semesta Teknika	Vol. 18, No.2, November 2015: 190-199
2			

E. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Temu ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.			
2.			

F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
	-			

G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
	-			

H. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
I.				

I. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi	Tahun
1	<i>Student Exchange Program between EHIME UNIVERSITY and UNIVERSITAS GADJAH MADA Department of Civil and Environmental Engineering</i>	<i>Ehime University</i>	2013

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Dosen Muda.

Yogyakarta, 5 Oktober 2016

Ketua Pengusul,



(Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng)

LAMPIRAN 3
BIODATA ANGGOTA PENELITI

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Yoga Aprianto Harsoyo, ST, MEng
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	NIP/NIK/Identitas lainnya	19810427201507123079
4	NIDN (jika ada)	0527048101
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Samarinda, 27 April 1981
6	E-mail	yogaharsoyo@gmail.com
7	Nomor Telepon/HP	081-229-460-940
8	Nama Institusi Tempat Kerja	Fakultas teknik UMY
9	Alamat Kantor	Jalan lingkaran selatan, Kasihan, Bantul, DIY 55183
10	Nomor Telepon/Faks	0274-387656

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Islam Indonesia	Universitas Gadjah Mada
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik sipil (Struktur)
Th Masuk-lulus	2001 - 2006	2007 - 2010
Judul Skripsi/Tesis	Prilaku Penambahan Outrigger Pada Gedung dengan ketinggian 15,25, dan 35 Lantai	Prilaku kolom Bambu Petung
Nama Pembimbing	1. Prof., Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D	1. Prof. Dr. Ir. H. Morisco, 2. Ashar Saputra, ST, MT, Ph.D

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, dan Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber	Jml (juta)
1.	2016	Retrofit Pada Balok Induk yang sudah terpasang dengan Penambahan dimensi	Swasta	15 juta
2.	2016	Redesign gedung hotel MOYA VIDI dengan dengan mengacu	Swasta	20 juta

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber	Jml (juta)
		peraturan gempa SNI 03-1726-2012		
3.	2016	Perbandingan penambahan jam lembur dan tenaga kerja dengan metoda time off trade off pada proyek gedung	UMY	2 juta
4.				

D. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun

E. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Temu ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Kuliah Umum	Manajemen Konstruksi	UMY

F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
	-			

G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
	-			

H. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

I. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Dosen Muda.

Yogyakarta, 5 Oktober 2016

Anggota Pengusul,



(Yoga Ananta Harsoyo, ST., M.Eng)

LAMPIRAN 4



SURAT PERNYATAAN KETUA PENELITI / PELAKSANA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng

NIDN : 0523028902

Pangkat / Golongan :-

Jabatan Fungsional :-

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian saya dengan judul:

Evaluasi Performa Gedung Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2002 (Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta) yang diusulkan dalam skema Penelitian Kemitraan Dosen dan Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk tahun anggaran 2016 **bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga / sumber dana lain.** Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke LP3M. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 7 Oktober 2016

Yang menyatakan,

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UMY

Jazaul Rizwan, ST., MT., Ph.D
NIK: 19720524041998123037



Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng
NIK. 19890223201510123086

LAMPIRAN 5
SURAT PERNYATAAN

Assalamu'alaykum WrWb

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hararya Widyantama

NIM : 20130110023

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir (TA) saya dengan judul:

**Analisa Respon Gedung Terhadap Beban Gempa Statik Ekuivalen
Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012**

**(Studi Kasus Gedung Ar Fachruddin Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta)**

Merupakan bagian dari penelitian dosen dengan judul penelitian:

**Evaluasi Performa Gedung Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-
1726-2002 dan SNI 03-1726-2012**

**(Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta)**

Ketua Peneliti: Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-
benarnya.

Wassalamu'alaykum WrWb

Yogyakarta, 6 Oktober 2016

Yang menyatakan



Hararya Widyantama

NIM: 20130110023

SURAT PERNYATAAN

Assalamu 'alaykum WrWb

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rezki Ian

NIM : 20130110022

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir (TA) saya dengan judul:

Analisa Respon Gedung Terhadap Beban Gempa Respon Spektrum Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

(Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Merupakan bagian dari penelitian dosen dengan judul penelitian:

Evaluasi Performa Gedung Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

(Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Ketua Peneliti: Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.

Wassalamu 'alaykum WrWb

Yogyakarta, 6 Oktober 2016

Yang menyatakan



Muhammad Rezki Ian

NIM: 20130110022

SURAT PERNYATAAN

Assalamu'alaykum WrWb

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Redi Indra Lesmana

NIM : 20130110025

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir (TA) saya dengan judul:

Analisa Respon Gedung Terhadap Beban Gempa *Time History* Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

(Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Merupakan bagian dari penelitian dosen dengan judul penelitian:

Evaluasi Performa Gedung Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

(Studi Kasus Gedung AR Fachruddin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Ketua Peneliti: Muhammad Ibnu Syamsi, ST., M.Eng

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.

Wassalamu'alaykum WrWb

Yogyakarta, 6 Oktober 2016

Yang menyatakan



Redi Indra Lesmana

NIM: 20130110025