

Nama Rumpun Ilmu : Teknik Sipil

**LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN PRODI**



**PANDUAN TEKNIS BANGUNAN SEKOLAH
SAMPAI DENGAN TIGA LANTAI UNTUK
DAERAH GEMPA BESAR**

TIM PENGUSUL

KETUA PENELITI :

NAMA : Ir. As'at Pujianto, MT. NIDN : 0514046601

ANGGOTA PENELITI :

- 1. Restu Faizah, ST, MT. NIDN : 0523027001**
2. Hakas Prayuda, ST., M.Eng. NIDN : 0527048101

**PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
Jl. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183
Telp. (0274) 387656 Fax. (0274) 387646
JULI 2018**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Judul Penelitian : Panduan Teknis Bangunan Sekolah Sampai Dengan Tiga Lantai Untuk Daerah Gempa Besar.

Nama Rumpun Ilmu : Teknik Sipil

Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Ir. As'at Pujianto, MT.
- b. NIDN/NIK : 0514046601/19660414199311
- c. Jabatan fungsional : Lektor
- d. Program Studi : Teknik Sipil
- e. No. HP : 0818263683
- f. Alamat surel : pujiantoasat@umy.ac.id

Anggota Peneliti (1)

- a. Nama Lengkap : Restu Fauziah, ST., MT.
- b. NIDN/NIK : 0518025501/19700223201404
- c. Jabatan fungsional : Asisten Ahli
- d. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Anggota Peneliti (2)

- a. Nama Lengkap : Hakas Prayuda, ST., M.Eng.
- b. NIDN : 0527048101/19810427201507
- c. Jabatan fungsional : Asisten Ahli
- d. Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Biaya Penelitian LP3M UMY : Rp. 20.000.000,00

Biaya Luaran Tambahan : -

Yogyakarta, 15 Juli 2018

Menyetujui,
Ketua Program Studi

Ketua Peneliti,



Prof. Agus Setyo M., ST., M.Eng.Sc. Dr. Eng.
NIK. 1975081419994

Ir. As'at Pujianto, MT.
NIK. 19660414199311

Menyetujui,
Dekan FT UMY



Jazaul Ikhsan, ST., MT., Ph.D
NIK. 19720524041998123037

RINGKASAN HASIL PENELITIAN

Indonesia merupakan negara yang berada di daerah pertemuan tiga pelat/lempeng tektonik bumi, yaitu lempeng Samodera Hindia (Indo Australia), Eurasia, dan Philipine. Selain itu, disebelah timur Indonesia juga diapit oleh lempeng Pacific. Oleh karena itu hampir setiap tahun terjadi bencana akibat gempa bumi di berbagai tempat di Indonesia yang telah menewaskan dan menciderai ribuan orang. Selain itu gempa juga telah menimbulkan kerugian yang sangat besar berupa kerusakan prasarana dan bangunan. Guna mengantisipasi terjadinya bencana serupa di kemudian hari perlu upaya serius untuk meningkatkan kualitas konstruksi bangunan di Indonesia, terutama bangunan sekolah, mengingat gedung sekolah merupakan tempat belajar calon generasi-generasi bangsa. Disamping itu merupakan suatu tuntutan logis yang harus ditindak lanjuti sebagai konsekuensi hidup di daerah yang rawan gempa.

Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam rangka meningkatkan kemampuan teknis masyarakat bidang pembangunan gedung sekolah adalah dengan cara menyediakan buku panduan desain bangunan sekolah yang tahan terhadap terhadap gempa. Buku ini dimaksudkan memberikan pedoman dalam mendesain bangunan sekolah tahan gempa dan dalam rangka perbaikan kerusakan bangunan yang terjadi akibat adanya gempa bumi. Desain yang dimaksud yaitu desain untuk bangunan sekolah tahan gempa sampai dengan 3 lantai, dengan memperhitungkan kondisi seismik, geoteknik dan geologis terkini. Hasil desain ini dapat dijadikan alternatif perhitungan struktur, yang merupakan salah satu persyaratan teknis pembangunan sekolah, dan dapat menjadi suatu panduan teknis untuk menuntun proses pelaksanaan serta proses pengawasan kualitas bangunan sekolah hingga dihasilkan kualitas bangunan sekolah yang tahan terhadap gempa besar. Proses perancangan memperhitungkan data seismik terkini dengan mempertimbangkan 3 kondisi tanah, yaitu tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami ucapkan rasa syukur kepada Allah SWT. yang telah memberikan berlimpah-limpah kenikmatan serta kerahmatan kepada kita semua, sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian ini. Shalawat serta salam kita haturkan kepada junjungan kita, nabi besar kita Muhammad SAW. yang telah terbukti mampu menjadi proklamator dunia dari gelap gulita menjadi terang benderang.

Ucapan banyak terimakasih juga tak lupa kami sampaikan kepada Ibu Restu Fauziah, ST., MT. dan Bapak Hakas Prayuda, ST., M.Eng.. sebagai anggota peneliti yang telah banyak menyumbangkan ilmunya dalam menyelesaikan penelitian ini. Disamping itu juga tak lupa kami ucapkan terimakasih juga kepada mahasiswa yang telah ikut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, Rizal dan Nur Atmi. Tak lupa juga kami ucapkan terimakasih juga kepada pengelola LP3M UMY yang telah membantu dalam hal pembiayaannya.

Demikian laporan ini kami buat semoga bermanfaat bagi masyarakat, nusa dan bangsa. Kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN HASIL PENELITIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah/Fokus Penelitian.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Kerangka Teori	3
B. Kajian Terdahulu dan Roadmap penelitian	9
BAB III. TUJUAN, URGENSI DAN MANFAAT PENELITIAN	12
A. Tujuan Penelitian.....	12
B. Urgensi dan Manfaat Penelitian.....	12
BAB IV. METODE PENELITIAN	14
A. Desain Penelitian	14
B. Lokasi Penelitian.....	15
C. Konsep Dasar	15
D. Konsep Teknis	16
E. Analisis Pembebanan	18
F. Analisis Struktur.....	19
G. Perencanaan Elemen.....	19
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
A. Model Bangunan Sekolah.....	22
B. Kondisi Tanah.....	23
C. Hasil Perencanaan Sekolah.....	23
BAB VI. RENCANA TAHUN KEDUA	35
BAB VII. PENUTUP	36
A. Kesimpulan	36
B. Saran-saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37

LAMPIRAN 1. SUSUNAN ORGANISASI PENELITI DAN TUGAS TIM	
PENELITI.....	38
LAMPIRAN 2. BIODATA KETUA PENELITI DAN ANGGOTA.....	39
LAMPIRAN 3. BUKU PANDUAN BANGUNAN SEKOLAH TAHAN GEMPA	48
LAMPIRAN 4. NASKAH ARTIKEL ILMIAH.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Retakan Tanah yang mengakibatkan Fondasinya Retak (Padang, 2010).....	4
Gambar 2.2 Kerusakan bangunan sekolah pada dinding, rangka pintu dan jendela	5
Gambar 2.3 Pergeseran horisontal yang mengakibatkan elemen struktur lepas	5
Gambar 2.4 Kebakaran akibat korsleting atau kebocoran gas pada bangunan.....	6
Gambar 2.5 Robohnya bangunan sekolah	6
Gambar 2.6 <i>Roadmap Research Support</i>	9
Gambar 2.7 Potensi Tim Penelitian	10
Gambar 2.8 Skema Rencana Induk Penelitian Program Studi	11
Gambar 4.1 Skema Rancangan Penelitian.....	14
Gambar 4.2 Bagan Alir Rancangan Penelitian	15

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di daerah pertemuan tiga pelat/lempeng tektonik bumi, yaitu lempeng Samodera Hindia (Indo Australia), Eurasia, dan Philipine. Selain itu, disebelah timur Indonesia juga diapit oleh lempeng Pacific. Oleh karena itu hampir setiap tahun terjadi bencana akibat gempa bumi di berbagai tempat di Indonesia yang telah menewaskan dan menciderai ribuan orang. Selain itu gempa juga telah menimbulkan kerugian yang sangat besar berupa kerusakan prasarana dan bangunan. Guna mengantisipasi terjadinya bencana serupa di kemudian hari perlu upaya serius untuk meningkatkan kualitas konstruksi bangunan di Indonesia, terutama bangunan sekolah. Ini merupakan suatu tuntutan logis yang harus ditindak lanjuti sebagai konsekuensi hidup di daerah yang rawan gempa.

Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam rangka meningkatkan kemampuan teknis masyarakat bidang pembangunan sekolah yaitu dengan cara menyediakan desain bangunan yang tahan terhadap gempa. Desain yang dimaksud adalah desain untuk bangunan sekolah sampai dengan 3 lantai, dengan memperhitungkan kondisi seismik, geoteknik dan geologis terkini. Desain ini nantinya diharapkan dapat menjadi alternatif perhitungan struktur, yang merupakan salah satu persyaratan teknis pembangunan sekolah, dan dapat menjadi suatu panduan teknis untuk menuntun proses pelaksanaan serta proses pengawasan kualitas bangunan sehingga dapat dihasilkan kualitas bangunan sekolah yang tahan terhadap gempa. Proses perancangan memperhitungkan data seismik terkini dengan mempertimbangkan 3 kondisi tanah, yaitu tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras.

Secara umum kerusakan bangunan disebabkan oleh kualitas struktur bangunan yang tidak memenuhi standar persyaratan teknis bangunan tahan gempa. Bangunan tak bertingkat, yang tergolong sebagai non-struktur, dibangun tanpa dukungan hitungan teknis dan hanya mengandalkan pengalaman lapangan. Pada bangunan bertingkat, yang tergolong sebagai bangunan struktur, proses pembangunannya harus didukung dengan perhitungan teknis yang memadai dengan melibatkan pihak-pihak yang memiliki kemampuan bidang konstruksi bangunan. Namun kenyataan menunjukkan bahwa sebagian besar praktek pembangunan sekolah di lapangan tanpa disertai dengan dukungan teknis serta keterlibatan dari ahli konstruksi bangunan secara memadai. Terdapat suatu indikasi yang kuat dimana masyarakat enggan untuk memanfaatkan jasa konsultan teknis dalam proses

pembangunannya. Hal ini terutama berkaitan dengan biaya konsultasi yang dianggap masih relatif mahal.

Belajar dari pengalaman itu, maka sangat diperlukan suatu pedoman yang sangat mudah dalam membuat bangunan, terutama bangunan sekolah yang baik dan tahan terhadap gempa, yang dapat dipergunakan oleh seluruh masyarakat, baik yang mengetahui konstruksi bangunan maupun tidak. Disamping itu harganya relatif murah dan terjangkau khususnya bagi sekolah-sekolahan swasta yang dibiayai sendiri, akan tetapi tetap memenuhi persyaratan kesehatan, keamanan, dan kenyamanan.

B. Rumusan Masalah / Fokus Penelitian

Bangunan sekolah tahan gempa merupakan bangunan sekolah yang mampu meredam energi gempa yang terjadi, melalui kombinasi gaya dalam bangunan yang dihasilkan dari komponen struktur dan non struktur bangunan. Sehingga apabila terjadi gempa, khususnya gempa dengan skala besar, bangunan sekolah dapat memberikan perlindungan maksimal dimana penghuni bangunan memiliki kesempatan untuk menyelamatkan diri sebelum terjadi keruntuhan atau meminimalisir terjadinya tingkat kerusakan bangunan.

Upaya untuk meminimalisir kerusakan bangunan sekolah dan kemungkinan jatuhnya korban jiwa yang timbul akibat gempa, secara sistematis dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memberlakukan standar perencanaan bangunan tahan gempa untuk bangunan-bangunan sekolah yang akan dibangun. Langkah ini ditujukan pada perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan pembangunan sekolah baru atau unit bangunan sekolah yang baru.
2. Melakukan upaya perkuatan, perbaikan dan peningkatan mutu bangunan khususnya pada bangunan sekolah yang komponen strukturnya dinilai memiliki kelemahan dalam meredam gaya gempa. Komponen struktur yang perlu mendapat perhatian adalah hubungan kolom dan balok, hubungan kolom dan pondasi, serta panjang penyaluran pembedaan pada hubungan komponen struktur lainnya.
3. Memperbaiki dan memperkuat bangunan sekolah yang rusak (ringan dan sedang) akibat gempa, sehingga kekuatan dan kekakuan bangunan menjadi lebih baik. Langkah ini ditujukan untuk bangunan sekolah yang mengalami kerusakan akibat gempa, baik rusak ringan, sedang dan berat.

Tiga langkah di atas merupakan upaya bagi tercapainya tingkat keamanan minimum pada bangunan sekolah saat terjadinya gempa.

A. Kerangka Teori

a. *State Of The Art* (SOTA) Pada Bangunan Sekolah Tahan Gempa

Buku pedoman teknis tentang bangunan sekolah tahan gempa sebenarnya sudah dipersiapkan oleh Sub Direktorat Sarana dan Prasarana, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, Direktorat Jendral Pendidikan Menengah, Kementerian Pendidikan Nasional, dengan buku yang berjudul : Pedoman Teknis Bangunan Sekolah Tahan Gempa, yang dikeluarkan tahun 2010, namun isinya pada bagian perencanaan masih perlu dipersiapkan yang lebih luas lagi, sehingga dapat dipergunakan pada bangunan 1 (satu) lantai hingga 3 (tiga) lantai, dengan bentang yang tidak terbatas.

Buku tersebut lebih fokus pada metode pelaksanaan dan perbaikan akibat gempa bumi. Tentang perencanaan hingga menghasilkan : ukuran kolom, balok, sloof, balok miring, balok lantai, serta jumlah dan diameter tulangan belum dijelaskan secara detail. Untuk keperluan tersebut dibutuhkan penelitian/panduan yang dapat melengkapi kekurangan-kekurangannya.

b. Tingkat Keamanan Minimum Bangunan Sekolah Tahan Gempa

Tingkat keamanan bangunan minimum yang terjadi pada bangunan sekolah harus setara dengan bangunan gedung yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa, yaitu memenuhi kondisi sebagai berikut :

1. Jika terkena gempa bumi yang kecil, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali.
2. Jika terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non-struktural (dinding, plafon, penutup atap, dll), tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktural.
3. Jika terkena gempa bumi yang sangat kuat (besar), bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan baik pada elemen strukturnya maupun elemen non strukturnya, tetapi tidak boleh :
 - Mengalami keruntuhan baik sebagian maupun keseluruhan, sehingga penghuninya masih sempat menyelamatkan diri.
 - Mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki, sehingga dapat berfungsi kembali.
 - Mengalami kerusakan yang sulit untuk diperbaiki (tidak dapat diperbaiki dengan cepat), sehingga siswa dapat segera memanfaatkan dengan segera.

Tingkat kerusakan pada bangunan sekolah akan semakin besar apabila tidak direncanakan sebagai bangunan yang dapat meredam energi gempa. Sehingga sering dijumpai bangunan yang runtuh atau rusak total yang mengakibatkan jatuhnya korban jiwa yang tidak sedikit. Tingkat kerusakan bangunan tergantung dari :

1. Kekuatan gempa (skala Richter) dan Intensitas gempa,
2. Durasi atau lamanya gempa berlangsung,
3. Kondisi tanah dan struktur geologi tanah (zona gempa),
4. Konfigurasi struktur bangunan,
5. Kekakuan struktur dan keseragaman pembebanan pada bangunan,
6. Kekuatan dan daktilitas (keteguhan) struktur bangunan,
7. Mutu bahan bangunan,
8. Mutu pengerjaan konstruksi bangunan.

Perencanaan bangunan sekolah tahan gempa berkaitan erat dengan upaya meminimalisasi potensi kerusakan yang terjadi, mulai dari tingkat kerusakan ringan hingga berat.

c. Kerusakan Bangunan Sekolah Akibat Gempa

Kerusakan bangunan sekolah akibat gempa yang perlu diwaspadai yaitu :

1. Pecahnya fondasi dan lantai yang mengakibatkan bangunan sekolah turun atau miring, fondasi merupakan bagian dari komponen struktur bangunan, seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Retakan Tanah yang mengakibatkan Fondasinya Retak (Padang, 2010)

2. Dinding dan atau rangka pintu atau jendela retak atau pecah, seperti pada gambar 2.2. Dinding, rangka pintu dan jendela merupakan komponen non struktur dari bangunan sekolah.



Gambar 2.2. Kerusakan bangunan sekolah pada dinding, rangka pintu dan jendela.

3. Rangka bangunan sekolah, plafon, atap, mengalami pergeseran kearah horizontal dan menjadi labil, sehingga ikatan antara komponen struktur lepas. Seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pergeseran horisontal yang mengakibatkan elemen struktur (kolom & ringbalok) lepas.

Gaya geser horizontal akibat gempa memperlemah ikatan antara komponen struktur (ringbalk dan kolom) dengan komponen non struktur (dinding, plafon dan atap).

4. Kemungkinan terjadi korsleting listrik yang dapat menimbulkan kebakaran, seperti pada gambar 2.4.

Kebakaran yang diakibatkan korsleting pada Instalasi listrik dan kebocoran pipa gas atau tabung gas elpiji dapat menjadi dampak susulan dari terjadinya kerusakan bangunan akibat gempa.



Gambar 2.4. Kebakaran akibat korsleting atau kebocoran gas pada bangunan.

5. Kerusakan yang paling total adalah robohnya bangunan sekolah tersebut.



Gambar 2.5. Robohnya bangunan sekolah.

Besarnya potensi kerusakan bangunan sekolah akibat terjadinya gempa, memberikan pemahaman bahwa konstruksi bangunan sekolah harus mengikuti kaidah perencanaan struktur bangunan tahan gempa.

d. Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Pengertian bangunan tahan gempa bukan berarti suatu bangunan yang tak akan rusak/roboh jika terlanda gempa. Gempa adalah kekuatan alam yang kekuatannya tak dapat diduga sehingga tidak rasional untuk membangun bangunan yang benar-benar tahan terhadap gempa berapapun intensitasnya. Suatu batasan-batasan teknis diperlukan dengan tetap mengedepankan aspek keamanan, namun secara ekonomi masih rasional. Batasan-batasan tersebut selanjutnya diadopsi dalam persyaratan teknis bangunan tahan gempa. Secara umum filosofi bangunan tahan gempa adalah sebagai berikut :

1. Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dsb) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dsb).
2. Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada elemen non-strukturnya akan tetapi elemen strukturnya (misalnya: fondasi, dinding beton struktur, kolom struktur, balok struktur) tidak boleh rusak.
3. Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada elemen non-strukturnya maupun elemen strukturnya, tetapi tidak sampai roboh, sehingga penghuni bangunan masih mempunyai waktu untuk keluar menyelamatkan diri.

e. Konsep Dasar

Konsep bangunan tahan gempa pada dasarnya adalah upaya untuk membuat seluruh elemen bangunan menjadi satu kesatuan yang utuh, yang tidak lepas/runtuh akibat gempa sehingga beban dapat ditanggung dan disalurkan secara bersama-sama dan proposional. Penerapan konsep tahan gempa antara lain dengan cara membuat sambungan yang cukup kuat diantara berbagai elemen tersebut serta pemilihan material dan pelaksanaan yang tepat.

f. Material

Penggunaan bahan yang baik dan mempunyai mutu sesuai yang disyaratkan merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam membuat bangunan tahan gempa. Untuk mendapatkan mutu bangunan yang baik, pengerjaan bangunan tahan gempa, harus mengikuti prosedur-prosedur yang baik dan benar.

g. Tinjauan Arsitektur

Bentuk bangunan yang baik adalah berbentuk simetris (bujursangkar, segi empat) dan mempunyai perbandingan sisi yang baik yaitu *panjang < 3 kali lebar*, ini dimaksudkan untuk mengurangi gaya puntir yang terjadi pada saat terjadi gempa. Untuk bangunan yang panjang dapat dilakukan pemisahan ruangan (dilatasi) sehingga dapat mengurangi efek gempa. Juga harus diperhatikan bukaan akibat jendela dan pintu tidak boleh terlalu besar. Apabila bukaan itu besar akan terjadi pelemahan pada jendela dan pintu tersebut.

h. Ketentuan Hukum Tentang Bangunan Tahan Gempa.

Ketentuan hukum tentang bangunan tahan gempa diatur dalam sub prasyarat keandalan bangunan gedung yaitu persyaratan keselamatan. Dimana lingkup dari persyaratan keandalan bangunan gedung adalah persyaratan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan.

Peraturan Pemerintah No 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan UU No 28/2002, menjelaskan lebih rinci tentang ketentuan persyaratan keselamatan gedung yang diuraikan dalam pasal 32 dan 33 sebagai berikut:

- **Pasal 32**

Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan, serta kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir.

- **Pasal 33**

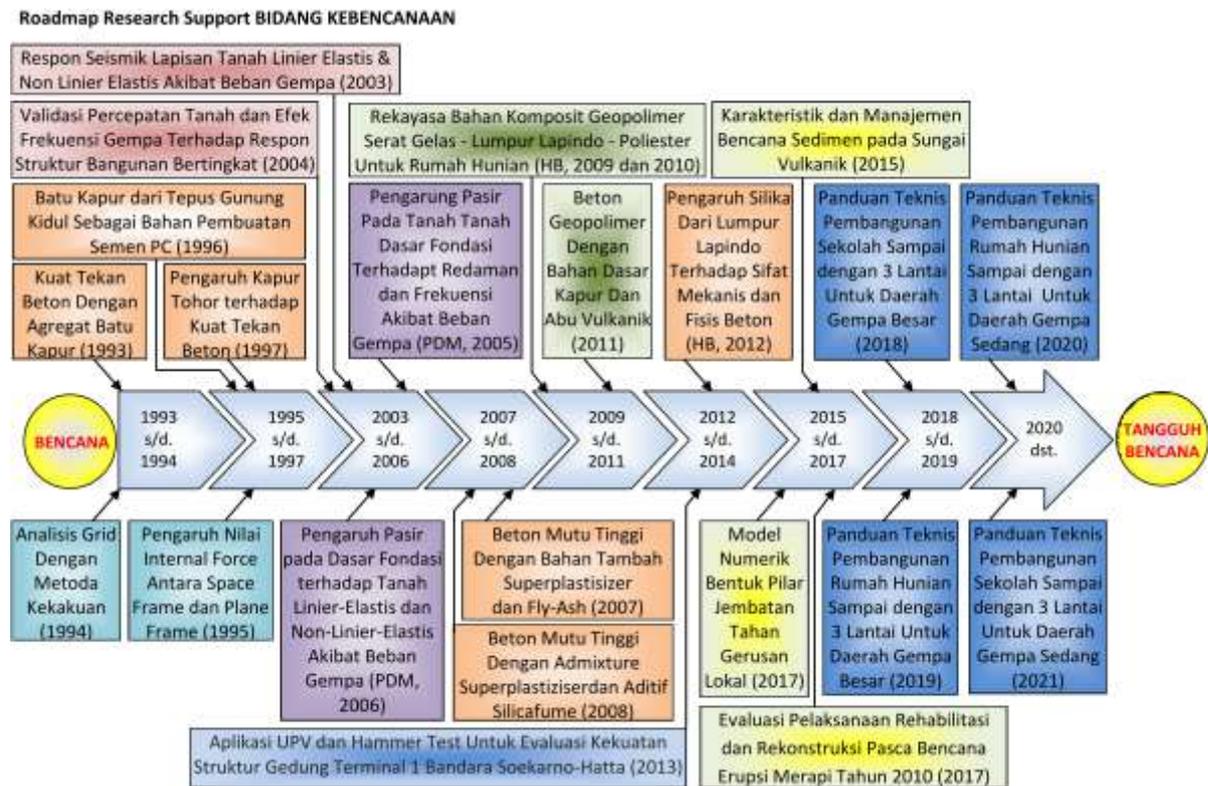
- 1) Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan kuat/kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan kelayakan (serviceability) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan, dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya.
- 2) Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban-beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa dan angin.
- 3) Dalam perencanaan struktur bangunan gedung terhadap pengaruh gempa, semua unsur struktur bangunan gedung, baik bagian dari sub struktur maupun struktur gedung, harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa rencana sesuai dengan zona gempanya.
- 4) Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara daktail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri.
- 5) Ketentuan lebih lanjut mengenai pembebanan, ketahanan terhadap gempa bumi dan/atau angin, dan perhitungan strukturnya mengikuti pedoman dan standar teknis yang berlaku.

Bangunan sekolah sebagai bangunan gedung dengan fungsi sosial budaya harus memenuhi ketentuan hukum bangunan sekolah tahan gempa sebagaimana diatur dalam pasal-pasal pada Undang-undang dan Peraturan Pemerintah di atas.

Disusunnya pedoman teknis bangunan sekolah tahan gempa ini merupakan upaya pemenuhan terhadap persyaratan keselamatan pada bangunan sekolah.

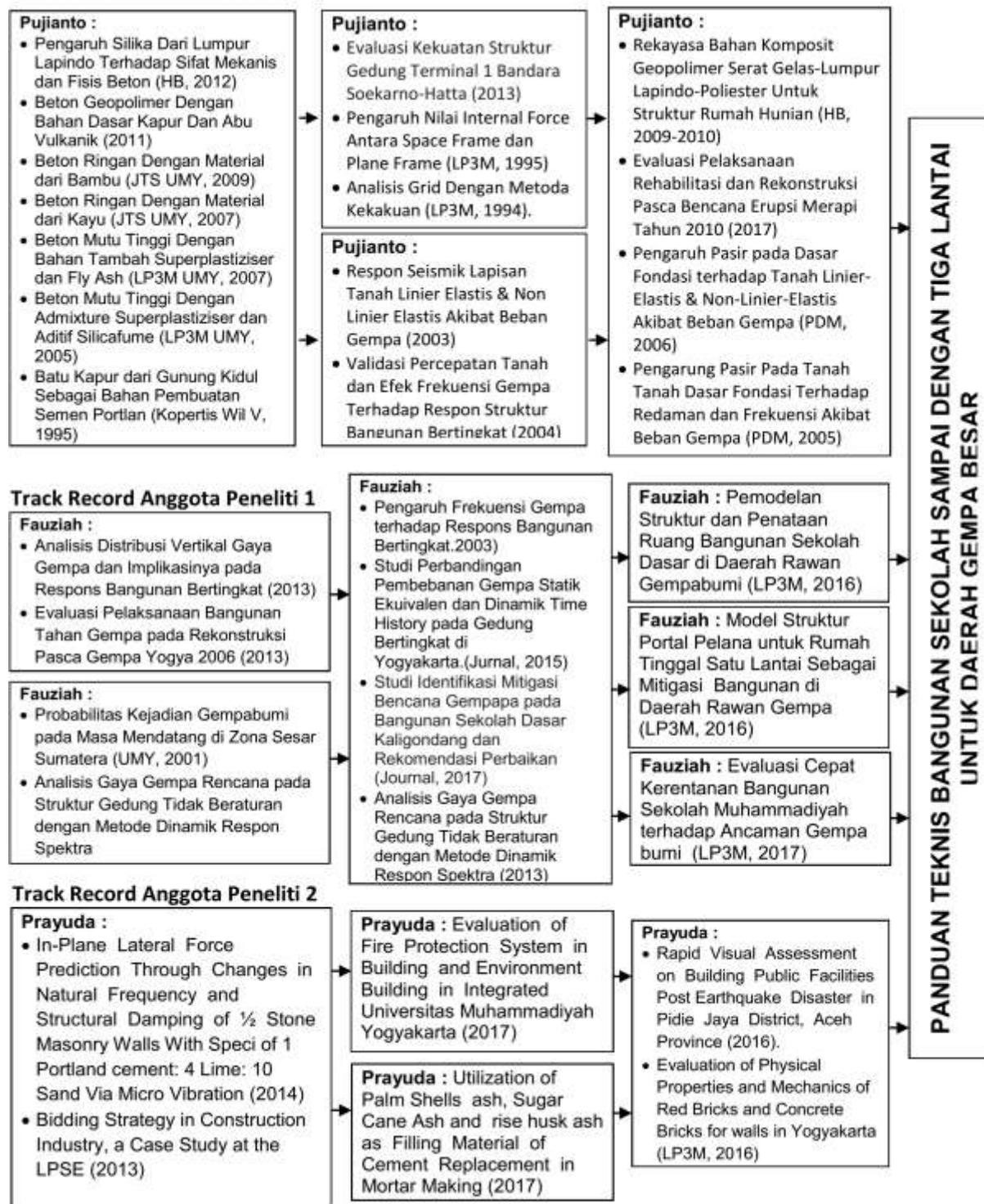
B. Kajian Terdahulu dan Roadmap Penelitian

Penelitian yang pernah dilakukan dan yang akan dilaksanakan pengusul yaitu seperti tergambar pada gambar 2.6. Sedangkan potensi aplikasi, dan roadmap Tim Peneliti dapat dilihat pada gambar 2.7. Berdasarkan gambar 2.7 tersebut penyediaan buku Panduan Teknis Bangunan Sekolah Sampai Dengan Tiga Lantai Untuk Daerah Gempa Besar, Insya Allah dapat terwujud.



Gambar 2.6. Roadmap Research Support

Track Record Ketua Peneliti



Gambar 2.7. Potensi Tim Peneliti

Teknik Sipil merupakan Program Studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam rangka upaya pelaksanaan Tri Dharma, memandang perlu dilakukan terus menerus perbaikan sistem dan mekanisme pencapaian Tri Dharma pendidikan melalui perumusan Rencana Induk Penelitian Strategis dan Pengabdian Masyarakat (RIPSPM).



Gambar 2.8. Skema Rencana Induk Penelitian Program Studi

Arah utama riset program studi teknik sipil 2010-2025 seperti tergambar pada gambar 2.8, yaitu *Sustainable Development*. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan *Sustainable Construction Technology* yang mempunyai lingkup lebih luas dari *Green Building*, mencakup seluruh aspek pembangunan mulai dari perancangan, pemakaian sampai daur ulang, dengan prinsip apa yang dibangun sekarang harus dapat berlanjut dimasa depan. *Sustainable Construction* bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hunian manusia pada masa kini, termasuk jaringan infrastruktur, tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk terus dapat membangun.

Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan konsep teknologi yang inovatif dalam merespon adanya bencana (*Disaster Resilience Technology*), yang berupa *Construction Technology*, *Mitigation Innovation and Technology*, dan *Construction Material Innovation and Technology*.

Berdasarkan renstra riset prodi dapat diambil kesimpulan bahwa hasil dari penelitian ini akan dapat memberikan kontribusi pada pencapaian riset prodi, yaitu pada bidang *Mitigation Innovation and Technology*, yang berupa inovasi dalam mengurangi kemungkinan terjadinya dampak dari bencana/gempa.

BAB III. TUJUAN, URGENSI DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Penelitian ini berujuan untuk :

1. Mendapatkan informasi kebiasaan masyarakat dalam membangun bangunan sekolah, untuk daerah gempa besar.
2. Mendapatkan informasi kondisi tanah, apakah tanah lunak, sedang, atau keras.
3. Menghasilkan desain bangunan satu lantai dengan satu ruang, dua ruang, dengan panjang setiap ruang 9 m dan 10,5 dengan lebar bangunan 7m, 8m, dan 9m, pada daerah gempa besar.
4. Menghasilkan desain bangunan dua lantai dengan satu ruang, dua ruang, dengan panjang setiap ruang 9 m dan 10,5 dengan lebar bangunan 7m, 8m, dan 9m, pada daerah gempa besar.
5. Menghasilkan desain bangunan tiga lantai dengan satu ruang, dua ruang, dengan panjang setiap ruang 9 m dan 10,5 dengan lebar bangunan 7m, 8m, dan 9m, pada daerah gempa besar.
6. Menghasilkan buku panduan teknis membangun bangunan sekolah sampai dengan tiga lantai untuk daerah dengan gempa besar.

B. Urgensi dan Manfaat Penelitian

a. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Gempa bumi yang sering terjadi di wilayah Indonesia, baik yang bersifat tektonik maupun vulkanik menimbulkan dampak kerusakan yang tidak sedikit khususnya pada sarana dan prasarana maupun infrastruktur secara umum. Salah satu kerusakan yang sering terjadi adalah pada bangunan, baik yang merupakan prasarana umum, perkantoran, rumah tinggal, sekolah dan bangunan lainnya. Langkah antisipasi terhadap kemungkinan terjadinya gempa merupakan langkah yang paling efektif dalam meminimalisasi tingkat kerusakan dan kemungkinan jatuhnya korban.

Bangunan sekolah sebagai bangunan umum, merupakan salah satu bangunan yang berpotensi mengalami kerusakan pada saat terjadinya gempa dan beresiko terhadap jatuhnya korban, mengingat banyaknya jumlah pengguna bangunan yang berada di dalam bagian bangunan pada saat yang sama.

Bangunan sekolah perlu direncanakan sebagai bangunan tahan gempa, mengingat kerusakan pada bangunan sekolah dapat mengganggu dan melumpuhkan sebagian proses pelayanan pendidikan akibat sarana dan prasarana yang tidak dapat

dipakai sebagaimana mestinya. Hal ini yang melatar belakangi disusunnya pedoman teknis bangunan sekolah yang tahan terhadap gempa. Perencanaan bangunan sekolah yang tahan terhadap gempa di Indonesia perlu menjadi langkah kebijakan antisipatif yang bersifat umum, terlebih ditujukan pada daerah-daerah yang masuk dalam kategori zona rawan gempa.

b. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan dari penelitian ini yaitu :

1. Menyediakan perangkat keras untuk masyarakat, yang mau membangun bangunan sekolahnya tahan terhadap gempa.
2. Menyediakan referensi untuk ahli konstruksi dalam merencanakan bangunan sekolah tahan gempa.
3. Membantu Pemerintah dalam menyelematkan generasi bangsa, dari ancaman bahaya gempa.

c. Manfaat untuk Program Studi.

Arah utama riset program studi teknik sipil 2010-2025 seperti tergambar pada gambar 2.8. Berdasarkan gambar tersebut renstra riset prodi dapat diambil kesimpulan bahwa hasil dari penelitian ini akan dapat memberikan kontribusi pada pencapaian riset prodi, yaitu pada bidang *Mitigation Innovation and Technology*, yang berupa inovasi dalam mengurangi kemungkinan terjadinya dampak dari bencana/gempa.

d. Manfaat untuk Organisasi

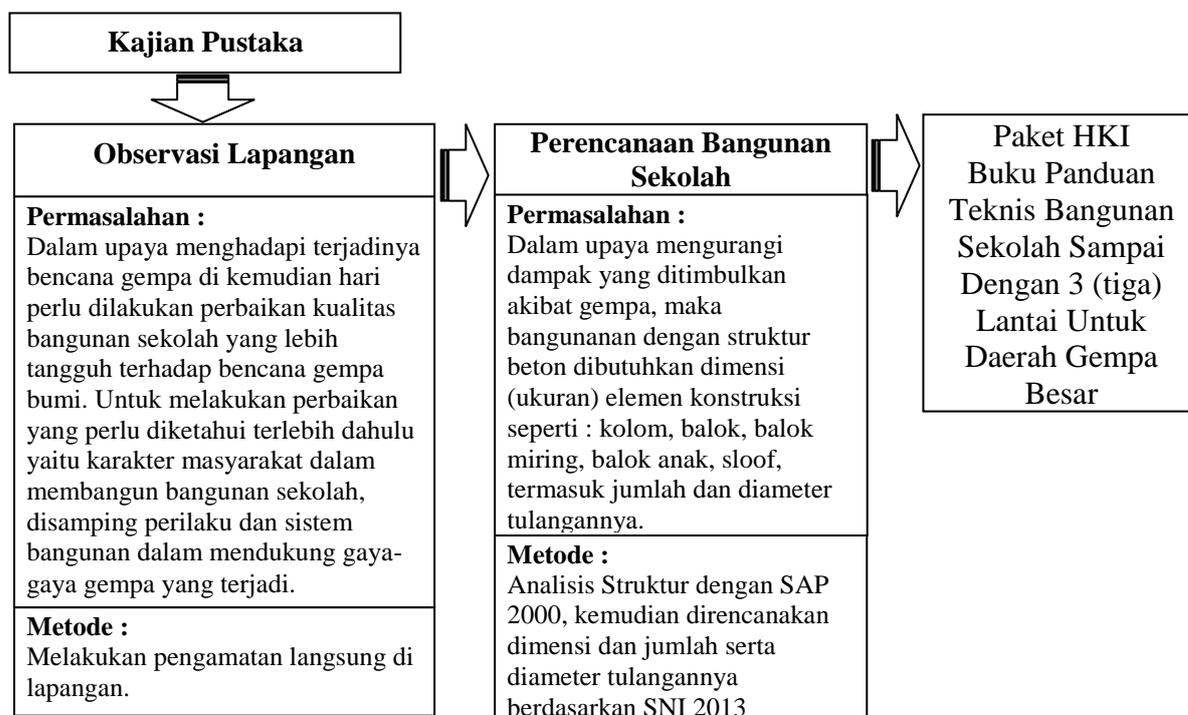
Dalam rangka mendukung Rencana Strategis (renstra) Perguruan Tinggi, maka penelitian yang dilakukan oleh setiap dosen menjadi sangat penting, dan mejadi harapan universitas, bahwa setiap dosen harus melaksanakan penelitian dan pengabdian minimal satu kali dalam satu tahun. Disamping itu penelitian yang akan dilakukan ini, juga mendukung program Organisasi Muhammadiyah, dimana Muhammadiyah mempunyai banyak sekolahan yang tersebar di Seluruh Indonesia, di daerah dengan gempa besar.

A. Desain Penelitian

Secara keseluruhan fokus utama dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan pedoman teknis bangunan sekolah tahan gempa sampai dengan 3 (tiga) lantai, untuk daerah gempa besar yang terjadi di Indonesia. Rancangan penelitian dikelompokkan dalam tiga tahapan utama, yaitu :

- 1) Observasi lapangan terhadap kebiasaan masyarakat dalam membangun bangunan sekolah, dan kondisi tanah pada daerah-daerah yang akan dibangun.
- 2) Perencanaan bangunan sekolah, sampai dengan 3 lantai, dan
- 3) Paket Hak Kekayaan Intelektual, berupa Buku Panduan Teknis Bangunan Sekolah Sampai dengan 3 (tiga) Lantai Untuk Daerah Gempa Besar dan Sedang.

Rancangan penelitian ini dapat dilihat dalam skema seperti pada Gambar 4.1. Sedangkan rancangan design tahapannya dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.1. Skema rancangan penelitian.



Gambar 4.2. Bagan Alir Rancangan Penelitian

B. Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan fokus pada penelitian ini yaitu daerah-daerah yang pernah mengalami gempa besar, dan dimungkinkan akan terjadi gempa besar pada masa yang akan datang. Daerah gempa besar yang dimaksud yaitu daerah-daerah disepanjang pantai selatan Jawa dan Sumatera, serta daerah Nusa Tenggara. Namun karena terbatasnya anggaran sehingga salah yang dijadikan sample dalam penelitian ini yaitu sekolah SD, SMP dan SMU yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta, Kabupaten Banjar Negara, Kabupaten Lombok Utara dan Kabupaten Lombok Timur.

C. Konsep Dasar

Konsep dasar perlunya merancang bangunan tahan gempa adalah perlindungan terhadap jiwa manusia dengan tersedia waktu yang cukup bagi pemakai bangunan untuk menyelamatkan diri jika terjadi gempa. Dalam hal ini bangunan diijinkan mengalami kerusakan tertentu (pada suatu tingkat gempa tertentu) dalam suatu mekanisme yang menghindari terjadinya keruntuhan bangunan sekolah secara mendadak. Dengan demikian diperoleh suatu optimasi aspek ekonomi serta aspek keselamatan manusia. Artinya, prinsip ekonomi juga dipakai dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Faktor lain yang diperhitungkan adalah bahwa tidak semua

tempat di bumi ini merupakan daerah rawan gempa. Pada daerah rawan gempa, terjadinya gempa pun hanya kadang-kadang saja. Intensitas gempa yang terjadi juga tidak selalu sama besarnya, kadang besar dan seringkali kecil dengan arah getaran gempa yang selalu tidak sama.

Menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung SNI-1726:2012, besarnya Intensitas gempa di Indonesia berbeda-beda, mulai dari wilayah dengan beban gempa sangat kecil sampai dengan wilayah dengan beban gempa yang sangat besar. Semua bangunan bertingkat yang berlokasi di Indonesia harus mampu menahan beban gempa yang besarnya ditentukan berdasarkan pembagian wilayah gempa tersebut. Jadi, misalnya bangunan yang berlokasi di wilayah gempa sedang mempunyai kemampuan menahan beban gempa yang lebih kecil daripada yang berlokasi di wilayah gempa besar. Gempa ringan, sedang, maupun kuat (besar) didefinisikan dengan berpatokan pada periode ulang gempa yang terjadi. Gempa ringan mempunyai periode ulang 50 tahun, sedangkan gempa kuat mempunyai periode ulang 500 tahun. Menurut ilmu statistik, kemungkinan terjadinya gempa ringan adalah 60% dalam kurun waktu umur efektif bangunan 50 tahun. Sedangkan kemungkinan terjadinya gempa kuat adalah 10% selama umur efektif bangunan.

Bangunan tahan gempa direncanakan terhadap beban gempa yang mempunyai periode ulang 500 tahun (gempa kuat/besar). Terhadap beban gempa kuat ini, bangunan mengalami rusak berat dan berada dalam kondisi diambang keruntuhan, tetapi masih berdiri. Sehingga penghuni bangunan masih mempunyai waktu untuk keluar menyelamatkan diri. Hal tersebut masih dapat diterima karena kemungkinan bangunan mengalami gempa kuat selama umur efektifnya (50 tahun) hanyalah 10%. Jadi, prinsip ekonomi sekaligus keamanan bangunan tersebut dapat terakomodasi semuanya. Agar bangunan dapat tetap berdiri walaupun berada dalam kondisi diambang keruntuhan, bangunan tersebut harus bersifat liat (daktail, tidak getas). Bangunan yang getas, bila dibebani melebihi beban rencananya, dapat runtuh secara mendadak, walaupun sedetik sebelumnya tampak masih baik-baik saja, tidak tampak retak-retak atau melendut.

D. Konsep Teknis

Gempa yang terjadi akan mengakibatkan terjadinya getaran di atas permukaan tanah. Getaran tanah menyebabkan terjadinya pergerakan struktur bangunan sekolah. Bangunan sekolah akan mengalami guncangan ke kanan dan ke kiri, naik dan turun, dan bahkan terpuntir secara berulang-ulang. Struktur bangunan sekolah harus berperilaku daktail dalam mendukung gaya-gaya yang timbul akibat pergerakan struktur mengikuti getaran tanah dasar akibat gempa. Secara umum, aspek teknis

dominan yang berpengaruh terhadap perilaku daktail struktur bangunan pada saat mendukung beban gempa dapat dibedakan menjadi empat aspek sebagai berikut : kekuatan, daktilitas, kekakuan, dan kesatuan.

1) Kekuatan. Kekuatan menunjukkan kapasitas material struktur dalam mendukung beban. Dasar pada metode perancangan adalah membatasi gaya yang bekerja pada struktur sedemikian rupa sehingga besar gaya yang bekerja masih di bawah kapasitas material. Karakteristik kekuatan material struktur dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis dan kualitas material, ukuran, sistem sambungan, sistem pembebanan, bentuk struktur, dll. Dalam perencanaan struktur, pertimbangan faktor kekuatan saja tidak untuk menjamin kestabilan struktur terhadap kondisi pembebanan yang mungkin terjadi selama masa layan bangunan. Dalam konsep perancangan struktur tradisional kondisi pembebanan yang diperhitungkan biasanya hanya beban gravitasi, yaitu beban akibat pengaruh gravitasi bumi, misalnya berat dinding, atap, fondasi, dsb. Beban-beban ini menghasilkan gaya-gaya yang orientasinya vertikal atau tegak lurus dengan permukaan bumi. Konsep perancangan yang mendasarkan kekuatan terhadap gaya-gaya ini akan menghasilkan struktur bangunan dengan elemen-elemen struktur yang ramping. Struktur ini cukup stabil untuk mendukung beban vertikal namun sangat rawan terhadap gaya-gaya arah lateral (samping), seperti beban gempa.

2) Daktilitas. Daktilitas menunjukkan kemampuan material untuk berdeformasi hingga tingkat tertentu, sehingga mencegah perilaku struktur dari keruntuhan seera tiba-tiba (mendadak) ketika menerima beban yang mendekati kapasitas maksimumnya. Karakteristik daktilitas material/struktur menentukan perilaku struktur terhadap beban seismik seperti gempa. Semakin daktail material/struktur yang digunakan akan menghasilkan perilaku struktur yang lebih baik terhadap beban seismik. Bahan konstruksi seperti baja dan kayu dikenal memiliki sifat daktilitas yang baik, demikian pula beton bertulang dengan pendetailan tulangan tertentu. Gelombang gempa mengakibatkan terjadinya pergerakan siklis bangunan dimana gaya-gaya gempa yang terjadi bekerja bolak-balik. Struktur bangunan yang dilanda gempa akan bergoyang-goyang. Struktur bangunan dengan karakteristik yang daktail diperlukan agar struktur mampu berperilaku mengikuti pergerakan bangunan namun tetap memiliki kestabilan yang memadai.

3) Kekakuan. Karakteristik kekakuan material/struktur berhubungan dengan kemampuan material/struktur untuk mendukung gaya lentur atau torsi. Hal itu mencerminkan kekokohan (rigiditas) material/struktur secara keseluruhan. Pada suatu gaya yang sama, material yang lebih kaku mengalami deformasi yang lebih

kecil. Kekakuan material/struktur dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti : jenis dan kualitas material, ukuran, sistem sambungan, sistem pembebanan, dll. Sifat kekakuan merupakan persyaratan utama struktur utama bangunan, yaitu bagian bangunan yang dirancang untuk mendukung pengaruh lentur atau torsi keseluruhan bangunan. Sebagai contoh, pada bangunan sekolah (satu lantai), dinding tembok merupakan struktur utama yang direncanakan untuk mendukung gaya lateral. Gaya lateral ditentukan dengan memperhitungkan berat atap dan tinggi tembok. Semakin tinggi bangunan dan semakin besar berat atapnya akan menghasilkan beban lateral yang semakin besar pula. Guna mempertahankan kestabilan struktur diperlukan dinding dengan kekakuan yang cukup untuk mendukung beban lateral yang bekerja. Kegagalan struktur yang terjadi pada struktur utama bangunan akan menyebabkan terjadinya keruntuhan bangunan. Pada struktur bangunan Jawa dari kayu, struktur utama bangunan berupa struktur rangka kayu yang terdiri atas susunan kolom (soko) dan balok kayu (blander). Ruang-ruang antar kolom-balok biasanya diisi dinding papan kayu (gebyok). Kekakuan struktur bangunan ini sangat ditentukan oleh kekakuan rangka kayu.

4) Kesatuan (integritas). Integritas diartikan sebagai kualitas hubungan antar (interkoneksi) elemen struktural bangunan. Struktur bangunan sekolahan satu lantai (*simple school structure*) dapat dilihat sebagai kesatuan dari tiga elemen struktural utama, yakni fondasi, struktur utama dan atap. Setiap elemen struktur harus disambung dengan baik menjadi satu kesatuan struktur. Fondasi, sebagai dasar dari struktur sekolahan, harus disambungkan dengan baik pada dinding. Kolom dan balok pada struktur utama bangunan harus tersambung dengan baik membentuk suatu struktur yang kokoh. Struktur utama mendukung rangka atap. Hubungan antar elemen struktur rangka harus baik demikian pula dengan sambungan antara rangka atap dan rangka utama bangunan. Apabila kualitas sambungan antar elemen atau sebagian elemen kualitasnya kurang baik, struktur akan dapat mengalami keruntuhan sebagian atau secara total akibat terjadinya pemisahan elemen struktural bangunan.

E. Analisis Pembebanan

Untuk analisis pembebanan pada bangunan, didasarkan dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung SNI 1727:2013, tahun 2013.

1. Beban Mati

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung SNI 1727:2013, beban mati yang merupakan berat sendiri adalah sebagai berikut :

- Beton bertulang = 24 kN/m³
- Dinding ½ batu = 2,5 kN/m²
- Plafond, rangka, penggantung = 0,2 kN/m²
- Pasir = 18 kN/m³
- Usuk, reng, genting = 0,5 kN/m²
- Beban Tandon Air = 10 kN/ m²

2. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja disesuaikan dengan fungsi ruangan. Untuk ruang sekolahan diambil beban hidup 400 kg/m².

3. Beban Gempa

Penentuan beban gempa langsung menggunakan hitungan dari software SAP 2000, dengan koefisien reduksi beban hidup adalah sebesar 0,6.

4. Beban Banjir

Apabila suatu struktur berlokasi di daerah zona banjir, maka desain struktur harus memperhitungkan adanya beban banjir. Sistem struktur harus dirancang, dibangun, disambung, dan diangkur untuk menahan kemungkinan terapung, runtuh, dan perpindahan lateral permanen akibat banjir. Beban banjir untuk dinding diambil sebesar 0,96 kN/m². Beban hidrostatis diambil sesuai dengan kedalaman air yang mungkin terjadi ditambah 0,3 m.

F. Analisis Struktur

Analisa struktur portal dilakukan secara 3 dimensi dengan program SAP 2000 v.13. Program SAP (*Structure Analysis Program*) merupakan software yang dibuat dengan Program Fortran, berbasis Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*).

G. Perencanaan Elemen

1. Perencanaan Balok Non Portal (Balok Anak)

Momen Rencana balok non portal, M_{ub} dihitung sesuai persamaan :

$$M_{ub} = 1,2 M_D + 1,6 M_L \dots\dots\dots 1)$$

Gaya geser rencana balok non portal, V_{ub} dihitung sesuai persamaan :

$$V_{ub} = 1,2 V_D + 1,6 V_L \dots\dots\dots 2)$$

D = menunjukkan gaya akibat beban mati

L = menunjukkan gaya akibat beban hidup

2. Perencanaan Balok Portal

Momen rencana balok portal, M_{ub} diambil nilai terbesar dari persamaan :

$$M_{ub} = 1,2 M_D + 1,6 M_L \dots\dots\dots 3)$$

$$M_{ub} = (1,2 + 0,2 S_{DS}) M_D + M_L + \rho M_E \dots\dots\dots 4)$$

$$M_{ub} = (0,9 - 0,2 S_{DS}) M_D + \rho M_E \dots\dots\dots 5)$$

Dengan ρ = faktor redundansi bangunan

Nilai $\rho = 1,3$

Gaya geser rencana balok, V_{ub} dihitung menurut persamaan :

$$V_{ub} = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{L'} + (1,2 V_D + V_L) \dots\dots\dots 6)$$

Dengan :

M_{pr}^+ = Momen kapasitas balok positif dengan $T_s = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y$.

M_{pr}^- = Momen kapasitas balok negatif dengan $T_s = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y$.

V_D = gaya geser akibat beban mati.

V_L = gaya geser akibat beban hidup.

L' = bentang bersih balok.

3. Perencanaan Kolom

Perencanaan tulangan longitudinal kolom menggunakan momen rencana dan gaya aksial rencana kolom terfaktor hasil analisa struktur. Menurut SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, untuk menjaga agar tidak terjadi sendi plastis pada kolom akibat beban gempa maka terdapat persyaratan kuat lentur pada kolom. Persyaratan kuat lentur pada kolom tersebut adalah sebagai berikut :

$$\Sigma M_e \geq \frac{6}{5} \Sigma M_g \dots\dots\dots 7)$$

ΣM_e = jumlah momen tersedia kolom pada hubungan balok kolom

ΣM_g = jumlah momen tersedia balok pada hubungan balok kolom

Perhitungan jumlah tulangan longitudinal kolom menggunakan grafik hubungan M_u vs P_u untuk penulangan pada keempat muka kolom.

Gaya geser rencana kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 dihitung menurut persamaan seperti berikut :

$$V_{uk} = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_2}}{h'} \dots\dots\dots 8)$$

Gaya geser rencana kolom pada persamaan 8) tersebut tidak perlu diambil lebih besar daripada gaya geser yang dihasilkan oleh pelelehan balok – balok yang merangka pada hubungan balok kolom (dari M_{pr} balok), tetapi tidak boleh lebih kecil daripada gaya geser yang dihasilkan oleh analisa struktur.

4. Perencanaan Plat Lantai

Untuk analisis pembebanan plat lantai, didasarkan dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung SNI 1727:2013, tahun 2013, sebagai berikut :

4.1. Beban Mati tambahan

$$\text{Pasir} = 0,05 \cdot 18 = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Plafond} = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Lantai} = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban tambahan} = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

Beban mati untuk Ruang Sekolah adalah sebesar $QD = 1,73 \text{ kN/m}^2$.

Pada perencanaan ini, diambil beban mati tambahan sebesar 2 kN/m^2

Sedangkan untuk berat sendiri plat sudah secara otomatis dihitung langsung oleh software SAP 2000 V.13.

4.2. Beban Hidup

Beban hidup untuk Ruang Sekolah adalah sebesar $QL = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup untuk Ruang Peralatan adalah sebesar $QL = 4,0 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup untuk Ruang Tangga adalah sebesar $QL = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Beban hidup untuk Ruang Perkantoran adalah sebesar $QL = 3,0 \text{ kN/m}^2$

4.3. Beban Rencana (Q_u)

Kombinasi beban untuk desain penulangan plat adalah $1,2D + 1,6L$ dengan

D = beban mati ; L = beban hidup.

A. Model Bangunan Sekolah

Dalam upaya menghadapi terjadinya bencana gempa di kemudian hari perlu dilakukan perbaikan kualitas bangunan sekolah yang lebih tangguh terhadap bencana gempa bumi. Untuk melakukan perbaikan yang perlu diketahui terlebih dahulu yaitu karakter/kebiasaan masyarakat dalam membangun bangunan sekolah, disamping perilaku dan sistem bangunan dalam mendukung gaya-gaya gempa yang terjadi.

Berdasarkan hasil Observasi lapangan terhadap kebiasaan masyarakat dalam membangun bangunan sekolah, dapat disimpulkan bahwa model bangunan sekolah yang biasa dibangun masyarakat sebagai berikut :

1. Bangunan satu lantai dua ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 9 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
2. Bangunan satu lantai tiga ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 9 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
3. Bangunan satu lantai dua ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 10,5 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
4. Bangunan satu lantai tiga ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 10,5 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
5. Bangunan dua lantai dua ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 9 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
6. Bangunan dua lantai tiga ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 9 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
7. Bangunan dua lantai dua ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 10,5 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
8. Bangunan dua lantai tiga ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 10,5 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
9. Bangunan tiga lantai dua ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 9 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
10. Bangunan tiga lantai tiga ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 9 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
11. Bangunan tiga lantai dua ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 10,5 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.
12. Bangunan tiga lantai tiga ruang kelas, dengan Panjang setiap ruangan 10,5 m. Lebar bentang 7 m, 8 m dan 9 m.

B. Kondisi Tanah.

Kondisi tanah pada lokasi yang akan dibangun sekolahan berbeda-beda, sehingga kekuatannya juga berbeda-beda. Untuk keperluan perencanaan struktur bangunan sekolah secara umum diambil klasifikasi tanah berdasarkan kekuatannya yaitu : tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak.

Perencanaan fondasi bangunan seharusnya dan sebaiknya mengikuti rekomendasi dari hasil penyelidikan tanah (*Soil Investigation*), yaitu suatu usaha penyelidikan ke dalam lapisan tanah untuk mengetahui jenis dan kekuatan tanah. Dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan dapat diketahui :

- Jenis dan kekuatan tanah serta kedalamannya.
- Kedalaman dan muka air tanah.
- Perkiraan penurunan (*settlement*) di kemudian hari.
- Perkiraan beban maksimum yang diijinkan.
- Dapat menentukan jenis pondasi.

C. Hasil Perencanaan Sekolah.

Berdasarkan hasil observasi maka dapat direncanakan bangunan sekolah untuk bangunan satu lantai yang berupa kolom, sloof, ring balk, dan balok miring disajikan selengkapnya pada :

- Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 untuk bangunan dua ruang kelas dengan panjang 9 m.
- Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 untuk bangunan tiga ruang kelas dengan panjang 9 m.
- Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 untuk bangunan dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m.
- Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 untuk bangunan tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Hasil perencanaan untuk bangunan dua lantai yang berupa kolom, sloof, balok, ring balk, balok miring, dan balok anak disajikan selengkapnya pada :

- Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 untuk bangunan dua ruang kelas dengan panjang 9 m.
- 5.Tabel 11 dan Tabel 5.12 untuk bangunan tiga ruang kelas dengan panjang 9 m.
- Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 untuk bangunan dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m.
- Tabel 5.15 dan Tabel 5.16 untuk bangunan tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Hasil perencanaan untuk bangunan tiga lantai yang berupa kolom, sloof, balok ring balk, balok miring dan balok anak disajikan selengkapnya pada :

- Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 untuk bangunan dua ruang kelas dengan panjang 9 m.
- Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 untuk bangunan tiga ruang kelas dengan panjang 9 m.

- Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 untuk bangunan dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m.
- Tabel 5.23 dan Tabel 5.24 untuk bangunan tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Tabel 5.1. Hasil Perencanaan Kolom dan Sloof Bangunan Satu Lantai Dua Ruang Kelas dengan Panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Ujung	Tengah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	160	160	4 ϕ 10	4 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
Sedang	7	160	160	4 ϕ 10	4 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	160	160	4 ϕ 10	4 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 5.2. Hasil Perencanaan Ring Balk dan Balok Miring Bangunan Satu Lantai Dua Ruang Kelas dengan Panjang 9 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Atas	Bawah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	160	190	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	170	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	180	210	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	210	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	200	210	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
Sedang	7	160	210	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	170	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	220	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	180	210	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	220	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
Lunak	7	160	220	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	180	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	230	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	180	210	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	250	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	200	240	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150

Tabel 3. Hasil Perencanaan Kolom dan Sloof Bangunan Satu Lantai Tiga ruang kelas dengan panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Ujung	Tengah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	150	150	4 ϕ 10	4 ϕ 10	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	220	220	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	220	220	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	250	250	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	200	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 4. Hasil Perencanaan Ring Balk dan Balok Miring Bangunan Satu Lantai Tiga ruang kelas dengan panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Atas	Bawah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	150	180	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	150	180	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	200	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	200	240	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	240	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 5. Hasil Perencanaan Kolom dan Sloof Bangunan Satu Lantai Dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Ujung	Tengah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	160	160	4 ϕ 10	4 ϕ 10	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	220	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	220	220	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	250	250	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-100	150	200	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-125
Lunak	7	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	250	250	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-100	150	200	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	270	270	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-100	150	200	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-100

Tabel 6. Hasil Perencanaan Ring Balk dan Balok Miring Bangunan Satu Lantai Dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Atas	Bawah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	220	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8-150	180	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	180	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	220	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	160	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	180	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 7. Hasil Perencanaan Kolom dan Sloof Bangunan Satu Lantai Tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Ujung	Tengah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	160	160	4 ϕ 10	4 ϕ 10	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	220	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	180	180	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	220	220	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8-150
	9	250	250	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-100	150	200	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-125
Lunak	7	200	200	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	150	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	250	250	6 ϕ 12	6 ϕ 12	ϕ 8-100	150	200	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	270	270	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-100	150	200	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-100

Tabel 8. Hasil Perencanaan Ring Balk dan Balok Miring Bangunan Satu Lantai Tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring				
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan		
				Utama		Begel			Utama		Begel
		B	H	Atas	Bawah		B	H	Atas	Bawah	
Keras	7	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	180	220	3 ϕ 10	3 ϕ 10	ϕ 8-150	180	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	160	200	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	180	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	220	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	160	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150
	8	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	180	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 9. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof dan Balok Bangunan Dua Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof							Balok								
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan						
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan			Lapangan		
									Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel
Keras	7	230	230	4 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	200	280	4 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	300	300	4 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	5 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	270	350	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	350	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	5 ϕ 19	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Sedang	7	250	250	4 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	220	300	4 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	270	330	4 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	330	330	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	320	5 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	280	360	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	280	400	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	320	400	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Lunak	7	270	270	4 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	350	5 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 12	ϕ 8-150
	8	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	300	370	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	370	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	420	420	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	300	450	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	350	450	4 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 19	ϕ 8-150

Tabel 10. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Dua Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 9 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring							Balok Anak									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan			Lapangan			
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel	
Keras	7	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150									
	8	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	
	9	230	280	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150									
	8	220	280	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	
	9	230	300	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	240	260	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	
Lunak	7	180	210	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	210	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150									
	8	230	280	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	270	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	
	9	240	300	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	270	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	

Tabel 11. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof dan Balok Bangunan Dua Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 9 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof							Balok								
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan						
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan		Lapangan			
									Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	250	250	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	4 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	300	300	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Sedang	7	270	270	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	230	270	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	230	270	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	350	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	270	350	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	300	450	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	450	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Lunak	7	300	300	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	300	450	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	450	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150

Tabel 12. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Dua Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk				Balok Miring							Balok Anak									
		Dimensi (mm)		Tulangan		Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan		Lapangan			
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150								
	8	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 13. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof dan Balok Bangunan Dua Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof							Balok								
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan						
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan		Lapangan			
									Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	260	260	4 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	200	250	4 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	270	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	320	320	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	270	470	6 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Sedang	7	280	280	4 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	220	250	5 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	280	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	300	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	270	320	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	420	420	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	270	320	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	270	480	7 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Lunak	7	320	320	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	230	260	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	370	370	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	280	300	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	300	350	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	280	330	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	300	500	7 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-125	3 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150

Tabel 14. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Dua Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring							Balok Anak								
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan						
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan		Lapangan			
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	300	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	220	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	270	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Lunak	7	200	220	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	230	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	230	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	230	300	4 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	280	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150

Tabel 15. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof, dan Balok Bangunan Dua Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof							Balok								
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan						
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan		Lapangan			
									Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	260	260	4φ 16	4φ 16	φ 8-150	200	250	4φ 12	3φ 12	φ 8-150	2φ 12	3φ 12	φ 8-150	220	270	3φ 16	2φ 16	φ 8-150	2φ 16	2φ 16	φ 8-150
	8	320	320	8φ 16	8φ 16	φ 8-150	250	300	3φ 16	2φ 16	φ 8-150	2φ 16	2φ 16	φ 8-150	250	300	5φ 16	3φ 16	φ 8-150	2φ 16	3φ 16	φ 8-150
	9	400	400	8φ 16	8φ 16	φ 8-150	250	300	4φ 16	2φ 16	φ 8-150	2φ 16	2φ 16	φ 8-150	270	470	6φ 19	3φ 19	φ 8-125	2φ 19	3φ 19	φ 8-150
Sedang	7	280	280	4φ 16	4φ 16	φ 8-150	220	250	5φ 12	3φ 12	φ 8-150	2φ 12	3φ 12	φ 8-150	230	280	3φ 16	2φ 16	φ 8-150	2φ 16	2φ 16	φ 8-150
	8	350	350	8φ 16	8φ 16	φ 8-150	270	300	4φ 16	3φ 16	φ 8-150	2φ 16	3φ 16	φ 8-150	270	320	4φ 19	2φ 19	φ 8-150	2φ 19	2φ 19	φ 8-150
	9	420	420	8φ 19	8φ 19	φ 8-150	270	320	4φ 16	3φ 16	φ 8-150	2φ 16	3φ 16	φ 8-150	270	480	7φ 19	3φ 19	φ 8-125	2φ 19	3φ 19	φ 8-150
Lunak	7	320	320	8φ 16	8φ 16	φ 8-150	230	260	3φ 16	2φ 16	φ 8-150	2φ 16	2φ 16	φ 8-150	250	300	4φ 16	2φ 16	φ 8-150	2φ 16	2φ 16	φ 8-150
	8	370	370	8φ 19	8φ 19	φ 8-150	280	300	4φ 16	3φ 16	φ 8-150	2φ 16	3φ 16	φ 8-150	300	350	4φ 19	2φ 19	φ 8-150	2φ 19	2φ 19	φ 8-150
	9	450	450	8φ 19	8φ 19	φ 8-150	280	330	4φ 16	3φ 16	φ 8-150	2φ 16	3φ 16	φ 8-150	300	500	7φ 19	4φ 19	φ 8-125	3φ 19	3φ 19	φ 8-150

Tabel 16. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Dua Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring							Balok Anak								
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan					Dimensi (mm)		Tulangan						
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan			Lapangan			B	H	Tumpuan		Lapangan			
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	160	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150								
	8	200	250	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	200	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	200	250	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150
	9	200	300	4φ 12	4φ 12	φ 8-150	200	300	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	250	300	3φ 16	3φ 16	φ 8-150	3φ 16	3φ 16	φ 8-150
Sedang	7	180	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	170	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150								
	8	220	250	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	200	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	220	250	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150
	9	220	300	3φ 16	3φ 16	φ 8-150	220	300	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	270	300	3φ 16	3φ 16	φ 8-150	3φ 16	3φ 16	φ 8-150
Lunak	7	200	220	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	180	200	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150								
	8	230	250	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	220	250	3φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	230	250	2φ 12	2φ 12	φ 8-150	2φ 12	2φ 12	φ 8-150
	9	230	300	3φ 16	3φ 16	φ 8-150	230	300	4φ 12	3φ 12	φ 8-150	3φ 12	3φ 12	φ 8-150	280	300	3φ 16	3φ 16	φ 8-150	3φ 16	3φ 16	φ 8-150

Tabel 17. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof, dan Balok Bangunan Tiga Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof						Balok									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
									Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	300	300	8 ϕ 12	8 ϕ 12	ϕ 8-150	180	240	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	330	330	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	230	280	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	270	350	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	370	370	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	230	300	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	300	400	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Sedang	7	330	330	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	190	250	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	270	330	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	360	6 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	320	400	6 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-125	3 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-150
Lunak	7	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	200	260	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	350	5 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	260	300	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	300	370	6 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	330	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	350	450	5 ϕ 22	3 ϕ 22	ϕ 8-125	2 ϕ 22	3 ϕ 22	ϕ 8-150

Tabel 18. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Tiga Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 9 m.

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring						Balok Anak									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	230	280	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	3 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	220	280	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	230	300	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	240	260	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	180	210	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	210	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	230	280	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	270	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	240	300	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	270	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 19. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof, dan Balok Bangunan Tiga Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 9 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof						Balok									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
									Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	350	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	400	5 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	4 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 10-100	300	450	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-100	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	300	450	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 10-100	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 10-150
Sedang	7	370	370	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	370	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	270	4 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	430	430	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	300	450	4 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	300	400	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 10-100	300	470	4 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-100	3 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	300	470	6 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 10-100	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 10-150
Lunak	7	400	400	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	400	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	400	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	430	430	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	300	400	3 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	300	450	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	3 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	450	450	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 10-100	300	500	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-100	3 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	300	500	5 ϕ 22	3 ϕ 22	ϕ 10-100	3 ϕ 22	3 ϕ 22	ϕ 10-150

Tabel 20. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Tiga Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 9 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring						Balok Anak									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150	2 ϕ 10	2 ϕ 10	ϕ 8-150								
	8	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	230	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	230	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150
Lunak	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	220	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	250	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	250	250	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150

Tabel 21. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof, dan Balok Bangunan Tiga Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof						Balok									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
									Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	300	300	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	200	250	6 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	320	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	320	320	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	260	320	6 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	430	430	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	270	470	6 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Sedang	7	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	220	250	5 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	270	330	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	300	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	280	340	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	460	460	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	270	320	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	280	480	7 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Lunak	7	420	420	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	230	260	5 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	350	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	430	430	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	280	300	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	300	370	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	530	530	8 ϕ 22	8 ϕ 22	ϕ 8-125	280	330	5 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	300	500	7 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150

Tabel 22. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Tiga Lantai, dua ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring						Balok Anak									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	300	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	220	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	270	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Lunak	7	200	220	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	230	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	230	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	230	300	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150

Tabel 23. Hasil Perencanaan Kolom, Sloof, dan Balok Bangunan Tiga Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Kolom					Sloof						Balok									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Ujung	Tengah	Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
									Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	300	300	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	200	250	6 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	320	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	320	320	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	260	320	6 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	9	430	430	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	250	300	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	270	470	6 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Sedang	7	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	220	250	5 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	270	330	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	350	350	8 ϕ 16	8 ϕ 16	ϕ 8-150	270	300	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	280	340	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	460	460	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	270	320	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150	280	480	7 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
Lunak	7	420	420	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	230	260	5 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	350	5 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
	8	430	430	8 ϕ 19	8 ϕ 19	ϕ 8-150	280	300	4 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	300	370	5 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150
	9	530	530	8 ϕ 22	8 ϕ 22	ϕ 8-125	280	330	5 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	2 ϕ 19	2 ϕ 19	ϕ 8-150	300	500	7 ϕ 19	4 ϕ 19	ϕ 8-125	2 ϕ 19	3 ϕ 19	ϕ 8-150

Tabel 24. Hasil Perencanaan Ring Balk, Balok Miring dan Balok Anak Bangunan Tiga Lantai, tiga ruang kelas dengan panjang 10,5 m

Kondisi Tanah	Lebar Bentang (m)	Ring Balk					Balok Miring						Balok Anak									
		Dimensi (mm)		Tulangan			Dimensi (mm)		Tulangan				Dimensi (mm)		Tulangan							
		B	H	Utama		Begel	B	H	Tumpuan		Lapangan		B	H	Tumpuan		Lapangan					
				Atas	Bawah				Atas	Bawah	Begel	Atas			Bawah	Begel	Atas	Bawah	Begel			
Keras	7	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	160	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	200	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	200	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	200	300	4 ϕ 12	4 ϕ 12	ϕ 8-150	200	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	250	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Sedang	7	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	170	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	200	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	220	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	220	300	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	270	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150
Lunak	7	200	220	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	180	200	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150								
	8	230	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	220	250	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	3 ϕ 12	3 ϕ 12	ϕ 8-150	230	250	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150	2 ϕ 12	2 ϕ 12	ϕ 8-150
	9	230	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	230	300	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	2 ϕ 16	2 ϕ 16	ϕ 8-150	280	300	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150	3 ϕ 16	3 ϕ 16	ϕ 8-150

BAB VI. RENCANA TAHUN KEDUA

Rencana penelitian untuk tahun kedua hampir sama dengan tahun pertama, yang membedakan lokasinya, Jika tahun pertama untuk daerah gempa besar maka pada tahun kedua ini adalah untuk daerah yang mengalami gempa sedang.

Tujuan Penelitian tahun untuk tahun kedua ini sebagai berikut :

1. Mendapatkan informasi kebiasaan masyarakat dalam membangun bangunan sekolahan, untuk daerah gempa sedang.
2. Mendapatkan informasi kondisi tanah, apakah tanah lunak, sedang, atau keras.
3. Menghasilkan desain bangunan satu lantai dengan satu ruang, dua ruang, dengan panjang setiap ruang 9 m dan 10,5 dengan lebar bangunan 7m, 8m, dan 9m, pada daerah gempa sedang.
4. Menghasilkan desain bangunan dua lantai dengan satu ruang, dua ruang, dengan panjang setiap ruang 9 m dan 10,5 dengan lebar bangunan 7m, 8m, dan 9m, pada daerah gempa sedang.
5. Menghasilkan desain bangunan tiga lantai dengan satu ruang, dua ruang, dengan panjang setiap ruang 9 m dan 10,5 dengan lebar bangunan 7m, 8m, dan 9m, pada daerah gempa sedang.
6. Menghasilkan buku panduan teknis membangun bangunan sekolahan sampai dengan tiga lantai untuk daerah dengan gempa sedang.

BAB VII. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Terdapat 108 kombinasi/model sekolah tahan gempa besar yang telah direncanakan.
2. Kondisi tanah dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu : tahan keras, sedang dan lunak.
3. Kebiasaan masyarakat dalam mendesain bangunan sekolah yaitu satu lantai, dua lantai dan tiga lantai.
4. Jumlah ruang setiap lantainya yaitu 2 ruangan atau 3 ruangan.
5. Dimensi yang biasa dibangun yaitu setiap ruangan dengan ukuran lebar 7 m, 8 m dan 9 m, panjang setiap ruangan 9 m dan 10,5 m.
6. Hasil perencanaan dapat dilihat pada tabel

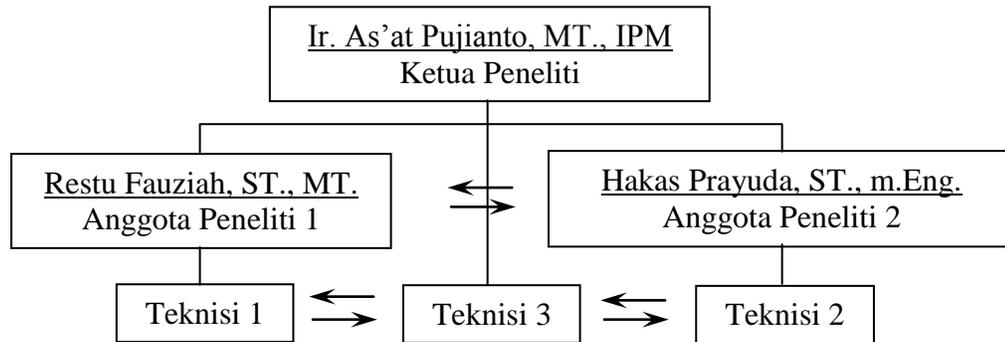
B. Saran

1. Untuk fondasi perlu didesain sendiri disesuaikan dengan kondisi tanahnya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk daerah gempa sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Kemendiknas, 2010, *Pedoman Teknis Bangunan Sekolah Tahan Gempa*, Kementerian Pendidikan Nasional, Jakarta.
- KPU, 2013, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727 : 2013, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- KPU, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847 : 2013, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- KPU, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- KPU, 2010, *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Pujianto, A., 2004, *Validasi Percepatan Tanah dan Efek Frekuensi Gempa Terhadap Respon Struktur Bangunan Bertingkat*, Penelitian LP3 UMY, Yogyakarta.
- Pujianto, A., 2005, *Pengaruh Pasir Pada Tanah Tanah Dasar Fondasi Terhadap Redaman dan Frekuensi Akibat Beban Gempa*, Penelitian Dosen Muda, Dikti, Jakarta.
- Pujianto, A., 2006, *Pengaruh Pasir pada Dasar Fondasi terhadap Tanah Linier-Elastis dan Non-Linier-Elastis Akibat Beban Gempa*, Penelitian Dosen Muda, Dikti, Jakarta.

LAMPIRAN 1. SUSUNAN ORGANISASI PENELITI DAN TUGAS TIM PENELITI



Tugas Ketua Peneliti

- Koordinator penelitian.
- Menyusun konsep observasi.
- Menentukan karakteristik bangunan sekolah
- Menyiapkan metode pelaksanaan dan perbaikan bangunan.
- Mengurus Hak Cipta Buku Panduan.

Tugas Anggota Peneliti 1

- Melakukan observasi ke sekolah berlantai 1 dan berlantai 2, dibantu teknisi.
- Membantu Ketua Peneliti menentukan karakteristik bangunan sekolah.
- Menyusun konsep perencanaan bangunan 1 lantai dan 2 lantai.
- Mengarahkan Teknisi 1 untuk melakukan perencanaan dengan SAP 2000.
- Mengoreksi hasil perencanaan bangunan 1 lantai dan 2 lantai.

Tugas Anggota Peneliti 2

- Melakukan observasi ke sekolah berlantai 3, dibantu teknisi.
- Membantu Ketua Peneliti menentukan karakteristik bangunan sekolah.
- Menyiapkan konsep perencanaan bangunan 3 lantai.
- Mengarahkan Teknisi untuk melakukan perencanaan dengan SAP 2000.
- Mengoreksi hasil perencanaan bangunan 3 lantai.

Tugas Teknisi 1

- Membantu Anggota Peneliti 1, melakukan observasi ke sekolah-sekolah.
- Merencanakan bangunan Sekolah 1 lantai dan 2 lantai.

Tugas Teknisi 2

- Membantu Anggota Peneliti 2, melakukan observasi ke sekolah-sekolah.
- Merencanakan bangunan Sekolah 3 lantai.

Tugas Teknisi 3

- Membantu Ketua Peneliti, menyiapkan metode pelaksanaan & perbaikan bangunan.
- Membantu Ketua Peneliti, merangkum dan mencetak buku panduan.

LAMPIRAN 2. BIODATA KETUA PENELITI DAN ANGGOTA

BIO DATA KETUA PENELITI

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Ir. As'at Pujiyanto, MT.
Tempat, Tanggal Lahir : Temanggung, 14 April 1966
Jenis Kelamin : Laki-laki.
Agama : Islam.
Pekerjaan : Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
Alamat Rumah : Kembang Tamantirto Kasihan Bantul Yogyakarta.
Telp. 0818263683
Alamat Kantor : Jln. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55189.
Telp. (0274) 387656 Fax. (0274) 387646.
Email : pujiyantoasat@umy.ac.id

4. Pendidikan

No	Strata	Perguruan Tinggi	Tahun Lulus	Bidang Keahlian
1	S-2/ Master	UII Yogyakarta	2003	Struktur
2	S-1/ Sarjana	UMY Yogyakarta	1993	Struktur

3. Riwayat Pekerjaan

Th. 1991-1992 PT. WIJAYA KARYA Project BRI II Jl. Sudirman Jakarta.
Th. 1992-1993 PT. PERENTJANA DJAJA Proyek Jalan & Jembatan di Maluku
Th. 1993-1994 PT. Sinca Mataram Proyek Gedung Rektoriat IAIN Yogyakarta.
Th. 1994-1995 Lembaga Konsul. & Pelayanan Teknik (LKPT) Proyek SMUM V
Th. 1993-Sekarang DOSEN TETAP Jurusan Teknik Sipil Fak. Teknik UMY.

4. Pengalaman Profesional

A. Pengajaran, pernah mengajar matakuliah :

1. Rekayasa Gempa.
2. Perencanaan Struktur Tahan Gempa.
3. Mekanika Bahan.
4. Analisis Struktur.
5. Rekayasa Jembatan.

B. Penelitian, pernah meneliti tentang :

1. Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Batu Kapur (LP3 UMY, 1993)

2. Program Komputer dan Analisis Grid Dengan Metoda Kekakuan (LP3 UMY, 1994)
3. Pengaruh Nilai Internal Force Antara Space Frame dan Plane Frame Pada Bangunan Bertingkat (Kopertis Wil V, 1995)
4. Batu Kapur dari Tepus Gunung Kidul Sebagai Bahan Pembuatan Semen PC (Kopertis Wil V, 1996)
5. Pengaruh Kapur Tohor terhadap Kuat Tekan Beton (LP3 UMY, 1997)
6. Respon Seismik Lapisan Tanah Linier Elastis dan Non Linier Elastis Akibat Beban Gempa (LP3 UMY, 2003)
7. Validasi Percepatan Tanah dan Efek Frekuensi Gempa Terhadap Respon Struktur Bangunan Bertingkat (LP3 UMY, 2004)
8. Pengaruh Pasir Pada Tanah Dasar Fondasi Terhadap Redaman dan Frekuensi Akibat Beban Gempa (Penelitian Dosen Muda, 2005).
9. Pengaruh Pasir pada Dasar Fondasi terhadap Tanah Linier-Elastis dan Non-Linier-Elastis Akibat Beban Gempa (Penelitian Dosen Muda, 2006).
10. Rekayasa Bahan Komposit Geopolimer Serat Gelas – Lumpur Lapindo – Poliester Untuk Struktur Rumah Hunian, (Penelitian Hibah Bersaing, Dikti, 2009-2010).
11. Beton Geopolimer Dengan Bahan Dasar Kapur Dan Abu Vulkanik (LP3M, 2011).
12. Pengaruh Silika Dari Lumpur Lapindo Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Beton (HB, 2012).
13. Aplikasi UPV dan Hammer Test Untuk Evaluasi Kekuatan Struktur Gedung Terminal 1 Bandara Soekarno-Hatta (2013).
14. Karakteristik dan Manajemen Bencana Sedimen pada Sungai Vulkanik (LP3M UMY, 2015).
15. Model Numerik Bentuk Pilar Jembatan Tahan Gerusan Lokal (LP3M UMY, 2017)
16. Evaluasi Pelaksanaan Rehabilitasi dan Rekonstruksi Pasca Bencana Erupsi Merapi Tahun 2010 (2017)

5. Publikasi Ilmiah.

1. Seminar Nasional Konteks.
2. Seminar Regional Teknik Sipil dan Arsitektur Se-Kopertis Wilayah V.
3. Journal BMPTSI.
4. Journal Semesta Teknika

6. Organisasi Profesi, Anggota PII dan INTAKINDO.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Skema Penelitian Unggulan Prodi.

Yogyakarta, 15 Januari 2017
Ketua Peneliti,

Ir. As'at Pujiyanto, MT.
NIK. 19660414199311

BIO DATA ANGGOTA PENELITI 1

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Restu Faizah, ST., MT.
Tempat, Tanggal Lahir : Yogyakarta, 23 Februari 1970
Jenis Kelamin : Perempuan.
Agama : Islam.
Pekerjaan : Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
Alamat Kantor : Jln. Lingkar Barat, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55189.
Telp. (0274) 387656 Fax. (0274) 387646.
Telepon : 081804387006
Email : restufaizah06@gmail.com

1. Pendidikan

No	Strata	Perguruan Tinggi	Tahun Lulus	Bidang Keahlian
1	S-2/ Master	UII Yogyakarta	2011-2013	Struktur
2	S-1/ Sarjana	UGM Yogyakarta	1988 - 1994	Struktur

3. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber*	Jml (Rp.)
1.	2013	Evaluasi Pelaksanaan Bangunan Tahan Gempa pada Rekonstruksi Pasca Gempa Yogya 2006	Beasiswa Unggulan	-
2.	2013	Probabilitas Kejadian Gempabumi pada Masa Mendatang di Zona Sesar Sumatera	Beasiswa Unggulan	-
3.	2013	Analisis Gaya Gempa Rencana pada Struktur Gedung Tidak Beraturan dengan Metode Dinamik Respon Spektra	Beasiswa Unggulan	-
4.	2015	Pengaruh Frekuensi Gempa terhadap Respons Bangunan Bertingkat.	Dana Prodi Teknik Sipil UMY	-
5.	2016	Model Struktur Portal Pelana untuk Rumah Tinggal Satu Lantai Sebagai	Dana Prodi Teknik Sipil	-

		Mitigasi Bangunan di Daerah Rawan Gempa.	UMY	
6.	2016	Pemodelan Struktur dan Penataan Ruang Bangunan Sekolah Dasar di Daerah Rawan Gempabumi.	Dana DIPA Kopertis Wilayah 5.	5.000.000
7.	2017	Evaluasi Cepat Kerentanan Bangunan Sekolah Muhammadiyah terhadap Ancaman Gempabumi (KetuaPeneliti)	Dana Internal LP3M UMY (Penelitian Dosen Muda)	9.000.000
8.	2017	Pemetaan Bahayadan Kerentanan Bencana Banjir di Yogyakarta (AnggotaPeneliti)	Dana Internal LP3M UMY (Penelitian Unggulan Prodi)	18.000.000

4. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahu
1	Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta.	Jurnal Semesta Teknika	Vol. 18, No.2, November 2015: 190-199
2	Implementasi Kebijakan relokasi Permukiman Terhadap Ancaman Tanah Longsor (Studi Kasus Desa Srimartani Kecamatan Piyungan. KabupatenBantul Daerah Istimewa Yogyakarta)	Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia	Vol.1 No.2. Oktober 2015: 23-31
3.	Studi Identifikasi Mitigasi Bencana Gempa pada Bangunan Sekolah Dasar Kaligondang dan Rekomendasi Perbaikan.	Jurnal Rekayasa Sipil	Vol. 6 No.2 September 2017: 98-112

5. PemakalahSeminarIlmiah(*Oral Presentation*) dalam5 Tahun Terakhir

No	Nama Temu ilmiah /Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Seminar Nasional ATPW 2013 ITS	Evaluasi Pelaksanaan Bangunan Tahan Gempa pada Rekonstruksi Pasca Gempa Yogya 2006	ITS Surabaya, 2013
2.	Seminar Nasional Statistik UII	Probabilitas Kejadian Gempabumi pada Masa Mendatang di Zona Sesar Sumatera	UII Yogyakarta, 2013

3.	Konferensi Teknik Sipil, Konteks 7, UNS	Analisis Gaya Gempa Rencana pada Struktur Gedung Tidak Beraturan dengan Metode Dinamik Respon Spektra.	UNS Solo, 2013
4.	Seminar Nasional Teknik Sipil 2015 UMS	Pengaruh Frekuensi Gempa terhadap Respons Bangunan Bertingkat.	UMS Solo, 2015
5.	Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Ahli Bencana Indonesia (PIT IABI) 2016	Model Struktur Portal Pelana untuk Rumah Tinggal Satu Lantai Sebagai Mitigasi Bangunan di Daerah Rawan Gempa.	ITB Bandung, 2016
6.	Seminar Nasional PengkajiandanPenerapanTeknologi SNPPT 2017	Pemodelan Bangunan Sekolah Dasar di Daerah Rawan Gempabumi.	Universitas Mercu Buana Jakarta, 4 Februari 2017
7.	Engineering International Conference (EIC) 2017	The Possibilities of Rubber Tire Crumbs to be Used in Mortar Bed Joint to Increase Brick Masonry Wall Ductility.	Universitas Negeri Semarang, 11 Oktober 2017.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Skema Penelitian Unggulan Prodi.

Yogyakarta, 15 Januari 2017
Anggota Peneliti 1,

Restu Fauziah, ST., MT.
NIK. 19700223201404

BIODATA ANGGOTA PENELITI 2

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Hakas Prayuda, ST., MT.
Tempat, Tanggal Lahir : Alai, 19 Mei 1992
Jenis Kelamin : Laki-Laki.
Agama : Islam.
Pekerjaan : Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
Alamat Kantor : Gedung G5 Lantai 1 Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Bantul, D.I. Yogyakarta, 55183.
Telepon : 0821 3570 8660
Email : hakas.prayuda@ft.umy.ac.id / hakasprayuda@gmail.com

2. Pendidikan

No	Strata	Perguruan Tinggi	Tahun Lulus	Bidang Keahlian
1	S-2/ Master	UGM Yogyakarta	2009-2013	Konstruksi
2	S-1/ Sarjana	UMY Yogyakarta	2013 - 2015	Struktur

3. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Jml (Rp.)
1.	2013	<i>Bidding Strategy in Construction Industry, a Case Study at the LPSE, Bandung</i>	3.000.000
2.	2014	<i>In-Plane Lateral Force Prediction Through Changes in Natural Frequency and Structural Damping of 1/2 Stone Masonry Walls With Spec of 1 Portland cement: 4 Lime: 10 Sand Via Micro Vibration Analysis</i>	15.000.000
3.	2016	<i>Evaluation of Physical Properties and Mechanics of Red Bricks and Concrete Bricks for walls in Yogyakarta</i>	3.500.000
4.	2017	<i>Rapid Visual Assessment on Building Public Facilities Post Earthquake Disaster in Pidie Jaya District, Aceh Province. December 2016</i>	10.000.000
5.	2017	<i>Evaluation of Fire Protection System in Building and Environment Building in Integrated Universitas Muhammadiyah Yogyakarta</i>	9.500.000

6.	2017	<i>Utilization of Palm Shells ash, Sugar Cane Ash and rise husk ash as Filling Material of Cement Replacement in Mortar Making</i>	5.000.000
----	------	--	-----------

4. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahu
1	<i>Bidding Strategy in Construction Industry, a Case Study at the LPSE, Bandung.</i>	Jurnal Semesta Teknika	Vol. 18, No. 2 pp 31-38.
2	<i>In-Plane Lateral Force ½ Stone Brick Masonry Wall Portal Structure Using Numerical Analysis</i>	Jurnal Semesta Teknika	Vol. 16, No. 1 pp 130-139
3	Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap <i>Flowability</i> dan Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i>	Jurnal Rekayasa Sipil	Vol 12 No.2 pp 40-49
4	<i>Compressive Strength of Fibre Concrete Using Fibre Optic Variation and Glass Fracture.</i>	Jurnal Semesta Teknika	Vol 19, No. 1 pp 55-67
5	<i>Compressive Strength of High Strength Concrete with Admixture of Fly Ash and Additive Material (Bestmittle)</i>	Jurnal Sinergi	Vol. 20, No. 3, pp 199-206
6	<i>The Effect of Substitution of Crushed Glass for Fine Aggregate and Addition of Optic Fibre on the Compressive Strength of Fibre</i>	Jurnal Semesta Teknika	Vol 19 No. 2 pp 148-156

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

No	Nama Temu ilmiah /Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Seminar Nasional Teknik Sipil KeVI	<i>In-Plane of ½ Stone Masonry Walls Structure Using Static Load.</i>	Surakarta, 2016

2.	<i>The 3rd International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials</i>	<i>Prediction of Allowable Lateral Ground Acceleration (In-Plane Direction) of Confined Masonry Walls Using Ambient Vibration (Microtremor) Analysis</i>	Bali, 2016
3.	Konferensi Teknik Sipil 10	<i>Numerical Study of Bolted-Gusset Plate Connection in a Three-Hinged Gable Frame Structure</i>	Yogyakarta, 2016
4.	<i>The Fifth International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation</i>	<i>Numerical Simulation of Joint Connection on Three-Hinged Gable Frame Steel Structure in Span Length Variation</i>	Taichung, 2016
5.	Seminar Nasional Pengkajian dan Penerapan Teknologi	Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Bata Beton di Yogyakarta	Jakarta, 2017
6.	Seminar Nasional PengkajiandanPenerapanTeknologi SNPPT 2017	Pemodelan Bangunan Sekolah Dasar di Daerah Rawan Gempabumi.	Universitas Mercu Buana Jakarta, 4 Februari 2017
7.	Ikatan Ahli Bencana Indonesia	<i>Evaluation of Al-Iman Mosque Building Structure in Pidie Jaya Regency</i>	Universitas Indonesia, 7 Desember 2017.

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Skema Penelitian Unggulan Prodi.

Yogyakarta, 15 Januari 2017
Anggota Peneliti 2,

Hakas Prayuda, ST., MT.
NIK. 19920519201510 123 090