

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN
KESIAPSIAGAAN KOMPONEN STRUKTURAL
BANGUNAN SEKOLAH TAHAN GEMPA BUMI**



**JOSHUA IRAWAN
NPM : 2016410007**

PEMBIMBING : Dr.Eng. Mia Wimala

KO-PEMBIMBING : Wisena Perceka, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULI 2020**

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN
KESIAPSIAGAAN KOMPONEN STRUKTURAL
BANGUNAN SEKOLAH TAHAN GEMPA BUMI**



**JOSHUA IRAWAN
NPM : 2016410007**

BANDUNG, 4 AGUSTUS 2020

PEMBIMBING

Dr.Eng. Mia Wimala

KO-PEMBIMBING

Wisena Perceka, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULI 2020**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Joshua Irawan

NPM : 2016410007

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KESIAPSIAGAAN KOMPONEN STRUKTURAL BANGUNAN SEKOLAH TAHAN GEMPA BUMI" adalah karya ilmiah saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing dan dosen ko-pembimbing yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya siap menanggung segala risiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Bandung, 8 Juli 2020



JOSHUA IRAWAN

Pengembangan Instrumen Penilaian Kesiapsiagaan Komponen Struktural Bangunan Sekolah Tahan Gempa Bumi

Joshua Irawan
NPM: 2016410007

Pembimbing: Dr-Eng. Mia Wimala
Ko-Pembimbing: Wisena Perceka, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULI 2020

ABSTRAK

Pada tahun 2013, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia membuat “Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana” yang berfungsi sebagai instrumen penilaian bangunan sekolah untuk mengetahui tingkat kesiapsiagaannya terhadap risiko bencana, dengan salah satu fokus penilaiannya adalah aspek kesiapsiagaan komponen struktural. Namun, instrumen tersebut masih terlalu umum dan belum melibatkan peran penilai bangunan secara langsung sehingga hasil penilaiannya kurang menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen penilaian kesiapsiagaan komponen struktural berdasarkan hasil kajian literatur yang terdiri dari beberapa standar pemeriksaan bangunan dari berbagai negara. Beberapa variabel baru yang berhasil diidentifikasi selanjutnya divalidasi, dan diolah dengan metode AHP untuk mendapatkan masing-masing bobot dan sistem penilaiannya. Metode digunakan dengan melibatkan responden dari kedua belah pihak, baik dari pihak sekolah maupun pihak penilai bangunan. Penelitian ini menghasilkan instrumen dengan dua bagian yang perlu diisi oleh pihak sekolah dengan nilai minimum 75/100 (30%), serta pihak penilai bangunan dengan nilai minimum 70/100 (70%). Kontribusi pihak sekolah ditekankan kepada upaya pemeliharaan komponen sekolah, syarat operasional bangunan sekolah, dan kondisi umum komponen struktural, sedangkan untuk pihak penilai bangunan ditekankan kepada pemeriksaan gambar kerja bangunan dan kondisi komponen struktural bangunan sekolah secara teknis. Nilai akhir penilaian yang menyatakan tingkat kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah merupakan penjumlahan dari nilai kedua bagian tersebut, dengan nilai akhir minimum sebesar 70/100.

Kata kunci: kesiapsiagaan bencana, kesiapsiagaan struktur, pemeriksaan bangunan, pengurangan risiko bencana, mitigasi bencana

Development of Structural Components Preparedness Assessing Instrument of Anti Earthquake School

Joshua Irawan
NPM: 2016410007

Advisor: Dr-Eng. Mia Wimala
Co-Advisor: Wisena Perceka, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING CIVIL ENGINEERING
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULY 2020

ABSTRACT

In 2013, “Guidelines for Schools Disaster Preparedness” was made by Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia as a building assessment instrument with the aim to identify the school's disaster preparedness with one of the focuses being assessed is the structural components of the school. However, the instrument itself was too generic and didn't implicate the building assessor yet, hence the result given is inapplicable. This research aims to develop a new assessment instrument through literature review of various assessment guidelines from several countries. Various new variables have been derived, validated, and processed with Analytical Hierarchy Process to generate the weight and assessment score of each variable. The process involves respondents from school parties and technical parties. This research developed an assessment instrument consisting of two parts that needs to be filled in by the school party which has a minimum score of 75/100 (30%) and building assessor party which has a minimum score 70/100 (70%). The contribution of the school parties will emphasize the maintenance effort by school management, operational requirements of school buildings, and general conditions of structural components. Meanwhile, the building assessor party will emphasize on assessing the detailed condition of structural components in a more technical way and reviewing school's as-built drawings. The final score of the instrument which will state the school's structural components preparedness is the sum of the minimum score from both parties mentioned above with the minimum score of the instrument is 70/100.

Keywords: disaster mitigation, disaster preparedness, structural preparedness, building assessment, disaster risk

PRAKATA

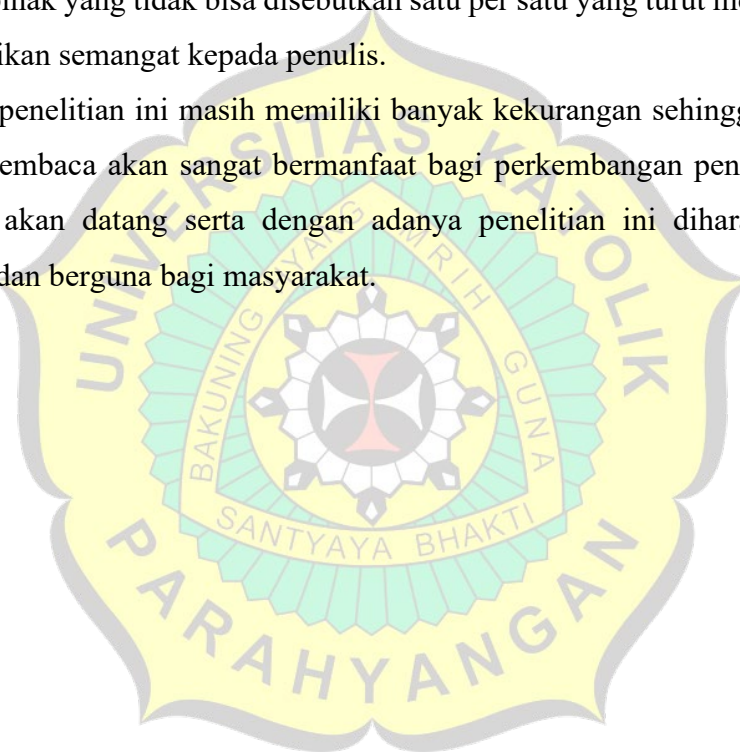
Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya selama penyusunan skripsi yang berjudul **“PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KESIAPSIAGAAN KOMPONEN STRUKTURAL BANGUNAN SEKOLAH TAHAN GEMPA BUMI”** hingga akhirnya dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses pengerjaan skripsi ini yaitu selama proses persiapan, pemodelan, analisis dan pembahasan, maupun penulisan, tentu terdapat hambatan-hambatan yang tidak dapat dihadapi penulis sendiri. Maka dari itu penulis sangat berterima kasih kepada pihak-pihak yang turut serta dalam memberikan kritik, saran, serta dorongan selama pengerjaan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.Eng. Mia Wimala selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberikan masukan dan saran tentang keseluruhan instrumen selama penyusunan skripsi ini.
2. Wisena Perceka, Ph.D. selaku dosen ko-pembimbing yang selalu membantu dan membimbing serta memberikan masukan dan saran terutama yang berkaitan dengan hal-hal struktural selama penyusunan skripsi ini.
3. Orang tua, adik serta keluarga yang senantiasa memberikan dukungan semangat, nasihat dan doa selama penyusunan skripsi ini.
4. Ir.Adwin Singarimbun selaku perwakilan Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Jawa Barat sebagai validator variabel pengembang untuk bagian pihak sekolah.
5. Altho Sagara S.T., M.T, selaku dosen program studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan sekaligus praktisi penilai bangunan sebagai validator variabel pengembang untuk bagian pihak teknis.
6. Para pihak yang sudah bersedia dalam menjadi responden kuesioner yang ada pada skripsi ini serta memberi kritik dan saran yang membantu proses penyusunan skripsi.

7. Adrian P., Christian Arief, dan Sandhi Kwani, selaku senior yang terus memberikan semangat dan motivasi selama menjalani perkuliahan.
8. Edo Adiputra, Januar Jeremy, dan Tryaldi Tama selaku teman baik dalam masa perkuliahan yang selalu memberikan penghiburan dan semangat selama menjalani masa perkuliahan.
9. Felicia Evelyne, Gabriella B., Leowandi C. selaku teman-teman SMA yang memberikan penghiburan dan motivasi selama penyusunan skripsi.
10. Teman-teman Sipil 2016 atas segala bantuan dan kebersamaannya selama perkuliahan di UNPAR.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang turut membantu dan memberikan semangat kepada penulis.

Akhir kata, penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan sehingga kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi perkembangan penelitian ini di masa yang akan datang serta dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan berguna bagi masyarakat.



Bandung, 4 Agustus 2020

Joshua Irawan

2016410007

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
ISTILAH DAN DEFINISI.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Rumusan Masalah.....	1-3
1.3 Tujuan Penulisan	1-4
1.4 Pembatasan Masalah.....	1-4
1.5 Manfaat Penelitian.....	1-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-5
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Bencana Gempa bumi.....	2-1
2.2 Penanggulangan Bencana.....	2-7
2.2.1. Mitigasi Bencana.....	2-9
2.2.2. Kesiapsiagaan Bencana.....	2-11
2.2.3. Tanggap Darurat Bencana.....	2-13
2.2.4. Pemulihan.....	2-14
2.3 Pengurangan Risiko Bencana (Disaster Risk Reduction).....	2-15
2.3.1. Kerentanan Struktural	2-18
2.4 Manajemen Risiko Bencana	2-19
2.4.1. Manajemen Risiko Bencana di Sekolah.....	2-20

2.5	Paduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana (LIPI).....	2-22
2.6	<i>Disaster and Emergency Preparedness: Guidance for Schools</i>	2-27
2.7	<i>School Disaster Risk Management Guidelines for Southeast Asia</i>	2-31
2.8	Standar Pemeriksaan Visual Bangunan di Amerika Serikat.....	2-33
2.9	Standar Pemeriksaan Seismik Bangunan Beton di Jepang	2-36
2.10	Panduan Pemeriksaan Seismik Bangunan di Selandia Baru.....	2-39
2.11	Kelayakan Struktural.....	2-41
2.12	<i>Schmidt Hammer Test</i>	2-43
2.13	<i>Ultrasonic-pulse Velocity Test</i>	2-45
2.14	<i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	2-46
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	3-1
3.1.	Diagram Alir Penelitian	3-1
3.2.	Studi Literatur	3-2
3.3.	Pengumpulan Data	3-2
3.4.	Validasi Draft Matriks Variabel Instrumen	3-3
3.5.	Pembuatan dan Penyebaran Kuesioner.....	3-4
3.6.	Metode <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	3-6
3.7.	Pembobotan dan Sistem Penilaian serta Validasi Hasil AHP	3-7
3.8.	Instrumen Penilaian Kesiapsiagaan Komponen Struktural Sekolah Tahan Gempa Bumi	3-8
3.9.	Kesimpulan dan Saran	3-8
BAB 4	PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA.....	4-1
4.1	Instrumen Penilaian Kesiapsiagaan Komponen Struktural Untuk Bangunan Sekolah Tahan Gempa Bumi di Indonesia.....	4-1
4.2	Penggunaan Standar Lain Untuk Pengembangan Instrumen.....	4-6
4.3	Pengembangan Kategori dan Sub-Kategori Bagian Pihak Sekolah.....	4-13

4.3.1.	Pengembangan Kategori Prasyarat Pemeriksaan (PP).....	4-15
4.3.2.	Pengembangan Kategori Pemeriksaan Awal (PA)	4-25
4.4	Pengembangan Kategori dan Sub-Kategori Bagian Pihak Teknis	4-33
4.4.1.	Pengembangan Kategori Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL).....	4-40
4.4.2.	Pengembangan Kategori Bagian <i>Non-Destructive Test</i> (FNDDT). 4-45	
4.5	Proses Pembuatan Indikator dan Sub-Indikator	4-54
4.5.1.	Indikator dan Sub-Indikator Bagian Pihak Sekolah.....	4-54
4.5.2.	Indikator dan Sub-Indikator Bagian Pihak Teknis.....	4-66
4.6	Pengembangan Kriteria Penilaian pada Kategori Inspeksi Lapangan Komponen Struktural	4-78
4.7	Proses <i>Analytical Hierarchy Process</i>	4-81
4.8	Hasil <i>Analytical Hierarchy Process</i>	4-84
4.9	Sistem Penilaian Instrumen	4-93
4.9.1.	Sistem Penggunaan Instrumen	4-94
4.9.2.	Sistem Penilaian Bagian Pihak Sekolah.....	4-98
4.9.3.	Sistem Penilaian Bagian Pihak Teknis.....	4-100
4.9.4.	Sistem Penilaian Akhir.....	4-101
4.10	Langkah yang Dapat Dilakukan Berdasarkan Hasil Penilaian.....	4-101
4.11	Hasil Pengembangan Instrumen	4-103
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA	xvii
Lampiran 1:	Surat Keterangan Validasi Matriks Bagian Pihak Teknis	xxiv
Lampiran 2:	Surat Keterangan Validasi Bagian Pihak Sekolah.....	xxvi
Lampiran 3:	CV Ir.Adwin Singarimbun (terlampir).....	xxviii

Lampiran 4 : CV Altho Sagara, S.T., M.T. (terlampir).....xxviii

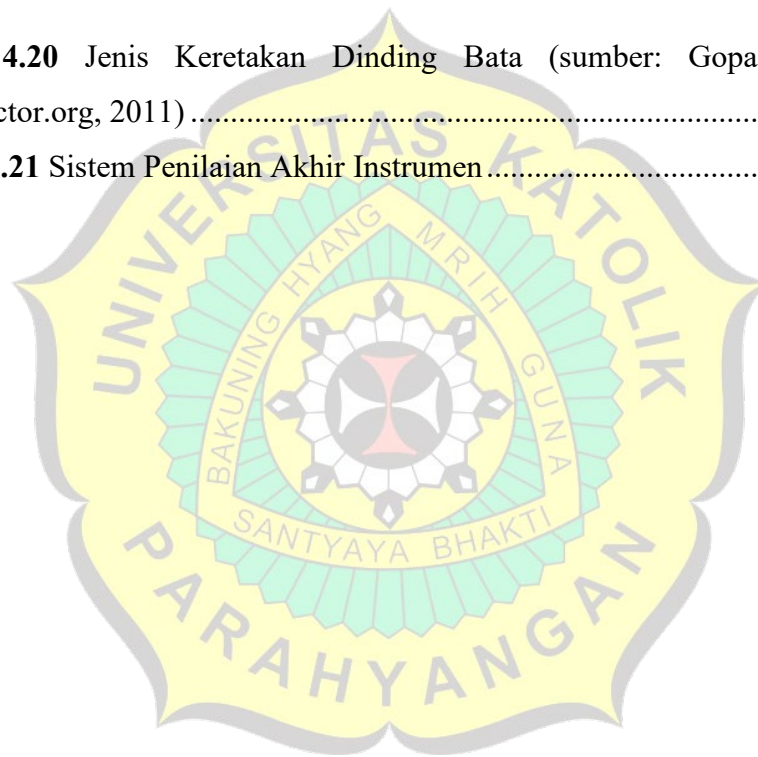


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Statistik Korban Jiwa Akibat Bencana di Indonesia (sumber : DIBI BNPB, 2020).....	2-3
Gambar 2.2 Statistik Rumah Rusak dan Hancur Akibat Bencana di Indonesia (sumber : DIBI BNPB, 2020).....	2-3
Gambar 2.3 Grafik Jumlah Gempa bumi per Tahun (sumber : DIBI BNPB, 2020)	2-4
Gambar 2.4 Grafik Persentase Gempa bumi di Indonesia per Provinsi (sumber : DIBI BNPB, 2020).....	2-5
Gambar 2.5 Jumlah Paparan Risiko Bencana Gempa bumi (sumber :Risiko Bencana Indonesia, BNPB, 2016).....	2-6
Gambar 2.6 <i>The Disaster Cycle</i> (sumber: Alexander, 2002)	2-9
Gambar 2.7 Hubungan Variabel Pengkajian Risiko Bencana (sumber: Harjadi dkk., 2007)	2-17
Gambar 2.8 Matriks Risiko (sumber: Harjadi dkk., 2007).....	2-17
Gambar 2.9 Hubungan Antara Penanggulangan Bencana dengan Pengurangan Risiko Bencana.....	2-18
Gambar 2.10 Tiga Pilar Sekolah Aman yang Komprehensif (sumber: Bhaswara dkk., 2015).	2-22
Gambar 2.11 Instrumen Penilaian Kesiapsiagaan Komponen Struktural (sumber: Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana, LIPI).....	2-25
Gambar 2.12 Instrumen Penilaian Kesiapsiagaan Komponen Struktural (lanjutan) (sumber: Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana, LIPI).....	2-26
Gambar 2.13 Penilaian Keamanan Komponen Struktural (sumber: <i>Disaster and Emergency Preparedness : Guidance for Schools</i> hal 50).....	2-29
Gambar 2.14 Penilaian Keamanan Komponen Struktural (Lanjutan) (sumber: <i>Disaster and Emergency Preparedness : Guidance for Schools</i> hal 51).....	2-30
Gambar 2.15 Matriks Pengkajian Risiko (<i>Risk Assessment Matrix</i>) (sumber: <i>Disaster and Emergency Preparedness : Guidance for Schools</i> hal 49).....	2-31
Gambar 2.16 Instrumen Tingkat Satu pada FEMA P-154 (sumber: FEMA P-154)	2-35

Gambar 2.17 Instrumen Tingkat Dua pada FEMA P-154 (sumber: FEMA P-154)	2-36
Gambar 2.18 Diagram Alir Program Aktif (sumber: <i>New Zealand Society for Earthquake Engineering</i> , 2006)	2-40
Gambar 2.19 Hubungan Antar Jumlah Pantulan dengan Kuat Tekan Beton (sumber: Gopal Mishra, 2010).....	2-44
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	3-1
Gambar 4.1. Hierarki Instrumen Penilaian	4-6
Gambar 4.2 Hierarki Variabel Pengembang	4-13
Gambar 4.3 Peta Indeks Risiko Bencana Gempabumi di Indonesia (sumber: http://geospasial.bnpb.go.id/ , 2020)	4-55
Gambar 4.4 Gompal pada Beton (sumber: Saatcioglu dkk., 2013)	4-61
Gambar 4.5 Panduan Keretakan pada Beton Untuk Pihak Sekolah (sumber: Gopal Mishra, 2014)	4-61
Gambar 4.6 Panduan Tulangan Terekspos Beton Untuk Pihak Sekolah (sumber: Gopal Mishra, 2014).....	4-62
Gambar 4.7 Kerusakan Balok dan Kolom Baja (sumber: Yu dan Uang, 2000).4-63	
Gambar 4.8 Kerusakan pada Sambungan Balok dan Kolom Baja (sumber: Burgess dkk., 2012).....	4-63
Gambar 4.9 Keretakan pada Dinding Bata dengan Plesteran (1) (sumber: FEMA P-154)	4-64
Gambar 4.10 Gambar Keretakan pada Dinding Bata yang Sudah Tertutup Plesteran (sumber: FEMA P-154)	4-64
Gambar 4.11 Lubang Besar Pada Dinding Bata (sumber: Saatcioglu dkk., 2013)	4-65
Gambar 4.12 Peta Parameter Gerak Tanah, S_s (sumber: SNI 1726:2019)	4-67
Gambar 4.13 Peta Parameter tanah S_1 (sumber: SNI 1726:2019).....	4-67
Gambar 4.14 Tata Letak Bangunan Instrumen	4-68

Gambar 4.15 Jenis Keretakan Akibat Gaya Dalam pada Beton (sumber: ACI 318-11)	4-70
Gambar 4.16 Tulangan Terekspos pada Beton (sumber: Saatcioglu dkk., 2013) 4-71	
Gambar 4.17 Panduan Kerusakan pada Balok dan Kolom Baja Untuk Pihak Sekolah (sumber: Saatcioglu dkk., 2013)	4-72
Gambar 4.18 Kerusakan pada Sambungan Balok dan Kolom Baja (sumber: Burgess dkk., 2012)	4-73
Gambar 4.19 Kerusakan Pada Dinding Bata (sumber: Saatcioglu dkk., 2013)... 4-73	
Gambar 4.20 Jenis Keretakan Dinding Bata (sumber: Gopal Mishra / theconstructor.org, 2011)	4-74
Gambar 4.21 Sistem Penilaian Akhir Instrumen	4-101



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Jumlah Gempa bumi per Tahun (sumber : DIBI, BNPB 2020) ..	2-4
Tabel 2.2 Data Dampak Gempa bumi.....	2-6
Tabel 2.3 Lampiran Dalam Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana	2-23
Tabel 2.4 Indeks Ketercapaian Monitoring Sekolah Siaga Bencana (sumber: Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana, 2013).....	2-27
Tabel 2.5 Daftar Isi <i>Disaster and Emergency Preparedness: Guidance for Schools</i>	2-28
Tabel 2.6 Daftar Isi <i>School Disaster Risk Management Guidelines</i>	2-32
Tabel 2.7 Daftar Isi FEMA P-154	2-33
Tabel 2.8 Daftar Isi FEMA P-154 (lanjutan).....	2-34
Tabel 2.9 Daftar Isi <i>Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building</i>	2-37
Tabel 2.10 Daftar Isi <i>Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Building</i> (lanjutan).....	2-38
Tabel 2.11 Daftar Isi <i>Assessment and Improvement of the Structural Performance of Building in Earthquakes</i>	2-41
Tabel 2.12 Kualitas Beton Berdasarkan Jumlah Pantulan (sumber: Gopal Mishra, 2010).....	2-45
Tabel 2.13 Kriteria Cepat Rambat Gelombang Untuk Kualitas Beton (sumber: IS 13311 (Part 1): 1992).....	2-46
Tabel 2.14 Skala Fundamental (sumber: Saaty, 1987)	2-47
Tabel 2.15 Matriks Perbandingan	2-48
Tabel 2.16 Matriks Bobot Relatif Ternormalisasi.....	2-49
Tabel 2.17 Matriks Bobot	2-49
Tabel 2.18 <i>Ratio Indeks</i> untuk Setiap Ordo Matriks (sumber: Saaty, 1987)	2-50
Tabel 3.1 Format Tabel Kuesioner	3-4
Tabel 3.2 Contoh Hasil Kuesioner.....	3-5
Tabel 4.1 Rangkuman Hasil Studi Literatur	4-11

Tabel 4.2 Matriks Pokok Pembahasan	4-19
Tabel 4.3 Matriks Pokok Pembahasan (Lanjutan)	4-20
Tabel 4.4 Matriks Pokok Pembahasan (Lanjutan)	4-21
Tabel 4.5 Data Diri Sekolah	4-22
Tabel 4.6 Data Bangunan Sekolah	4-23
Tabel 4.7 Matriks Prasyarat Pemeriksaan Bagian Pihak Sekolah.....	4-24
Tabel 4.8 Matriks Pemeriksaan Awal	4-36
Tabel 4.9 Matriks Pemeriksaan Awal (lanjutan).....	4-37
Tabel 4.10 Matriks Pemeriksaan Awal (lanjutan).....	4-38
Tabel 4.11 Data Diri Penilai.....	4-39
Tabel 4.12 Data Teknis Sekolah.....	4-39
Tabel 4.13 Matriks Pemeriksaan Lanjut (PL)	4-46
Tabel 4.14 Matriks Pemeriksaan Lanjut (PL) (lanjutan).....	4-47
Tabel 4.15 Matriks Pemeriksaan Lanjut (PL) (lanjutan).....	4-48
Tabel 4.16 Matriks Pemeriksaan Lanjut (PL) (lanjutan).....	4-49
Tabel 4.17 Matriks Pemeriksaan Lanjut (PL) (lanjutan).....	4-50
Tabel 4.18 Matriks Pemeriksaan Lanjut (PL) (lanjutan).....	4-51
Tabel 4.19 Matriks NDT	4-57
Tabel 4.20 Nilai <i>Time Index</i> Dengan Inspeksi Tingkat Dua (sumber: <i>Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings, 2001 – TJBDDPA; Table 8</i>)	4-80
Tabel 4.21 Inisial Kategori Pemeriksaan Lanjut	4-81
Tabel 4.22 Contoh Matriks Hasil Kuesioner.....	4-81
Tabel 4.23 Matriks Hasil <i>Geometric Mean</i>	4-82
Tabel 4.24 Matriks Normalisasi	4-82
Tabel 4.25 Hasil Perkalian Dua Matriks (Matriks Λ)	4-83
Tabel 4.26 Contoh Perhitungan Nilai Per Kategori.....	4-95
Tabel 4.27 Contoh Perhitungan Nilai Sub-Kategori	4-97
Tabel 4.28 Hubungan Antara Kriteria Penilaian dengan Langkah Peningkatan Kesiapsiagaan Komponen Struktural.....	4-102
Tabel 4.29 Pengembangan Variabel yang Sudah Ada	4-104
Tabel 4.30 Pengembangan Variabel Pokok Pembahasan Baru.....	4-105

Tabel 4.31 Hasil Pengembangan Bagian Data Diri Sekolah	4-107
Tabel 4.32 Hasil Pengembangan Bagian Data Bangunan Sekolah.....	4-107
Tabel 4.33 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Prasyarat Pemeriksaan (PP).	4-108
Tabel 4.34 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Awal (PA) [lanjutan].....	4-109
Tabel 4.35 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Awal (PA) [lanjutan].....	4-110
Tabel 4.36 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Awal (PA) [lanjutan].....	4-111
Tabel 4.37 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Awal (PA) [lanjutan].....	4-112
Tabel 4.38 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Data Diri Penilai	4-113
Tabel 4.39 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Data Teknis Bangunan ..	4-113
Tabel 4.40 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL).....	4-114
Tabel 4.41 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL) [lanjutan].....	4-115
Tabel 4.42 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL) [lanjutan].....	4-116
Tabel 4.43 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL) [lanjutan].....	4-117
Tabel 4.44 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL) [lanjutan].....	4-118
Tabel 4.45 Hasil Pengembangan Instrumen Bagian Pemeriksaan Lanjut (PL) [lanjutan].....	4-119
Tabel 4.46 Hasil Pembobotan Bagian NDT	4-120
Tabel 4.47 Variabel Kombinasi	4-120

ISTILAH DAN DEFINISI

Ancaman – suatu keadaan, fenomena, kondisi atau aktifitas manusia yang berbahaya dan dapat menyebabkan menghilangkan nyawa, melukai atau berdampak pada kesehatan manusia, kerusakan infrastruktur, kehilangan mata pencaharian, terganggunya sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan. (UNISDR, 2009).

Ancaman alami – proses alami dari suatu fenomena yang dapat menyebabkan kehilangan nyawa, melukai atau berdampak pada kesehatan manusia, kerusakan infrastruktur, kehilangan mata pencaharian, terganggunya sosial dan ekonomi, atau kerusakan lingkungan (UNISDR, 2009).

Dinding – penutup sisi samping (penyekat) ruang, rumah, bilik, dan sebagainya (dibuat) dari papan, anyaman bambu, tembok, dan sebagainya (KBBI).

Deteriorating event – kerusakan yang ditimbulkan dari suatu aksi (pembebanan) yang menyebabkan kerugian secara struktural dari suatu kapasitas menahan gaya

Kapasitas – kombinasi dari kekuatan, atribut, dan sumber daya yang tersedia dalam suatu komunitas, masyarakat, atau organisasi yang dapat digunakan untuk mencapai suatu pencapaian yang telah disepakati (UNISDR, 2009).

Keadaan darurat (*emergency*) – keadaan seperti badai, puting beliung, sambaran petir, banjir, gelombang pasang, tsunami, gempa bumi, erupsi gunungapi, tanah longsor, badai salju, kebakaran, ledakan bom, ledakan nuklir, atau sebuah malapetaka baik yang terjadi secara alami maupun buatan manusia yang menuntut dikeluarkannya perintah atau tindakan untuk menyelamatkan nyawa dan melindungi infrastruktur, kesehatan umum, dan keamanan. (FEMA)

Kegiatan preventif – kegiatan penghindaran atas dampak kerusakan dari suatu ancaman dan bencana tertentu. (UNISDR, 2009)

Kerentanan (*vulnerability*) – karakteristik dan keadaan suatu komunitas, sistem atau aset yang membuat rentan terhadap efek kerusakan dari suatu ancaman. (UNISDR, 2009).

Kolom – komponen vertikal member dengan suatu kemampuan untuk berdeformasi (JPBDA, 2001).

Komprensif – bersifat mampu menangkap (menerima) dengan baik (KBBI).

Rencana kontijensi – suatu proses manajemen yang menganalisis suatu potensi kejadian tertentu atau suatu keadaan darurat yang mungkin mengancam masyarakat dan lingkungan dan menetapkan penyusunan agar efektif secara jangka waktu dan secara respon terhadap suatu kejadian atau situasi. (UNISDR, 2009).

Retrofitting – Peningkatan dari suatu struktur yang sudah ada agar menjadi lebih tahan dan fleksibel terhadap kerusakan akibat suatu ancaman. (UNISDR, 2009).

Risiko – kombinasi dari peluang suatu kejadian dan konsekuensi negatif dari kejadian tersebut (UNISDR, 2009).

Seismik – berkenaan (bertalian) dengan gempa bumi (KBBI).

Struktural - berkenaan dengan struktur (KBBI).

Elemen – bagian (yang penting, yang dibutuhkan) dari keseluruhan yang lebih besar (KBBI); bagian yang menyusun sebuah komponen

Elemen struktur – bagian kecil dari Balok, bagian kecil dari Kolom, dan lain-lain; bagian yang menyusun sebuah komponen struktur

Komponen – bagian dari keseluruhan (KBBI)

Komponen struktur – Balok, Kolom, Pelat Lantai, Atap, dan lain-lain ; bagian dari keseluruhan elemen struktur

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geologis, Indonesia diapit oleh empat lempeng utama yaitu Eurasia, Indo-Australia, Filipina, dan Pasifik yang menjadikan Indonesia rawan bencana gempa bumi, tsunami, dan letusan gunungapi (Iriansyah dkk., 2018). Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mencatat terdapat 28 titik di wilayah Indonesia yang telah dinyatakan sebagai wilayah yang rawan gempa bumi (Hidayati dkk. 2009). Meskipun tidak termasuk ke dalam 28 titik, setiap daerah di Indonesia memiliki resiko terjadinya gempa bumi. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Indonesia mencatat dalam kurun waktu lima tahun antara 2015 sampai dengan 2019 terjadi 104 kali gempa bumi di seluruh Indonesia dengan jumlah korban jiwa sebesar 683 orang meninggal, 3.324 orang mengalami luka-luka, dan 617.858 orang menderita dan mengungsi.

Selain menelan korban jiwa, dalam kurun waktu tersebut gempa bumi merusak 1,472 fasilitas pendidikan, yang didalamnya termasuk bangunan sekolah. Sebagai catatan, akibat gempa yang terjadi di Lombok pada tahun 2019, terdapat 606 sekolah di Nusa Tenggara Barat rusak termasuk diantaranya 3.051 kelas, 1.460 diantaranya rusak berat (Tirto.id, 2019). Dengan rusaknya banyak sekolah yang terdampak gempa bumi, menandakan bahwa sekolah, yang merupakan infrastruktur penting penunjang pendidikan bangsa belum siap untuk menahan bencana yang terjadi, terutama gempa bumi. Mengutip pernyataan Direktur Pemberdayaan Masyarakat Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Lilik Kurniawan pada tahun 2019, disebutkan bahwa terdapat 250.000 atau 75 persen sekolah di Indonesia yang berada di daerah rawan bencana, termasuk di dalamnya gempa bumi. Sekolah tersebut terdiri atas sekolah SD hingga SMA / SMK yang berada di lokasi rawan bencana tingkat sedang dan tinggi. Hingga 2019, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) Republik Indonesia mencatat bahwa terdapat 14.272 Sekolah Dasar (SD) yang mengalami rusak berat dan 41 SD yang

mengalami rusak total, 4065 Sekolah Menengah Pertama (SMP) rusak berat dan 10 SMP yang mengalami rusak total, 976 Sekolah Menengah Atas (SMA) mengalami rusak berat, 628 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) mengalami rusak berat serta 6 SMK mengalami rusak total. Jumlah tersebut merupakan jumlah yang sangat banyak dan merupakan bangunan berisiko tinggi ketika menghadapi gempa bumi yang dapat menelan korban jiwa.

Dengan banyaknya korban jiwa yang tertimpa bangunan sekolah dan jumlah sekolah yang mengalami rusak berat, maka dapat dikatakan bahwa bangunan sekolah di Indonesia masih banyak yang belum memiliki kesiapsiagaan struktur yang baik, salah satunya ditandai dengan kurang layakannya komponen struktural bangunan sekolah serta rentannya komponen struktural tersebut terhadap ancaman gempa bumi. Oleh karena itu, diperlukan sekolah yang dapat menjamin keamanan dan keselamatan warga sekolah siaga setiap saat termasuk dari ancaman bencana alam (Bhaswara, Nandana dkk. 2015). Hal ini juga merupakan salah satu wujud nyata mitigasi dan kesiapsiagaan bencana yang sebelumnya telah dituangkan di dalam UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, pasal 1 ayat (9) dan ayat (10) dimana disebutkan bahwa mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi bencana dan kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna.

Menyadari hal tersebut, pemerintah Indonesia sadar untuk menghadapi peningkatan ancaman bencana terutama oleh gempa bumi yang berkaitan dengan perlindungan terhadap sarana dan prasarana pendidikan. Melalui Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia, Surat Edaran Mendiknas Nomor: 70a/MPN/SE/2010 ditujukan kepada Gubernur, Walikota atau Bupati untuk memperhatikan penyelenggaraan penanggulangan bencana melalui pelaksanaan strategi pengurangan risiko bencana di sekolah guna mewujudkan kesiapsiagaan terhadap bencana di sekolah. Sehubungan dengan pengurangan risiko bencana di sekolah tersebut, diwujudkan sebuah buku Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana yang dibuat oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada tahun 2013. Buku panduan tersebut berisikan suatu instrumen penilaian yang terdiri dari berbagai

aspek, salah satunya pada lampiran ketujuh instrumen tersebut, terdapat penilaian kesiapsiagaan struktur dengan cara menilai kesiapsiagaan komponen struktural dan non-struktural suatu bangunan sekolah.

Khusus untuk komponen struktural, cakupan instrumen penilaian tersebut masih terlalu umum dan belum detail. Meskipun seluruh struktur bangunan di Indonesia seharusnya sudah direncanakan berdasarkan standar yang berlaku, nyatanya pada proses pelaksanaan konstruksi seringkali *human error* menyebabkan hasil bangunan tidak sesuai rencana serta tidak seluruh kondisi komponen struktural bangunan dianggap memiliki kelayakan struktur yang baik sehingga dapat meningkatkan kerentanan bangunan sekolah terhadap ancaman gempa bumi. Tidak sedikit kasus membuktikan bahwa terdapat beberapa kesalahan seperti tulangan pembentuk komponen struktural tidak terpasang sesuai gambar kerja, dinding yang terdapat banyak retak, dan tulangan yang terekspos pada balok dan/atau kolom serta terdapatnya degradasi struktur pada komponen struktural. Seiring dengan adanya potensi degradasi struktur pada komponen struktural bangunan tersebut, pembaruan peraturan bangunan tahan gempa yang semakin ketat, dan terkadang bangunan sekolah dianggap tidak memiliki kelayakan komponen struktural yang baik, pemeriksaan berkala serta penilaian kesiapsiagaan komponen struktural suatu bangunan perlu dilakukan. Pemeriksaan berkala sangat penting dilakukan terhadap bangunan yang terletak di negara dengan risiko bencana tinggi seperti Indonesia agar kelayakan komponen struktural bangunan tersebut dapat diketahui sehingga tingkat risiko bangunan terhadap ancaman gempa bumi dapat ditentukan supaya tidak mengakibatkan kerugian moril, dan materi (finansial).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan bahwa instrumen penilaian kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah tahan gempa masih perlu dikembangkan agar diperoleh hasil penilaian yang lebih baik.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah:

1. Mengembangkan instrumen penilaian kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah tahan gempa LIPI berdasarkan kajian literatur dari beberapa referensi sejenis serta menghasilkan bobot dan sistem penilaian baru yang melengkapi instrumen agar dapat digunakan untuk menilai kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah tahan gempa bumi di Indonesia.

1.4 Pembatasan Masalah

Pada skripsi ini, permasalahan dibatasi pada:

1. Bencana yang dimaksud hanya terbatas pada gempa bumi.
2. Instrumen penilaian kesiapsiagaan komponen struktural di Indonesia yang akan dikembangkan mengacu kepada Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana LIPI yang dibuat pada tahun 2013.
3. Referensi tentang standar penilaian kesiapsiagaan komponen struktural diambil dari negara Amerika Serikat, Jepang, dan Selandia Baru.
4. Referensi tentang pengurangan risiko bencana di sekolah diambil dari dokumen *International Finance Corporation* dan ASEAN.
5. Pemeriksaan struktur fondasi dalam hanya sampai bagian *pile-cap*.
6. Instrumen yang akan dikembangkan hanya berlaku untuk bangunan sekolah di Indonesia.

1.5 Manfaat Penelitian

Skripsi ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah sebagai bahan pertimbangan pengembangan instrumen penilaian kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah yang dilakukan dengan melakukan penilaian kelayakan dan kerentanan komponen struktural bagi usaha pengurangan risiko bencana di sekolah di Indonesia. Selanjutnya, instrumen tersebut diharapkan dapat digunakan untuk memetakan keadaan kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah terhadap gempa bumi untuk sekolah-sekolah di Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi dibagi menjadi beberapa Bab sebagai berikut:

Bab I

Pendahuluan, membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, pembatasan masalah, sistematika penulisan, serta jadwal penelitian dalam skripsi ini.

Bab II

Dasar Teori, berisikan teori serta definisi dari gempa bumi, penilaian komponen struktural (asesmen), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dan teori-teori lain yang menjadi landasan dari penyusunan skripsi ini.

Bab III

Metodologi Penelitian, berisikan detail dari jenis penelitian, prosedur penelitian dan metode pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan untuk mengembangkan instrumen penilaian kelayakan struktural LIPI.

Bab IV

Analisis dan Pembahasan, berisikan pembahasan dan analisis dari data terkait pengembangan penilaian kelayakan struktural LIPI, pembobotan serta penetapan sistem penilaian instrumen.

Bab V

Kesimpulan dan Saran, berisikan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang dituangkan dalam skripsi ini serta berisikan saran yang dapat membangun untuk penelitian dikemudian hari yang diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca.