

***Self-Assessment Tool* Bagi Pihak Sekolah untuk Mengukur Kesiapsiagaan Bencana Bangunan Sekolah Tahan Gempa Bumi**

Joshua Irawan¹, Mia Wimala², Wisena Perceka³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit 94. Bandung
email: 1joshuairwn@gmail.com

Received: 20-08-2021 Revised: 12-11-2021 Accepted: 22-11-2021

Abstract

Earthquakes have the potential to cause a lot of harm, both physically and morally, not only to a building but to its users. Most of these buildings collapsed not due to the magnitude of the earthquake, but due to the lack of preparedness of the school building structure. In terms of school buildings, awareness is needed from the management to carry out periodic inspections independently of the condition of the structural components of school buildings and their maintenance efforts. As the first step, self-assessment is expected to be conducted with a fairly low budget and become the basis for further assessment by construction experts if necessary. However, the absence of such a tool in Indonesia makes this assessment difficult to execute. Therefore, the research aims to develop the tool based on a literature review of disaster management guidelines for school buildings, and building inspection standards in various countries. Several variables were identified and processed using the Analytical Hierarchy Process method. This research resulted in a self-assessment tool that can be used by the school management to identify the preparedness level of the school building structure, which consists of 4 parts: School Self Data, School Building Data, Examination Prerequisites, and Visual Examination. The four main categories in the visual inspection include Building Condition and Area (16%), Knowledge of Earthquake Risk Indicating Instruments (22%), Efforts to Maintain Structural Components of School Buildings (27%), and Early Identification of Damage to Structural Components (36%). A good preparedness of the structural components of the school building has to meet a minimum of 80 points.

Keywords: *disaster preparedness, structural preparedness, periodic inspection of buildings, disaster mitigation*

Abstrak

Gempa bumi berpotensi untuk menyebabkan banyak kerugian baik secara fisik maupun moral tidak hanya terhadap suatu bangunan melainkan penggunaannya. Kebanyakan bangunan tersebut runtuh bukan diakibatkan oleh magnitude gempa bumi, melainkan akibat minimnya kesiapsiagaan struktur bangunan sekolah. Berbicara mengenai gedung sekolah, diperlukan kesadaran dari pihak sekolah untuk melakukan pemeriksaan berkala secara mandiri terhadap kondisi komponen struktural bangunan sekolah beserta upaya pemeliharaannya. Sebagai langkah awal, penilaian diri (self-assessment) diharapkan dapat dilakukan dengan anggaran yang cukup murah dan menjadi dasar bagi penilaian lanjutan oleh para ahli bangunan jika diperlukan. Namun, belum adanya alat ukur tersebut di Indonesia menyebabkan pemeriksaan ini sangat sulit dilakukan. Tujuan penelitian adalah untuk mengembangkannya berdasarkan kajian literatur panduan penanggulangan bencana untuk bangunan sekolah dan standar pemeriksaan bangunan di berbagai negara. Beberapa variabel penelitian yang berhasil diidentifikasi selanjutnya diolah menggunakan metode Analytical Hierarchy Process. Penelitian ini menghasilkan sebuah alat ukur penilaian diri bagi pihak sekolah yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesiapsiagaan struktur bangunan sekolah, dimana terdiri dari 4 bagian: Data Diri Sekolah, Data Bangunan Sekolah, Prasyarat Pemeriksaan, dan Pemeriksaan Visual. Empat kategori utama dalam pemeriksaan visual tersebut meliputi Kondisi dan Luas Bangunan (16%), Pengetahuan Instrumen Penunjuk Risiko Gempa Bumi (22%), Upaya Pemeliharaan Komponen Struktural Bangunan Sekolah (27%), dan Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktural (36%). Tingkat kesiapsiagaan komponen struktural suatu bangunan sekolah yang baik perlu memenuhi angka minimum sebesar 80.

Kata kunci: kesiapsiagaan bencana, kesiapsiagaan struktur, pemeriksaan berkala bangunan, mitigasi bencana

PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir, dampak yang ditimbulkan gempa bumi kepada bangunan gedung yang digunakan oleh masyarakat umum terbukti lebih serius daripada bangunan milik pribadi (El-Arab, 2017). Salah satu bangunan tersebut adalah bangunan sekolah. Indonesia sendiri memiliki 435.703 bangunan sekolah yang tersebar dari ujung Sabang hingga Merauke, mulai dari tingkat Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD), Taman Kanak-Kanak (TK) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA) atau Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2021), 130.000 diantaranya merupakan bangunan sekolah berpotensi terhantam bencana gempa bumi (Triyono et al., 2013). Dari jumlah tersebut, sebanyak 22.759 bangunan sekolah terdampak oleh gempa bumi, dalam kurun waktu 5 tahun terakhir saja sudah terdapat 1.020 bangunan sekolah terdampak gempa bumi (Badan Nasional Penanggulangan Bencana Republik Indonesia, 2021) dan banyak diantaranya runtuh. Dengan banyaknya bangunan sekolah yang masih terdampak dan rusak akibat gempa bumi, dapat dikatakan bahwa bangunan sekolah belum memiliki kesiapsiagaan bencana yang baik. Oleh karena itu, diperlukan sekolah yang dapat menjamin keamanan dan keselamatan warga sekolah serta siaga setiap saat dari ancaman bencana alam (Mahulae et al., 2015).

Manajemen bencana sebagai ilmu terapan berdasarkan observasi sistematis dan analisis bencana bertujuan untuk meningkatkan upaya preventif dan umumnya dibagi menjadi dua tahap: sebelum terjadinya bencana (*pre-disaster*) yang terbagi menjadi mitigasi dan kesiapsiagaan bencana dan sesaat setelah terjadinya bencana yang terbagi menjadi tanggap darurat (*response*) dan pemulihan (*recovery*) (Carter, 2008; Alexander, 2002) Manajemen bencana umumnya dibagi menjadi dua tahap: sebelum terjadinya bencana (*pre-disaster*) yang terbagi menjadi mitigasi dan kesiapsiagaan bencana dan sesaat setelah terjadinya bencana yang terbagi menjadi tanggap darurat (*response*) dan pemulihan (*recovery*) (Alexander, 2002). Mitigasi bencana (*disaster mitigation*) adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Pemerintah Indonesia, 2007). Mitigasi struktural sendiri adalah bentuk pengurangan risiko yang dilakukan dengan upaya menyempurnakan atau memperbaiki

keadaan fisik suatu lingkungan atau konstruksi dengan bantuan solusi ilmiah, seperti dengan membangun konstruksi tahan ancaman, menetapkan standar perencanaan bangunan dan aturan yang berlaku, modifikasi struktural, serta membuat sistem deteksi (Copolla, 2007). Berbicara tentang mitigasi tentu tidak dapat dipisahkan dari kesiapsiagaan bencana. Kesiapsiagaan bencana merupakan salah satu tahapan yang terdiri dari serangkaian kegiatan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna dan memegang peran penting dalam meminimalisir korban dalam segala macam bencana (Pemerintah Indonesia, 2007) (Rohith et al., 2018)

Menyadari bahwa kesiapsiagaan bangunan sekolah yang masih kurang baik, program Sekolah Siaga Bencana (SSB) dikembangkan oleh LIPI sejak tahun 2008 bersama dengan stakeholder terkait, disusul dengan pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia menerbitkan 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.

Dalam membangun sekolah siaga bencana dua kriteria kesiapsiagaan utama yaitu kesiapsiagaan struktur dan non struktur harus dipenuhi (Hidayati et al., 2013). Hal ini disebabkan karena bangunan atau struktur yang tidak kuat untuk menahan gempa akan berisiko memperparah dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya gempa (Triyono et al., 2012). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa salah satu cara menilai kesiapsiagaan bencana suatu bangunan sekolah adalah dengan menilai kesiapsiagaan struktur bangunan sekolah tersebut.

Kesiapsiagaan struktur merupakan aspek yang penting (Hidayati et al., 2013). Salah satu bentuk dari aspek tersebut adalah gambaran bahwa kondisi komponen struktural seperti balok dan kolom yang ada pada bangunan sekolah harus direncanakan dengan baik dan sesuai standar bangunan sekolah yang tahan gempa bumi. Di Indonesia sendiri, seluruh perencanaan bangunan tahan gempa saat ini diatur antara lain dalam SNI 2847:2019 untuk perencanaan bangunan yang terbuat dari beton, SNI 1729:2015 untuk perencanaan bangunan yang terbuat dari baja, SNI 1726:2019 untuk standar perencanaan bangunan tahan gempa, dan standar lain yang terkait. Namun pada pelaksanaannya, penerapan standar pada suatu bangunan perlu diperiksa ulang secara berkala untuk memastikan bahwa setiap komponen struktural berada dalam kondisi yang baik dan tetap memenuhi desain serta ketentuan eksisting. Hal ini mengingat

standar perencanaan bangunan kerap mengalami pembaharuan yang disebabkan berkembangnya ilmu pengetahuan terhadap gempa bumi. Selain itu, terdapat juga fenomena dimana banyak bangunan sekolah di Indonesia telah dibangun sebelum standar perencanaan bangunan ditetapkan. Pemeriksaan berkala mencakup seluruh aspek struktur pada bangunan sekolah dan kondisi komponen bangunan sekolah mulai dari fondasi, pelat lantai, balok, kolom, hingga atap. Metode termudah dan yang paling umum untuk melakukan evaluasi atau pemeriksaan berkala pada struktur adalah metode visual (Kondo et al., 2019).

Apabila suatu bangunan berpotensi atau sedang terpapar risiko ancaman gempa bumi, maka pemeriksaan dan evaluasi bangunan perlu dilakukan oleh para ahli/engjinir struktur bangunan (Copolla, 2007). Di Indonesia, persyaratan personil pemeriksa bangunan gedung diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2010. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan tingkat kelayakan dan keandalan struktur bangunan, berdasarkan parameter struktural yang telah ditentukan. Sebagai bentuk mitigasi bencana, pemeriksaan yang meliputi komponen, material, dan/atau prasarana dan sarananya tersebut perlu dilakukan secara berkala guna memastikan kelaikan fungsi bangunan gedung tersebut (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2016). Dalam kaitannya dengan fungsi bangunan, bangunan sekolah sebagai salah satu bangunan publik harus dilakukan pemeriksaan berkala sekurang-kurangnya setiap enam (6) bulan sekali atau ketentuan lain yang disyaratkan sehubungan dengan kekhususannya (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2016). Pihak sekolah perlu memasukkan pemeriksaan berkala bangunan dalam rancangan kerja pemeliharaan ringan sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 24 Tahun 2007 (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2007).

Pengamatan secara visual merupakan salah satu bentuk pemeriksaan struktural non-destruktif yang dianggap paling mudah dan praktis karena tidak banyak memerlukan peralatan dan pengujian, dan oleh karena itu metode ini sangat umum digunakan selama ini (Falorca et al., 2021). Namun, pemeriksaan bangunan gedung tentu memakan biaya dan salah satu alasan mengapa sekolah siaga bencana (SSB) tidak dapat berjalan dengan

efisien dan efektif adalah disebabkan karena anggaran yang terbatas untuk memanggil tim khusus untuk memeriksa bangunan secara berkala. Ketidadaan alokasi anggaran khusus mengakibatkan kegiatan program SSB ini seringkali tidak dilaksanakan. Meskipun dimungkinkan, pemanfaatan dana melalui Bantuan Operasional Sekolah (BOS) seringkali tidak dilakukan karena adanya kekhawatiran bahwa inisiatif mereka akan menjadi permasalahan dalam pelaporan penggunaan anggaran (Triyono et al., 2012). Di sisi lain, kepekaan dan kewaspadaan pihak sekolah untuk peduli serta waspada terhadap kondisi bangunan sekolah tahan gempa bumi perlu ditingkatkan. Belum dimilikinya surat keputusan (SK) tentang organisasi pengelola atau gugus siaga bencana (Triyono et al., 2012) menjadi salah satu bahwa kurangnya tingkat kepekaan dan kewaspadaan pihak sekolah. Oleh karena itu, perlu adanya alat ukur penilaian diri yang dapat dilakukan secara swadaya oleh pihak sekolah melalui metode visual yang mudah, praktis, dan efektif. Penelitian ini selanjutnya bertujuan untuk mengembangkan alat ukur tersebut sebagai bentuk mitigasi struktural yang dapat menggambarkan secara komprehensif tingkat kesiapsiagaan struktur suatu bangunan sekolah.

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan mengkaji beberapa literatur yang berkaitan dengan standar pemeriksaan bangunan, panduan mengenai manajemen risiko bencana dan kesiapsiagaan bencana untuk lingkungan sekolah, serta peraturan perencanaan bangunan tahan gempa bumi yang berlaku di Indonesia. Beberapa panduan mengenai manajemen risiko bencana dan kesiapsiagaan bencana untuk lingkungan sekolah serta beberapa standar pemeriksaan visual dari negara lain dirujuk sebagai referensi utama.

Dalam penelitian ini standar pemeriksaan yang dirujuk dalam pengembangan variabel alat ukur penilaian diri bagi pihak sekolah meliputi: *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings* (2001) dari Jepang, *Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes* dari Selandia Baru, dan *Rapid Visual Screening (RVS)* yang dikembangkan oleh *The Federal Emergency Management Agency (FEMA) P-154* dari Amerika Serikat. Hasil dari RVS berupa evaluasi kerentanan bangunan yang dapat dijadikan dasar bagi pengambilan langkah untuk mengurangi risiko terhadap ancaman gempa bumi (Jayadi et al., 2018). Selain itu, beberapa panduan yang digunakan, antara lain: *Disaster and Emergency Preparedness: Guidance for Schools* dari *International Finance Corporation* dan *School Disaster Risk Management Guidelines for Southeast Asia* dari ASEAN.

Penelitian ini juga turut menggunakan referensi Pedoman Teknis Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2010 yang digunakan sebagai referensi pembanding dengan pedoman pemeriksaan berkala di Indonesia. Beberapa referensi tersebut digunakan karena fokus pembahasannya yang sudah khusus untuk bangunan sekolah dan tetap memperhatikan aspek teknis bangunan. Ketentuan yang berlaku di Indonesia juga harus dipertimbangkan agar alat ukur penilaian diri bagi pihak sekolah yang dihasilkan dapat diterapkan langsung pada kasus-kasus serupa di Indonesia.

Hasil kajian literatur tersebut menghasilkan variabel penilaian yang dapat diklasifikasikan berdasarkan hierarki yaitu: kategori, sub-kategori, indikator, dan sub-indikator. Variabel tersebut selanjutnya akan divalidasi dan dianalisis menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan memanfaatkan pendapat para ahli yang terdiri dari praktisi, akademisi, dan pejabat pemerintah di instansi Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah. Opini responden dari masing-masing pihak yang terkait akan menjadi dasar penentuan sistem penilaian dan bobot masing-masing variabel serta nilai akhir minimum. Hasil pembobotan ini dapat dilihat dalam bentuk persentase untuk masing-masing variabel pada Bagian IV: Pemeriksaan Visual (**Tabel 2**)

HASIL DAN PEMBAHASAN

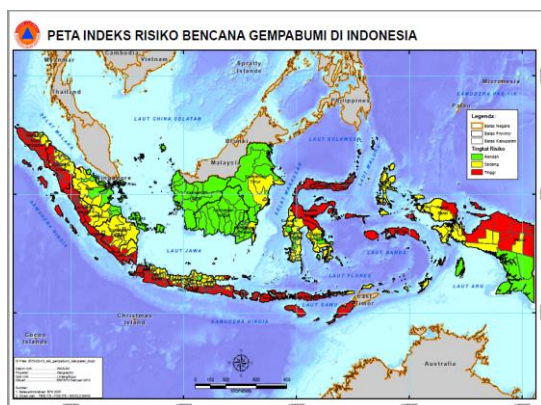
Hasil pengembangan penelitian ini adalah alat ukur yang terjadi menjadi empat bagian dengan fungsi yang berbeda-beda. Empat bagian tersebut antara lain: Data Diri Sekolah, Data Bangunan Sekolah, Prasyarat Pemeriksaan, dan Pemeriksaan Visual.

Bagian I : Data Diri Sekolah, terdiri dari empat kategori yaitu (a) Identitas Pemeriksa, (b) Identitas Sekolah, (c) Tipe Daerah, dan (d) Data Murid. Pada bagian ini, setiap kategori yang ada dikembangkan sebagai data pendukung dan identitas sekolah dan bangunan sekolah. Kategori Tipe Daerah dikembangkan sebagai pemetaan risiko daerah bencana yang dapat menjadi data tambahan sebagai bentuk cepat-tanggap apabila dinyatakan dalam keadaan darurat. Sementara itu, kategori Data Murid dikembangkan karena dianggap mempengaruhi beban hidup dan beban mati tambahan pada suatu ruangan yang akan

berdampak kepada kondisi struktur pelat lantai suatu bangunan sekolah dan kondisi struktur lainnya. Nilai murid per satu kelas dalam kategori ini diambil atas ketetapan yang diatur dalam Permendiknas No. 24 Tahun 2007 pada Bagian D pada setiap Bab, dimana acuan minimum digunakan sebesar 15 murid per kelas.

Bagian II : Data Bangunan Sekolah, terdiri dari enam kategori yaitu (a) Usia Bangunan Sekolah, (b) Material Pembuat Struktur Bangunan, (c) Material Pembuat Rangka Atap, (d) Sketsa dan Foto Bangunan, (e) Zona Risiko Gempa, dan (f) Kondisi Lahan. Kategori Usia Bangunan Sekolah dikembangkan atas pertimbangan bahwa usia bangunan akan mempengaruhi kondisi komponen struktural dan dapat memetakan bentuk pemeliharaan yang telah dilakukan oleh pihak sekolah. Apabila ditemukan bangunan sekolah yang sudah tua dan kondisi strukturnya baik, maka dapat diartikan pihak sekolah memperhatikan pemeliharaan komponen struktural pada bangunan sekolah. Indikator sub-kategori usia bangunan sekolah diambil acuan yang berdasar *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings* (2001) dari Jepang yang terdapat pilihan umur bangunan kurang dari 19 tahun, lebih dari 20 tahun, dan lebih dari 30 puluh tahun. Acuan tersebut kemudian disesuaikan dengan ketetapan umur minimum bangunan yang ada pada Modul 1: Pilar-1 Fasilitas Sekolah Aman. Kategori Material Pembuat Struktur Bangunan dan Material Pembuat Rangka Atap ditetapkan sebagai bentuk data dan screening awal potensi awal kondisi komponen struktural bangunan sekolah.

Setiap daerah di Indonesia memiliki Indeks Risiko Bencana Gempa Bumi yang direpresentasikan dalam bentuk warna dalam sebuah peta. Semakin merah warna yang ada, semakin tinggi risiko bencana gempa bumi pada daerah tersebut. Tentu, risiko bencana gempa bumi harus diketahui pihak sekolah guna mengidentifikasi potensi jumlah dan magnitudo yang akan terjadi di masa mendatang yang akan berpengaruh terhadap kondisi bangunan sekolah yang mereka kelola atau operasikan. Di sisi lain, risiko bencana juga perlu diketahui agar pihak sekolah dapat mempersiapkan langkah-langkah penanggulangan bencana baik sebelum terjadinya bencana, sesaat terjadinya bencana, atau setelah terjadinya bencana. Dalam alat ukur penilaian diri bagi pihak sekolah, digunakan Peta Indeks Risiko Bencana Gempa Bumi yang diterbitkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) sebagai referensi representasi indeks risiko bencana gempa bumi untuk setiap daerah di Indonesia seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Indeks Risiko Bencana Gempa bumi di Indonesia

Bagian III: Prasyarat Pemeriksaan, terdiri dari dua kategori utama yaitu (a) Syarat Bangunan Sekolah dan (b) Kelengkapan Detail Enjiniring Bangunan. Seluruh kategori dalam bagian ini harus diisi dan dipenuhi, artinya tidak boleh ada pernyataan negasi pada bagian ini. Hal tersebut didasari karena setiap kategori yang ada pada bagian ini sangat penting terhadap kesiapsiagaan struktur bangunan sekolah yang dinilai dari proses perencanaan bangunan sekolah.

Kategori Syarat Bangunan Sekolah ditetapkan untuk meninjau dokumen bangunan sekolah dari segi administratif dan secara hukum dengan tujuan memeriksa apakah bangunan sekolah dibangun atas dasar hukum yang jelas serta apakah operasional sekolah atas dasar keputusan lembaga resmi pemerintah Republik Indonesia. Atas pertimbangan tersebut, maka kategori ini akan dibagi menjadi dua sub-kategori, antara lain: persetujuan bangunan gedung (PBG), dan syarat operasional sekolah. PBG sendiri merupakan salah satu syarat sebuah bangunan dapat dibangun yang untuk membuatnya yang mulai berlaku sejak Februari 2021 dan diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 16 Tahun 2021 yang memerlukan lampiran gambar rencana dan luas total bangunan yang akan dibangun. Gambar rencana sendiri hanya dapat dikeluarkan oleh konsultan struktur yang kompeten, sehingga apabila sebuah bangunan sekolah tidak memiliki PBG dapat dikatakan bahwa bangunan sekolah tidak memiliki gambar rencana yang berarti tidak ada proses perencanaan analisis struktur yang baik, sehingga dapat dikatakan bahwa komponen struktural bangunan sekolah yang ada tidak memiliki kesiapsiagaan komponen struktural yang baik terhadap ancaman gempa bumi. Dalam masa peralihan peraturan, Izin Mendirikan Bangunan (IMB) masih tetap

berlaku bagi gedung yang telah memperolehnya sebelum berlakunya PP No.16 Tahun 2021. Sementara itu, sub-kategori syarat operasional sekolah mengangkat fokus kepada operasional sekolah sebagai fasilitas pendidikan di bawah lembaga pendidikan resmi Indonesia, yaitu Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (Kemendikbud RI), dimana indikator dalam sub-kategori ini adalah menyatakan perihal akreditasi sekolah oleh Badan Akreditasi Nasional Sekolah-Madrasah (BAN-SM). Akreditasi tersebut merupakan salah satu langkah agar sekolah dapat tetap beroperasi dan melangsungkan kegiatan belajar-mengajar dengan salah satu syaratnya adalah memiliki sarana dan prasarana sekolah yang pada Permendiknas No.24 Tahun 2007.

Kategori Kelengkapan Detail Enjiniring Bangunan menjadi sangat penting dalam penilaian kesiapsiagaan komponen struktural karena dengan adanya dokumen enjiniring yang terdiri dari dokumen tanah dan dokumen struktur, bangunan sekolah sudah melalui proses perencanaan yang benar. Dokumen tanah yang dimaksud merupakan laporan geoteknik yang dapat berupa laporan sondir atau klasifikasi tanah berdasarkan *Standard Penetration Test* (N-SPT) yang menandakan komponen struktural bawah tanah direncanakan dengan baik. Selain itu, dengan adanya dokumen struktur seperti gambar kerja konstruksi (*as-built drawings*) dapat dikatakan bahwa komponen struktural bangunan bagian atas sudah direncanakan dengan baik dan sudah melalui proses serah terima antara pelaksana konstruksi (kontraktor) dengan pemilik proyek (*owner*) secara baik dan jelas. Dokumen enjiniring sendiri merupakan bagian sangat penting yang akan mendukung penilaian terhadap apa yang tertulis pada dokumen tanah maupun dokumen struktur dengan keadaan yang ada pada di lapangan yang tentu akan mempengaruhi kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah terhadap ancaman gempa bumi. Keseluruhan bagian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Prasyarat Pemeriksaan

| Kategori | Sub Kategori | Indikator | Sub Indikator | |
|---|--------------------------------------|--|--|--|
| 1. Syarat Bangunan Sekolah | A. Persetujuan Bangunan Gedung (PBG) | A.1 Kepemilikan PBG | A1.1. Pemanfaatan PBG sesuai (1) Ya (2) Tidak | |
| | | (a) Ada (Lampirkan bukti) | | |
| | | (b) Tidak ada | | |
| | B. Syarat Operasional Sekolah | B.1 Kepemilikan Surat Operasional dari Pemerintah / Yayasan | (a) Ada (Lampirkan bukti) | |
| | | | (b) Tidak ada | |
| | | B.2 Terakreditasi oleh BAN-SM | (a) Sudah terakreditasi | |
| (b) Belum terakreditasi | | | | |
| 2. Kelengkapan Detail Enjiniring Bangunan | A. Kelengkapan Dokumen Tanah | A.1 Kepemilikan data tanah | (a) Punya (b) Tidak punya | |
| | | (a) Punya | | |
| | | (b) Tidak punya | | |
| | B. Kelengkapan Dokumen Struktur | B.1 Gambar kerja konstruksi | (a) Punya | |
| | | | (b) Tidak punya | |
| | | | | |
| | | | | |

Bagian IV: Pemeriksaan Visual, terdiri dari empat kategori yaitu (a) Kondisi dan Luas Bangunan, (b) Pengetahuan Instrumen Penunjuk Risiko Gempa Bumi, (c) Upaya Pemeliharaan Komponen Struktural Sekolah, dan (d) Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktural.

1. Kondisi dan Luas Bangunan.

Kategori ini terdiri atas dua sub-kategori yang membahas tentang (a) luas lantai bangunan dan (b) kemiringan bangunan. Selain berkaitan dengan keadaan komponen struktural, kondisi dan luas bangunan juga mempengaruhi proses perencanaan bangunan sekolah, sehingga pada pelaksanaannya dapat diperiksa dan dinilai dengan pemeriksaan gambar kerja. Sub kategori luas lantai bangunan diambil mengingat pada proses perencanaan komponen struktural suatu bangunan direncanakan dengan dimensi dan ukuran tertentu agar beban yang direncanakan pada suatu ruangan atau bangunan dapat terdistribusi dengan baik pada komponen struktural yang ada pada bangunan tersebut. Sub-kategori yang terakhir adalah kemiringan bangunan. Selain dapat menyebabkan distribusi beban dan kapasitas kolom yang menurun, kemiringan bangunan juga dapat melemahkan kekakuan struktur yang ada serta dapat menyebabkan terjadi degradasi struktur bahkan hingga kerusakan parah pada beberapa komponen struktural bangunan sekolah.

2. Pengetahuan Instrumen Penunjuk Risiko Gempa Bumi.

Kategori ini merupakan tindak lanjut pemetaan kondisi pengetahuan dasar mengenai risiko ancaman gempa bumi yang dapat berpengaruh terhadap kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah. Kategori ini akan terdiri dari dua sub-kategori yang berisikan seputar pengetahuan mengenai alat bantu memahami dan mengetahui risiko ancaman gempa bumi tempat bangunan sekolah berada. Kategori ini juga merupakan bentuk sosialisasi aplikasi INARisk yang diluncurkan BNPB untuk mengidentifikasi indeks risiko gempa bumi tempat bangunan sekolah berada.

3. Upaya Pemeliharaan Komponen Struktural Sekolah.

Upaya pemeliharaan yang dilaksanakan oleh pihak sekolah dilakukan untuk memastikan bahwa keandalan dan kerentanan komponen struktural tetap dalam kondisi baik tanpa ada kerusakan pada komponen struktural. Upaya pemeliharaan bangunan gedung sendiri dapat diartikan sebagai kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarannya agar bangunan gedung selalu laik fungsi (Kementerian Pembangunan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2010) dalam penelitian ini bangunan sekolah. Kategori ini akan dibagi menjadi tiga sub-kategori yang terbagi atas jenis pemeliharaan seperti yang sudah diatur secara teoritis dalam *British Standards* BS EN: 13306:2010 tentang Terminologi Pemeliharaan (*Maintenance Terminology*) dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 24 Tahun 2008 : pemeriksaan berkala komponen struktural, upaya pemeliharaan rutin, dan upaya pemeliharaan tidak rutin. Salah satu bentuk pemeliharaan

gedung adalah dengan melakukan pemeriksaan bangunan secara berkala pada ruang lingkup struktural sebagai bentuk dari perawatan preventif (*preventive maintenance*) yang tertuang dalam Permenpu No. 24 Tahun 2008. Hal ini disebabkan karena melalui pemeriksaan secara berkala tersebut kerusakan-kerusakan yang terdapat pada bangunan sekolah dapat diketahui, dan diperbaiki. Oleh karena dasar tersebut, maka sub-kategori pemeriksaan berkala secara berkala komponen struktural ditetapkan dalam alat ukur penilaian diri yang ada.

Sub-kategori yang kedua, upaya pemeliharaan rutin ditetapkan untuk menandakan bahwa pihak sekolah peduli terhadap keadaan dan pemeliharaan komponen struktural yang ada di bangunan sekolah secara rutin. Secara khusus, hal ini dijelaskan pada Permendiknas No. 24 Tahun 2007, Bab III, huruf B butir (1) dan butir (2) yang menyatakan ruang lingkup pemeliharaan harus memelihara secara baik dan teratur unsur-unsur struktur bangunan gedung dan unsur-unsur pelindung struktur serta berdasar pada Permendiknas No. 24 Tahun 2007.

Upaya pemeliharaan tidak rutin sebagai sub-kategori terakhir pada kategori ini ditetapkan atas dasar pertimbangan perlunya bentuk *corrective maintenance* pada suatu bangunan sesuai yang dinyatakan pada BS EN: 13306:2010. Sub-kategori ini fokus kepada penilaian perbaikan secara langsung apabila ditemui kerusakan di luar jadwal pemeriksaan rutin atau saat pemeriksaan setelah bencana terjadi, sehingga kerusakan-kerusakan tidak menimbulkan degradasi struktural atau kerusakan struktur yang menjalar ke bagian-bagian lain.

4. Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur.

Pemeriksaan suatu bangunan terhadap gempa bumi tentu tidak lepas dari pemeriksaan kondisi komponen strukturalnya seperti balok, kolom, pelat lantai, dan lain-lain. Hal ini disebabkan kondisi komponen struktural merupakan gambaran awal kondisi keandalan dan kerentanan suatu bangunan, termasuk bangunan sekolah. Kategori ini terdiri dari

enam sub-kategori yang dibagi atas identifikasi per jenis komponen struktur: (a) fondasi, (b) balok, (c) kolom, (d) dinding, (e) atap, dan (f) pelat lantai. Pembagian ini juga diperkuat selain dengan referensi berbagai literatur standar pemeriksaan visual dan panduan penerapan manajemen bencana pada lingkungan sekolah, juga mengikuti referensi sebagaimana diatur dalam Permenpu No. 24 Tahun 2008 .

a. Identifikasi Awal Kerusakan Struktur Fondasi

Fondasi adalah salah satu komponen struktur yang letaknya berada di bawah tanah. Fondasi sendiri merupakan salah satu komponen struktur yang sangat penting karena beban yang berada pada suatu bangunan akan didistribusikan dan ditopang pada akhirnya oleh fondasi, sehingga ketiadaannya mustahil bagi suatu pembangunan (Rustiani et al., 2020). Atas dasar tersebut, sub-kategori ini ditetapkan. Namun akibat letaknya yang berada di bawah tanah, pemeriksaan struktur fondasi menjadi cukup sulit dilakukan oleh mata telanjang. Oleh karena itu, pemeriksaan fondasi memerlukan alat uji khusus dan kompetensi ahli untuk membaca hasil dari pengujian tersebut yang membuat terdapat beberapa keterbatasan dalam penilaian mandiri. Di sisi lain, pemeriksaan struktur fondasi tetap harus dapat dilakukan oleh pihak sekolah secara swadaya sehingga indikator-indikator yang ada di dalamnya disesuaikan sesuai dengan Permenpu No.24 Tahun 2008.

b. Pada sub-kategori Identifikasi Awal Kerusakan Balok, variabel yang dikembangkan mempertimbangkan variasi material bangunan, yaitu beton, baja, maupun komposit. Kedua sub-kategori tersebut menggunakan indikator yang sama sesuai dengan tingkat degradasi struktur yang ada pada komponen struktural baik balok maupun kolom. Degradasi pada komponen struktural beton dapat terjadi baik karena pengaruh cuaca dan lingkungan, serta upaya pemeliharaan yang tidak efisien. Umumnya, degradasi yang dapat terjadi pada balok dan kolom beton adalah keretakan. Keretakan adalah merupakan pecahnya atau disintegrasinya elemen struktur pada beton dan merupakan identifikasi awal dari kegagalan pada struktur (Mehndi et al., 2014). Retak sendiri dapat diidentifikasi dengan melihat secara komprehensif permukaan balok dan kolom beton. Retakan mikro yang umumnya terjadi pada struktur beton adalah sumber potensi munculnya perambatan retak yang mengarah pada kegagalan struktur (Muin et al., 2020) di kemudian hari. Saat beton

bertambah usia, keretakan juga menjadi salah satu sumber masuknya kelembaban, oksigen, klorin, karbon monoksida dan gas-gas lain yang dapat menyebabkan degradasi struktur yang serius serta dapat menyebabkan karat pada tulangan dalam beton (Mehndi et al., 2014). Karat pada tulangan beton sendiri merupakan masalah utama dalam kerusakan struktur beton bertulang dalam masa kelayanan/*serviceability* (Biswas et al., 2019) komponen struktural seiring berjalannya waktu. Karat pada tulangan dapat mengakibatkan kapasitas beban yang dimiliki oleh suatu tulangan menurun, hancurnya ikatan beton dan baja tulangan, keretakan atau pecahnya selimut beton (*gompal*) / *spalling*, dan lain-lain. Akibatnya, struktur tersebut secara bertahap kehilangan kelayanan, fungsional, dan tentunya keamanan struktur (Biswas et al., 2019). Maka, indikator di dalam sub-kategori ini dinilai berdasarkan hierarki tingkat parahnya degradasi pada komponen struktural yaitu: keretakan, delaminasi/*gompal*, dan tulangan terekspos. Bagi komponen struktur yang terbuat dari baja, penetapan indikator ditetapkan berdasarkan elemen struktur yang ada pada komponen struktur baja antara lain profil baja (balok atau kolom baja) dan sambungan baja. Kerusakan pada balok baja ditandai dengan terjadinya kegagalan pada profil baja yang dapat dilihat dengan ekstrimnya lendutan pada baja atau dalam bahasa umumnya, bengkok. Tentu, kegagalan pada balok atau kolom baja identik dengan gagal tekuk atau gagal lentur. Ketika kegagalan terjadi, maka dapat dikatakan kapasitas baja untuk menahan beban sudah melampaui batas yang ditentukan sehingga dapat dikatakan baja sudah tidak dapat berfungsi sebagai suatu komponen struktural penahan dan distributor beban. Karat pada baja sendiri merupakan degradasi struktural yang dapat menurunkan kapasitas profil baja pada balok dan/atau kolom. Karat/korosi dapat menyebabkan terkikisnya profil baja yang membuat luas penampang baja menjadi tidak sesuai standar atau fabrikasi semula sesuai dengan rencana. sehingga indikator tersebut perlu dinyatakan.

c. Identifikasi Awal Kerusakan Kolom

Sub-kategori ini secara umum membahas, menilai, dan berisi variabel-variabel yang sama dengan balok sebab degradasi yang terjadi pada kedua komponen struktural ini bagi mata orang awam dapat dinilai dan dikategorikan serupa dan/atau sama.

d. Inspeksi Kerusakan Awal Struktur Dinding

Walaupun dinding bata tidak bisa dikategorikan langsung sebagai komponen struktural, nyatanya beban serta fungsi dinding bata secara tidak langsung mempengaruhi distribusi beban pada suatu bangunan terhadap komponen struktural. Retak pada dinding bata dapat mengakibatkan rusaknya dinding mulai dari delaminasi, *gompal*, hingga berlubang sehingga dapat mengganggu baik secara fungsional ruang serta distribusi beban struktur. Retak pada dinding bata dapat disebabkan oleh berbagai faktor baik dari lingkungan (*rain leak*) maupun teknis akibat turunnya dan/atau naiknya permukaan tanah, serta kegagalan tulangan pada dinding apabila dinding merupakan *load-bearing wall* (Mishra, G., 2020). Seperti seperti apa yang terjadi pada beton, rongga yang diakibatkan dari retak pada dinding dapat menyebabkan kerusakan yang lebih parah. *Rain leak* sendiri merupakan tanda dari meningkat kelembaban pada permukaan dinding dan selanjutnya ke dalam dinding sehingga berpotensi membuat campuran beton yang sudah ada menjadi lebih keropos dan retak. Di sisi lain, penurunan dan kenaikan permukaan tanah dapat membuat keseluruhan bangunan sekolah tidak lagi berada pada sumbu tegak (*disposisi*), dan berpotensi untuk menyebabkan dinding terangkat atau tertarik sehingga akhirnya lepas dari ikatan antar dinding atau terhadap balok dan pelat. Oleh karena itu, setiap kemungkinan degradasi struktural yang dapat terjadi pada dinding bata bukan saja mempengaruhi kesiapsiagaan komponen struktural, melainkan keseluruhan bangunan sekolah.

e. Inspeksi Awal Kerusakan Atap

Atap berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada di dalam bangunan dari media luar, serta pembagi beban yang berasal dari luar tersebut. Apabila rangka atap tidak berada dalam keadaan yang baik, maka struktur atas bangunan dapat rusak dan sesaat mengacaukan distribusi beban terhadap komponen struktural yang ada di bawahnya. Pihak sekolah sendiri dapat memeriksa apakah atap yang ada pada bangunan sekolah terdapat

penutup atap yang rusak maupun dak beton yang bocor karena melalui variabel tersebutlah, identifikasi awal kerusakan pada struktur rangka atap maupun beton pada dak mulai terdapat degradasi struktural yang signifikan.

- f. Inspeksi Awal Kerusakan Pelat Lantai
Pelat lantai merupakan komponen mendatar yang berfungsi sebagai distributor beban baik beban hidup, beban mati, dan beban mati tambahan ke balok dan kolom. Umumnya, jika terjadi penurunan tanah maupun naiknya permukaan tanah, akan didapat bahwa tidak rata pelat lantai yang ada pada lantai dasar. Sub-kategori ini memiliki dua indikator yang dibagi atas dasar tanda-tanda bahwa pelat lantai mengalami kerusakan/degradasi struktural. Indikator pertama, bagian lantai yang tidak rata (naik-turun) diambil sebagai bentuk penilaian awal adanya indikasi penurunan tanah yang menyebabkan struktur pelat lantai bangunan juga ikut turun sehingga tidak terletak pada elevasi yang sama sehingga dapat membahayakan kondisi komponen struktural lainnya yang ada pada bangunan sekolah. Selain itu, bagian lantai yang terdapat tanaman liar mengacu kepada pedoman pemeliharaan fondasi yang diusahakan terhindar dari kebocoran drainase dan rambatan akar tanaman liar sesuai dengan acuan Permenpu No.24 Tahun 2008.

Sub-kategori dalam kategori Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur yang memiliki bobot terbesar adalah Identifikasi Awal Kerusakan Kolom (30%). Fungsi kolom sebagai penerima gaya lateral dari gempa, dan sekaligus penumpu balok menjadikannya sebagai komponen struktural yang menerima distribusi gaya paling besar, baik gaya tekan maupun momen. Selain itu, kolom juga berfungsi untuk menerima dan menyalurkan gaya dari lantai yang lebih atas ke lantai di bawahnya. Bobot terbesar selanjutnya secara berurutan dimiliki oleh sub-kategori Identifikasi Awal Kerusakan Fondasi (26%) karena perannya sebagai penopang seluruh struktur bangunan diikuti dengan Identifikasi Awal Kerusakan Balok (20%), Identifikasi Awal Kerusakan Dinding (13%), Identifikasi Kerusakan Pelat Lantai (7%), dan terakhir Identifikasi Kerusakan Pelat Lantai (4%).

Setiap variabel dalam bagian IV. Pemeriksaan Visual akan dibobot. Hal ini dimaksudkan agar instrumen tersebut dapat menghasilkan suatu angka/poin yang menunjukkan tingkat kesiapsiagaan bangunan sekolah yang ditinjau. Berdasarkan hasil dari AHP, dihasilkan bahwa kategori Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur (36%) memiliki bobot paling besar dibandingkan kategori lainnya karena kondisi kesiapsiagaan bangunan sekolah pada akhirnya memang ditentukan oleh keadaan komponen struktural. Komponen struktural yang memiliki kerentanan yang rendah dan keandalan yang tinggi tentu ditandai minimnya kerusakan yang terjadi pada komponen struktural tersebut dan hal tersebut secara tidak langsung menandakan bahwa pemeliharaan terhadap komponen-komponen tersebut dilakukan dan direncanakan dengan baik dan benar. Tentunya, pemeliharaan yang baik memerlukan tingkat kesadaran yang tinggi dari pihak sekolah dan hal tersebut menandakan pihak sekolah paham betul akan risiko bencana gempa bumi. Berdasarkan alasan tersebut, maka sudah seharusnya kategori Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur memiliki bobot tertinggi diikuti dengan bobot kategori Upaya Pemeliharaan Komponen Struktural Bangunan Sekolah (27%), Pengetahuan Instrumen Penunjuk Risiko Gempa Bumi (22%), dan Kondisi dan Luas Bangunan (16%)

Alat ukur penilaian diri bagi pihak sekolah yang dikembangkan juga memperhitungkan kemungkinan kombinasi material penyusun struktur pada struktur bangunan seperti bangunan komposit. Bagi bangunan sekolah yang terbuat dari struktur komposit, maka 59% dari penilaian sub-kategori 4.b dan 4.c adalah milik komponen struktural yang terbuat dari baja dan 41% dari penilaian sub-kategori tersebut adalah milik komponen struktural yang terbuat dari beton. Keseluruhan bagian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Pemeriksaan Visual

| Kategori | Sub Kategori | Indikator | |
|---|---|--------------------------------------|---|
| [1] | [2] | [3] | |
| 1. Kondisi dan Luas Bangunan (16%) | A. Luas Lantai Bangunan (29%) | A.1 | Lebar Ruang Kelas [50%] (a) > 5 m (melebihi syarat minimum) (100%) (b) < 5 m (kurang dari syarat minimum) (0%) |
| | | A.2.1 | Luas Ruang Kelas (Untuk murid <15 orang) [50%] (a) > 30 m ² (100%) (b) < 30 m ² (0) |
| | | A.2.2 | Luas Ruang Kelas (Untuk murid >15 orang) [50%] (a) Melebihi syarat minimum (100%) (b) Kurang dari syarat minimum (0) |
| | B. Kemiringan Bangunan (71%) | B.1 | Keadaan Sekolah Dalam Keadaan Miring (a) Ya, dalam keadaan miring (0) (b) Tidak dalam keadaan miring (100%) |
| | | | |
| | 2. Pengetahuan Instrumen Penunjuk Risiko Gempa Bumi (22%) | A. Pengetahuan Peta Gempa BNPB (25%) | A.1 |
| B. Aplikasi InaRISK BNPB (75%) | | B.1 | Pengetahuan tentang Aplikasi INARisk BNPB (a) Tahu (100%) (b) Tidak Tahu (0) |
| 3. Upaya Pemeliharaan Komponen Struktural Sekolah (27%) | A. Pemeriksaan Berkala Komponen Struktural (45%) | A.1 | Upaya Pemeriksaan Komponen Struktural Berkala [71%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | | A.2 | Memiliki Data Historis/ Rekam Jejak Pemeriksaan Berkala [29%] (a) Punya (100%) (b) Tidak Punya (0) |
| | | B.1 | Upaya Pengecatan Rutin dalam Jangka Waktu Tertentu [10%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | | B.2 | Upaya Sekolah Memiliki Upaya Pembersihan Dinding Rutin [11%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | B. Upaya Pemeliharaan Rutin (51%) | B.1 | Upaya Pengecatan Rutin Dalam Jangka Waktu Tertentu [10%] (a) Ada (b) Tidak ada (0) |
| | | B.2 | Upaya Pembersihan Dinding Sekolah Rutin [11%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | | B.3 | Upaya Perbaikan Kerusakan Komponen Struktural Secara Rutin [52%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | | B.4 | Upaya Sekolah Untuk Mengganti Rangka Atap Secara Rutin [27%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | C. Upaya Pemeliharaan Tidak Rutin (8%) | C.1 | Upaya Perbaikan Langsung Sesaat Ditemukannya Kerusakan [55%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |
| | | C.2 | Upaya Perbaikan Akibat Bencana Gempa Bumi Yang Akan Dilakukan [45%] (a) Ada (100%) (b) Tidak ada (0) |

Tabel 2 Pemeriksaan Visual

| Kategori [1] | Sub Kategori [2] | Indikator [3] |
|---|---|---|
| 4. Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur (36%) | A. Identifikasi Awal Kerusakan Fondasi (26%) | A.1 Bagian Bangunan yang Menunjukkan Terjadinya Penurunan Tanah [49%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | A.2 Bagian Tanah yang Tergerus [34%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | A.3 Drainase di Permukaan atau Dalam Tanah yang Bocor [17%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | B.1 Untuk Balok yang Terbuat dari Beton |
| | | B.1.1 Kerusakan pada Balok Beton (Delaminasi, Gompal) [31%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | B.1.2 Keretakan pada Balok Beton [18%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | B.1.3 Tulangan Terekspos pada Balok Beton [51%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | B.2 Balok Terbuat dari Baja . |
| | | B.2.1 Kerusakan pada Balok Baja (Retak / Bengkok) [42%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | B.2.2 Kerusakan pada Sambungan Baja [47%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |
| | B.2.3 Karat pada Balok Baja [11%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |
| | C. Identifikasi Awal Kerusakan Kolom (30%) | C.1 Kolom Terbuat dari Beton |
| | | C.1.1 Kerusakan pada Kolom Beton (Delaminasi, Gompal) [31%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | C.1.2 Keretakan pada Kolom Beton [21%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | | C.1.3 Tulangan terekspos pada Kolom Beton [49%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| C.2 Kolom Terbuat dari Baja | | |
| C.2.1 Kerusakan pada Kolom Baja (Bengkok, Gagal Tekuk) [36%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | | |
| C.2.2 Kerusakan pada Sambungan Baja [48%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | | |
| C.2.3 Karat pada Kolom Baja [16%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | | |
| D. Identifikasi Awal Kerusakan Dinding (13%) | | D.1 Retak pada Dinding Sekolah [36%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) |
| | D.2 Rembesan Air pada Dinding [15%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |

Tabel 2 Pemeriksaan Visual

| Kategori | Sub Kategori | Indikator | | |
|--|--|------------------|---|--|
| [1] | [2] | [3] | | |
| 4. Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur (36%) | D. Identifikasi Awal Kerusakan Dinding (13%) | D.3 | Kerusakan / Lubang pada Dinding Sekolah [49%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |
| | E. Identifikasi Awal Kerusakan Atap (4%) | E.1 | Penutup Atap yang Rusak / Dak Beton Bocor (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |
| | F. Identifikasi Awal Kerusakan Pelat Lantai (7%) | F.1 | Bagian lantai yang Tidak Rata (Naik-Turun) [65%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |
| | | F.2 | Bagian Lantai yang Terdapat Rambatan Akar Tanaman Liar [35%] (a) Ada (0%) (b) Tidak ada (100%) | |
| | | | | |
| | | | | |

Setelah menetapkan variabel dan memiliki bobot masing-masing, diperlukan pula sistem penilaian dari alat ukur penilaian diri bagi pihak sekolah yang dikembangkan. Untuk mencapai tingkat kesiapsiagaan minimum komponen struktural bangunan sekolah tahan gempa bumi, nilai akhir rata-rata minimum yang ditetapkan adalah **80** dari total nilai sempurna 100. yang dihasilkan atas pertimbangan bahwa beberapa variabel harus dipenuhi, antara lain:

1. bangunan sekolah memiliki luas ruang kelas lebih dari luas minimum dan tidak dalam keadaan miring,
2. pihak sekolah tahu perihal Peta Indeks Risiko Gempa Bumi di Indonesia dan aplikasi INARisk-BNPB,
3. pihak sekolah memiliki upaya pemeriksaan berkala terhadap komponen struktural bangunan sekolah dan program perbaikan komponen struktural rutin berikut seluruh upaya pemeliharaan tidak rutin
4. struktur fondasi bangunan sekolah tidak terindikasi adanya penurunan tanah
5. untuk struktur balok dan kolom bangunan sekolah yang terbuat dari beton tidak terdapat tulangan yang terekspos, dan bagi yang terbuat dari baja tidak terdapat balok dan/atau kolom yang rusak (gagal/bengkok) pada profil baja dan sambungan baja.
6. tidak terdapat kerusakan pada dinding, atap, dan dak beton bangunan sekolah, dan lantai bangunan sekolah tidak mencerminkan lantai yang tidak rata (naik-turun).

Nilai minimum kesiapsiagaan komponen struktural bangunan sekolah senilai 80 ditentukan berdasarkan keseluruhan hasil penilaian sebuah bangunan dalam memenuhi enam kriteria di atas berdasarkan bobot pada **Tabel 2**. Dengan dipenuhinya enam kriteria tersebut, komponen struktur dapat dipastikan berada dalam kondisi yang cukup baik dalam mempertahankan

kapasitas serta keandalan struktur bangunan sekolah terhadap ancaman gempa bumi.

Alat ukur dapat digunakan dengan mengisi kolom yang tersedia dari sisi paling kiri ke kanan. Nilai instrumen dihitung dengan mengalikan bobot variabel dari kanan ke kiri. Sementara itu, perhitungan nilai dihitung dengan cara melakukan perkalian bobot variabel dari kanan hingga ke kiri (dari variabel indikator pada kolom [3] hingga variabel kategori pada kolom [1]. Sebagai contoh kasus, sebuah bangunan sekolah komposit memiliki kondisi tidak ada balok yang retak dan gompal, namun terdapat tulangan terekspos pada balok beton. Di sisi lain, untuk balok yang terbuat dari baja, terdapat karat pada balok namun balok tidak mengalami kerusakan begitu pula dengan sambungan baja. Berdasarkan contoh tersebut, total nilai yang didapat oleh variabel balok beton adalah sebesar 49% [(100% x 31%) + (100% x 18%) + (0% x 51%)] dan 89% untuk variabel balok yang terbuat dari baja [(100% x 42%) + (100% x 47%) + (0% x 11%)] sehingga dengan persentase bobot kombinasi struktur komposit menghasilkan 20,09% (49% x 51%) dan 52,51% (89% x 59%) atau secara keseluruhan mendapatkan nilai 72,6%. Nilai 72,6% tersebut menghasilkan suatu penilaian terhadap sub-kategori 4.b Identifikasi Awal Kerusakan Balok sebesar 5,22% (72,6% x 20% x 36%) dari total keseluruhan penilaian.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur kesiapsiagaan bangunan sekolah terhadap bencana gempa bumi melalui penilaian kesiapsiagaan struktur bangunan sekolah dalam aspek struktural. Aspek tersebut direpresentasikan oleh penilaian kerentanan dan keandalan struktural bangunan sekolah, salah satunya dengan melakukan

pemeriksaan visual terhadap kondisi komponen struktural bangunan sekolah. Hasil dari penilaian alat ukur tersebut kemudian dapat dikonversi menjadi tingkat kesiapsiagaan sekolah yang aman terhadap bencana gempa bumi atau tidak. Alat ukur yang dihasilkan terdiri dari empat bagian. Bagian pertama dinamakan Data Diri Sekolah, bagian kedua dinamakan Data Bangunan Sekolah, dan bagian ketiga dinamakan Prasyarat Pemeriksaan dimana seluruh kategori dalam bagian tersebut harus dipenuhi tanpa ada pernyataan negasi. Untuk bagian terakhir, Pemeriksaan Visual adalah bagian yang memiliki bobot dan nilai yang didapat dari hasil AHP. Bagian ini terdiri atas 4 kategori, Kondisi dan Luas Bangunan (16%) yang memiliki 2 sub-kategori dan 4 indikator, Pengetahuan Instrumen Penunjuk Risiko Gempa Bumi (22%) yang terdiri atas 2 sub-kategori dan 2 indikator, Upaya Pemeliharaan Komponen Struktural Sekolah yang terdiri atas 3 sub-kategori dan 8 indikator, serta Identifikasi Awal Kerusakan Komponen Struktur (36%) dengan 6 sub-kategori dan 21 indikator. Penelitian ini menghasilkan suatu nilai minimum sebesar 80 pada bagian ini agar dapat dikatakan bahwa bangunan sekolah memiliki kesiapsiagaan yang baik terhadap bencana gempa bumi. Alat ukur ini diharapkan dapat digunakan untuk menilai tingkat kesiapsiagaan struktur suatu bangunan sekolah dan ke depannya dapat digunakan untuk memetakan kondisi bangunan sekolah di Indonesia dalam rangka mengurangi risiko bencana gempa bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aplikasi INARisk (2016). Badan Nasional Penanggulangan Bencana Republik Indonesia. <https://inarisk.bnpb.go.id/about>
- ASEAN Safe School Initiative (2016). School Disaster Risk Management Guidelines for Southeast Asia. ASEAN.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI). Retrieved from 10th June 2021. <https://dibi.bnpb.go.id>
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2019. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2015. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2019. Jakarta : BSN.
- BSI Standards Publication. (2010). BS EN 13306:2010 tentang Terminologi Pemeliharaan (*Maintenance Terminology*). European Committee for Standardization.
- Biswas, R. K., Iwanami, M., Chijiwa, N., & Uno, K. (2019). Effect of Non-Uniform Rebar Corrosion on Structural Performance Of RC Structures: A numerical and experimental investigation. *Construction and Building Materials*, 230(September).
- Carter, W. N. (2008). *Disaster Management A Disaster Manager's Handbook*. Asian Development Bank, Filipina.
- Copolla, D. P. (2007). *Introduction to International Disaster Management*. Elsevier, Burlington.
- El-Arab, I. M. E. (2017). Seismic Risk Assessment of Existing School Buildings in Egypt. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Volume 4(4), 62–70.
- Falorca, J. F., Miraldes, J. P. N. D., & Lanzinha, J. C. G. (2021). New trends in visual inspection of buildings and structures: Study for the use of drones. *Open Engineering*, 11(1), 734–743.
- Federal Emergency Management Agency (2015). "P-154 Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook" Third Ed. Washington, D.C. United States of America.
- Hidayati, D., Widayatun dan Triyono (2010). *Sekolah Siaga Bencana: Pembelajaran dari Kota Bengkulu*. LIPI Press, Jakarta.
- International Finance Corporation. (2010). "Disaster and Emergency Preparedness: Guidance for Schools". Pennsylvania: Health and Education Department. International Finance Corporation
- Jayady, Arman; Saputra, Nurwidi R.J.S; Zulfiar, Muhammad H. (2018). Kerentanan Bangunan Rumah Cagar Budaya Terhadap Gempa di Yogyakarta. *Jurnal Karkasa No.1 Vol 4*.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No.24 Tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana Untuk Sekolah Dasar/Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTs), dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA). Kementerian Pendidikan Republik Indonesia, Jakarta.
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. *Data Pokok Pendidikan*.

- Retrieved from 9th June 2021.*
<https://dapo.kemdikbud.go.id/>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung. Kementrian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2010). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 16/PRT/M/2010 tentang Pedoman Teknis Pemeriksaan Berkala Bangunan Gedung. Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Kondo, Y., Oshima, Y., & Kim, C. W. (2019). Vibration Monitoring on a PC Bridge During a Bridge Collapse Test. 9th ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials, SMART 2019, 291–300.
- Mahulae, Adinanto, dkk. (2015). Modul 1 Pilar 1-Fasilitas Sekolah Aman. Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri Sekretariat Jenderal Kemendikbud, Jakarta.
- Mehndi, S. M., Khan, M. A., & Ahmad, S. (2014). Causes and Evaluation of Cracks in Concrete Structures. *International Journal of Technical Research and Applications*, Volume 2(5), 29–33.
- Mishra, Gopal. “Cracks in Masonry Walls – Types, Causes and Repair of Cracks”. *Retrieved from 19 March 2020.*
<https://theconstructor.org/building/cracks-in-masonry-walls/1464/>
- Muin, R. B., Alva, S., Patty, A. H., Fidi, F., & Arianti, A. D. (2020). Pengontrolan Retak pada Beton dengan Optimalisasi Interaksi Komposit Beton pada Interface Zone. *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 27(1), 61.
- Murakami, Masaya, dkk. (2001), “Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings”. The Japan Building Disaster Prevention Association, Tokyo, Japan.
- New Zealand Society for Earthquake Engineering (2006). *Assessment and Improvement of the Structural Performance of Buildings in Earthquakes*. New Zealand.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Rohith, V. R., Kolathayar, S., Priyatham, K., Kumar, V. K., & Nikil, S. (2018). Disaster Preparedness Index: A Valid and Reliable Tool to Comprehend Disaster Preparedness in India. *Urbanization Challenges in Emerging Economies.*, April 2019, 156–163.
- Rustiani, S., & Sukardi, F. F. (2020). Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Dalam Tanah Berpasir (Cemented) Dan Lanau. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Volume 27 No.1–23.
- Triyono, T., Putri, R. B., & Koswara, Asep Aditya, V. (2013). *Panduan Penerapan Sekolah Siaga Bencana Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*, Bandung.
- Triyono, T., Surtiari, G., Putri, R., Koswara, A., & Aditya, V. (2012). *Naskah Kebijakan Penerapan Sekolah Siaga Bencana di Indonesia*. Program Pendidikan Publik dan Kesiapsiagaan-Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.