

PENGARUH KERENTANAN BANGUNAN GEDUNG SEKOLAH PADA DISTRIK JAYAPURA UTARA, DISTRIK JAYAPURA SELATAN, DISTRIK ABEPURA TERHADAP BAHAYA GEMPA BUMI DI KOTA JAYAPURA

Junpieter Gultom^{1*}, Harmonis Rante², Dewi Ana Rusim³, Duha Awaluddin Kurniatullah⁴, Mujiati⁵

Universitas Cenderawasih, Indonesia

Email: pietercheng@gmail.com^{1*}, harmonisrante72@yahoo.co.id²,
dewianarusim@yahoo.co.id³, duhaawaluddin@gmail.com⁴, mujijs@yahoo.com⁵

Abstrak

Bangunan gedung sekolah merupakan infrastruktur dengan tingkat potensi korban jiwa yang tinggi apabila terjadi gempa bumi, sehingga penting untuk dilakukan identifikasi terhadap kerentanan strukturnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan dan risiko seismik bangunan sekolah terhadap gempa bumi guna mendukung upaya mitigasi bencana di wilayah rawan gempa, khususnya di Kota Jayapura. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah *Rapid Visual Screening (RVS)* berdasarkan FEMA P-154 dan Evaluasi Risiko Seismik, yang diterapkan pada 111 bangunan sekolah dari 40 lokasi berbeda. Faktor-faktor seperti kondisi aktual bangunan, konfigurasi geometrik, dan tahanan beban lateral menjadi penentu utama dalam perhitungan nilai kerentanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tipologi struktur bangunan sekolah di Kota Jayapura didominasi oleh struktur beton bertulang dengan dinding pengisi tanpa tulangan (*concrete frames with unreinforced masonry infill walls*). Rata-rata peluang keruntuhan struktur berdasarkan metode RVS adalah sebesar 19,63%, sedangkan evaluasi risiko seismik menunjukkan tingkat risiko sedang dengan rata-rata nilai kerentanan sebesar 1901. Ditemukan pula hubungan signifikan antara peluang keruntuhan dan tingkat risiko melalui persamaan regresi linier $y = 1,09 + 3,54x$. Kesimpulannya, bangunan sekolah di Kota Jayapura memiliki kerentanan struktural yang patut menjadi perhatian dalam perencanaan mitigasi risiko bencana. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa hasil evaluasi dapat dijadikan dasar perumusan prioritas penguatan struktur bangunan sekolah guna meminimalkan risiko keruntuhan akibat gempa bumi di masa depan.

Kata Kunci: evaluasi risiko seismik, FEMA P-154, kerentanan struktur, peluang keruntuhan, tingkat risiko

Abstract

School buildings are infrastructure with a high potential level of casualties in the event of an earthquake, so it is important to identify the vulnerability of their structures. This study aims to analyze the level of vulnerability and seismic risk of school buildings to earthquakes in order to support disaster mitigation efforts in earthquake-prone areas, especially in Jayapura City. The methods used in this study are *Rapid Visual Screening (RVS)* based on FEMA P-154 and Seismic Risk Evaluation, which were applied to 111 school buildings from 40 different locations. Factors such as actual building condition, geometric configuration, and lateral load resistance were the main determinants in the calculation of vulnerability values. The analysis results show that the structural typology of school buildings in Jayapura City is dominated by reinforced concrete structures with unreinforced masonry

infill walls. The average chance of structural collapse based on the RVS method is 19.63%, while the seismic risk evaluation shows a moderate risk level with an average vulnerability score of 1901. A significant relationship between the probability of collapse and the risk level was found through the linear regression equation $y = 1.09 + 3.54x$. In conclusion, school buildings in Jayapura City have structural vulnerabilities that should be considered in disaster risk mitigation planning. The implication of this research is that the evaluation results can be used as the basis for formulating priorities for strengthening the structure of school buildings to minimize the risk of collapse due to future earthquakes.

Keywords: FEMA P-154, seismic risk evaluation, structural vulnerability, collapse opportunity, risk level

Pendahuluan

Gempa bumi merupakan salah satu potensi bencana alam yang sering terjadi di Indonesia (Birawaputra & Tethool, 2019; Thoyibah dkk., 2019). Kota Jayapura merupakan salah satu daerahnya yang memiliki potensi gempa besar. Pada Januari sampai dengan Februari di tahun 2023, tercatat oleh BMKG terjadi 1072 guncangan gempa dengan magnitud 4 sampai dengan 5 pada skala III- IV MMI. Risiko tinggi terhadap korban jiwa akibat gempa bumi harus diantisipasi, salah satunya pada bangunan gedung sekolah (Ahsanandi & Awaludin, 2022; Hardjono & Prayogo, 2017; Oktaviani dkk., 2022; Putra, 2015; Rahmanu dkk., 2021; Zulfar dkk., 2018). Identifikasi dan analisis terhadap kerentanan struktur bangunan diperlukan sehingga peluang keruntuhan dan tingkat risiko seismik dari struktur bangunan dapat diketahui sejak awal untuk kepentingan pengendalian risiko (Agustin dkk., 2020).

Analisis terhadap kerentanan bangunan dengan metode *Rapid Visual Screen* (RVS) dari FEMA P-154 adalah proses yang cepat dan efisien untuk mengidentifikasi kerentanan struktur bangunan dalam menentukan peluang keruntuhan (Council, 2015; Perrone dkk., 2015; Siddharth & Sinha, 2021). Siddharth dan Ajay Kumar Sinha (2022), membandingkan beberapa metode Rapid Visual Screening (RVS) yang digunakan di dunia dan menyatakan RVS FEMA P-154 dapat digunakan untuk pengembangan secara umum. Selain itu, Mohamed E.Sobaih dan Maha A.Nazif (2011), mengembangkan metode Evaluasi Risiko Seismik untuk mendapatkan suatu nilai tingkat resiko potensi keadaan kerusakan yang dapat digunakan sebagai prioritas perencanaan keamanan struktur pada bangunan sekolah. Kondisi aktual, konfigurasi geometrik dan tahanan beban lateral seismik menjadi pengaruh yang diidentifikasi dalam metode ini (Adeswastoto dkk., 2017; Lutfi & Suryawani, 2020; Muslim dkk., 2017; Nisaa' dkk., 2019; Tavio & Wijaya, 2018; Zulfar & Zai, 2021).

Kerentanan struktur bangunan gedung sekolah di Kota Jayapura menggunakan RVS FEMA P-154 memberikan hasil peluang keruntuhan struktur dengan tipologi yang tridentifikasi sedangkan Evaluasi Risiko Seismik memberikan hasil tingkat risiko seismik. Korelasi diantara kedua hasil ini diharapkan dapat memberikan suatu hubungan yang signifikan sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menjelaskan tingkat risiko terhadap besarnya peluang keruntuhan yang terjadi pada bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan dan risiko seismik bangunan sekolah terhadap gempa bumi guna mendukung upaya mitigasi bencana di wilayah rawan gempa, khususnya di Kota Jayapura.

Metode Penelitian

Analisis terhadap kerentanan struktur bangunan gedung sekolah diperoleh dari metode RVS FEMA P-154 dan metode Evaluasi Risiko Seismik. Pengumpulan data

lapangan dilakukan dengan cara mengidentifikasi kondisi struktur menggunakan lembar survei lapangan. Jumlah sampel yang diteliti sebanyak 40 (empat puluh) sekolah ditentukan secara acak. Pemilihan jumlah ini didasarkan pada keterwakilan wilayah serta keterbatasan sumber daya dan waktu, namun tetap dianggap cukup representatif untuk memberikan gambaran umum mengenai tingkat kerentanan struktur bangunan sekolah di kawasan tersebut. Dari 40 sekolah tersebut, diperoleh total 111 unit bangunan gedung yang masing-masing dianalisis secara individual. Data yang dikumpulkan dari setiap bangunan diklasifikasikan dan dikelompokkan berdasarkan tipologi struktur, jumlah lantai, tahun pembangunan, dan kondisi struktural, sebelum dilakukan pengolahan data untuk analisis kerentanan dan perhitungan tingkat risiko seismik. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi yang lebih akurat terhadap pola kerentanan dan potensi keruntuhan struktur bangunan sekolah dalam menghadapi ancaman gempa bumi.

Metode RVS FEMA P-154

Lembar survei lapangan RVS FEMA P-154 menggunakan kategori daerah seismik sangat kuat (*Very High Seismicity*). Penentuan lembar survei didasarkan pada parameter kegempaan di Kota Jayapura yang memiliki nilai percepatan gempa periode pendek (S_s) sebesar 1,50g dan nilai percepatan gempa periode 1 detik (S_1) sebesar 0,6225g. Langkah-langkah yang digunakan untuk mengisi formulir RVS FEMA P-154, sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi ukuran dan bentuk, serta membuat sketsa bangunan;
2. Mengidentifikasi pengaruh dari *verical irregularity*, *plan irregularity*, *pre-code*, *post benchmark*;
3. Mengidentifikasi dan melingkari sesuai kondisi bangunan pada masing-masing skor modifikasi;
4. Menentukan skor akhir
5. Memotret bangunan dan melampirkan foto pada formulir

Identifikasi bangunan saat survei lapangan akan menentukan tipologi dari struktur bangunan gedung. Keputusan terhadap tipologi struktur bangunan menentukan nilai *basic score* yang digunakan. Nilai kerentanan merupakan *final score* (S) yang diperoleh dengan melakukan modifikasi terhadap *basic score*, yaitu: modifikasi akibat pengaruh ketidakberaturan vertikal, ketidakberaturan denah, penerapan disain ketahanan gempa, dan pengaruh kondisi tanah. Persamaan 1 dan 2 adalah hubungan antara *final score* (S) dengan peluang keruntuhan (P).

$$S = \log_{10}(P) \dots\dots\dots \text{persamaan 1.}$$

$$P = 1/10^S \dots\dots\dots \text{persamaan 2.}$$

Metode Evaluasi Risiko Seismik (2012)

Metode Evaluasi Risiko Seismik dikembangkan oleh Mohamed E.Sobaih dan Maha A.Nazif (2011). Analisis terhadap kerentanan bangunan didasarkan pada parameter-parameter yang diberikan untuk menilai faktor kerentanan akibat pengaruh kondisi aktual bangunan, konfigurasi geometrik dan sistem tahanan kekuatan lateral. Lembar survei dalam penelitian ini disusun berdasarkan parameter-parameter tersebut. Langkah-langkah yang digunakan untuk mengisi lembar survei, yaitu:

1. Mengidentifikasi retakan pada bangunan gedung;
2. Mengumpulkan informasi terkait intensitas perawatan bangunan dan umur bangunan;

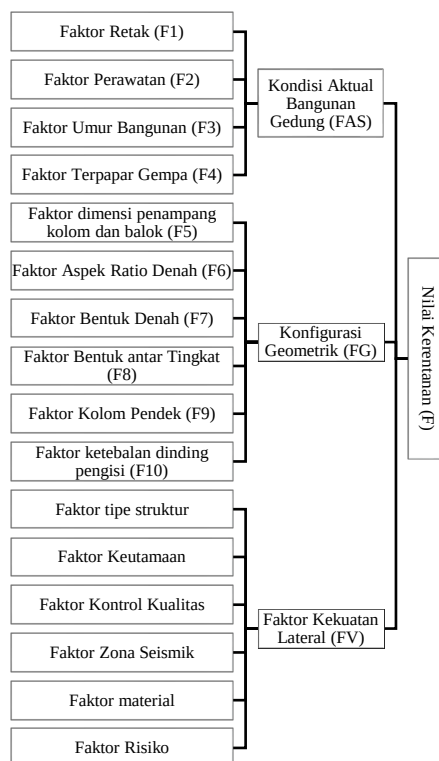
3. Mengidentifikasi geometrik bangunan: ukuran kolom dan balok, ukuran tebal dinding, bentuk dan ukuran denah, ukuran tinggi antar tingkat;
4. Mengidentifikasi sistem tahanan beban lateral seismik.

Proses analisis yang dilakukan adalah dengan menghubungkan data lapangan yang terkumpul pada tabel-tabel faktor kerentanan sehingga diperoleh nilai kerentanan struktur bangunan gedung.

Perolehan tingkat risiko seismik didasarkan pada nilai risiko seismik (FR) sesuai persamaan 3.

$$FR = F \times F_{SI} \times F_{ST} \times F_{SL} \dots\dots \text{persamaan 3.}$$

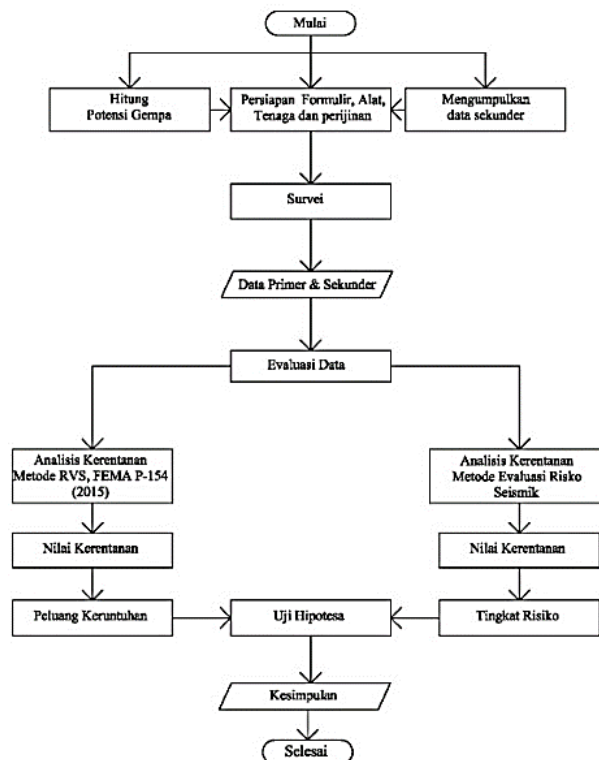
Nilai kerentanan bangunan (F) dikalikan dengan nilai faktor seismik akibat besar magnitud gempa yang diharapkan (F_{SI}), nilai faktor lokasi akibat kategori tanah pada lokasi bangunan (F_{ST}), dan faktor potensi terjadinya likuifaksi (F_{SL}). Alir penentuan nilai kerentanan dengan metode ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alir Perhitungan Nilai Kerentanan Struktur Bangunan Gedung

Analisis statistik dengan metode korelasi *Spearman* (R_s) dan metode Regresi Linier Sederhana digunakan untuk memastikan hubungan antara nilai peluang keruntuhan yang dihasilkan dari metode RVS FEMA P-154 dengan tingkat risiko seismik yang dihasilkan dari metode Evaluasi Risiko Seismik. Pada gambar 2., diagram alir menjelaskan proses penelitian yang dilakukan. Diawali dengan mengidentifikasi potensi gempa maksimum, mempersiapkan perlengkapan survei dan mengumpulkan data-data sekunder yang diperlukan selanjutnya dilakukan survei. Data yang terkumpul di evaluasi dan

dianalisis untuk mendapatkan peluang keruntuhan dan tingkat risiko struktur bangunan gedung. Pengujian hipotesis dilakukan untuk memberikan kesimpulan akhir.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

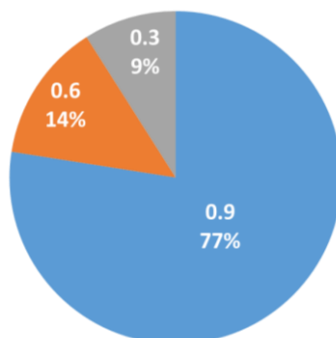
Hasil dan Pembahasan

Kerentanan Bangunan dengan Analisis Metode RVS FEMA P-154

Kondisi aktual keseluruhan struktur bangunan gedung sekolah di Kota Jayapura, teridentifikasi memiliki tipologi struktur beton bertulang dengan dinding pengisi (*concrete frames with unreinforced masonry infill walls*) kode C3 sesuai FEMA P-154 (Agustin dkk., 2020; Panennungi & Pertiwi, 2018). Nilai *basic score* kerentanan untuk tipologi ini sebesar 0.9 dengan besar peluang keruntuhan 13% dan nilai minimum sebesar 0.3 dengan besar peluang keruntuhan 50%. Konfigurasi geometrik struktur memberikan modifikasi skor akibat pengaruh *plan irregularity* yang terdapat pada 17 bangunan gedung dengan pengurangan nilai *basic score* sebesar -0.3. Pengaruh *vertical irregularity* dengan kondisi berat terdapat pada 9 bangunan gedung dengan memberikan pengurangan nilai *basic score* sebesar -0.6. Pengaruh ketahanan beban lateral seismik dengan modifikasi skor akibat *pre-code* dan *post benchmark* tidak ada pada tipologi struktur C3 karena tergolong pada struktur *non-engineering*. Untuk pengaruh dari kondisi tanah mengikuti nilai *basic score* dimana bangunan diasumsikan berada pada tanah keras atau kelas D.

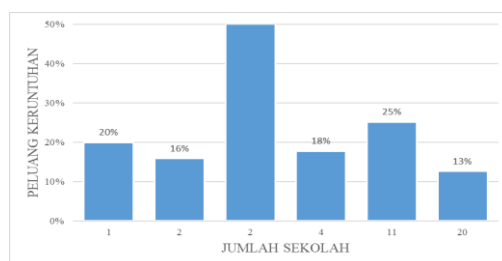
Pada gambar 3., dapat dilihat diagram sebaran nilai kerentanan struktur bangunan dengan RVS FEMA P-154. Ada sebanyak 77% bangunan gedung memiliki nilai kerentanan dipengaruhi oleh kondisi aktual bangunan yang merupakan tipologi struktur C3 sebesar 0.9. Kondisi ini menyebabkan kemampuan struktur menghadapi ancaman bahaya gempa bumi memiliki peluang keruntuhan struktur sebesar 13% saat terjadi gempa bumi. Ada sebanyak 14% bangunan gedung yang memiliki nilai kerentanan dipengaruhi oleh kondisi aktual bangunan dan ketidak beraturan denah (*plan irregularity*) sebesar 0.6.

Kondisi ini menyebabkan kemampuan struktur menghadapi ancaman bahaya gempa bumi memiliki peluang keruntuhan struktur sebesar 25% saat terjadi gempa bumi. Ada sebanyak 9% bangunan gedung yang memiliki nilai kerentanan dipengaruhi oleh kondisi aktual bangunan dan ketidak beraturan vertikal berat (*vertical irregularity severe*) sebesar 0.3. Kondisi ini menyebabkan kemampuan struktur menghadapi ancaman bahaya gempa bumi memiliki peluang keruntuhan struktur sebesar 50% saat terjadi gempa bumi.



Gambar 3. Sebaran Nilai Kerentanan Bangunan Gedung (RVS FEMA P-154)

Pada gambar 4., dapat dilihat diagram sebaran rata-rata peluang keruntuhan bangunan gedung pada setiap sekolah. Peluang keruntuhan lebih besar sama dengan 25% terjadi pada 13 sekolah dan kurang dari 25% terjadi pada 27 sekolah. Dengan mengambil nilai rata-rata terhadap 40 sekolah di Kota Jayapura, maka diperoleh nilai peluang keruntuhan struktur bangunan sebesar 19.63%, nilai ini lebih besar dari peluang keruntuhan bangunan gedung sekolah yang ditentukan sebesar 2.5% sesuai standar ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 1726:2019).



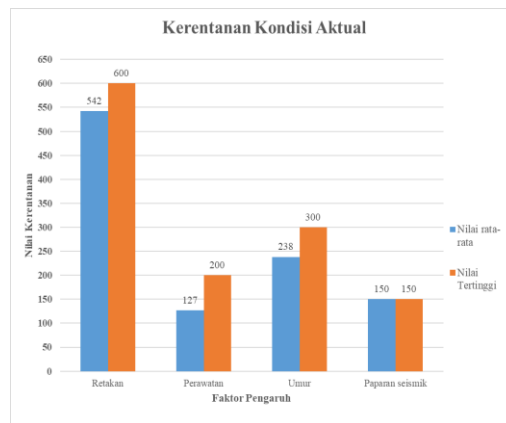
Gambar 4. Sebaran Peluang Keruntuhan dari Sekolah (RVS FEMA P-154)

Pengaruh tipologi struktur, ketidak beraturan denah (*plan irregularity*), dan ketidak beraturan vertikal (*vertical irregularity*) menjadi pengaruh utama yang mengurangi kemampuan struktur untuk menghadapi bahaya gempa bumi. Kerentanan akibat kondisi ini akan menyebabkan kerusakan sebesar 19.63% dari bagian setiap bangunan gedung atau keruntuhan total (*collapse*) dapat terjadi pada 19.63% jumlah bangunan gedung sekolah saat terjadi gempa bumi maksimum di Kota Jayapura.

Kerentanan Bangunan dengan Analisis Metode Evaluasi Risiko Seismik

Nilai kerentanan tertinggi akibat pengaruh kondisi aktual struktur bangunan gedung sekolah teridentifikasi sebesar 1250 (Kassem dkk., 2021; Sari dkk., 2020; Yu dkk., 2020). Nilai ini dipengaruhi oleh faktor retakan struktur bangunan sebesar 600, faktor perawatan bangunan sebesar 200, faktor umur bangunan sebesar 300 dan faktor paparan seismik sebesar 150.

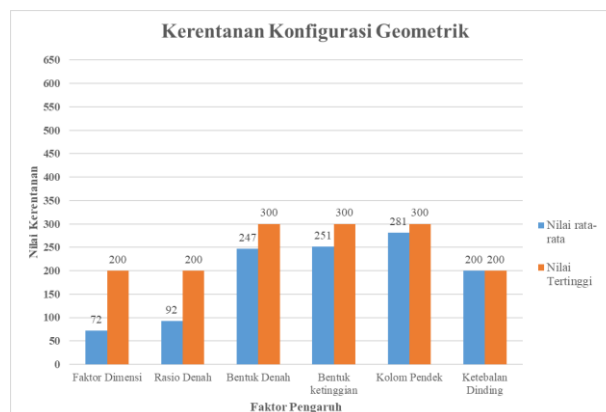
Pengaruh Kerentanan Bangunan Gedung Sekolah Pada Distrik Jayapura Utara, Distrik Jayapura Selatan, Distrik Abepura Terhadap Bahaya Gempa Bumi di Kota Jayapura



Gambar 5. Kerentanan Bangunan Gedung Akibat Pengaruh Kondisi Aktual

Pada gambar 5., faktor retakan memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 542 atau lebih kecil 10% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena terdapat sebanyak 36% bangunan gedung mengalami retakan pada struktur akibat gempa bumi yang pernah terjadi. Faktor perawatan memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 127 atau lebih kecil 36% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena pengaruh retakan dan perawatan yang jarang dilakukan dan yang ada pada 86% bangunan gedung. Faktor umur bangunan memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 238 atau lebih kecil 21% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena terdapat 88% bangunan gedung sekolah memiliki umur lebih dari 20 tahun. Faktor paparan seismik memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 150 atau sama dengan nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena keseluruhan bangunan gedung di Kota Jayapura pernah mengalami paparan seismik lebih dari tiga kali dengan skala kurang dari MMI V. Faktor kondisi aktual bangunan memberikan nilai kerentanan rata-rata sebesar 1058 dengan 96% bangunan memiliki nilai kerentanan dibawah 1250.

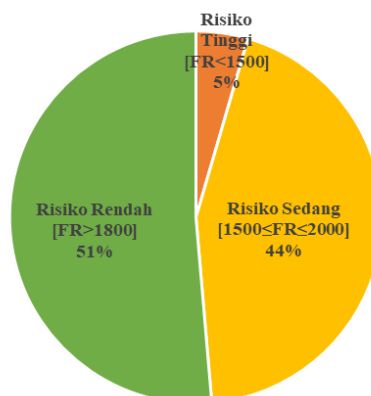
Nilai kerentanan tertinggi akibat pengaruh konfigurasi geometrik bangunan gedung sekolah teridentifikasi sebesar 1500. Nilai ini dipengaruhi oleh faktor dimensi struktur sebesar 200, faktor rasio denah bangunan sebesar 200, faktor umur bangunan sebesar 300 dan faktor bentuk denah bangunan sebesar 300, faktor bentuk ketinggian bangunan sebesar 300, faktor kolom pendek sebesar 300, dan faktor ketebalan dinding pasangan batu sebesar 200.



Gambar 6. Kerentanan Bangunan Gedung Akibat Pengaruh Konfigurasi Geometrik

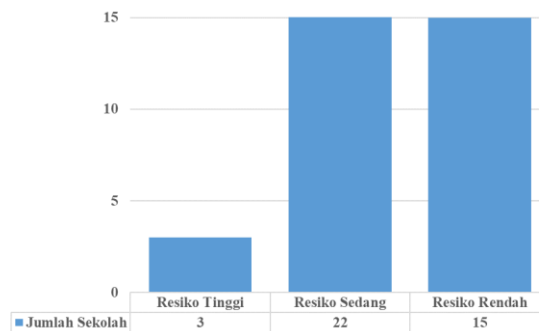
Pada gambar 6., faktor dimensi memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 72 atau lebih kecil 64% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena terdapat sebanyak 69% bangunan gedung memiliki dimensi kolom kurang dari 30cm dan lebar balok kurang dari 25cm. Faktor rasio denah memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 92 atau lebih kecil 54% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini dipengaruhi oleh rasio panjang terhadap lebar bangunan lebih dari 3 yang terdapat pada 72% bangunan gedung. Faktor bentuk denah memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 247 atau lebih kecil 18% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena terdapat 18% bangunan gedung memiliki bentuk denah yang tidak beraturan. Faktor bentuk ketinggian memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 251 atau lebih kecil 16% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena terdapat 23% bangunan gedung memiliki bentuk denah antar tingkat yang tidak beraturan. Faktor kolom pendek memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 281 atau lebih kecil 6% dari nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena terdapat 6% bangunan gedung memiliki kondisi kolom pendek pada tingkat bangunan. Faktor ketebalan dinding memberikan nilai rata-rata kerentanan sebesar 200 atau sama dengan nilai kerentanan tertinggi. Kondisi ini terjadi karena keseluruhan bangunan gedung di Kota Jayapura memiliki tebal dinding luar dan dalam kurang dari 25cm. Faktor konfigurasi geometric bangunan gedung memberikan nilai kerentanan rata-rata sebesar 1114 dengan 95% bangunan memiliki nilai kerentanan dibawah 1500. Nilai kerentanan akibat pengaruh tahanan beban lateral seismik sebesar 0. Kondisi ini terjadi karena keseluruhan struktur bangunan gedung sekolah di Kota Jayapya merupakan struktur *non-engineer* atau tidak memiliki sistem struktur penahan gempa sesuai standar disain.

Nilai kerentanan struktur bangunan dengan pengaruh faktor lokasi seismik di Kota Jayapura, faktor kondisi tanah keras pada bangunan gedung, dan faktor tidak ada potensi likuifaksi memberikan sebaran nilai risiko seismik dari bangunan gedung pada gambar 7. Tingkat risiko tinggi terdapat pada 5 bangunan gedung dengan nilai risiko seismik kurang dari 1500 ($FR < 1500$), tingkat risiko sedang terdapat pada 49 bangunan gedung memiliki nilai risiko seismik lebih dari sama dengan 1500 dan kurang dari sama dengan 2000 ($1500 \leq FR \leq 2000$), dan tingkat risiko rendah terdapat pada 57 bangunan gedung dengan nilai risiko seismik lebih dari 2000 ($FR > 2000$).



Gambar 7. Sebaran Tingkat Risiko Seismik Akibat Kerentanan Struktur Bangunan Gedung

Pada gambar 8., nilai rata-rata risiko seismik pada setiap sekolah menunjukkan sebaran tingkat risiko yang dihadapi. Tingkat risiko tinggi terdapat pada 3 sekolah dengan nilai risiko seismik bervariasi antara 1339-1485, tingkat risiko sedang terdapat pada 22 sekolah dengan nilai risiko seismik bervariasi antara 1573-1980, tingkat risiko rendah terdapat pada 15 sekolah dengan nilai risiko seismik bervariasi antara 2006-2370. Rata-rata nilai risiko seismik dari gedung sekolah di Kota Jayapura sebesar 1981 dan berada pada tingkat risiko sedang.



Gambar 8. Sebaran Tingkat Risiko dari Sekolah di Kota Jayapura

Korelasi Kerentanan Bangunan dengan Analisis Metode RVS FEMA P-154 dan Evaluasi Risiko Seismik

Hasil peluang keruntuhan dari 111 bangunan gedung dihubungkan dengan tingkat risiko yang dinominalkan menjadi nilai 1 untuk tingkat risiko rendah, nilai 2 untuk tingkat risiko sedang dan nilai 3 untuk tingkat risiko tinggi. Korelasi menggunakan analisis statistik dengan metode Korelasi Spearman (R_s) menyimpulkan terdapat hubungan signifikan antara peluang keruntuhan dari RVS FEMA P-154 dan tingkat risiko seismik dari Evaluasi Risiko Seismik. Pengujian korelasi menggunakan metode analisis regresi sederhana menghasilkan persamaan 1. Tingkat risiko seismik (y) tipologi struktur beton bertulang dengan dinding pengisi (*concrete frames with unreinforced masonry infill walls*) pada bangunan gedung sekolah dapat ditentukan berdasarkan besarnya peluang keruntuhan struktur (x).

$$(y) = 1.09 + 3.54.(x) \dots\dots\dots \text{persamaan 4.}$$

Pada tabel 1., disajikan rekap hasil dari penggunaan persamaan regresi untuk peluang keruntuhan 1% sampai dengan 50%. Dengan mengelompokkan rentang hasil tingkat risiko seismik 1-1.5 pada risiko rendah maka diperoleh peluang keruntuhan kurang dari 12%, rentang tingkat risiko seismik 1.51-2.5 pada risiko sedang maka diperoleh peluang keruntuhan lebih dari sama dengan 12% sampai dengan kurang dari 40%, dan rentang tingkat risiko seismik lebih dari 2.51 dikelompokkan pada risiko tinggi maka nilai peluang keruntuhan lebih dari sama dengan 40%.

Tabel 1. Korelasi Regresi Peluang Keruntuhan dan Tingkat Risiko Seismik

Peluang Keruntuhan (P)	Tingkat Risiko Seismik
$P < 12\%$	Rendah
$12\% \leq P < 40\%$	Sedang
$P \geq 40\%$	Tinggi

Kesimpulan

Identifikasi dan analisis terhadap bangunan gedung sekolah di Kota Jayapura memberikan kesimpulan: (1) Struktur bangunan gedung merupakan struktur *non-engineering* dengan tipologi struktur beton bertulang dengan dinding pengisi (*concrete frames with unreinforced masonry infill walls*) kode C3 sesuai FEMA P-154. (2) Kerentanan struktur terhadap faktor kondisi aktual bangunan, konfigurasi geometrik dan sistem tahanan beban lateral seismik menggunakan metode RVS FEMA P-154 memberikan peluang keruntuhan bangunan gedung sebesar 19.63%. (3) Kerentanan struktur terhadap faktor kondisi aktual bangunan, konfigurasi geometrik dan sistem tahanan beban lateral seismik menggunakan metode Evaluasi Risiko Seismik memberikan tingkat risiko sedang pada struktur bangunan gedung dengan nilai risiko seismik 1901. (4) Terdapat pengaruh yang signifikan antara peluang keruntuhan terhadap tingkat risiko seismik dari struktur dengan persamaan regresi sederhana $(y)=1.09+ 3.54.(x)$

DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H., Djauhari, Z., & Suryanita, R. (2017). Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Berdasarkan ASCE 41-13. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2). <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.383>
- Agustin, S., Djauhari, Z., & Suryanita, R. (2020). Aplikasi Metode Rapid Visual Screening (RVS) Dalam Monitoring Kerentanan Bangunan Pemerintahan Di Indragiri Hulu. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-UNAND)*, 16, 38–48.
- Ahsanandi, M. F., & Awaludin, L. (2022). Sistem Peringatan Tingkat Kerentanan Bangunan Berbasis Sensor IMU dengan Metode Fuzzy. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 12(1). <https://doi.org/10.22146/ijeis.70141>
- Birawaputra, I., & Tethool, Y. C. V. (2019). Penggunaan Metode Rapid Visual Screening Dalam Menentukan Kerentanan Bangunan Akibat Gempa Bumi. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 2, 97–105.
- Council, A. T. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook* (third). Federal Emergency Management Agency.
- Hardjono, I., & Prayogo, N. (2017). Analisis Kerentanan Bangunan Terhadap Bencana Gempa Bumi Di Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2017*.
- Kassem, M. M., Beddu, S., Ooi, J. H., Tan, C. G., El-Maissi, A. M., & Nazri, F. M. (2021). Assessment of Seismic Building Vulnerability Using Rapid Visual Screening Method through Web-Based Application for Malaysia. *Buildings*, 11, 485.
- Lutfi, M., & Suryawani, R. (2020). Penilaian Tingkat Kerentanan Bangunan Gedung Di Area Sekolah SIT Aliya Bogor. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 4(4). <https://doi.org/10.12962/j26151847.v4i4.7912>
- Muslim, F., Kumalawati, R., & Aristin, N. F. (2017). Kerentanan Bangunan Pemukiman terhadap banjir di Kecamatan Barabai Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 4(1).
- Nisaa', R. M., Sartohadi, J., & Mardiatno, D. (2019). Penilaian Kerentanan Bangunan Terhadap Tsunami Menggunakan Model Ptv-4 Di Kawasan Wisata Batuhiu, Kabupaten Pangandaran. *Majalah Ilmiah Globe*, 21(2). <https://doi.org/10.24895/mig.2019.21-2.905>

- Oktaviani, K., Muzani, & Handawati, R. (2022). Kerentanan Bangunan di Wilayah Bencana Banjir Kecamatan Cakung Jakarta Timur. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 7(1). <https://doi.org/10.21067/jpig.v7i1.6057>
- Panennungi, P., & Pertiwi, N. (2018). *Ilmu Bahan Bangunan*. Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar.
- Perrone, D., Aiello, M. A., Pecce, M., & Rossi, F. (2015). Rapid visual screening for seismic evaluation of RC hospital buildings. *Tethool*.
- Putra, K. P. B. (2015). Analisis Kerentanan Bangunan terhadap Bencana Angin Puting Beliung di Kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. Dalam *Publikasi Ilmiah*.
- Rahmanu, Y., Hadmoko, D., & Marwasta, D. (2021). Tingkat Kerentanan Fisik Bangunan terhadap Potensi Erupsi Gunungapi Kelud. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 12(1).
- Remme, D., Sareen, S., & Haarstad, H. (2022). Who benefits from sustainable mobility transitions? Social inclusion, populist resistance and elite capture in Bergen, Norway. *Journal of transport geography*, 105, 103475.
- Sari, S. N., Prastowo, R., Junaidi, R., & Machmud, A. (2020). Rapid Visual Screening of Building for Potential Ground Movement in Kalirejo, Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 9, 51–59.
- Siddharth, & Sinha, A. K. (2021). Rapid visual screening vulnerability assessment method of buildings: A review. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 9(88), 326–336.
- Sobaih, M. E., & Nazif, M. A. (2011). A proposed methodology for seismic risk evaluation of existing reinforced school buildings. *HBRC Journal*, 8, 204–211.
- Tavio, & Wijaya, U. (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performace Based Design)*. Penerbit ANDI.
- Thoyibah, Z., Dwidiyanti, M., Mulianingsih, M., Nurmayani, W., & Wiguna, R. I. (2019). Gambaran dampak kecemasan dan gejala psikologis pada anak korban bencana gempa bumi di Lombok. *Holistic Nursing and Health Science*, 2(1), 31–38.
- Yu, Q., Wang, C., McKenna, F., Yu, S. X., Taciroglu, E., Cetiner, B., & Law, K. H. (2020). Rapid visual screening of soft-story buildings from street view images using deep learning classification. *Earthquake Engineering And Engineering Vibration*, 19, 827–838.
- Zulfiar, M. H., Jayady, A., & Jati Saputra, N. R. (2018). Kerentanan Bangunan Rumah Cagar Budaya Terhadap Gempa Di Yogyakarta. *Jurnal Karkasa*, 4(1). <https://doi.org/10.32531/jkar.v4i1.67>
- Zulfiar, M. H., & Zai, M. I. I. (2021). Penilaian Kerentanan Bangunan Terhadap Gempa Bumi pada Gedung Perkuliahan Berlantai Tinggi di Yogyakarta. *Bulletin of Civil Engineering*, 1(2). <https://doi.org/10.18196/bce.v1i2.11075>

Copyright holder:

Junpieter Gultom, Harmonis Rante, Dewi Ana Rusim (2025)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

