

## PENILAIAN KERENTANAN BANGUNAN DI KABUPATEN MANOKWARI SELATAN AKIBAT GEMPA BUMI

Yoga C. V. Tethool<sup>1</sup>, Indra Birawaputra<sup>1</sup>, Mayang K. F. Putri<sup>1</sup>,  
Natalia E. Safkaur<sup>1</sup>, Veronika Y. Ohoilulin<sup>1</sup>, Geraldo R. Rombe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Papua, Manokwari, 98314

e-mail : [y.tethool@unipa.ac.id](mailto:y.tethool@unipa.ac.id)

### ABSTRACT

*Earthquake is a natural occurrence in which energy is released and propagated from the earth to the ground surface. The effects of the earthquakes include failure of building, landslides, tsunamis and so on. Mitigation actions are required to reduce the number of people killed or injured as a result of earthquakes. Assessing the vulnerability of buildings to earthquakes is one of the mitigation efforts. The Hazus Method is used to assess the vulnerability of a building. This method requires information such as: building typology and seismic activity at the location to be studied. The goal of this study is to assess the level of earthquake susceptibility based on the structure type in Manokwari Selatan Regency. Concludingly, the building typology in Manokwari Selatan Regency will be divided into five categories of vulnerability, specifically: no damage, light damage, moderate damage, major damage, and collapse. Based on observations, there are several typologies of the existing buildings in the Manokwari Selatan Regency, namely: wooden light frames (W1), Steel Moment Frame (SIL), Concrete Moment Frame (CIL) and Reinforced Masonry Bearing (RMIL). The results of the analysis show that the typology Steel Moment Frame (SIL) has the possibility of light, moderate, heavy damage, collapse and no damage, respectively 7.13%, 32.66%, 39%, 18.13%, and 3.07%; the typology Concrete Moment Frame (CIL) are 8.39%, 34.91%, 36.84%, 16.35%, and 3.51% respectively; the typology wooden light frames (W1) are 18.16%, 47.89%, 21.18%, 10.03%, and 2.74%; the typology Reinforced Masonry Bearing (RMIL) has a probability of 10.76%, 34.45%, 36.06%, 13.14%, and 5.59%.*

**Keywords:** earthquake, building typology, building vulnerability, Hazus method.

### ABSTRAK

*Gempa bumi merupakan peristiwa alam dimana terjadinya proses pelepasan dan rambatan energi dari dalam bumi ke permukaan tanah. Dampak buruk dari terjadinya peristiwa gempa bumi antara lain: kegagalan konstruksi bangunan, tanah longsor, tsunami dan sebagainya. Sebagai upaya meminimalisir jatuhnya korban jiwa dan timbulnya kerugian materi akibat gempa bumi maka diperlukan upaya-upaya mitigasi. Salah satu upaya mitigasi tersebut adalah melakukan penilaian kerentanan bangunan akibat gempa bumi. Dengan mengetahui tingkat kerentanan suatu bangunan akibat gempa bumi, maka dapat dilakukan upaya perbaikan/ peningkatan kapasitas dari bangunan tersebut. Metode Hazus digunakan untuk melakukan penilaian kerentanan suatu bangunan. Metode ini membutuhkan data antara lain: ketersediaan tipologi bangunan dan data aktivitas seismik berupa respon spektrum pada lokasi yang akan diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan berdasarkan tipologi bangunan yang ada di Kabupaten Manokwari Selatan akibat gempa bumi. Pada akhirnya, tipologi bangunan yang ada di Kabupaten Manokwari Selatan akan diklasifikasi menjadi lima tingkatan kerentanan bangunan yaitu: tidak mengalami kerusakan, kerusakan ringan, kerusakan sedang, kerusakan berat dan roboh. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, beberapa tipologi bangunan eksisting yang terdapat pada wilayah Kabupaten Manokwari Selatan yaitu: Bangunan menggunakan rangka kayu (W1), Bangunan struktur baja pemikul momen (SIL), Bangunan struktur beton pemikul momen (CIL) dan Bangunan dinding bata dengan perkuatan (RMIL). Hasil analisis kerentanan bangunan akibat gempa bumi menunjukkan bahwa tipologi bangunan dengan struktur baja (SIL) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berarti masing-masing sebesar 7.13%, 32.66%, 39%, 18.13%, dan 3.07%; tipologi bangunan struktur beton pemikul momen (CIL) berturut-turut adalah 8.39%, 34.91%, 36.84%, 16.35%, dan 3.51%; tipologi bangunan struktur rangka kayu (W1) sebesar 18.16%, 47.89%, 21.18%, 10.03%, dan 2.74%; tipologi bangunan bata dengan perkuatan (RMIL) memiliki kemungkinan sebesar 10.76%, 34.45%, 36.06%, 13.14%, dan 5.59%.*

**Kata kunci:** gempa bumi, tipologi bangunan, kerentanan bangunan, metode Hazus.

## PENDAHULUAN

Gempa bumi tektonik terjadi akibat adanya pelepasan dan perambatan energi dari dalam bumi ke permukaan tanah yang disebabkan oleh pergerakan atau patahnya lempeng bumi [4]. Setiap peristiwa alam, termasuk gempa bumi, memiliki akibat entah baik atau buruk. Dampak buruk yang terjadi antara lain apabila ada korban jiwa. Pada dasarnya, gempa bumi tidak bersifat membunuh, tetapi pengaruh dari gempa bumi itulah yang akan membuat munculnya korban jiwa. Pengaruh dari gempa bumi yang dimaksud seperti: kegagalan konstruksi bangunan, keruntuhan gedung, tanah longsor, tsunami dan lainnya [3].

Dalam perkembangan dunia konstruksi saat ini, dikenal adanya bangunan tahan gempa. Filosofi dari bangunan tahan gempa adalah bila terjadi gempa kecil, bangunan tidak mengalami kerusakan sehingga dapat tetap berfungsi; bila terjadi gempa sedang, elemen struktur sekunder dapat mengalami kerusakan (contoh: dinding retak, plafond terlepas, kaca pecah) tetapi dapat tetap berfungsi setelah dilakukan perbaikan; sedangkan bila terjadi gempa besar struktur utama bangunan boleh rusak sehingga tidak dapat digunakan lagi, tetapi tidak mengalami keruntuhan yang total dan secara mendadak. Hal ini dimaksudkan agar manusia yang berada didalam gedung memiliki cukup waktu untuk menyelamatkan diri. Dengan kata lain, konsep bangunan tahan gempa adalah untuk meminimalisir jumlah korban jiwa saat bencana gempa bumi terjadi.

Penilaian kerentanan terhadap bangunan diperlukan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kerusakan saat terjadi gempa besar. Dengan mengetahui tingkat kerentanan suatu bangunan terhadap gempa bumi, maka dapat diambil langkah-langkah mitigasi ketika terjadi gempa bumi. Hal ini sebagai salah satu cara untuk mengantisipasi bencana gempa yang mungkin terjadi di masa

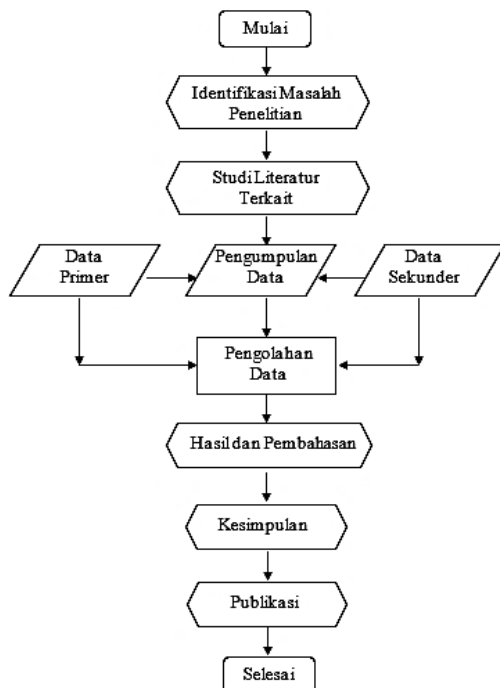
mendatang [6]. Metode Hazus digunakan untuk menilai tingkat kerentanan dari suatu bangunan. Metode ini dikembangkan di Amerika untuk menganalisis resiko akibat berbagai bencana termasuk gempa bumi dengan menggunakan *fragility curve* [2]. Metode hazus dapat digunakan untuk memperkirakan kerusakan dan kerugian akibat bahaya gempa bumi di Indonesia [7]. Metode Hazus juga dapat digunakan secara cepat dan mudah untuk menilai resiko seismik pada berbagai jenis bangunan dan memberikan hasil yang logis [8].

Sebagai daerah yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia, Indonesia akan sering diguncang gempa tektonik. Wilayah Kabupaten Manokwari Selatan berada pada jalur patahan lempeng tektonik Pasifik. Hal ini menyebabkan gempa bumi sering dirasakan oleh masyarakat di Distrik Ransiki Kabupaten Manokwari Selatan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan berdasarkan tipologi bangunan yang ada di Kabupaten Manokwari Selatan akibat gempa bumi. Dengan melakukan penelitian ini, maka akan diperoleh gambaran terkait bangunan mana saja yang memiliki tingkat risiko tinggi akibat gempa bumi sehingga dapat dilakukan upaya-upaya mitigasi untuk meminimalisir resiko.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Distrik Ransiki sebagai ibukota Kabupaten Manokwari Selatan Provinsi Papua Barat. Penelitian ini menggunakan metode Hazus untuk menilai kerentanan setiap tipologi bangunan yang ada di Kabupaten Manokwari Selatan. Tahapan kegiatan penelitian ini ditampilkan dalam bagan alir pada **Gambar 1**. Setelah menentukan masalah yang akan diteliti, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur yang terkait dengan

evaluasi kerentanan bangunan. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer berupa tipologi bangunan di Kabupaten Manokwari Selatan yang dikumpulkan dengan metode survei. Sedangkan data sekunder berupa data aktivitas seismik di Kabupaten Manokwari Selatan berupa respon spektrum. Respon spektrum untuk Kabupaten Manowari Selatan dihitung menurut SNI 1726: 2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Parameter lain yang dibutuhkan dalam perhitungan diambil sesuai ketentuan dalam buku manual Hazus. Penelitian ini akan menghasilkan lima tingkatan kerentanan bangunan sesuai tipologi, yaitu: tidak mengalami kerusakan, kerusakan ringan, kerusakan sedang, kerusakan berat dan roboh.

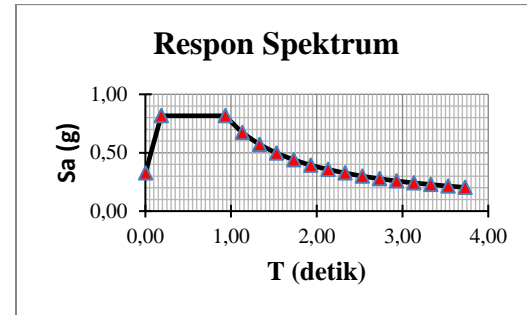


**Gambar 1.** Bagan Alir Kegiatan Penelitian

## HASIL dan PEMBAHASAN

Respon Spektrum Desain ini menjadi acuan dalam setiap perencanaan bangunan tahan gempa di wilayah

Kabupaten Manokwari Selatan. Pembuatan respon spektrum ini mengacu pada SNI 1726: 2019 dengan nilai  $S_s = 1,50g$  dan  $S_1 = 0,75g$  untuk klasifikasi situs SE (tanah lunak) [1]. Hasil Desain Respon Spektrum tersebut ditampilkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Respon Spektrum Wilayah Kabupaten Manokwari Selatan

Proses evaluasi keandalan bangunan eksisting dengan menggunakan metode Hazus dilakukan dengan Langkah-langkah sebagai berikut:

### a. Tipologi

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, terdapat 4 (empat) tipologi bangunan eksisting yang dijelaskan dalam Tabel 2.

### b. Kategori desain seismik

Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan SNI 1726: 2019 dengan nilai  $S_{DS} = 0,9g$  dan  $S_{D1} = 1,20g$ . Untuk kategori resiko II, wilayah studi ini tergolong kategori desain seismik E.

### c. Respon Curve

Langkah pertama adalah mencari *spectral acceleration* (SA) pada  $T = 0,3$  detik, 1 detik dan 2 detik. Kemudian *Spectral Displacement* (SD) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$SD = 9.8 \times SA \times T^2$$

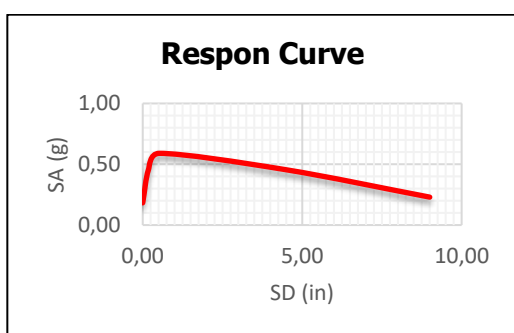
dimana:

- SA = Spectral Acceleration (g)
- SD = Spectral Displacement (inches)
- T = Time Period (sec)

Untuk wilayah Kabupaten Manokwari Selatan, hasil perhitungan nilai SA & SD disajikan dalam **Tabel 1**. *Respon curve* untuk Kabupaten Manokwari Selatan ditampilkan pada **Gambar 3**.

**Tabel 1.** Perhitungan Nilai SA & SD

T (dtk)	SA (g)	SD (in)
0.00	0.18	0.00
0.20	0.45	0.18
0.30	0.59	0.52
1.00	0.46	4.47
2.00	0.23	9.00



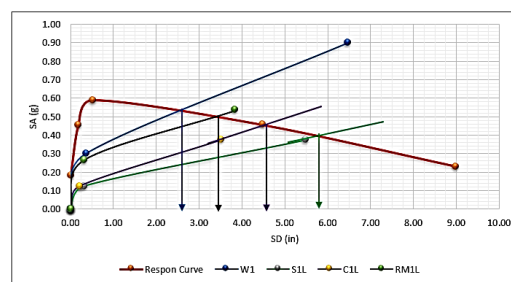
**Gambar 3.** Respon Curve Wilayah Kabupaten Manokwari Selatan

d. Capacity Curve

Capacity curve hanya dibuat untuk tipologi bangunan yang ditinjau dengan menggunakan parameter dalam buku Hazus dan disajikan dalam Tabel 3. Gambar 5 menunjukkan Capacity Curve untuk masing-masing tipologi bangunan yang ditinjau yaitu: W1, S1L, C1L, dan RM1L.

e. Nilai SD maksimum

Untuk mencari nilai SD maksimum untuk masing-masing tipologi bangunan dapat dilakukan dengan menggabungkan respon curve dan capacity curve. Pada titik potong kedua kurva tersebut dapat diperoleh nilai SD maksimum. Pada **Gambar 4** menunjukkan titik potong masing-masing tipologi bangunan, sehingga dapat diperoleh nilai SD untuk W1=2.5, S1L=5.8, C1L=4.5 dan RM1L=3.3.



**Gambar 4.** Gabungan Respon Curve dan Capacity Curve

Nilai SD ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung probabilitas/kemungkinan kejadian di masa yang akan datang dengan menggunakan fragility curve.

f. Fragility Curve

Untuk membuat fragility curve dan probabilitas kejadian, digunakan parameter yang disediakan dalam buku Hazus. **Tabel 4** merangkum parameter-parameter yang dibutuhkan untuk masing-masing tipologi bangunan.

Untuk membuat fragility curve, dicontohkan pada **Tabel 5** untuk tipologi bangunan W1, dimana untuk tingkat kerusakan Slight, berdasarkan Tabel 5 diperoleh nilai Median ( $\hat{S}$ ) = 0.5 dan Beta ( $\beta$ ) = 0.84m, maka:

$$S- = \frac{\hat{S}}{\exp(\beta)} = 0.225 \text{ in}$$

$$S+ = \hat{S} \times \exp(\beta) = 1.113 \text{ in}$$

Selanjutnya, kolom z dihitung dengan menggunakan persamaan probabilitas kejadian yang telah disebutkan sebelumnya, sehingga nilai P cumulative dapat diketahui dengan menggunakan tabel bantu distribusi normal kumulatif berdasarkan nilai z tersebut. Sehingga selanjutnya dapat ditampilkan fragility curve untuk tipologi bangunan W1 pada **Gambar 6**. Untuk membuat fragility curve dari tipologi bangunan lainnya, dilakukan dengan prosedur yang sama dan ditampilkan pada **Tabel 6** hingga **Tabel 8** dan hasilnya ditampilkan pada **Gambar 7** hingga **Gambar 9**.

g. Probabilitas Tingkat Kerusakan Bangunan saat Sdmax

Pada kondisi Sdmax yang telah dihitung pada bagian sebelumnya, diperoleh Probabilitas untuk masing-masing tipologi bangunan dalam **Tabel 9. Gambar 10** menunjukkan grafik probabilitas masing-masing tipologi bangunan pada setiap tahap kerusakan.

Hasil analisis pada Tabel 9 menunjukkan bahwa bangunan eksisting dengan tipologi struktur baja pemikul momen dan struktur beton pemikul momen memiliki kemungkinan tingkat kerusakan yang hampir sama ketika gempa bumi terjadi di wilayah Kabupaten Manokwari Selatan. Bangunan dengan struktur baja (S1L) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berarti masing-masing sebesar 7.13%, 32.66%, 39%, 18.13% dan 3.07%. Sementara bangunan dengan struktur beton pemikul momen (C1L) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berturut-turut adalah 8.39%, 34.91%, 36.84%, 16.35% dan 3.51%. Tipologi bangunan struktur rangka kayu (W1) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berturut-turut adalah 18.16%, 47.89%, 21.18%, 10.03% dan 2.74%. Sedangkan tipologi bangunan bata dengan perkuatan (RM1L) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berturut-turut adalah 10.76%, 34.45%, 36.06%, 13.14% dan 5.59%.

Dari hasil analisis dapat terlihat bahwa tipologi W1 memiliki tingkat kerentanan yang paling tinggi dan diikuti berturut-turut oleh tipologi S1L, C1L dan RM1L. Hal ini ditunjukkan oleh persentase kategori tidak mengalami kerusakan, semakin kecil nilainya maka semakin rentan bangunan tersebut.

Namun disisi lain, dibandingkan dengan tipologi bangunan lainnya, tipologi W1 lebih dominan mengalami kerusakan ringan dan sedang. Hal ini dimungkinkan sebab tipologi bangunan struktur kayu memiliki kemampuan yang lebih baik dalam merespon beban gempa bumi yang terjadi [6]. Sedangkan pada kondisi tingkat kerusakan berat tipologi bangunan struktur baja, beton maupun dinding bata dengan perkuatan memiliki tingkat kerentanan yang hampir sama. Sementara pada kondisi tingkat kerentanan roboh, tipologi bangunan struktur baja memiliki persentase yang paling besar.

## KESIMPULAN

Beberapa tipologi bangunan eksisting yang terdapat pada wilayah Kabupaten Manokwari Selatan yaitu: Bangunan menggunakan rangka kayu (W1), Bangunan struktur baja pemikul momen (S1L), Bangunan struktur beton pemikul momen (C1L) dan Bangunan dinding bata dengan perkuatan (RM1L).

Hasil analisis kerentanan bangunan akibat gempa bumi menunjukkan bahwa tipologi bangunan dengan struktur baja (S1L) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berarti masing-masing sebesar 7.13%, 32.66%, 39%, 18.13% dan 3.07%, tipologi bangunan struktur beton pemikul momen (C1L) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berturut-turut adalah 8.39%, 34.91%, 36.84%, 16.35% dan 3.51%, tipologi bangunan struktur rangka kayu (W1) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang, berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berturut-turut adalah 18.16%, 47.89%, 21.18%, 10.03% dan 2.74% dan tipologi bangunan bata dengan perkuatan (RM1L) memiliki kemungkinan kerusakan ringan, sedang,

berat, roboh dan tidak mengalami kerusakan berturut-turut adalah 10.76%, 34.45%, 36.06%, 13.14% dan 5.59%.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa tipologi W1 memiliki tingkat kerentanan yang paling tinggi dan diikuti berturut-turut oleh tipologi S1L, C1L dan RM1L.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan secara khusus kepada Pimpinan Universitas Papua melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UNIPA yang telah mendanai kegiatan penelitian ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2019)*. Bandung: BSN.
- [2] Bawono, A.S. (2016). *Studi Kerentanan Bangunan Akibat Gempa: Studi Kasus Perumahan di Bantul*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik. 19 (1): 90-97.
- [3] Birawaputra, I. dan Yoga C.V.T. (2019). *Penggunaan Metode Rapid Visual Screening Dalam Menentukan Kerentanan Bangunan Akibat Gempa Bumi*. Intan Jurnal Penelitian Tambang. 2 (2): 97-105.
- [4] Hasmar, H. A. Halim. (2013). *Dinamika Tanah & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: UII Press.
- [5] HAZUS-MH MR4 Technical Manual. (2003). *Multi-hazard Loss Estimation Methodology: Earthquake Model*. Washington D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- [6] Perdana, Intan Putra. (2017). *Evaluasi Kerentanan Bangunan Rumah Masyarakat Terhadap Gempabumi di Desa Wisata Bugisan Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. Thesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [7] Pratiwi, A. S, dkk. (2019). *An Implementation of the HAZUS Method for Estimating Potential Damage of Residential Houses at Pacitan Sub-district, East Java, Indonesia due to earthquake*. MATEC Web of Conferences.
- [8] Vahdani, Reza, dkk. (2015). *Seismic risk assessment of buildings with hazus methodology and determination of damage probabilistic matrices*. Prosiding International Congress on Civil Engineering 5-7 May, Iran.



Lampiran Tabel dan Gambar

**Tabel 2.** Tipologi Bangunan Eksisting di Wilayah Kabupaten Manokwari Selatan

No.	Tipologi Bangunan	Uraian	Gambar	Ketinggian	
				Kode	Jumlah Lantai
1	W1	Rangka Kayu		Rendah	1-2
2	S1L	Struktur Baja Pemikul Momen		Rendah	1-3

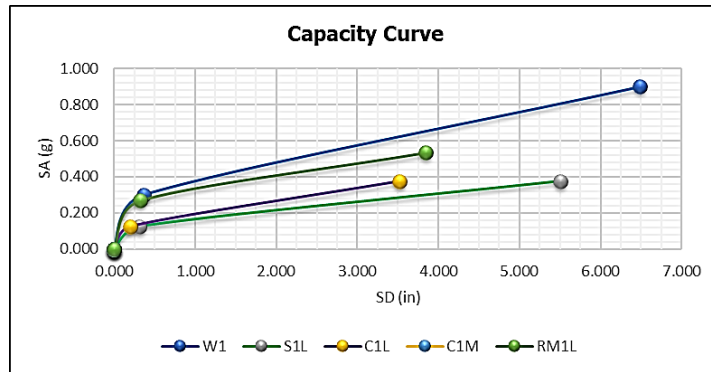
3	C1L	Struktur Beton Pemikul Momen		Rendah	1-3
4	RM1L	Bangunan bata dengan perkuatan		Rendah	1-3

(Sumber: Hasil Penelitian)

**Tabel 3.** Parameter untuk Menghitung *Capacity Curve*

	W1		S1L		C1L		RM1L	
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Dy, Ay</b>	0.360	0.300	0.310	0.125	0.200	0.125	0.320	0.267
<b>Du, Au</b>	6.480	0.900	5.500	0.375	3.520	0.375	3.840	0.533





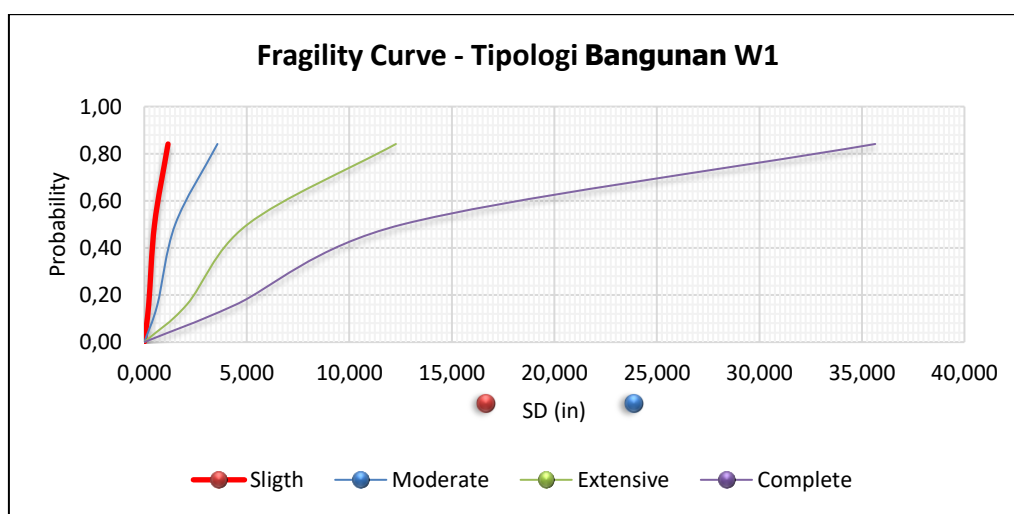
Gambar 5. Capacity Curve masing-masing Tipologi Bangunan Eksisting

Tabel 4. Parameter untuk Membuat Fragility Curve dan Menghitung Probabilitas Kejadian

Damage state	Tipologi							
	W1		S1L		C1L		RM1L	
	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta	Median	Beta
<b>Slight</b>	0.50	0.84	1.30	0.80	0.90	0.89	0.72	0.96
<b>Moderate</b>	1.25	0.86	2.24	0.75	1.56	0.90	1.25	0.99
<b>Extensive</b>	3.86	0.89	5.08	0.74	4.20	0.90	3.37	1.03
<b>Complete</b>	9.45	1.04	12.96	0.88	10.80	0.89	9.45	0.94

Tabel 5. Parameter untuk Membuat Fragility Curve Tipologi W1

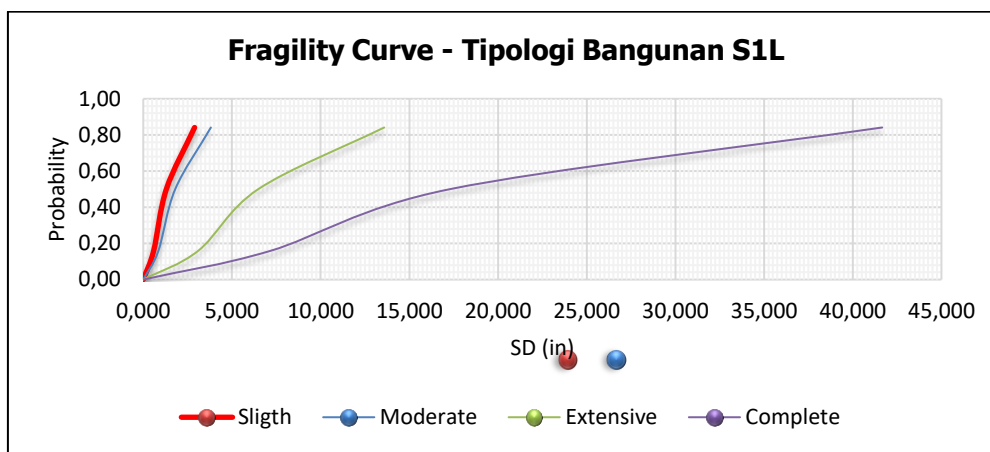
	Slight			Moderate			Extensive			Complete		
	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum
<b>S-</b>	0.216	-1.00	0.1587	0.639	-1.00	0.1587	2.070	-1.00	0.1587	4.454	-1.00	0.1587
<b><math>\hat{S}</math></b>	0.500	0.00	0.5000	1.510	0.00	0.5000	5.040	0.00	0.5000	12.600	0.00	0.5000
<b>S+</b>	1.158	1.00	0.8413	3.568	1.00	0.8413	12.273	1.00	0.8413	35.648	1.00	0.8413



Gambar 6. Fragility Curve Tipologi Bangunan W1

**Tabel 6.** Parameter untuk Membuat *Fragility Curve* Tipologi S1L

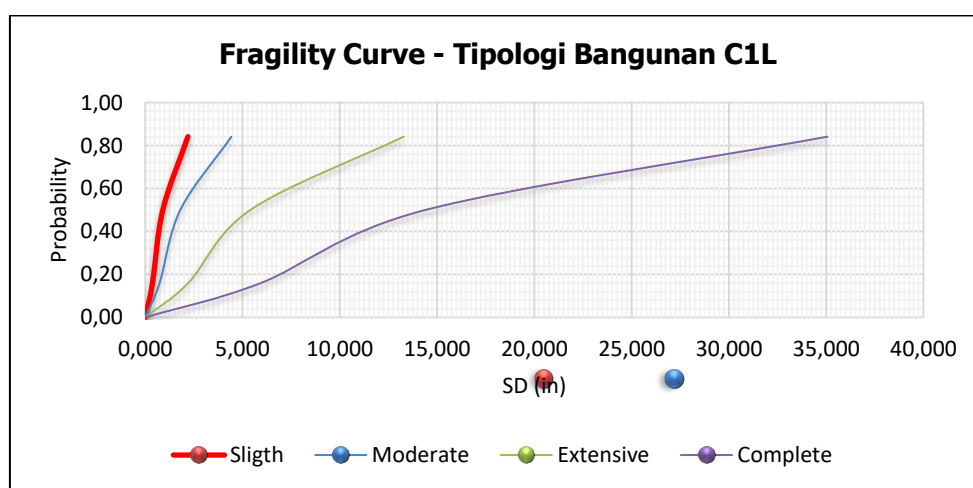
	Slight			Moderate			Extensive			Complete		
	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum
S-	0.584	-1.00	0.1587	0.850	-1.00	0.1587	3.092	-1.00	0.1587	7.167	-1.00	0.1587
$\hat{S}$	1.300	0.00	0.5000	1.800	0.00	0.5000	6.480	0.00	0.5000	17.280	0.00	0.5000
S+	2.893	1.00	0.8413	3.811	1.00	0.8413	13.582	1.00	0.8413	41.660	1.00	0.8413



**Gambar 7.** *Fragility Curve* Tipologi Bangunan S1L

**Tabel 7.** Parameter untuk Membuat *Fragility Curve* Tipologi C1L

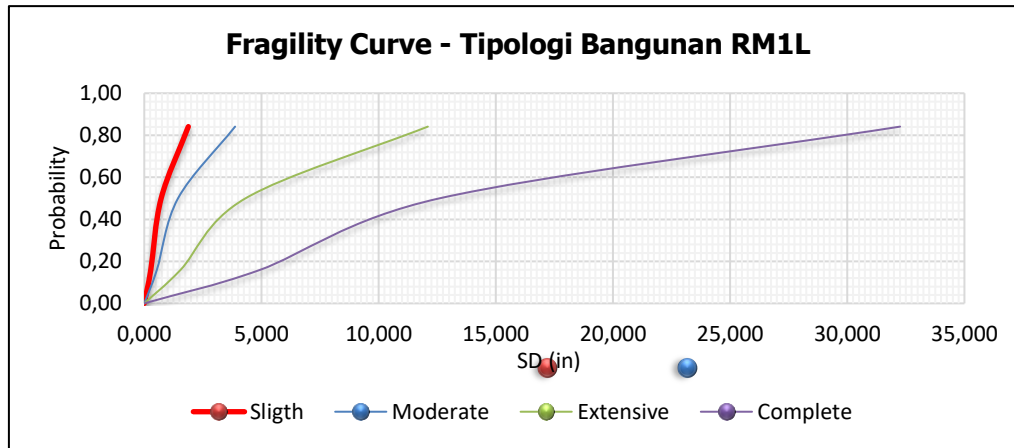
	Slight			Moderate			Extensive			Complete		
	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum	SD	z	Pkum
S-	0.370	-1.00	0.1587	0.732	-1.00	0.1587	2.195	-1.00	0.1587	5.913	-1.00	0.1587
$\hat{S}$	0.900	0.00	0.5000	1.800	0.00	0.5000	5.400	0.00	0.5000	14.400	0.00	0.5000
S+	2.192	1.00	0.8413	4.427	1.00	0.8413	13.282	1.00	0.8413	35.066	1.00	0.8413



**Gambar 8.** *Fragility Curve* Tipologi Bangunan C1L

**Tabel 8.** Parameter untuk Membuat *Fragility Curve* Tipologi RM1L

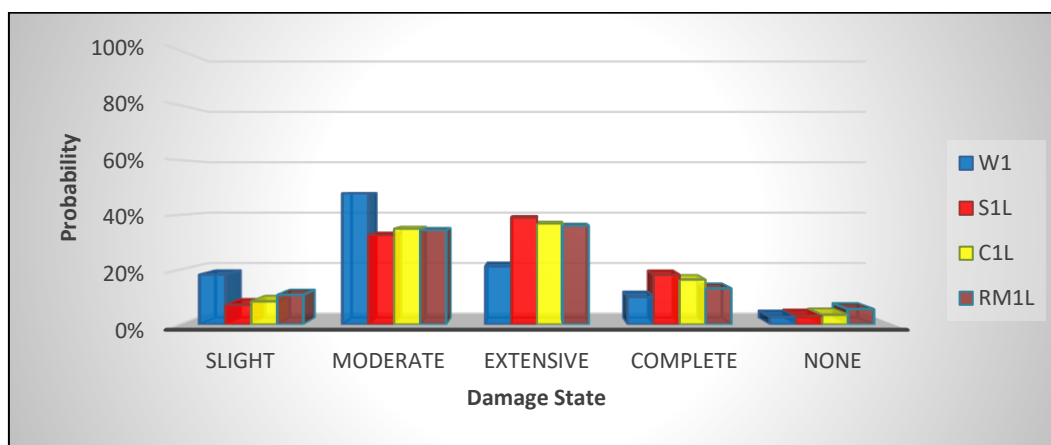
	Slight			Moderate			Extensive			Complete		
	SD	z	P <sub>kum</sub>	SD	z	P <sub>kum</sub>	SD	z	P <sub>kum</sub>	SD	z	P <sub>kum</sub>
S-	0.276	-1.00	0.1587	0.535	-1.00	0.1587	1.542	-1.00	0.1587	4.922	-1.00	0.1587
Ŝ	0.720	0.00	0.5000	1.440	0.00	0.5000	4.320	0.00	0.5000	12.600	0.00	0.5000
S+	1.880	1.00	0.8413	3.875	1.00	0.8413	12.101	1.00	0.8413	32.256	1.00	0.8413



**Gambar 9.** *Fragility Curve* Tipologi Bangunan RM1L

**Tabel 9.** Perhitungan Nilai Probabilitas Kerusakan Masing-Masing Tipologi Bangunan

Damage state	Tipologi											
	W1			S1L			C1L			RM1L		
	z	P <sub>kum</sub>	P	z	P <sub>kum</sub>	P	z	P <sub>kum</sub>	P	z	P <sub>kum</sub>	P
<b>Slight</b>	1.92	0.9726	18.16%	1.87	0.9693	7.13%	1.81	0.9649	8.39%	1.59	0.9441	10.76%
<b>Moderate</b>	0.81	0.7910	47.89%	1.27	0.8980	32.66%	1.18	0.8810	34.91%	0.98	0.8365	34.45%
<b>Extensive</b>	-0.49	0.3121	21.18%	0.18	0.5714	39.00%	0.08	0.5319	36.84%	-0.02	0.4920	36.06%
<b>Complete</b>	-1.28	0.1003	10.03%	-0.91	0.1814	18.14%	-0.98	0.1635	16.35%	-1.12	0.1314	13.14%
<b>None</b>			2.74%			3.07%			3.51%			5.59%



**Gambar 10.** Grafik Probabilitas Masing-masing Tipologi Bangunan untuk Setiap Tahap Kerusakan (*Damage State*)