

FUNGSI FRAGILITAS UNTUK RUMAH SEDERHANA BETON BERTULANG DENGAN VARIASI KUAT TEKAN BETON

Alfiyyah Kamilah Putri¹, Eka Juliafad²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Corresponding author: Eka Juliafad (ekajuliafad@ft.unp.ac.id)

Abstrak: Indonesia memiliki kondisi geografis yang sangat unik yang membuat negara ini sangat rentan mengalami bencana alam terutama gempa bumi. Banyak sekali kerusakan bangunan yang disebabkan oleh gempa bumi salah satunya adalah kerusakan pada rumah sederhana. Tercatat ada 373.213 rumah penduduk yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi selama 14 tahun belakangan ini. Hal tersebut diperparah karena kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi merupakan kerusakan pada rumah sederhana yang dihuni hampir sebagian besar masyarakat Indonesia. Oleh karena itu penting dilakukan tindakan mitigasi bencana untuk mengurangi dampak akibat bencana seperti melakukan penilaian seismik pada bangunan. Salah satu alat untuk penilaian seismik adalah kurva fragilitas. Kurva fragilitas digunakan untuk melihat peluang kemungkinan kerusakan pada bangunan. Untuk mendapat hasil *probability* yang akurat maka kurva fragilitas dapat dikembangkan dalam berbagai macam model seperti kurva fragilitas untuk rumah sederhana dengan 2 mutu beton yaitu 25 MPa dan 15MPa. Kurva fragilitas ini dikembangkan dari analisis nonlinear sehingga diperoleh fungsi dan kurva fragilitas untuk rumah sederhana dengan mutu beton 25MPa dan 15 MPa. Dari kurva fragilitas tersebut diperoleh *probability* kerusakan di atas 50% untuk mutu beton 25 MPa akan mengalami kerusakan ringan pada perpindahan spektral (SD) sebesar 1,737 cm, kerusakan sedang pada SD 2,479 cm, kerusakan signifikan pada SD 3,193 cm dan kerusakan total pada SD 5,349 cm. Untuk mutu beton 15 MPa akan mengalami kerusakan ringan pada SD 2,087 cm, kerusakan sedang pada SD 2,976 cm, kerusakan signifikan pada SD 3,886 cm dan kerusakan total pada SD 6,609 cm.

Kata Kunci : Kurva Fragilitas, Rumah Sederhana, Mutu Beton

Abstract : Indonesia has a very unique geographic condition that makes this country very vulnerable to natural disasters, especially earthquakes. There is a lot of building damage caused by earthquakes, one of which is damage to simple houses. There are 373,213 houses that have been damaged by earthquakes over the past 14 years. This is exacerbated because the damage caused by earthquakes is damage to simple houses inhabited by most of the Indonesian people. Therefore, it is important to take disaster mitigation measures to reduce the impact of disasters such as conducting seismic assessments of buildings. One of the tools for seismic assessment is the fragility curve. Fragility curves are used to see the probability of damage to buildings. To get accurate probability results, fragility curves can be developed in various models such as fragility curves for simple houses with 2 concrete grades, namely 25 MPa and 15MPa. This fragility curve is developed from nonlinear analysis so that functions and fragility curves are obtained for simple houses with concrete strength of 25MPa and 15 MPa. From the fragility curve, it is obtained that the probability of damage above 50% for concrete strength 25 MPa will experience slight damage at a spectral displacement (SD) of 1.737 cm, moderate damage at SD 2.479 cm, extensive damage at SD 3.193 cm and complete damage at SD 5.349 cm. For concrete strength 15 MPa, there will be slight damage at SD 2.087 cm, moderate damage at SD 2.976 cm, extensive damage at SD 3.886 cm and complete damage at SD 6.609 cm.

Keyword : Fragility Curve, Simple House, Concrete Strength

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kondisi geografis yang sangat unik yang membuat negara ini cukup sering mengalami bencana alam seperti

gempa bumi (Abidah et al., 2023). Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat bahwa selama 14 tahun belakangan ini sudah terjadi gempa bumi yang signifikan dan

merusak sebanyak 215 gempa yang tersebar di seluruh titik di Indonesia. Serta gempa ini juga menimbulkan kerokan pada rumah sederhana sebanyak 373,213 rumah penduduk.

Hal yang lebih parah lagi yaitu sebagian besar kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi adalah kerusakan dari bangunan rumah sederhana yang dihuni oleh sebagian besar masyarakat Indonesia (Himawan Indarto, 2005). Tidak adanya keterlibatan ahli bangunan dalam proses perancangan menjadi faktor pemicu terjadinya kerusakan pada rumah masyarakat (Arisman & Juliafad, 2023). Selain itu kerusakan bangunan juga sering diakibatkan oleh rendahnya kualitas mutu bangunan, baik secara material, pelaksanaan dan pengawasan (Imani et al., 2024). Untuk bangunan rumah tinggal, kerusakan juga banyak disebabkan karena kurang baiknya kualitas pekerjaan oleh pekerja/tukang. Kurangnya kualitas pekerjaan seperti pengecoran balok dan kolom yang dilakukan secara manual dan hanya mengandalkan pengalaman kerja tanpa memperhitungkan rasio antara campuran air, semen dan agregat yang sesuai dengan standar Hal ini juga akan berpengaruh terhadap penurunan mutu beton yang dihasilkan. Serta akan membuat struktur bangunan rumah menjadi kurang kokoh dalam menahan guncangan saat gempa terjadi (Satria Yoresta, 2018).

Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui, bahwa kualitas bangunan terutama mutu beton bisa menjadi salah satu penyebab kerusakan pada bangunan rumah. (Gadagamma et al., 2018) Menyebutkan pada bangunan bertingkat rendah semakin tinggi kuat tekan beton maka bangunan akan semakin daktil sehingga bangunan tetap berdiri walau mengalami keretakan. kemudian semakin rendah mutu beton akan membuat bangunan semakin getas sehingga tidak bisa bedeformasi lebih banyak. Maka penting dilakukan manajemen bencana serta penilaian resiko untuk mengurangi atau mencegah kerugian saat terjadinya bencana (UNDRR, 2017).

Salah satu element kunci dalam melakukan penilaian resiko bencana terkhusus seismik adalah dengan menggunakan kurva fragilitas. Kurva fragilitas merupakan fungsi yang menggambarkan probability terlampaui dari berbagai kondisi batas (seperti kerusakan fisik atau tingkat kerusakan) dengan adanya level guncangan tanah. Dengan kata lain kurva ini menghubungkan intensitas seismik dengan probabilitas mencapai atau melampaui tingkat kerusakan (rusak ringan,

sedang, besar dan runtuh) terhadap elemen/model yang mengalami resiko. (Pitilakis et al., 2014).

Kurva fragilitas ini dapat digunakan sebagai alat penilaian seismik untuk pembuatan peta kerentanan dan kesiapsiagaan terhadap bencana gempa bumi di Indonesia. Untuk memperoleh hasil penilaian yang lebih akurat maka kurva ini dapat dikembangkan dalam berbagai macam model struktur bangunan (Juliafad & Gokon, 2022). Oleh karena itu penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “Pembuatan Kurva Fragilitas Rumah Sederhana Terhadap 2 Mutu Beton.

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan metode penelitian deskriptif Kuantitatif. Yaitu analisis statistik yang dapat dipergunakan dalam merangkum, mengambar dan menganalisis data kuantitatif, sedangkan data kuantitas berupa data yang dapat dinyatakan dalam angka atau data yang dapat dihitung atau diukur. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis data yang kemudian disimpulkan dalam bentuk grafik fungsi,

2. Data Penelitian

Data pada penelitian ini akan didasari dari data Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat berdasarkan peraturan PU No 5 tahun 2006 terkait persyaratan pokok tahan gempa pada bangunan sederhana.

Dengan spesifikasi model rumah sederhana sebagai berikut:

a. Material

Mutu Beton ($f'c$)	= 25 dan 15MPa
Modulus Elastis	= $4700 \cdot \sqrt{f'c}$
Berat Jenis	= 2400 kg/m ³
Jenis Tulangan	= BJ 37
Kuat Tarik Max (f_u)	= 370 MPa
Tegangan Leleh (f_y)	= 240 MPa

b. Dimensi Kolom

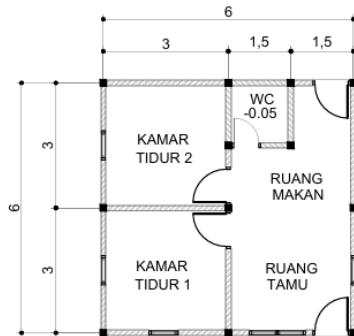
Kolom	= 15 x 15 cm
Diameter Bj Utama	= 10 mm
Diameter Bj Begel	= 8 mm
Jarak Antar Begel	= 15 cm
Tebal Selimut Beton	= 15 mm

c. Dimensi Balok

Kolom	= 12 x 15 cm
Diameter Bj Utama	= 10 mm
Diameter Bj Begel	= 8 mm
Jarak Antar Begel	= 15 cm
Tebal Selimut Beton	= 15 mm

- d. Beban-beban yang Digunakan
Beban Mati
Beban Hidup
Beban Gempa

- e. Gambar Model



Gambar 1. Denah Rumah Sederhana Tipe 36

3. Prosedur penelitian
Penelitian akan dimulai dari strdi literatur dilanjutkan dengan pembuatan model dan melakukan analisis non linear static untuk memporeh kurva pushover. Setelah itu kurva pushover yang telah didapat dari hasil analisis akan dikonversidalam bentuk kurva spectrum respon percepatan dan perpindahan (ADRS). Dari hasil tersebut akan diperoleh *displacement yield (dy)* dan *displacement ultimit (du)* yang akan dipergunakan untuk menentukan fungsi kerapuhan yang akan di buat. Du dan Dy akan di plot ke dalam tabel 1. Untuk memperoleh nilai median pada setiap kondisi kerusakan. Setelah itu akan dimasukkan dalam fungsi fragilitas (1) untuk memperoleh kurva fragilitas.

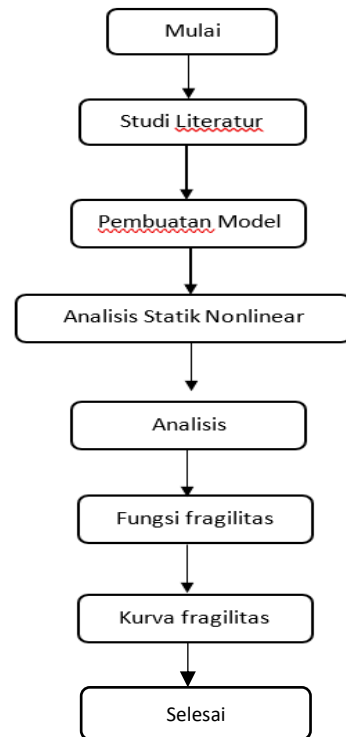
$$P[DS|SD] = \phi \left[\frac{1}{\beta} \ln \frac{sd}{Sd,ds} \right] \dots (1)$$

Tabel 1. Batas Kinerja Setiap Kondisi Kerusakan

Damage State	Displacement	Median Spectral Threshold
Slight	0,7 Dy	Sd1
Moderate	Dy	Sd2
Extensive	Dy + 0,25 (Du-Dy)	Sd3
Collaps	Du	Sd4

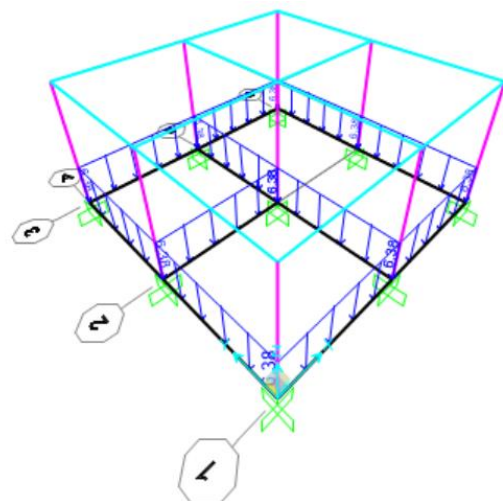
Sumber: HAZUS 2003

Diagram penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

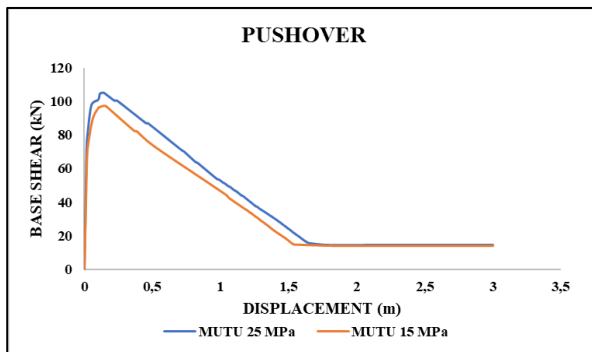
Pada penelitian ini permodelan akan dilakukan pada aplikasi SAP 2000 (Gambar 2) untuk memperoleh hasil analisis non linear



Gambar 2. Permodelan Rumah Sederhana pada Aplikasi SAP 2000

Setelah dilakukan analisis pushover yang menggambarkan hubungan gaya geser dan *displacment* pada bangunan rumah sederhana dengan 2 mutu beton yang berbeda didapatkan didapat kurva push over seperti pada Gambar 3.

Pada tabel 2. Memperllihatkan hasil maksimum *base shear* yang didapat dari kurva *pushover*. Dapat dilihat pada tabel nilai base shear mengalami penurunan seiring dengan menurunnya mutu beton.



Gambar 3. Kurva Pushover Rumah Sederhana dengan 2 Mutu Beton

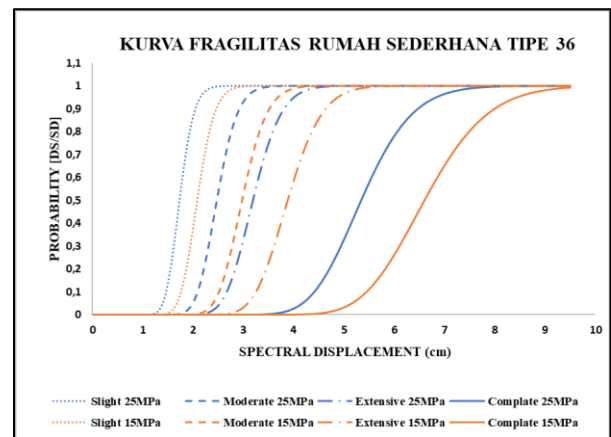
Tabel 2. Nilai Maksimum Base Shear

Maksimum Base shear (kN)	
$f'c$ 25 MPa	$f'c$ 15 MPa
104,855	97,144

Setelah diperoleh hasil analisis non linear, selanjutnya dilakukan evaluasi kondisi kerusakan berdasarkan format ADRS. Nilai-nilai Displacement yield dan displacement ultimate yang diperoleh di plot ke tabel 1 pada metodologi penelitian untuk mendapatkan batas setiap kondisi kerusakan (median). Setelah diperoleh nilai median dan standar deviasi untuk setiap kondisi batas. Nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan (1) sehingga diperoleh fungsi fragilitas (Tabel 3) dan kurva fragilitas untuk rumah sederhana dengan 2 mutu beton seperti pada Gambar 4.

Tabel 2. Fungsi Kerapuhan

Mutu Beton	Maksimum Base shear (kN)			
	$f'c$ 25 MPa		$f'c$ 15 MPa	
	Sd,ds	β_{ds}	Sd,ds	β_{ds}
Slight	1,731	0,131	2,083	0,131
Moderate	2,473	0,131	2,975	0,131
Extensive	3,190	0,139	3,882	0,139
Complete	5,344	0,150	6,601	0,150



Gambar 4. Kurva Fragilitas Rumah Sederhana dengan 2 mutu beton

Dari kurva fragilitas tersebut diperoleh probability kerusakan di atas 50% untuk mutu beton 25 MPa akan mengalami kerusakan ringan pada perpindahan spektral (SD) sebesar 1,737 cm, kerusakan sedang pada SD 2,479 cm, kerusakan signifikan pada SD 3,193 cm dan kerusakan total pada SD 5,349 cm. Untuk mutu beton 15 MPa akan mengalami kerusakan ringan pada SD 2,087 cm, kerusakan sedang pada SD 2,976 cm, kerusakan signifikan pada SD 3,886 cm dan kerusakan total pada SD 6,609 cm.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan 2 fungsi fragilitas dan 2 kurva fragilitas pada rumah sederhana dengan 2 mutu beton yaitu mutu 25 MPa dan Mutu 15 MPa. Pada probability kerusakan di atas 50%, struktur rumah sederhana dengan mutu 25 MPa akan mengalami kerusakan total dengan perpindahan spektral sebesar 5,349 cm. Kemudian untuk mutu 15 MPa akan mengalami kerusakan total dengan perpindahan spektral sebesar 6,609 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, D. Y., Musthoffa, M. M., Ronalmanto, Hasanah, M., & Romadhani, O. (2023). Analisa Elemen – elemen Struktur Tahan Gempa Rumah Sederhana pada Arsitektur Nusantara Rumah Gadang. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 367–376. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2026>
- Arisman, D., & Juliafad, E. (2023). Complete Damage Ratio Untuk Bangunan Rumah Tinggal Berlantai Satu di Wilayah Pasaman Barat. *Applied Science in Civil Engineering*, Volume 4, No4.

- Gadagamma, C. K., Min, A. K., Gokon, H., Meguro, K., & Yu, K. T. (2018). Development of fragility functions of RC buildings in Yangon city using push over analysis. *Journal of Disaster Research*, 13(1), 31–39.
<https://doi.org/10.20965/jdr.2018.p0031>
- Himawan Indarto, I. (2005). *BUKU AJAR MEKANIKA GETARAN DAN REKAYASA GEMPA*.
- Imani, R., Nasmirayanti, R., & Yunarta, A. (2024). INVESTIGASI KERUSAKAN BANGUNAN RUMAH WARGA AKIBAT GEMPA PASAMAN BARAT 2022. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 7(1), 40–52.
<https://doi.org/10.24815/jarsp.v7i1.30964>
- Juliafad, E., & Gokon, H. (2022). SEISMIC FRAGILITY FUNCTION FOR SINGLE STOREY MASONRY WALL RC BUILDING IN PADANG CITY, INDONESIA. *International Journal of GEOMATE*, 22(94), 39–46.
<https://doi.org/10.21660/2022.94.3160>
- Pitilakis, K., Crowley, H., & Kaynia Editors, A. M. (2014). *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering SYNER-G: Typology Definition and Fragility Functions for Physical Elements at Seismic Risk Buildings, Lifelines, Transportation Networks and Critical Facilities*. Springer Science + Business Media Dordrecht.
<http://www.springer.com/series/6011>
- Satria Yoresta, F. (2018). Analisis Ketahanan Gempa Rumah Tembokan Beton Bertulang di Perumahan Graha Arradea. In *54 Media Komunikasi Teknik Sipil* (Vol. 24, Issue 1).
- United National Office for Disaster Risk Reduction. (2017). *National Disaster Risk Assessment Words into Action Guidelines Governance System, Methodologies, and Use of Results*.