

# PREDIKSI KERUSAKAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN METODE PURELIN

Muhammad Gala Garcya<sup>1</sup>, Faisal Ananda<sup>2</sup>, Armada Sukri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis Riau - 28711

*galagarcya@polbeng.ac.id<sup>1</sup>, faisalananda@polbeng.ac.id<sup>2</sup>, armada@polbeng.ac.id<sup>3</sup>*

## Abstrak

Gempa bumi ialah salah satu kejadian alam yang tidak dapat diprediksi besarnya. Hal ini disebabkan cara serta arah kerja gempa tergantung pergerakan tanah yang menopangnya. Hal tersebut yang umumnya menjadi ancaman terbesar pada konstruksi terutama bangunan gedung bertingkat. Gedung bertingkat sangat diharapkan untuk dapat dibangun karena dapat memanfaatkan lahan yang kecil sekalipun. Namun seiring perkembangan zaman umum terjadi keruntuhan bangunan gedung akibat gempa bumi sehingga diperlukan analisis yang lebih detil untuk merencanakan gedung tahan gempa yang lebih baik. Penelitian ini menggunakan analisis riwayat waktu yang merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk mengevaluasi gedung terhadap gempa. Namun analisis Riwayat waktu memiliki kelemahan yaitu durasi analisis yang cenderung lama sehingga penentuan struktur masih mampu berfungsi sesuai rencana sulit untuk diukur. Sehingga melakukan analisis jaringan saraf tiruan dengan memanfaatkan data respon struktur diharapkan mampu untuk memprediksi kinerja struktur dari struktur gedung. Metode Purelin membaca data secara linier namun dalam hal ini memprediksi berdasarkan data terdahulu atau dikenal dengan metode *Backpropagation Analysis*. Hasil penelitian terlihat bahwa data yang memiliki nilai kepercayaan dan keakuratan yang cukup besar yaitu sebesar 99,78%, sehingga analisis ini dapat dijadikan rekomendasi untuk mempersingkat waktu analisis Riwayat waktu yang memakan waktu relatif lebih lama.

**Kata Kunci:** Gempa Bumi, JST, *Backpropagation*, *Purelin*

## Abstract

An earthquake is one of the natural events whose magnitude cannot be predicted. This is can happen because the direction of the earthquake work depends on the movement of the soil that supports it. This is generally the biggest threat to construction, especially buildings. Buildings are expected to be built because they can use even a small area of land. However, over time, it is common for buildings to collapse due to earthquakes, so a more detailed analysis is needed to design a better earthquake-resistant building. Time history analysis is one of the analyzes used to evaluate buildings against earthquakes. However, time history analysis has a weakness, namely the duration of the analysis tends to be long, so determining whether a structure is still able to function according to plan is difficult to measure. Analysis of artificial neural networks by utilizing structural response data is expected to be able to predict the structural performance of building structures. The Purelin method reads data linearly but in this case, predicts based on previous data or is known as the *Backpropagation Analysis* method. The results showed that the data has a large enough confidence and accuracy value of 99.78%, so this analysis can be considered as a recommendation to reduce the time history analysis that takes relatively longer.

**Keywords:** *Earthquake*, *ANN*, *Backpropagation*, *Purelin*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman saat ini sangatlah pesat yang mana menyebabkan sulitnya untuk mengikuti perkembangan zaman. Hal ini dapat berdampak positif maupun negatif. Dampak positif dari perkembangan zaman diantaranya mudahnya melakukan komunikasi hingga kegiatan yang sangat memudahkan pekerjaan manusia.

Kini terdapat istilah Revolusi Industri 4.0 yang mana berarti segala jenis kegiatan bertransisi dari penggunaan metode konvensional menjadi metode berbasis teknologi [1]. Salah satunya bukti

perkembangan zaman yaitu penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dalam kehidupan sehari – hari.

Adanya AI berdampak dalam hidup manusia yang juga dapat mencegah ancaman akibat kejadian bencana alam. Berdasarkan berbagai bencana alam, gempa bumi ialah satu dari sekian kejadian alam yang umum terjadi di Indonesia sehingga menjadi ancaman karena besarnya serta kejadiannya tidak dapat ditebak.

Gempa tidak bisa diukur besaran serta dimana terjadinya serta hal ini merupakan kejadian alam yang menjadi perusak utama pada daerah patahan [2]. Kerugian terhadap

gempa tergolong banyak diantaranya secara materil maupun non-materil namun yang paling utama adalah nyawa manusia [3]. Tercatat pada tanggal 21 November 2022 terjadi gempa dengan magnitudo 5,6 pada daerah Cianjur yang memakan korban jiwa mencapai 600 jiwa [4].

Gedung bertingkat merupakan jenis konstruksi yang paling rentan terhadap gempa dan beresiko mengancam nyawa manusia sehingga perlunya analisis lebih detil untuk menekan angka terjadinya hal seperti ini [5]. Memanfaatkan analisis riwayat waktu untuk dapat mengevaluasi kinerja struktur gedung hanya saja analisis ini cukup menyita waktu yang lama [6]. Sehingga diperlukannya kecanggihan teknologi yang pada hal ini memanfaatkan Jaringan Saraf Tiruan (JST)[7].

JST membutuhkan banyak data yang mana digunakan sebagai dasar prediksi data kinerja struktur akibat pengaruh gempa bumi yang terjadi. Pada penelitian [5] telah menganalisis kinerja struktur dengan metode log-sigmoid menghasilkan keakuratan prediksi mencapai 97,379%. Sehingga ini lah dasar dengan data – data tersebut dilakukanlah analisis dengan metode jaringan saraf tiruan untuk mendapatkan hasil yang lebih cepat dibandingkan menganalisis menggunakan analisis riwayat waktu satu persatu memanfaatkan metode Purelin.

## 2. METODOLOGI

### A. Data Beban

Data gempa yang diunduh dari situs PEER (*Pacific Earthquake Engineering Research*). Kategori gempa dengan magnitudo serta jenis gempa yang berbeda yaitu gempa Kern (7,36 *Reverse*), Capemendocino (7,01 *Reverse*), Trinidad (7,2 *Strike Slip*), Tabas (7,35 *Reverse*), dan Landers (7,28 *Strike Slip*).

### B. Tahap Analisis Ragam

Berdasarkan analisis ragam yang dilakukan akan diperoleh seberapa besar frekuensi dan periode alami dari struktur bangunan tersebut. Serta pada analisis ini dapat dilihat seberapa besar persentase komponen gedung ikut

menahan gaya luar yang terjadi atau yang dikenal dengan *Mass Participation Ratio* [8].

*Mass Participation Ratio* ditentukan adalah lebih dari 90%. Hal ini berarti lebih dari 90% komponen gedung ikut berpartisipasi menahan gaya luar yang terjadi [9].

Selain itu penelitian ini hanya menggunakan 12 *mode shape* bentuk dasar karakteristik gedung tersebut dalam menahan gaya luar dan dengan nilai ini diharapkan tidak terjadi persamaan nilai frekuensi bangunan dengan frekuensi gempa agar tidak terjadinya resonansi atau berhimpitnya frekuensi dari keduanya yang berpotensi akan meruntuhkan bangunan.

### C. Tahap Analisis Riwayat Waktu

Setelah desain bangunan selesai dimodelkan maka dilanjutkan dengan memasukkan beban kedalam struktur serta dilakukan analisis linier gedung. Analisis linier merupakan dasar peentuan struktur mampu atau kah tidak dalam menahan beban. Sekiranya struktur mampu menahan beban yang diberikan maka dilanjutkan dengan analisis non-linier.

Secara umum yang diketahui analisis non - linier terdiri dari analisis respon spektrum dan analisis riwayat waktu [10]. Kedua analisis ini yang paling umum digunakan dalam menganalisis konstruksi bangunan gedung. Dalam hal penelitian ini yaitu mengevaluasi gedung sehingga metode yang paling umum digunakan adalah analisis riwayat waktu.

Analisis riwayat waktu ini digunakan dengan memberikan gaya gempa kepada gedung sehingga gedung seakan - akan mengalami kejadian sebenarnya saat diberikan beban gempa dan dilihat kinerjanya berdasarkan parameter yang telah ditentukan, dapat menggunakan ATC-40 atau FEMA 356. Pada penelitian ini menggunakan nilai yang ditentukan oleh FEMA 356 sebagai tolak ukur kinerja struktur bangunan gedung.

### D. Tahap Analisis JST

JST merupakan unit yang bekerja layaknya otaknya manusia dalam memprediksi kejadian.

Otak manusia terdiri dari banyak saraf yang saling berhubungan satu sama lain. Seperti layaknya otak manusia dalam menerima informasi adalah menangkap informasi, lalu memproses dan mengeluarkan pernyataan hasil dari pemrosesan data masukan informasi. Begitulah adanya JST berperan seperti otak manusia sehingga dalam JST menggunakan 3 jenis lapisan yaitu lapisan *input*, *hidden*, dan *output* [11].

Lapisan *input* akan berperan dalam melatih data serta memolakan data untuk diproses lebih lanjut pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Pada lapisan ini data akan diproses lebih lanjut hingga menciptakan sebuah angka prediksi yang dikeluarkan pada lapisan *output*. Setelahnya tahapan tersebut, unit *layer output* akan memberikan tindakan yang dinamakan jaringan *output* ketika jaringan output tidak menghasilkan *output* sesuai pada yang diharapkan akan menyebar mundur ke lapisan tersembunyi lalu meneruskannya kepada unit

lapisan *input*. Maka dari itu mekanisme ini disebut pelatihan *backpropagation*.

Tahapan terakhir pada penelitian ini adalah melakukan analisis dengan metode *backpropagation* dengan *transfer function* Purelin. Pada penelitian ini akan menggunakan data respon struktur berupa *Acceleration*, *Velocity*, dan *Displacement* untuk arah X dan Y serta nilai target ialah kinerja struktur sesuai kriteria FEMA 356 dan simpangan antar lantai. Sehingga akhir dari penelitian ini ialah memunculkan koefisien regresi dan MSE jaringan yang mana dapat dimanfaatkan sebagai prediksi data.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Kinerja Struktur FEMA 356

FEMA 356 sudah mengatur nilai kerusakan yang dibatasi dengan beberapa kategori seperti IO, LS, dan CP. Nilai – nilainya ialah IO = 0,005, LS = 0,015, dan CP = 0,02 [12].

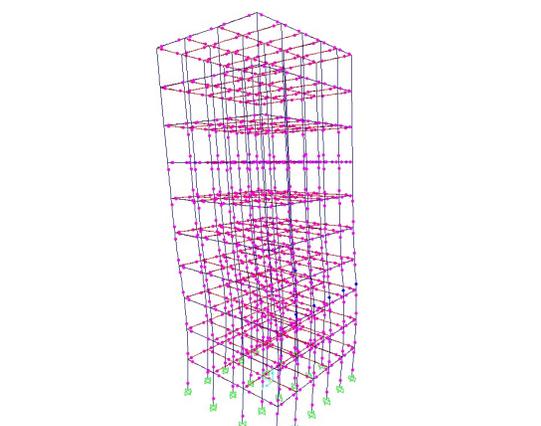
**Tabel 1** Kinerja Struktur Oleh FEMA 356

No	Gempa (g)	Waktu (detik)	Kerusakan	Kinerja	
				Indeks	Nilai
73	Capemendocino	0,72	B	B	0,001
74	Capemendocino	0,73	B	B	0,001
75	Capemendocino	0,74	B	B	0,001
76	Capemendocino	0,75	B	B	0,001
77	Capemendocino	0,76	B	B	0,001
388	Kern	0,73	SAFE	SAFE	0
389	Kern	0,74	SAFE	SAFE	0
390	Kern	0,75	SAFE	SAFE	0
1873	Tabas	5,56	SAFE	B	0,001
1874	Tabas	5,57	SAFE	B	0,001
1875	Tabas	5,58	SAFE	B	0,001
2964	Trinidad	5,12	B	B	0,001
2965	Trinidad	5,13	B	B	0,001
2966	Trinidad	5,14	B	B	0,001
3343	Landers	2,06		B	0,001
3344	Landers	2,07		B	0,001
3345	Landers	2,08		B	0,001
3346	Landers	2,09		B	0,001
3347	Landers	2,1		B	0,001
4489	Landers	13,52	B	B	0,001

\*B=Tidak ada kerusakan; IO=Kerusakan Minor; LS=Rusak Ringan; CP = Kerusakan Mayor

Analisis tersebut memperlihatkan *joint* yang mengalami kerusakan setelah pemberian beban. Berdasarkan analisis terlihat pada detik ke berapa struktur mengalami keruntuhan dan kemudian hasil yang diperoleh disusun dalam tabel sebagai mana terlihat pada Tabel 1.

Hasil memperlihatkan gempa Capemendocino menyebabkan kerusakan hingga level *Immidiate Occupancy* pada saat 3,08 detik. Sedangkan gempa selain itu diklasifikasikan aman menurut indeks FEMA 356. Hasil kinerja struktur tersebut ini terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kinerja struktur hasil riwayat waktu

**B. Kinerja Struktur SNI 1726-2019**

Analisis tersebut hanya memperlihatkan besaran nilai simpangan antar lantai yang terjadi sebab gempa yang diberikan. Dalam penelitian ini diambil salah satu titik yang ditinjau untuk mendapatkan nilai simpangan antar lantai yang terjadi.

Analisis ini menunjukkan bahwa gedung masih aman karena simpangan antar lantai tidak melebihi 0,125 m (0,025 tinggi lantai sebelumnya). Hal itu sebabnya data ini dimanfaatkan sebagai data capaian pada analisis JST. Data tersebut terlihat pada Tabel 2.

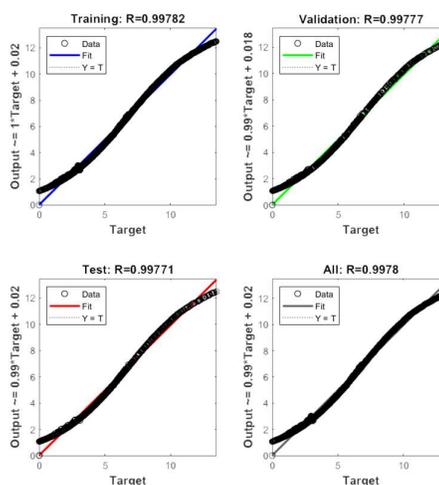
**C. Analisis Jaringan Saraf Tiruan**

Berdasarkan penelitian ini, dilakukan jenis *transfer function* Purelin. Pada penelitian ini menggunakan lapisan tersembunyi dengan konfigurasi 2n+1 dimana n merupakan data

masukan 7 buah (waktu, perpindahan arah x dan y, kecepatan arah x dan y, serta percepatan arah x dan y). Sehingga konfigurasi 2n+1 memperoleh 15 lapisan. Sedangkan data capaian terdiri dari 3 jenis yaitu kinerja struktur oleh FEMA 356 dengan simpangan antar lantai arah x dan y.

Hasil analisis menunjukkan nilai yang berbeda seperti nilai *performance*, *training state*, hingga nilai regresi yang dihasilkan. Untuk *performance data*, diprediksi mendekati garis yang diharapkan dengan hasil *Mean Square Error* (MSE) sebesar 0,037 dan analisis terhenti karena garis validasi (*validating*) telah mencapai garis yang diharapkan.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa *training* data yang dihasilkan sebesar 99,784%, data validasi (*validating*) sebesar 99,74%, *testing* sebesar 99,79%, dan untuk keseluruhan sebesar 99,78%. Berdasarkan data tersebut disimpulkan bahwa data yang memiliki nilai kepercayaan dan keakuratan yang cukup besar yaitu sebesar 99,78% sehingga data tersebut dapat dipercaya keakuratannya. Hasil analisis ini dapat terlihat pada Gambar 2 berikut ini.

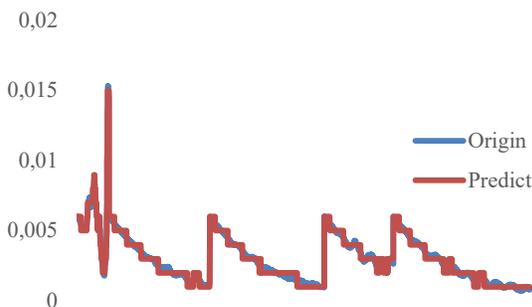


Gambar 2 Plot Grafik Regresi Analisis Purelin

**Tabel 2** Hasil Kinerja Berdasarkan SNI 1726-2019

No	Gempa (g)	Waktu (detik)	Story Drift (m)	
			Arah X	Arah Y
73	Capemendocino	0,72	0,00318	0,00277
74	Capemendocino	0,73	0,00316	0,00277
75	Capemendocino	0,74	0,00316	0,00276
76	Capemendocino	0,75	0,00313	0,00275
77	Capemendocino	0,76	0,00309	0,00275
388	Kern	0,73	0,00267	0,00219
389	Kern	0,74	0,00267	0,00219
390	Kern	0,75	0,00267	0,00218
1873	Tabas	5,56	0,00257	0,00148
1874	Tabas	5,57	0,00274	0,00143
1875	Tabas	5,58	0,00292	0,00143
2964	Trinidad	5,12	0,00475	0,00173
2965	Trinidad	5,13	0,00485	0,00164
2966	Trinidad	5,14	0,00487	0,00164
3343	Landers	2,06	0,00277	0,00216
3344	Landers	2,07	0,00278	0,00217
3345	Landers	2,08	0,00281	0,00218
3346	Landers	2,09	0,00282	0,00218
3347	Landers	2,1	0,00282	0,00219
4489	Landers	13,52	0,00871	0,00169

Sebagaimana hasil prediksi simpangan antar lantai perbandingan analisis antara data origin dan hasil prediksi dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat bahwa nilai simpangan yang dihasilkan tidak jauh berbeda antara data awal dan data hasil prediksi.



Gambar 3 Plot Grafik Regresi Analisis Purelin

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu pada Analisis Ragam, dalam analisis ini

dihasilkan frekuensi sebesar 0,257 siklus/detik dan Periode sebesar 3,88 detik. Sedangkan nilai partisipasi ragam yang diperoleh memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 1726-2019 yaitu lebih dari 90%.

Analisis riwayat waktu menunjukkan kinerja struktur mencapai level IO (*Immediate Occupancy*) pada detik ke 3,08 dan simpangan antar lantai kurang dari batasan SNI 1726-2019 yaitu kecil dari 0,125 m (0,025 hx).

Serta pada Analisis Jaringan saraf Tiruan dengan memanfaatkan *transfer function* Purelin diperoleh nilai regresi sebesar 99,78% hasil tersebut cukup tinggi serta kepercayaan akan prediksinya juga tinggi. Maka dari itu dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil analisis ini menunjukkan nilai kesalahan yang sangat kecil dan keandalannya dalam memprediksi nilai kinerja struktur.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak – pihak terkait yang telah mendukung penulis dan tim dalam

menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik – baiknya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryanita, R. (2015). *Prediksi Kerusakan Model Tiang Jembatan Beton Bertulang Berdasarkan Mutu Beton Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan*. Annual Civil Engineering Seminar (ACES), (November), 368–375.
- [2] Garcya, M. G., Suryanita, Suryanita, R., Djauhari, Z., & Maizir, H. (2021). *Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan dengan Metode Fungsi Tan-Sigmoid dalam Memprediksi Kinerja Struktur Bangunan Gedung*. SAINSTEK, 9(1), 34-40
- [3] Fawzy, D. E., & Arslan, G. (2015). *Development of Building Damage Functions for Big Earthquakes in Turkey*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195, 2290–2297. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.179>
- [4] (2022) Antaranews Sulawesi Tenggara (Antara Sultra). [Online]. Available: <https://sultra.antaraneews.com/berita/436191/gempa-cianjur-korban-meninggal-dunia-menjadi-600-orang>
- [5] Garcya, M. G., Suryanita, Suryanita, R., Djauhari, Z., & Maizir, H. , “Performance Level Prediction of Structure Building Using Log-Sigmoid Methods,” in Proc. 6th Int. Conf. on Structure, Engineering & Environment (SEE), 2020, p. 23-27.
- [6] Hosseini, M., Hashemi, B., & Safi, Z. (2017). *Seismic Design Evaluation of Reinforced Concrete Buildings for Near-Source Earthquakes by Using Nonlinear Time History Analyses*. Procedia Engineering, 199, 176–181. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.225>
- [7] Setiawan, B., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2017). *Prediksi Tingkat Kinerja Struktur Gedung Kantor*. Jurnal Teknik Sipil Siklus, 3(2), 107–116.
- [8] Hendra, J., Suryanita, R., & Yuniarto, E. (2015). *Prediksi Respons Struktur Bangunan Berdasarkan Spektra Gempa Indonesia Di Pulau Sumatera Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan*. Jom FTEKNIK, 2(2), 1–11..
- [9] Badan Standardisasi Nasional. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. , Pub. L. No. 1726 (2012).
- [10] Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures* (4th ed.).
- [11] Adnan, A., Suryanita, R. (2012). *Intelligent Monitoring System on Prediction of Building Damage Index using Neural-Network*. TELKOMNIKA, 10(1), 155–164.
- [12] American Society of Civil Engineers (ASCE); Federal Emergency Management Agency (FEMA). FEMA 356 Prestandard. , (2000).