

Prediksi Kerusakan Model Jembatan Pelengkung dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan

Widya Apriani¹, Hendri Rahmat²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324
Email: widyaapriani@unilak.ac.id, hendri@unilak.ac.id

ABSTRAK

Bencana akibat keruntuhan struktur jembatan yang tidak bisa diprediksi sebelumnya membutuhkan biaya rehabilitasi yang sangat besar. Hal ini diakibatkan oleh penurunan kemampuan atau kerusakan tidak dapat diidentifikasi lebih awal (peringatan dini). Sulitnya untuk memprediksi langsung kondisi struktur jembatan disebabkan oleh keterbatasan alat uji dan kondisi lingkungan pengujian. Pemantauan Kesehatan Struktural (*Structural Health Monitoring*) merupakan usaha mengidentifikasi kerusakan meliputi penentuan kejadian, lokasi dan tingkat keparahan dari setiap kerusakan. Hal ini sangat penting dikaji karena struktur jembatan perlu dimonitor sebelum kegagalan bencana terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kondisi struktur jembatan akibat beban dinamis jembatan sehingga dapat digunakan untuk perencanaan pemeliharaan struktur yang rasional dan ekonomis. Kajian berpusat pada berbagai beban dinamis dari analisis jembatan Pelengkung Baja. Pendekatan deteksi kerusakan dilakukan berdasarkan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan bantuan program komputer MATLAB. JST ini merupakan cabang ilmu kecerdasan buatan (*Artificial Inteligence*) yang berkerja berdasarkan sistem kerja otak manusia. Dalam penelitian ini, metode JST memerlukan statistic respons dinamis struktural sebagai indeks kerusakan untuk Pemantauan Kesehatan Struktur (SHM) sehingga dapat memprediksi kondisi kesehatan struktur jembatan secara cepat. Selanjutnya dilakukan verifikasi dengan menggunakan program metode elemen hingga (SAP 2000). Analisis dilakukan untuk memperkirakan penilaian kondisi struktur jembatan meliputi lokasi kerusakan dan tingkat kerusakan yang mengacu pada pedoman penentuan nilai kapasitas jembatan. Diharapkan penelitian ini juga dapat menjadi masukan bagi pemerintah dan pihak yang terkait dengan inspeksi jembatan dalam memberikan penilaian yang tepat untuk pemeliharaan, perbaikan dan peningkatan fungsi jembatan.

Kata Kunci: jaringan saraf tiruan, jembatan pelengkung baja, monitoring kesehatan jembatan

ABSTRACT

Disasters due to the collapse of bridge structures that cannot be predicted before require enormous rehabilitation costs. This is caused by a decrease in ability or damage cannot be identified earlier (early warning). The difficulty of directly predicting the condition of the bridge structure is caused by the limitations of the test equipment and the testing environmental conditions. Monitoring Structural Health Structural Health Monitoring) is an effort to identify damage including determining the event, location, and severity of each damage. This is very important to study because the bridge structure needs to be monitored before disaster failure occurs. The purpose of this study is to evaluate the condition of the bridge structure due to the dynamic load of the bridge so that it can be used for planning the maintenance of rational and economic structures. The study centered on various dynamic loads from the analysis of Steel Arch bridges. The damage detection approach is based on Artificial Neural Networks (ANN) with the help of the MATLAB computer program. This ANN is a branch of artificial intelligence (Artificial Inteligence) that works based on the working system of the human brain. In this study, the ANN method requires structural dynamic response statistics as a damage index for Structural Health Monitoring (SHM) so that it can predict the health condition of bridge structures quickly. Then verification is carried out using the finite element method program (SAP 2000). The analysis was conducted to estimate the assessment of the condition of the bridge structure including the location of damage and the level of damage which refers to the guidelines for determining the value of bridge capacity. It is hoped that this research can also be an input for the government and parties related to bridge inspection in providing appropriate assessments for maintenance, repair, and improvement of bridge functions.

Keywords: artificial neural networks, steel arch bridges, bridge health monitoring

1. PENDAHULUAN

Deteriorasi pada struktur jembatan selama masa layan akan menyebabkan kerusakan bahkan keruntuhan. Hal ini dapat disebabkan oleh overloading beban kendaraan, fatik pada elemen struktur tersebut, terjadinya gempa diluar prediksi perencanaan, dan beban angin yang besar. Di Riau, beberapa jembatan telah mengalami deteriorasi. Berdasarkan penilaian yang dilakukan dengan metode Bridge Management System (BMS) pada beberapa jembatan yang memiliki nilai kritis antara lain Jembatan Merangin, S, jembatan Jangkang, Jembatan Parak Suak Buaya, dan jembatan Parit Darauf adalah jembatan paling kritis pada bagian struktur atas. Sementara Jembatan Siak II memiliki nilai kondisi rusak berat yang terdiri dari bangunan atas rusak berat, lantai bangunan rusak berat, bangunan bagian bawah rusak ringan dan DAS rusak ringan[1],[2]. Dari 114 jembatan yang ada, jembatan tersebut memerlukan penanganan berupa rehabilitasi dan perbaikan.[2]

Untuk mencegah terjadinya deteriorasi diperlukan suatu metode sistem monitoring pada jembatan yang dapat memprediksi kondisi suatu jembatan sewaktu-waktu sehingga dapat dilakukan pemeliharaan secara dini dan mencegah terjadi keruntuhan secara tiba-tiba.

Ada beberapa metode yang dikembangkan untuk penilaian kondisi jembatan seperti BMS [1] dan Fracture Critical Member [2]. Namun metode tersebut belum menunjukkan hasil yang memuaskan karena kondisi real perilaku struktur jembatan tidak dapat dimonitor secara rinci dengan metode tersebut.

Metode jaringan syaraf tiruan merupakan metode yang dapat memonitor perilaku jembatan secara langsung. Metode ini dapat memprediksi dan mengevaluasi kondisi struktur jembatan akibat dari berbagai faktor, termasuk diantaranya adalah beban gempa. Olehkarena itu dalam penelitian ini akan dikaji terhadap pembebanan gempa.[3],[4],[5].

Penelitian aplikasi jaringan syaraf tiruan pada jembatan beton box girder telah dilakukan menunjukkan hasil yang baik dimana jaringan syaraf dengan satu lapisan tersembunyi berdasarkan domain perpindahan dapat membantu untuk memprediksi stabilitas dan kondisi kesehatan sistem pemantauan seismik jembatan struktur jembatan pada waktu tertentu.[3]. Penelitian ini fokus pada tipe jembatan yang berbeda yaitu pada jembatan pelengkung baja karena di Indonesia jembatan tipe ini cukup banyak dengan berbagai permasalahannya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas tahap diagnosis, analisis, dan verifikasi. Tahap diagnosis dan analisis dilakukan memasukkan input data ke dalam program Jaringan syaraf tiruan dengan bantuan program computer yaitu Matlab. Desain jaringan syaraf tiruan dibagi dalam dua tahap utama yaitu pelatihan dan pengujian. Sebelumnya dipersiapkan pembagian data untuk data latih dan data uji terlebih dahulu. Data latih yang digunakan adalah data beban dinamik gempa tahun tertentu. Proses ini merupakan pengenalan pola dimana memuat

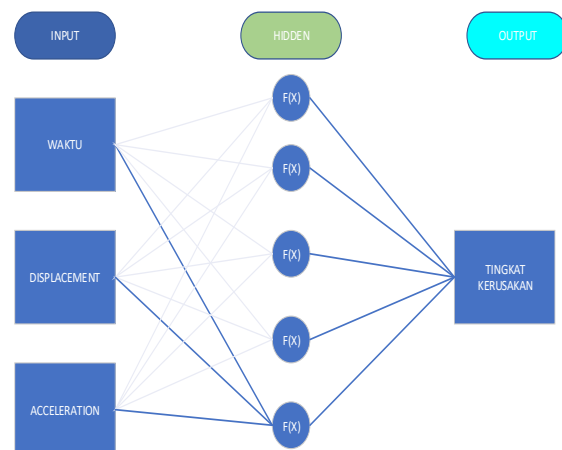
parameter *ciri/feature*. Kemudian data tersebut dirambatkan maju menuju target latih melalui arsitektur jaringan syaraf tiruan yang sebelumnya telah didesain.

Output dari proses pelatihan adalah suatu jaringan yang terdiri dari arsitektur beserta bobot-bobot terbaik hasil pembaharuan[13]. Selanjutnya menentukan tingkat akurasi proses pelatihan dengan cara merambatkan maju data latih sehingga diperoleh data keluaran yang kemudian dibandingkan dengan target latih.

Tahap verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari analisis JST dengan program metode elemen hingga (SAP 2000).[14]. Berdasarkan data hasil survei detail jembatan berupa dimensi struktur jembatan, karakteristik material, dapat dilakukan pembuatan model struktur jembatan dengan *Finite Element Method*. [15]. Model struktur jembatan dibuat dengan penyesuaian hasil kalibrasi dan hasil tegangan beban jembatan struktur jembatan selanjutnya simulasi pembebanan yang dapat memberikan respons berupa regangan akibat kendaraan yang melintas di atas jembatan. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dihasilkan berat total kendaraan yang melintas berdasarkan respons dinamik yang sudah tercatat.

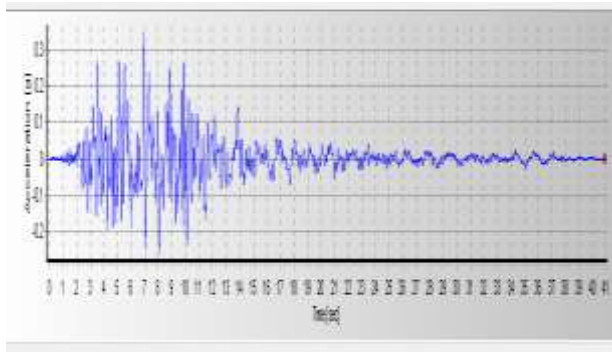
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memperoleh prediksi kesehatan struktur model jembatan pelengkung baja yang dianalisis dengan metode jaringan syaraf tiruan dilakukan pemasukan data gempa berupa input data accelerometer pada suatu daerah yang telah tercatat gempanya dalam hal ini digunakan data gempa Kobe. Analisis dilakukan dengan pushover analysis menggunakan SAP 2000 untuk memperoleh data acceleration dan deformation pada jembatan. Data tersebut digunakan sebagai input pada proses training pada pemrograman Matlab. data target yang diharapkan berupa tingkat kinerja struktur (performance design) yaitu B, IO, LS, CP. Adapun arsitektural model jaringa syaraf tiruan yang di desain adalah sebagai berikut:

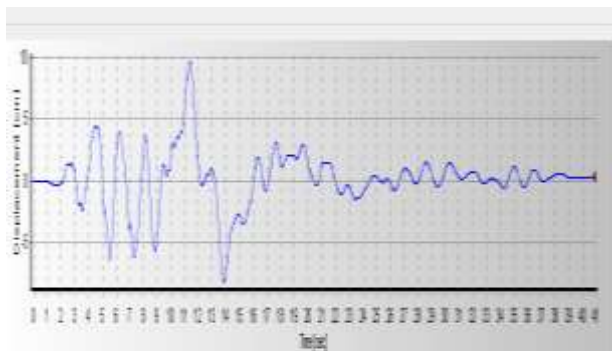


Gambar 2. Arsitektural model Jaringan Saraf Tiruan

Acceleration model jembatan yang disimulasikan di dalam program SAP2000 berasal dari data gempa Kobe seperti 3 dan 4 berikut ini.



Gambar 3. Respon Acceleration pada jembatan akibat beban Kobe



Gambar 4. Respon displacement/perpindahan pada jembatan akibat beban Kobe

Data gempa kobe memiliki 234 data untuk input. Tingkarkeamanan dijelaskan oleh 189 data selama 10 detik untuk S = 0 indeks output, 45 data selama 2,05 detik untuk IO = 1 indeks output, 3data selama 0.05 detik pad LS , dan 4 data selama 0.20 detik untuk CP = 3 indeks output. Proses pelatihan yang digunakan adalah 75 % data acceleration dan 25 % data displacement yang dihasilkan dari analisis pushover. Simulasi dilakukan untuk memprediksi menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode back propagation dengan bantuang matlab. Adapun data yang diolah dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

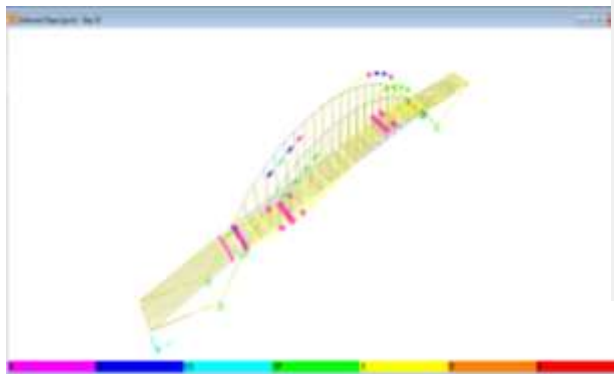
Tabel.2 Data input dan output untuk proses *training* dan *testing* Jaringan Saraf Tiruan

Time	Accelerati on	Displaceme nt	Output
StepNu m	U1 m/sec2	U1 m/sec2	Dama ge
0	0	0	B
0.02	0	0	B
0.04	2.637E-07	-9.865E-10	B
0.06	-0.03063	-2.488E-09	B
0.08	-0.03063	1.002E-09	B
0.1	0.12251	3.077E-09	B
0.12	0.18376	-1.741E-08	IO
0.14	0.06126	-5.97E-08	IO
0.16	-0.18374	-1.075E-07	LS
0.18	-0.245	-1.257E-07	LS
0.2	0.06127	-1.069E-07	LS
0.22	-0.24501	-7.439E-08	LS
0.24	0.58191	-8.764E-09	LS
0.26	0.94944	-3.542E-08	LS
		-	LS
		0.00000019	
0.28	-0.39811	5	
0.3	-0.55124	-3.097E-07	LS
0.32	-0.2756	-3.372E-07	LS
0.34	-0.45937	-3.093E-07	LS
0.36	-1.40882	-1.651E-07	LS
0.38	-0.1838	1.734E-07	LS
		0.00000054	CP
0.4	-1.01077	1	CP
		0.00000100	CP
0.42	0.09173	2	CP
		0.00000138	CP
0.44	0.52047	7	CP
		0.00000162	CP
0.46	-0.30649	2	CP
		0.00000184	CP
0.48	-1.01094	3	CP
		0.00000216	CP
0.5	-1.96042	7	CP
		0.00000261	CP
0.52	2.29665		CP

Sumber : hasil analisis

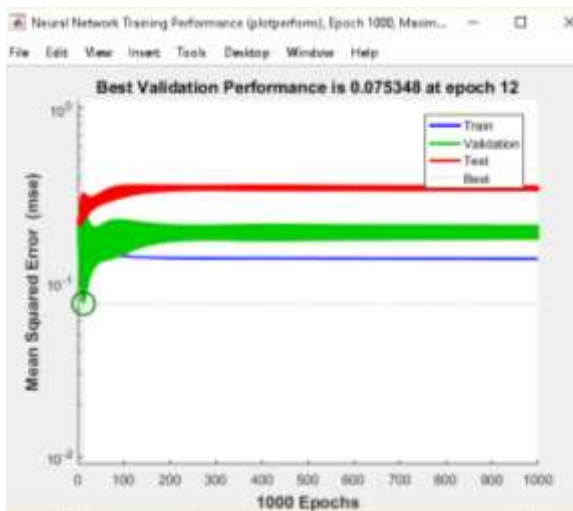
Pengujian tingkat kerusakan pada model jembatan pelengkung baja ini dilakukan untuk mengidentifikasi perilaku non linear jembatan ukuran yang sebenarnya. Pengujian dengan metode beban dorong (pushover test) telah memberikan

hasil mendekati yang analisis secara numerical menggunakan SAP2000 seperti yang terlihat pada Gambar 5.

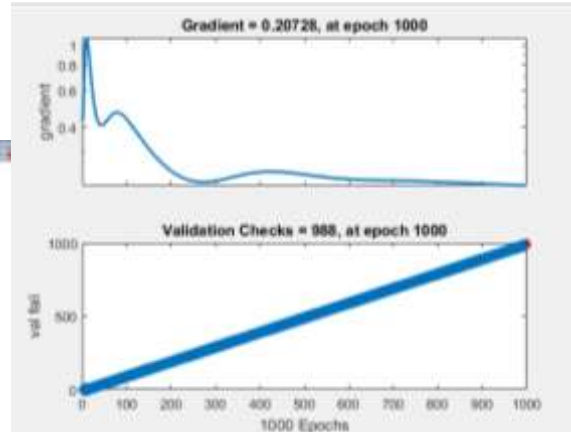


Gambar 5. Hasil analisis SAP 2000

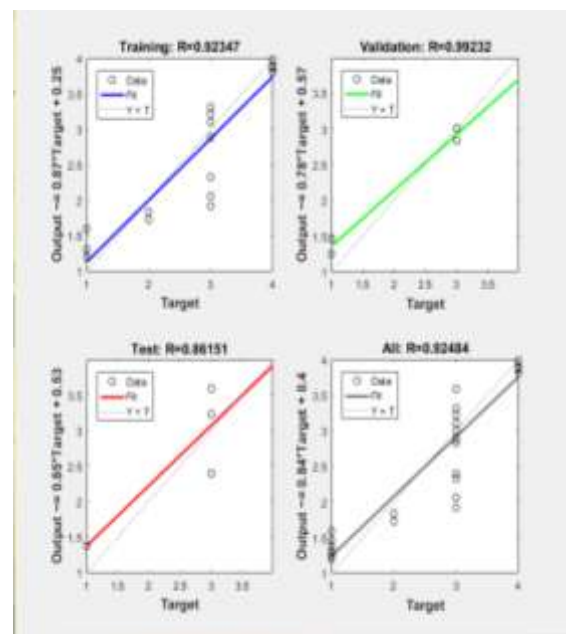
Pengujian dengan metode beban dorong (*pushover test*) telah memberikan hasil mendekati yang analisis secara numerical menggunakan SAP2000 seperti yang terlihat pada Gambar 5 diatas. Validasi hasil numerik dengan menggunakan pengujian beban dorong terhadap model telah menghasilkan kurva ideal yang dapat memberikan informasi perilaku jembatan yang sebenarnya.



Gambar 6. Nilai kesalahan : Best Validation Performance Vs Mean Square Error (MSE)



Gambar 7. Proses Training di Matlab



Gambar 8. Regresi hasil prediksi tingkat kerusakan model jembatan pelengkung baja.

Dari gambar 6,7, dan 8 di atas diketahui hasil pelatihan dan testing data menggunakan Jaringan Saraf Tiruan telah menghasilkan nilai kesalahan terbaik (Mean Squared Error, MSE) sebesar 0.075438 dan nilai regresi validasi sebesar 0.92484 mengidentifikasi hasil prediksi mendekati 92, 48 % mendekati nilai aktual nya. Dengan demikian aplikasi metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) pada model struktur jembatan dapat menjadi solusi bagi

perencana struktur dalam memprediksi keruntuhan prototip jembatan yang sebenarnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menggambarkan pemantauan cerdas untuk memprediksi indeks kerusakan jembatan pelengkung baja menggunakan jaringan syaraf tiruan.. Menurut hasil, perangkat lunak yang dikembangkan dapat memprediksi data percepatan dan perpindahan pemicu sistem peringatan jika output menunjukkan moderat aman (LS) dan kerusakan total (CP). Menerapkan sistem ini akan membantu pengguna untuk menentukan status bangunan setiap kali gempa bumi terjadi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. BMS, "Bridge Management System," p. 1, 1993.
- [2] W. Apriani, S. W. Megasari, W. Alrisa, and P. Loka, "Penilaian Jembatan Rangka Baja Transfield Australia Dengan Metode Fracture Critical Member (Studi Kasus : Jembatan Siak 2 Pekanbaru)," no. September, pp. 18–19, 2018.
- [3] R. Suryanita and A. Adnan, "Application of Neural Networks in Bridge Health Prediction based on Acceleration and Displacement Data Domain Application of Neural Networks in Bridge Health Prediction based on Acceleration and Displacement Data Domain," vol. I, no. February 2016, pp. 4–9, 2013.
- [4] Mardiyono, R. Suryanita, and A. Adnan, "Intelligent monitoring system on prediction of building damage index using neural-network," *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 10, no. 1, pp. 155–164, 2012.
- [5] R. Suryanita, "The Application of Artificial Neural Networks in Predicting Structural Response of Multistory Building in The Region of Sumatra Island," *KnE Eng.*, vol. 1, no. 2015, pp. 1–6, 2016.
- [6] R. Suryanita, H. Maizir, and H. Jingga, "Prediction of Structural Response due to Earthquake Load using Artificial Neural Networks," *Int. Conf. Eng. Technol. Comput. Basic Appl. Sci. ECBA, 2016, Osaka, Japan*, vol. 182, no. 4, 2016.
- [7] Mardiyono, R. Suryanita, and A. Adnan, "Intelligent monitoring system on prediction of building damage index using neural-network," *TELKOMNIKA (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 10, no. 1, pp. 155–164, 2012.
- [8] J. Brownjohn, "Structural Health Monitoring of the Tamar Bridge," *Vce.At*, pp. 465–490, 1961.
- [9] P. H. a Nababan, "Structural Health Monitoring System Alat Bantu Mempertahankan Usia Teknis Jembatan," *Constr. Maint. main span Suramadu Bridg.*, pp. 1–2, 2008.
- [10] N. M. Apaydin, A. C. Zulfikar, and H. Alcik, "Introduction of Bogazici Suspension Bridge Structural Health Monitoring System," *15th World Conf. Earthq. Eng.*, 2012.
- [11] M. Mehrjoo, N. Khaji, H. Moharrami, and A. Bahreininejad, "Damage detection of truss bridge joints using Artificial Neural Networks," *Expert Syst. Appl.*, vol. 35, no. 3, pp. 1122–1131, 2008.
- [12] Z. Chen, X. Zhou, X. Wang, L. Dong, and Y. Qian, "Deployment of a smart structural health monitoring system for long-span arch bridges: A review and a case study," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 9, 2017.
- [13] D. Shyam, G. B. L. Chowdary, and D. R. Mahapatra, "Structural Damage Identification Using Artificial Neural Network and Synthetic data."
- [14] S. Ok, W. Son, and Y. M. Lim, "A study of the use of artificial neural networks to estimate dynamic displacements due to dynamic loads in bridges," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 382, no. 1, 2012.
- [15] W. F. Darmawan, R. Suryanita, and Z. Djauhari, "Evaluasi Kesehatan Struktur Bangunan berdasarkan Respon Dinamik Berbasis Data Akselerometer," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 23, no. 2, p. 142, 2017.