



PREDIKSI KUAT TEKAN MORTAR BATA RINGAN DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN

RENI SURYANITA^{1*}, HARNEDI MAIZIR², SATRIA MAKAHANT¹, DANDIO AHMAD FANSURI¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Pekanbaru, Riau, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru. Pekanbaru, Riau, Indonesia

*Corresponding author: ✉ reni.suryanita@eng.unri.ac.id

Naskah diterima : 25 Desember 2021. Disetujui: 28 Maret 2023

ABSTRAK

Bata ringan merupakan salah satu inovasi di bidang material bangunan dengan menggunakan bahan kimia *foaming agent*, sehingga bobot bata menjadi lebih ringan. Bobot yang ringan merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki bata ringan, hal ini berpengaruh signifikan saat bata ringan digunakan pada bangunan gedung bertingkat karena dapat mengurangi berat sendiri bangunan. Kuat tekan merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas bata ringan. Untuk menentukan kualitas bata ringan perlu dilakukan pengujian eksperimental mortar bata ringan yang memerlukan biaya dan waktu pengujian. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model simulasi numerik berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memprediksi nilai kuat tekan bata ringan. Model JST menggunakan nilai densitas mortar bata ringan sebagai data input. Data *training* dan *testing* dari hasil pengujian benda uji mortar bata ringan berbentuk kubus dengan panjang sisi 10 cm sebanyak 120 benda uji terdiri dari 105 benda uji digunakan untuk data *training* dan 15 benda uji digunakan sebagai data *testing* untuk memprediksi kuat tekan mortar. Hasil pelatihan JST yang paling optimal menghasilkan nilai regresi *training* dan *testing* sebesar 0.93891 dan 0.95667. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan metode JST dapat memprediksi nilai kuat tekan mortar bata ringan dengan nilai *error* yang hampir mendekati nilai 0 dan keakuratan lebih dari 90%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, metode JST dapat digunakan dalam memprediksi kuat tekan bata ringan.

Kata kunci : kuat tekan; mortar bata ringan; densitas, Jaringan Saraf Tiruan; Regresi

1. PENDAHULUAN

Bata ringan merupakan aplikasi dari beton ringan pada material bangunan. Beton ringan dibuat dengan memasukkan gelembung-gelembung udara dan material ringan lain ke dalam campuran semen saat proses pembuatan pasta semen sehingga beratnya lebih ringan dibandingkan dengan berat bata merah konvensional. Berdasarkan SNI 8640:2018 densitas bata ringan berada diantara 400 kg/cm³ hingga 1400 kg/cm³. Menurut Chica & Alzate, (2019)

bata ringan tipe *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) merupakan campuran semen, dan foam. Penambahan foam bertujuan sebagai mekanisme agar sel udara dari foam bisa bercampur dengan campuran semen agar terbentuk pori-pori pada semen saat mengeras. Berdasarkan densitasnya, CLC dapat diaplikasikan pada bagian struktur dan non struktur dalam konstruksi. Berdasarkan Amran (2015) kuat tekan berhubungan langsung dengan densitas bata foam, dimana berkurangnya nilai densitas secara eksponen menyebabkan berkurangnya nilai kuat tekan bata foam. Secara umum kuat tekan bata foam dipengaruhi oleh kualitas foam, karakteristik material penyusun bata ringan, rasio semen-pasir dan metode perawatan bata ringan.

Berdasarkan SNI 8640-2018, bata ringan adalah suatu jenis unsur bangunan blok bata dengan bentuk prisma siku dengan ukuran lebih besar dari bata merah yang memiliki bobot isi yang lebih rendah dari bahan bangunan beton ataupun bata beton pada umumnya. Bobot yang ringan merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki bata ringan. Hal ini berpengaruh signifikan saat bata ringan digunakan pada bangunan gedung bertingkat pada kondisi tanah dengan daya dukung buruk seperti tanah lunak karena akan mengurangi berat sendiri bangunan yang akan ditopang pondasi (Oktavianita et al 2018). Bentuk bata ringan tipe CLC dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bata Ringan CLC

Metode Jaringan Saraf Tiruan merupakan tiruan dari sistem saraf manusia. Program dilatih dengan menginput kumpulan data dan dilakukan pengulangan (*epoch*) sehingga saat dilakukan input data maka program segera merespon dan menganalisisnya sama seperti reaksi syaraf pada tubuh manusia saat diberi rangsangan. Ada 2 jenis analisis jaringan syaraf yaitu *single layer network* dan *multilayer networks*. Kelemahan *single-layer network* ialah tidak memungkinkan melakukan analisis untuk permasalahan kompleks sehingga kurang sesuai digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan struktur di bidang teknik sipil. Sedangkan *multi-layer network* mampu menyelesaikan masalah kompleks dengan jangkauan data yang lebih besar dibanding *single-layer* karena didukung dengan algoritma pendukung (Vanluchene & Sun, 1990). Penerapan metode JST dalam prediksi kuat tekan *lightweight aggregate concrete* (LWAC) sudah mencapai hasil yang akurat, dimana didapatkan regresi rata-rata sebesar 0.91875 (Nagarajan et al., 2020).

Penelitian JST terhadap pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah karet menggunakan 223 sampel eksperimental dapat menghasilkan nilai regresi sebesar 0.98075 (Ly et al, 2021). Metode jaringan saraf tiruan juga diterapkan untuk prediksi kuat tekan beton dengan bahan tambah *silica fume*, hasil prediksi memiliki nilai kesalahan kurang dari 1. Hasil ini berapa pada

rentang nilai kesalahan yang dapat diterima. (Paulson et al, 2019). Berdasarkan Ashrafian et al, (2020) kuat tekan beton busa diprediksi dengan metode jaringan saraf tiruan dengan nilai regresi dan *root mean square error* (RMSE) masing-masing sebesar 0.949 dan 0.560. Penerapan metode analisis JST juga dilakukan untuk memprediksi sifat termal bata ringan CLC berdasarkan variasi suhu, dari tiga analisis JST yang dilakukan didapatkan hasil JST yang memiliki tiga *hidden nodes* memiliki hasil yang akurat dimana MSE nya lebih kecil dari 0.003 (Wiryawan et al. 2020). Metode JST juga bisa diterapkan untuk memprediksi sifat mekanik bata ringan seperti pada penelitian yang dilakukan Absa (2016) tentang pengaruh komposisi material terhadap mekanik bata ringan tipe AAC dengan metode JST, dimana didapatkan nilai MSE sebesar 0,001605667 serta nilai regresi tertinggi sebesar 0,98571. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu menunjukkan JST dapat digunakan untuk memprediksi sifat mekanik beton busa dan beton ringan lainnya. Oleh karena penentuan kekuatan mortar bata ringan memerlukan pembuatan benda uji dan lamanya waktu pengujian maka dalam penelitian ini dilakukan inovasi penentuan kuat tekan mortar menggunakan metode JST. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model simulasi numerik berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memprediksi nilai kuat tekan mortar bata ringan berdasarkan variasi densitas dengan bantuan aplikasi MATLAB.

1.1. Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas

Kuat tekan merupakan kemampuan suatu benda uji untuk menerima gaya tekan mekanis sampai terjadinya kegagalan per satuan luas, Berdasarkan SNI 03-6825-2002 kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dimana:

- $f'c$ = Kuat Tekan (MPa)
- P = Beban Tekan (N)
- A = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

1.2. Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Algoritma backpropagation merupakan pembelajaran JST yang terpantau dan menggunakan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron-neuron yang ada pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) pada arsitektural JST. Jaringan ini terdiri dari satu lapisan input, satu lapisan output dan satu atau lebih lapisan tersembunyi (Zhao et al., 1998). Jaringan yang telah dirancang diperiksa tingkat kesalahannya untuk menilai keakuratan hasil prediksi JST. Tingkat kesalahan pada analisis JST dinyatakan dalam MSE (*Mean Squared Errors*). Semakin besar nilai kesalahan dalam memprediksi, maka semakin besar nilai MSE. MSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$MSE = \sum \frac{(T_k - Y_k)}{n} \tag{2}$$

dimana :

- T_k = data aktual
- Y_k = data prediksi
- n = Jumlah set data

$$R = \sqrt{1 - \left[\frac{\sum_k^n (T_k - Y_k)^2}{\sum_k^n (T_k - T_{avg})^2} \right]} \tag{3}$$

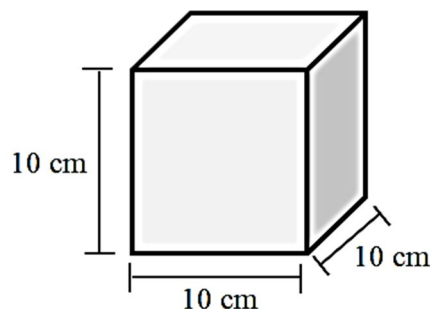
dimana :

T_{avg} = Rata-rata data target JST

2. METODA PENELITIAN

Metode penelitian merupakan pemodelan numerik menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) pada aplikasi MATLAB. Data pada model JST terdiri dari data eksperimental hasil pengujian kuat tekan sampel bata ringan. Untuk tahap analisis numerik menggunakan algoritma pelatihan *feed forward-backpropagation* dan *training function* yang digunakan adalah *Bayesian-regularization*. Output pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) JST adalah nilai MSE dan regresi. Model JST menggunakan nilai densitas mortar bata ringan sebagai data input. Data *training* dan *testing* dari hasil pengujian benda uji mortar bata ringan berbentuk kubus dengan panjang sisi 10 cm sebanyak 120 benda uji terdiri dari 105 benda uji digunakan untuk data *training* dan 15 benda uji digunakan sebagai data *testing* untuk memprediksi kuat tekan mortar. Hasil terbaik dari penelitian ini adalah model JST yang dapat menghasilkan nilai regresi (R) pada fase *training* dan *testing* yang paling optimal yaitu mendekati 1 atau tingkat kesalahan mendekati nol.

Pada tahap ini sampel mortar ringan berbentuk kubus dengan panjang sisi 10 cm dibuat sebanyak 120 sampel dan variasi densitas basah rencana dengan rentang 800 kg/cm³ hingga 1200 kg/cm³. Sketsa dimensi sampel mortar bata ringan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2** dan perencanaan komposisi campuran ditunjukkan pada **Tabel 1**.

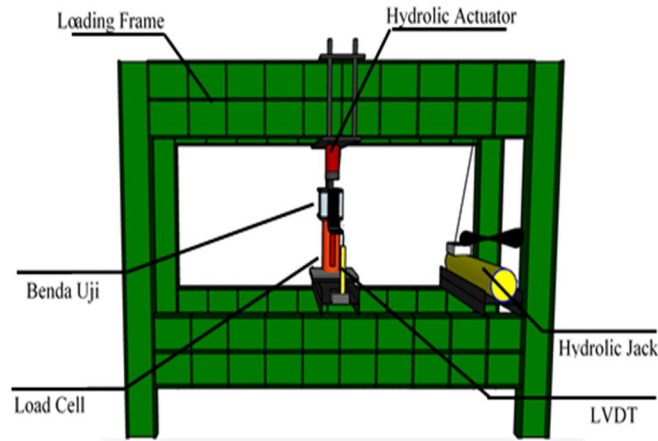


Gambar 2. Sketsa Benda Uji

Tabel 1. Perencanaan Komposisi Campuran Mortar Bata Ringan

Bahan	Densitas Basah rencana					Satuan
	800	900	1.000	1.100	1.200	
Semen	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	Kg
Pasir	0,45	0,40	0,36	0,31	0,27	Kg
Air	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	Kg
Foam	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	Kg

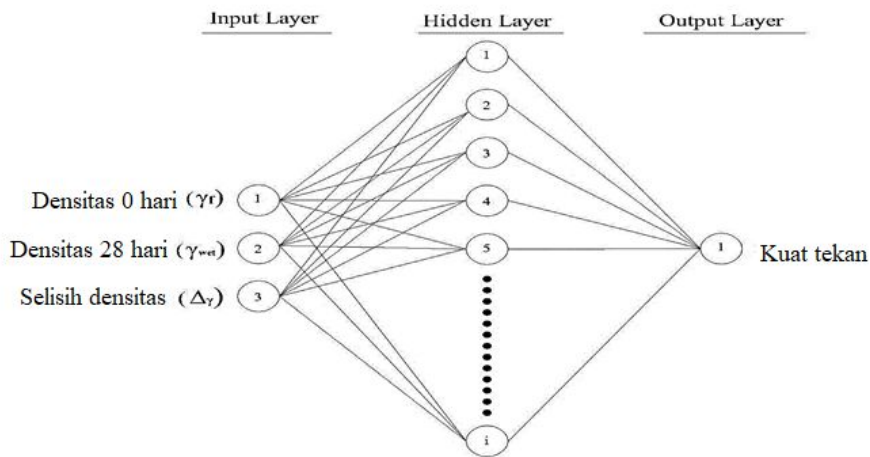
Setelah sampel mortar dibuat, selanjutnya dilakukan perawatan (*curing*) pada suhu ruangan dan pengujian sampel pada umur sampel 28 hari. Pengaturan alat pengujian sampel eksperimental mortar bata ringan dapat dilihat **Gambar 3**.



Gambar 3. Setting Alat Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian sampel mortar bata ringan adalah *loading frame* yang merupakan rangka baja berfungsi sebagai tempat diletakkannya alat-alat pengujian kuat tekan. *Hydraulic actuator* yang digunakan pada pengujian ini bermerek *Enerpac* dengan kapasitas pemberi beban sebesar 500 kN dan penurunan *stroke* sepanjang 10 cm. *Hydraulic actuator* berfungsi sebagai alat untuk memberi beban pada benda uji. Selanjutnya *load Cell* berfungsi sebagai alat untuk pengukur beban berupa tekanan dan *hydraulic jack* yang merupakan alat bantu angkat berfungsi untuk memberikan tekanan ke *hydraulic actuator*.

2.1. Tahap Analisis Jaringan Saraf Tiruan



Gambar 4. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Analisis jaringan saraf tiruan merupakan analisis komputasi kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) yang mengadaptasi sistem kerja syaraf. Pada tahap ini program komputasi dilatih dengan kumpulan data serta *epoch* atau siklus yang ditentukan. Algoritma pelatihan (*training*) yang digunakan pada penelitian ini adalah *Back Propagation* dan fungsi pelatihan yang digunakan adalah Bayesian *regularization*. Sampel yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian JST masing-masing adalah 105 dan 15 sampel. Jenis jaringan algoritma ini terdiri dari 3 layer yaitu : *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. *Input layer* terdiri dari 4 neuron yaitu: Densitas 0 hari (γ_f), Densitas 28 hari (γ_{wet}), Selisih densitas ($\Delta\gamma$) dan modulus elastisitas

serta *output* layer berupa kuat tekan (f_c). Arsitektur jaringan saraf tiruan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 dengan target (*goal*) prediksi dengan tingkat kesalahan MSE mendekati 0,01 dan Regresi sebesar 0,90 (90%).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus yang dilaksanakan adalah pengujian kadar lumpur, berat jenis, kadar air, analisa saringan, berat volume dan kadar organik. Hasil pengujian karakteristik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi Agregat Halus
1	Kadar lumpur (%) Berat jenis (gr/cm^3)	4,84%	< 5%
2	<i>Apperent Spesific Gravity</i>	2,67	2,58 – 2,83
	<i>Bulk Spesific Gravity on dry</i>	2,61	2,58 – 2,83
	<i>Bulk Spesific Gravity on SSD</i>	2,63	2,58 – 2,83
3	Kadar air (%)	3,10%	3 – 5
4	Modulus kehalusan Berat volume	2,11	1,5 – 3,8
5	Kondisi padat	1,637	1,40 – 1,90
	Kondisi gembur	1,57	1,40 – 1,90
6	Kandungan organik	No. 3	<i>Organic Plate No.3</i>

3.2. Eksperimental Mortar Bata ringan

Hasil eksperimental berupa 120 sampel mortar bata ringan berbentuk kubus dengan panjang sisi 10 cm, proses perawatan (*curing*) dilaksanakan selama 28 hari pada suhu ruangan benda uji dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Benda Uji Mortar Bata Ringan

Setelah proses perawatan selama 28 hari, dilaksanakan pengujian pada sampel mortar bata ringan. Pengujian sampel mortar bata ringan ditunjukkan pada Gambar 6. Nilai kuat tekan terbesar adalah 2.93 MPa pada sampel dengan densitas 28 hari sebesar $1250 \text{ Kg}/\text{m}^3$. Nilai

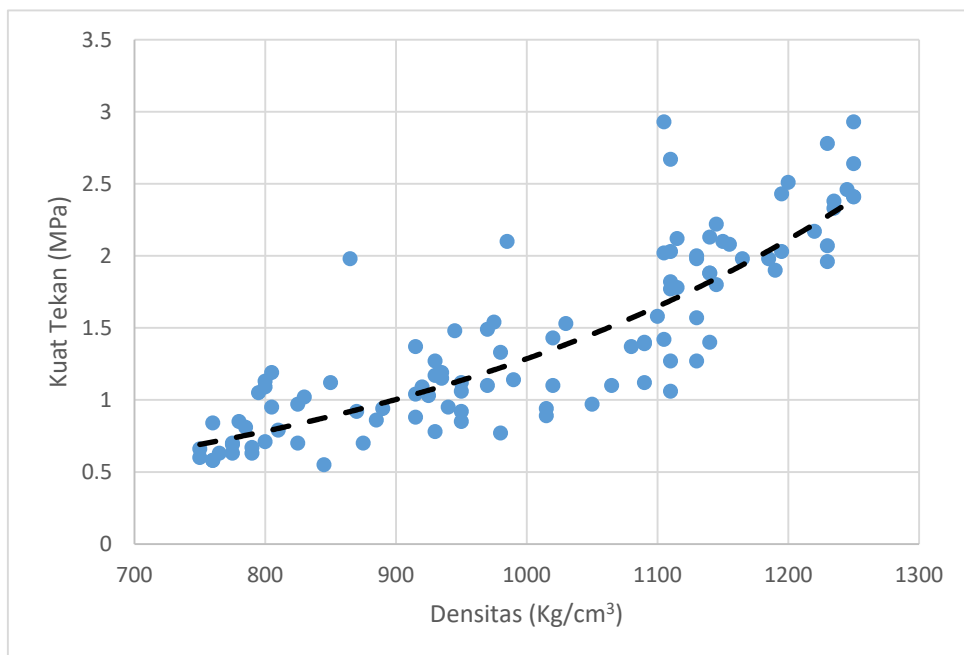
perpendekan tertinggi adalah 15.92 mm dengan densitas 28 hari sebesar 790 Kg/m³. Hasil pengujian eksperimental ditunjukkan pada Tabel 3 dan grafik hubungan kuat tekan dengan densitas mortar pada umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Pengujian Sampel Mortar Bata Ringan

Tabel 3. Hasil Pengujian Eksperimental

	Densitas 0 hari	Densitas 28 hari	Kehilangan densitas	Kuat tekan
Notasi	γ_f	γ_{wet}	$\Delta\gamma$	f_c
Satuan	Kg/ m ³	Kg/ m ³	%	Mpa
Min	780	750	0.800	0.550
Max	1285	1250	5.042	2.93



Gambar 7. Hubungan Kuat Tekan Dengan Densitas

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa nilai densitas sampel mortar bata ringan berpengaruh secara eksponensial terhadap nilai kuat tekannya yaitu semakin besar nilai densitas sampel, maka akan semakin tinggi nilai kuat tekannya.

3.3. Analisis Jaringan Syaraf Tiruan

Analisis Jaringan Saraf Tiruan pada penelitian ini terdiri dari 2 tahap yaitu pembuatan serta pelatihan JST dan pengujian JST. Data pelatihan dan pengujian JST berasal dari 120 sampel mortar bata ringan hasil eksperimental, 105 data sampel digunakan sebagai data input dan target pelatihan seperti terlihat pada Tabel 4.

Pembuatan dan pelatihan (*Training*) JST pada penelitian ini dilakukan untuk arsitektur jaringan yang memiliki performa paling optimal menggunakan software MATLAB. Jumlah *neuron hidden layer* maksimal yang diuji kinerjanya mencapai 10 neuron. Hasil evaluasi performa JST dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Data Pelatihan dan Pengujian Jaringan Saraf Tiruan

Input				Output
Densitas 28 hari		Selisih densitas	Modulus Elastisitas	Kuat tekan
Notasi	γ_{wet}	$\Delta\gamma$	E_c	f_c
Satuan	Kg/ m ³	%	MPa	MPa
Min	750	0.806	6.627	0.55
Max	1250	5.042	242.857	2.93

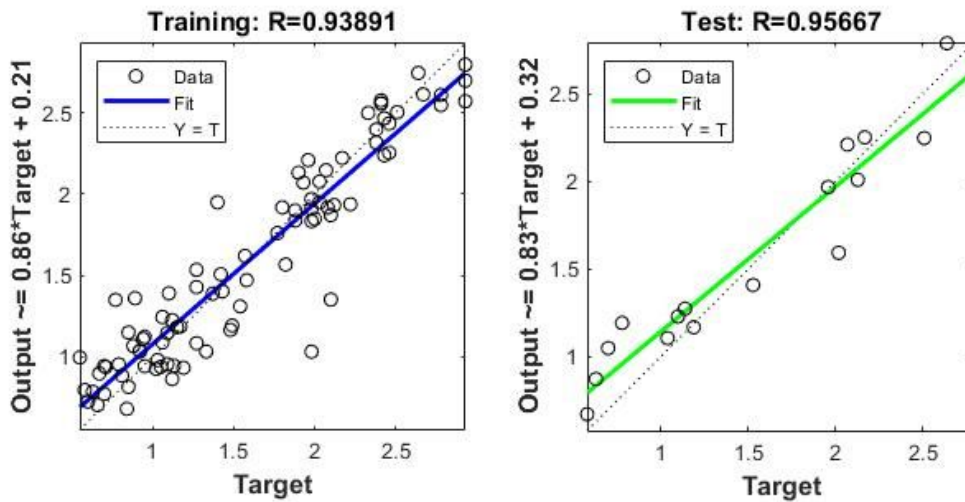
Tabel 5. Evaluasi Performa Jumlah Neuron

Jumlah neuron	MSE	Regresi
1	0.069998	0.92035
2	0.06772	0.92567
3	0.64517	0.92916
4	0.065072	0.92715
5	0.058822	0.92733
6	0.06099	0.92737
7	0.06296	0.92787
8	0.057736	0.93891
9	0.66444	0.92758
10	0.065385	0.92187

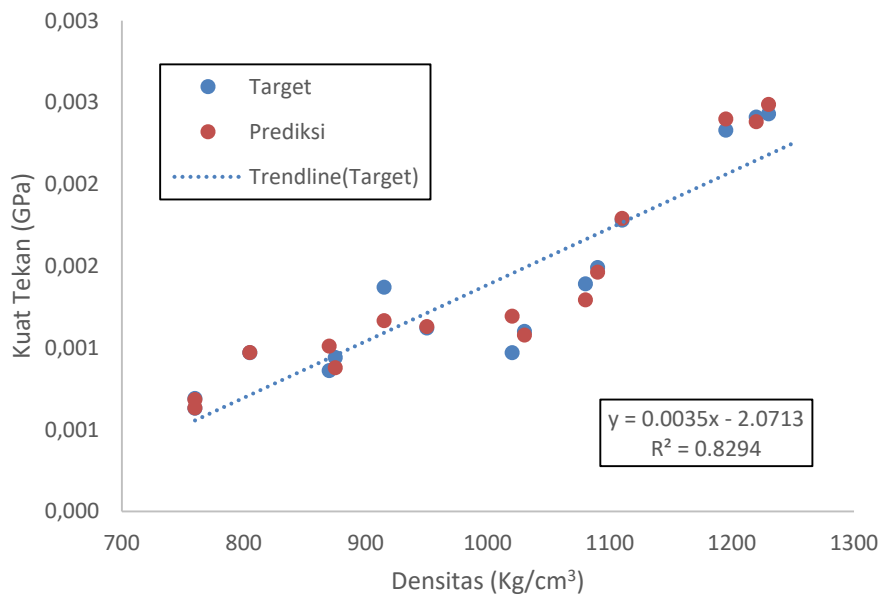
Berdasarkan Tabel 5 nilai MSE yang paling mendekati 0 dan nilai regresi yang mendekati 1 adalah 8 neuron dengan nilai MSE sebesar 0,057736 dan nilai Regresi sebesar 0,93891. Jaringan saraf tiruan dengan 8 *neuron hidden layer* memiliki nilai regresi pelatihan dan MSE paling baik. Grafik plot regresi pelatihan (*training*) dan pengujian (*testing*) JST dengan 8 *neuron hidden layer* ditunjukkan pada Gambar 8.

Pengujian JST dilakukan dengan menggunakan hasil pengujian 15 sampel benda uji eksperimental. Data hasil prediksi JST 15 sampel benda uji mortar dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan plot grafik pada Gambar 9 didapatkan rumus regresi trendline yaitu y sebesar $0,0035x - 2,0713$ dan R^2 sebesar 0.8294, nilai R^2 pada grafik menggambarkan pengaruh variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y) dengan nilai berkisar antara 0 hingga 1. Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa plot prediksi dan target sudah mendekati garis regresi trendline dan nilai R^2 telah mendekati nilai 1. Hasil pengujian dievaluasi secara matematis dengan menghitung nilai *Mean Square Error* (MSE) dan regresi hasil prediksi dengan Persamaan (2) dan Persamaan (3). Nilai MSE dan regresi hasil prediksi JST masing-masing sebesar 0.00126 dan 0.98763. Nilai MSE telah mendekati nilai target (goal) prediksi

0,01 dan nilai regresi sebesar 0,90 (90%) hampir mendekati nilai 1 (100%), sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi JST sudah cukup baik mencapai 100% akurat.



Gambar 8. Plot Regresi JST dengan 8 neuron hidden layer



Gambar 9. Grafik Plot Target dan Hasil Prediksi kuat tekan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi numerik menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) disimpulkan bahwa, model JST yang menggunakan 8 neuron menghasilkan nilai Mean Square Error (MSE) yang paling mendekati 0 sebesar 0.00126 dan nilai Regresi (R) yang mendekati 1 adalah 0.98763. Nilai MSE telah mendekati nilai target (*goal*) prediksi yaitu sebesar 0,01 dan target nilai regresi sebesar 0,90 (90%), sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi JST sudah cukup baik mencapai 100% akurat. Dengan demikian penelitian ini telah berhasil

mengembangkan model simulasi numerik berbasis Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memprediksi nilai kuat tekan mortar bata ringan berdasarkan variasi densitas dengan bantuan aplikasi MATLAB.

DAFTAR PUSTAKA

- Absa, M. (2016). Prediction Of The Effect Of Compostion On Mechanical Properties Of Lightweight Brick Using Artificial Neural Network.
- Amran, Y. H. M., Farzadnia, N., & Ali, A. A. A. (2015). Properties and applications of foamed concrete ; a review. *CONSTRUCTION & BUILDING MATERIALS*, 101, 990–1005. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.112>
- Ashrafian, A., Shokri, F., Taheri Amiri, M. J., Yaseen, Z. M., & Rezaie-Balf, M. (2020). Compressive strength of Foamed Cellular Lightweight Concrete simulation: New development of hybrid artificial intelligence model. *Construction and Building Materials*, 230, 117048. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117048>
- Chica, L., & Alzate, A. (2019). Cellular concrete review: New trends for application in construction. *Construction and Building Materials*, 200, 637–647. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.136>
- Ly, H.-B., Nguyen, T.-A., Thi Mai, H.-V., & Tran, V. Q. (2021). Development of deep neural network model to predict the compressive strength of rubber concrete. *Construction and Building Materials*, 301, 124081. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124081>
- Nagarajan, D., Rajagopal, T., & Meyappan, N. (2020). A Comparative Study on Prediction Models for Strength Properties of LWA Concrete Using Artificial Neural Network. *Revista de La Construcción*, 19(1), 103–111. <https://doi.org/10.7764/RDLC.19.1.103-111>
- Paulson, A. J., Prabhavathy, R. A., Rekh, S., & Brindha, E. (2019). Application of neural network for prediction of compressive strength of silica fume concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(2), 1859–1867.
- VANLUCHENE, R. D., & SUN, R. (1990). Neural Networks in Structural Engineering. *Computer - Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 5(3), 207 - 215. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.1990.tb00377.x>
- Wiryawan, G. P., Detak, D., Pratama, Y., Fisika, J. T., Teknologi, F., & Nopember, S. (n.d.). Prediksi Sifat Termal Bata Ringan Berdasarkan Variasi Suhu Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. 1–6.
- Zhao J., Iven J., DeWolf J., 1998, Structural Damage Detection Using Artificial Neural Networks, Retrieved From : <http://doi.org/10.1109/CIMSA.2012.6269593>.