

PREDIKSI SIFAT MEKANIK BATA RINGAN DENGAN REGRESI LINIER DAN NEURAL NETWORK

Munzir Absa

Universitas Malikussaleh, Kabupaten Aceh Utara, Indonesia

Artikel info	ABSTRAK
Corresponding Author: Munzir Absa munzir.absa@unimal.ac.id Universitas Malikussaleh	Bata ringan Autoclaved Aerated Concrete (AAC) adalah salah satu jenis bata ringan yang paling umum digunakan dan memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan batu bata merah. Dalam proses fabrikasinya, komposisi dari unsur penyusun bahan-bahannya perlu dioptimalkan untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik. Diantara kualitas yang paling penting dimiliki oleh bata ringan adalah densitas dan kuat tekan. Dalam penelitian ini, dikembangkan model regresi linier dan neural network untuk memprediksi densitas dan kuat tekan dari bata ringan AAC dengan input berupa komposisi dari unsur-unsur penyusunnya. Model ini dikembangkan dengan bahasa pemrograman Python dan dengan bantuan sejumlah package di dalamnya, seperti numpy, pandas, dan scikit-learn. Model yang dikembangkan dievaluasi dengan metrik RMSE (Root Mean Square Error) dan R² (R-squared). Didapatkan bahwa model dengan performa terbaik adalah model neural network dengan 80 hidden node, dengan RMSE sebesar 0.0943 dan R² sebesar 0.8701.
	Keywords: <i>Neural network, regresi linier, bata ringan, densitas, kuat tekan</i>
This article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)	

PENDAHULUAN

Bata ringan adalah jenis batu bata yang memiliki massa jenis (densitas) yang lebih rendah dibandingkan dengan batu bata merah umumnya. Bata merah memiliki densitas sekitar 2,2 g/cm³ sementara bata ringan memiliki densitas kurang dari 1 g/cm³. Bata ringan ini sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu bata ringan berpori dan bata ringan tanpa pori. Bata ringan berpori, seperti namanya, memiliki pori yang dihasilkan dari reaksi aerasi dalam proses fabrikasinya. Sementara bata ringan tanpa pori tidak memiliki pori dari reaksi aerasi, namun didalamnya diisi dengan bahan-bahan berdensitas rendah sebagai agregat, seperti serat sintesis, komposit, dan sebagainya (Suryani & Munasir, 2015).

Jenis bata ringan yang banyak tersebar dan digunakan di seluruh dunia adalah yang disebut dengan bata ringan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*), yaitu bata ringan berpori yang mengalami reaksi aerasi dimana dalam fabrikasinya melalui proses *curing* dengan

alat yang disebut dengan *autoclave*. Bahan utama dalam produksi bata ringan AAC adalah semen, pasir, batu kapur, dan serbuk alumunium yang menjadi *foaming agent* yang membantu pembentukan celah/pori di dalam bata. Sebagai tambahan, *fly ash*, *slag*, maupun limbah pertambangan dapat ditambahkan dan dikombinasikan dengan pasir sebagai agregat. Setelah bahan-bahan tersebut dicampurkan dan batu bata dicetak, kemudian batu bata melewati proses curing di dalam suatu wadah tertutup yang disebut dengan *autoclave* tadi. Bata ringan AAC memiliki banyak kelebihan dibandingkan jenis bata konvensional lain, diantaranya memiliki densitas yang rendah dan memiliki kekuatan yang lebih tinggi (Kalpana & Mohith, 2020). Salah satu kesulitan yang didapatkan dalam proses fabrikasi bata ringan AAC adalah penentuan komposisi dari bahan-bahan penyusun bata ringan AAC tersebut. Ini karena perubahan komposisi yang digunakan dalam proses fabrikasi bata ringan AAC dapat mengubah sifat dari bata AAC yang dihasilkan, yaitu kekuatan tekannya maupun densitasnya.

Untuk memprediksi hubungan antara komponen-komponen penyusun bahan dasar dari bata ringan AAC dengan sifat yang dihasilkan, dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi pembelajaran mesin yang saat ini berkembang. Salah satu dasar dari teknologi pembelajaran mesin adalah yang disebut dengan regresi linier. Regresi linier merupakan algoritma perhitungan statistik untuk menguji seberapa erat hubungan antara banyak variabel. Algoritma regresi linier telah digunakan dalam berbagai penelitian, diantaranya untuk memprediksi pertumbuhan penduduk (Sazwati et al., 2024), memprediksi jumlah mahasiswa baru (Almumtazah et al., 2021), serta untuk memprediksi hasil panen padi (Setiadi et al., 2024).

Selain itu, prediksi hubungan antara elemen-elemen penyusun bata ringan dengan sifat mekaniknya seperti kekuatan tekan dan densitas, juga dapat dilakukan dengan menggunakan *artificial neural network* atau sering disingkat dengan *neural network*. *Neural network* adalah algoritma yang terinspirasi dari jaringan syaraf biologis yang dijumpai pada makhluk hidup, yang dapat digunakan untuk menemukan hubungan antara sejumlah kumpulan data. Algoritma *neural network* digunakan karena algoritma ini dapat digunakan sebagai model untuk memprediksi kekuatan tekan dari bata ringan, dan model ini juga dapat memprediksi interaksi yang kompleks dan sifat nonlinier pada hubungan antara data-data yang dimiliki (Gunawan et al., 2020; Kifli et al., 2017). Penelitian sebelumnya telah menggunakan *neural network* untuk memprediksi kekuatan tekan mortar bata ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) dengan menggunakan input berupa densitas dari tiap tahap *curing* dari bata ringan tersebut (Suryanita et al., 2023).

Maka dalam penelitian ini, akan dibandingkan antara algoritma *neural network* dengan regresi linier untuk mendapatkan model yang dapat melakukan prediksi terbaik untuk hubungan antara elemen penyusun bata ringan AAC dengan sifat mekanik nya, yaitu kekuatan tekan dan densitas. Dengan dilakukan perbandingan tersebut, diharapkan bisa didapatkan model yang terbaik untuk melakukan prediksi, dan diharapkan model tersebut dapat menjadi acuan untuk proses fabrikasi batu bata ringan AAC kedepannya.

METODE PENELITIAN

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah penyebab atau yang berpengaruh terhadap variabel terikat, pada penelitian ini variabel bebasnya adalah komposisi unsur penyusun dari bata ringan AAC. Sementara variabel terikat adalah variabel akibat atau yang terpengaruh dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah densitas dan kekuatan tekan dari bata ringan AAC. Untuk memperjelas maka diberikan simbol X untuk variabel bebas dan simbol Y untuk variabel terikat.

Data yang digunakan untuk melakukan *training* algoritma regresi linier dan *neural network* dalam penelitian ini adalah dari sumber sekunder dengan total 51 data (Kifli et al., 2017). Persentase dari elemen penyusun bata ringan AAC yaitu Kalsium (Ca), Silikon (Si), Aluminium (Al), dan Oksigen (O) menjadi input dari *training* algoritma. Sementara untuk output yang akan diprediksi, 51 data kekuatan tekan dari hasil uji kuat tekan batu bata ringan AAC digunakan untuk *training*.

Regresi Linier

Training regresi linier dilakukan melalui pemrograman bahasa Python di Jupyter Notebook, dengan bantuan *library* scikit-learn dan pandas. Library pandas digunakan untuk membaca data dari file excel yang akan dipakai untuk melakukan *training*. Sebelum dilakukan training, data tersebut diolah terlebih dahulu dengan *minmaxscaler preprocessing* untuk menormalisasi data agar semua data berada pada rentang antara 0 sampai 1. Data yang ada juga dibagi (split) menjadi data untuk training dan data untuk testing.

Selanjutnya dilakukan training dari regresi linier, dimana algoritma yang digunakan adalah regresi linier berganda. Secara matematis, persamaan regresi linier berganda dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y_1 = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 \quad (1)$$

$$Y_2 = c + d_1X_1 + d_2X_2 + d_3X_3 + d_4X_4 \quad (2)$$

dimana:

Y_1, Y_2 = variabel terikat (densitas dan kuat tekan)

a, c = konstanta

$b_1, b_2, b_3, b_4, d_1, d_2, d_3, d_4$ = koefisien regresi linier

X_1, X_2, X_3, X_4 = variabel bebas

Kemudian, algoritma atau persamaan regresi linier yang didapatkan akan dievaluasi untuk mengetahui seberapa baik persamaan tersebut memprediksi kekuatan tekan dan densitas dari bata ringan AAC jika diberikan data berupa komposisi unsur penyusunnya. Evaluasi dilakukan dengan metrik *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *R-squared* (R^2) (Alfaris et al., n.d.).

Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk mengukur seberapa besar perbedaan antara nilai variabel terikat hasil prediksi yang dihasilkan oleh persamaan dengan nilai variabel terikat dari data aslinya. Untuk menghitung RMSE, awalnya diambil

rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai hasil prediksi dengan nilai data asli. Selanjutnya, diambil akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih tersebut, dan dihasilkanlah RMSE. Persamaan untuk RMSE secara matematis diberikan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

dengan:

n = jumlah sampel

y_i = nilai data asli

$\hat{y}_i$ = nilai hasil prediksi

Sementara *R-squared* (R^2) yang sering disebut juga sebagai koefisien determinasi adalah metrik evaluasi yang memberikan indikasi besarnya variabilitas dalam variabel terikat yang dapat diprediksi oleh algoritma / persamaan yang kita gunakan. Dengan kata lain, R^2 menyatakan proporsi variasi dalam variabel terikat yang dapat diprediksi dengan variabel bebas yang ada dalam persamaan. Nilai dari R^2 memiliki rentang antara 0 dan 1, dimana semakin dekat nilainya dengan nilai 1, kinerja algoritma / persamaan yang kita gunakan akan semakin baik. Persamaan matematis dari *R-squared* (R^2) adalah sebagai berikut:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (4)$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

y_i = nilai data asli

$\hat{y}_i$ = nilai hasil prediksi

$\bar{y}$ = nilai rata-rata dari variabel terikat

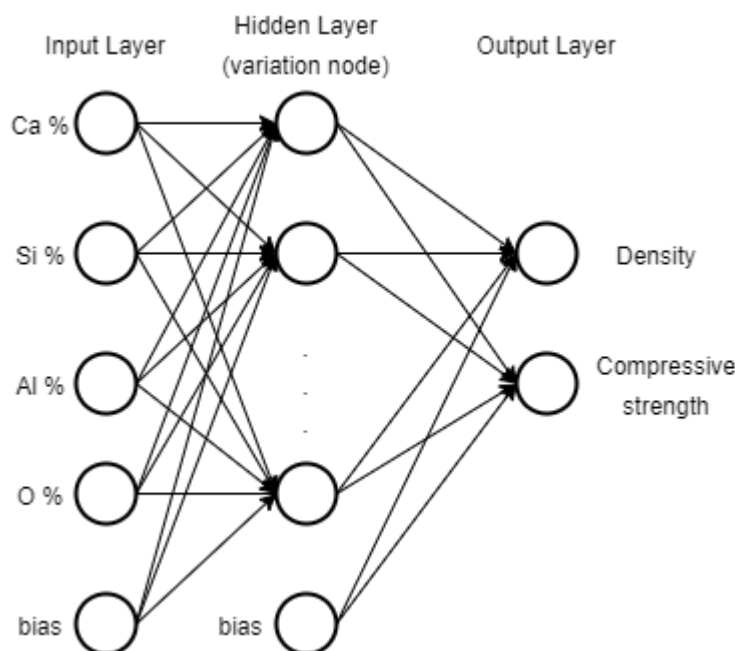
Neural network

Neural network adalah algoritma yang terinspirasi dari jaringan syaraf biologis yang dijumpai pada makhluk hidup, yang dapat digunakan untuk menemukan hubungan antara sejumlah kumpulan data. Pada neural network, terdapat lapisan-lapisan (layer) dalam pemrosesan data, yaitu input layer yang merupakan layer dimana data input dimasukkan, kemudian hidden layer, dimana data input diproses (diubah) dengan fungsi matematis tertentu, dan output layer, dimana data hasil pemrosesan dari hidden layer dihasilkan, untuk memprediksi nilai dari parameter yang diinginkan. Tiap layer terdiri dari sejumlah node, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.

Pada penelitian ini, jumlah node yang ada pada input layer adalah 4 karena ada 4 parameter yang menjadi input dari neural network. Sementara jumlah node pada output layer ada 2, sesuai jumlah parameter outputnya. Adapun jumlah node dari hidden layer divariasikan dalam penelitian ini. Algoritma yang digunakan untuk optimisasi dari model neural network adalah algoritma LBFGS (Limited-memory Broyden–Fletcher–Goldfarb–

Shanno), karena algoritma ini diketahui sebagai algoritma yang baik untuk dataset yang kecil sebagaimana pada penelitian ini (Absa & Setiawan, 2023; Najafabadi et al., 2017).

Training neural network dilakukan pada Jupyter Notebook menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan library skicit-learn, numpy, dan pandas. Library pandas digunakan untuk membaca data dari file excel yang akan dipakai untuk melakukan *training*. Sebelum dilakukan training, data tersebut diolah terlebih dahulu dengan *minmaxscaler preprocessing* untuk menormalisasi data agar semua data berada pada rentang antara 0 sampai 1. Data yang ada juga dibagi (split) menjadi data untuk training dan data untuk testing. Selanjutnya model neural network ini juga dievaluasi dengan metrik RMSE dan R^2 , sebagaimana pada model regresi linier di atas. Perbandingan antara hasil prediksi dengan data asli kemudian diilustrasikan dalam bentuk grafik dengan bantuan *library* matplotlib.



Gambar 1. Model neural network yang dikembangkan

HASIL

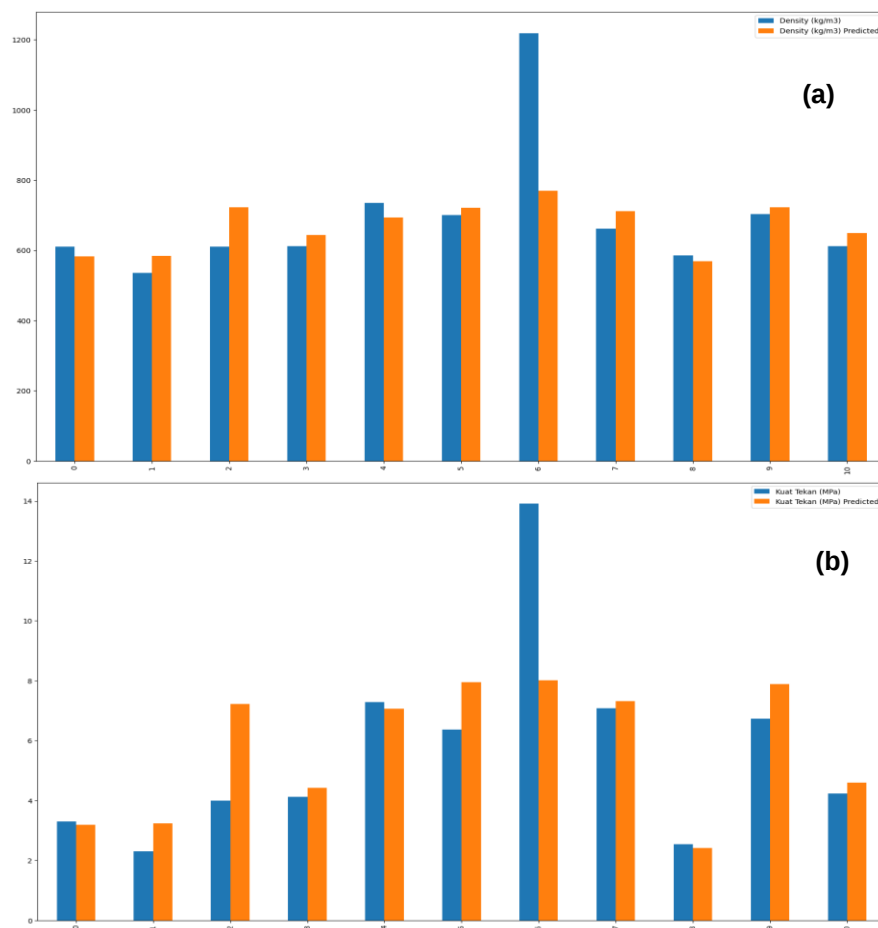
Regresi Linier

Hasil evaluasi dari model regresi linier diberikan pada Tabel 1 di bawah ini. Dapat dilihat bahwa nilai R^2 dari model relatif rendah, yaitu 0,4379. Ini menunjukkan bahwa model regresi linier yang dikembangkan kurang baik dalam menjelaskan variabilitas dari data sifat mekanik bata ringan AAC berdasarkan variabel bebas berupa komposisi unsur penyusun dari bata ringan tersebut (Yusuf et al., 2024). Sementara nilai RMSE dari model regresi linier ini relatif cukup rendah, yaitu 0,1916. Ini menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai prediksi dari variabel terikat (densitas dan kuat tekan dari bata ringan AAC) dengan nilai data aslinya relatif rendah. Gambar 2 memperlihatkan perbandingan antara

nilai prediksi dengan model regresi linier dengan nilai dari data asli untuk densitas dan kuat tekan. Dapat dilihat bahwa hanya ada satu data point yang menunjukkan perbedaan yang signifikan, yaitu pada data point 6, sementara yang lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Tabel 1. Hasil evaluasi model regresi linier

Model	RMSE	R^2
Regresi Linier	0.1916	0.4379

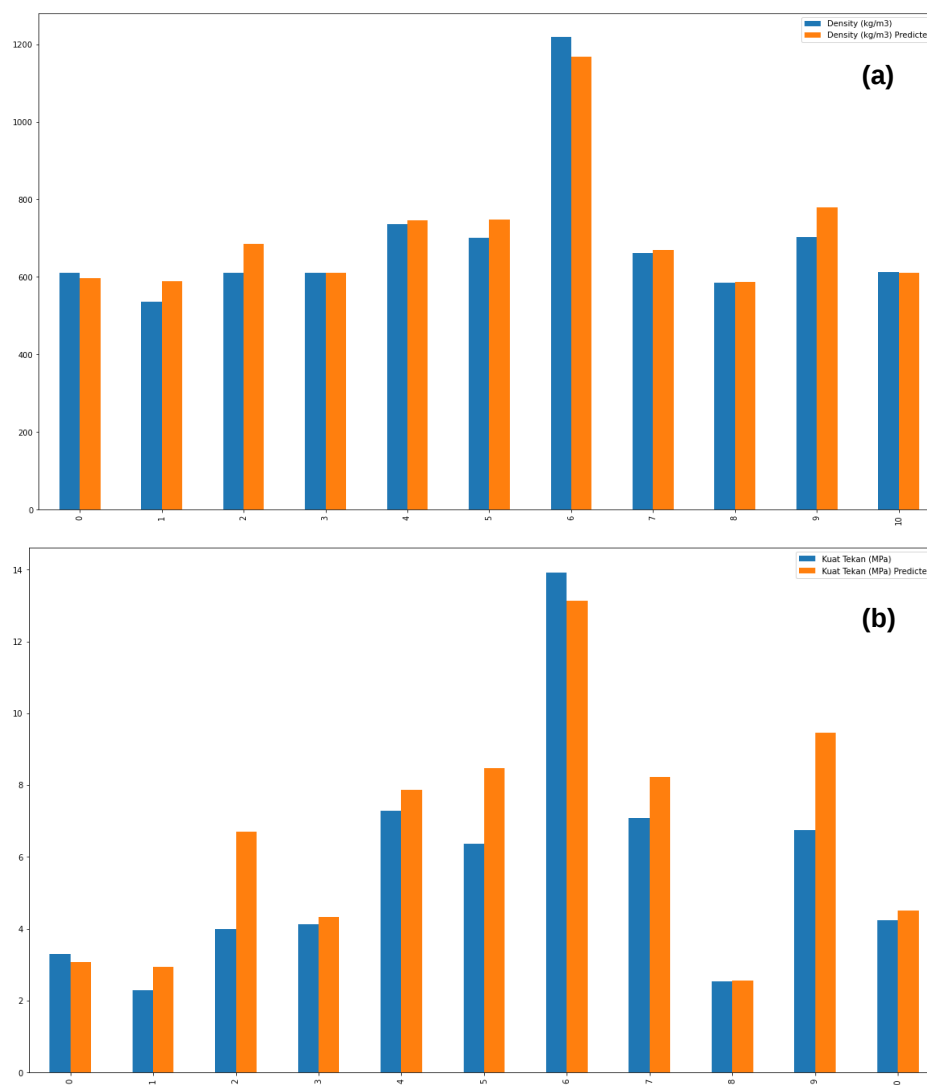


Gambar 2. Perbandingan nilai prediksi dengan nilai asli dari data (a) densitas dan (b) kuat tekan dari model regresi linier

Neural Network

Hasil evaluasi dari model neural network yang dikembangkan diperlihatkan pada Tabel 2. Nilai RMSE paling rendah yang didapatkan adalah 0,0943 untuk jumlah node pada hidden layer 80. Nilai ini jauh lebih baik dibandingkan dengan model regresi linier sebelumnya. Ini menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai prediksi dengan nilai asli hasil dari model neural network dengan hidden node 80 lebih kecil dibandingkan dengan hasil dari model regresi linier. Demikian pula nilai R^2 tertinggi untuk model neural network ini

adalah 0,8701 untuk jumlah hidden node 80. Meskipun nilai ini relatif tidak terlalu tinggi, namun nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan nilai R^2 untuk model regresi linier sebagaimana penjabaran di atas. Ini menunjukkan bahwa model regresi linier lebih mampu menjelaskan variabilitas dari data sifat mekanik bata ringan AAC berdasarkan komposisi unsur penyusun dari bata ringan tersebut. Perbandingan antara nilai prediksi dengan nilai asli dari densitas dan kuat tekan yang dihasilkan oleh model neural network terbaik, dengan jumlah hidden node 80, diperlihatkan pada Gambar 3. Dapat dilihat bahwa secara umum, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai prediksi dengan nilai asli dari densitas maupun kuat tekan yang diprediksi.



Gambar 3. Perbandingan nilai prediksi dengan nilai asli dari data (a) densitas dan (b) kuat tekan dari model neural network dengan hidden node 80.

Tabel 2. Evaluasi model neural network

Model	Jumlah hidden node	RMSE	R ²
Neural Network	10	0.1972	0.4061
	20	0.1798	0.5085
	30	0.1329	0.7403
	40	0.0993	0.8528
	50	0.1129	0.8109
	60	0.1220	0.7805
	70	0.1075	0.8289
	80	0.0943	0.8701
	90	0.1053	0.8354
	100	0.1109	0.8157

SIMPULAN

Telah dikembangkan model regresi linier dan model neural network untuk memprediksi sifat mekanik dari bata ringan AAC dari komposisi unsur-unsur penyusunnya. Model regresi linier maupun neural network ini dikembangkan dengan memanfaatkan bahasa pemrograman Python dan dengan bantuan library numpy, pandas, dan skicit-learn. Didapatkan bahwa model yang menghasilkan nilai RMSE maupun nilai R² terbaik adalah model neural network dengan jumlah hidden node sebanyak 80. Model neural network tersebut menghasilkan nilai RMSE sebesar 0.0943, dan nilai R² sebesar 0.8701. Ini menunjukkan bahwa model neural network yang dihasilkan memiliki kemampuan yang cukup baik untuk memprediksi nilai densitas maupun kuat tekan dari bata ringan dengan memanfaatkan komposisi unsur-unsur penyusunnya sebagai input.

DAFTAR PUSTAKA

- Absa, M., & Setiawan, T. (2023). Comparison of Different Weight Optimization Algorithm in Neural Network to Predict Mechanical Properties of AAC Lightweight Brick. *Journal of Scientific Research, Education, and Technology (JSRET)*, 2(1), 235–241.
- Alfaris, L., Firdaus, A. N., Nyuswantoro, U. I., Siagian, R. C., Muhammad, A. C., Hassan, R., Aunzo Jr, R. T., & Ariefka, R. (n.d.). Predicting Ocean Current Temperature Off the East Coast of America with XGBoost and Random Forest Algorithms Using Rstudio. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 29(2), 273–284.
- Almumtazah, N., Azizah, N., Putri, Y. L., & Novitasari, D. C. R. (2021). Prediksi jumlah mahasiswa baru menggunakan metode regresi linier sederhana. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*, 18(1), 31–40.
- Gunawan, T. S., Ashraf, A., Riza, B. S., Haryanto, E. V., Rosnelly, R., Kartiwi, M., & Janin, Z. (2020). Development of video-based emotion recognition using deep learning with Google Colab. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(5), 2463–2471. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.16717>
- Kalpna, M., & Mohith, S. (2020). Study on autoclaved aerated concrete: Review. *Materials Today: Proceedings*, 22(xxxx), 894–896.

- <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.099>
- Kifli, Z., Absa, M., & Musyafa, A. (2017). Prediction of Mechanical Properties of Light Weight Brick Composition Using Artificial Neural Network on Autoclaved Aerated Concrete. *Asian Journal of Applied Sciences*, 05(03), 556–565.
- Najafabadi, M. M., Khoshgoftaar, T. M., Villanustre, F., & Holt, J. (2017). Large-scale distributed L-BFGS. *Journal of Big Data*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-017-0084-5>
- Sazwati, A., Pratama, D., Anam, K., Wahyudin, E., & Rifa'i, A. (2024). PENERAPAN DATA MINING UNTUK MENGESTIMASI PERSENTASE PENDUDUK MISKIN DI JAWA BARAT MENGGUNAKAN REGRESI LINIER BERGANDA. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 1103–1108.
- Setiadi, D., Sasmita, S., & Yolanda, M. (2024). Penerapan Algoritma Regresi Linier Berganda Untuk Memprediksi Hasil panen Padi Di Kota Pagar Alam. *Kesatria: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer dan Manajemen)*, 5(2), 337–438.
- Suryani, N., & Munasir. (2015). Fabrikasi Bata Ringan Tipe Celluler Lightweight Concrete dengan Bahan Dasar Pasir Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Pengganti Fly Ash. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 04(03), 106–111. 2302-4216
- Suryanita, R., Maizir, H., Makahani, S., & Fansuri, D. A. (2023). Prediksi Kuat Tekan Mortar Bata Ringan Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 19(1), 22–31.
- Yusuf, M. A., Herman, H., Abraham, A., & Rukmana, H. (2024). Analisis regresi linier sederhana dan berganda beserta penerapannya. *Journal on Education*, 6(2), 13331–13344.