

Perbandingan Performa Regresi Menggunakan *Poisson*, *Support Vector*, dan *Ridge* pada Prediksi Hasil Penggergajian Sengon

Anton Yudhana¹⁾, Sunardi²⁾, Agus Jaka Sri Hartanta^{3)*}

^{1),2)} Program Studi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

³⁾ Program Studi Magister Informatika Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

Correspondence author: agus1708048027@webmail.uad.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.37012/jtik.v8i1.817>

Abstrak

Kayu Sengon merupakan material yang sering digunakan untuk bahan perkakas dan konstruksi bangunan yang disediakan dengan cara penggergajian kayu. Prediksi hasil penggergajian Sengon dilakukan untuk mengetahui jumlah hasil yang bisa didapat yang biasanya dilakukan dengan cara menebak atau melalui perhitungan manual. Metode tersebut membutuhkan pengalaman, waktu lama, dan susah untuk dilakukan sehingga perlu solusi untuk membantu mempercepat proses prediksi dengan menerapkan *data mining*. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan prediksi hasil penggergajian kayu Sengon yang dilakukan dengan langkah akuisisi data, dataset, model regresi (*Poisson*, *Support Vector*, dan *Ridge*), dan evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regresi *Poisson* merupakan model terbaik karena memiliki *error* terkecil dengan *Mean Absolute Error* (MAE) 0,514 dan *Root Mean Square Error* (RMSE) 0,672 sehingga model ini tepat diterapkan pada sistem penggergajian Sengon.

Kata Kunci: Sengon, Regresi, *Poisson Regression*, *Support Vector Regression*, *Ridge Regression*

Abstract

Sengon wood is a material that is often used for tooling and building construction provided by sawing wood. The prediction of Sengon sawing results is carried out to determine the number of results that can be obtained which is usually done by guessing or through manual calculations. This method requires experience, takes a long time, and is difficult to do so it needs a solution to help speed up the prediction process by applying data mining. This research was conducted to predict the results of Sengon sawmills by using data acquisition, dataset, regression models (Poisson, Support Vector, and Ridge), and evaluation. The results showed that Poisson regression is the best model because it has the smallest error with Mean Absolute Error (MAE) 0.514 and Root Mean Square Error (RMSE) 0.672 therefore this model is appropriate to be applied to the Sengon sawmill system.

Kata Kunci: Sengon, Regression, *Poisson Regression*, *Support Vector Regression*, *Ridge Regression*

PENDAHULUAN

Material kayu bersumber dari hutan rakyat yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan perkakas dan konstruksi bangunan. Material kayu yang sering digunakan berasal dari kayu Sengon. Sengon dibawa ke Pulau Jawa pada tahun 1871 dengan benih yang berasal dari Pulau Banda yang ditanam pertama kali di Kebun Raya Bogor (Baskorowati, 2014).

Sengon merupakan jenis kayu bulat dengan produksi paling besar yang mencapai 5,43 juta m³ atau 61,21% dari persebaran produksi kayu bulat di Pulau Jawa (BPS-Statistics, 2020).

Kayu bulat Sengon diolah menjadi berbagai macam olahan seperti papan, *plywood*, dan balok melalui proses penggergajian yang merupakan proses mengubah kayu bulat menjadi bentuk lain. Kayu hasil penggergajian dapat dimanfaatkan oleh konsumen secara langsung atau diolah lagi menjadi produk-produk yang bernilai jual yang lebih tinggi (Wahyudi, 2013).

Prediksi hasil penggergajian Sengon dilakukan sebagai usaha untuk mengetahui jumlah hasil penggergajian yang bisa didapat dari kayu bulat. Saat ini proses prediksi hasil penggergajian masih menggunakan metode menebak langsung dan perhitungan manual konvensional. Metode menebak langsung menggunakan ingatan pengalaman penggergajian yang lalu. Metode perhitungan manual dengan cara mengambil ukuran diameter terkecil dari kayu, digambar dengan lingkaran pada kertas, menghitung berdasarkan ukuran diameter kayu dan panjang dari kayu bulat, kemudian menggambar garis pada gambar lingkaran yang mewakili penampang melintang dengan pola yang digambar sesuai dengan hasil penggergajian kayu.

Kesesuaian metode menebak langsung dan metode perhitungan manual konvensional tergantung dari pengalaman tukang kayu. Pembentukan pengalaman tersebut membutuhkan waktu bertahun-tahun. Prediksi batang kayu bulat dengan metode perhitungan manual konvensional membutuhkan waktu lama dan susah untuk dilakukan sehingga perlu solusi yang dapat digunakan untuk membantu mempercepat proses prediksi dengan *data mining*. *Data mining* adalah proses mencari informasi dengan melihat pola dan hubungan tersembunyi yang ada pada data yang berjumlah banyak (Anggriani et al., 2021).

Penelitian yang menerapkan *data mining* untuk prediksi hasil penggergajian kayu masih sedikit. Penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan antara lain prediksi penambahan gerbong kereta api dan penambahan penumpang dengan *Support Vector Regression* (SVR) dengan *Mean absolute Error* (MAE) 0,1276, *Mean Square Error* (MSE) 0,1796, dan *Mean*

Absolute Percentage Error (MAPE) 0,00376 (Aeni et al., 2020). Prediksi indeks Batubara dengan *Ridge Regression* dan SVR yang menghasilkan SVR dengan kernel polynomial mendapatkan nilai terbaik dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) 0,619 (Putri et al., 2020).

Penelitian yang melakukan *Generalized Poisson Regression* untuk prediksi jumlah *Dengue Haemorrhagic Fever* (DHF) menghasilkan model dengan akurasi lebih baik daripada *Poisson Regression* (Prahutama et al., 2020). Penelitian yang memprediksi hasil panen benih tanaman Kenaf dengan Metode SVR menghasilkan nilai MAPE 3,5371% (Dini et al., 2018). Prediksi output energi menggunakan Ridge dan SVR menghasilkan SVR sebagai model terbaik dengan nilai R² 0,98 (Afzal et al., 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa terbaik antara *Poisson Regression*, *Support Vector Regression* (SVR), dan *Ridge Regression* untuk menyelesaikan permasalahan prediksi hasil pengggajian sengon. Model prediksi hasil pengggajian Sengon dibuat menggunakan Scikit-learn lalu membandingkan performa model untuk menentukan yang terbaik.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diusulkan dalam penelitian ini meliputi alur akuisisi data, dataset, model regresi (*Poisson*, *Support Vector*, dan *Ridge*), dan evaluasi.

Akuisisi data

Data awal dikumpulkan dari pengggajian Sengon dari pusat pengggajian kayu UD Slamet Cangkringan Yogyakarta dari Oktober 2020 sampai dengan Maret 2021 dengan cara pengumpulan data melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara.

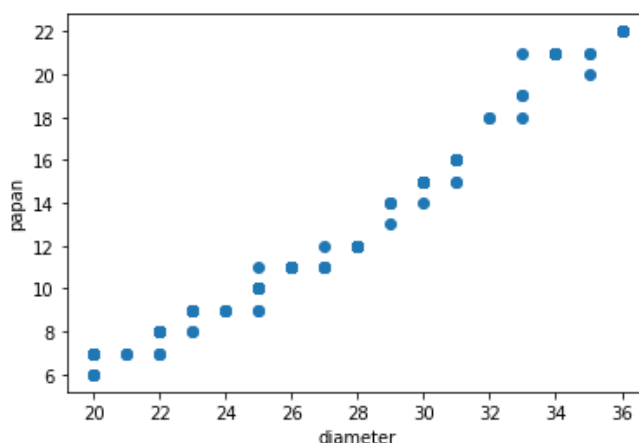
Dataset

Data awal dari proses akuisisi data dengan jumlah 200 diolah menjadi Dataset yang secara detail memiliki data atribut yaitu diameter (cm), panjang (cm), hasil (numerik) dan nama hasil (atribut) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Detail Dataset kayu Sengon

	Diameter	Panjang	Papan
Rata-rata	27,465	200	13,075
Standar Deviasi	5,121	0.0	5,143
Min	20	200	6
25%	23	200	9
50%	27	200	11
75%	31	200	16
Max	36	200	22

Data awal yang dibuat menjadi Dataset memiliki persebaran data yang ditampilkan dengan *scatter plot* yang merupakan grafik untuk melihat pola hubungan antar dua variabel (Riadi et al., 2019). Grafik *scatter plot* dari data ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Grafik persebaran Dataset

Model Regresi

Model regresi bertujuan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang memiliki bentuk numerik. Analisis regresi bertujuan memperkirakan hubungan antara variabel output dan variabel input independen secara otomatis dengan cara mempelajari sejumlah sampel data. Tujuan utama analisis regresi adalah untuk memperoleh hasil prediksi variabel output yang tepat dengan sampel baru (Aziz et al., 2018). *Poisson*, *Support Vector*, dan *Ridge* merupakan model regresi yang digunakan.

Poisson Regression merupakan model untuk menganalisis masalah data yang bertipe *count* data. Tujuan analisis regresi adalah mencari pola hubungan antara variabel respon dengan variabel penjelas (Rahayu, 2020). *Poisson Regression* memiliki bentuk model general linier yang mengakomodasi distribusi variabel dependen yang tidak normal dan mengasumsikan bahwa variabel dependen memiliki distribusi Poisson. Distribusi Poisson menyatakan

probabilitas dimana peristiwa dengan jumlah tertentu akan terjadi dengan interval yang tetap dengan asumsi bahwa peristiwa yang terjadi memiliki tingkat rata-rata konstan yang diketahui dan peristiwa independen dengan yang lain (Ryan et al., 2021). *Poisson regression* ditunjukkan pada persamaan (1).

$$p(Y_i | \mu_i X_i) = \frac{\mu_i^{-\lambda_i} * \lambda_i^{y_i}}{Y_i!} \quad (1)$$

Variabel $p(Y_i | \mu_i X_i)$ adalah probabilitas dari menemui nilai count Y_i dengan nilai regresi vektor X_i , $-\lambda_i$ merupakan nilai *event rate* dari sampel I, sedangkan $Y_i!$ merupakan *Y event*.

Support Vector Regression (SVR) adalah pengembangan dari *Support Vector Machine* (SVM) yang dikembangkan untuk mengatasi masalah regresi (Dini et al., 2018). SVM dapat dilakukan generalisasi untuk melakukan pendekatan fungsi (*function approximation*) dengan cara meminimalkan batas atas dari *generalization Error* (Mubarok, 2015). Pelatihan SVR memiliki tujuan menemukan nilai vektor α , nilai w , dan konstanta b yang mendapatkan *hyperplane* terbaik (Oktavianti et al., 2019). *Hyperplane* adalah istilah yang dibuat secara umum untuk semua dimensi (Umar, Riadi, & Purwono, 2020). *Hyperplane* yang terbaik merupakan salah satu ciri untuk memperoleh ukuran margin yang maksimal (Umar, Riadi, & Farook, 2020). Persamaan SVR ditunjukkan pada persamaan (2).

$$f(x) = w^T \varphi(x) + b \quad (2)$$

Variabel $\varphi(x)$ merupakan titik pemetaan x dalam *input space*, w adalah bobot vektor, dan b adalah bias.

Ridge Regression adalah teknik yang didedikasikan untuk analisis data regresi berganda yang bersifat multi kolinieritas. *Ridge Regression* juga dapat digunakan untuk analisis data regresi berganda yang mengalami permasalahan multi kolinieritas (Afzal et al., 2021). *Ridge Regression* menggunakan regulasi untuk menyelesaikan model yang memiliki performa baik tapi ketika diterapkan ke data uji mendapat performa buruk. Analisis Ridge dilakukan dengan dasar pada data asli atau komponen utama. Ortogonalitas data dan data prior yang memberikan perkiraan berat rata-rata sederhana dari perkiraan kemunculan kemungkinan dan rata-rata dari data prior (Bhattacharya et al., 2021). Persamaan *Ridge* ditunjukkan pada persamaan (3).

$$Y = X\beta + e \quad (3)$$

Y adalah variabel *dependent*, X adalah nilai variabel *independent*, β adalah nilai koefisien regresi, dan E adalah *residual error*.

Evaluasi Model

Evaluasi model merupakan tahap pengukuran performa model yang dikembangkan dengan membandingkan nilai MAE dan RMSE.

MAE merupakan perbedaan nilai prediksi dengan nilai asli yang dihitung dengan mengambil nilai rata-rata perbedaan dengan dataset. MAE merupakan model yang menggambarkan kesalahan yang terdistribusi secara seragam karena kesalahan model sering memiliki distribusi normal daripada distribusi yang seragam (Chai & Draxler, 2014). Persamaan MAE ditunjukkan pada persamaan (4).

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}| \quad (4)$$

Variabel y_i adalah nilai aktual ke- i , \hat{y} adalah nilai hasil prediksi, dan n merupakan banyaknya kategori data.

Root Mean Square Error (RMSE) didapatkan dari hasil akar kuadrat *Mean Square Error* (MSE) atau pelatihan *error goal* (Muflih et al., 2019). RMSE mengukur perbedaan antara skor yang diprediksi dan peringkat aktual pengguna. RMSE ketika mengukur *error* besar dibandingkan dengan *error* yang kecil. *Error* besar akan lebih terlihat daripada *error* yang kecil (Wang & Lu, 2018). Hal ini terjadi karena nilai RMSE yang berasal dari nilai kuadrat MSE. Persamaan RMSE ditunjukkan pada persamaan (5).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2}{n}} \quad (5)$$

Variabel y_i adalah data original, y merupakan data tes, dan n merupakan jumlah data tes.

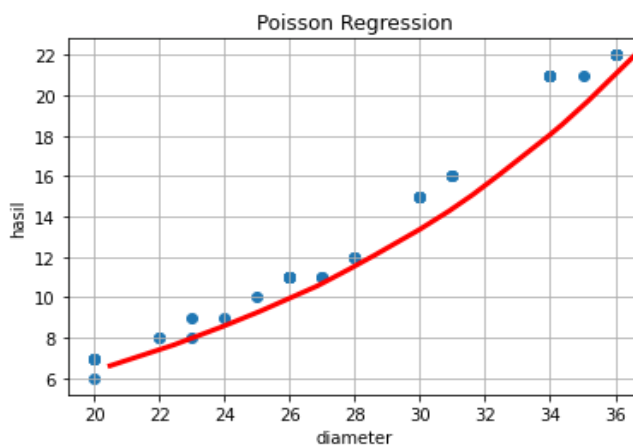
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode-metode regresi yang dikembangkan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* versi 3 yang didukung oleh library *Scikit-learn*. Model *Poisson Regression*, *SVR* dan *Ridge Regression* ditulis dengan *Jupyter-notebook*.

Performa *Poisson Regression*

Penerapan model *Poisson Regression* dilakukan dengan memanggil dataset yang bernama '*dataset.csv*' selanjutnya menentukan fitur dan target lalu membagi dataset menjadi data latih 80% dan data uji 20% dengan *test_size* 0,20. Selanjutnya memanggil parameter model *Poisson Regression* menggunakan parameter *linear_model.PoissonRegressor()* dengan nilai *alpha* 1,0, *fit_intercept=True*, *max_iter* sebesar 1000. Proses berikutnya adalah Fit model dengan *model.fit(X_train, y_train)*, kemudian uji prediksi dengan *model.predict* untuk melakukan perhitungan prediksi pada model antara data uji dan data latih.

Hasil nilai koefisien model regresi mendapatkan nilai *intercept* 2,556, *coefficient* 0,9867, dan *slope* [0,076 -0.0108]. Hasil dari *Poisson Regression* mendapatkan garis persamaan yang ditunjukkan pada Gambar 2.

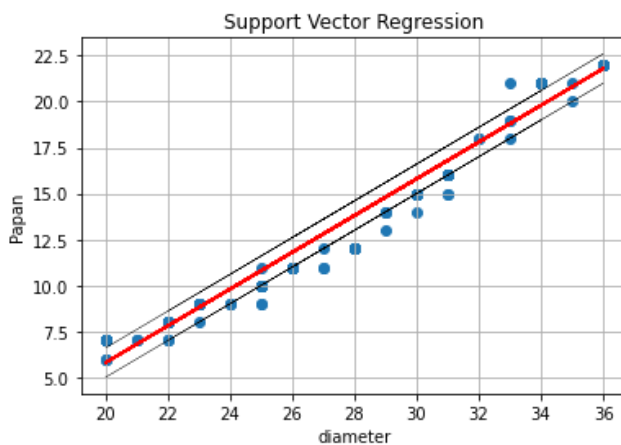


Gambar 2: Hasil *Poisson Regression*

Performa *Support Vector Regression (SVR)*

Penerapan model *SVR* dilakukan dengan memanggil dataset yang bernama '*dataset.csv*' selanjutnya menentukan fitur dan target lalu membagi data menjadi data latih 80% dan data uji 20% dengan *test_size* 0,20. Selanjutnya memanggil parameter model *SVR()* dengan pengaturan *linear*, *C* 100, *gamma* "auto", dan *epsilon* 0,8. Proses berikutnya adalah Fit model dengan parameter *model.fit(X_train, y_train)*, kemudian melakukan uji dengan *model.predict(X_test)* untuk melakukan proses prediksi pada model antara data uji dan data

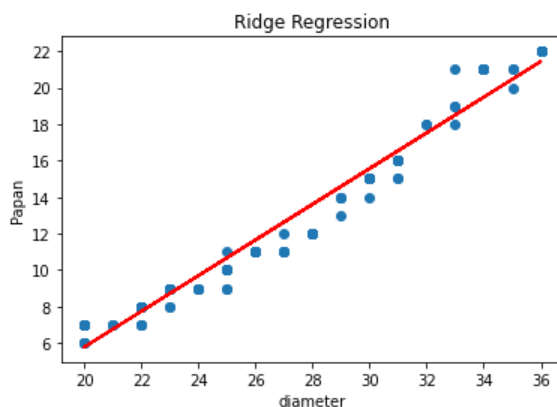
latih. Hasil nilai koefisien model regresi SVR dengan nilai epsilon 0,8 mendapatkan nilai *intercept* -14,1999, *coefficient* 0,9633, dan *slope* [1 -4,292]. Hasil dari SVR ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Hasil SVR

Performa Ridge Regression

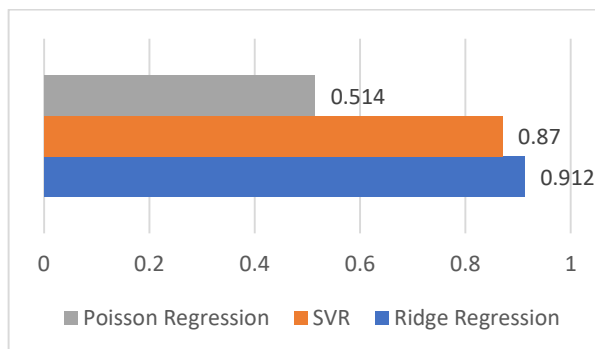
Penerapan model *Ridge Regression* dilakukan dengan memanggil dataset yang bernama 'dataset.csv', selanjutnya menentukan fitur dan target lalu membagi data menjadi data latih 80% dan data uji 20% dengan *test_size* 0,20. Selanjutnya memanggil parameter model *Ridge(alpha=1.0)*. Proses berikutnya adalah Fit model dengan parameter *model.fit(X_train, y_train)*, kemudian untuk melakukan perhitungan prediksi pada model antara data uji dan data latih uji prediksi dengan *model.predict(X_test)*. Hasil nilai koefisien model regresi *Ridge Regression* mendapatkan nilai *intercept* -13,823, *coefficient* 0,9648, dan *slope* [0,979]. Hasil dari *Ridge Regression* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4: Hasil Ridge Regression

Perbandingan Hasil Performa

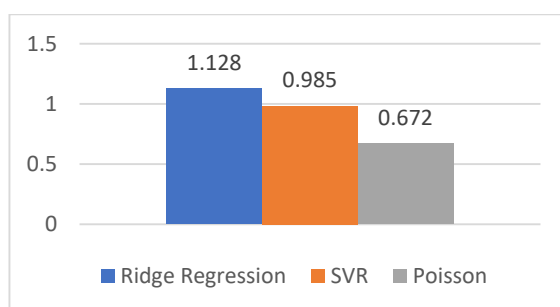
Hasil performa pada tiga model yang dikembangkan dengan scikit-learn pada hasil nilai yang memiliki MAE dan RMSE paling kecil. Perbandingan pertama dengan nilai MAE yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Grafik Perbandingan Performa MAE

Bagan pada Gambar 3 berdasarkan perbandingan MAE *Poisson Regression* merupakan model yang lebih unggul dengan nilai MAE 0,514.

Perbandingan kedua dengan nilai RMSE yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Grafik Perbandingan Performa RMSE

Pada Gambar 6 berdasarkan perbandingan RMSE *Poisson Regression* merupakan model yang lebih unggul dengan nilai RMSE 0,672.

SIMPULAN

Berdasarkan evaluasi perbandingan performa metode *Poisson Regression*, *Support Vector Regression*, dan *Ridge Regression* untuk prediksi hasil penggergajian kayu Sengon menunjukkan model *Poisson Regression* mendapatkan nilai MAE 0,514 dan RMSE 0,672, Model SVR dengan nilai MAE 0,870 dan RMSE 0,985, serta Model *Ridge Regression*

dengan nilai MAE 0,912 dan RMSE 1,128. Perbandingan dengan hasil performa MAE dan RMSE menunjukkan *Poisson Regression* merupakan model dengan performa terbaik.

Penelitian berikutnya perlu melakukan penambahan parameter fitur dari dataset sehingga algoritma dapat melakukan pembedaan prediksi secara lebih akurat lalu dapat mengembangkan sistem berbasis *mobile* yang mampu melakukan prediksi hasil penggajian secara otomatis dengan gambar penampang melintang dengan data diameter serta panjang potongan dari kayu bulat sengon.

REFERENSI

- Aeni, U. N., Prasati, A. L., & Kallista, M. (2020). Prediksi Jumlah Penumpang dan Penambahan Gerbong Kereta Api Menggunakan Metode *Support Vector Regression* (SVR). *E-Proceeding of Engineering*, 7(2), 4919–4926.
- Afzal, A., Alshahrani, S., Alrobaian, A., Buradi, A., & Khan, S. A. (2021). *Power Plant Energy Predictions Based on Thermal Factors Using Ridge and Support Vector Regressor Algorithms*. *Energies*, 14(21), 1–22. <https://doi.org/10.3390/en14217254>
- Anggriani, M., Umar, R., & Fadlil, A. (2021). Analisis Perbandingan Sistem Bangunan Pembelian Bahan Konsumen dengan *Data Mining* (Studi Kasus PT Sinar Valcosindo Teknik). *SISMATIK (Seminar Nasional Sistem Informasi dan Manajemen Informatika)*, 19–27.
- Aziz, M. F., Defiyanti, S., & Sari, B. N. (2018). Perbandingan Algoritma CART dan *K-Nearest Neighbor* untuk Prediksi Luas Lahan Panen Tanaman Padi di Kabupaten Karawang. *Jurnal TAM (Technology Acceptance Model)*, 9(2), 74–78.
- Baskorowati, L. (2014). *Budidaya Sengon Unggul (Falcataria moluccana) untuk Pengembangan Hutan Rakyat*. PT Penerbit IPB Press. [http://www.biotifor.or.id/2013/lb.file/gambar/File/17 Buku Benih Unggul 2014/buku 15 sengon.pdf](http://www.biotifor.or.id/2013/lb.file/gambar/File/17%20Buku%20Benih%20Unggul%202014/buku%2015%20sengon.pdf)
- Bhattacharya, S., Kalita, K., Ćep, R., & Chakraborty, S. (2021). *A Comparative Analysis on Prediction Performance of Regression Models During Machining of Composite Materials*. *Materials*, 14(21), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ma14216689>
- BPS-Statistics. (2020). *Statistik Produksi Kehutanan Indonesia 2019* (S. S. Kehutanan (ed.)). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2020/11/27/969702bd7c227b224b293795/statistik->

produksi-kehutanan-2019.html

- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). *Root Mean Square Error (RMSE) or Mean Absolute Error (MAE)? -Arguments Against Avoiding RMSE in the Literature*. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Dini, R., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2018). Prediksi Hasil Panen Benih Tanaman Kenaf Menggunakan Metode *Support Vector Regression* (SVR) pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(12), 6519–6526.
- Mubarok, A. (2015). Penerapan Algoritma *Support Vector Regression* (SVR) dalam Prediksi Saham Emas (ANTM.JK). *Tekno-Insentif*, 9(2), 52–59.
- Muflih, G. Z., Sunardi, S., & Yudhana, A. (2019). Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Kabupaten Wonosobo. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.30651/must.v4i1.2670>
- Oktavianti, I., Ermatita, E., & Rini, D. P. (2019). Analisis Pola Prediksi Data *Time Series* Menggunakan *Support Vector Regression*, *Multilayer Perceptron*, dan Regresi Linear Sederhana. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 3(2), 282–287. <https://doi.org/10.29207/resti.v3i2.1013>
- Prahitama, A., Ispriyanti, D., & Warsito, B. (2020). *Modelling Generalized Poisson Regression in the Number of Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) in East Nusa Tenggara*. *E3S Web of Conferences*, 202. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020212017>
- Putri, R. A., Winahju, W. S., & Mashuri, M. (2020). Penerapan Metode *Ridge Regression* dan *Support Vector Regression* (SVR) untuk Prediksi Indeks Batubara di PT XYZ. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 9(1), 64–71. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v9i1.51021>
- Rahayu, A. (2020). Model-model Regresi Untuk Mengatasi Masalah Overdispersi pada Regresi Poisson. *Pegguruang Conference Series*, 1(2), 1–8.
- Riadi, I., Umar, R., & Aini, F. D. (2019). Analisis Perbandingan *Detection Traffic Anomaly* dengan Metode *Naive Bayes* dan *Support Vector Machine* (SVM). *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 11(1), 17–24. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v11i1.361.17-24>
- Ryan, W. H., Evers, E. R. K., & Moore, D. A. (2021). Poisson Regressions: A Little Fishy. *Collabra: Psychology*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1525/collabra.27242>

- Umar, R., Riadi, I., & Faroek, D. A. (2020). Komparasi *Image Matching* Menggunakan Metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) dan Metode *Support Vector Machine* (SVM). *Jurnal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, 4(2), 124–131.
- Umar, R., Riadi, I., & Purwono. (2020). Perbandingan Metode SVM, RF, dan SGD untuk Penentuan Model Klasifikasi Kinerja *Programmer* pada Aktivitas Media Sosial. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 4(2), 329–335.
- Wahyudi. (2013). *Dasar-Dasar Penggajian Kayu* (W. Darmawan (ed.); 1st ed.). Pohon Cahaya.
- Wang, W., & Lu, Y. (2018). *Analysis of the Mean Absolute Error (MAE) and the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Rounding Model*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 324(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/324/1/012049>