

Tinjauan Pustaka Sistematis: Perkembangan Metode Peramalan Harga Emas

Sasmi Hidayatul Yulianing Tyas, Siti Zahrotul Fajriyah

*Sistem Informasi, Institut Teknologi Telkom Jakarta
Jl. Daan Mogot KM 11, Jakarta 11710 Indonesia
sasmi@ittelkom-jkt.ac.id, sitizahrotul@ittelkom-jkt.ac.id*

Received on dd-mm-yyyy, revised on dd-mm-yyyy, accepted on dd-mm-yyyy

Abstrak

Prediksi harga emas merupakan hal yang menantang untuk diteliti karena harga emas bersifat fluktuatif. Selain itu, emas juga menjadi alat investasi utama urutan ketiga berdasarkan laporan survei pasar ritel emas tahun 2019. Oleh karena itu kebutuhan emas selalu meningkat 15% setiap tahunnya. Hal ini menjadi pemicu bagi berkembangnya berbagai metode peramalan harga emas. Pada penelitian ini akan dilakukan tinjauan pustaka sistematis untuk mengidentifikasi perkembangan metode peramalan harga emas. Metode yang digunakan adalah *Systematic Literature Review* dan dihasilkan sebanyak 27 artikel ilmiah untuk direview. Berdasarkan analisis diketahui bahwa sebagian besar metode yang digunakan adalah berbasis deep learning. Metrik performa metode yang digunakan pada mayoritas literatur adalah RMSE dan MAE. Sedangkan data set yang digunakan adalah data keuangan seperti harga emas, nilai tukar mata uang, indeks saham, harga minyak dan nilai inflasi.

Kata Kunci: Harga Emas, Prediksi, *Linear*, *Non-Linear*, *Deep Learning*

I. PENDAHULUAN

EMAS merupakan salah satu alat investasi yang banyak digunakan oleh masyarakat karena emas dipercaya dapat menjaga stabilitas nilai uang akibat inflasi. Berdasarkan data penelitian World Gold Council diketahui bahwa permintaan investasi emas di seluruh dunia mengalami peningkatan sebesar 15% setiap tahun, fenomena ini terjadi sejak tahun 2021 [1]. Emas juga menjadi alat investasi utama urutan ketiga berdasarkan laporan survei pasar ritel emas tahun 2019 [2]. Hal ini memicu kenaikan dan fluktuasi harga emas. Oleh karena itu harga emas perlu diprediksi agar dapat diketahui waktu terbaik untuk membeli atau menjual emas yang telah disimpan sebagai investasi.

Penelitian prediksi dan peramalan harga emas menjadi salah satu topik yang menantang dan banyak diteliti. Metode prediksi harga emas yang efektif dan memiliki akurasi tinggi menjadi objek penelitian yang terus berkembang. Mulai dari metode yang sederhana sampai dengan metode yang kompleks dengan mempertimbangkan sisi non linearitas dari prediksi harga emas. Prediksi harga emas dapat ditentukan berdasarkan korelasinya terhadap variabel lain seperti nilai tukar mata uang, harga minyak, harga saham dan nilai inflasi [3]. Prediksi tersebut mempertimbangkan kondisi linearitas dari harga emas, namun sebenarnya pada kehidupan nyata harga emas memiliki faktor nonlinearitas. Sehingga beberapa penelitian lain juga

mempertimbangkan sisi non-linearitas harga emas. Metode yang biasa digunakan adalah berbasis deep learning [4].

Selain penelitian terkait usulan pengembangan metode prediksi harga emas, penelitian tinjauan pustaka sistematis terkait harga atau investasi emas juga menjadi topik menantang untuk diteliti. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perkembangan penelitian terkait investasi emas, sehingga dapat diidentifikasi celah penelitian yang dapat dilakukan pada masa mendatang. Berdasarkan penelitian terdahulu, metode prediksi harga emas berkembang ke arah metode deep learning [4]. Oleh karena itu, beberapa penelitian tinjauan pustaka sistematis terbaru hanya berfokus pada pendekatan deep learning [5]–[7]. Padahal perkembangan metode prediksi harga emas tidak hanya pada deep learning, tetapi juga metode data mining lain seperti regresi dan klasifikasi. Oleh karena itu, masih diperlukan peninjauan kembali perkembangan metode prediksi harga emas pada lima tahun terakhir.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, pada penelitian ini dilakukan tinjauan pustaka sistematis untuk mendapatkan alur perkembangan metode peramalan harga emas. Oleh karena itu pertanyaan penelitian yang diselesaikan pada penelitian ini adalah:

1. Metode, model atau teknik apa saja yang digunakan pada masing-masing literatur untuk memprediksi harga emas?
2. Metrik atau ukuran apa yang digunakan untuk menilai performa dari metode, model atau teknik yang diusulkan pada masing-masing literatur?
3. Variabel atau dataset apa yang digunakan dalam memprediksi harga emas?

Pertanyaan penelitian ini digunakan untuk menggambarkan perkembangan metode yang digunakan oleh masing-masing literatur dari tahun ke tahun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini berisi uraian teori pendukung dan penelitian terdahulu yang menjadi acuan penelitian ini. Dasar teori berkaitan dengan investasi dan harga emas, sedangkan penelitian terdahulu menguraikan hasil penelitian tinjauan pustaka sistematis terdahulu.

A. Harga Emas

Harga emas menjadi objek prediksi dan peramalan karena mengalami perubahan secara kontinu. Harga emas cenderung mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Berdasarkan data World Gold Council, pada kurun waktu 10 tahun terakhir data harga emas mengalami fluktuasi yang cukup tinggi. Pada Gambar 1 disajikan tren fluktuasi harga emas dalam USD antara tahun 2013 sampai 2022 [8]. Harga emas pada 3 tahun terakhir cenderung mengalami kenaikan meskipun terjadi pandemi covid-19 di seluruh dunia. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, harga emas cenderung dipengaruhi oleh nilai tukar mata uang, nilai saham, harga minyak dan nilai inflasi [3].

Beberapa variabel yang biasa digunakan untuk memprediksi harga emas adalah nilai tukar USD, CPI index, harga minyak, harga perak, S&P 500 index, nilai inflasi, FTSE index, nilai tukar mata uang euro, dan beberapa nilai tukar mata uang lainnya [9].



Gambar 1 Tren fluktuasi harga emas

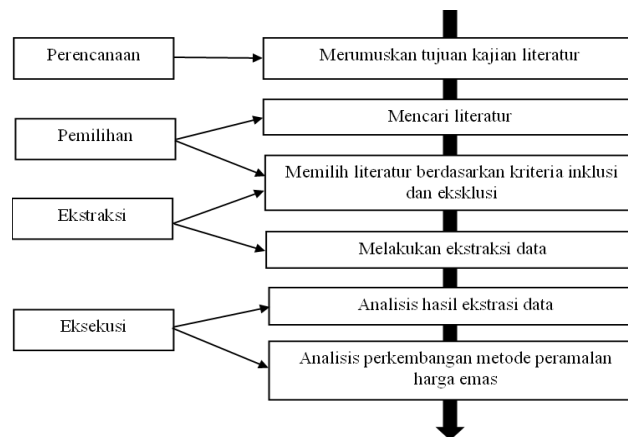
B. Penelitian Terdahulu

Metode atau teknik prediksi harga emas masih menjadi topik yang menarik bagi penelitian. Pada beberapa penelitian telah dilakukan tinjauan secara sistematis terhadap metode-metode yang digunakan untuk memprediksi harga emas. Penelitian [10] berhasil menemukan perkembangan metode prediksi harga emas berdasarkan hubungan antara harga emas dengan variabel yang memiliki kolerasi positif maupun negatif. Literatur yang dikaji adalah hasil penelitian sebelum tahun 2015. Didapatkan beberapa metode yaitu ARIMA, ANN, Multiple Linear Regression, Ensemble model, Genetic Algorithm – BPNN.

Beberapa penelitian lain lebih berfokus pada deep learning [5]–[7]. Shing Dong [5] menemukan perkembangan global dan arus situasi deep learning serta implementasinya pada permasalahan finansial, menggambarkan prinsip struktural, karakteristik dan beberapa jenis model klasik deep learning seperti deep belief network, deep Boltzmann machine, dan convolutional neural network. Selain itu juga menyajikan perkembangan terbaru dan aplikasi deep learning di berbagai bidang. Pada penelitian Zevin Hu [6] didapatkan bahwa deep learning terbukti memberikan akurasi yang lebih baik dalam memprediksi keuangan termasuk harga emas. Jenis deep learning yang diklasifikasikan adalah Convolutional neural network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Deep neural network (DNN), Recurrent Neural Network (RNN), Reinforcement Learning, dan metode deep learning lain seperti Hybrid Attention Networks (HAN), self-paced learning mechanism (NLP), and Wavenet. Selain itu, juga disimpulkan bahwa tren penggunaan metode deep learning untuk pemodelan keuangan meningkat secara eksponensial pada beberapa tahun terakhir ini.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan metode Tinjauan Pustaka Sistematis (*Systematic Literature Review*). Metode ini dilakukan dengan mengidentifikasi, menilai dan menafsirkan fakta dan bukti dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan tujuan untuk mencari jawaban dari pertanyaan penelitian [11]. Langkah-langkah Tinjauan Pustaka Sistematis dari penelitian ini disajikan pada Gambar 2[12].



Gambar 2 Metodologi Tinjauan Pustaka Sistematis

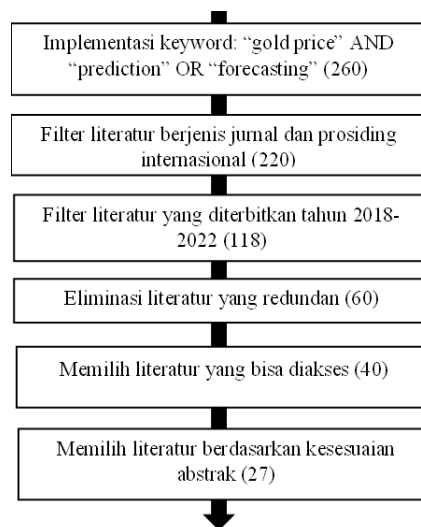
Metodologi penelitian dibagi menjadi empat kelompok tahapan yaitu perencanaan, pemilihan, ekstraksi dan eksekusi. Tahapan perencanaan merupakan proses persiapan yang di dalamnya terdapat aktivitas perumusan tujuan dilakukannya kajian literatur. Pada tahapan ini ditentukan pertanyaan-pertanyaan penelitian yang akan diselesaikan melalui penelitian ini.

Tahapan pemilihan terdiri dari mencari literatur dan memilih literatur berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Pada penelitian ini literatur ditelusuri melalui website IEEE dan Elsevier (science direct). Langkah-langkah pencarian dan pemilihan literatur serta jumlah literatur yang didapatkan pada masing-masing tahapan disajikan pada Gambar 3. Pemilihan literatur didasarkan pada kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi adalah karakteristik tertentu yang harus dimiliki suatu literatur agar memenuhi syarat untuk dilakukan kajian terkait topik penelitian tertentu. Adapun kriteria inklusi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengandung kata kunci “gold price” AND “prediction” OR “forecasting”
2. Literatur berjenis jurnal atau artikel hasil international conference atau prosiding internasional
3. Diterbitkan pada rentang 5 tahun terakhir yaitu 2018 sampai dengan 2022

Sedangkan kriteria eksklusi adalah suatu kriteria yang membuat suatu literatur tidak layak untuk dijadikan bahan kajian pada topik penelitian tertentu. Pada penelitian ini digunakan beberapa kriteria eksklusi yang terdiri dari:

1. Literatur tidak menggunakan harga emas sebagai objek prediksinya
2. Literatur tidak dapat diakses secara gratis
3. Literatur tidak meneliti prediksi atau peramalan harga emas



Gambar 3 Tahapan pencarian dan pemilihan literatur

Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi maka didapatkan 40 literatur, namun literatur yang memenuhi kesesuaian abstrak sejumlah 27. Literatur-literatur tersebut kemudian menjadi input ekstraksi data. Tahapan ekstraksi data adalah proses mengambil informasi-informasi penting dari masing-masing literatur sebagai bahan analisis. Rekapitulasi informasi dilakukan berdasarkan pertanyaan penelitian, data set, metode dan hasil penelitian dari masing-masing literatur. Hasil dari ekstraksi data kemudian dianalisis sehingga didapatkan analisis perkembangan metode peramalan harga emas.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

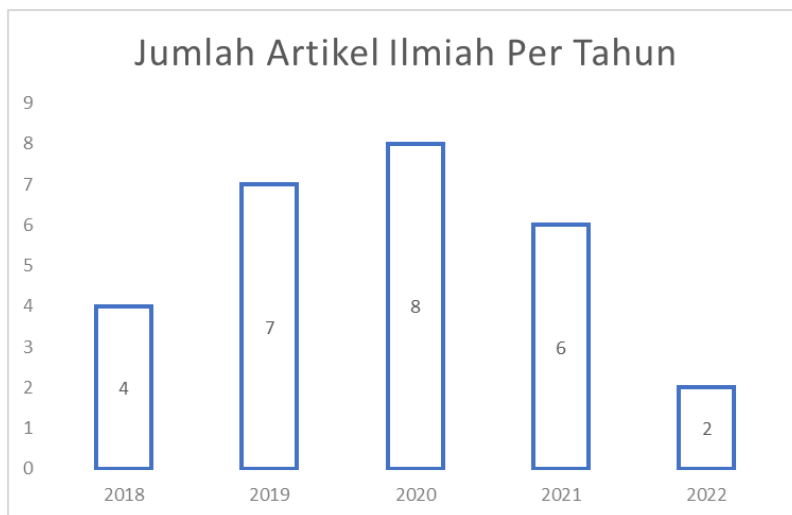
Berdasarkan hasil seleksi literatur pada bagian III Metodologi Penelitian, didapatkan 27 artikel ilmiah yang dapat dikaji dan dijadikan referensi dalam mengidentifikasi perkembangan metode peramalan harga emas dari tahun 2018 sampai dengan 2022. Adapun distribusi jumlah artikel pada setiap tahunnya disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa puncak kenaikan jumlah jurnal penelitian peramalan harga emas berada di tahun 2019 dan 2020, kemudian pada tahun 2021 dan 2022 tren jumlahnya semakin menurun.

Selanjutnya pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil ekstraksi data, analisis hasil ekstraksi data dan perkembangan metode peramalan harga emas. Uraian hasil dan pembahasan akan didasarkan pada pertanyaan penelitian yang telah disajikan pada bagian I Pendahuluan.

A. Metode Peramalan Harga Emas

Berdasarkan hasil ekstraksi data metode dari masing-masing literatur diketahui bahwa penggunaan metode prediksi peramalan harga emas didasarkan pada pertimbangan linear dan non-linear. Pada permasalahan harga emas yang dilihat dari sudut pandang linear, maka digunakan metode yang menganalisis pengaruh dan hubungan antar variabel. Sedangkan pada permasalahan yang melihat sudut pandang permasalahan prediksi

harga emas sebagai non-linear maka digunakan pendekatan deep learning. Karena apabila non-linear tidak dapat dilihat hanya dari pengaruh atau hubungan antar variabel, tetapi harus ditentukan pola data set yang dijadikan inputan.



Gambar 4 Distribusi Jumlah Artikel Ilmiah Setiap Tahun

Adapun hasil ekstraksi data terkait metode, data set dan metrik performa metode disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil ekstraksi, metode yang digunakan pada peramalan harga emas sangat bervariasi. Sebagian besar metode yang digunakan berbasis deep learning yaitu LSTM dan Neural Network.

Penelitian [13] menggunakan metode gabungan antara CNN dan LSTM, berdasarkan performa kinerjanya diketahui bahwa metode tersebut mampu memberikan performa yang baik yaitu RMSE 0,008, MAE 0,008, Accuracy 0,516 dan AUC 0,519. Pada Penelitian [14] juga menggunakan metode yang sama yaitu LSTM, namun tidak dikombinasikan dengan metode lain. Nilai RMSE dan MAE menunjukkan angka yang lebih besar. Hal ini berarti bahwa kombinasi CNN dan LSTM memberikan performa yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan LSTM.

Tabel 1 Hasil Ekstraksi Data

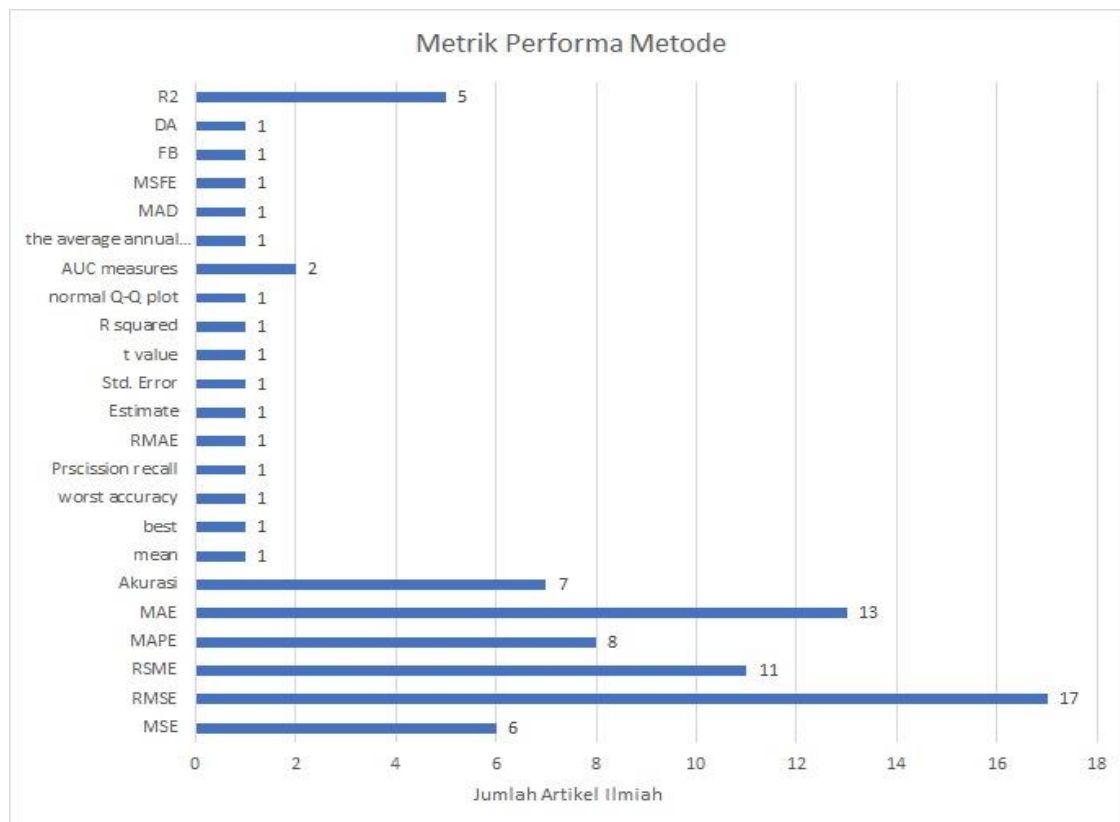
Literatur	Data set	Metode	Kriteria Performa
[15]	Data harga emas	VMD-ICSS-BIGRU	MSE, RMSE, MAPE, MAE
[4]	Harga emas dalam INR per ons	Deep learning - (LSTM)	RMSE
[16]	Indeks IHK, dolar 3 bulan LIBOR, indeks dolar, M2, PDB, indeks PMI, risiko kredit.	Linear regression model and ARIMA model, hidden Markov model	Accuracy
[17]	Data harga emas	Ensemble models: gradient boosting, ada boost, bagging, proposed hybrid model regression method : liner, random forest feature selection methods namely, Chi-Square, REF, and PCA	Mean, best and worst accuracy
[18]	Data training dan data testing data harga emas	SVM, decision tree, KNN	Precision, recall and accuracy
[19]	Harga emas dalam rupiah, pasar saham, harga minyak mentah, nilai tukar rupiah, inflasi dan suku bunga	Machine learning algorithms used in this study are linear regression, random	MSE, RMSE MAE

Literatur	Data set	Metode	Kriteria Performa
		forest regression and gradient boosting regression	
[20]	Rekor transaksi harga emas harian dalam dolar AS per ons	LSTM-Attention-CNN model	RMSE, RMAE, MAPE, MSE
[21]	Harga emas ETF, minat terbuka, harga pembukaan, harga penutupan dan Adj Close	(DCLSTM) considering more prediction factors based on (CNN) and (LSTM)	MSE, RMSE, MAE, and R Squared
[22]	Variabel hasil, emas bulanan harga dalam dolar AS per ons	Multivariate regression, step-wise regression, and linearity diagnostic plots	Estimate, std. Error, t value, r squared, normal q-q plot
[9]	Harga emas, harga minyak, harga perak, harga tembaga, pertukaran asing, indeks DJIA,	Fuzzy rule-based system FURIA with evolutionary tuning	Acc, AUC measures, the average annual return (AR [%])
[23]	Harga bitcoin dan harga emas	Machine learning	Accuracy
[3]	Emas, minyak mentah, indeks dolar AS dan Chicago Indeks Volatilitas Pertukaran Opsi Papan (VIX)	STL-ETS, NN and Bayesian structural time series model	MAE, MSE, RMSE
[24]	Harga emas dolar AS, data bulanan tingkat pertumbuhan harga emas dan tingkat pertumbuhan CPI AS, data bulanan harga minyak, nilai tukar efektif nominal AS, dan Indeks Harga Industri Dow Jones	A deep belief network (DBN) model, Restricted Boltzmann machine (RBM), Backpropagation neural network (BPNN)	RMSE, MAPE, MAE, Dstat
[25]	Data harga emas, Indeks Harga Konsumen, Dow Jones	A novel combination technique is put forward based on (ICA) and (GRUNN) methods, which called ICA-GRUNN	MAD, RMSE, MAPE
[26]	Harga emas	Regressions with technical indicators, Regressions with diffusion indices, Statistical evaluation criteria, Economic evaluation criteria	MSFE
[27]	Harga Seng, Harga Nikel, dan harga emas	VMD, GWO, ORELM	MAE, MSE, RMSE, MAPE, MDAPE, FB, and r2
[28]	WTI, harga minyak mentah , harga seng LME	(VMD) and (ANN)	MAPE, RMSE
[29]	Harga minyak mentah	Autoregressive Score (GAS) model	MAE, RSME
[30]	Harga emas, harga perak, tembaga dan besi, harga minyak, nilai tukar, tingkat inflasi cina, tingkat inflasi AS	Classic NN, (PSO-NN), NN (GA-NN), (GWO-NN), (WOA)	MSE. RSME
[31]	Pembelian kembali Harga emas COMEX , indeks GEPU	GARCH	RMSE MAE
[30]	Harga perak, harga tembaga, besi harga, harga minyak, nilai tukar, tingkat inflasi	NN + WOA	RMSE R2
[32]	Harga emasa	SVM + semisupervised approach	Acc
[24]	Indeks DJIA, nilai tukar, harga minyak, federal tingkat dana, AS, harga konsumen indeks	Deep belief network	RMSE, MAPE, MAE, Acc

Literatur	Data set	Metode	Kriteria Performa
[13]	Harga emas	CNN + LSTM	RMSE, MAE, Acc, AUC
[33]	Harga emas	Decision trees	Accuracy
[14]	Data sektor kasus covid19	LSTM	RMSE, MAE, R2
[34]	Harga perak, harga minyak, kurs asing, inflasi, harga besi	Xgboost	RMSE, MAE, R2

B. Metrik atau Ukuran Performa Metode

Pada ekstraksi data metrik performa metode dihasilkan distribusi jumlah artikel ilmiah yang menggunakan masing-masing jenis metrik atau ukuran performa metode. Adapun distribusi tersebut disajikan pada Gambar 5. Metrik performa yang banyak digunakan untuk mengukur performa metode peramalan harga emas adalah RMSE, MAE, MAPE, Accuracy dan MSE. Sedangkan metrik yang hanya digunakan pada sebuah artikel ilmiah adalah DA, FB, MSFE, MAD, AUC, normal QQ plot, R squared, t value, Standard Error, estimate, RMAE, Precision Recall, Worst accuracy, mean.



Gambar 5 Distribusi Penggunaan Metriks Performa Metode

C. Variabel dan Data Set pada Prediksi Harga Emas

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa data set yang digunakan untuk memprediksi harga emas sangat bervariasi. Namun secara singkatnya, dapat dikatakan bahwa data set yang mempengaruhi prediksi harga emas adalah data set terkait keuangan. Secara lebih rinci sebagian besar literatur menggunakan data historis harga emas, nilai tukar mata uang, indeks saham, harga minyak, harga logam lain dan nilai inflasi. Khususnya pada kondisi tertentu, juga digunakan data pendukung lainnya. Misalnya ketika prediksi harga emas dibandingkan dengan pandemic covid-19, maka data set yang digunakan juga menggunakan data sektor kasus covid-19 [14].

Adapun sumber data set yang digunakan sebagai besar literatur adalah World Gold Council untuk data set harga emas. Beberapa literatur juga menggunakan data set yang bersumber dari Yahoo Finance. Periode data set yang digunakan dalam prediksi harga emas adalah minimal data historis harga emas selama satu tahun (pada hari aktif transaksi). Beberapa literatur membagi data set menjadi dua bagian yaitu data training dan data testing. Secara umum, pembagian kedua data tersebut antara 80:20 atau 70:30.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah digunakan metode *Systematic Literatur Review* untuk menemukan perkembangan metode peramalan atau prediksi harga emas pada tahun 2018 sampai dengan 2022. Berdasarkan hasil tinjauan pustaka sistematis dapat disimpulkan bahwa metode peramalan harga emas yang memiliki performa yang lebih baik adalah metode berbasis deep learning. Adapun metode deep learning yang populer digunakan adalah CNN dan LSTM. Sedangkan metode berbasis linearitas seperti linear regression dan multiple linear regression sebagian besar digunakan untuk melihat pengaruh dan hubungan variabel lain dalam memprediksi harga emas. Metrik pengukuran kinerja terhadap prediksi yang dilakukan mayoritas menggunakan metode pengukuran akurasi root mean squared error (RMSE) dan mean absolute error (MAE) accuracy (classification accuracy), f-score, AUC, dan recall. Sedangkan data set yang digunakan sebagian literatur adalah data historis harga emas, nilai tukar mata uang, indeks saham, harga minyak, harga logam lain dan nilai inflasi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "The relevance of gold as a strategic asset," *The relevance of gold as a strategic asset*, 2019. <https://www.gold.org/goldhub/research/relevance-of-gold-as-a-strategic-asset-2019>
- [2] World Gold Council, "Retail gold market analysis and insights," 2019. <https://www.retailinsights.gold/state-of-the-market.html>
- [3] J. Chai, C. Zhao, Y. Hu, and Z. G. Zhang, "Structural analysis and forecast of gold price returns," *J. Manag. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 135–145, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.jmse.2021.02.011.
- [4] V. G. S and H. V. S, "Gold Price Prediction and Modelling using Deep Learning Techniques," in *2020 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*, Thiruvananthapuram, India, Dec. 2020, pp. 28–31. doi: 10.1109/RAICS51191.2020.9332471.
- [5] S. Dong, P. Wang, and K. Abbas, "A survey on deep learning and its applications," *Comput. Sci. Rev.*, vol. 40, p. 100379, May 2021, doi: 10.1016/j.cosrev.2021.100379.
- [6] Z. Hu, Y. Zhao, and M. Khushi, "A Survey of Forex and Stock Price Prediction Using Deep Learning," *Appl. Syst. Innov.*, vol. 4, no. 1, p. 9, Feb. 2021, doi: 10.3390/asi4010009.
- [7] A. M. Ozbayoglu, M. U. Gudelek, and O. B. Sezer, "Deep learning for financial applications : A survey," *Appl. Soft Comput.*, vol. 93, p. 106384, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106384.
- [8] World Gold Council, "Gold spot prices," 2022. <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-prices>
- [9] P. Hajek and J. Novotny, "Fuzzy Rule-Based Prediction of Gold Prices using News Affect," *Expert Syst. Appl.*, vol. 193, p. 116487, May 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2021.116487.
- [10] N. A. Zainal and Z. Mustaffa, "A literature review on gold price predictive techniques," in *2015 4th International Conference on Software Engineering and Computer Systems (ICSECS)*, Kuantan, Malaysia, Aug. 2015, pp. 39–44. doi: 10.1109/ICSECS.2015.7333120.
- [11] S. Keele, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," Technical report, ver. 2.3 ebse technical report. ebse, 2007.
- [12] C. Okoli and K. Schabram, "A guide to conducting a systematic literature review of information systems research," 2010.
- [13] I. E. Livieris, E. Pintelas, and P. Pintelas, "A CNN–LSTM model for gold price time-series forecasting," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 23, pp. 17351–17360, 2020.
- [14] M. Mohtasham Khani, S. Vahidnia, and A. Abbasi, "A deep learning-based method for forecasting gold price with respect to pandemics," *SN Comput. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 1–12, 2021.
- [15] Y. Li, S. Wang, Y. Wei, and Q. Zhu, "A New Hybrid VMD-ICSS-BiGRU Approach for Gold Futures Price Forecasting and Algorithmic Trading," *IEEE Trans. Comput. Soc. Syst.*, vol. 8, no. 6, pp. 1357–1368, Dec. 2021, doi: 10.1109/TCSS.2021.3084847.
- [16] L. Shen, K. Shen, C. Yi, and Y. Chen, "Regression and Hidden Markov Models for Gold Price Prediction," in *2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Atlanta, GA, USA, Dec. 2020, pp. 5451–5456. doi: 10.1109/BigData50022.2020.9378468.
- [17] A. C. Pandey, S. Misra, and M. Saxena, "Gold and Diamond Price Prediction Using Enhanced Ensemble Learning," in *2019 Twelfth International Conference on Contemporary Computing (IC3)*, Noida, India, Aug. 2019, pp. 1–4. doi: 10.1109/IC3.2019.8844910.
- [18] W. A. Al-Dhuraibi and J. Ali, "Using classification techniques to predict gold price movement," in *2018 4th International Conference on Computer and Technology Applications (ICCTA)*, Istanbul, May 2018, pp. 127–130. doi: 10.1109/CATA.2018.8398669.

- [19] K. A. Manjula and P. Karthikeyan, "Gold Price Prediction using Ensemble based Machine Learning Techniques," in *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, Tirunelveli, India, Apr. 2019, pp. 1360–1364. doi: 10.1109/ICOEI.2019.8862557.
- [20] Z. He, J. Zhou, H.-N. Dai, and H. Wang, "Gold Price Forecast Based on LSTM-CNN Model," in *2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)*, Fukuoka, Japan, Aug. 2019, pp. 1046–1053. doi: 10.1109/DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech.2019.00188.
- [21] Z. Xie, X. Lin, Y. Zhong, and Q. Chen, "Research on Gold ETF Forecasting Based on LSTM," in *2019 IEEE Intl Conf on Parallel & Distributed Processing with Applications, Big Data & Cloud Computing, Sustainable Computing & Communications, Social Computing & Networking (ISPA/BDCloud/SocialCom/SustainCom)*, Xiamen, China, Dec. 2019, pp. 1346–1351. doi: 10.1109/ISPA-BDCloud-SustainCom-SocialCom48970.2019.00193.
- [22] T. Jiang, "Economic Variables Affecting the Gold Price : The Partial Effects of Linear Models," in *2020 2nd International Conference on Economic Management and Model Engineering (ICEMME)*, Chongqing, China, Nov. 2020, pp. 530–537. doi: 10.1109/ICEMME51517.2020.00112.
- [23] S. A. Basher and P. Sadorsky, "Forecasting Bitcoin price direction with random forests: How important are interest rates, inflation, and market volatility?," *Mach. Learn. Appl.*, vol. 9, p. 100355, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.mlwa.2022.100355.
- [24] P. Zhang and B. Ci, "Deep belief network for gold price forecasting," *Resour. Policy*, vol. 69, p. 101806, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.resourpol.2020.101806.
- [25] J. E. J. Ye, and H. Jin, "A novel hybrid model on the prediction of time series and its application for the gold price analysis and forecasting," *Phys. Stat. Mech. Its Appl.*, vol. 527, p. 121454, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.physa.2019.121454.
- [26] H. Dichtl, "Forecasting excess returns of the gold market: Can we learn from stock market predictions?," *J. Commod. Mark.*, vol. 19, p. 100106, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.jcomm.2019.100106.
- [27] P. Du, J. Wang, W. Yang, and T. Niu, "Point and interval forecasting for metal prices based on variational mode decomposition and an optimized outlier-robust extreme learning machine," *Resour. Policy*, vol. 69, p. 101881, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.resourpol.2020.101881.
- [28] W. Liu, C. Wang, Y. Li, Y. Liu, and K. Huang, "Ensemble forecasting for product futures prices using variational mode decomposition and artificial neural networks," *Chaos Solitons Fractals*, vol. 146, p. 110822, May 2021, doi: 10.1016/j.chaos.2021.110822.
- [29] R. Chen and J. Xu, "Forecasting volatility and correlation between oil and gold prices using a novel multivariate GAS model," *Energy Econ.*, vol. 78, pp. 379–391, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.eneco.2018.11.011.
- [30] Z. Alameer, M. Abd Elaziz, A. A. Ewees, H. Ye, and Z. Jianhua, "Forecasting gold price fluctuations using improved multilayer perceptron neural network and whale optimization algorithm," *Resour. Policy*, vol. 61, pp. 250–260, 2019.
- [31] L. Fang, B. Chen, H. Yu, and Y. Qian, "The importance of global economic policy uncertainty in predicting gold futures market volatility: A GARCH-MIDAS approach," *J. Futur. Mark.*, vol. 38, no. 3, pp. 413–422, 2018.
- [32] A. N. Kia, S. Haratizadeh, and S. B. Shouraki, "A hybrid supervised semi-supervised graph-based model to predict one-day ahead movement of global stock markets and commodity prices," *Expert Syst. Appl.*, vol. 105, pp. 159–173, 2018.
- [33] P. Sadorsky, "Predicting gold and silver price direction using tree-based classifiers," *J. Risk Financ. Manag.*, vol. 14, no. 5, p. 198, 2021.
- [34] S. B. Jabeur, S. Mefteh-Wali, and J.-L. Viviani, "Forecasting gold price with the XGBoost algorithm and SHAP interaction values," *Ann. Oper. Res.*, pp. 1–21, 2021.