

OPTIMASI PREDIKSI HARGA EMAS DENGAN METODE SUPPORT VECTOR REGRESSION (SVR) MENGGUNAKAN ALGORITMA GRID SEARCH

I Made Gananta, I Nyoman Purnama, Ketut Queena Fredlina

Sistem Informasi, Universitas Primakara
Jalan Tukad Badung, Denpasar 80226, Indonesia
gananta65@gmail.com

ABSTRAK

Emas masih tetap menjadi salah satu instrumen investasi yang stabil dan diminati 87% masyarakat Indonesia meski telah melewati pandemi covid-19 yang telah melumpuhkan perekonomian dunia. Sehingga memprediksi harga emas menggunakan data harga emas sebelum terjadinya pandemi covid-19 masih dapat menjadi acuan untuk memprediksi harga emas di tahun selanjutnya. Algoritma *support vector regression* (SVR) merupakan salah. Namun, parameter bebas SVR sangat sensitif dimana jika nilai *support vector* nya terlalu besar malah akan menyebabkan *underfitting* sehingga perlu dilakukan optimasi untuk memaksimalkan hasil pelatihan SVR. Algoritma *grid search* diperlukan untuk melakukan optimasi agar mendapatkan nilai parameter bebas SVR terbaik. Penelitian ini membahas tentang bagaimana proses optimasi parameter SVR menggunakan algoritma *grid search* dalam memprediksi harga emas periode per hari. Proses pelatihan menggunakan 1461 data harga emas periode 1 Januari 2018 hingga 31 Desember 2021, yang dimana hasil optimasi pelatihan SVR akan dibandingkan dengan hasil pelatihan SVR tanpa optimasi dengan menggunakan metode pengukuran *error mean absolute percentage error* (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *grid search* mampu mengoptimasi prediksi harga emas menggunakan SVR namun tidak signifikan dengan skor MAPE sebesar 3,73% dibandingkan dengan hasil prediksi menggunakan SVR tanpa optimasi dengan skor MAPE sebesar 4,35% yang dimana hasil prediksi kedua model tersebut sangat baik.

Kata kunci : Emas, Data Mining, Grid Search, Machine Learning, Prediksi, Support Vector Regression

1. PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 telah mempengaruhi cara berpikir masyarakat Indonesia tentang bagaimana pandangan mereka terhadap apa itu investasi dan bagaimana proses dan cara melakukan investasi. Praktik investasi secara sederhana dilakukan dengan menempatkan dana baik berupa uang atau aset pada suatu benda, lembaga atau pihak dengan harapan mendapatkan keuntungan pada jangka waktu tertentu. Survei telah dilakukan oleh Jakpat (Jajak Pendapat) bahwa 87% masyarakat Indonesia telah melakukan investasi pada tahun 2022. Emas menjadi instrumen investasi benda yang paling diminati dibandingkan dengan bentuk investasi lain [1].

Data Mining berisi serangkaian teknik dalam menganalisis data yang sangat besar dan menggabungkannya menjadi informasi baru yang dapat digunakan untuk memperoleh keuntungan, mengurangi ongkos, ataupun keduanya [2]. *Data Mining* bisa diartikan proses melihat hubungan banyak data yang valid[3]. Banyak metode dalam melakukan *Data Mining* dan setiap metode tersebut memerlukan jenis data serta parameter yang sesuai. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah metode *Support Vector Regression* (SVR).

Telah dilakukan berbagai penelitian prediksi dengan metode *Support Vector Regression*, seperti penelitian “Prediksi Harga Emas dengan Menggunakan Algoritma Support Vector Regression (SVR) dan Linear Regression (LR)” yang dilakukan oleh Annisa dkk. (2022) [4]. Namun penelitian tersebut menarik kesimpulan bahwa hasil MSE

algoritma LR lebih baik dibandingkan SVR serta menyarankan optimasi terhadap parameter metode SVR dengan algoritma kombinasi karena nilai parameternya yang sensitif.

Algoritma *Grid Search* bisa melakukan optimasi dengan mencari parameter yang terbaik untuk meningkatkan performa metode SVR dengan melakukan iterasi yang setiap iterasinya mencoba kombinasi parameter bebas dalam pelatihan metode SVR (*epsilon* dan *cost*), menampilkan setiap hasil pelatihan serta menampilkan parameter yang menghasilkan tingkat kesalahan atau *error* yang diukur dengan metode evaluasi model (RMSE, MSE, MAE, MAPE, dan lain-lain) [5].

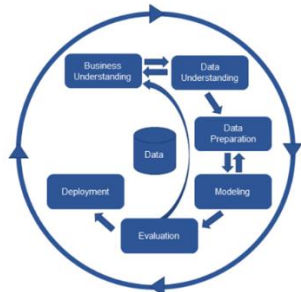
Berdasarkan uraian latar belakang diatas, optimasi prediksi harga emas dengan metode SVR menggunakan algoritma *grid search* penting dilakukan. Hasil optimasi akan menghasilkan informasi yang lebih akurat dan dapat digunakan untuk mengetahui prediksi harga emas dimasa mendatang serta menjadi acuan membuat keputusan dalam melakukan investasi emas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Standarisasi CRISP-DM

CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) merupakan salah satu standarisasi dalam praktik *data mining* dengan tujuan memberi arah yang jelas dari awal hingga akhir. Kelebihan utama dari CRISP-DM dengan standarisasi lainnya terletak pada pendekatannya yang berbasis *human-centered approach to data mining* yang berarti proses

analisis berpusat pada kebutuhan manusia yang melibatkan interpretasi data menyeluruh agar lebih mudah dipahami oleh berbagai kalangan pekerjaan [6]. Proses CRISP-DM memiliki 6 fase utama yang diilustrasikan pada gambar 1.



Gambar 1. CRISP-DM

Penelitian ini melaksanakan 5 dari 6 proses utama CRISP-DM, yaitu *business understanding*, *data understanding*, *data preparation*, *modeling* dan *evaluation*.

2.2. Min-Max Normalization

Dalam proses *data preparation* terdapat proses normalisasi data, dimana salah satu metode dalam melakukan normalisasi data yaitu *min-max normalization*. Metode ini bekerja dengan menskalakan seluruh data pada jarak minimum dan maksimum yang telah ditentukan (umumnya nilai minimum 0 dan maksimum 1), dengan persamaan berikut:

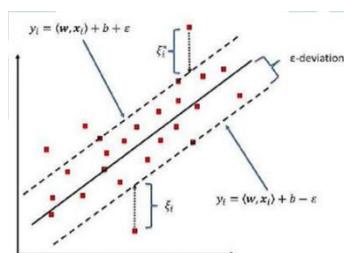
$$N = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (1)$$

Dimana:

- N = nilai setelah proses normalisasi
- x = nilai sebelum normalisasi
- $\min(x)$ = nilai terendah pada dataset
- $\max(x)$ = nilai tertinggi pada dataset

2.3. Support Vector Regression

Support Vector Regression (SVR) adalah penerapan lain *Support Vector Machine* (SVM) dimana pendekatannya menggunakan metode regresi, sehingga menghasilkan nilai prediksi berupa bilangan *real* atau kontinu [7].



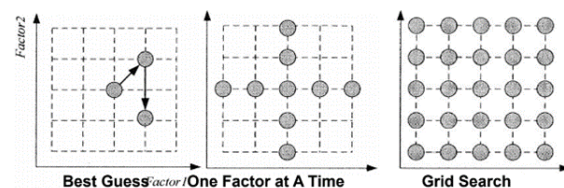
Gambar 2. Support Vector Regression

Namun terdapat parameter yang harus ditentukan oleh peneliti yaitu parameter *cost* (C) berfungsi untuk menentukan jarak maksimal antara data satu dengan

data setelahnya yang dianggap valid, serta parameter *epsilon* (ϵ) merupakan jarak garis bantuan (*support vector*) terhadap garis regresi[8]. Adapun beberapa penelitian yang telah mengimplementasikan SVR yaitu penelitian yang dilakukan oleh Saputra Galih pada tahun 2019 yang berjudul “Penggunaan Support Vector Regression dalam Pemodelan Indeks Saham Syariah Indonesia dengan Algoritme Grid Search”[9], penelitian yang dilakukan Bakhtiyar Hadi Prakoso pada tahun 2019 yang berjudul “Implementasi Support Vector Regression pada Prediksi Inflasi Indeks Harga Konsumen”[10], penelitian yang dilakukan Astudillo Gabriel pada tahun 2020 yang berjudul “Copper Price Prediction using Support Vector Regression Technique”[11].

2.4. Grid Search

Adapun fungsi utama yang dimiliki oleh algoritma *grid search* yaitu dipergunakan untuk memperoleh *hyperparameter* terbaik dimana pada SVR *hyperparameter* tersebut yakni C dan *epsilon* [8]. Algoritma *grid search* bekerja dengan melakukan pelatihan menggunakan setiap kombinasi parameter pada setiap pelatihan yang kemudian hasil seluruh pelatihan tersebut dibandingkan nilai *error*-nya dengan metode pengukuran tertentu. Hasil dari pelatihan dengan kombinasi parameter yang memiliki *error* terkecil merupakan kombinasi terpilih sekaligus hasil optimasi algoritma *grid search* [12]. Perbedaan utama algoritma *grid search* dengan algoritma optimasi lainnya adalah tidak adanya hubungan antar iterasi yang terjadi, sehingga kemungkinan *overlapping* tidak mungkin terjadi apabila penentuan kombinasi parameternya tidak ada yang duplikat. Algoritma *grid search* diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 3. Ilustrasi Grid Search

2.5. Mean Absolute Percentage Error

Merupakan lanjutan dari perhitungan *Mean Absolute Error* (MAE) yang dimana MAPE mengubah nilai MAE menjadi nilai persentase dengan mengalikan nilai MAE dengan 100 yang didefinisikan sebagai berikut [8].

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y'_t - Y_t|}{Y_t} \times 100 \quad (2)$$

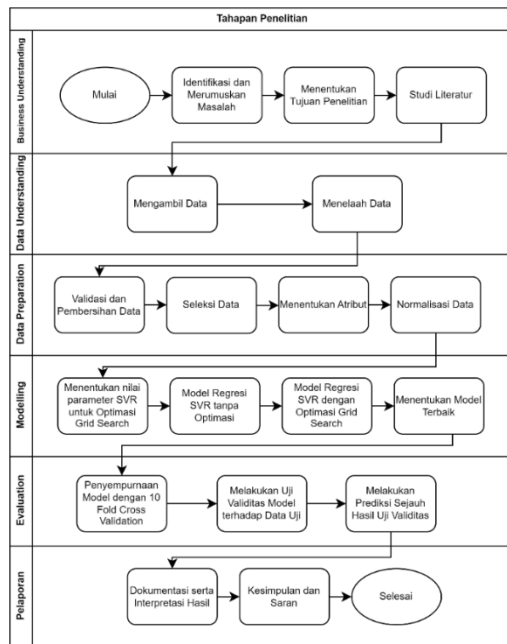
Y'_t = Nilai Prediksi

Y_t = Nilai Sebenarnya

n = Jumlah Data

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan standarisasi CRISP-DM dalam melakukan optimasi prediksi harga emas dengan metode *support vector regression* (SVR) menggunakan algoritma *grid search*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan *dataset time series* harga emas berjangka per hari dengan satuan Dollar Amerika Serikat per *troy ounce* periode 1 Januari 2018 sampai 31 Desember 2021 sebanyak 1461 data sebagai data latih dan periode 1 Januari 2022 sampai 31 Desember 2022 sebanyak 365 data sebagai data uji. Adapun alur dalam penelitian ini yaitu:



Gambar 4. Alur Penelitian

1. *Business Understanding*, merupakan persiapan penulis dalam memulai penelitian.
2. *Data Understanding*, mencakup bagaimana penulis dalam melakukan pengambilan data dan menelaah data.
3. *Data Preparation*, langkah ini penulis mulai melakukan perubahan pada data yang mencakup validasi dan pembersihan data, seleksi data, menentukan atribut dan normalisasi data.
4. *Modeling*, langkah ini penulis mulai menentukan nilai parameter apa saja yang akan digunakan algoritma *grid search*, membangun model, serta membandingkan dan memilih model terbaik.
5. *Evaluation*, langkah ini model yang telah terpilih akan dievaluasi dengan metode *10-folds cross validation*, uji validitas, dan memprediksi harga emas sejauh uji validitas.

Pelaporan, membuat pelaporan yang berisi dokumentasi, intepetasi hasil, serta kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Understanding

Pada tahap ini telah dilakukan proses pengambilan data, menelaah data dan validasi data dengan rincian sebagai berikut.

1. Mengambil Data

Pengambilan data dilakukan dengan mengakses situs *website* “*id.investing.com*”.

Tanggal	Terakhir	Pembukaan	Terendah	Tertinggi	Vol. 1	Perubahan%
20/12/2022	1.826,20	1.827,80	1.822,40	1.819,80	107,50K	+0,91%
20/12/2022	1.826,00	1.822,30	1.827,30	1.811,20	105,99K	+0,90%
20/12/2022	1.815,80	1.822,40	1.822,80	1.804,20	118,09K	+0,40%
21/12/2022	1.823,10	1.808,20	1.841,90	1.808,00	159,62K	+0,74%
20/12/2022	1.828,70	1.808,80	1.811,95	1.805,55		+0,30%
20/12/2022	1.804,20	1.801,00	1.812,20	1.798,50	105,49K	+0,50%
20/12/2022	1.795,30	1.820,80	1.829,30	1.792,70	175,77K	+1,68%
21/12/2022	1.825,40	1.827,80	1.833,80	1.821,30	110,19K	0,00%
20/12/2022	1.825,40	1.798,80	1.832,40	1.792,70	107,50K	+0,54%
19/12/2022	1.797,70	1.801,80	1.808,80	1.793,20	88,09K	+0,14%

Gambar 5. Situs *id.investing.com*

2. Menelaah Data

Dataset “data historis emas berjangka” hanya terdiri dari 1293 dari seharusnya 1826 data, dimana setiap datanya memiliki 7 atribut. Sehingga perlu dilakukan perbaikan agar jumlah datanya sesuai.

4.2. Data Preparation

Berdasarkan hasil *data understanding*, telah dilakukan proses persiapan data yang mencakup validasi dan pembersihan data, seleksi data, menentukan atribut serta normalisasi data.

Telah dihapus lima atribut pada setiap data pada *dataset* dan dipertahankan dua atribut untuk dilakukan analisis pada proses selanjutnya, yaitu:

1. Atribut tanggal, dan
2. Atribut terakhir.

4.3. Modelling

Proses *modelling* dimulai dari penentuan rentang parameter yang akan diuji pada algoritma *grid search*, pelatihan menggunakan algoritma SVR tanpa optimasi, pelatihan SVR dengan optimasi *grid search*, dan membandingkan performa hasil pelatihan menggunakan metode pengukuran *mean absolute percentage error* (MAPE). Pada proses *modelling* ini hanya akan menggunakan data harga emas dari tanggal 1 Januari 2018 hingga tanggal 31 Desember 2021 sebagai data latih, sedangkan data harga emas dari tanggal 1 Januari 2022 sampai tanggal 31 Desember 2022 sebagai data uji.

1. Menentukan Nilai Parameter SVR untuk Optimasi Grid Search.

Adapun rentang hyperparameter SVR serta pilihan fungsi kernel yang telah ditentukan pada proses sebelumnya untuk pengujian algoritma *grid search* adalah:

- a. *cost* (C) dengan nilai yang diujikan yaitu 0.001,0.002,0.003, ... ,0.1 dengan total nilai sebanyak 100.

- b. *epsilon* (ϵ) dengan nilai yang diujikan yaitu 0.001, 0.002, 0.003, ... , 0.1 dengan total nilai sebanyak 100.
 - c. Metode pengukuran MAPE dengan kriteria nilai MAPE terendah yang merupakan hasil pengukuran terbaik.
2. Pelatihan Model SVR Tanpa Optimasi.
- Telah dilakukan pelatihan SVR tanpa melalui proses optimasi, dimana nilai *hyperparameter*-nya menggunakan nilai bawaan (*default*) *library sklearn* dari *scikit-learn.org* yaitu nilai *cost* = 1 dan *epsilon* = 0.1.

MAPE terhadap hasil prediksi yang belum dioptimasi: 0.04357662011182353

	tanggal	harga	tanggal_converted	harga_normalized	prediksi_tanpa_optimasi
0	2018-01-01 00:00:00	1309.3	1	0.148556	0.188310
1	2018-01-02 00:00:00	1318.3	2	0.158786	0.187350
2	2018-01-03 00:00:00	1320.8	3	0.161628	0.186392
3	2018-01-04 00:00:00	1323.9	4	0.165151	0.185435
4	2018-01-05 00:00:00	1324.5	5	0.165833	0.184481
...	...	...	...	...	...
1456	2021-12-27 00:00:00	1808.8	1457	0.716299	0.773095
1457	2021-12-28 00:00:00	1810.9	1458	0.718686	0.773657
1458	2021-12-29 00:00:00	1805.8	1459	0.712889	0.774216
1459	2021-12-30 00:00:00	1815.3	1460	0.723687	0.774772
1460	2021-12-31 00:00:00	1829.7	1461	0.740055	0.775326

Gambar 6. Proses dan Hasil Prediksi SVR Tanpa Optimasi

Berdasarkan hasil prediksi SVR tanpa optimasi, dilakukan pula proses pengukuran tingkat kesalahan hasil prediksi terhadap data sebenarnya menggunakan metode MAPE yang menghasilkan tingkat rata-rata kesalahan sebesar 4,35% yang berarti sangat baik.

3. Pelatihan Model SVR Menggunakan Optimasi *Grid Search*.

Telah dilakukan pelatihan SVR menggunakan optimasi *grid search* dengan melanjutkan sintaks yang telah dibuat pada langkah 1. *Library GridSearchCV* yang telah dideklarasikan memiliki fungsi yang serupa yaitu *fit()* untuk melakukan pelatihan SVR dengan mencoba seluruh kombinasi *hyperparameter* yang telah ditentukan, fungsi *predict()* untuk memprediksi harga emas dengan data independen yang sama.

Best hyperparameters: {'C': 0.05, 'epsilon': 0.01}

MAPE terhadap hasil prediksi yang telah dioptimasi: 0.03739326513897552

	tanggal	harga	tanggal_converted	harga_normalized	prediksi_tanpa_optimasi	prediksi_optimasi
0	2018-01-01 00:00:00	1309.3	1	0.148556	0.188310	0.222343
1	2018-01-02 00:00:00	1318.3	2	0.158786	0.187350	0.221504
2	2018-01-03 00:00:00	1320.8	3	0.161628	0.186392	0.220664
3	2018-01-04 00:00:00	1323.9	4	0.165151	0.185435	0.219824
4	2018-01-05 00:00:00	1324.5	5	0.165833	0.184481	0.218982
...	...	...	...	...	...	...
1456	2021-12-27 00:00:00	1808.8	1457	0.716299	0.773095	0.703158
1457	2021-12-28 00:00:00	1810.9	1458	0.718686	0.773657	0.703401
1458	2021-12-29 00:00:00	1805.8	1459	0.712889	0.774216	0.703645
1459	2021-12-30 00:00:00	1815.3	1460	0.723687	0.774772	0.703891
1460	2021-12-31 00:00:00	1829.7	1461	0.740055	0.775326	0.704137

1461 rows x 6 columns

Gambar 7. Proses dan Hasil Prediksi SVR dengan Optimasi *Grid Search*

Berdasarkan hasil prediksi SVR menggunakan optimasi *grid search*, telah didapat parameter SVR terbaik yaitu nilai $C = 0.05$ dan $\epsilon = 0.01$ serta didapat pula hasil pengukuran tingkat kesalahan

prediksi MAPE sebesar 3,73% yang berarti sangat baik.

4. Menentukan Model SVR Terbaik Menggunakan Metode MAPE.

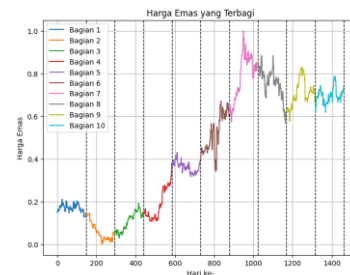
Telah dilakukan pengukuran tingkat kesalahan prediksi pada tahap 2 dan 3 menggunakan metode MAPE. Telah diputuskan bahwa model SVR terbaik dalam penelitian ini adalah model SVR menggunakan optimasi *grid search* dengan nilai parameter nilai $C = 0.05$ dan $\epsilon = 0.01$ yang memiliki skor MAPE 3,73%.

4.4. Evaluation

Proses evaluasi model dilakukan dengan melakukan pelatihan dan prediksi model terpilih dengan berbagai scenario menggunakan metode *10-fold cross validation*, menguji sejauh mana validitas hasil prediksi dengan data harga emas periode 1 Januari 2022 sampai 31 Desember 2022, serta melakukan prediksi sejauh hasil validitas.

1. Evaluasi Model dengan 10-Folds Cross Validation

Telah dilakukan evaluasi model terpilih menggunakan *10-folds cross validation*. Proses evaluasi dilakukan menggunakan *library KFold* yang membagi data latih harga emas menjadi 10 bagian.



Gambar 8. Ilustrasi Pembagian Data Latih Menjadi 10 Bagian

Model yang dievaluasi adalah model SVR dengan *hyperparameter* terpilih yaitu $C = 0.05$ dan $\epsilon = 0.01$. Setelah itu dilakukan proses pelatihan terhadap 9 bagian data latih, memprediksi 1 bagian data latih sebagai data uji dan mengukur tingkat kesalahan prediksinya menggunakan metode MAPE. Kegiatan tersebut dilakukan berulang sebanyak sepuluh iterasi hingga seluruh bagian data latih telah menjadi data uji.

Hasil 10-Folds Cross Validation: 0.05773123842228591

Gambar 9. Proses dan Hasil Evaluasi Model Menggunakan 10-Folds Cross Validation

Hasil akhir dari evaluasi menggunakan *10-folds cross validation* adalah rata-rata dari keseluruhan pengukuran MAPE dan didapat hasil dengan nilai 5,77% yang berarti sangat baik.

2. Melakukan Uji Validitas Model Terhadap Data Uji

Telah dilakukan uji validitas model SVR terpilih terhadap data uji yaitu dengan melakukan prediksi data harga emas periode 1 Januari 2022 sampai 31 Desember 2022.

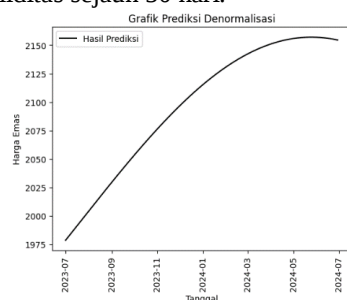


Gambar 10. Proses dan Hasil Prediksi Sejauh 1 Tahun

Hasil perbandingan setiap nilai antara harga sebenarnya dengan harga emas hasil prediksi menunjukkan bahwa model SVR hanya mampu memprediksi harga emas secara valid sejauh 50 hari berturut-turut dimana perbedaan nilainya tidak lebih dari 10% dan kemudian hasil prediksi tidak valid pada hari ke-51. Namun, apabila keseluruhan hasil prediksinya dibandingkan terhadap harga emas sebenarnya, maka sebanyak 193 dari 365 hasil prediksi harga emas merupakan valid dengan kesalahan prediksi tidak lebih dari 10%.

3. Melakukan Prediksi Menggunakan Data Terbaru

Telah dilakukan kembali pelatihan model SVR dengan menambah lebih banyak data latih menambah data harga emas periode 1 Januari 2022 sampai 30 Juni 2023 yang merupakan data terbaru saat ini dan melakukan prediksi sejauh satu tahun kedepan dengan tingkat validitas sejauh 50 hari.



Gambar 11. Grafik Prediksi Harga Emas periode 1 Juli 2023 Hingga 30 Juni 2024

Grafik tersebut menunjukkan bahwa terjadi kenaikan harga emas (tren naik) yang puncaknya terjadi pada bulan Mei 2024 dan stagnan serta cenderung menurun pada akhir bulan Juni 2024.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan, didapat kesimpulan bahwa: Prediksi harga emas dengan metode *support vector regression* tanpa melalui optimasi algoritma *grid search* menggunakan *hyperparameter* bawaan/default dari pengembang *scikitlearn.org* yaitu parameter $cost = 1$ dan $epsilon = 0.1$. Hasil pengukuran MAPE menunjukkan tingkat kesalahan prediksi model SVR tanpa optimasi sebesar 4,35% yang berarti sangat baik. Sedangkan optimasi prediksi harga emas dengan metode *support vector regression* menggunakan algoritma *grid search* menguji 10 ribu kombinasi parameter menghasilkan *hyperparameter* terbaik yaitu parameter $cost = 0.05$ dan $epsilon = 0.01$, dimana hasil pengukuran tingkat kesalahan prediksi MAPE sebesar 3,73% yang juga berarti sangat baik. Optimasi *grid search* mampu mengoptimalkan model SVR dalam melakukan prediksi harga emas berdasarkan perhitungan tingkat kesalahan prediksi MAPE yang lebih rendah namun tidak signifikan dibandingkan dengan model SVR tanpa optimasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shilvina Widi, "Masyarakat Indonesia Paling Banyak Investasi Emas pada 2022." Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: <https://dataindonesia.id/bursa-keuangan/detail/masyarakat-indonesia-paling-banyak-investasi-emas-pada-2022>
- [2] P. Aditra and A. Ketut, "Konsep Dasar Data Mining," *MSIM4403 Edisi 1*, 2022. Accessed: Apr. 27, 2023. [Online]. Available: <https://pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/MSIM4403-M1.pdf>
- [3] S. K. M. P. Fitri Marisa, S. T. M. S. M. M. T. Anastasia Lidya Maukar, and S. S. M. M. S. I. Dr. Tubagus Mohammad Akhriza, *Data Mining Konsep Dan Penerapannya*. Deepublish, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=BtIVEAAAQBAJ>
- [4] A. Anisa, A. Bella, S. Yusuf, and Chaerur.Rozikin, "Prediksi Harga Emas dengan Menggunakan Algoritma Support Vector Regression (Svr) dan Linear Regression (LR)," vol. 8, no. 5, 2022.
- [5] H. Yasin, R. E. Caraka, Tarno, and A. Hoyyi, "Prediction of crude oil prices using support vector regression (SVR) with grid search - Cross validation algorithm," *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 12, no. 4, 2016.
- [6] F. Martínez-Plumed *et al.*, "CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories," *IEEE Trans Knowl Data Eng*, vol. 33, no. 8, pp. 3048–3061, 2021, doi: 10.1109/TKDE.2019.2962680.
- [7] A. B. Raharjo, Z. Z. Dinanto, D. Sunaryono, and D. Purwitasari, "Prediksi Akumulasi Kasus Terkonfirmasi Covid-19 Di Indonesia

- Menggunakan Support Vector Regression,” *Techno.Com*, vol. 20, no. 3, 2021, doi: 10.33633/tc.v20i3.5062.
- [8] F. Pedregosa *et al.*, “Scikit-learn: Machine Learning in Python,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.
- [9] G. H. Saputra, A. H. Wigena, and B. Sartono, “PENGUNAAN SUPPORT VECTOR REGRESSION DALAM PEMODELAN INDEKS SAHAM SYARIAH INDONESIA DENGAN ALGORITME GRID SEARCH,” *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, vol. 3, no. 2, 2019, doi: 10.29244/ijsa.v3i2.172.
- [10] B. H. Prakoso, “Implementasi Support Vector Regression pada Prediksi Inflasi Indeks Harga Konsumen,” *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 19, no. 1, pp. 155–162, Nov. 2019, doi: 10.30812/matrik.v19i1.511.
- [11] G. Astudillo, R. Carrasco, C. Fernández-Campusano, and M. Chacón, “Copper price prediction using support vector regression technique,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 19, 2020, doi: 10.3390/APP10196648.
- [12] T. T. Ngoc, L. van Dai, and D. T. Phuc, “Grid search of multilayer perceptron based on the walk-forward validation methodology,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 2, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i2.pp1742-1751.