

Analisis Risiko Investasi dan Prediksi Saham Menggunakan Algoritme *Machine Learning*

Widi Hastomo¹, Sutarno² dan Sudjiran³

¹Teknologi Informasi, ITB Ahmad Dahlan Jakarta

²Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Jakarta STI&K
Jl. BRI No. 17 Radio Dalam Kebayoran Baru Jakarta Selatan

E-mail : Widi.has@gmail.com, p4kt4rno@gmail.com, ontosenosujiran@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk analisa risiko dan korelasi antar saham dengan menghitung return harian menggunakan metode *Moving Average* (MA). Selain itu dengan dataset dari 2 saham (Apple dan Microsoft) juga dilakukan prediksi nilai saham di periode waktu berikutnya (*future*), dengan menggunakan metode neural network (deep learning) *Long Short Term Memory* (LSTM). Hasil dari komputasi dalam bahasa python berupa beberapa visualisasi grafik yang memudahkan pembacaan informasi. Visualisasi grafik MA jangka pendek dan panjang ke dua saham cenderung mengalami penurunan harga semenjak bulan Januari hingga Juni 2022 namun volume penjualan saham tidak terjadi penurunan secara signifikan untuk saham Apple. Berbeda dengan Apple, Microsoft terjadi 2 kali volume penjualan tinggi di bulan Februari (9.107 lembar saham) dan bulan Mei (7.107 lembar saham). Tingkat kemiripan (korelasi) kedua saham tersebut sebesar 72%. Dari analisa risiko dan *expected return*, saham Apple memiliki risiko (0.019994) dan *expected return* (0.001402) lebih rendah dari saham Microsoft dengan risiko (0.017169) dan *expected return* (0.000904). Prediksi waktu kedepan (*future*) dengan model LSTM, menunjukkan Apple dan Microsoft masih akan mengalami penurunan harga saham.

Kata kunci : korelasi, LSTM, return, risiko

Pendahuluan

Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, sudah tidak layak lagi pengambilan keputusan dalam dunia investasi saham dilakukan secara manual [1]. Komputer yang mampu menyimpan, memproses data jumlah besar dan kecepatan semakin tinggi, telah menggeser metode sampling yang lebih banyak menghasilkan bias [2]. Kemampuan menganalisa saham dengan risiko rendah dan return tinggi serta prediksi apakah suatu saham akan naik atau turun di waktu selanjutnya (*future*), adalah kemampuan yang sangat diperlukan untuk mengambil keputusan oleh para investor saham [3].

Untuk dapat memprediksi harga saham dengan akurasi tinggi menjadi sangat kompleks [4], [5], karena banyak variabel yang mempengaruhi harga saham [6]. Diantaranya adalah pernyataan pejabat dari negara besar akan mempunyai dampak signifikan terhadap harga saham [7], Ketidakmampuan manajemen (kinerja buruk) untuk memenuhi kebutuhan pasar akan menurunkan harga saham perusahaan tersebut [8]. Sebagai contoh, Jumat (13/5/2022), S&P 500 turun 0,13% , Dow Jones Industrial average turun sekitar 104 poin atau 0,3%

[9]. Saham teknologi paling terpukul sangat keras seperti Apple (AAPL), Microsoft (MSFT), Amazon (AMZN), pemilik Google Alphabet (GOOGL), induk Facebook Meta Platforms (FB) dan Tesla (TSLA) milik Elon Musk semuanya merah. Netflix (NFLX) turun lebih dari 70%, berkinerja terburuk di S&P 500 tahun 2022 [10].

Penelitian terkait untuk memprediksi saham Nasdaq, New York Stock Exchange (NYSE), Nihon Keizai Shimbun (NIKKEI) dan The Financial Times Stock Exchange (FTSE) dengan membandingkan algoritme *Machine learning* (ML) Random Forest, Bagging, AdaBoost, Decision Trees, Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Artificial Neural Network (ANN) [11]. Penelitian terkait yang dilakukan oleh [12] menggunakan algoritme ANN, SVM dan LSTM untuk memprediksi saham NYSE.

Penelitian yang dilakukan oleh [13] untuk memprediksi saham di Karachi Stock Exchange (KSE)-100 index menggunakan metode Naïve Bayes dan K-NN classifier. Penelitian yang dilakukan oleh [14] menggunakan dataset dari saham Dell dengan algoritme Long Short Term Memory (LSTM) dan Au-

toregresiive Integrated. Moving Average (ARIMA).

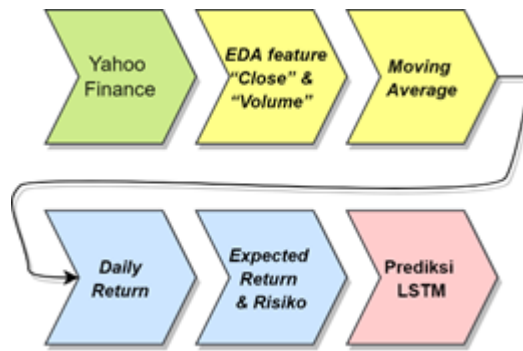
Alasan menggunakan bahasa pemrograman python adalah besarnya data yang akan diolah ini sudah berada diluar kemampuan aplikasi spreadsheet, serta library numpy, pandas, seaborn, matplotlib, memudahkan untuk melakukan pemrograman yang berbasis *machine learning*.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data saham Apple [15] dan Microsoft [16] yang diperoleh dari yahoo finance, untuk melakukan analisa return dan risiko, serta memprediksi kemungkinan saham tersebut naik atau turun di beberapa hari kemudian (prediksi tren harian). Metode yang dipergunakan untuk analisa saham adalah MA (Moving Average) dan LSTM (Long Short Term Memory) [17]. Keberadaan library di python sangat membantu dalam melakukan pengolahan data yang kompleks dan berukuran besar.

Penelitian ini dimulai dari proses pemerolehan data langsung ke web yahoo finance menggunakan library web reader yang memudahkan karena tidak memerlukan ruang untuk menyimpan data yang besar di komputer yang dipergunakan (Gambar 1). Selanjutnya adalah mengeksplorasi data yang ada atau EDA (Exploratory Data Analysis), untuk mengetahui lebih jauh data yang ada agar dapat dipergunakan di proses selanjutnya. Setelah proses cleansing, pemilihan feature serta data bebas dari kekosongan data (data null), maka data akan dipergunakan untuk menghitung tren dan return harian dengan metoda Moving Average (MA). Hasil perhitungan return harian (daily return) ini dapat dipergunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu *expected return* dan menentukan tingkat risiko setiap saham. Dari perhitungan sebelumnya berdasarkan data hirarki nilai harga saham, para investor dapat

mengetahui performa dan risiko saham dari perhitungan return yang telah dilakukan. Untuk dapat memprediksi harga saham di luar data yang ada (waktu selanjutnya), dipergunakan neural network dengan metode deep learning yaitu LSTM



Gambar 1: Alur Penelitian

Exploratory Data Analysis (EDA)

Data saham diperoleh dengan cara mengunduh (download) data 2 saham yaitu Aple (AAPL) dan Microsoft (MSFT) dari yahoo finance, mulai tanggal 2020-05-22 sampai dengan 2022-06-08, diperoleh sebanyak 516 baris data dengan 7 fitur ('Open', 'High', 'Low', 'Close', 'Adj.Close', 'Volume', 'Company_name'). Untuk mengetahui gambaran kondisi data yang telah diperoleh dilakukan proses Exploratory Data Analysis (EDA). Dengan perintah 'describe' dapat dilihat statistik data yang ada (mean, min, max, std) dan diperlukan proses cleansing jika terdapat data null. Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa data sudah lengkap (tanpa data null), mempunyai type yang sama (float64) untuk tiap featurenya kecuali feature 'company_name' bertipe object. Total baris data kedua saham adalah 1032 dengan masing-masing saham 516 baris.

	Adj Close	Close	High	Low	Open	Volume	company_name
count	1032.000000	1032.000000	1032.000000	1032.000000	1032.000000	1.032000e+03	AAPL 516 MSFT 516
mean	196.013820	197.507691	199.605569	195.219205	197.460531	6.862529e+07	
std	70.259793	70.616490	71.193686	69.960219	70.652321	5.110199e+07	
min	78.205727	79.182503	79.677498	78.272499	78.942497	1.049939e+07	
25%	133.634804	134.665001	136.004997	133.482494	135.017502	2.781628e+07	
50%	179.083382	181.485001	182.910004	178.824997	180.930000	5.480295e+07	
75%	254.563717	256.225006	258.919991	253.542500	257.244995	9.487540e+07	
max	341.606384	343.109985	349.670013	342.200012	344.619995	3.743368e+08	


```

<<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
DatetimeIndex: 1032 entries, 2020-05-22 to 2022-06-08
Data columns (total 7 columns):
#   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   Adj Close   1032 non-null   float64
1   Close       1032 non-null   float64
2   High        1032 non-null   float64
3   Low         1032 non-null   float64
4   Open        1032 non-null   float64
5   Volume      1032 non-null   float64
6   company_name 1032 non-null   object
dtypes: float64(6), object(1)
memory usage: 64.5+ KB
    
```

Gambar 2: Statistik keseluruhan data

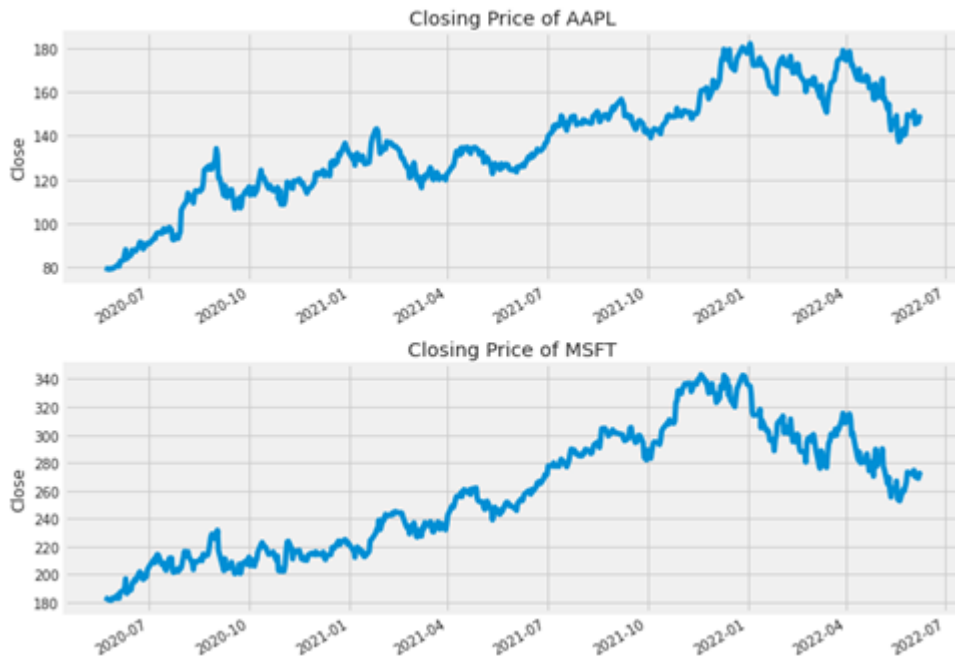
Pemilihan fitur

Untuk keperluan analisa dan prediksi akan dipilih feature "Close" menunjukkan harga saham saat penutupan, dan untuk mengetahui penjualan akan

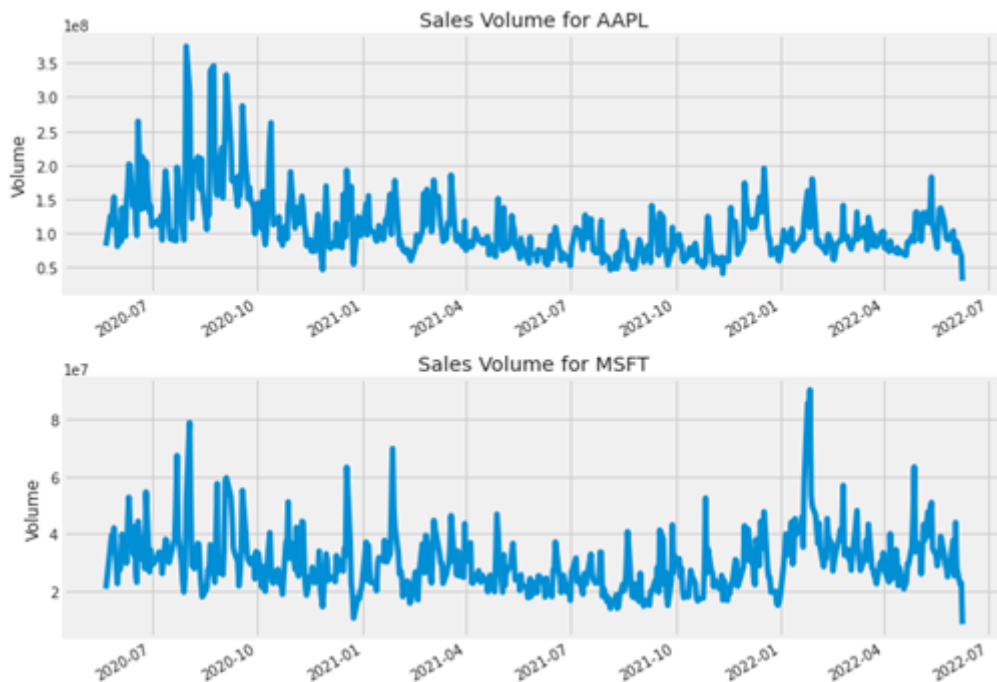
dipergunakan feature "volume". Track data historis feature "Close" dapat dilihat di Gambar 3, dimana mulai bulan Januari dilanjutkan di bulan April kedua saham terus mengalami penurunan yang cukup tajam. Namun nampaknya para pemilik saham

Aple masih memiliki harapan yang tinggi, sehingga tetap bertahan (hold) untuk tidak melepas saham. Kondisi ini dapat dilihat dari nilai volume penjualan saham Apple yang justru menurun. Sedikit berbeda dengan Apple, saham Microsoft sempat terjadi volume penjualan yang sangat tinggi di bulan Februari tapi kemudian flukutasi penjualan

kembali dalam keadaan normal. Diakhir data ini bulan Juni, saham Microsoft seperti halnya dengan saham Apple terjadi nilai penjualan yang sangat rendah (Gambar 4). Jadi terlihat disini para investor cenderung untuk menahan saham untuk tidak dijual walaupun harga kedua saham tersebut dalam kondisi yang terus menurun



Gambar 3: Track history feature 'Close' saham Apple dan Microsoft



Gambar 4: Track histori fitur 'Volume' penjualan data saham Apple dan Microsoft

Moving Average

Untuk mengetahui return harian dan tren harga saham berdasarkan perjalanan data yang ada dipergunakan Moving Average (MA), metode perhitungan ini umum dipergunakan oleh para investor sebagai indikator pengambilan keputusan. MA peri-

ode panjang dipergunakan oleh investor dan trader dalam mengambil keputusan (jual/beli) jangka panjang dan periode pendek banyak dipergunakan untuk perdagangan jangka pendek, dan MA juga berguna sebagai smoothing untuk menghilangkan efek fluktuasi acak yang sering menggecohkan dalam mengambil keputusan jangka pendek.

$$MA_m = \frac{C_{lag-1} + C_{lag-2} + \dots + C_{lag-(m-2)} + C_{lag-(m-1)} + C_{lag-m}}{m} \tag{1}$$

Dimana:

MA_m = Moving Average untuk periode m

m = periode waktu yang dipergunakan

M_{lag-1} = Harga Close untuk 1 hari sebelumnya

M_{lag-m} = Harga Close untuk m hari sebelumnya

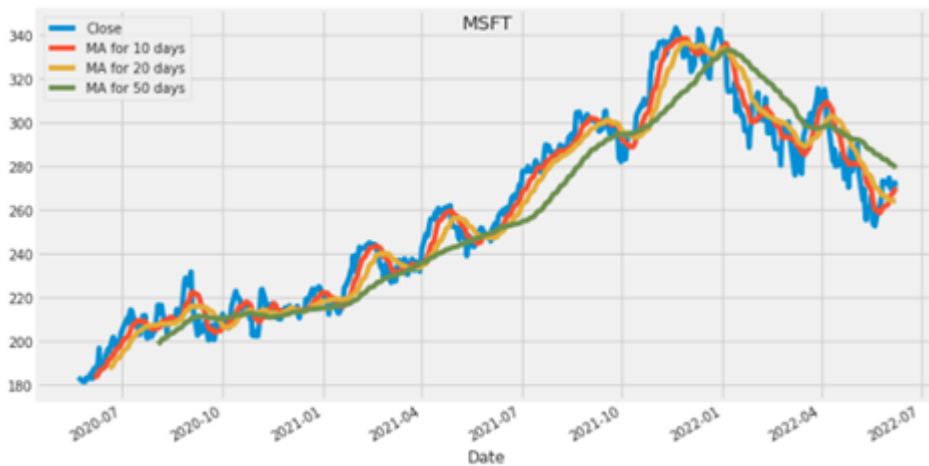
nya

Perhitungan MA menggunakan periode 10 dan 20 hari untuk tren jangka pendek, dan periode 50 hari untuk melihat trend jangka panjang. Hasil program berbentuk grafik terlihat bahwa sekitar bulan Mei 2022 terjadi perpotongan antara MA50 (hijau) dengan MA10 (merah) dan MA20 (kuning). Ter-

lihat MA50 (hijau) berada diatas MA20 (kuning) dan MA20 (kuning) berada diatas MA10 (merah) dengan ketiganya menunjukkan tren turun, ini menunjukkan bahwa untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang akan terjadi penurunan nilai harga ke dua saham tersebut. Titik balik terjadi jika nilai MA saling mendekati (berhimpit), salah satu contoh adalah saham Microsoft di bulan Oktober 2021 dimana terlihat harga saham berbalik naik tiba-tiba dengan M50 bertindak sebagai tembok penghalang yang mencegah harga saham tidak turun. (Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 5: MA periode 10, 20, dan 50 hari AAPL



Gambar 6: MA periode 10, 20, dan 50 hari MSFT

Daily Return

merupakan rasio selisih jual beli saham dalam kurun waktu tertentu. Untuk kurun waktu harian dinamakan return harian, kurun waktu mingguan dinamakan return mingguan dan seterusnya. Jika persentase return bernilai positif maka investor akan memperoleh keuntungan (capital gain), persentase return bernilai negatif maka investor akan memperoleh kerugian (capital loss). Return harian dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$R_t = (C_t - C_{t-1})/C_{t-1} \quad (2)$$

Dimana:

R_t = Nilai Return pada waktu t

C_t = Harga Close penjualan di waktu t

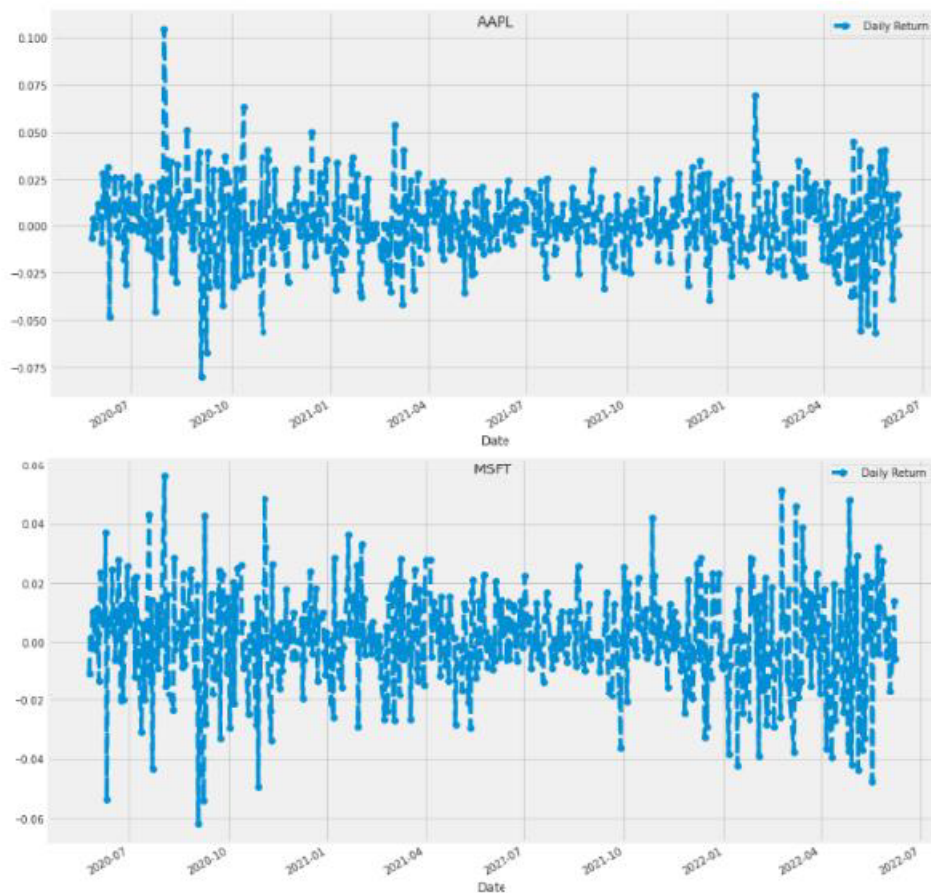
C_{t-1} = Harga Close pembelian sehari sebelum waktu t

Hasil dan Pembahasan

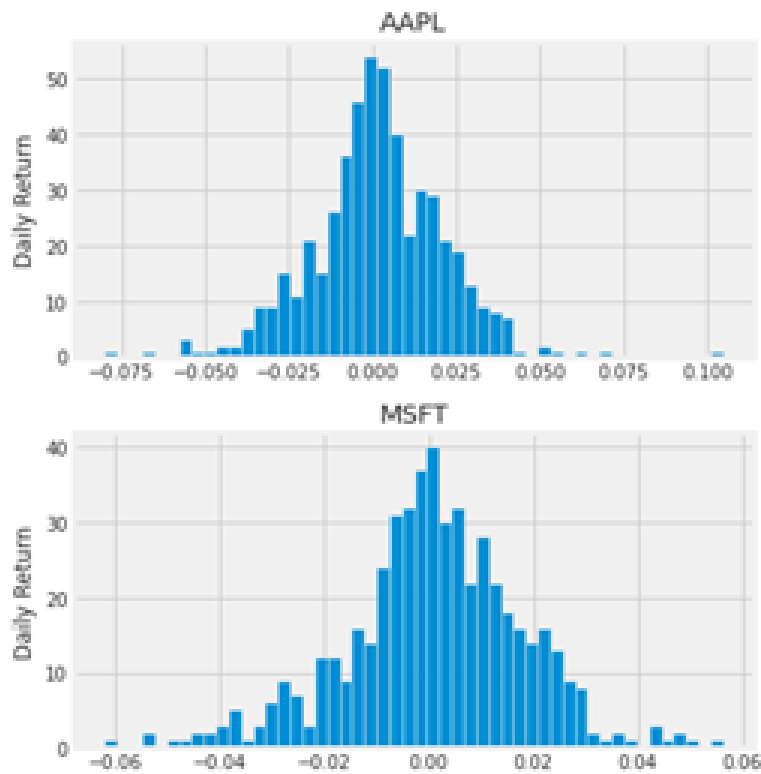
Hasil proses komputasi untuk return harian di tampilkan dalam bentuk grafik (Gambar 7). Mulai

bulan Januari 2022 saham Apple mencapai capital gain tertinggi 7% dengan capital loss terendah 6% , saham Microsoft capital gain tertinggi 5.5% dan capital loss terendah 5.5%. Dari pembacaan data sebelumnya diketahui bahwa saham Microsoft terjadi volume penjualan tinggi dibandingkan saham Apple, namun capital gain tertinggi lebih kepada saham Apple dengan volume penjualan yang lebih kecil dari volume penjualan Microsoft.

Grafik sebaran return harian (Gambar 8), dapat menjadi indikator mengetahui tingkat risiko suatu saham. Dengan deviasi semakin kecil maka sebaran bentuk lonceng akan semakin ramping, sebaliknya bentuk lonceng akan semakin melebar dengan besarnya nilai deviasi. Tingkat risiko akan semakin tinggi untuk bentuk lonceng distribusi yang semakin ramping. Dari Gambar 8 terlihat saham Apple berbentuk lonceng lebih ramping (deviasi kecil) menunjukkan tingkat risiko yang lebih tinggi dibanding saham Microsoft.



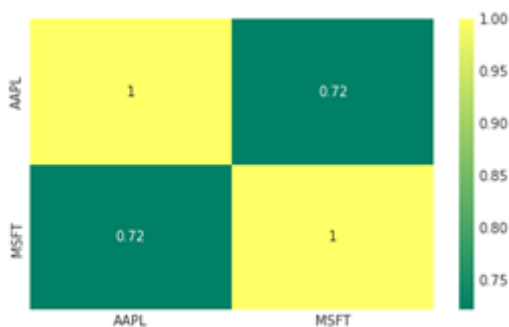
Gambar 7: Return harian



Gambar 8: Sebaran *return* harian

Korelasi saham

Untuk mengetahui ukuran kedekatan atau kemiripan antara saham Apple dan Microsoft maka diperlukan untuk melakukan perhitungan korelasi. Dengan menggunakan library seaborn, penyajian data dengan mengkombinasikan nilai-nilai dalam tingkatan warna menghasilkan visualisasi dalam bentuk headmap (Gambar 9)



Gambar 9: Headmap korelasi 2 saham

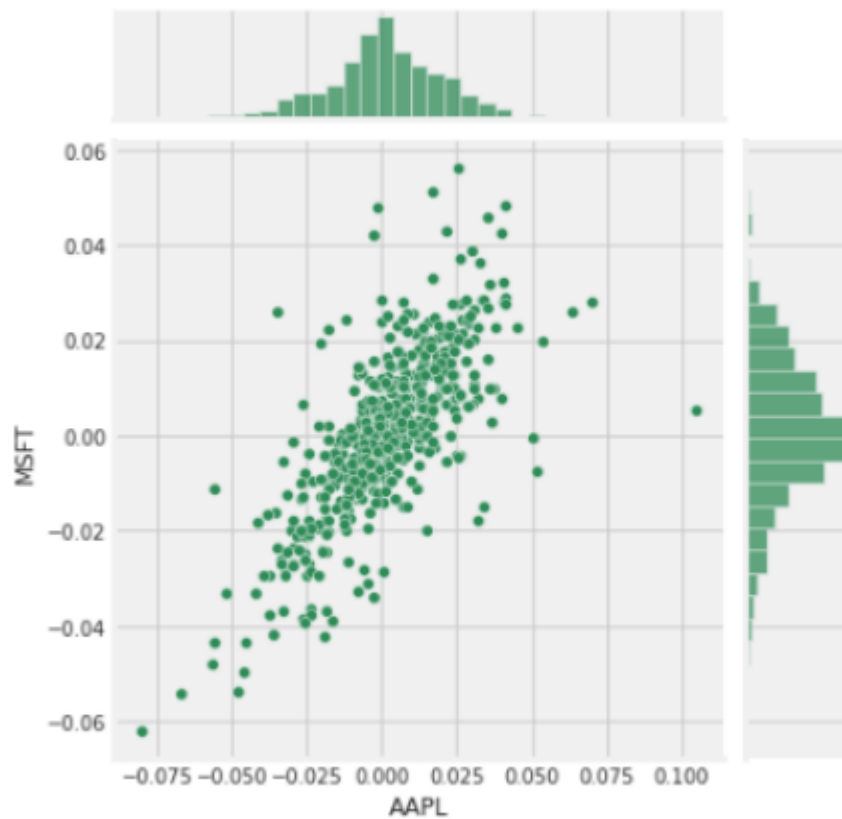
Dari Gambar 10 dapat dilihat tingkat kemiripan antar saham, Apple (AAPL) mempunyai tingkat kemiripan performa yang tertinggi sebesar 72%

dengan Microsoft (MSFT). Visualisasi angka dan warna selain headmap juga dapat ditunjukkan dalam bentuk plotting, countour dan sebaran data historis seperti terlihat dalam Gambar 11.

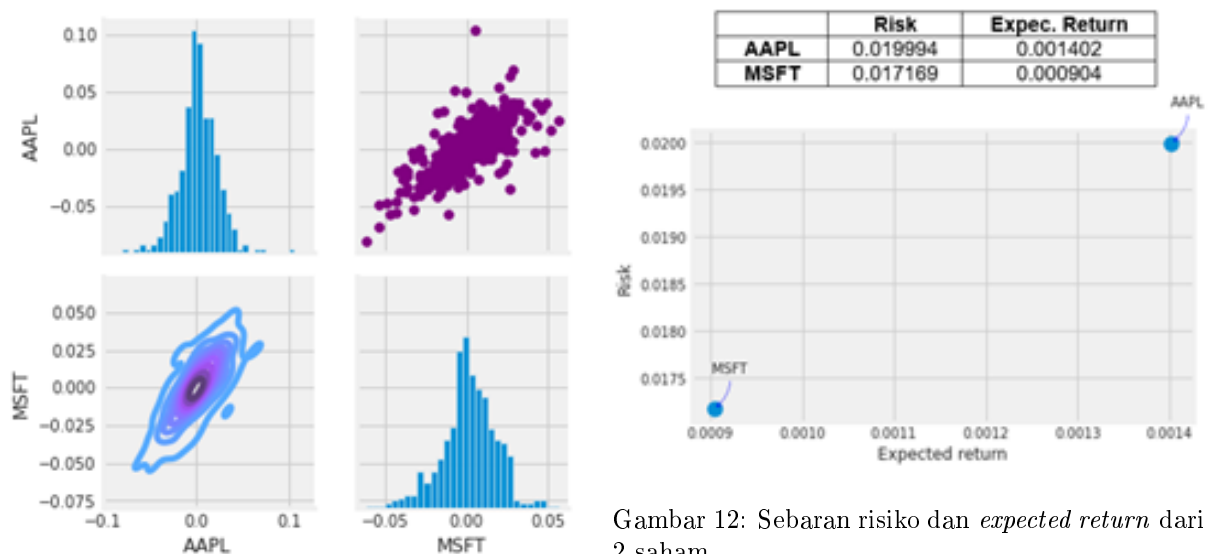
Hasil proses komputasi *return* harian dalam bentuk headmap plotting, countour dan sebaran distribusi ditunjukkan di Gambar 10 dan 11. Kombinasi plotting dan sebaran distribusi kedua saham (Gambar 11) menunjukkan bahwa Apple adalah saham dengan tingkat risiko lebih tinggi dari Microsoft. Visualisasi headmap juga dapat dilengkapi dengan countour yang lebih memperlihatkan luas sebaran data antara ke dua saham tersebut (Gambar 11). Tingkat kemiripan akan semakin tinggi jika trend plotting semakin dekat mendekati sudut 45.

Risiko Investasi dan *Expected Return*

Didalam pasar saham, para investor akan memilih saham dengan *return* tinggi dan risiko sekecil mungkin [18]. Walaupun dalam dunia bisnis umum berlaku semakin tinggi keuntungan yang diperoleh maka akan semakin besar pula risiko kerugian yang mungkin terjadi. *Expected return* menjadi salah satu faktor bagi para investor untuk mempertimbangkan berinvestasi dengan keberanian untuk mempertimbangkan risiko yang dihadapi [19].



Gambar 10: Korelasi Microsoft dan Apple



Gambar 12: Sebaran risiko dan *expected return* dari 2 saham

Gambar 11: Korelasi plotting, distribusi, countour untuk saham Apple dan Microsoft

Expected return dihitung berdasarkan nilai rata-rata dari *return* harian, sedangkan risiko ditentukan dari nilai standar deviasi (*std*) *return* harian dalam periode waktu tertentu. Hubungan antara risiko dan *expected return* diploting dalam bentuk visualisasi 2 dimensi (Gambar 12). Dari tabel dan visualisasi plotting kedua variable tersebut dapat dilihat dengan mudah, bahwa Apple adalah saham dengan nilai *expected* lebih tinggi dan lebih berisiko ketimbang saham Microsoft.

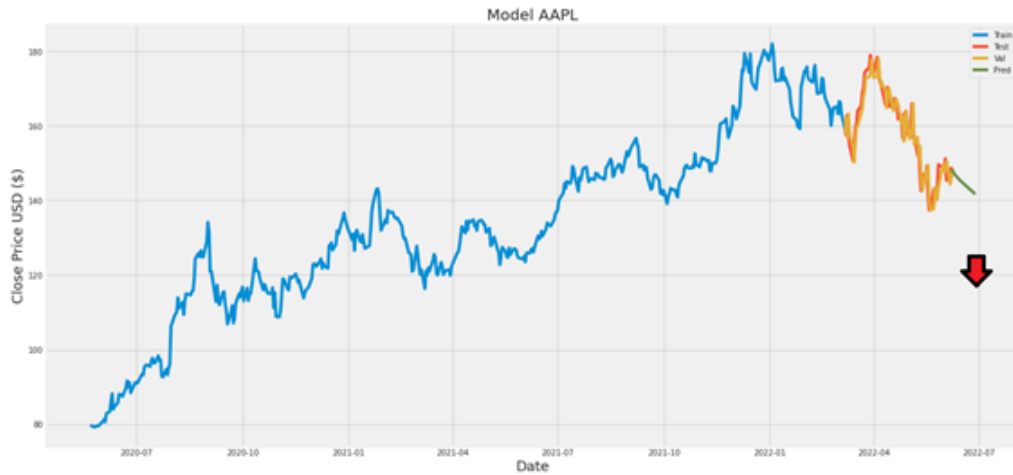
Prediksi LSTM (*Long Short Term Memory*)

Berawal ide pemikiran cara kerja jaringan syaraf otak sehingga terbentuk model komputasi sederhana yang hanya mampu menyelesaikan masalah berhubungan dengan linier regresi. Dilanjutkan dengan penambahan dan kombinasi model jaringan yang lebih kompleks lebih dikenal dengan nama Recurrent Neural Network (RNN). Model RNN dengan permasalahan yang timbul yaitu gradient yang semakin hilang (*vanishing gradient*) menyulitkan untuk pengelolaan data dengan tingkat ketengan-

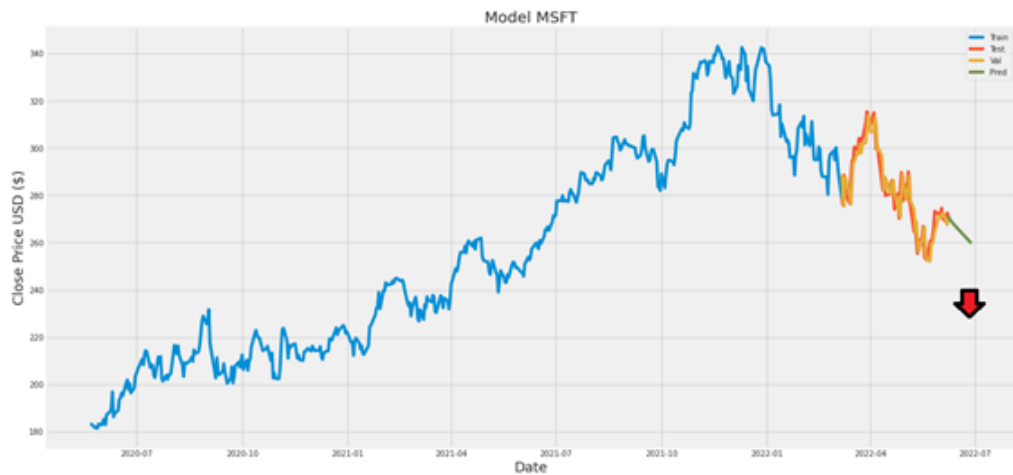
tungan yang panjang [20]. Akhirnya pengembangan selanjutnya terbentuk suatu model berbentuk sell dengan kombinasi node kompleks namun mampu menyimpan memory waktu dengan ketergantungan yang panjang [21].

Untuk model jaringan neural network dibuat 2 lapisan LSTM masing-masing 128 dan 64 node, 2 lapisan Dense masing-masing 25 dan 1 node output. Optimizer dipilih menggunakan ‘RMSprop’ serta pengukuran loss menggunakan

‘mean_squared_error’ (MSE). Data dibagi untuk proses training (80%) dan testing (20%), kemudian di fit ke model jaringan yang telah dibentuk sebelumnya. Hasil dari program untuk 2 saham terlihat dalam bentuk track grafik terhadap waktu (harian). Dari hasil grafik terlihat bahwa prediksi untuk waktu kedepan adalah turun untuk saham Apple (AAPL) Gambar 13, dan naik untuk saham Microsoft (MSFT) (Gambar 14).



Gambar 13: Prediksi AAPL



Gambar 14: Prediksi MSFT

Penutup

Investor harus dapat menghitung risiko investasi menjadi kemungkinan penyimpanan *return* secara aktual dari yang diharapkan. Hasil dari eksperimen ini dapat ditarik kesimpulan yaitu;

1. Dari grafik MA jangka pendek dan jangka panjang, 2 saham (AAPL, MSFT) mengalami tren penurunan mulai berkisar bulan Januari sampai dengan bulan Maret tahun 2022, naik lagi sampai bulan April kemudian cenderung terus mengalami penurunan.

2. Walaupun terjadi penurunan nilai saham, namun tidak terjadi perubahan volume penjualan yang signifikan untuk saham Apple, untuk Microsoft volume penjualan sangat tinggi terjadi di bulan Februari (9.107 lembar saham) dan bulan Mei (7.107 lembar saham) dari ke 2 saham tersebut.
3. Saham Apple dan Microsoft mempunyai tingkat kemiripan (korelasi) sebesar 72%. d. Dari analisa risiko dan *expected return*, diperoleh hasil saham Apple memiliki

risiko (0.019994) dan *expected return* terendah (0.001402) lebih tinggi dari saham Microsoft dengan risiko (0.017169) dan *expected return* (0.00904).

4. Grafik yang dihasilkan untuk prediksi waktu kedepan (*future*) menggunakan LSTM, diperkirakan Apple dan Microsoft masih akan mengalami penurunan harga saham.
5. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pendapat kedua dalam melakukan investasi risiko dalam berinvestasi saham. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode ML yang lain untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Daftar Pustaka

- [1] S. K. Chandar, "Convolutional neural network for stock trading using technical indicators", *Autom. Softw. Eng.*, vol. 29, no. 1, pp. 1–14, 2022.
- [2] Widi Hastomo, A.S.B. Karno, Sudjiran, Dodi Arif & Eka Sally Moreta, "Exploratory Data Analysis Untuk Analisa Data Belanja Pelanggan dan Pendapatan Bisnis Retail Fashion Dengan Bahasa Python", *Infotekmesin*, vol. 13, no. 2, 2022.
- [3] J. Wu, K. Xu, X. Chen, S. Li & Zhao, "Price graphs: Utilizing the structural information of financial time series for stock prediction", *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 588, pp. 405–424, 2022.
- [4] W. Hastomo, A. S. B. Karno, N. Kalbuana, E. Nisfiani, and Lussiana ETP, "Optimasi Deep Learning untuk Prediksi Saham di Masa Pandemi Covid-19", *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelit. Inform.)*, vol. 7, no. 2, pp. 133–140, 2021.
- [5] W. Hastomo and A. Satyo, "Long Short Term Memory Machine Learning Untuk Memprediksi Akurasi Nilai Tukar IDR Terhadap USD", *SeNTIK*, vol. 3, 2019.
- [6] H. T. Wong, "The impact of real exchange rates on real stock prices," *J. Econ. Financ. Adm. Sci.*, <https://doi.org/10.1108/JEFAS-03-2021-0011>, May 2022.
- [7] M.A. Ayadi, W.B. Omrane, J. Wang & R. Welch, "Senior official speech attributes and foreign exchange risk around business cycles", *Int. Rev. Financ. Anal.*, vol. 8, p. 102011, 2022.
- [8] S. Kayed & R. Meqbel, "Earnings management and tone management: Evidence from FTSE 350 companies", *J. Financ. Report. Account.*, 2022.
- [9] Wahyu Tri Rahmawati, "Wall Street Menguat pada Jumat (13/5), Masih Turun Dalam Sepekan Terakhir", *Investasi.kontan.co.id*, diakses daring pada <https://investasi.kontan.co.id/news/wall-street-menguat-pada-jumat-135-masih-turun-dalam-sepekan-terakhir>, 2022.
- [10] A. Andraini, "Saham Apple, Google hingga Tesla Babak Belur, Rp 101.500 T", *Finance.detik.com*, diakses daring pada <https://finance.detik.com/bursa-dan-valas/d-6075707/saham-apple-google-hingga-tesla-babak-belur-rp-101500-t-lenyap>, 2022.
- [11] A. Subasi, F. Amir, K. Bagedo, A. Shams and A. Sarirete, "Stock Market Prediction Using Machine Learning", *Procedia Comput. Sci.*, vol. 194, pp. 173–179, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.10.071>, 2021.
- [12] P. Chhajjer, M. Shah & A. Kshirsagar, "The applications of artificial neural networks, support vector machines, and long-short term memory for stock market prediction", *Decis. Anal. J.*, vol. 2, p. 100015, 2022.
- [13] A. Khattak, A. Khan, H. Ullah, M.U. Asghar, A. Arif, F.M. Kundi & M.Z. Asghar, "An efficient supervised machine learning technique for forecasting stock market trends. In *Information and Knowledge in Internet of Things*", Springer, Cham., pp. 143–162, 2022.
- [14] A.K. Srivastava, A. Srivastava, S. Singh, S. Sugandha & S. Gupta, "Design of Machine-Learning Classifier for Stock Market Prediction", *SN Computer Science*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [15] Anonym, "Apple Inc. (AAPL)", *finance.yahoo.com*, diakses daring pada <https://finance.yahoo.com/quote/AAPL?p=AAPL&.tsrc=fin-srch>, 2022.
- [16] Anonym, "Microsoft Corporation (MSFT)", *finance.yahoo.com*, diakses daring pada <https://finance.yahoo.com/quote/MSFT?p=MSFT&.tsrc=fin-srch>, 2022.
- [17] W. Hastomo and A. Satyo, "Kemampuan Long Short Term Memory Machine", *SeNTIK*, vol. 4, no. September, pp. 229–236, 2020.
- [18] X. Gong, L. Min & C. Yu, "Multi-period portfolio selection under the coherent fuzzy environment with dynamic risk-tolerance and expected-*return* levels", *Appl. Soft Comput.*, vol. 114, p. 108104, 2022.
- [19] M. Zhang, Y. Tang, L. Liu & D. Zhou, "Optimal investment portfolio strategies for power

enterprises under multi-policy scenarios of renewable energy”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 154, no. 111879, 2022.

- [20] A. S. B. Karno, “Analisis Data Time Series Menggunakan LSTM (Long Short Term Memory) Dan ARIMA (Autocorrelation Integrated Moving Average) Dalam Bahasa Python”, *Ulitim. InfoSys J. Ilmu Sist. Inf.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [21] A. S. B. Karno, W. Hastomo, D. Arif & E.S Moreta, “Optimasi Portofolio Dan Prediksi Cryptocurrency Menggunakan Deep Learning Dalam Bahasa Python”, *Pros. SeNTIK*, vol. 4, no. 1, pp. 193–202, 2020.