

EVALUASI KINERJA PORTOFOLIO SAHAM OPTIMAL DENGAN *LONG SHORT-TERM MEMORY* BERBASIS MODEL MARKOWITZ PADA INDEKS SMINFRA18

Annisa Fitriani¹, Bandar Anzari², Muhammad Rafli³, Fauzan Ismail Mulyadi⁴, Embay Rohaeti^{5§}

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pakuan [Email: afitriani782@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pakuan [Email: 064123002@student.unpak.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pakuan [Email: rafahg2606@gmail.com]

⁴Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pakuan [Email: fauzanismailmulyadi@gmail.com]

⁵Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Pakuan [Email: embay.rohaeti@unpak.ac.id]

§Corresponding Author

ABSTRACT

This study aims to determine the optimal stock portfolio within the SMinfra18 index using the Markowitz model and forecast the dominant stock price using the Long Short-Term Memory (LSTM) method. Monthly closing prices of 18 SMinfra18 stocks from January 2024 to December 2025 were analyzed. The study consisted of three main stages: (1) calculating stock returns and selecting stocks with positive expected returns; (2) optimizing the portfolio using the Markowitz model to construct an Equal Weight Portfolio, a Minimum Variance Portfolio, and an Optimal Portfolio based on the maximum Sharpe Ratio; and (3) forecasting the dominant stock price using LSTM. Seven stocks met the selection criteria: WIFI, SSIA, PGAS, UNTR, ELSA, MEDC, and PGEO. The optimal portfolio achieved a monthly expected return of 5.04% with a risk of 6.26% and a Sharpe Ratio of 0.8044, comprising UNTR (37.50%), PGAS (29.85%), SSIA (13.92%), WIFI (12.51%), and ELSA (6.21%). The LSTM model achieved a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 1.36%, while a 5-day forecast for UNTR indicated stable prices between Rp 29,421.87 and Rp 29,371.21. These results demonstrate the effectiveness of integrating the Markowitz model and LSTM for portfolio optimization and stock price forecasting.

Keywords: Portfolio optimization, Markowitz model, Long Short-Term Memory, SMinfra18, Sharpe Ratio

1. PENDAHULUAN

Pasar modal merupakan instrumen penting dalam pertumbuhan ekonomi melalui penghimpunan dan penyaluran dana melalui instrumen saham, yang menawarkan potensi keuntungan tinggi namun disertai risiko akibat fluktuasi harga (Chaweewanchon & Chaysiri, 2022). Kondisi ini menjadikan strategi alokasi dana yang tepat sebagai kebutuhan mendasar bagi investor. Hubungan antara *return* dan risiko dipertimbangkan dalam model Markowitz melalui analisis varians dan kovarians sehingga portofolio yang efisien dapat dibentuk. Indeks SMinfra18 di Bursa Efek Indonesia (BEI) yang terdiri atas perusahaan sektor infrastruktur dengan tingkat likuiditas dan kapitalisasi pasar yang tinggi menjadi objek relevan dalam penelitian ini, mengingat investor memerlukan tidak hanya komposisi portofolio optimal, tetapi juga proyeksi pergerakan harga saham pada

periode mendatang (PT SMI, 2024).

Efektivitas model Markowitz dalam pembentukan portofolio efisien telah dibuktikan oleh berbagai penelitian di Indonesia. Model Markowitz diterapkan oleh Anggraeni (2022) pada saham IDX80 sehingga diperoleh kombinasi saham dengan *return* optimal dan risiko lebih rendah. Model Markowitz diterapkan oleh Widyarimbi, et al. (2024) pada IDX-PEFINDO Prime Bank. Model Markowitz diterapkan oleh Riski dan Sulistianingsih (2024) pada saham perbankan LQ45. Model Markowitz diterapkan oleh Bahar, et al. (2024) pada perusahaan manufaktur BEI. Kombinasi saham yang lebih unggul dibandingkan investasi saham tunggal dihasilkan secara konsisten oleh model Markowitz pada penelitian tersebut.

Pemanfaatan metode *deep learning*, khususnya *Long Short-Term Memory* (LSTM)

sebagai pengembangan *Recurrent Neural Network* (RNN), didorong oleh perkembangan komputasi. Informasi jangka panjang dapat disimpan dan pola nonlinier pada data deret waktu dapat ditangkap oleh metode tersebut. Model Indeks Tunggal dikombinasikan dengan LSTM oleh Aeni, et al. (2026) sehingga diperoleh MAPE sebesar 4,23%. *Return* yang lebih tinggi dibandingkan portofolio acak dihasilkan oleh portofolio berbasis prediksi LSTM, sebagaimana dibuktikan oleh Nurmawati, et al. (2025). Akurasi tinggi dalam peramalan harga saham ditunjukkan oleh model LSTM melalui variasi *timestep* yang dioptimalkan, sebagaimana ditunjukkan oleh Kurniansyah, et al. (2025), sehingga model tersebut dapat diandalkan sebagai alat bantu pengambilan keputusan investasi. Penelitian yang mengintegrasikan model Markowitz dan LSTM secara khusus pada Indeks SMinfra18 masih terbatas, sehingga penggabungan kedua pendekatan tersebut dilakukan pada penelitian ini untuk menghasilkan rekomendasi investasi yang komprehensif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Variabel Penelitian

Penelitian menggunakan harga penutupan bulanan (*closing price*) 18 saham dalam indeks SMinfra18 periode Januari 2024 hingga Desember 2025 (PT SMI, 2024). Variabel turunan meliputi imbal hasil saham individu dan matriks kovarians antarsaham. Penelitian menerapkan tiga jenis portofolio: (1) *Equal weight Portfolio* dengan alokasi bobot merata; (2) *Minimum Variance Portfolio* (MVP) yang meminimalkan risiko; dan (3) *Optimal Portfolio* berdasarkan maksimasi *Sharpe Ratio*.

2.2 Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan bertujuan untuk meramalkan harga portofolio saham optimal dari indeks SMinfra18 menggunakan arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) berdasarkan optimasi portofolio model Markowitz (Aeni et al., 2026)(Luthfi et al., 2024). Prosedur penelitian terdiri atas tiga tahapan utama sebagai berikut.

2.2.1 Tahap Pengumpulan Data dan Perhitungan Awal

Tahap ini mencakup pengumpulan data harga penutupan bulanan saham-saham dalam indeks SMinfra18, perhitungan *return* saham individu, serta perhitungan matriks kovarians antarsaham untuk memenuhi asumsi dasar model Markowitz (Luthfi et al., 2024).

2.2.2 Tahap Optimasi Portofolio Menggunakan Model Markowitz

Model Markowitz dirumuskan untuk meminimalkan varians portofolio pada *Expected Return* tertentu, dengan kendala total bobot investasi bernilai satu dan tidak memperbolehkan *short selling* (Aeni et al., 2026)(Luthfi et al., 2024). Dari proses ini, diperoleh portofolio optimal beserta deret waktu harga portofolio berdasarkan bobot optimal tersebut (Luthfi et al., 2024).

2.2.3 Tahap Perancangan dan Pelatihan Metode LSTM

Arsitektur LSTM terdiri atas tiga gerbang utama, yaitu *forget gate*, *input gate*, dan *output gate*, dengan *cell state* dan *hidden state* yang diperbarui pada setiap langkah waktu (Fitrinanda & Djunaidy, 2022)(Akil & Chaidir, 2022). Data harga portofolio dibagi menjadi data latih (*training set*) dan data uji (*testing set*) dengan rasio 75:25 (Rosyd et al., 2024)(Budiprasetyo et al., 2022). Model dibangun dengan lapisan *input*, satu lapisan *hidden* LSTM, lapisan *dropout* untuk mencegah *overfitting*, dan lapisan *dense output*, menggunakan *optimizer* Adam dengan fungsi *loss* *Mean Squared Error* (Rosyd et al., 2024)(Fathoni et al., 2025)(Fitrinanda & Djunaidy, 2022)(Akil & Chaidir, 2022).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Markowitz

Pemodelan Markowitz diterapkan sebagai kerangka utama pembentukan portofolio optimal berbasis kuantitatif, mencakup tahapan: perhitungan *return* dan *Expected Return*, seleksi saham, pengukuran risiko, penyusunan matriks kovarians dan korelasi, serta pembentukan tiga jenis portofolio (*equal weight*, MVP, dan optimal berdasarkan Maximum *Sharpe Ratio*). Data berupa harga penutupan bulanan 18 saham SMinfra18 periode Januari 2024–Desember 2025, dengan optimasi diselesaikan

menggunakan metode SLSQP berkendala bobot positif dan jumlah bobot sama dengan satu.

3.1.1 Perhitungan *Return* Saham

Tahap pertama adalah menghitung *return* bulanan masing-masing saham menggunakan data harga penutupan periode Januari 2024 hingga Desember 2025. *Return* saham dihitung menggunakan persamaan:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (1)$$

Pada persamaan tersebut, R_t adalah *return* saham i pada periode t , P_t adalah harga penutupan pada periode t , dan P_{t-1} adalah harga penutupan pada periode sebelumnya. Sebagai ilustrasi, data harga penutupan saham PT Solusi Sinergi Digital Tbk (WIFI) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Harga Penutupan Saham WIFI Periode Januari 2024 – Desember 2025

Tanggal	Harga (Rp)	Tanggal	Harga (Rp)
01/01/2024	153	01/01/2025	1.225
02/01/2024	137	02/01/2025	2.380
03/01/2024	133	03/01/2025	1.800
...	...	...	...
10/01/2024	374	10/01/2025	3.070
11/01/2024	430	11/01/2025	3.730
12/01/2024	410	12/01/2025	3.250

Berdasarkan Tabel 1, harga saham WIFI menunjukkan fluktuasi signifikan, terutama lonjakan dari Rp 410 menjadi Rp 1.225 pada Desember 2024, mencerminkan volatilitas tinggi. Perhitungan *return* bulanan WIFI selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan *Return* Bulanan Saham WIFI

Tanggal	R_{it}	Tanggal	R_{it}
01/01/2024	0	01/01/2025	1,9878
02/01/2024	-0,1045	02/01/2025	0,9429
03/01/2024	-0,0292	03/01/2025	-0,2437
⋮	⋮	⋮	⋮
10/01/2024	0,4060	10/01/2025	0,0925
11/01/2024	0,1497	11/01/2025	0,2150
12/01/2024	-0,0465	12/01/2025	-0,1287

Berdasarkan Tabel 2, saham WIFI menghasilkan total *return* kumulatif sebesar 4,5312 selama 23 periode, dengan *return* tertinggi 1,9878 pada Januari 2025 akibat lonjakan harga dari Rp 410 menjadi Rp 1.225. Rekapitulasi *Expected Return* seluruh

18 saham disajikan pada Tabel 3.

3.1.2 Perhitungan *Expected Return*

Expected Return saham dihitung sebagai rata-rata dari seluruh *return* historis menggunakan persamaan:

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_{it} \quad (2)$$

Notasi μ_i menyatakan *Expected Return* saham i dan n adalah jumlah periode pengamatan ($n = 23$). Sebagai contoh, *Expected Return* saham WIFI dihitung sebagai berikut:

$$\mu_i = \frac{4,5312}{23} = 0,1970 \quad (3)$$

Hasil perhitungan *return* dan *Expected Return* seluruh 18 saham disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Return* Total dan *Expected Return* Seluruh 18 Saham

Saham	Σreturn	μ_i
MIKA	-0,074035	-0,003219
ISAT	-0,620471	-0,026977
AKRA	-0,181930	-0,007910
ELSA	0,267697	0,011639
MEDC	0,157435	0,006845
SMGR	-0,717761	-0,031207
UNTR	0,299199	0,013009
BBNI	-0,200330	-0,008710
BBRI	-0,319356	-0,013885
SSIA	2,126208	0,092444
TOWR	-0,312961	-0,013607
PGEO	0,009315	0,000405
WIFI	4,531220	0,197010
INTP	-0,021620	-0,000940
JSMR	-0,322010	-0,014000
PGAS	0,557900	0,024257
BMRI	-0,173328	-0,007536
TLKM	-0,076505	-0,003327

Berdasarkan Tabel 3, saham WIFI memiliki *Expected Return* tertinggi sebesar 0,1970 (19,70%), diikuti SSIA sebesar 0,0924 (9,24%). Sebelas saham menunjukkan *Expected Return* bernilai negatif, yaitu MIKA, ISAT, TOWR, AKRA, INTP, SMGR, JSMR, BBNI, BMRI, BBRI, dan TLKM. Saham dengan *Expected Return* negatif secara historis merugikan investor sehingga tidak diikutsertakan dalam proses optimasi lebih lanjut.

3.1.3 Seleksi Saham Berdasarkan Expected Return

Seleksi dilakukan dengan menyaring saham yang memiliki *Expected Return* positif ($\mu_i > 0$). Saham dengan $\mu_i \leq 0$ tidak diikutsertakan karena tidak memberikan keuntungan rata-rata. Dari 18 saham, terdapat 7 saham yang lolos sebagaimana Tabel 4.

Tabel 4. Saham dengan *Expected Return* Positif

No	Saham	<i>Expected Return</i> (μ_i)
1	SSIA	0,092444
2	PGEO	0,000405
3	ELSA	0,011639
4	WIFI	0,197010
5	MEDC	0,006845
6	UNTR	0,013009
7	PGAS	0,024257

Berdasarkan Tabel 4, WIFI memiliki *Expected Return* tertinggi (19,70%) dan PGEO terendah (0,04%). Ketujuh saham ini digunakan sebagai input pembentukan portofolio model Markowitz.

3.1.4 Perhitungan Standar Deviasi dan Variansi

Risiko saham diukur menggunakan standar deviasi yang dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum \frac{(R_{it} - \mu_i)^2}{(n-1)}} \quad (4)$$

Sebagai contoh, standar deviasi saham WIFI dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_{WIFI}^2 = \frac{4,632974}{22} = 0,210590$$

Tabel 6. Matriks Kovarians

$Cov_{(i,j)}$	SSIA	PGEO	ELSA	WIFI	MEDC	UNTR	PGAS
SSIA	0.07167	0.00912	-0.00104	-0.03937	0.00664	0.00308	0.00352
PGEO	0.00912	0.01717	0.00396	-0.00096	0.00485	0.00067	0.00178
ELSA	-0.00104	0.00396	0.00479	-0.00326	0.00089	0.00220	0.00111
WIFI	-0.03937	-0.00096	-0.00326	0.21059	-0.00823	-0.01077	-0.00433
MEDC	0.00664	0.00485	0.00089	-0.00823	0.00555	0.00110	0.00149
UNTR	0.00308	0.00067	0.00220	-0.01077	0.00110	0.00434	0.00055
PGAS	0.00352	0.00178	0.00111	-0.00433	0.00149	0.00055	0.00557

Berdasarkan Tabel 6, WIFI menunjukkan kovarians negatif dengan seluruh saham lainnya, mengindikasikan bahwa pergerakan harganya cenderung berlawanan arah, sehingga memberikan manfaat diversifikasi yang signifikan dalam portofolio.

$$\sigma_{WIFI} = \sqrt{0,210590} = 0,458901$$

Hasil perhitungan standar deviasi dan variansi ketujuh saham terpilih disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Standar Deviasi dan Variansi

No	Saham	μ_i	σ_i	σ_i^2
1	SSIA	0,092444	0,267721	0,071675
2	PGEO	0,000405	0,131067	0,017178
3	ELSA	0,011639	0,069276	0,004799
4	WIFI	0,197010	0,458901	0,210590
5	MEDC	0,006845	0,074500	0,005550
6	UNTR	0,013009	0,065892	0,004342
7	PGAS	0,024257	0,074630	0,005570

Berdasarkan Tabel 5, WIFI memiliki standar deviasi tertinggi (0,458901) mencerminkan volatilitas paling tinggi, sedangkan UNTR memiliki standar deviasi terendah (0,065892) yang mencerminkan kestabilan harga terbaik.

3.1.5 Matriks Kovarians

Matriks kovarians antarsaham dihitung menggunakan persamaan:

$$Cov_{(i,j)} = \sigma_{ij} = \left(\frac{1}{n-1}\right) \times \sum (R_{it} - \mu_i)(R_{jt} - \mu_j) \quad (5)$$

Matriks kovarians 7×7 ketujuh saham terpilih disajikan pada Tabel 6. Nilai diagonal (tebal) merupakan variansi masing-masing saham, sedangkan nilai luar diagonal merupakan kovarians antarsaham.

3.1.6 Matriks Korelasi

Matriks korelasi dihitung sebagai standarisasi dari kovarians menggunakan persamaan:

$$\rho_{(i,j)} = \frac{Cov_{(i,j)}}{(\sigma_i \times \sigma_j)} \quad (6)$$

Nilai korelasi berkisar antara -1 hingga

+1; nilai mendekati -1 menguntungkan diversifikasi karena menunjukkan hubungan berlawanan arah. Matriks korelasi

antarsaham disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks Korelasi

$\rho_{(i,j)}$	SSIA	PGEO	ELSA	WIFI	MEDC	UNTR	PGAS
SSIA	1.0000	0.2600	-0.0563	-0.3205	0.3330	0.1750	0.1765
PGEO	0.2600	1.0000	0.4361	-0.0161	0.4972	0.0784	0.1824
ELSA	-0.0563	0.4361	1.0000	-0.1027	0.1735	0.4834	0.2165
WIFI	-0.3205	-0.0161	-0.1027	1.0000	-0.2408	-0.3563	-0.1266
MEDC	0.3330	0.4972	0.1735	-0.2408	1.0000	0.2256	0.2686
UNTR	0.1750	0.0784	0.4834	-0.3563	0.2256	1.0000	0.1127
PGAS	0.1765	0.1824	0.2165	-0.1266	0.2686	0.1127	1.0000

Berdasarkan Tabel 7, korelasi negatif terbesar terjadi antara WIFI-UNTR (-0,3563) dan WIFI-SSIA (-0,3205), sedangkan korelasi positif tertinggi antara PGEO-MEDC (0,4972) dan ELSA-UNTR (0,4834).

3.1.7 Portofolio *Equal weight*

Portofolio *equal weight* dibentuk sebagai *benchmark* dengan bobot merata $w_i = \frac{1}{7} = 0,142857$ pada setiap saham.

$$E(R_p) = \sum W_i \times \mu_i = w^T \mu \quad (7)$$

Sedangkan variansi portofolio dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma_p^2 = w^T \sum w = \sum_i \sum_j w_i w_j \sigma_{ij} \quad (8)$$

Hasil perhitungan portofolio *equal weight* disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Bobot Portofolio *Equal Weight*

No	Saham	w_i	μ_i	$W_i \times \mu_i$	σ_i	σ_i^2	$w_i^2 \times \sigma_i^2$
1	SSIA	0,142857	0,092444	0,013206	0,267721	0,071675	0,001463
2	PGEO	0,142857	0,000405	0,000058	0,131067	0,017179	0,000351
3	ELSA	0,142857	0,011639	0,001663	0,069276	0,004799	0,000098
4	WIFI	0,142857	0,197010	0,028144	0,458901	0,210590	0,004298
5	MEDC	0,142857	0,006845	0,000978	0,074500	0,005550	0,000113
6	UNTR	0,142857	0,013009	0,001858	0,065892	0,004342	0,000089
7	PGAS	0,142857	0,024257	0,003465	0,074630	0,005570	0,000114
TOTAL		1,000000		0,049373			

Berdasarkan Tabel 8, portofolio *equal weight* menghasilkan *Expected Return* 4,9373% per bulan, risiko $\sigma_p = 7,3649\%$, dan *Sharpe Ratio* 0,6704 sebagai acuan efisiensi sebelum optimasi.

3.1.8 Minimum Variance Portfolio (MVP)

Minimum Variance Portfolio (MVP) meminimalkan standar deviasi portofolio dengan kendala $\sum w_i = 1$ dan $w_i \geq 0$, diselesaikan menggunakan metode SLSQP.

$$\min \sigma_p = \sqrt{(w^T \Sigma w)} \quad (9)$$

Tabel 9. Hasil Bobot *Minimum Variance Portfolio* (MVP)

No	Saham	Bobot EW	Bobot MVP (W_i^*)	$w_i^* \times \mu_i$	$w_i^* \times \sigma_i$	$w_i^{*2} \times \sigma_i^2$
1	SSIA	0,142857	0,003123	0,000289	0,000836	0,000001
2	ELSA	0,142857	0,142989	0,001664	0,009906	0,000098
3	WIFI	0,142857	0,043078	0,008487	0,019769	0,000391
4	MEDC	0,142857	0,226685	0,001552	0,016888	0,000285
5	UNTR	0,142857	0,356733	0,004641	0,023506	0,000553
6	PGAS	0,142857	0,227393	0,005516	0,016970	0,000288
TOTAL		1,000000	0,022148	0,042273	0,001787	

Berdasarkan Tabel 9, MVP menghasilkan *Expected Return* 2,2148% dengan risiko minimum $\sigma_p = 4,2273\%$, turun 42,6% dibandingkan *equal weight*. PGEO dikeluarkan (bobot = 0) karena *Expected Return* sangat kecil tidak sebanding risikonya. UNTR mendapat bobot terbesar (35,67%) karena standar deviasi terendah. MVP cocok untuk investor dengan profil risiko sangat konservatif.

3.1.9 Portofolio Optimal (*Maximum Sharpe Ratio*)

Portofolio optimal ditentukan berdasarkan *Sharpe Ratio* tertinggi dengan *risk-free rate* = 0, kendala $\sum w_i = 1$ dan $w_i \geq 0$.

$$\max SR = \frac{E(R_p)}{\sigma_p} = \frac{w^T \mu}{\sqrt{(w^T \Sigma w)}} \quad (10)$$

dengan $R_p = 0$ (*risk-free rate* diabaikan), kendala $\sum w_i = 1$ dan $w_i \geq 0$. Hasil bobot portofolio optimal disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Bobot Portofolio Optimal (*Maximum Sharpe Ratio*)

No	Saham	Bobot EW	Bobot Optimal (W_i^*)	$w_i^* \times \mu_i$	$w_i^* \times \sigma_i$	$w_i^{*2} \times \sigma_i^2$
1	SSIA	0,142857	0,139200	0,012868	0,037267	0,001389
2	ELSA	0,142857	0,062121	0,000723	0,004303	0,000019
3	WIFI	0,142857	0,125137	0,024653	0,057425	0,003298
4	UNTR	0,142857	0,375047	0,004879	0,024713	0,000611
5	PGAS	0,142857	0,298496	0,007241	0,022277	0,000496
TOTAL		1,000000	0,050364	0,062610	0,003920	

Berdasarkan Tabel 10, portofolio optimal menghasilkan *Expected Return* 5,0364% per bulan, risiko $\sigma_p = 6,2610\%$, dan *Sharpe Ratio* tertinggi 0,8044. UNTR mendominasi (37,50%) karena risiko terendah dengan *return* stabil, diikuti PGAS (29,85%), SSIA (13,92%), WIFI (12,51%), dan ELSA (6,21%). MEDC dikeluarkan karena tidak meningkatkan *Sharpe Ratio* keseluruhan.

3.1.10 *Sharpe Ratio* dan Perbandingan Portofolio

Sharpe Ratio individual masing-masing saham terpilih dihitung menggunakan persamaan:

$$SR_i = \frac{\mu_i}{\sigma_i} \quad (11)$$

Hasil perhitungan *Sharpe Ratio* individual disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. *Sharpe Ratio* Individual

No	Saham	SR_i	Rank	Kategori
1	WIFI	0,4293	1	Sangat Baik
2	SSIA	0,3453	2	Sangat Baik
3	PGAS	0,3250	3	Sangat Baik
4	UNTR	0,1974	4	Baik
5	ELSA	0,1680	5	Baik

Berdasarkan Tabel 11, WIFI memiliki *Sharpe Ratio* individual tertinggi (0,4293), diikuti SSIA (0,3453) dan PGAS (0,3250). Meskipun demikian, bobot portofolio ditentukan oleh optimasi Markowitz yang memperhitungkan interaksi kovarians, bukan *Sharpe Ratio* individual semata.

Tabel 12. Perbandingan Kinerja Tiga Tipe Portofolio

Portofolio	$E(R_p)$	σ_p	σ_p^2	Sharpe Ratio	Jumlah Saham
Equal weight	0,049373	0,073649	0,006424	0,6704	7
Minimum Variance (MVP)	0,022148	0,042273	0,001787	0,5239	6
Optimal (Max SR)	0,050364	0,062610	0,003920	0,8044	5

Berdasarkan Tabel 12, portofolio optimal (Maximum Sharpe Ratio) menghasilkan Sharpe Ratio 0,8044, meningkat 19,96% dibandingkan equal weight (0,6704) dan 53,61% dibandingkan MVP (0,5239). Hal ini membuktikan diversifikasi melalui model Markowitz mampu meningkatkan efisiensi investasi secara signifikan.

3.2. Peramalan Long Short-Term Memory (LSTM)

Saham UNTR dipilih sebagai objek

peramalan LSTM karena memiliki bobot terbesar dalam portofolio optimal (37,50%). LSTM dipilih karena kemampuannya menangkap ketergantungan jangka panjang pada data deret waktu nonlinier.

3.2.1 Pemodelan LSTM

Data harga penutupan harian UNTR periode 2 Januari 2024 hingga 30 Desember 2025 berjumlah 473 data perdagangan. Pergerakan harga dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pergerakan Harga Penutupan Saham UNTR Periode Januari 2024 – Desember 2025

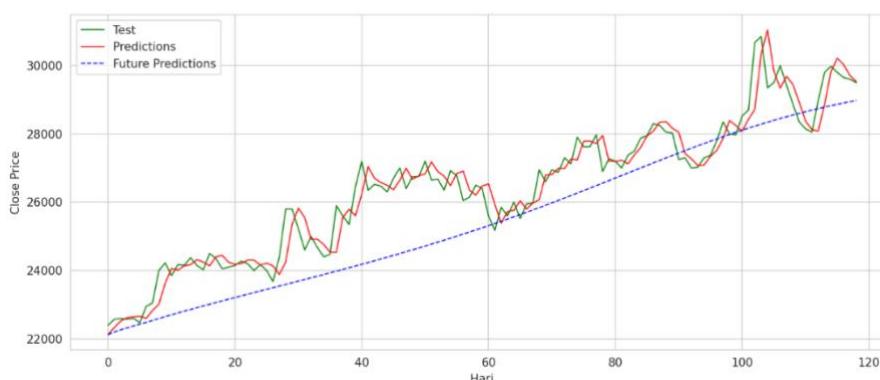
Data diproses menggunakan sekuens *timestep* 10 hari, menghasilkan 463 sampel, yang kemudian dibagi dengan rasio 75:25 untuk data latih dan uji.

Model Sequential dibangun dengan satu lapisan LSTM (50 neuron) dan Dense (1 neuron), dioptimasi menggunakan Adam Optimizer (*learning rate* 0,001), *batch size* 16, dan fungsi *loss Mean Squared Error*.

Pelatihan dibatasi 100 *epoch* dengan Early Stopping (*patience* 10) untuk mencegah *overfitting*. Kurva *loss training* dan validasi menurun stabil dan konvergen tanpa indikasi *overfitting*.

3.2.2 Evaluasi Peramalan LSTM

Keandalan model diuji menggunakan data uji. Perbandingan harga aktual dan hasil prediksi LSTM ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Harga Aktual dan Prediksi LSTM Saham UNTR pada Data Uji

Berdasarkan Gambar 2, kurva harga prediksi mengikuti pergerakan harga aktual dengan cukup rapat sepanjang periode pengujian, yang menunjukkan bahwa model berhasil menangkap pola tren data uji tanpa mengalami *overfitting*. Selain itu, garis putus-putus berwarna biru yang merupakan *Future Predictions* mengonfirmasi bahwa secara umum, arah harga penutupan (*Close Price*) diproyeksikan terus meningkat.

Tabel 13. Hasil Akurasi Data *Testing*

Metrik	Nilai
RMSE	505,47
MAE	362,07
MAPE	1,36%

Berdasarkan Tabel 13, model LSTM menghasilkan RMSE 505,47, MAE 362,07, dan MAPE 1,36%, yang termasuk kategori akurasi sangat baik dalam memprediksi harga saham UNTR.

Tabel 14. Perbandingan Harga Aktual Dan Prediksi LSTM Saham UNTR Pada Data Uji

Tanggal	Data Aktual (Rp)	Prediksi LSTM (Rp)
11-07-2025	22.400	22.128,10
14-07-2025	22.575	22.339,60
...	...	...
29-12-2025	29.600	29.709,37
30-12-2025	29.500	29.530,52

Berdasarkan Tabel 14, model LSTM menghasilkan prediksi harga yang relatif mendekati harga aktual UNTR sepanjang periode pengujian. Pada tanggal 11-07-2025, harga aktual sebesar Rp 22.400 diprediksi sebesar Rp 22.128,10, sedangkan pada tanggal 30-12-2025, harga aktual sebesar Rp 29.500 diprediksi sebesar Rp 29.530,52, dengan deviasi keduanya berada di bawah 1,5%. Hasil ini mengonfirmasi bahwa model LSTM mampu mengikuti pergerakan harga aktual secara konsisten, sejalan dengan nilai MAPE sebesar 1,36% yang diperoleh pada Tabel 13.

3.2.3 Peramalan 5 Hari Kedepan

Setelah model terbukti akurat, model digunakan untuk memproyeksikan harga UNTR 5 hari bursa ke depan setelah 30 Desember 2025. Hasil peramalan disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Peramalan Harga Saham UNTR

Periode	Prediksi Harga (Rp)
Hari ke-1	29.421,87
Hari ke-2	29.364,84
Hari ke-3	29.340,38
Hari ke-4	29.347,30
Hari ke-5	29.371,21

Berdasarkan Tabel 15, proyeksi harga UNTR mengindikasikan pergerakan yang relatif stabil pada kisaran Rp 29.300 – Rp 29.420, dengan sedikit pelemahan pada hari ke-2 hingga ke-3 sebelum pulih ke Rp 29.371,21, memberikan sinyal *sideways* yang dapat dijadikan dasar strategi mitigasi risiko.

3.2.1 Evaluasi Kinerja Secara Keseluruhan

Dari sisi optimasi, model Markowitz menghasilkan portofolio optimal dengan *Sharpe Ratio* 0,8044, *Expected Return* 5,04% per bulan, dan risiko 6,26%, melampaui portofolio *equal weight* (SR 0,6704) maupun MVP (SR 0,5239). Dari sisi peramalan, model LSTM pada saham UNTR menghasilkan MAPE 1,36%, tergolong akurasi sangat baik. Kombinasi kedua pendekatan terbukti sebagai kerangka analisis yang saling melengkapi dan komprehensif dalam mendukung pengambilan keputusan investasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menentukan portofolio saham optimal pada Indeks SMinfra18 menggunakan model Markowitz. Dari 18 saham yang dianalisis, 7 saham dengan *Expected Return* positif menjadi kandidat portofolio. Portofolio optimal berdasarkan *Sharpe Ratio* tertinggi terdiri atas UNTR (37,50%), PGAS (29,85%), SSIA (13,92%), WIFI (12,51%), dan ELSA (6,21%), dengan *Expected Return* 5,04% per bulan, risiko 6,26%, dan *Sharpe Ratio* 0,8044 lebih unggul dibandingkan portofolio *equal weight* maupun MVP.

Peramalan LSTM terhadap saham UNTR menghasilkan MAPE 1,36% pada data uji, menunjukkan akurasi peramalan yang sangat baik. Proyeksi 5 hari ke depan mengindikasikan pergerakan harga stabil pada kisaran Rp 29.300 – Rp 29.420. Kombinasi model Markowitz dan LSTM dapat dimanfaatkan sebagai kerangka analisis komprehensif untuk memitigasi risiko

dan mendukung pengambilan keputusan investasi yang terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeni, K., E. Rohaeti, M. Widyastiti. 2026. Model Indeks Tunggal dalam Optimalisasi Portofolio Saham dan *Long Short Term Memory* dalam Peramalan Harga Saham Optimal. KUBIK: Jurnal Publikasi Ilmiah Matematika 10(2), p.43-53.
- Akil, I., I. Chaidir. 2022. Prediksi Harga Saham Twitter dengan *Long Short-Term Memory Recurrent Neural Network*. INTI Nusa Mandiri 17(1), p.1-7.
- Anggraeni, A.W. 2022. Optimasi Portofolio pada Saham Indeks IDX80 di Bursa Efek Indonesia dengan Menggunakan Model Markowitz sebagai Dasar Penetapan Investasi. Jurnal Ilmiah Edunomika 7(1).
- Bahar, N., P.P. Octavia, R.A. Khasanah, R. Amaliah. 2024. Optimalisasi Portofolio Saham dengan Model Markowitz pada Perusahaan Manufaktur di Bursa Efek Indonesia Periode Agustus 2023–Juli 2024. Journal of Mathematics, Statistics and Applications 1(1), p.52-59.
- Budiprasetyo, G., M. Hani, D.Z. Aflah. 2022. Prediksi Harga Saham Syariah Menggunakan Algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM). Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi 8(3), p.164-172.
- Chaweewanchon, A. dan R. Chaysiri. 2022. Markowitz Mean-Variance Portfolio Optimization with Predictive Stock Selection Using Machine Learning. *International Journal of Financial Studies* 10(3), p.64.
- Fathoni, Ibrahim, A. Septiana, A.R. Putri, T. Ispahan, W.S. Maharani. 2025. Analisis Prediksi Harga Saham pada Perusahaan T Menggunakan Kombinasi CNN-LSTM. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika) 9(4), p.6669-6675.
- Fitrinanda, G., A. Djunaidy. 2022. Peramalan Harga Saham PT Adaro Energy Indonesia Tbk yang Mempertimbangkan Faktor Kurs Dolar Amerika Menggunakan Bidirectional *Long-Short Term Memory*. Jurnal Teknik ITS 11(3), p.A169-A176.
- Kurniansyah, J., S.K. Gusti, F. Yanto, M. Affandes. 2025. Implementasi Model *Long Short Term Memory* (LSTM) dalam Prediksi Harga Saham. Bulletin of Information Technology (BIT) 6(2).
- Luthfi, M., R. Iknas, Nurwahidah. 2024. Perbandingan Metode Markowitz dengan Metode Gini dalam Penentuan Portofolio Optimal pada Indeks Harga Saham LQ45. Jurnal MSA (Matematika dan Statistika Serta Aplikasinya) 12(1), p.69-74.
- Nurmawati, E., R. Abyasa, R.A. Putra. 2025. Optimalisasi Portofolio Saham Syariah Berbasis Prediksi Menggunakan Long Short-Term Memory (LSTM). Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT 10(2), p.464-475.
- PT SMI. 2024. Indeks SMInfra18. <https://www.ptsmi.co.id/indeks-sminfra18>
- Riski, T.R., H. Sulistianingsih. 2024. Portofolio Saham Optimal dengan Model Markowitz pada Saham Perbankan yang Terdaftar di LQ45 Tahun 2023. Jurnal Ekonomika dan Bisnis (JEBS) 4(4), p.606-618.
- Rosyd, A., A.I. Purnamasari, I. Ali. 2024. Penerapan Metode Long Short Term Memory (LSTM) dalam Memprediksi Harga Saham PT Bank Central Asia. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika) 8(1), p.501-506.
- Widyarimbi, F.A., R.J. Situmeang, J.R. Arsani, W.A. Sari. 2024. Optimalisasi Portofolio Saham IDX-Pefindo Prime Bank dengan Pendekatan Markowitz. MAP Journal 6(1), p.88-98.